



# ESTUDIO DE LA CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE BOGOTÁ Y CUENCA ALTA DEL RÍO TUNJUELO



# TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1 OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
<b>2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>2</b>
2.1 LOCALIZACIÓN	2
2.2 GEOMORFOLOGÍA	3
2.3 HIDROGRAFÍA	3
2.4 ASPECTOS ECOLÓGICOS Y DESARROLLO ESPACIAL	5
<b>3 COMPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN</b>	<b>5</b>
3.1 DEFINICIONES	5
3.1.1 EL CLIMA	5
3.1.2 RED METEOROLÓGICA	6
3.2 ANTECEDENTES	6
3.3 METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	7
<b>4 DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS</b>	<b>8</b>
4.1 TEMPERATURA	8
4.1.1 ANÁLISIS TEMPORAL	9
4.1.2 ANÁLISIS ESPACIAL	11
4.1.3 COMPORTAMIENTO HORARIO DE LA TEMPERATURA MEDIA	13
4.2 HUMEDAD	13
4.3 BRILLO SOLAR	14
4.3.1 ANÁLISIS TEMPORAL	16
4.3.2 ANÁLISIS ESPACIAL	16
4.3.3 DISTRIBUCIÓN Y COMPORTAMIENTO HORARIO MENSUAL	18
4.3.4 DIAGRAMA DE TRAYECTORIA SOLAR PARA BOGOTÁ	18
4.4 RADIACIÓN SOLAR	20
4.5 EVAPORACIÓN	21
4.6 NUBOSIDAD	22
4.6.1 ANÁLISIS TEMPORAL	23
4.6.2 COMPORTAMIENTO HORARIO MENSUAL DE LA NUBOSIDAD	24
4.7 PRESIÓN ATMOSFÉRICA	26
4.7.1 ANÁLISIS TEMPORAL	26
4.7.2 VARIACIÓN DIURNA DE LA PRESIÓN	26
4.8 PRECIPITACIÓN	27
4.8.1 ANÁLISIS TEMPORAL	27
4.8.2 ANÁLISIS ESPACIAL	29
4.8.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LLUVIAS MÁXIMAS EN 24 HORAS	33
4.8.4 VARIACIÓN INTERANUAL	35
4.8.5 DISTRIBUCIÓN MENSUAL DEL NÚMERO DE DÍAS CON LLUVIA	42
4.8.6 DISTRIBUCIÓN HORARIA MENSUAL DE OCURRENCIA DE LLUVIAS	43

<b>4.9</b>	<b>VIENTOS</b>	<b>45</b>
4.9.1	ANÁLISIS TEMPORAL	48
4.9.2	ANÁLISIS ESPACIAL	49
4.9.3	COMPORTAMIENTO DE LA DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO	50
<b>4.10</b>	<b>NIVEL CERÁUNICO</b>	<b>52</b>
4.10.1	ANÁLISIS TEMPORAL	53
4.10.2	ANÁLISIS ESPACIAL	54
4.10.3	DISTRIBUCIÓN Y OCURRENCIA POR DIRECCIÓN DE TORMENTAS ELÉCTRICAS EN BOGOTÁ	54
4.10.4	DISTRIBUCIÓN Y OCURRENCIA HORARIA MENSUAL DE TORMENTAS ELÉCTRICAS	55
<b>4.11</b>	<b>NIEBLAS - NEBLINAS</b>	<b>56</b>
4.11.1	DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE NIEBLA Y NEBLINA	56
4.11.2	DISTRIBUCIÓN Y OCURRENCIA HORARIA MENSUAL DE NIEBLAS	57
4.11.3	DISTRIBUCIÓN Y OCURRENCIA HORARIA MENSUAL DE NEBLINAS	59
<b>5</b>	<b>ANÁLISIS DE EVENTOS E INDICADORES CLIMÁTICOS-SINÓPTICOS</b>	<b>59</b>
<b>5.1</b>	<b>EVENTOS SIGNIFICATIVOS DE DESBORDAMIENTOS EN EL RÍO TUNJUELO</b>	<b>61</b>
<b>5.2</b>	<b>INDICADORES PARA PRONÓSTICOS CLIMATOLÓGICOS DE EVENTOS SIGNIFICATIVOS</b>	<b>62</b>
<b>5.3</b>	<b>ASPECTOS CLIMÁTICOS SINÓPTICOS RELACIONADOS CON EL EVENTO DEL 2002</b>	<b>67</b>
5.3.1	EVENTO DE DESBORDAMIENTO DEL RÍO TUNJUELO EL DÍA 31 DE MAYO DE 2002	67
5.3.2	EVENTO DE DESBORDAMIENTO DEL RÍO TUNJUELO EL DÍA 9 DE JUNIO DE 2002	75
<b>6</b>	<b>CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA</b>	<b>79</b>
<b>6.1</b>	<b>ZONAS SEMISECAS: C<sub>1</sub></b>	<b>79</b>
<b>6.2</b>	<b>ZONAS SEMIHÚMEDAS: C<sub>2</sub></b>	<b>80</b>
<b>6.3</b>	<b>ZONAS LIGERAMENTE HÚMEDAS: B<sub>1</sub></b>	<b>80</b>
<b>6.4</b>	<b>ZONAS MODERADAMENTE HÚMEDAS: B<sub>2</sub></b>	<b>80</b>
<b>6.5</b>	<b>ZONAS HÚMEDAS: B<sub>3</sub></b>	<b>81</b>
<b>6.6</b>	<b>ZONAS MUY HÚMEDAS: B<sub>4</sub></b>	<b>81</b>
<b>6.7</b>	<b>ZONAS SUPERHÚMEDAS: A</b>	<b>81</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>82</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>84</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>86</b>
	<b>GLOSARIO</b>	<b>88</b>
	<b>MAPAS</b>	<b>96</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento Mensual de la Temperatura (°C).....	10
Figura 2. Comportamiento de la distribución de la temperatura vs Elevación, en el área de Bogotá.....	11
Figura 3. Perfil de un efecto de Isla del Calor Urbano.....	12
Figura 4. Comportamiento Horario de Temperatura Media Aeropuerto El Dorado – Bogotá D.C.....	13
Figura 5. Comportamiento Mensual de la Humedad Relativa.....	15
Figura 6. Comportamiento Mensual del Brillo Solar.....	17
Figura 7. Comportamiento horario del Brillo Solar. Aeropuerto El Dorado-Bogotá, D.C.....	19
Figura 8. Diagrama de Trayectoria del sol, Altitud y Acimut para Bogotá.....	20
Figura 9. Comportamiento mensual de la Radiación Solar.....	21
Figura 10. Comportamiento mensual de la Evaporación (mm).....	22
Figura 11. Medida de la nubosidad.....	23
Figura 12. Comportamiento mensual de la Nubosidad.....	25
Figura 13. Comportamiento mensual de la Presión Atmosférica (hPa). Aeropuerto El Dorado.....	26
Figura 14. Comportamiento horario de la variación de Presión Atmosférica (hPa). Aeropuerto El Dorado.....	27
Figura 15. Representación del comportamiento de la Precipitación vs Altitud. Sentido: Oeste – Sureste.....	30
Figura 16. Representación del comportamiento de la Precipitación vs Altitud. Sentido: Centro – Sursureste.....	31
Figura 17. Representación del comportamiento de la Precipitación vs Altitud. Sentido: Centro – SursurOeste.....	32
Figura 18. Comportamiento Anual Multianual de la Lluvia.....	36
Figura 19. Comportamiento Anual Multianual de la Lluvia (continuación).....	37
Figura 20. Comportamiento Anual Multianual de la Lluvia (continuación).....	38
Figura 21. Comportamiento Anual Multianual de la Lluvia (continuación).....	39
Figura 22. Comportamiento Anual Multianual de la Lluvia (continuación).....	40
Figura 23. Comportamiento Anual Multianual de la Lluvia (continuación).....	41
Figura 24. Distribución Horaria Mensual de ocurrencia de la lluvia.....	44
Figura 25. Zona de Calmas Ecuatoriales. (a) Posición de la ZCIT en enero. (b) Posición de la ZCIT en julio.....	45
Figura 26. Comportamiento del viento Enero – Junio. Aeropuerto El Dorado, Bogotá.....	46
Figura 27. Comportamiento del viento Julio – Diciembre. Aeropuerto El Dorado, Bogotá.....	47
Figura 28. Comportamiento anual del viento. Aeropuerto El Dorado, Bogotá.....	48
Figura 29. Distribución del nivel Cerámico - Aeropuerto El Dorado Bogotá.....	53
Figura 30. Distribución y ocurrencia por dirección de tormentas eléctricas en Bogotá.....	54
Figura 31. Comportamiento Mensual de la ocurrencia de tormentas eléctricas. Aeropuerto El Dorado, Bogotá.....	55
Figura 32. Distribución Mensual de días con niebla y neblina. Aeropuerto El Dorado – Bogotá.....	57
Figura 33. Comportamiento Horario Mensual de la Ocurrencia de Niebla. Aeropuerto El Dorado, Bogotá.....	58
Figura 34. Comportamiento Horario Mensual de la Ocurrencia de Neblina. Aeropuerto El Dorado, Bogotá.....	60
Figura 35. Comportamiento Mensual de Eventos de Desbordamientos del Río Tunjuelo.....	61
Figura 36. Comportamiento Mensual de Eventos de Desbordamientos en Quebradas existentes en Bogotá.....	62
Figura 37. Registro Precipitación Estación San Benito Mayo de 2002.....	67
Figura 38. Registro Precipitación Estación Doña Juana, Mayo de 2002.....	67
Figura 39. Imagen del canal infrarrojo del satélite GOES-8 para el 31 de mayo de 2002 a las 0:45 HLC.....	68
Figura 40. Líneas de Corriente para niveles isobáricos.....	69
Figura 41. Líneas de Corriente y Velocidad Vertical (mb/h) 31 de mayo de 2002 01 HCL (06 UTC).....	70
Figura 42. Imágenes infrarrojo y vapor de agua del satélite GOES-8, para el 31 de mayo de 2002 a las 6:45 HLC.....	71
Figura 43. Líneas de Corriente y Velocidad Vertical (mb/h) 31 de mayo de 2002 12UTC (7 HLC) (mb/h).....	72
Figura 44. Líneas de Corriente y Velocidad Vertical (mb/h) 31 de mayo de 2002 13 HCL (18 UTC).....	73
Figura 45. Sección vertical de la humedad relativa (%) de la atmósfera (29/05/02 y el 02/06/02).....	74
Figura 46. Sección vertical del contenido de agua líquida (g/kg) en la atmósfera (29/05/02 y el 02/06/02).....	74
Figura 47. Sección vertical de la cantidad de agua precipitable (pulgadas) en la atmósfera (29/05/02 y el 02/06/02).....	75
Figura 48. Imagen del canal infrarrojo del satélite GOES para el 9 de junio de 2002 a las 0:45 HLC.....	76
Figura 49. Líneas de Corriente Isobáricas, 9 de Junio de 2002 13HCL (18 UTC).....	77
Figura 50. Sección vertical de la humedad relativa (%) de la atmósfera entre el 7 y 11 de junio de 2002.....	78
Figura 51. Sección vertical de la cantidad de agua precipitable (pulgadas) en la atmósfera (7 y 11 de jun/02).....	78

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS REPRESENTATIVAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	7
Tabla 2. PROMEDIOS MENSUAL Y ANUAL DE TEMPERATURA (°C) .....	8
Tabla 3. PROMEDIOS MENSUAL Y ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA (%) .....	14
Tabla 4. PROMEDIOS MENSUAL Y ANUAL DE BRILLO SOLAR (HORAS).....	16
Tabla 5. PROMEDIOS MENSUAL Y ANUAL DE EVAPORACIÓN (mm) .....	21
Tabla 6. DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LA NUBOSIDAD (APTO EL DORADO). .....	24
Tabla 7. PROMEDIOS MENSUAL Y ANUAL DE PRECIPITACIÓN (mm).....	28
Tabla 8. VALORES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMOS EN 24 HORAS (mm).....	34
Tabla 9. PROMEDIOS MENSUAL Y ANUAL DEL NÚMERO DE DÍAS CON LLUVIA .....	42
Tabla 10. DISTRIBUCIÓN MENSUAL A NIVEL HORARIO DE LA DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO.....	50
Tabla 11. VELOCIDAD PROMEDIO HORARIO DEL VIENTO .....	51
Tabla 12. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE OCURRENCIA DIARIA DE LLUVIAS.....	64

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Localización General del Área de estudio.....	97
Mapa 2. Distribución de estaciones Meteorológicas representativas en el Área de estudio.....	98
Mapa 3. Distribución de Temperatura Media Mensual.....	99
Mapa 4. Distribución del Brillo Solar.....	100
Mapa 5. Distribución Espacio – Temporal de la Precipitación Media Mensual.....	101
Mapa 6. Distribución de la Precipitación Media Anual.....	102
Mapa 7. Distribución de la Precipitación Media Mensual Enero.....	103
Mapa 8. Distribución de la Precipitación Media Mensual Febrero.....	104
Mapa 9. Distribución de la Precipitación Media Mensual Marzo.....	105
Mapa 10. Distribución de la Precipitación Media Mensual Abril.....	106
Mapa 11. Distribución de la Precipitación Media Mensual Mayo.....	107
Mapa 12. Distribución de la Precipitación Media Mensual Junio.....	108
Mapa 13. Distribución de la Precipitación Media Mensual Julio.....	109
Mapa 14. Distribución de la Precipitación Media Mensual Agosto.....	110
Mapa 15. Distribución de la Precipitación Media Mensual Septiembre.....	111
Mapa 16. Distribución de la Precipitación Media Mensual Octubre.....	112
Mapa 17. Distribución de la Precipitación Media Mensual Noviembre.....	113
Mapa 18. Distribución de la Precipitación Media Mensual Diciembre.....	114
Mapa 19. Distribución Espacial del Comportamiento del Flujo del Viento en Bogotá.....	115
Mapa 20. Caracterización de la Clasificación Climática del Área de Estudio.....	116

# **ESTUDIO DE LA CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE BOGOTÁ Y CUENCA ALTA DEL RÍO TUNJUELO**

## **INTRODUCCIÓN**

A través del Convenio Interadministrativo N° 198/2004/01 (IDEAM) (550/04 FOPAE) celebrado entre el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales “IDEAM” y el Fondo para la Prevención y Atención de Emergencias “FOPAE”, el cual tiene por objeto “Aunar esfuerzos técnico-administrativos para mejorar el conocimiento del clima y ampliar la Red de Monitoreo Hidrometeorológico de Bogotá D.C.”, en el cual se establece la importancia de realizar la caracterización climática del Distrito Capital, se desarrolla la presente investigación con el propósito de implementar una herramienta confiable sobre el comportamiento del clima en Bogotá D.C.

El presente estudio pretende dar a conocer la situación actual y los aspectos concernientes con el clima y las condiciones meteorológicas existentes en el área de estudio, así como las condiciones, seguimientos y generalidades de las diferentes variables y parámetros que influyen en el comportamiento del clima en el área de Bogotá y la cuenca alta del río Tunjuelo.

El desarrollo de este estudio ha sido un proceso investigativo, en el cual se ha tenido en cuenta el análisis de las diferentes variables climatológicas, para ello se realizaron procesos estadísticos conducentes a establecer el comportamiento de cada una de estos elementos, esto se puede observar detalladamente en el capítulo siete; en el capítulo ocho se realiza un análisis a los eventos significativos de desbordamiento del río Tunjuelo, para luego establecer la Clasificación Climática de la zona de estudio. Finalmente en un anexo se presentan veinte (20) mapas los cuales son el resultado de esta investigación; estos han sido realizados en una escala adecuada; sin embargo, se muestran en este documento como referencia; si es de interés del lector podrán ser consultados en las Bibliotecas de las entidades participantes en la presente publicación.

## 1 OBJETIVOS

El objetivo principal del proyecto consiste en conocer el comportamiento de las diferentes variables meteorológicas y el clima de la ciudad y cuenca alta del río Tunjuelo. El cual se logrará con el cumplimiento de los siguientes objetivos específicos:

- Presentar el análisis y las distribuciones de las principales variables que determinan el clima para el área de la ciudad de Bogotá y la cuenca alta de río Tunjuelo, con el fin de apoyar la producción del Atlas Climatológico del Distrito Capital.
- Dar a conocer la caracterización, distribución y ocurrencia a nivel espacio-temporal de variables como temperatura, humedad, brillo solar, presión atmosférica, vientos y precipitación.
- Conocer y analizar la distribución del nivel cerámico, las nieblas y aspectos generales de nubosidad.
- Establecer las distribuciones horarias para algunas variables a fin de ajustar y fortalecer las tendencias y pronósticos climatológicos de ocurrencia de lluvia en el área de estudio.
- Realizar análisis sinópticos sobre eventos significativos en la cuenca del río Tunjuelo.
- Apoyar el desarrollo futuro de proyectos específicos, con base en el conocimiento del comportamiento de los elementos y variables climatológicas en el área descrita.

## 2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 2.1 LOCALIZACIÓN

El área de estudio es la ciudad de Bogotá y la parte alta de la cuenca del río Tunjuelo; está localizada en la Sabana de Bogotá, sobre la vertiente occidental de la cordillera oriental del territorio nacional. Se encuentra enmarcada por los cerros orientales donde se localizan entre otros Guadalupe y Monserrate y por el occidente con el río Bogotá. La delimitan dos unidades fisiográficas, una zona plana localizada hacia el norte y que comprende el Altiplano de Bogotá; y una zona montañosa que se inicia al sur del altiplano y se prolonga hasta el límite del Distrito, incluyendo la región del Sumapaz, como se aprecia en el Mapa N° 1.

Los puntos extremos de la zona de estudio se ubican con las siguientes coordenadas geográficas:

- Límite norte: 04° 50' 30'' Latitud Norte, en el límite urbano norte de Bogotá.
- Límite sur: 04°17' 37'' Latitud Norte, divisoria de aguas, nacimiento del río Tunjuelo, Laguna de los Tunjos.
- Límite oriental: 74° 00' Longitud oeste, divisoria de los cerros orientales de la ciudad.
- Límite occidental: 74°13' Longitud oeste, en el sector de la confluencia del río Tunjuelo con el río Bogotá.

La elevación sobre el nivel del mar, se encuentra entre los 2510 msnm y los 3780 msnm. El área total de la zona de estudio es de 868 kilómetros cuadrados y su perímetro es de 238 kilómetros.

## 2.2 GEOMORFOLOGÍA

La Sabana de Bogotá donde se encuentra la capital de la República, era un extenso lago durante el Plioceno superior y el Pleistoceno, en el cual se depositaron las formaciones Subachoque y Sabana. Estos depósitos fluvio-lacustres y lacustres, se localizan debajo de la cota de 2600 m, en la superficie plana de la sabana.

Durante el Pleistoceno y el Holoceno, el clima era más frío que el actual y en las regiones aledañas al gran lago hubo glaciaciones de montaña, de lo cual hay abundantes evidencias en los valles del río Tunjuelo, San Cristóbal, San Francisco, y también en muchos de los valles transversales de la serranía de Bogotá.

Por otra parte, el valle del Tunjuelo es una fosa tectónica limitada al oriente por la falla de Bogotá y al occidente por la falla de Chisacá. Dentro de la fosa se encuentra el Sinclinal de Usme, cortado por las fallas del río Tunjuelo en su flanco occidental y por las fallas de la Piedra de Bala y Juan Rey en su flanco oriental.

La falla del río Tunjuelo, seguida por el río del mismo nombre, entre el río Curubital al sur y el sector de Doña Juana al norte, es una falla inversa orientada Norte - Sur, de aproximadamente 23 Km. de longitud. En el cañón frente a Usme, presenta facetas triangulares, aluviones cuaternarios colgados, basculamiento en depósitos de piedemonte, escarpe de línea de falla, quiebre de pendiente, cabalgamiento del Terciario sobre Cuaternario antiguo y corrientes alineadas. Al norte enlaza con la falla Mochuelo y es cortada por las fallas Hierbabuena y La Primavera en el sector de Doña Juana y Ciudad Bolívar.

La formación Tunjuelo es un cono fluvio - glacial en el curso bajo del río Tunjuelo. Se extiende entre el ápice en la quebrada del Aleñadero (3 km al sur de Usme) y su parte distal llega a los barrios de Bosa, Class, Kennedy, Bavaria y San Rafael. Los grandes cantos rodados, gravas, gravilla, arena, limo y arcilla, que se explotan en las canteras de agregados pétreos entre Cantarrana y El Tunal, provienen de esta formación depositada por el río y en comunicación hidráulica con el mismo.<sup>1</sup>

## 2.3 HIDROGRAFÍA

La cuenca del río Tunjuelo se ubica al sur del Distrito Capital y forma parte del sistema hidrográfico del río Bogotá. Nace en la laguna de Los Tunjos, originando el río Chisacá, a una elevación de 3780 msnm y desemboca en el río Bogotá en el sector sur-occidental de Bogotá a los 2510 msnm, para una longitud total de 66 kilómetros.

El páramo de Sumapaz constituye la divisoria de aguas entre el Oriente (sistema del río Guaviare) y el Occidente (sistema del río Magdalena), hacia el norte drena la cuenca del río Tunjuelo, la cual se encuentra dividida en tres zonas: parte alta y media que corresponde a territorios rurales de páramo, ricos en agua y biodiversidad, lo que las hace zona de preservación y protección ambiental y una zona baja, conformada por el sector urbano.

---

<sup>1</sup> HERMELIN MICHEL. Universidad EAFIT. Desastres de origen natural en Colombia. 1979-2004, Julio/05.

Cuenca Alta: Es la parte más escarpada de la cuenca y comprende el área localizada entre la laguna de los Tunjos y el embalse de La Regadera. Del páramo de Sumapaz y de la Laguna de los Tunjos descienden los ríos Mugroso y Chisacá respectivamente, de cuya confluencia se forma el río Tunjuelo. Dichos afluentes alimentan la represa de Chisacá. Igualmente el río Curubital se une a la altura del Embalse de la Regadera.

Cuenca Media: Hace parte del área rural del Distrito y comprende desde el Embalse de la Regadera hasta el área denominada de Canteras. Los parques minero industriales del Tunjuelo, del Mochuelo y de Usme, son la fuente principal de extracción de arenas, gravas, areniscas y arcillas, materiales de construcción para infraestructura, actividad urbanística y edificadora de la ciudad. Dentro de esta zona se encuentra entre otras el relleno sanitario de Doña Juana, en la localidad de Ciudad Bolívar y que comprende una extensión aproximada de 450 hectáreas. Éste constituye un servicio básico urbano para la disposición final de residuos sólidos generados por la ciudad de Bogotá.

Cuenca Baja: Es el área de la cuenca que comprende desde la zona de Canteras hasta la desembocadura del río Tunjuelo en el río Bogotá. En esta zona su mayor proporción se encuentra poblada y todavía se dispone de áreas para la parte del desarrollo urbanístico; sin embargo, es necesario atender, proyectar y controlar dicha zona, debido a que es la más propensa a problemas de inundaciones y riesgos ambientales<sup>2</sup>.

El río Tunjuelo presenta además gran problemática en sus afluentes, como son las quebradas Santa Rita, Santo Domingo, Limas y Trompeta, en la localidad de Ciudad Bolívar; Fucha, Yomasa y Santa Librada en la localidad de Usme; Chiguaza en las localidades de San Cristóbal, Rafael Uribe Uribe y Tunjuelito.

Por otra parte, en el área urbana, además del río Tunjuelo, se presentan las cuencas de los ríos Fucha, San Cristóbal, San Francisco, San Agustín, Arzobispo, Córdoba, Negro, Salitre o Juan Amarillo y Torca, considerados como los más importantes que cruzan la ciudad en sentido oriente - occidente y van a depositar sus aguas al río Bogotá. Igualmente se resaltan algunas otras quebradas localizadas al nororiente de la ciudad como: Los Rosales, Las Delicias, La Vieja, La Calleja y Chicó localizadas al nororiente de la ciudad.

Los ríos en su gran parte, son usados como colectores tanto de aguas residuales como lluvias de la ciudad, cuyos flujos altamente concentrados deterioran enormemente el ambiente y la calidad de las aguas. Además y como parte integrante de la hidrografía, se encuentran los humedales, los cuales son cuerpos de agua de no más de seis metros de profundidad, con amplios sectores donde se combinan el agua y la tierra permitiendo la existencia de plantas y muchas especies de animales, ofreciendo así un atractivo estético. Los humedales ocupan el espacio que hay entre los medios húmedos y los medios secos y poseen características de ambos, por lo que no se pueden clasificar categóricamente como acuáticos, ni terrestres. La característica de su humedad es la presencia de agua durante períodos suficientemente prolongados como para alterar los suelos, sus microorganismos y la comunidad de flora y fauna. En Bogotá existen once (11) humedales a saber: Capellanía, Córdoba, Jaboque, La Vaca, Techo, El Burro, Tibanica, Guaymaral, Torca, La Conejera y Santa María del Lago.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> La nueva cara del río Tunjuelo ( [www.riotunjuelo.gov.co](http://www.riotunjuelo.gov.co) )

<sup>3</sup> Fuente: Descripción General de los Humedales de Bogotá D.C. - Sociedad Geográfica de Colombia - Academia de Ciencias Geográficas. Vanesa Moreno, Juan García y Juan Villalba.

## **2.4 ASPECTOS ECOLÓGICOS Y DESARROLLO ESPACIAL**

La ciudad de Bogotá no es ajena a la crisis ambiental que se observa actualmente en el país, cuyas causas están relacionadas directamente con los patrones de consumo, los índices de pobreza que se dan en el entorno, las condiciones de libre acceso a los recursos naturales y la ausencia de mecanismos que permitan cobrar por el deterioro ambiental.

El crecimiento urbano y los asentamientos humanos, de forma indiscriminada, han afectado sustancialmente los ecosistemas acuáticos y sus bosques, también se ha disminuido considerablemente el área de zonas verdes y humedales de la ciudad.

Los cerros orientales, las rondas de los ríos y pantanos han sufrido un fuerte proceso de invasión para fines urbanísticos; adicionalmente la extracción de materiales tales como arena, grava, rechos y arcilla, entre otros, realizada en forma desordenada y con falta de técnicas apropiadas, ha contribuido al deterioro de los mismos. Entre los sectores más afectados se encuentran las localidades de Usaquén, San Cristóbal, Ciudad Bolívar, Bosa y Tunjuelito.

Por otra parte, el desarrollo espacial de la ciudad identifica las variaciones que ha sufrido el perímetro urbano de la ciudad en las últimas décadas, lo cual incide directamente en los comportamientos de las diferentes variables del clima de la ciudad. En las últimas décadas se ha presentado un desarrollo poblacional significativo, lo que ha generado cambios de carácter ambiental en la ciudad. Lo anterior, implica un cambio directo en las variables meteorológicas y del clima, como es el caso de los regímenes de carácter térmico, dinámico y del componente hídrico en la ciudad.

## **3 COMPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

### **3.1 DEFINICIONES**

#### **3.1.1 EL CLIMA**

El clima de acuerdo a la definición de la Organización Meteorológica Mundial “OMM”, es “el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por las evoluciones del estado del tiempo, durante un período de tiempo y un lugar o región dados, el cual está controlado por los denominados factores forzantes, factores determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del denominado sistema climático (atmósfera, hidrosfera, litosfera, criósfera, biosfera y antropósfera)”.<sup>4</sup>

El aspecto climático permite conocer los estados de tiempo que se presentan sucesivamente a través de largos períodos, sus influencias físicas, cambios y desarrollo de fenómenos físicos de la atmósfera y sus efectos sobre la superficie terrestre.

El régimen climático de una región o zona es de gran importancia para establecer la posibilidad de desarrollar cualquier tipo de actividad, de tal manera que sea la base para realizar cada labor de forma satisfactoria teniendo en cuenta el efecto que el clima tiene sobre ella.

---

<sup>4</sup> Retallack, B. J. Compendio Apuntes para Formación Personal Meteorológico. Clase IV. OMM. NO286.

### **3.1.2 RED METEOROLÓGICA**

Una red meteorológica, “Es el conjunto de estaciones, convenientemente distribuidas, en las que se observan, miden y/o registran las diferentes variables, fenómenos y elementos atmosféricos que son necesarios en el conocimiento y determinación del estado del tiempo o el clima de una región, para su posterior aplicación en diversos usos y objetivos”.<sup>5</sup>

En concordancia con lo anterior, el principal objetivo de una red meteorológica es establecer los registros y mediciones de las diferentes variables, adecuados para conocer el comportamiento de cada una de ellas, sus distribuciones y variaciones a lo largo de un período de tiempo, con el fin de ofrecer y garantizar el análisis de las caracterizaciones del clima en una región específica.

Además, es de gran importancia la obtención de información debidamente ordenada, estandarizada y controlada, a fin de proporcionar resultados que permitan confiar plenamente en los diversos análisis y adelantar estudios e investigaciones con fines meteorológicos, climatológicos, ambientales y de prevención de desastres. La red meteorológica igualmente contribuye en el conocimiento de las condiciones del Estado del Tiempo en todas sus fases: pasado, presente y futuro.

#### **Red Climatológica**

Se compone de estaciones que realizan observaciones de temperatura, viento, humedad relativa, precipitación, evaporación y radiación, durante períodos largos para conocer la distribución más común y las características más frecuentes de las normales climatológicas.

#### **Red Pluviométrica**

Es el conjunto de estaciones donde se mide la precipitación de una región, tanto espacial como temporal, con el fin de determinar la normal climatológica de precipitación para una localidad determinada.

### **3.2 ANTECEDENTES**

La observación y medición de elementos y fenómenos meteorológicos en la ciudad de Bogotá, comenzó alrededor del año 1970, en entidades que requerían esta información para fines específicos tales como: Ministerio de Agricultura, Ministerio de Obras Públicas, Banco de la República, Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico (ELECTRAGUAS), Corporación Autónoma y Regional del Valle del Cauca (CVC), Empresa Colombiana de Aeródromos (ECA, actualmente AEROCIVIL), Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), Instituto Colombiano de Reforma Agraria (INCORA), Corporación Autónoma Regional (CAR), Instituto de Fomento Industrial (IFI), Instituto de Mercadeo Agropecuario (IDEMA), Federación Nacional de cafeteros de Colombia (FEDECAFE), Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y otras. Actualmente las observaciones se realizan en redes de estaciones climatológicas, pluviométricas y ambientales de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), la CAR, la EAAB, el FOPAE y el IDEAM.

---

<sup>5</sup>ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, OMM. “Guide to hidrometeorological practices” WMO-NO168 TP 82, 1970.

### 3.3 METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se utilizó como base cartográfica el mapa a escala 1:100.000 suministrado por FOPAE. Para el presente estudio y análisis, como se puede observar en el Mapa N° 1, fueron utilizados los datos meteorológicos de las estaciones de la EAAB, SDA, FOPAE, CAR e IDEAM, las cuales conforman la red meteorológica oficial existente en la ciudad de Bogotá; una vez realizado el inventario de las estaciones que opera cada institución, se obtuvo una red de 103 estaciones meteorológicas, entre climatológicas y pluviométricas.

Se adelantó la visita a las diferentes estaciones, incluyendo aquellos sitios donde funcionaron algunas estaciones que se encuentran suspendidas desde hace algún tiempo; el principal objetivo de esta etapa, fue determinar el funcionamiento, la operatividad, y la situación general de cada estación, la representatividad de la zona, el instrumental, la confiabilidad de la toma de datos, el historial general y los posibles cambios o traslados de lugar, las zonas de incidencia, los obstáculos para las diferentes variables, la calidad de la información y el conocimiento del área en general.

Se utilizaron los datos de 33 estaciones de la EAAB, 11 estaciones del SDA, 8 estaciones de la CAR, 10 estaciones del FOPAE y 41 estaciones del IDEAM. Se seleccionaron aquellas con registros más extensos, que presentaran por lo menos treinta (30) años de series de precipitación y un mínimo de 10 años en los demás parámetros. La condición anterior redujo significativamente el número de estaciones, dado que la mayor parte no ofrecía tales garantías; sin embargo, se acogieron algunas con series superiores a 10 años para efectos de comparación, verificación, estabilidad de las series, correlaciones y análisis estadísticos de los diferentes datos conducentes a la complementación y ajustes de la información. Finalmente, se seleccionaron para la representatividad del estudio 26 estaciones meteorológicas, de las cuales 23 disponían de información de precipitación completa y 12 de éstas complementaban lo referente a la información climatológica de los demás parámetros en el área. Las estaciones representativas en el área de estudio se muestran en la Tabla N° 1 y se pueden observar en el Mapa N° 2.

Tabla 1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS REPRESENTATIVAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

No	ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	CAT.	ELEVACIÓN	CÓDIGO	ENTIDAD
1	APTO. EL DORADO	04°42' 20,4"N	74°09'24,0"W	CP	2547	2520579	IDEAM
2	APTO. GUAYMARAL	04°49' 2,7"N	74°04' 10,2"W	CP	2585	2120559	CAR
3	BOCAGRANDE SALITRE	04°20' 8,9"N	74°08' 6,5"W	PG	3475	2120019	EAAB
4	BOSA BARRENO NO2	04°36' 45,5"N	74°11' 05,9"W	PG	2578	2120154	EAAB
5	CERRO DE SUBA	04°43' 7,2"N	74°05' 7,2"W	PG	2664	2120031	EAAB
6	CONTADOR	04°42' 26,5" N	74°02' 32,0"W	PG	2597	2120065	EAAB
7	DOÑA JUANA	04°30' 02,9"N	74°08'14,6"W	CP	2859	2120630	CAR
8	EL BOSQUE	04°28' 19,8"N	74°04' 58,3"W	PM	3168	2120085	CAR
9	EL DELIRIO	04°33' 9,7"N	74°03' 33,4"W	PG	2946	2120013	EAAB
10	EL GRANIZO	04°37' 29,0" N	74°03' 30,0"W	PG	3125	2120032	EAAB
11	EL HATO	04°23' 12,5"N	74°10' 38,5"W	PG	3157	2120020	EAAB
12	EL VERJÓN	04°34' 50,7"N	74°01' 20,6"W	PG	3269	2120024	EAAB
13	ESCUELA COL. DE INGENIERÍA	04°47' 01,0"N	74°02' 45,4"W	CP	2582	2120605	IDEAM
14	GRANJA SAN JORGE	04°30' 20,5"N	74°11' 21,3"W	CO	2920	2120572	IDEAM
15	HACIENDA LAS VEGAS	04°39' 41,8"N	74°09' 05,1"W	CO	2563	2120623	IDEAM
16	JARDÍN BOTÁNICO	04°39' 59,6"N	74°05' 57,1"W	CO	2574	2120571	IDEAM
17	LA REGADERA	04°24' 13,1"N	74°08' 31,7"W	CP	3008	2120509	EAAB
18	SAN FRANCISCO SALIT. K9	04°35' 0,10"N	74°02' 24,5"W	PG	3186	2120008	EAAB
19	SAN DIEGO	04°36' 42,3"N	74°03' 52,1"W	PG	2720	2120003	EAAB
20	SAN LUIS	04°38' 30,0"N	74°02' 26,1"W	PG	2930	2120040	EAAB
21	SANTA LUCIA	04°34' 10,0"N	74°07' 0,9"W	PG	2618	2120052	EAAB
22	TORCA	04°47' 20,2" N	74°02' 10,5"W	PM	2579	2120077	CAR

Tabla 1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS REPRESENTATIVAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

No	ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	CAT.	ELEVACIÓN	CÓDIGO	ENTIDAD
23	UNIV. NACIONAL OMN.	04°38' 17,3"N	74°05' 20,3"W	CP	2576	2120622	IDEAM
24	USAQUÉN SANTA ANA	04°41' 19,9"N	74°01' 31,0"W	PG	2690	2120111	EAAB
25	VENADO DE ORO	04°35' 53,3"N	74°03' 54,0"W	CO	2757	2120558	IDEAM
26	VITELMA	04°34' 31,0"N	74°04' 18,8"W	CP	2802	2120524	EAAB

## 4 DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS

Para el análisis de la distribución de las diferentes variables climatológicas se realizaron análisis estadísticos, teniendo en cuenta para cada una de ellas, las estaciones que aportaban la suficiente información, es decir, confiabilidad de la toma de datos, continuidad de las series y la representatividad de la zona.

### 4.1 TEMPERATURA

La temperatura es un parámetro del estado térmico de la materia. El valor de éste, depende de la energía cinética media de las moléculas. La medida de temperatura se hace posible debido a la transferencia de calor entre cuerpos de niveles distintos de energía cinética molecular media. Esta variable se determina como una magnitud física, que caracteriza el movimiento aleatorio medio y presenta una variabilidad en función de la elevación.

El comportamiento de la temperatura, se obtuvo mediante la información de las series de estaciones meteorológicas localizadas en el área de estudio y con períodos superiores a los 10 años para garantizar la confiabilidad de la información, las cuales se muestran en la Tabla N° 2, por esta razón se utilizaron las ocho estaciones establecidas a continuación.

Tabla 2. PROMEDIOS MENSUAL Y ANUAL DE TEMPERATURA (°C)

ESTACIÓN	TEMPERATURA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
APTO EL DORADO	MEDIA	13,1	13,5	13,8	14,0	14,0	13,8	13,3	13,3	13,3	13,4	13,5	13,2	13,5
	MÁXIMA ABS	24,9	24,8	24,9	23,2	23,5	23,1	22,4	23,6	23,3	23,6	24,0	23,8	24,9
	MÍNIMA ABS	-3,0	-6,4	-3,2	0,0	0,7	1,0	0,4	-1,5	-0,2	0,5	-3,0	-6,0	-6,4
	MÁXIMA MEDIA	19,9	20,0	19,8	19,5	19,2	18,6	18,2	18,5	18,9	19,1	19,3	19,5	19,2
	MÍNIMA MEDIA	5,6	6,6	7,7	8,7	8,8	8,4	7,8	7,4	7,2	7,8	8,0	6,6	7,5
APTO. GUAYMARAL	MEDIA	12,9	13,2	13,6	13,8	13,5	13,0	12,7	12,9	13,0	13,0	13,2	12,9	12,9
	MÁXIMA ABS	24,8	24,2	24,7	24,5	24,8	24,0	24,0	24,5	24,0	24,5	24,5	24,8	24,8
	MÍNIMA ABS	-2,9	-3,0	-2,0	0,0	1,0	0,1	-0,1	-1,0	-1,0	-3,0	-2,0	-3,2	-3,2
	MÁXIMA MEDIA	20,1	20,1	19,9	19,4	19,2	18,7	18,5	18,7	19,0	19,1	19,1	19,6	19,3
	MÍNIMA MEDIA	5,9	6,5	6,8	7,7	8,1	7,5	7,2	6,9	6,4	6,9	7,0	6,8	7,0
ESC. COL. DE INGENIERÍA	MEDIA	13,7	14,4	14,4	14,5	14,4	13,9	13,4	13,5	13,7	14,0	14,2	13,8	14,0
	MÁXIMA ABS	23,4	23,8	23,5	23,8	23,0	23,8	23,8	22,8	23,6	23,8	23,6	23,6	23,8
	MÍNIMA ABS	-0,4	-1,4	-2,8	1,0	3,4	1,0	1,6	1,0	1,0	1,0	2,0	-2,2	-2,8
	MÁXIMA MEDIA	20,1	20,1	19,9	19,4	19,2	18,7	18,5	18,7	19,0	19,1	19,1	19,6	19,3
	MÍNIMA MEDIA	5,9	6,5	6,8	7,7	8,1	7,5	7,2	6,9	6,4	6,9	7,0	6,8	7,0
GRANJA SAN JORGE	MEDIA	11,5	11,6	11,8	11,9	11,9	11,6	11,1	11,3	11,5	11,5	11,7	11,6	11,6
	MÁXIMA ABS	20,8	20,6	20,2	19,4	20,2	19,4	19,4	19,0	20,0	19,4	19,6	20,0	20,8
	MÍNIMA ABS	0,5	0,2	0,2	2,0	0,7	0,5	0,0	3,8	0,5	0,7	3,2	1,0	0,0

Tabla 2. PROMEDIOS MENSUAL Y ANUAL DE TEMPERATURA (°C)

ESTACIÓN	TEMPERATURA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
	MÁXIMA MEDIA	16,5	16,7	16,6	16,0	16,2	15,6	15,0	15,4	15,8	16,0	16,0	16,2	16,0
	MÍNIMA MEDIA	6,3	6,9	7,3	7,7	7,5	7,3	7,2	7,1	6,9	7,1	7,2	6,8	7,1
HDA LAS VEGAS	MEDIA	13,1	13,5	13,7	13,8	13,9	13,8	13,5	13,5	13,5	13,6	13,6	13,4	13,6
	MÁXIMA ABS	23,8	23,5	23,4	23,2	22,4	21,7	22,0	22,0	23,0	23,4	22,4	22,6	23,8
	MÍNIMA ABS	0,0	0,0	-0,1	1,4	3,2	3,0	1,0	0,6	0,5	0,2	1,4	-0,4	-0,4
	MÁXIMA MEDIA	20,0	20,1	20,0	19,8	19,7	19,4	19,1	19,1	19,6	19,6	19,5	19,9	19,7
	MÍNIMA MEDIA	6,0	7,3	8,0	8,9	9,2	8,7	8,2	7,9	7,3	7,8	8,1	7,0	7,9
JARDÍN BOTÁNICO	MEDIA	14,6	14,5	15,1	14,9	14,9	14,7	14,5	14,4	14,5	14,4	14,6	14,4	14,6
	MÁXIMA ABS	23,4	23,8	23,8	23,0	23,6	23,0	23,4	23,2	23,6	23,2	22,8	23,2	23,8
	MÍNIMA ABS	0,2	0,2	1,8	0,4	0,4	-0,1	-0,6	1,6	-1,0	1,8	0,1	-2,6	-2,6
	MÁXIMA MEDIA	20,7	20,7	20,6	20,2	20,1	19,8	19,6	19,6	20,0	20,1	20,2	20,3	20,2
	MÍNIMA MEDIA	7,2	7,7	8,6	9,3	9,5	8,9	8,4	8,5	8,1	8,6	8,5	7,8	8,4
UNIV. NACIONAL	MEDIA	14,6	14,8	15,0	15,3	15,3	15,0	14,4	14,5	14,6	14,9	14,9	14,9	14,9
	MÁXIMA ABS	24,8	24,6	24,6	24,4	24,0	24,7	22,4	23,3	24,3	24,6	23,4	24,8	24,8
	MÍNIMA ABS	-0,2	-4,0	0,4	0,0	0,2	0,9	2,0	1,1	2,6	1,5	1,0	0,1	-4,0
	MÁXIMA MEDIA	19,9	20,1	20,1	19,8	19,6	18,9	18,3	18,6	19,1	19,5	19,5	19,7	19,4
	MÍNIMA MEDIA	7,8	8,5	9,6	9,9	10,0	9,7	9,4	9,1	8,9	9,1	9,1	8,3	9,1
VENADO DE ORO	MEDIA	12,5	12,6	12,8	13,1	12,9	12,6	12,1	12,2	12,4	12,5	12,4	12,3	12,6
	MÁXIMA ABS	23,5	24,2	23,8	23,6	23,6	23,3	22,0	22,0	23,0	23,5	23,0	23,5	24,2
	MÍNIMA ABS	0,2	3,4	3,2	5,0	2,0	5,8	3,4	3,0	5,0	4,8	4,6	3,0	0,2
	MÁXIMA MEDIA	18,9	18,7	18,6	18,6	18,3	17,8	17,2	17,3	18,0	18,1	17,9	18,0	18,1
	MÍNIMA MEDIA	7,7	8,2	8,7	9,3	9,4	9,0	8,6	8,4	8,4	8,5	8,7	8,0	8,6

#### 4.1.1 ANÁLISIS TEMPORAL

En la Figura N° 2 se observa la distribución de la temperatura para las ocho estaciones seleccionadas para el análisis; entre las variaciones naturales de la temperatura se destaca el ciclo estacional anual, el cual se presenta en el trópico mucho menos marcado que en las latitudes medias. La temperatura media presenta valores con poca variación durante el año. La media anual oscila entre 12 y 15°C para el área urbana de la ciudad, con elevaciones entre 2500 y 2800 msnm. En elevaciones localizadas en los cerros orientales o hacia la cuenca alta del río Tunjuelo se observan temperaturas que alcanzan valores medios de 6°C.

En febrero, marzo, abril y mayo se observan los más altos promedios, destacando que la oscilación tan solo alcanza 1°C entre las temperaturas del mes más frío con el mes más cálido, lo que da lugar a una zona de carácter **isotermal**, indicando que la temperatura media, no presenta grandes variaciones a través del año y por tanto, se considera constante.

La temperatura media en general presenta tendencias de carácter creciente y tiende a ser de mayor magnitud por el efecto de la urbanización, la industria y otras actividades del hombre. En la estación ubicada en el aeropuerto El Dorado se observa una gran similitud en el comportamiento de la temperatura media y se destacan los períodos de 1979 a 1982 y 1989 a 1994-95, los cuales fueron relativamente cálidos y los períodos de 1974 a 1976 y 1984 a 1988 que fueron relativamente fríos.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> LEÓN A. GLORIA. Variabilidad y Tendencia de la Temperatura del aire en cuatro principales ciudades de Colombia. Nota Técnica Ideam-Meteo/0009-98, sep.98.

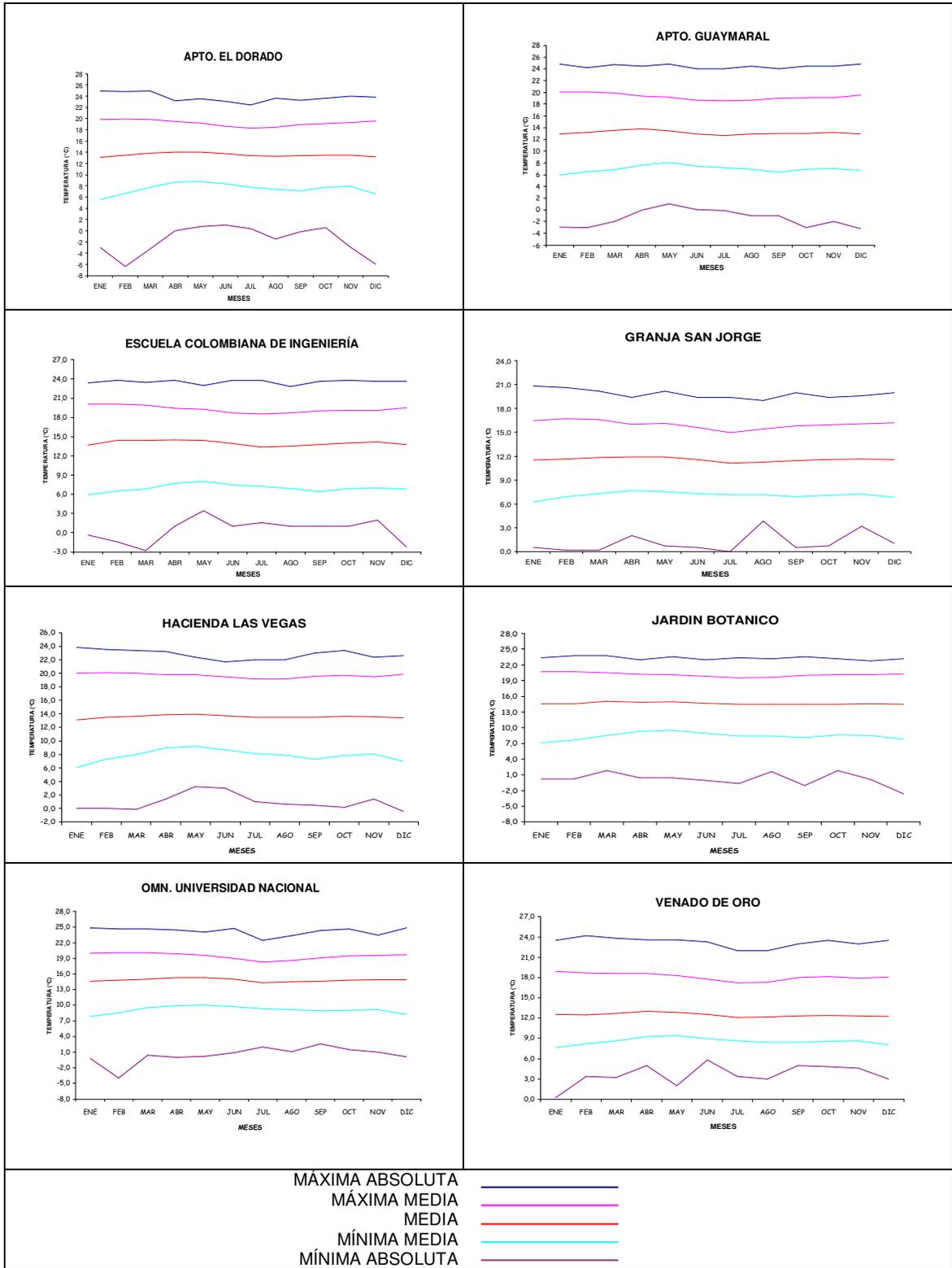


Figura 1. Comportamiento Mensual de la Temperatura (°C).

La temperatura media máxima, presenta los valores más altos en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo; y los más bajos entre junio, julio y agosto en la mayor parte de las estaciones del área de estudio, debido a la influencia de los vientos alisios, particularmente, cuando aumentan su frecuencia y velocidad, incidiendo en la disminución de la temperatura y ofreciendo una sensación térmica baja.

La temperatura máxima media oscila entre los 21°C en el Jardín Botánico (sector central) en enero, febrero y marzo y de 15°C, en Granja San Jorge (sector sur occidental) en julio y agosto. La temperatura mínima media presenta los valores más bajos en enero y febrero en toda el área, sus valores oscilan entre los 5 a 7°C en diferentes sectores del área urbana.

En cuanto a las temperaturas extremas, éstas se presentan en los meses de diciembre, enero y febrero; los registros muestran oscilaciones que pueden superar los 25°C, registrados en el día, mientras que las temperaturas mínimas se presentan en horas de la noche o de la madrugada con valores alrededor de -6°C. Estos meses, catalogados como de buen tiempo, tienen muy poca nubosidad, mayor horas de sol y baja humedad, lo que produce un fuerte calentamiento en el día y una fuga de radiación en la noche, permitiendo así el enfriamiento por irradiación y descenso de la temperatura por debajo de cero grados, especialmente en sectores al occidente y norte de la Sabana. La temperatura mínima absoluta en Bogotá refleja comportamientos significativos en los meses de diciembre a febrero, con temperaturas que pueden bajar hasta los -6,4°C en sectores de Fontibón y Engativá.

#### 4.1.2 ANÁLISIS ESPACIAL

Para una mejor comprensión de la distribución de la temperatura con respecto a la elevación, se elaboró la Figura N° 1, que muestra el gradiente para esta variable, para lo cual se utilizó el programa estadístico “Curve Expert Sift”, que permite establecer el mejor ajuste en curvas con base en treinta (30) modelos estadísticos.

La temperatura con la elevación disminuye normalmente con un gradiente teórico de 6,5°C/kilómetro. Para el caso del área de estudio, se obtuvo un gradiente aproximado de 6.5°C/700 metros, el cual es superior al teórico; sin embargo, es necesario contar con mayor información de las elevaciones entre 2800 y 3200 msnm, a fin de calibrar la curva significativa para dicha área.

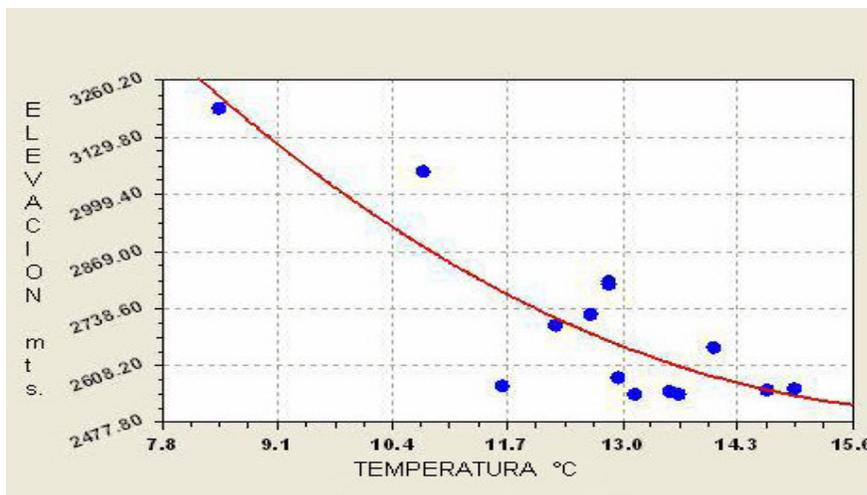


Figura 2. Comportamiento de la distribución de la temperatura vs Elevación, en el área de Bogotá.  
Fuente: Programa “Curve Expert Sift”

La distribución espacial de la temperatura media del aire en la zona de estudio (Mapa N° 3), tiene una configuración alargada en sentido sur - norte, con diversos gradientes horizontales que van desde menor a mayor, tal como se puede apreciar a lo largo del sector oriental y el sur del área. Los gradientes más pronunciados son consecuencia de la incidencia del sistema montañoso, con temperaturas medias de 12°C en una cota de 2650 msnm y 6°C en 3600 msnm, sobre las divisorias de aguas.

Por otra parte, se aprecian gradientes menores en la parte plana, con temperaturas en aumento desde los diferentes contornos de la zona hasta alcanzar un núcleo alargado en dirección noreste - suroeste, con registros de temperatura entre los 15 y 16°C en el sector central del área urbana, formando de esta manera un área de mayor temperatura en la ciudad de Bogotá.

Lo anterior delimita la "Isla de Calor", presente hoy en día en las grandes urbes, debido a la incidencia de las emisiones de calor antropogénicas de gases, efecto de invernadero, producido principalmente por las fuentes móviles, como se muestra en la Figura N° 3. El fenómeno de la Isla de Calor se define como: **"el exceso de calor generado en un ambiente urbano por efecto de la acción antrópica"**<sup>7</sup>, e indica que las ciudades son, en general, más cálidas que su periferia. La forma e intensidad de este fenómeno varía con el tiempo y el espacio, siendo un resultado de las características meteorológicas, geográficas y urbanas.

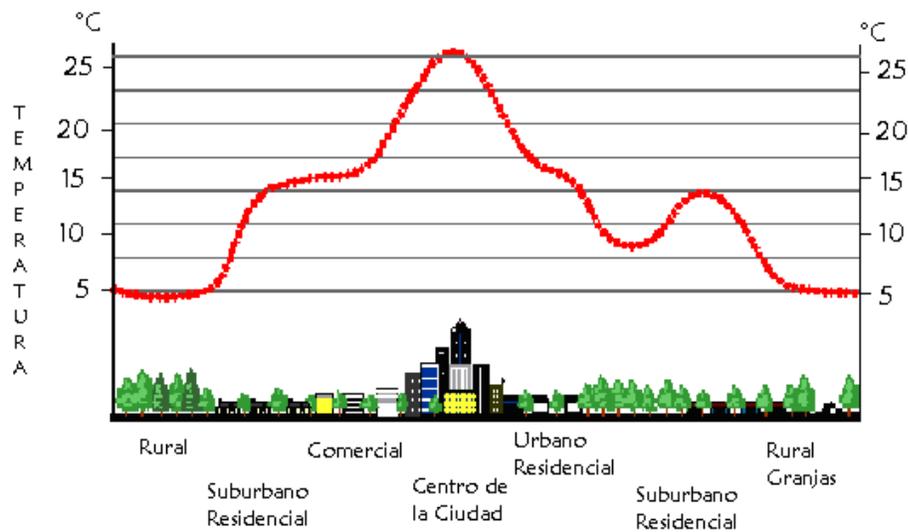


Figura 3. Perfil de un efecto de Isla del Calor Urbano  
Fuente: "Environmental Science Publisher for Everybody Round the Earht". Adaptación: Germán Bernal.

En una ciudad, grandes zonas de la superficie del suelo, especialmente en el centro de la ciudad, se encuentran cubiertas de calles, edificios, avenidas, grandes complejos residenciales, los cuales están contruidos con varios materiales impermeables (hormigón, asfalto, etc.); además, cada material tiene un albedo diferente, lo que altera la fracción de radiación solar reflejada y absorbida por la superficie. Por lo tanto, para una ciudad en conjunto, el albedo significa que gran parte de la energía solar que llega es absorbida por ella. Además, la mayoría de materiales de construcción empleados para las obras de la ciudad, se caracterizan por la elevada absorción de calor y la alta conductividad del mismo.

<sup>7</sup> Capella de Steffens, Isla de Calor. Santiago de Chile, 1997.

La transformación del medio natural por la acción humana alcanza su máxima expresión en las ciudades, donde afecta en modo especial las condiciones climáticas. A medida que los edificios y vías de circulación avanzan hacia áreas periféricas, modifican profundamente el paisaje natural y con ello introducen variaciones en los parámetros meteorológicos más ligados a las condiciones de la superficie subyacente.

La atmósfera urbana suele contener gran cantidad y variedad de partículas en suspensión, siendo algunas de ellas contaminantes; las primeras determinan aumento de la temperatura debido a su capacidad de absorción de calor, mientras que las partículas contaminantes pueden llegar a producir afectaciones en la calidad de vida de sus habitantes.

#### 4.1.3 COMPORTAMIENTO HORARIO DE LA TEMPERATURA MEDIA

El comportamiento de la temperatura media horaria en Bogotá, con base en la información de la estación localizada en el Aeropuerto El Dorado, en un período de 1992 a 1998, como se muestra en la Figura N° 4, permite observar que existe una oscilación de 9,5°C durante las 24 horas, alcanzando valores más bajos en las horas de la madrugada entre las 5 y 6 A. M. con 9,2 y 9,3°C, para luego subir en forma rápida con la salida del sol o comienzo del día, registrando 10,6°C, para posteriormente aumentar significativamente a 13,3°C sobre las 8 A. M. y así sucesivamente hasta alcanzar la máxima a la 1 P. M. aproximadamente, permaneciendo sobre los 18,0°C hasta las 3 P. M., con el ocaso del sol la temperatura comienza a disminuir en forma lenta.

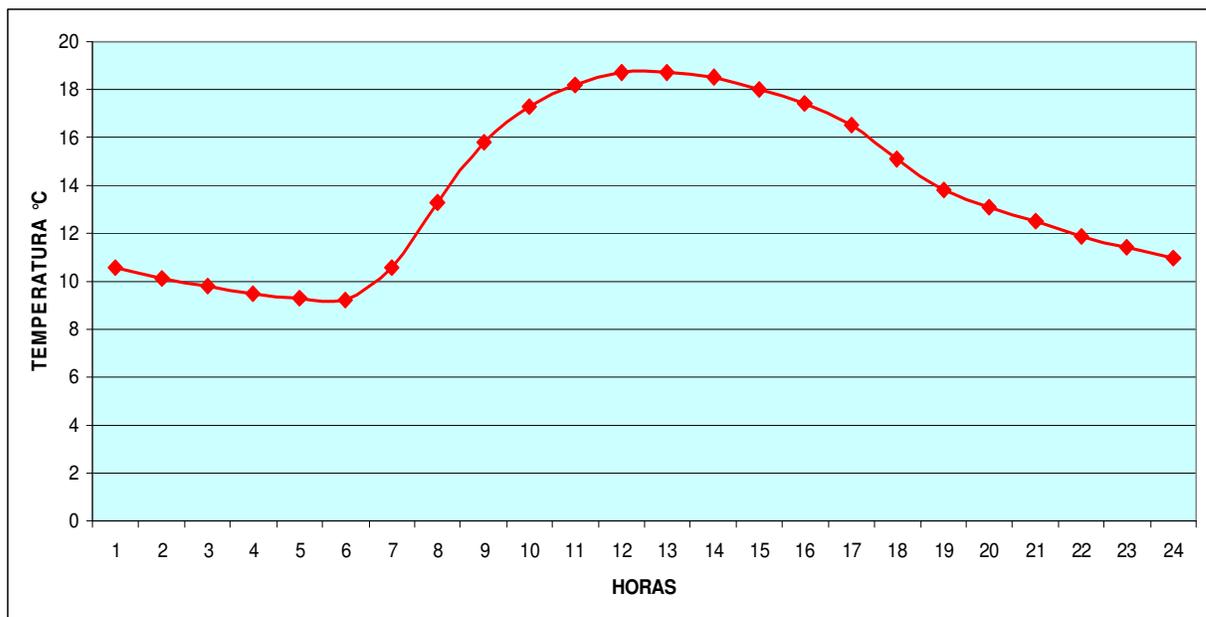


Figura 4. Comportamiento Horario de Temperatura Media Aeropuerto El Dorado – Bogotá D.C.

#### 4.2 HUMEDAD

El vapor de agua es uno de los componentes de la atmósfera de la Tierra. La humedad es un elemento meteorológico que tiene una relación estrecha con la componente en la estabilidad atmosférica y por consiguiente con la ocurrencia y distribución de la precipitación en una zona o porción terrestre.

Teniendo en cuenta la Figura N° 5, el comportamiento temporal de la humedad presenta valores medios mayores en los meses de lluvias altas como son: abril, mayo, octubre y noviembre respectivamente; en tanto, que las menores se presentan en los meses relativamente secos o de bajas lluvias como: enero, febrero, julio y agosto. En los demás meses la humedad fluctúa mucho dado que son meses de transición donde hay presencia de masas húmedas y secas.

En general, la humedad no tiene fuertes variaciones en sus valores medios debido al alto contenido que normalmente se presenta en la zona tropical.

De acuerdo con Tabla N° 3, la humedad relativa media anual en la zona varía entre el 73% y 86%; las zonas con mayor índice de humedad se sitúan en los sectores de la parte media de la cuenca del río Tunjuelo, en el sitio de La Regadera con 86%. Es muy probable que esa alta humedad se presente por la influencia directa del embalse, que genera mayor cantidad de vapor de agua en el ambiente; también se registran altas humedades en Hacienda Las Vegas, en el sector comprendido entre Fontibón y el Humedal de Capellanía, así como en el Jardín Botánico, este último bajo influencia de la vegetación donde se encuentra ubicada la estación.

Tabla 3. PROMEDIOS MENSUAL Y ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA (%)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
APTO EL DORADO	79	80	81	82	81	79	77	77	79	82	83	81	80
APTO. GUAYMARAL	72	73	74	77	76	75	74	74	74	76	76	74	74
ESC. COL. DE ING.	80	79	80	81	82	81	81	80	80	80	81	81	80
GJA. SAN JORGE	81	81	82	84	83	82	82	82	82	83	84	82	82
HDA LAS VEGAS	85	85	85	85	85	85	85	85	86	86	86	85	85
JARDÍN BOTÁNICO	82	83	84	84	84	83	81	81	81	85	85	84	83
OBS. METE. NAL.	75	76	77	78	77	74	73	73	75	76	78	76	75
UNIV. NACIONAL	75	76	77	78	77	74	73	73	75	76	78	76	78
VENADO DE ORO	77	78	79	81	82	81	81	80	79	81	83	80	80
VITELMA	75	77	78	80	80	80	81	79	77	79	82	79	79
REGADERA	80	81	86	90	93	92	92	92	90	89	90	88	86

Los menores índices de humedad se presentan en el sector sur-occidental en la estación Doña Juana con 73% y al norte de Bogotá, en el sector de Guaymaral, con un 74%. En el resto del área el valor promedio se encuentra alrededor del 79%.

### 4.3 BRILLO SOLAR

La cantidad de insolación que se recibe en un área cualquiera es uno de los factores más importantes en la determinación de la caracterización climática de cualquier zona.

La distribución de los valores de insolación o brillo solar están relacionadas en forma inversa con otros elementos como la nubosidad y la precipitación en una región.

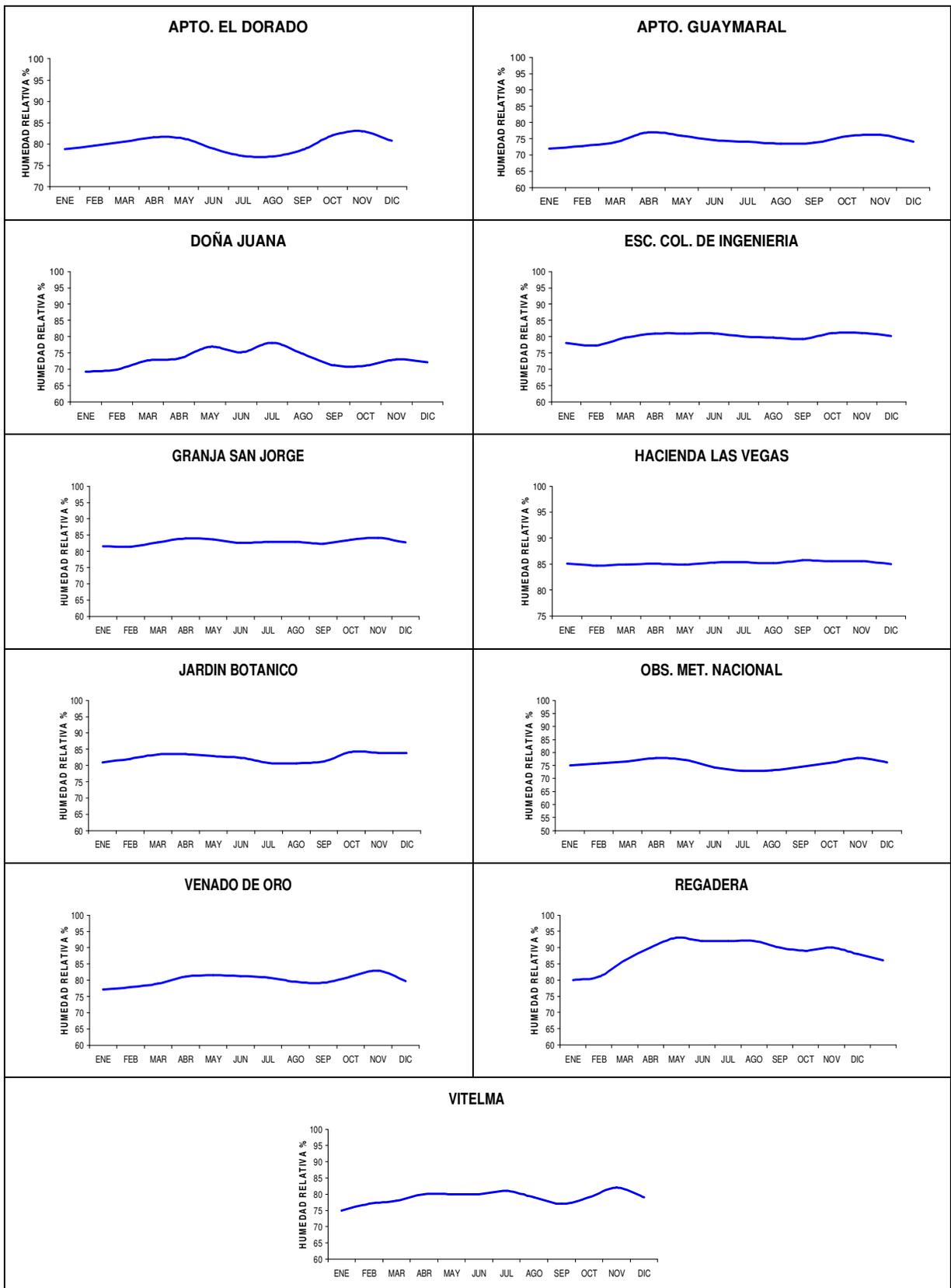


Figura 5. Comportamiento Mensual de la Humedad Relativa.

### 4.3.1 ANÁLISIS TEMPORAL

De acuerdo a la Tabla N° 4 y a la Figura N° 6, el primer rasgo que se aprecia en la distribución temporal de insolación, es que responde a un régimen de carácter bimodal no acentuado, inversamente proporcional con los períodos lluviosos.

Tabla 4. PROMEDIOS MENSUAL Y ANUAL DE BRILLO SOLAR (HORAS)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
APTO EL DORADO	190	151	142	108	110	113	136	137	122	120	130	159	1618
APTO. GUAYMARAL	167	134	113	96	97	95	107	103	103	106	123	145	1386
DOÑA JUANA	202	148	145	124	128	140	130	149	152	150	134	182	1785
ESC. COL. DE INGENIERÍA	177	131	120	88	94	98	110	109	99	106	116	152	1400
GRANJA SAN JORGE	156	129	127	113	130	140	152	158	143	122	122	149	1640
UNIV. NACIONAL	161	132	123	92	95	124	126	133	114	113	116	148	1476
VENADO DE ORO	116	100	89	72	77	87	101	102	92	79	77	99	1091
VITELMA	108	109	103	87	75	89	87	99	103	82	81	52	1075

Los mayores valores se presentan en los meses de diciembre, enero, febrero, julio y agosto y los menores valores durante los meses de las temporadas lluviosas como son abril, mayo, junio, octubre y noviembre.

Los registros más altos se localizan en los sectores sur-occidental en Doña Juana, con 202 horas de sol en enero y 182 en diciembre, y al occidente en Engativá y Fontibón (estación Aeropuerto El Dorado), con 190 y 159 horas de sol para los meses de enero y diciembre respectivamente.

Los valores menores se observan en sectores de la parte baja de los cerros orientales en las estaciones de Vitelma y Venado de Oro, con 72 a 77 horas de sol para los meses de abril y mayo, apreciándose la influencia del relieve y por consiguiente de la mayor presencia de nubosidad.

En los demás meses las condiciones de insolación fluctúan debido a la influencia de factores convectivos y a la presencia de los períodos lluviosos de abril-mayo y octubre-noviembre, bien definidos en la zona y cuyos valores oscilan entre 89 y 150 horas de brillo solar.

### 4.3.2 ANÁLISIS ESPACIAL

En lo que respecta a la variación espacial del brillo solar, representado en el Mapa N° 4, se observa un comportamiento en sentido de los meridianos a lo largo del año; este fenómeno obedece a los efectos de los cerros orientales y a la circulación, tanto a nivel local como sinóptico, responsables del régimen de nubosidad. Se aprecia en el mapa una configuración de núcleos alargada en sentido norte – sur, con la existencia de un gradiente creciente en la dirección Este-Oeste, donde los menores valores se sitúan sobre el sector oriental con 1100 horas de sol anual, aumentando hasta alcanzar núcleos de 1700 horas en el sector occidental.

El gradiente Este-Oeste que se origina en el comportamiento de la variable, está de acuerdo con el Mapa de isoyetas que se presenta en el estudio, lo cual indica la persistencia de la nubosidad en la zona y la barrera natural debido a la cadena montañosa oriental aledaña, la cual es la causa principal de dicho gradiente.

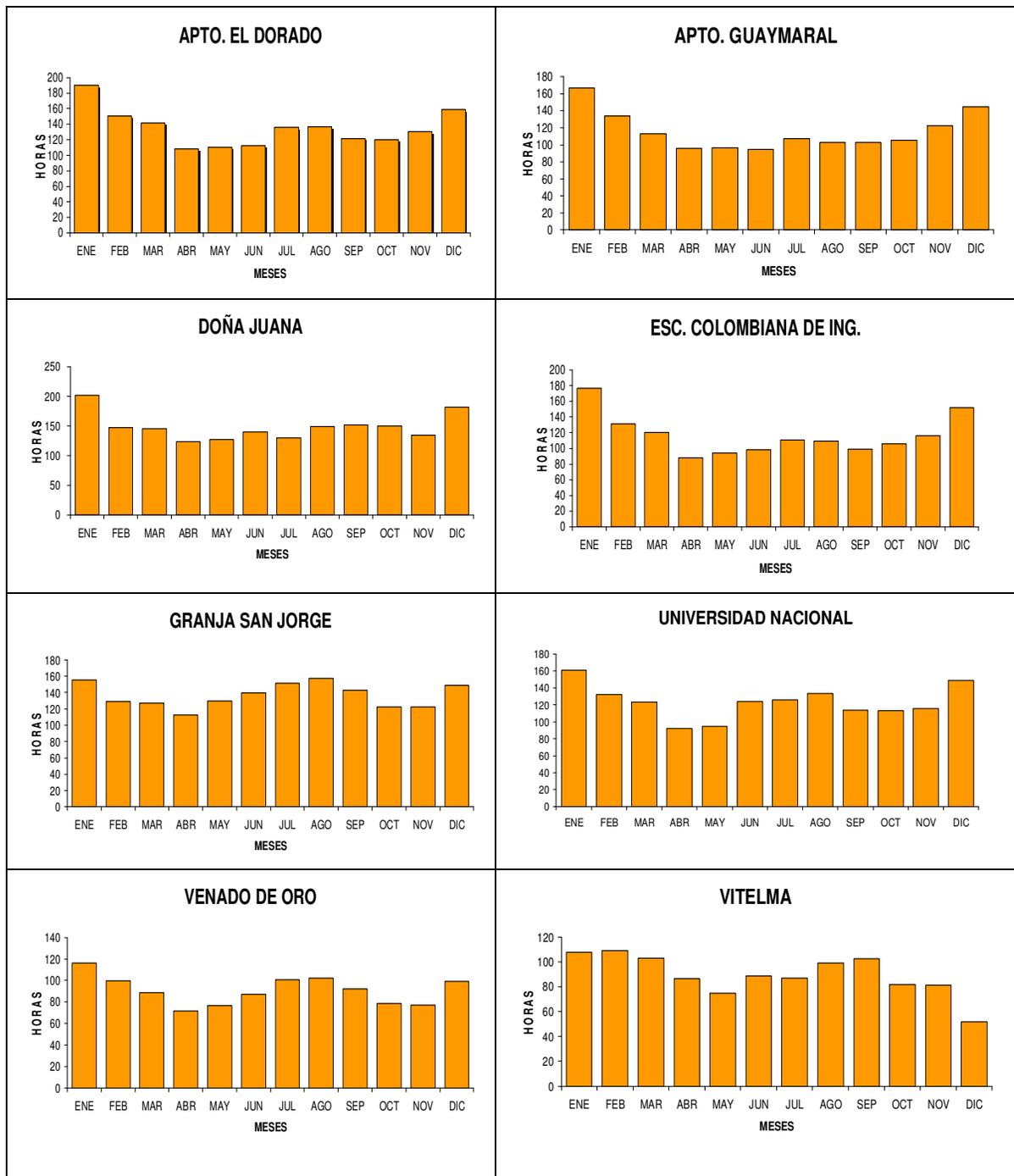


Figura 6. Comportamiento Mensual del Brillo Solar.

Analizando en el sentido norte-sur, se observa una componente constante a lo largo de la zona; tal es el caso, de la isohelias o núcleo entre las 1200 y 1300 horas sol, el cual se prolonga desde el sector norte hasta el sur de la zona y así en general para todo el comportamiento de la variable. Igualmente, si se compara con algún mes en especial, se observa en cualquier época del año el aumento de la variable de una estación situada al oriente con las localizadas al occidente de la zona, tal es el caso, de Vitelma y Venado de Oro en enero, con 108 y 116 horas respectivamente, ubicadas al oriente, comparadas con El Dorado, que registra 190 horas de brillo solar, localizado al occidente, donde se observa una diferencia de 82 y 74 horas de insolación por encima de las anteriores.

Por lo anterior, a pesar de que se considera un homoclima para la zona de estudio, la distribución del brillo solar no es uniforme en la Sabana de Bogotá y por el contrario, existen zonas en sentido longitudinal bien diferenciadas; esta situación incide directamente en el calentamiento heterogéneo de la superficie del suelo, originando la ocurrencia de inestabilidad atmosférica que favorece el desarrollo de sistemas convectivos fuertes y precipitaciones significativas en sectores aislados de la ciudad.

#### **4.3.3 DISTRIBUCIÓN Y COMPORTAMIENTO HORARIO MENSUAL**

En cuanto a la distribución horaria mensual del brillo solar para la zona de estudio, con base en los datos tomados de la estación meteorológica localizada en el Aeropuerto El Dorado, como se muestra en la Figura N° 7, se observa que los meses con mayores registros horarios de insolación son: diciembre, enero y febrero, así como julio y agosto; enero registra el más alto grado de incidencia solar a lo largo del día con registros superiores a 0,6 décimas de hora (36 minutos por cada hora) durante 8 horas consecutivas de 8 a.m. hasta las 4 p.m., presentando así una continuidad de sol durante todo el día. Lo siguen en su orden, febrero y diciembre con una ligera baja de los valores alrededor de 0,5 décimas de hora (30 minutos por cada hora) durante 7 horas de sol continuo entre las 8 a.m. y 3 p.m. y posteriormente julio y agosto, con 0.4 décimas de hora.

Las condiciones normales en cada mes están influenciadas directamente por el grado de cubrimiento de la nubosidad, factor importante en el comportamiento y distribución de la insolación y la radiación solar en un lugar determinado; sin embargo, se observa que las mayores ocurrencias de horas con sol se registran en horas de la mañana y hasta las 2 o 3 de la tarde para la mayoría de meses, exceptuando aquellos que son declarados como lluviosos y por lo tanto, presentan mayor nubosidad como son: abril, mayo, octubre y noviembre, en los cuales se observa una menor duración de horas de sol en el transcurso del día.

#### **4.3.4 DIAGRAMA DE TRAYECTORIA SOLAR PARA BOGOTÁ**

La proyección de la trayectoria del sol sobre el plano horizontal es llamada “Diagrama de Trayectoria Solar”, mostrado en la Figura N° 8, la cual se utiliza como aplicación en diferentes aspectos de carácter técnico-científico, biológico y además para el mejoramiento del hábitat y confort climático.

El Diagrama de Trayectoria para Bogotá,<sup>8</sup> mostrado en la Figura N° 8, permite conocer la geometría solar para la ciudad, a fin de aprovechar al máximo las condiciones locales y la distribución del elemento, al igual que sus trayectorias en las diferentes épocas del año y sus ángulos acimutales y de altitud sobre la ciudad.

---

<sup>8</sup> BERNAL G. Germán. Geometría Solar y Trayectorias del Sol en Colombia. Himat. Bogotá, Ene/69

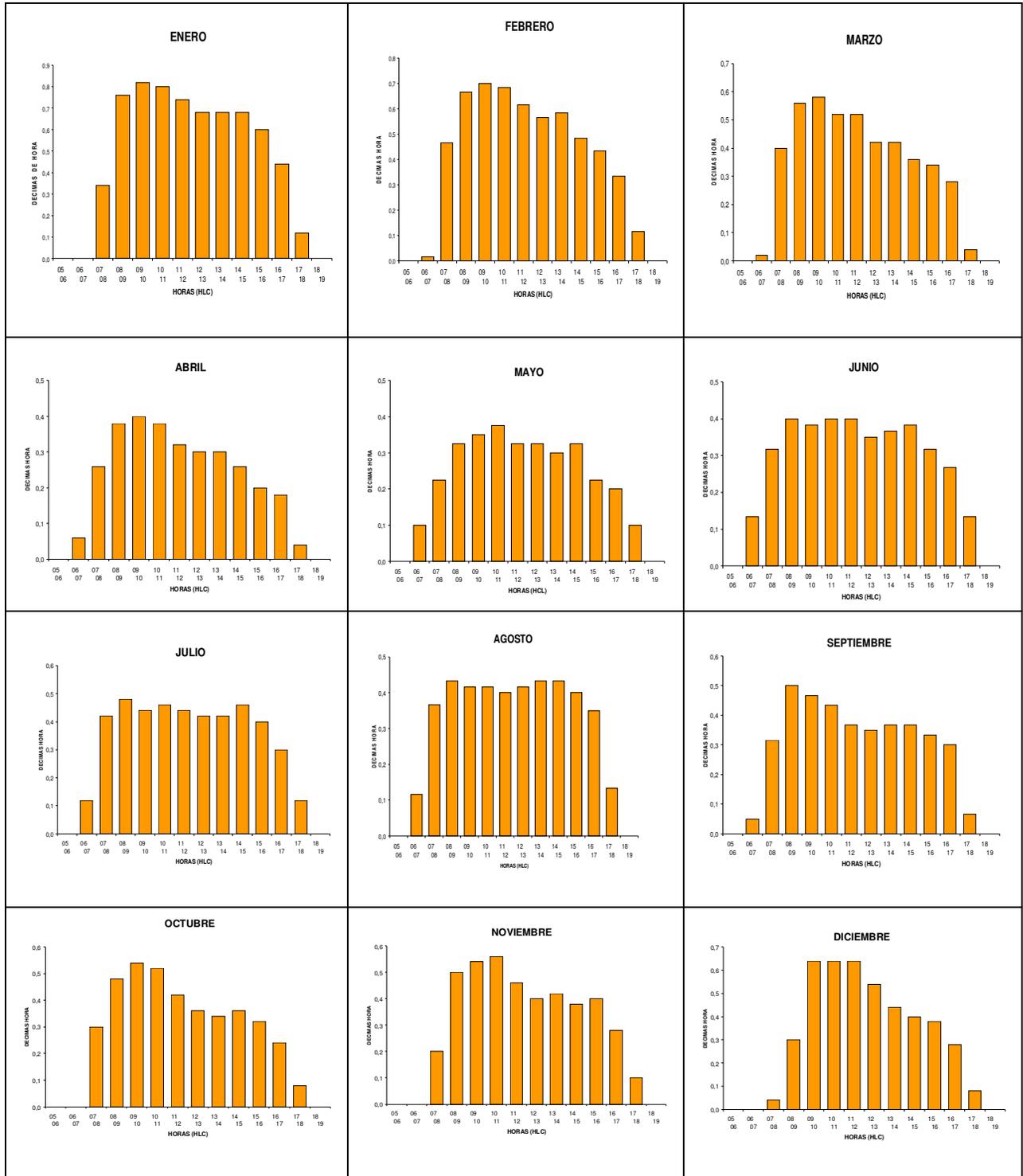


Figura 7. Comportamiento horario del Brillo Solar. Aeropuerto El Dorado-Bogotá, D.C.

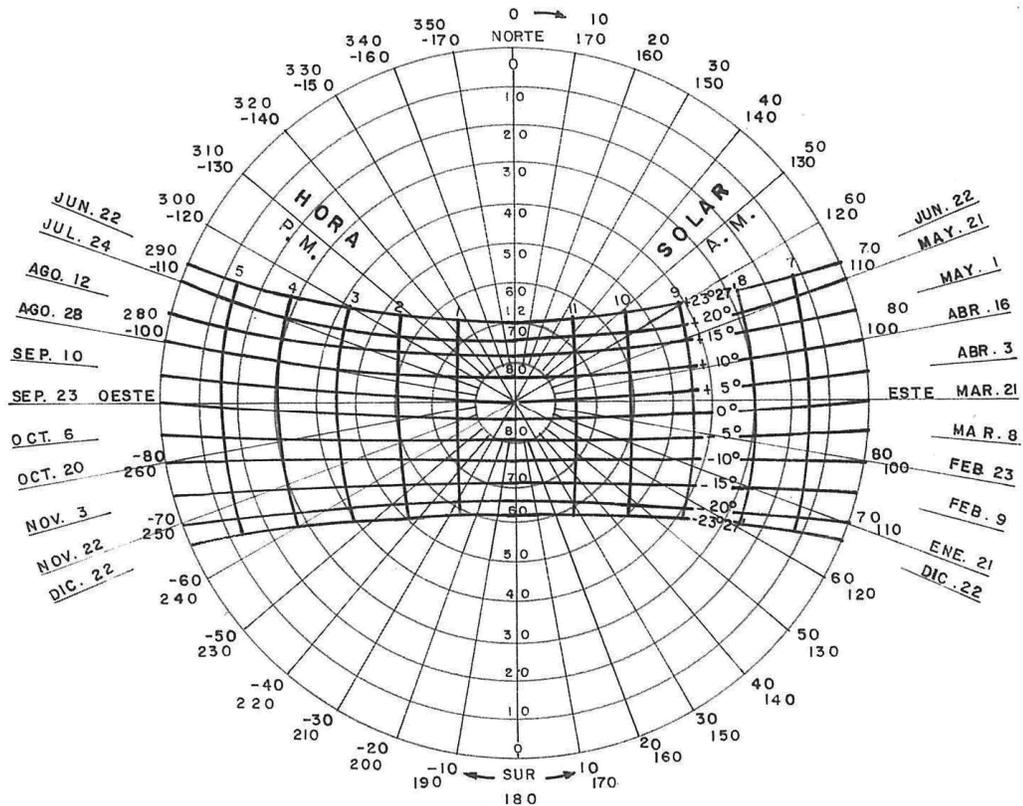


Figura 8. Diagrama de Trayectoria del sol, Altitud y Acimut para Bogotá.  
Fuente: Geometría Solar y Trayectorias del Sol en Colombia. Himat – Bogotá. Enero/69.

#### 4.4 RADIACIÓN SOLAR

La Radiación Solar mide la intensidad, en calorías por centímetro cuadrado y por minuto, que alcanza la superficie de la Tierra. La radiación solar es de máxima importancia para la vida sobre la Tierra. Los distintos flujos de radiación, hacia y desde la superficie de la Tierra, permiten deducir el balance de calor de la Tierra en su totalidad, y de cualquier lugar particular sobre el globo. El conocimiento de la radiación solar es de gran valor para la ciencia, la industria, la agricultura y otras actividades del ser humano.

Dada la representatividad de la Estación El Dorado y de sus respectivas series de información, mayores a diez (10) años, se toma como referencia para el comportamiento de esta variable en la ciudad de Bogotá, como se muestra en la Figura N° 9.

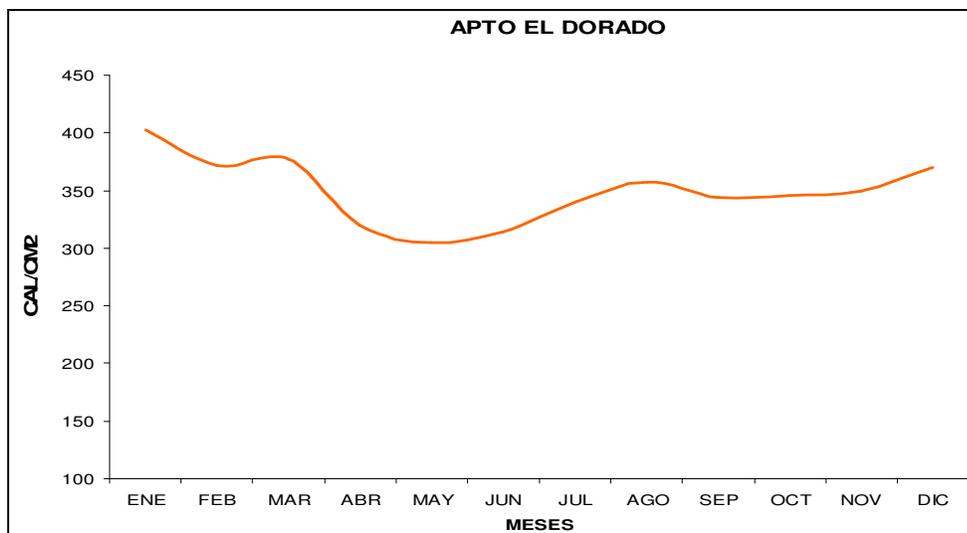


Figura 9. Comportamiento mensual de la Radiación Solar.

La más alta radiación solar en Bogotá (Estación Aeropuerto El Dorado) se presenta en los meses de enero (402,3 cal/cm<sup>2</sup>), febrero (372,1 cal/cm<sup>2</sup>), marzo (377,4 cal/cm<sup>2</sup>) y diciembre (370,4 cal/cm<sup>2</sup>) respectivamente, con incidencia solar; los mínimos se observan en los meses de mayo (304,6 cal/cm<sup>2</sup>) y junio (314,3 cal/cm<sup>2</sup>).

#### 4.5 EVAPORACIÓN

La evaporación es un proceso físico por el cual el agua de una superficie húmeda, o de una superficie de agua libre, es introducida en el aire en forma de vapor a una temperatura por debajo del punto de ebullición. Las estaciones que se muestran en la Tabla N° 5, son las que presentan mayor confiabilidad de información y longitud en las series de tiempo de la variable en estudio.

Tabla 5. PROMEDIOS MENSUAL Y ANUAL DE EVAPORACIÓN (mm)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
APTO EL DORADO	102	94	94	79	85	82	93	90	90	93	83	80	1066
APTO. GUAYMARAL	89	80	80	73	73	68	71	74	79	77	72	80	915
DOÑA JUANA	66	67	60	72	65	73	63	67	66	75	65	72	812
ESC. COL. DE ING.	118	100	108	82	78	79	78	86	84	84	79	87	1063
VITELMA	59	64	67	60	56	56	53	55	63	53	59	53	698

El índice de evaporación se define como la cantidad de agua perdida por una unidad de superficie en una unidad de tiempo, se mide en milímetros (mm) de agua evaporada.

La evaporación de la vegetación se conoce como transpiración. La pérdida total combinada de agua del suelo, depósitos de agua y plantas se denomina evapotranspiración, la cual es uno de los principales componentes del balance hídrico. La evaporación depende de factores como la latitud y la elevación del lugar, así como de la temperatura, insolación y radiación solar, el grado de humedad atmosférica y la intensidad del viento.

Para el análisis temporal, se muestra la Figura N° 10, la evaporación presenta en la mayor parte de la zona, valores más altos en los meses de enero, febrero y marzo, en concordancia con los máximos de la radiación solar y en relación inversa con la precipitación y la humedad relativa. Los meses de menor evaporación son: abril, mayo, octubre y noviembre, considerados meses lluviosos y por lo tanto, de menor radiación solar.

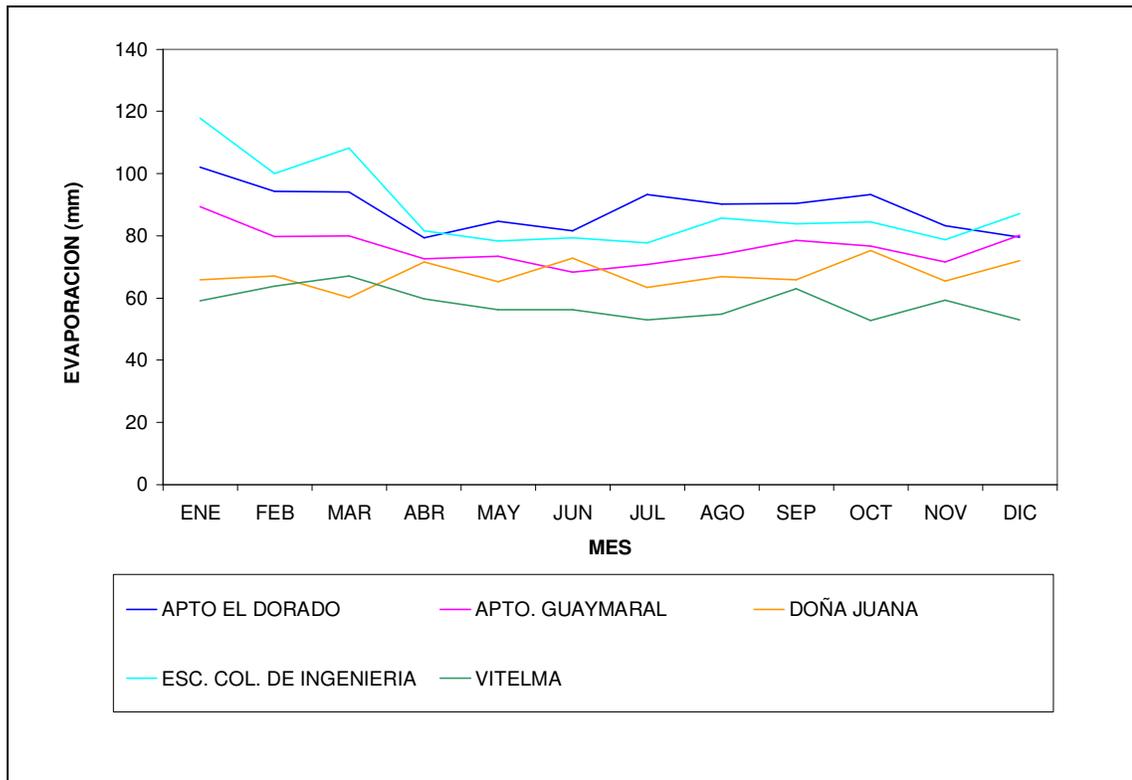
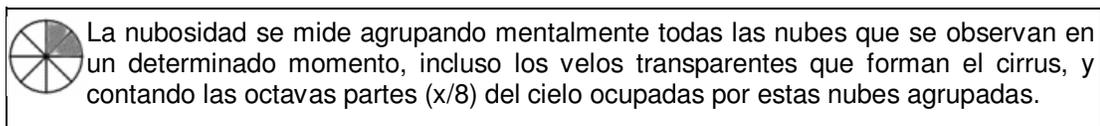


Figura 10. Comportamiento mensual de la Evaporación (mm).

#### 4.6 NUBOSIDAD

Según la definición de la OMM, una nube se define como “un conjunto visible de minúsculas partículas de agua líquida o de hielo, o de ambas a la vez, en suspensión en la atmósfera”.<sup>9</sup>

La medida de nubosidad, es decir, la cantidad de cielo cubierto que se observa en un instante dado en el firmamento, se da en octas, para tal efecto la bóveda celeste se divide en ocho partes, como se representa en la Figura N° 11.



<sup>9</sup> Retallack B. J. Compendio y Apuntes de Formación del Personal Meteorológico. Clase IV OMM NO266. VOLII. Suiza, 1973.

Num.	Símbolo	Descripción
0		Despejado sin nubes
1		1/8 del cielo cubierto- ligeramente nublado
2		2/8 del cielo cubierto-ligeramente nublado
3		3/8 del cielo cubierto-ligeramente nublado
4		4/8 del cielo cubierto-parcialmente nublado
5		5/8 del cielo cubierto-mayormente nublado
6		6/8 del cielo cubierto-mayormente nublado
7		7/8 del cielo cubierto-mayormente nublado
8		Cielo completamente cubierto
9		No se puede observar el cielo

Figura 11. Medida de la nubosidad.

Fuente: [www.titulosnauticos.net/meteorologia](http://www.titulosnauticos.net/meteorologia). Adaptación Germán Bernal.

Para el análisis de la nubosidad se tuvo en cuenta la información de cuatro (4) años (2002 a 2005) del Aeropuerto El Dorado de Bogotá, con la evaluación del comportamiento por rangos de cubrimiento horario mes por mes.

#### 4.6.1 ANÁLISIS TEMPORAL

Los análisis mensuales de la nubosidad para el área de Bogotá, estiman que enero y febrero son los meses caracterizados con cielos más despejados durante el año, dado que su cobertura de cielo nublado llega al 20% del total en el mes, permitiendo por lo tanto, alcanzar hasta el 67% de cielos despejados o parcialmente cubiertos, como se puede observar en la Tabla N° 6.

Los meses con mayor cubrimiento de cielo nublado son abril con 35%, mayo con 34%, junio con 37% y octubre con 36%. Estos meses guardan una estrecha relación con los períodos lluviosos que se presentan en la región.

Tabla 6. DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LA NUBOSIDAD (APTO EL DORADO).

COBERTURA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DESPEJADO (%)	4	2	2	1	0	0	0	1	0	1	1	1
LIGERAMENTE DESPEJADO (%)	31	29	25	17	18	15	18	22	24	15	25	24
PARCIALMENTE DESPEJADO (%)	32	32	29	29	30	31	32	29	33	30	28	33
MAYORMENTE NUBLADO (%)	13	17	16	18	18	17	21	18	14	18	17	16
NUBLADO (%)	20	20	28	35	34	37	29	30	29	36	29	26

#### 4.6.2 COMPORTAMIENTO HORARIO MENSUAL DE LA NUBOSIDAD

En lo relativo a la distribución horaria para cada mes, como se puede observar en la Figura N° 12, se establece que en los meses de diciembre, enero y febrero, se presenta un período de cielos despejados en horas de la noche y la madrugada; posteriormente la nubosidad aumenta hasta cielos ligeramente a parcialmente cubiertos durante el día, hasta las 6 ó 7 de la noche.

Con la llegada de marzo, la cobertura es relativamente variada; se conservan los cielos ligeramente cubiertos en horas de la noche y madrugada, pero de las 6 a 7 de la mañana en adelante, en que se inicia el calentamiento, predominan los cielos parcialmente nublados a nublados entre las 10 de la mañana hasta las 4 de la tarde, con un 40% de ocurrencia. Los meses de abril, mayo y junio, van aumentando la cobertura nubosa comenzando desde las 9 de la mañana hasta las 6 ó 7 de la noche, con cielos variando de parcialmente cubiertos a cubiertos alcanzando 55% de ocurrencia; esta nubosidad da lugar a las lluvias de la primera temporada lluviosa para el área.

Los meses de julio y agosto no son del todo despejados como el caso de enero; éstos, aunque relativamente bajos de lluvias, presentan nubosidad de cobertura muy variada entre los rangos de parcialmente nublado a nublado, en estos meses se presenta invierno en el piedemonte Llanero, lo cual hace que parte de esa nubosidad cubra a Bogotá y la Sabana.

En septiembre, se presenta una mayor entrada de nubosidad más constante a lo largo del día, con cobertura más cerrada de nubes, en tanto en la noche, se percibe una disminución de nubosidad entre las 7 de la noche y las primeras horas de la madrugada, con cielos ligeramente nublados.

Los meses de octubre y noviembre tienen un alto grado de nubosidad (50%) durante el día y noche, siendo el mes de octubre el más nublado del año; en tanto, noviembre se comporta con una ligera disminución (40%) durante el día y de variada nubosidad entre las 7 de la noche hasta aproximadamente 7 de la mañana, alcanzando cielos de cobertura ligera a parcialmente cubierto.

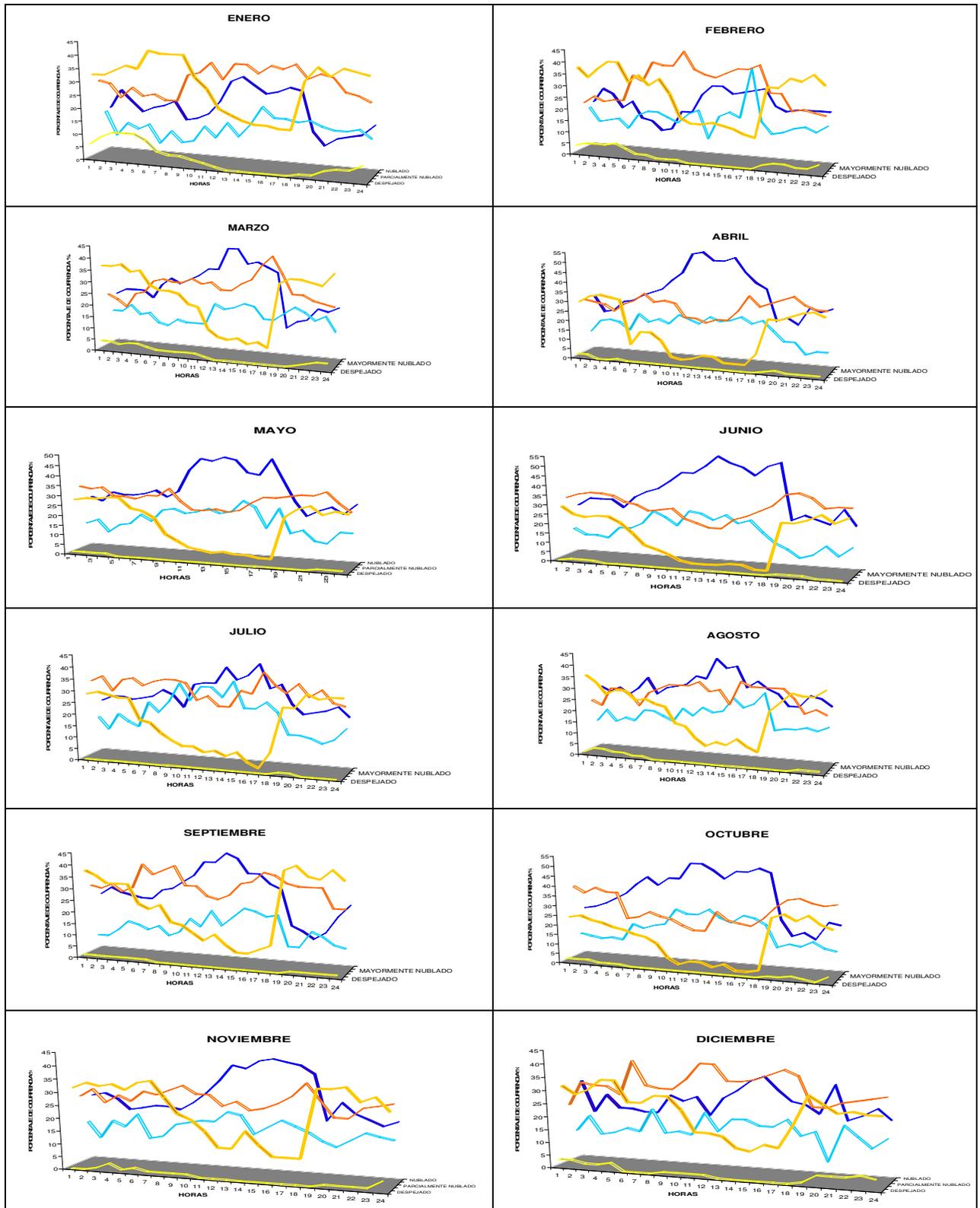


Figura 12. Comportamiento mensual de la Nubosidad

## 4.7 PRESIÓN ATMOSFÉRICA

En virtud de su peso, la atmósfera gaseosa de la tierra ejerce una presión sobre la superficie terrestre. Esta presión es igual al peso de una columna vertical de aire de sección transversal unitaria, que actúa por arriba de la superficie de la Tierra, extendiéndose hasta los límites exteriores de la atmósfera.

Para establecer las características de la presión atmosférica en Bogotá, se tuvo en cuenta la información de la estación del Aeropuerto El Dorado, considerada la más representativa de la ciudad, dada la calidad y continuidad de los registros y la toma de observaciones las 24 horas del día.

### 4.7.1 ANÁLISIS TEMPORAL

En Bogotá, la variación de esta variable durante el año, se caracteriza por poseer un solo máximo y un solo mínimo. El máximo se presenta en los meses de julio y agosto con 752,1 hPa y el mínimo ocurre regularmente en diciembre con 751,1 hPa. Como se puede observar en la Figura N° 13.

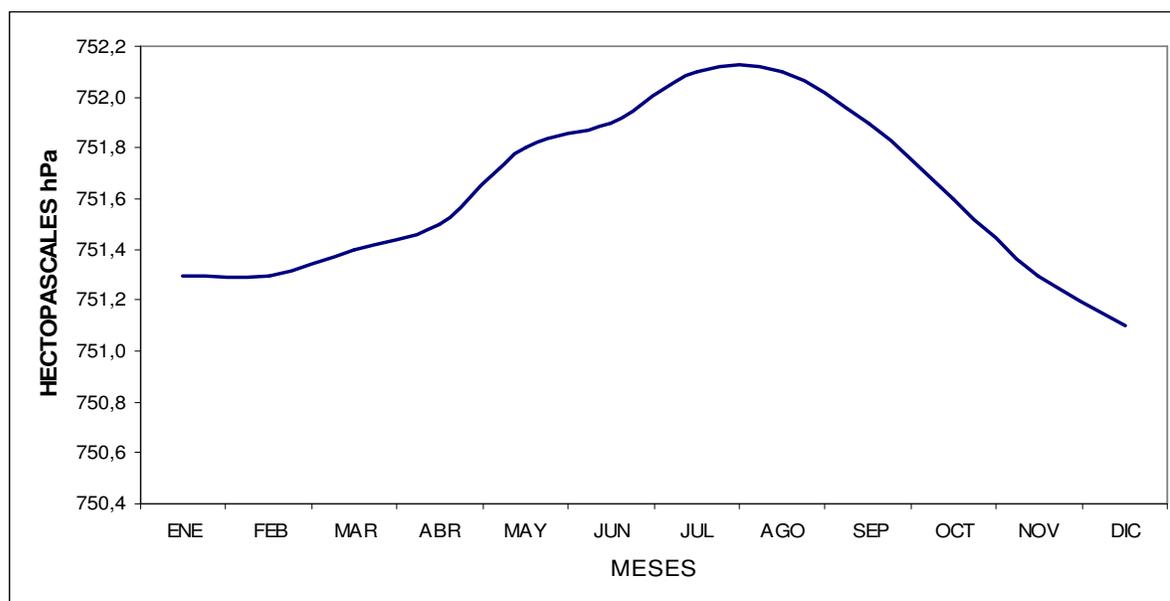


Figura 13. Comportamiento mensual de la Presión Atmosférica (hPa). Aeropuerto El Dorado.

### 4.7.2 VARIACIÓN DIURNA DE LA PRESIÓN

La presión atmosférica, en un lugar determinado, varía continuamente de manera regular e irregular. Las variaciones irregulares se deben principalmente a la presencia de sistemas meteorológicos cuyo desarrollo, fortalecimiento, debilitamiento o ubicación pueden originar esos cambios de presión.

Las variaciones regulares tienen distintos períodos, siendo la más importante la que tiene un período natural y propio de aproximadamente 12 horas, que recibe el nombre de variación semi-diurna de la presión. Como se puede observar en la Figura N° 14.

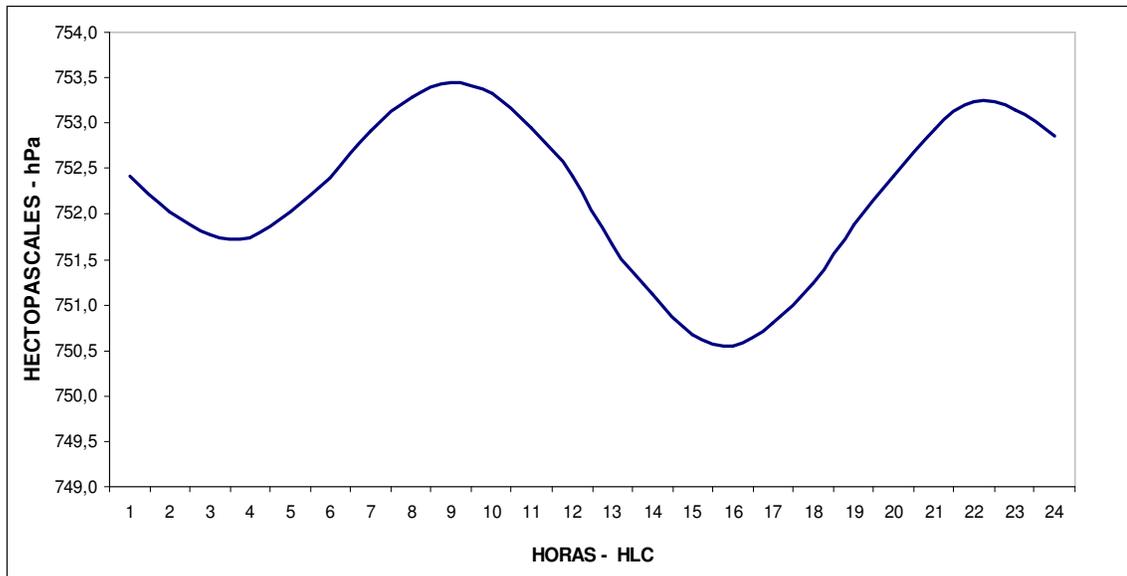


Figura 14. Comportamiento horario de la variación de Presión Atmosférica (hPa). Aeropuerto El Dorado

De la gráfica anterior, se puede observar que la presión máxima se produce dos veces al día, aproximadamente a las 10 a.m. y 10 p.m. y la mínima sobre las 4 a.m. y 4 p.m. La amplitud de esta variación oscila entre 1,4 hPa y 2,9 hPa; el valor máximo de presión atmosférica ocurre en la mañana (753,5 hPa), éste es mayor que el máximo de la noche (753,2 hPa), y el mínimo de la tarde (750,6 hPa) es menor que el de la madrugada (751,8 hPa).

## 4.8 PRECIPITACIÓN

La precipitación se define como la caída de hidrometeoros que alcanzan finalmente el suelo. La medida de la cantidad de lluvia se expresa por la altura de la capa de agua que cubriría el suelo, supuesto perfectamente horizontal, sino se filtrase, evaporase, ni escurriese. A esta medida se llama altura de precipitación y es expresada en milímetros.<sup>10</sup> Un milímetro equivale a un litro de agua por metro cuadrado de superficie. La precipitación es una variable meteorológica con gran variabilidad espacial y temporal.

La ciudad de Bogotá, presenta dos períodos de más lluvias durante el año, el que popularmente se denomina “invierno”, y dos períodos de menos lluvias que llamamos verano. El primero, se inicia en marzo y dura todo abril y mayo; el segundo, empieza en septiembre y dura todo octubre y noviembre; existen meses de transición entre los diferentes períodos como son: los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre, los cuales se presentan con días alternados de lluvias y tiempo seco.

### 4.8.1 ANÁLISIS TEMPORAL

En el análisis temporal del régimen de lluvias, en el área de estudio para Bogotá y la cuenca del río Tunjuelo, se tomó para el período de 1971-2000, definido como una normal climatológica con 30 años de datos.

<sup>10</sup> Retallack B. J. Compendio Apuntes para Formación de Personal Meteorológico, Clase IV. OMM. NO266. Vol II Suiza. 1973.

Las dos temporadas de lluvias en el país se presentan por el desplazamiento que efectúa en sentido nortesur-norte, la Zona de Confluencia Intertropical durante el año. Otros aspectos de carácter local, como son: los efectos de calentamientos y advección de masas húmedas que penetran en la zona, además del factor orográfico, desempeñan una importante influencia en el comportamiento de las lluvias en Bogotá y en la parte media y alta de la cuenca del río Tunjuelo. Esto se puede observar en la Tabla N° 7 y en el Mapa N° 5.

Tabla 7. PROMEDIOS MENSUAL Y ANUAL DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
APTO EL DORADO	32	42	66	113	92	55	41	48	73	116	88	52	819
APTO GUAYMARAL	31	52	70	91	87	57	46	46	65	100	85	46	777
BOCA GRANDE SAL.	32	57	86	135	183	178	214	169	121	114	103	53	1441
BOSA-BARRENO	20	30	48	69	69	51	33	44	51	78	70	29	591
CERRO DE SUBA	41	66	85	109	100	48	39	47	71	116	106	61	889
CONTADOR	68	82	101	116	98	44	40	38	54	122	114	82	958
EL BOSQUE	37	55	75	117	147	157	173	136	101	111	120	62	1290
EL DELIRIO	59	70	97	97	119	127	168	118	76	107	104	69	1212
EL GRANIZO	71	76	90	114	122	82	78	74	68	119	135	84	1113
EL HATO	19	37	51	82	108	85	80	73	64	79	66	34	778
EL VERJÓN	51	56	89	98	124	132	155	119	81	113	111	67	1195
GRANJA SAN JORGE	26	38	54	90	96	64	55	55	56	90	89	42	754
JARDÍN BOTÁNICO	43	62	90	119	120	57	45	51	79	112	117	64	950
LA REGADERA	21	38	55	96	136	128	123	108	81	98	76	38	999
S. FRANC. SALITRE	76	71	93	114	128	91	118	90	74	117	116	82	1169
SAN DIEGO	60	74	90	120	105	61	63	58	59	121	128	78	1016
SAN LUIS	74	74	96	118	107	62	60	55	60	118	130	79	1033
SANTA LUCIA	27	40	58	82	84	48	37	43	52	82	73	41	667
TORCA	64	80	113	142	123	84	78	65	101	125	135	86	1197
UNIV. NACIONAL	57	70	93	117	118	53	39	48	74	126	129	76	940
USAQUÉN S. ANA	73	71	103	119	96	51	45	44	55	111	121	80	969
VENADO DE ORO	65	69	98	126	113	71	74	68	68	119	140	83	1093
VITELMA	59	71	100	112	105	72	89	75	66	111	123	81	1064

En el análisis del comportamiento temporal de la precipitación se declaran dos zonas: la zona urbana, que comprende a la ciudad de Bogotá y la parte baja del río Tunjuelo y la zona rural, que comprende la parte media y alta de la cuenca del río Tunjuelo y los cerros orientales del entorno de la ciudad.

**ZONA URBANA:** Representa una distribución de carácter bimodal, con dos temporadas de lluvias bastante marcadas y dos relativamente bajas o secas. El primer período lluvioso, lo definen los meses de abril, mayo y el segundo, los meses de octubre y noviembre.

El primer período seco se presenta en los meses de enero y febrero y el segundo, en los meses de julio y agosto. Los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre son definidos como de transición entre los diferentes períodos secos - lluviosos –secos.

El primer período de lluvias, entre los meses de abril y mayo, se caracteriza por valores que oscilan de 69mm en la localidad de Bosa - Barreno al occidente a los 142mm en el sector de Torca al norte de la ciudad. En el segundo período, entre los meses de octubre y noviembre, se presentan registros de 70mm

al occidente en Bosa Barreno y al sur en Santa Lucía, hasta los 126mm en varios sectores al norte, como son los registros de las estaciones de Torca, Contador y el área de la ciudad Universitaria.

Con respecto al período seco, entre los meses de enero y febrero, se presentan lluvias que oscilan entre 20mm al occidente en Bosa-Barreno y al norte en sectores de Torca y Contador con 80 y 82mm respectivamente; en el segundo período seco, entre los meses de julio y agosto, los valores de precipitación oscilan de 33mm en los sectores de Bosa-Barreno al occidente, caracterizándose como el más seco; hasta los 74mm en las zonas del centro y la parte baja de los cerros orientales, representados en las estaciones Venado de Oro y el norte en Torca con registros de 78mm.

ZONA RURAL: En el área de la cuenca del río Tunjuelo, se observa un régimen de carácter monomodal en la parte alta, en tanto que en la media se aprecia una transición entre monomodal y bimodal; esta zona está influenciada por el régimen de lluvias de los Llanos Orientales. Presentando la temporada lluviosa o de invierno desde el mes de abril hasta noviembre y la relativamente seca o de verano de diciembre a marzo. Las lluvias oscilan entre los 64mm en el sector de El Hato en el mes de septiembre, hasta los 214mm en el área de Bocagrande – Salitre, al oriente de la parte alta de la cuenca del río Curubital, afluente del río Tunjuelo, en el mes de julio.

En el período seco definido entre los meses de diciembre y marzo, las lluvias oscilan entre 20mm en el sector de El Hato y La Regadera, parte alta de la cuenca, y los 86mm en el sector de Bocagrande - Salitre, área de la cuenca del río Curubital afluente del río Tunjuelo.

En los cerros orientales, la característica de los regimenes de precipitación se muestra con un bimodal no acentuado, en particular, las estaciones más cercanas a la ciudad, entre ellas El Granizo (en inmediaciones del cerro de Monserrate), San Francisco Salitre (en el Km 9 de la vía a Choachí) y Vitelma (al sureste de la ciudad), se ajustan a los períodos lluviosos de abril-mayo y octubre-noviembre, con precipitaciones que oscilan entre 114 y 128mm para el primer período y de 119 a 135mm para el segundo período lluvioso. Para la temporada seca más acentuada de los meses de enero-febrero, las lluvias oscilan entre 59 y 71mm para las referidas estaciones, siendo la más baja en registros la estación de Vitelma con 59mm en el mes de enero.

Por otra parte, las estaciones meteorológicas localizadas en los cerros orientales al sur, es decir, El Delirio, El Bosque y El Verjón, se comportan con un régimen monomodal bien definido, caracterizando el mes de julio como el más alto en registros de precipitación, oscilando entre 155mm en El Verjón y 173mm en El Bosque. En el período seco, entre los meses de diciembre y febrero para este régimen monomodal, se caracteriza el mes de enero como el más bajo, en el cual las precipitaciones oscilan entre 37mm en la estación El Bosque y 59mm en el Delirio.

#### **4.8.2 ANÁLISIS ESPACIAL**

En términos generales, las isoyetas son la representación gráfica en un plano cartográfico de los valores de precipitación, estas líneas de igual valor de precipitación muestran la distribución y comportamiento espacial de las lluvias en una región o área determinada. Para el estudio del área de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo, se elaboraron 13 mapas con análisis de isoyetas referidos así: el Mapa N° 6, presenta la distribución de la precipitación media anual y del Mapa N° 7 al N° 18, se refieren a la distribución de la precipitación media mensual de enero a diciembre.

En el Mapa N° 6, que indica la distribución y comportamiento de la precipitación anual en el área de Bogotá y la cuenca del río Tunjuelo, se analiza que la distribución espacial de la precipitación se caracteriza por la influencia de la orografía como un factor determinante, pero es el paso de la Zona de Confluencia Intertropical la que determina las temporadas de invierno y verano en la zona.

De acuerdo con el análisis del mapa de isoyetas medias anuales, el comportamiento de la lluvia se observa, en general, con alargados núcleos en sentido norte-sur y con gradientes y comportamientos heterogéneos en diferentes direcciones.

Se aprecia en términos generales, el comportamiento de un gradiente en sentido Oeste-Este, con aumento de lluvias acumuladas anuales iniciando desde 600mm en el sector occidental y alcanzando los 1200mm sobre los cerros orientales. Este significativo gradiente se debe a la influencia de la cadena orográfica que demarca a Bogotá por el oriente.

El segundo comportamiento del gradiente, se observa en sentido sur-norte, iniciando con 600mm en el sector sur-occidental y en aumento, aunque menos intenso, formando una amplia zona de 900 a 1000mm dominando el área central de la ciudad, para posteriormente alcanzar en el extremo norte los 1200mm.

El tercer comportamiento de gradiente se observa desde el sector sur de la ciudad, dirigido hacia la parte media y alta de la cuenca del río Tunjuelo, el cual debido a la formación de relieve de la zona es significativo, iniciando con valores de 600mm y finalizando en el sector oriental del nacimiento del río con 1400mm.

Por lo anterior, se han analizado tres comportamientos de la precipitación, como se muestra en las Figuras 15, 16 y 17, iniciando en el sector occidental (W) hacia el sector sureste (SE) y del sector central de la ciudad hacia los sectores del sur-sureste(SSE) y sur-suroeste(SSW), donde se muestra el comportamiento que se adapta a las condiciones de variación de la lluvia en el plano espacial para el área de estudio referida.

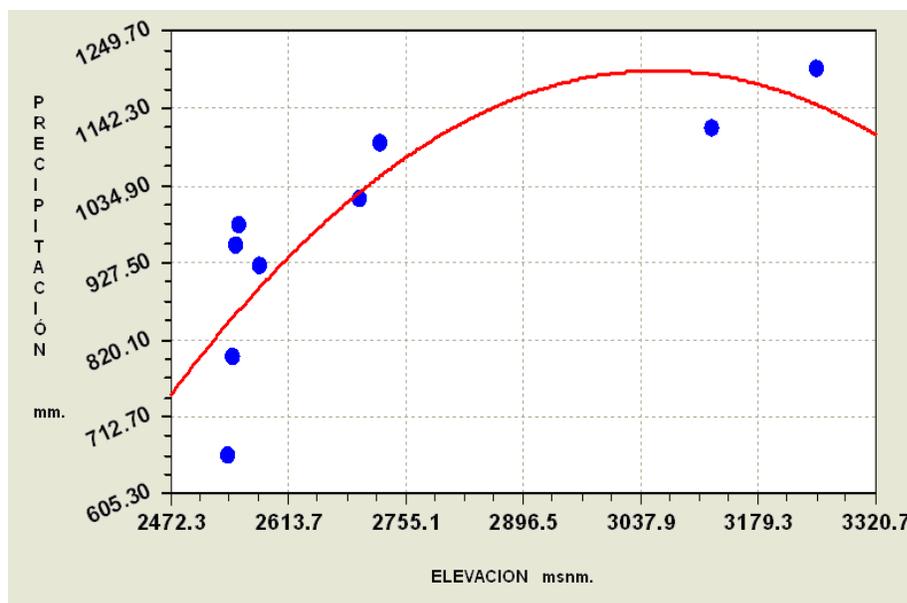


Figura 15. Representación del comportamiento de la Precipitación vs Altitud. Sentido: Oeste – Sureste.  
Fuente: Programa "Curve Expert Sift".

El comportamiento de la curva en la Figura N° 15, está definido por la ecuación cuadrática de tipo  $y = a + bx + x^2$  y se analiza una tendencia de la precipitación en aumento a partir del sector occidental hasta alcanzar el óptimo pluvial alrededor de los 3170 metros sobre el nivel del mar, con valores de 1200mm, sobre los sistemas montañosos del sureste de la capital, para luego decrecer con el aumento de la elevación.

Por otra parte, se detecta un vacío de información en la curva entre los 2755 y 3100 msnm, esto es importante, porque sugiere un ajuste de la red pluviométrica en un futuro, para subsanar la deficiencia de estaciones, como se menciona en el documento Diseño de la Red Hidrometeorológica de Bogotá. El gradiente para este sector se encuentra en 66mm/100metros.

El comportamiento de la curva en la Figura N° 16, está definido por la ecuación cuadrática de tipo  $y = a + bx + x^2$  y se analiza una tendencia en aumento de la precipitación con la elevación, a partir de 2600 msnm hasta alcanzar los 3550 msnm. El gradiente es de 70mm/100metros, el mayor para el área, justo en el sector de la cuenca alta del río Tunjuelo.

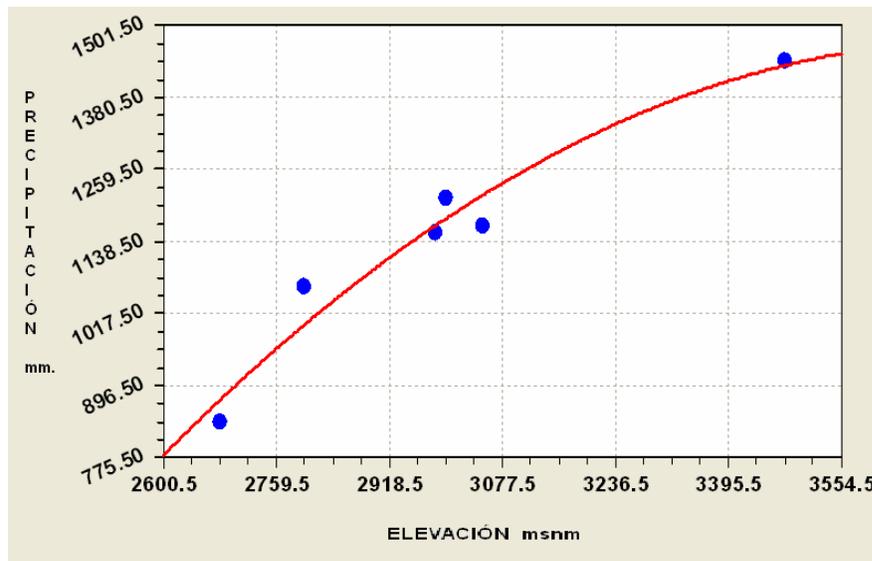


Figura 16. Representación del comportamiento de la Precipitación vs Altitud. Sentido: Centro – Sursureste  
Fuente: Programa “Curve Expert Sift”.

En este análisis se verifica el faltante de información de lluvia, localizada en elevaciones aproximadas entre 3100 y 3500 msnm, que serviría para ajustar la respectiva curva de distribución y gradiente de la zona, y para obtener un mejor conocimiento del régimen pluvial en la cuenca. El gradiente para este sector se encuentra en 70mm/100metros.

El comportamiento de la curva en la Figura 17 está definido por la ecuación cuadrática de tipo  $y = a + bx + x^2$  y se analiza una tendencia casi constante de las lluvias entre los 2550 msnm hasta 2930 msnm con precipitaciones cercanas a los 760mm; posteriormente a partir de esta última cota, la lluvia aumenta hasta alcanzar los 3780 msnm donde se registran precipitaciones de 1200mm. El gradiente de esta variable está en 36mm/100metros, el menor observado en el área. Igualmente se detecta un faltante de información entre 3400 y 3700 msnm.

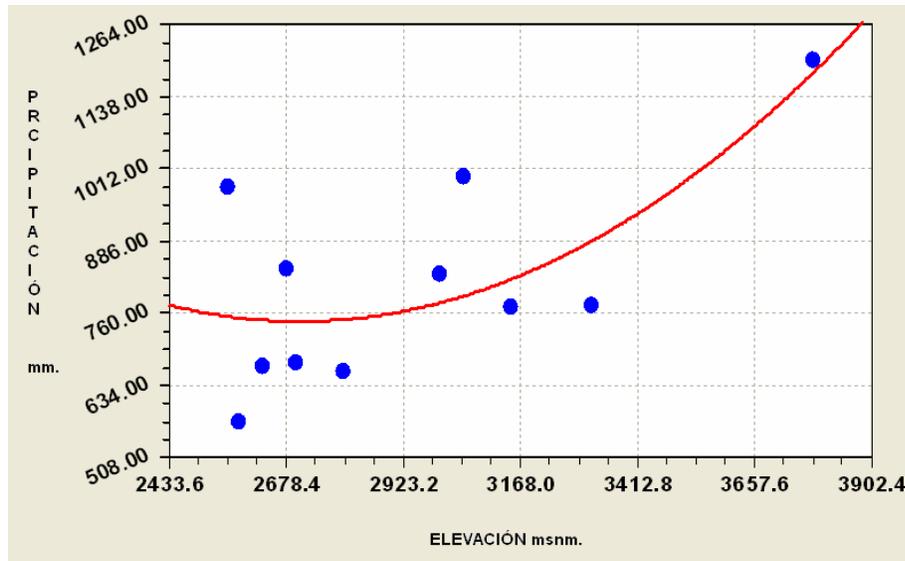


Figura 17. Representación del comportamiento de la Precipitación vs Altitud. Sentido: Centro – SursurOeste  
Fuente: Programa “Curve Expert Sift”.

Por otra parte, en el área de la ciudad, se analiza que las menores precipitaciones se encuentran hacia el occidente y sur-occidente, con valores de 600-700mm, en sectores de la parte baja del río Tunjuelo, Techo, Kennedy, confluencia de los ríos Tunjuelo y Bogotá, Bosa, Santa Lucía, La Picota, Quiba, Doña Juana y donde se localizan, entre otras, las subcuencas de quebradas como Limas, Trompeta, Yerbabuena, El Chuscal, Santo Domingo y Tibanica. Hacia el sector occidental y nor-occidental resulta una franja extendida hacia el norte con valores entre los 800mm, comprendiendo zonas como Engativá, Fontibón y El Cortijo, hasta alcanzar Guaymaral en el extremo norte.

En el centro de la ciudad se presenta una precipitación que oscila entre los 800 y 1000mm, para luego aumentar hacia los cerros orientales donde alcanza los 1200mm; también crece la precipitación desde el centro hacia el sur y sur-occidente, alcanzando los 1100mm en sectores de Juan Rey (quebrada Chiguaza) y de 1300mm sobre la parte alta de la cuenca de la quebrada Yomasa.

Hacia el extremo norte de la ciudad se aprecia un aumento de las lluvias en un núcleo extendido a partir del sector de Contador y a lo largo de todo el sector centro-oriental, hasta alcanzar el área del Humedal Torca, donde registra valores de 1200mm de lluvia anual.

En lo relacionado con la cuenca del río Tunjuelo, se caracteriza por presentar dos condiciones de lluvias: la primera, desde su desembocadura en el río Bogotá hasta el sector de Santa Lucía y La Picota, con valores entre 600 y 700mm; de este sector a Cantarrana, adquiere una influencia por el flanco oriental con lluvias de 800mm, que van en aumento en forma significativa al igual que su gradiente, hasta alcanzar los 1300mm en el sector sur oriental, con los aportes de las quebradas de la zona, entre otras la Yomasa.

A medida que se asciende por su cauce principal, la precipitación va en aumento hacia el sector medio y alto de la cuenca, alcanzando lluvias de 800mm y fortaleciendo su gradiente en sentido Este-Oeste; las lluvias en ambas vertientes alcanzan los 1100mm precisamente donde existen ríos tributarios del Tunjuelo como el Curubital y Mugroso. Se observan algunas áreas con lluvias entre los 1400 a 1500mm a nivel anual.

### 4.8.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LLUVIAS MÁXIMAS EN 24 HORAS

En lo que respecta a los valores de máximas precipitaciones en 24 horas en el área de Bogotá, se observa que los meses declarados como temporada lluviosa, son los que presentan los mayores registros de lluvia máximas en 24 horas, siguiendo también un comportamiento bimodal. Se realizó la Tabla N° 8, en la cual se encuentra el año de ocurrencia de la máxima precipitación en cada una de las estaciones utilizadas para este análisis.

En los análisis se encuentra que en la parte urbana, los meses de marzo, abril, mayo, octubre y noviembre, sobresalen con valores significativos y las zonas con mayor incidencia se localizan al occidente, sur-occidente y centro del área urbana; el mayor valor registrado se obtuvo en la estación San Luis, en el sector nor-oriental, quebrada Las Delicias, en abril del 2000 con 129mm en 24 horas; en el área central hubo un máximo en la estación San Diego, en noviembre de 1954 con 95,0mm. En otros sectores se han presentado valores significativos como en Contador con 82,3mm en noviembre de 1999; Torca con 95,0mm en septiembre de 1998; Usaquén – Santa Ana con 110,0mm en noviembre de 1937; Jardín Botánico en marzo de 1999 con 73,3mm y en Cerro de Suba con 73,2mm en 24 horas, en marzo de 2004.

En sectores de los Cerros Orientales, las máximas precipitaciones en 24 horas son significativas y distribuidas a lo largo de la cadena montañosa; tal es el caso del sector de Monserrate en El Granizo, que presentó una lluvia de 139,0mm en el mes de mayo de 2005; El Verjón (vía carretera a Choachí) 112,0mm en noviembre de 1998 y 105,0mm en marzo de 1974; El Delirio (suroriente de Bogotá) 102,8mm en marzo de 1974 y 115,6mm en diciembre de 1966; Venado de Oro (parte baja de los cerros de Monserrate y Guadalupe) 90,0mm en marzo de 2001 y 97,0mm en octubre de 1997.

Sin embargo, como se puede apreciar en la Tabla N° 8, no sólo en los meses de temporada lluviosa, se presentan valores altos de precipitación máxima en 24 horas; tal es el caso de Venado de Oro que en enero de 2001 registró 95,8mm y Usaquén Santa Ana en enero de 1938 se obtuvo una precipitación de 121,2mm y en julio de 1943, 110,0mm; en San Francisco Salitre (carretera a Choachí km 9) en enero de 1999 se registraron 94,0mm.

En mayo de 2005 hubo una presentación inusual de fuertes lluvias en gran parte del país, como consecuencia del ingreso de varias ondas tropicales del Este, que sumados a la reactivación de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), la cual interactuó con algunos sistemas meteorológicos asociados con mal tiempo, generando alta nubosidad y precipitaciones significativas.

En general, las lluvias presentaron un comportamiento que osciló entre la normalidad y ligeramente por encima de los promedios normales; no obstante, en algunas zonas del país se registraron precipitaciones considerables, entre ellas las del departamento de Cundinamarca, que incluye la zona de estudio. Esta situación, originó valores más altos en los registros máximos en 24 horas, para las siguientes estaciones meteorológicas: La Regadera (49,8mm), El Hato (51,8mm), Bocagrande Salitre (58,4mm), San Luis (81,3mm), San Francisco Salitre Km9 (124,9mm), El Delirio (57,5mm), El Granizo (139,0mm), El Verjón(87,2mm) y San Diego (80,6mm).

Tabla 8. VALORES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMOS EN 24 HORAS (mm)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
APTO EL DORADO	42,7	37,9	34,0	63,8	54,0	28,3	39,3	35,2	35,5	47,6	41,1	43,4
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1984	1986	1983	1990	1995	1974	1979	1979	1985	1990	2004	1983
APTO GUAYMARAL	33,0	36,0	48,0	47,8	38,0	47,8	32,2	23,0	47,0	52,0	42,0	30,5
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1995	1986	1995	2003	2001	2003	1967	1995	1990	1990	1995	1965
BOCA GRANDE SAL.	29,0	41,5	48,7	42,8	58,4	62,2	65,2	50,5	43,0	39,8	48,5	34,5
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1994	1963	1989	1982	2005	2002	1987	1971	1950	1979	1985	1943
BOSA-BARRENO	48,3	31,5	46,0	53,2	36,0	40,6	22,9	25,0	44,0	41,0	33,0	43,0
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1993	2004	1982	2002	1953	1994	1952	1977	1973	1981	1983	1943
CERRO DE SUBA	36,8	49,6	73,2	61,8	58,0	34,0	40,8	34,6	42,0	56,0	52,0	62,9
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1962	1994	2004	1962	1990	1968	1960	1985	1985	1961	1952	1965
CONTADOR	56,3	47,2	53,9	64,0	55,6	58,2	44,0	33,1	40,2	61,6	82,3	76,0
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1994	1974	1977	1982	1971	1962	1959	1998	1970	1999	1999	1995
EL BOSQUE	61,8	100,4	86,5	85,0	176,6	81,1	89,5	73,2	61,8	110,1	119,7	88,8
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	2000	2000	2001	1979	2000	2002	2000	2000	2000	2002	2001	2001
EL DELIRIO	59,1	54,4	102,8	51,3	57,5	51,5	65,0	56,2	42,1	66,5	71,0	116
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1972	1972	1974	1941	2005	1944	1997	1967	1950	1946	1970	1966
EL GRANIZO	70,1	62,5	72,3	93,7	139,0	54,6	29,2	32,4	38,2	69,8	90,0	62,3
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1993	2004	2003	1965	2005	1964	1959	1979	1967	1970	1996	1973
EL HATO	35,8	27,6	59,0	38,5	51,8	46,6	35,5	68,0	35,0	61,0	29,2	32,5
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1950	1986	1967	1929	2005	2002	1959	1946	1950	1949	1998	1943
EL VERJÓN	71,0	53,5	105,0	64,4	87,2	78,0	70,6	62,5	46,6	70,0	112,0	52,9
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1999	1958	1974	2002	2005	1996	1997	1967	2000	1970	1998	1995
GRANJA SAN JORGE	39,6	37,0	36,5	40,0	59,5	32,2	26,8	46,0	53,0	41,7	65,0	33,0
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1982	1971	1962	1960	1985	2000	1983	1975	1995	1961	1966	1976
JARDÍN BOTÁNICO	39,5	34,5	73,3	59,3	67,0	41,2	26,5	31,2	46,5	46,2	54,0	48,5
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1999	2005	1999	1975	1981	1979	2000	1979	1997	1983	1998	1990
LA REGADERA	26,5	21,6	33,3	51,5	49,8	41,9	34,0	28,5	28,0	38,7	30,5	34,9
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1981	1996	1975	1976	2005	2002	1987	1973	2001	1979	2003	1996
S. FRANC. SALITRE	94,0	68,0	84,0	84,5	124,9	49,3	54,5	43,0	42,0	88,0	100,4	59,7
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1999	1980	1950	1944	2005	2002	1997	2004	1950	1970	1998	1975
SAN DIEGO	48,2	69,0	75,0	60,0	80,6	36,5	45,0	37,5	46,0	92,5	95,0	65,0
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1993	2001	1948	1951	2005	1968	1979	1999	1953	2003	1954	1952
SAN LUIS	60,8	57,9	58,0	129,0	81,3	65,2	46,9	45,3	54,6	75,8	64,0	68,6
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1979	2004	1967	2000	2005	1964	1946	1954	2005	1970	1980	1946
SANTA LUCIA	45,3	25,7	41,0	69,1	60,0	41,2	38,3	24,4	32,3	45,8	61,8	41,5
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1982	2004	1990	2002	1970	1957	1959	1998	1986	2003	1980	1995
TORCA	74,7	58,5	82,5	65,5	64,0	50,5	87,0	46,5	95,0	63,5	63,5	52,5
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1991	1980	1996	1996	1987	1975	1998	1981	1998	1979	1976	1973
UNIV. NACIONAL	47,4	57,0	62,0	66,7	63,1	41,7	29,5	30,5	46,4	56,6	63,6	64,8
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1984	1999	1978	1971	1995	2000	2005	1984	1997	1979	1998	1982
USAQUÉN SANTA ANA	121,2	71,2	81,7	80,4	90,3	93,0	110	80,0	87,5	91,0	110,0	81,5
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1938	1938	1983	1937	1948	1943	1943	1949	1937	1937	1937	1938
VENADO DE ORO	95,8	59,0	90,0	68,7	64,5	51	51,2	27,5	54,2	97,0	80,5	61,1
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	2001	2004	2001	1979	1971	2002	1975	1979	1988	2003	2000	1988
VITELMA	43,0	56,6	72,0	45,8	74,0	39,6	60,0	44,0	69,6	78,0	66,5	71,0
AÑO DE OCURRENCIA MÁX	1959	2004	1954	2002	1949	1972	1959	1960	2005	1951	1980	1946

#### 4.8.4 VARIACIÓN INTERANUAL

En lo que respecta a la variación interanual de la precipitación en la parte urbana de la zona de estudio, luego de realizar un trabajo estadístico con la información obtenida de las diferentes estaciones, se observa un comportamiento irregular de la ocurrencia de la cantidad de lluvia, mostrando oscilaciones variadas año tras año.

Los años más lluviosos en los 34 años de análisis, es decir, entre 1971-2004, han sido en su orden 1999 – 2004 y 1979, seguidos de 1971 - 1988 - 1994 y 1998, los cuales también se destacaron con registros relativamente altos comparados con sus valores normales. Dichas características fueron relativamente homogéneas en cuanto a la mayor parte de estaciones con registros altos en el área de la ciudad.

Por otra parte, algunos de estos años coinciden con la presentación del fenómeno de La Niña, de los años 1971, 1988 y 1998, donde debido a las características físicas del fenómeno, se aumentan las precipitaciones; sin embargo, si observamos los años con alto grado de significado de lluvias, no coinciden con eventos Niña.

Teniendo en cuenta las Figuras N° 18, N° 19, N° 20, N° 21, N° 22 y N° 23, las mayores precipitaciones registradas se encuentran al sector norte, en Torca, con 1893,2mm en el año de 1976; Guadalupe en los cerros orientales con 1639,1mm en 1999; Vitelma con 1403mm en 1999; OMN-Universidad Nacional con 1403,6mm en 1979; El Granizo sector del cerro de Monserrate con 1424,2mm en el año de 1979; San Francisco Salitre Km. 9 (carretera vía a Choachí) con 1582mm en el año de 2004; Juan Rey con 1585,7mm en 2004; El Delirio al sureste de los cerros orientales con 1600mm en 1986 y El Bosque al sureste de la ciudad con 2416,7mm en 1967.

Sin embargo, a nivel histórico existen registros de lluvias anuales de carácter más significativos como los observados en los años de 1950, 1954 y 1938 respectivamente, en las estaciones de San Diego sector central con 1657,2mm en 1950, El Granizo sector de Monserrate con 1864,7mm en 1950, San Luis con 1537,7mm en 1950, Cerro de Suba con 1353,5mm en 1950, al parecer este año fue uno de los más lluviosos, dado que los registros de las estaciones en funcionamiento detectaron en su mayoría aumentos de lluvias en el contorno de la red de estaciones en ese tiempo. Le siguen en importancia los años 1954 y 1934 como de los más altos en lluvias en la capital.

En el período de 1866 – 1900 se observó que el año con mayor precipitación, ocurrió en el año de 1879 con 1633,1mm, para el período de 1901 – 1930 el año de mayor lluvia fue 1910 con 1444,8mm y en el período de 1931 – 1950 el año con mayor precipitación se presentó en 1950 con 1357,6mm, registrados en el Observatorio Meteorológico Nacional - San Bartolomé (centro de la ciudad).<sup>11</sup>

Con relación a eventos atípicos de períodos bajos de lluvias o secos, se destacan los años 1973 – 1974 – 1992 y 2001, seguidos muy de cerca de los años 1977 - 1978 – 1980 – 1983 – 1987 – 1993 y 1997, los cuales presentaron bajas considerables en sus registros de lluvia. Estos años en su mayoría coinciden con la presentación del evento El Niño.

---

<sup>11</sup> Anales del Observatorio Meteorológico Nacional. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, 1960.

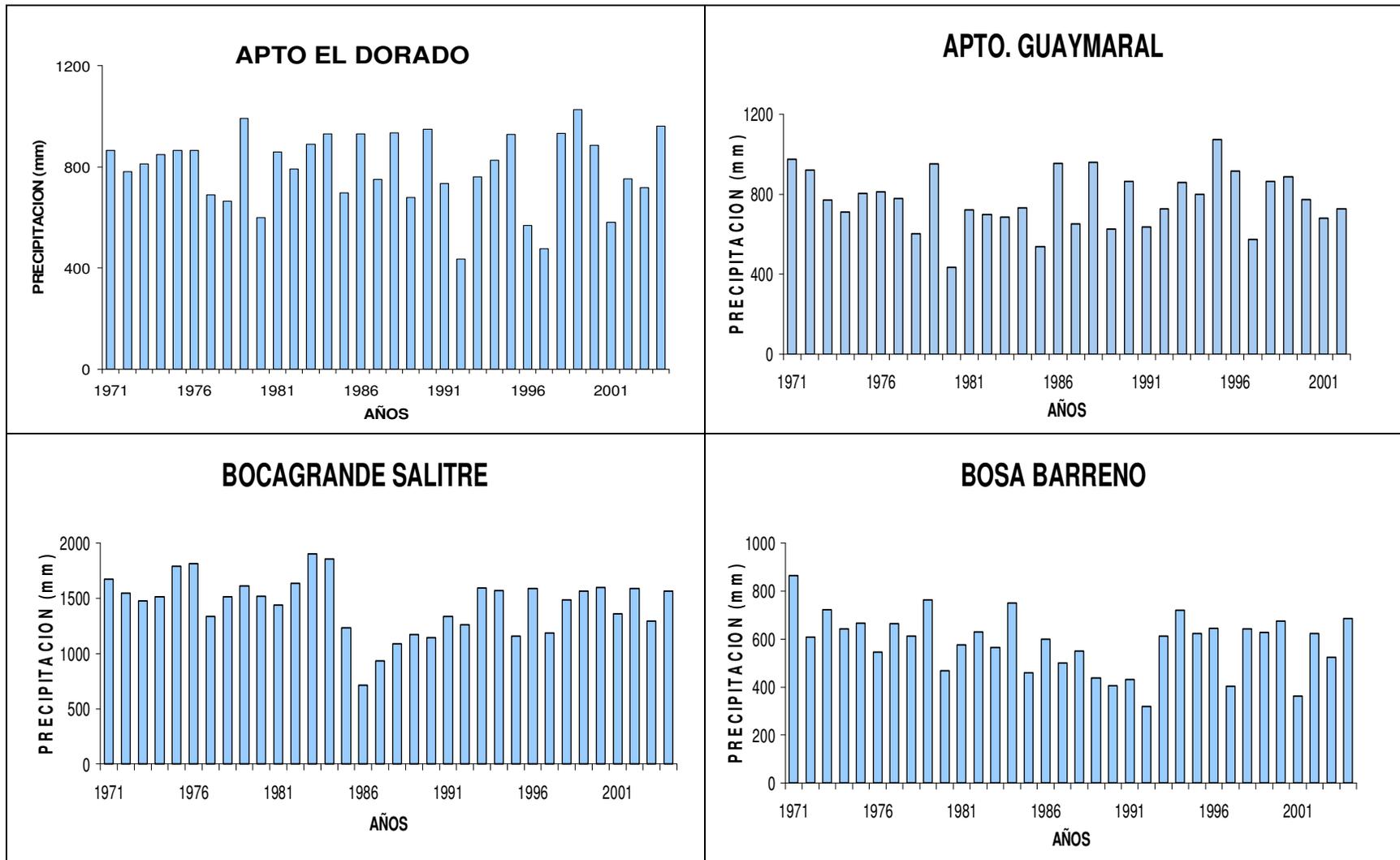


Figura 18. Comportamiento Anual Multianual de la Lluvia.

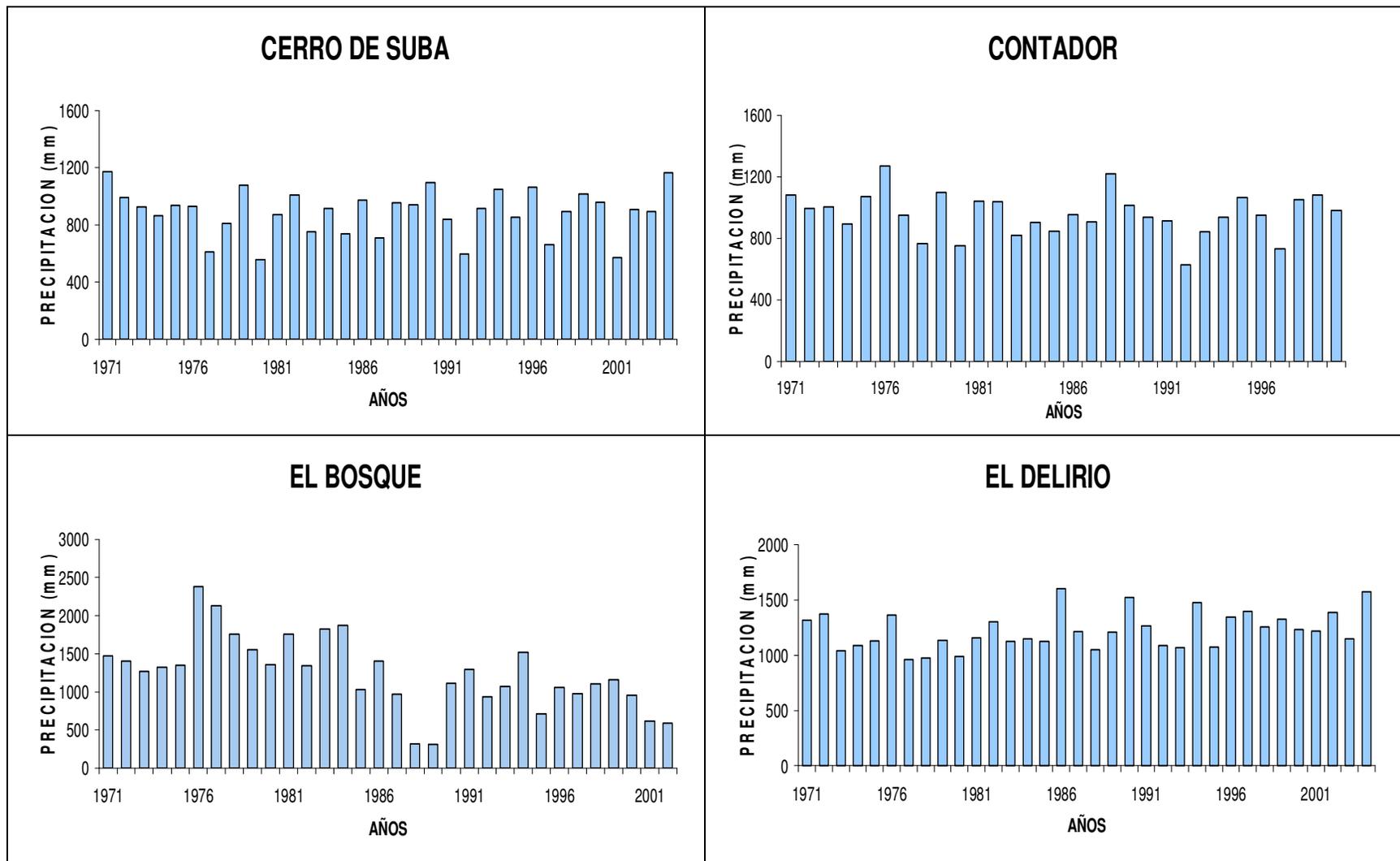


Figura 19. Comportamiento Anual Multianual de la Lluvia (continuación)

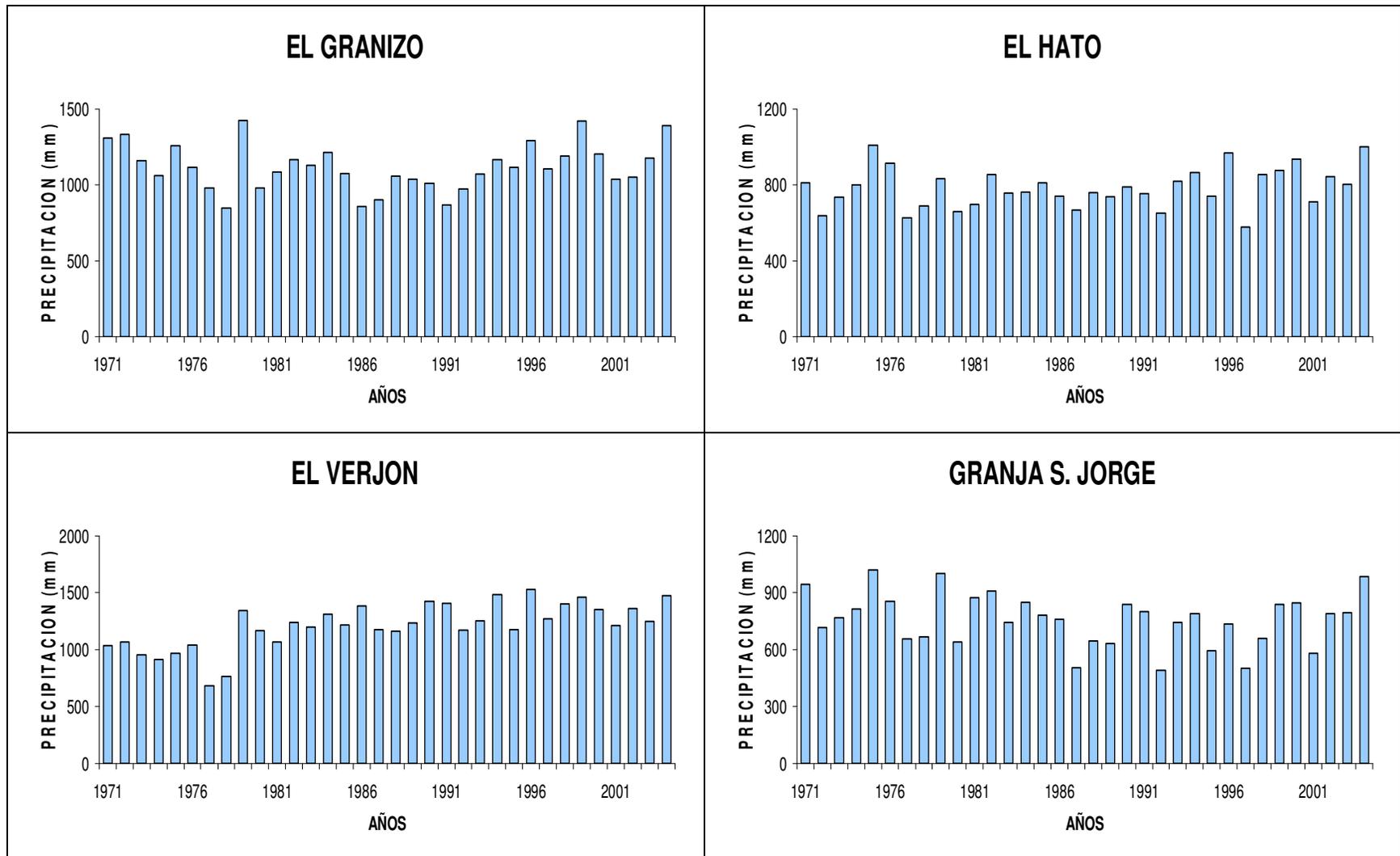


Figura 20. Comportamiento Anual Multianual de la Lluvia (continuación)

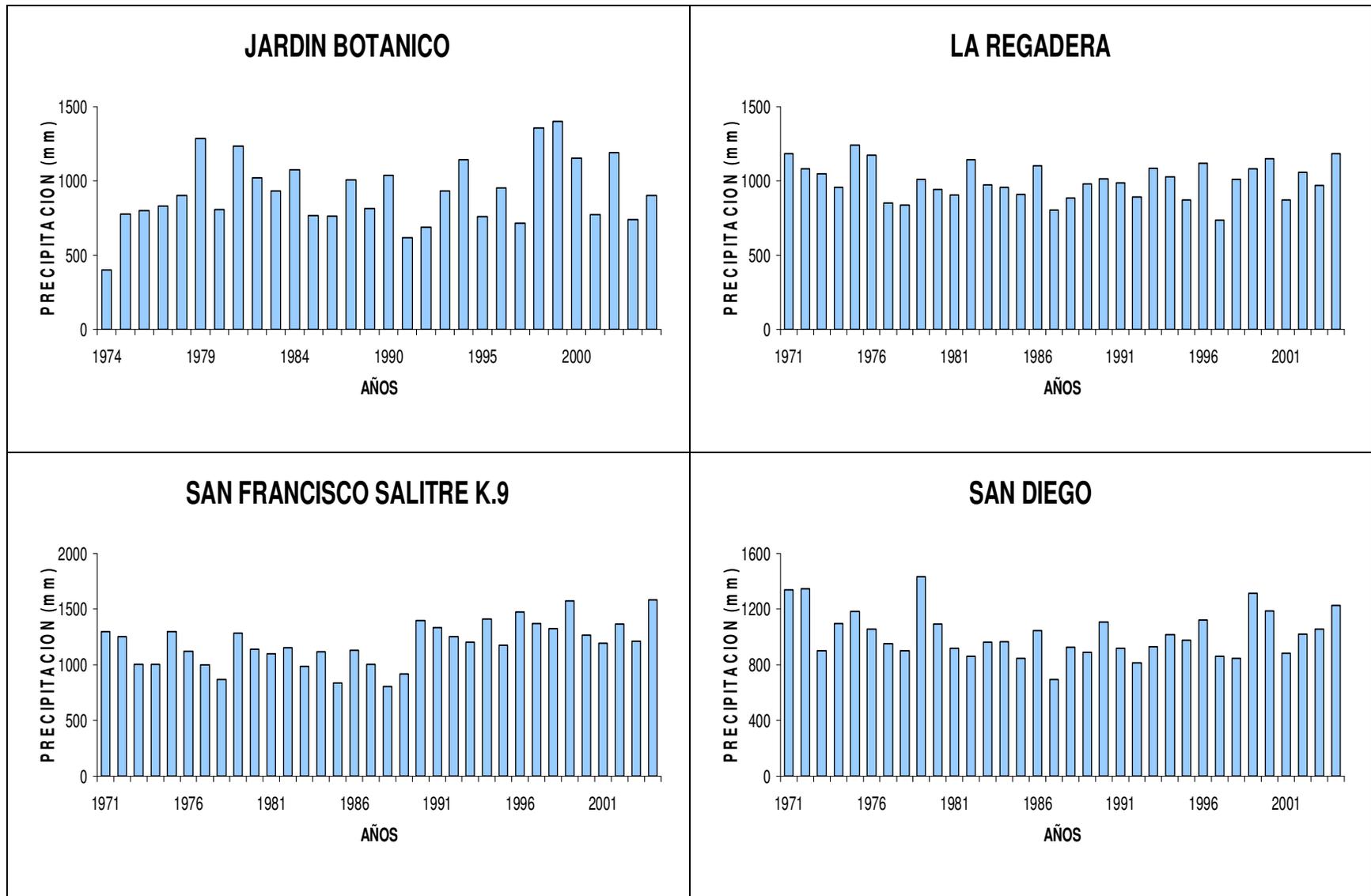


Figura 21. Comportamiento Anual Multianual de la Lluvia (continuación)

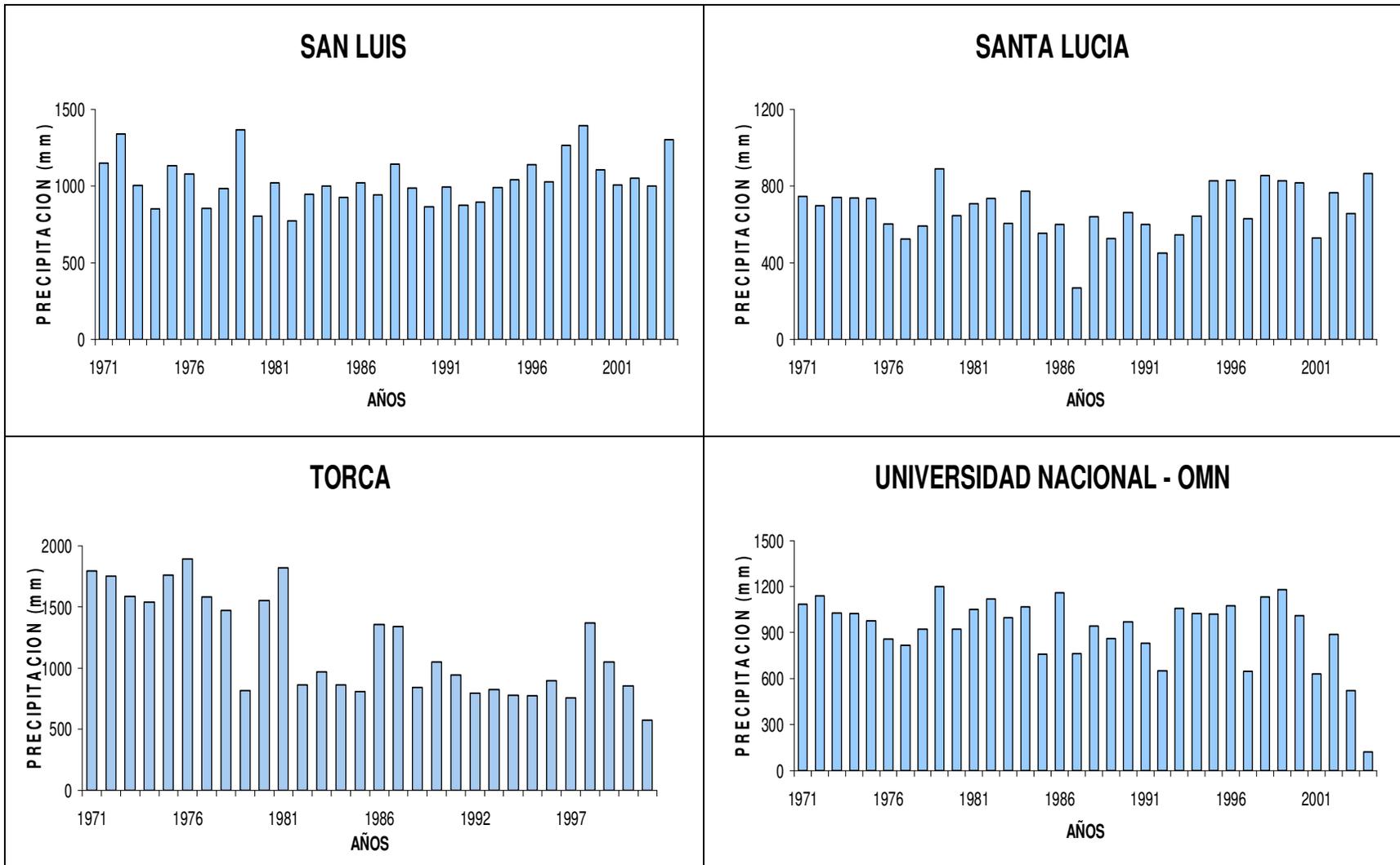


Figura 22. Comportamiento Anual Multianual de la Lluvia (continuación)

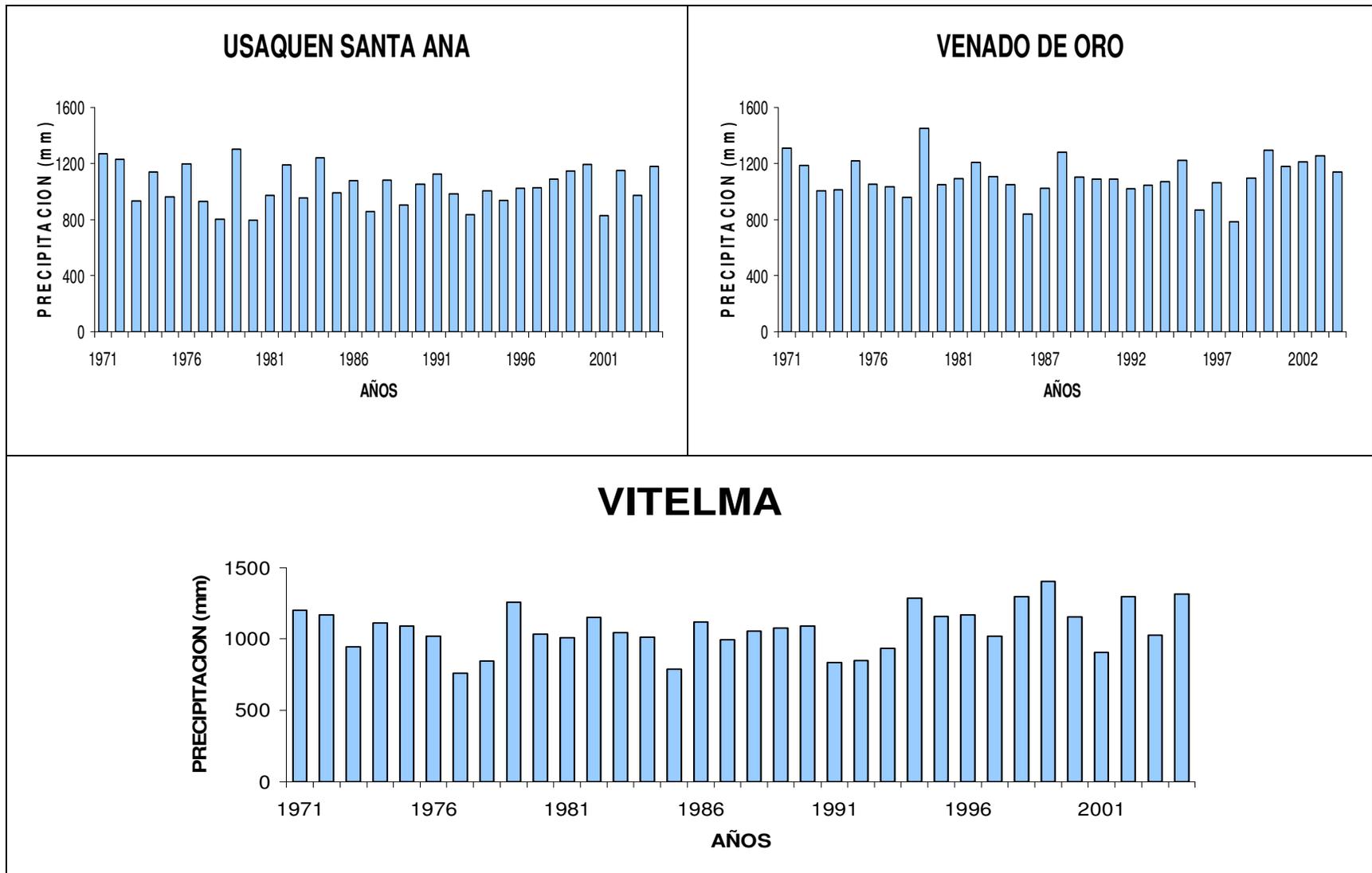


Figura 23. Comportamiento Anual Multianual de la Lluvia (continuación)

#### 4.8.5 DISTRIBUCIÓN MENSUAL DEL NÚMERO DE DÍAS CON LLUVIA

En la Tabla N° 9 se resumen los promedios mensual y anual del número de días con lluvia y en la Figura N° 24 se presenta su distribución temporal en el área de estudio, de acuerdo con las estaciones meteorológicas representativas de los diferentes sectores y con la información para este parámetro.

El número de días con lluvia en la mayor parte de las estaciones del área, es de 18 días a partir del mes de abril hasta el mes de noviembre, destacándose los meses de mayo y junio en la primera temporada lluviosa y los meses de octubre y noviembre en la segunda; durante la primera temporada invernal sobresale el mes de mayo con 20 días de ocurrencia de lluvia y en la segunda el mes de octubre, con 19 días respectivamente.

Por otra parte, en los sectores de los cerros orientales, los meses que registran mayor número de días con lluvia son: mayo, junio, julio y agosto, alcanzando en promedio 25 días; en estos meses para la cuenca media y alta del río Tunjuelo los promedios alcanzan los 28 días, presentando así, la mayor ocurrencia de días con lluvia durante el año, reflejándose de esta forma un mayor aporte hídrico en esta zona. En lo que respecta a los meses con menor número de días se encuentran enero y febrero, con promedio por debajo de 10 días, para toda el área de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo.

Tabla 9. PROMEDIOS MENSUAL Y ANUAL DEL NÚMERO DE DÍAS CON LLUVIA

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Apto El Dorado	8	10	14	18	20	18	17	16	16	18	17	12	184
Apto Guaymaral	8	11	13	16	20	18	17	16	15	18	18	12	182
Bocagrande Salitre	10	10	16	23	26	28	28	27	24	23	21	14	250
Cerro de Suba	7	11	14	16	17	16	14	13	13	19	18	12	170
Contador	8	11	11	17	21	16	15	14	14	17	17	12	173
El Delirio	10	12	15	19	22	24	26	24	19	20	19	14	224
El Granizo	11	12	15	20	22	24	23	23	20	22	19	14	225
El Verjón	7	8	12	17	21	23	23	22	18	19	18	12	200
Jardín Botánico	8	10	13	18	20	16	16	16	16	18	17	11	179
Regadera	9	9	15	21	26	28	29	27	24	23	20	13	244
San Diego	8	10	13	18	16	17	16	15	14	18	18	12	175
San Luis	9	10	14	20	20	20	20	19	16	18	19	12	197
Sta Lucia	6	9	11	16	16	15	14	13	13	16	15	11	155
Torca	9	11	12	16	18	18	16	15	14	17	17	11	174
Universidad Nacional - OMN	9	11	13	18	18	17	16	15	15	19	17	12	180
Usaquén	6	8	10	11	13	11	12	10	9	12	13	7	122
Venado Oro	8	11	14	16	19	20	21	20	16	18	18	12	193
Vitelma	9	10	14	18	17	17	18	17	14	15	15	13	177

#### 4.8.6 DISTRIBUCIÓN HORARIA MENSUAL DE OCURRENCIA DE LLUVIAS

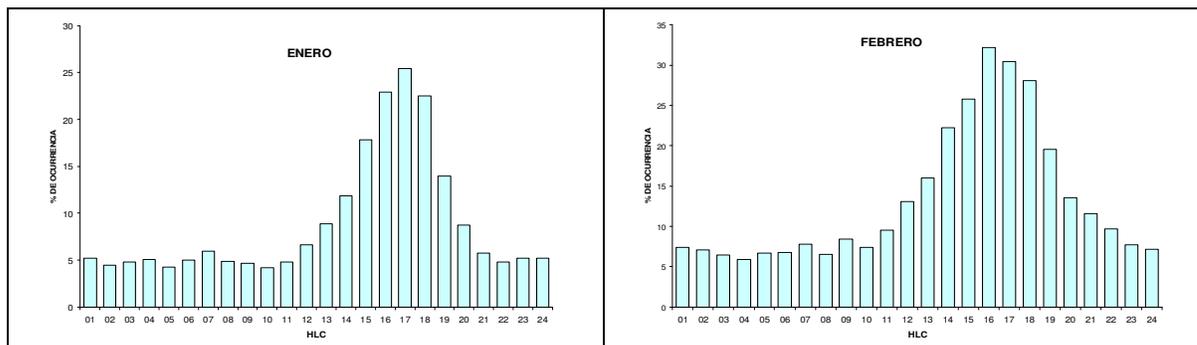
Se representa el comportamiento de la distribución horaria a nivel mensual de ocurrencia de lluvias, con base en la información del Aeropuerto El Dorado de la ciudad de Bogotá, representativa para la ciudad y además es la única estación que toma datos hora a hora, durante las 24 horas continuas, del seguimiento de las condiciones de tiempo, variables y fenómenos meteorológicos del área.

Para estudiar la distribución horaria de la lluvia se tuvo en cuenta la serie de tiempo de 1975 a 2005, a fin de proceder con los análisis de ocurrencias y presentación horaria de lluvias mes a mes para la ciudad de Bogotá, como se observa en la Figura N° 24. Para lograr este objetivo se tiene en cuenta toda clase de rango de lluvia a partir de 0,1mm hasta mayor a 20,0mm; por lo tanto, desde lloviznas hasta fuertes lluvias son consignadas en la información sin distinción alguna.

En efecto, los meses de enero y febrero resultan con las ocurrencias más bajas, hasta el 5%, entre las 9 de la noche hasta las 11 de la mañana, pero a partir de las 12 del mediodía y hasta las 8 de la noche, su ocurrencia aumenta hasta alcanzar un máximo de 25% en el mes de enero y 32% en el mes de febrero principalmente entre las 4 y 5 de la tarde.

Para los demás meses, a partir de abril y hasta noviembre, la probabilidad de ocurrencias aumenta en promedio, con valores superiores al 15% tanto en el día como en la noche; a partir de las 12 del mediodía y hasta las 7 de la noche, se inicia un aumento significativo alcanzando el máximo de ocurrencia entre la 1 y 4 de la tarde, particularmente en los meses de abril, mayo, junio, octubre y noviembre, con promedio del 46% de ocurrencia de lluvias en esas horas.

Lo anterior refleja la incidencia de la salida del sol y el calentamiento en la mañana hasta alcanzar el máximo hacia el mediodía, y por lo tanto, originando el ascenso de corrientes y la convección respectiva, dando lugar a grandes formaciones nubosas que alcanzan su madurez después del mediodía, para posteriormente originar lluvias de diferentes tipos en horas de la tarde, como suele acontecer en Bogotá y las áreas circundantes.



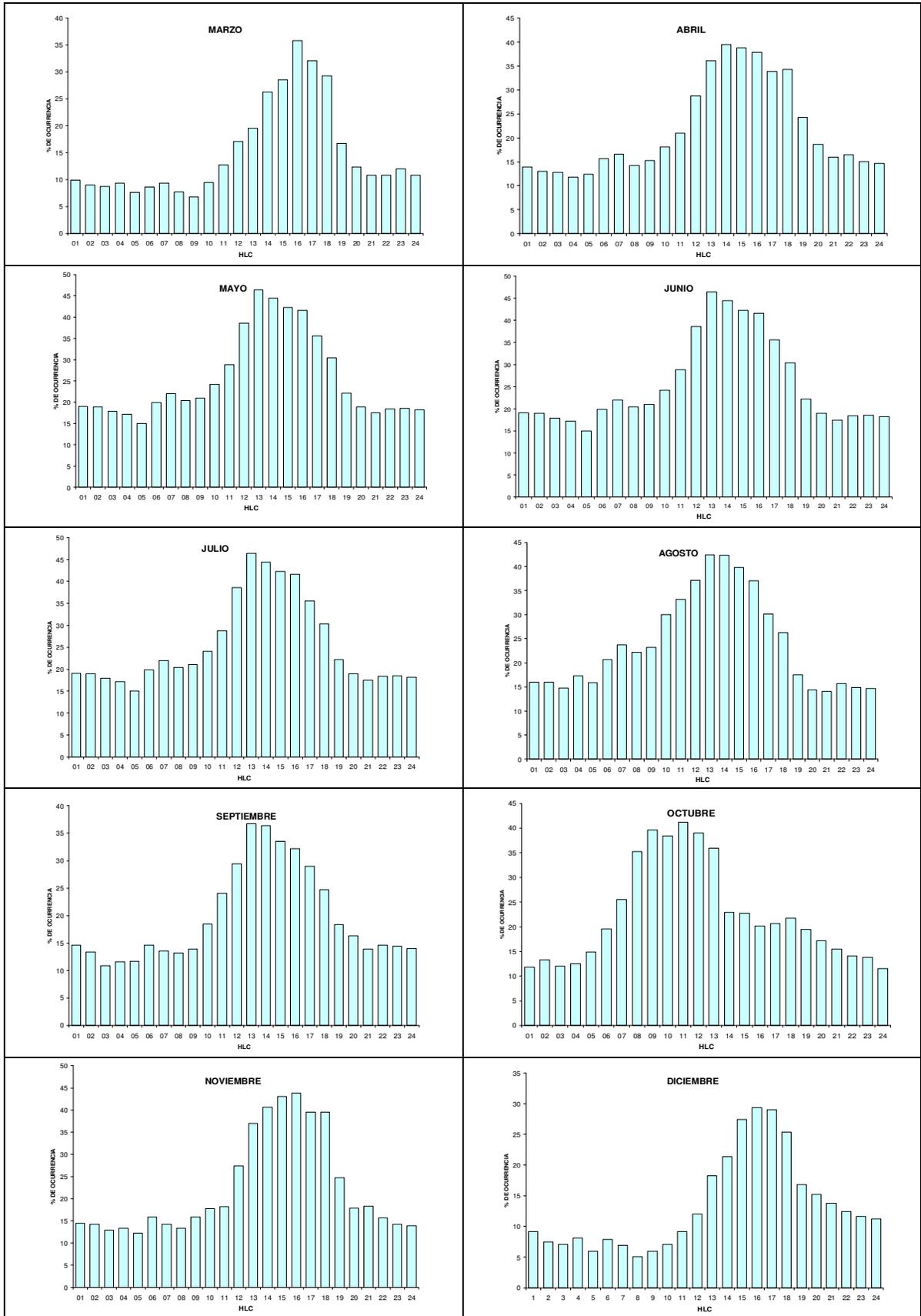


Figura 24. Distribución Horaria Mensual de ocurrencia de la lluvia.

## 4.9 VIENTOS

El viento es el movimiento del aire cuya intensidad está sujeta a variaciones, tanto en período como en amplitud, debido a que no es laminar. El viento sobre la Tierra es un flujo turbulento, que comprende remolinos de tamaños diversos y parámetros físicos que se desplazan con el flujo. La orografía de la Tierra es el principal factor que determina la estructura turbulenta del viento. Esta estructura del flujo del aire se manifiesta a través de la llamada “rafagosidad” del viento, o sea fluctuaciones de los parámetros del viento de superficie.

La dirección del viento es determinada por la trayectoria media que hace el aire en su movimiento y en general, está dada por el punto correspondiente de donde fluye la corriente de viento y no de aquel, hacia el cual se dirige. Las distintas direcciones del viento están referidas en la Rosa de los Vientos, la cual señala los diferentes puntos cardinales que van desde 4 hasta 16 direcciones. La velocidad del viento se determina por el espacio recorrido por las partículas de aire que el flujo del aire impulsa en su movimiento, o también por la presión que el viento ejerce sobre un obstáculo dado, se expresa en metros por segundo (m/s), kilómetros por hora (km/h), nudos, millas /hora.

Debido a la posición geográfica de Colombia, localizada en la zona Tropical, se encuentra influenciada por los vientos Alisios, los cuales soplan de direcciones Noreste en el hemisferio norte y Sureste en el hemisferio sur; sin embargo y debido a la cercanía sobre el Ecuador Geográfico, el campo del viento debido a estas dos corrientes provenientes de los dos hemisferios tienden a quedar paralelas al confluir y van debilitándose dejando en su límite común una región en donde la atmósfera está poco agitada, la cual se conoce con el nombre de Calmas Ecuatoriales, esto se observa en la Figura No.25.

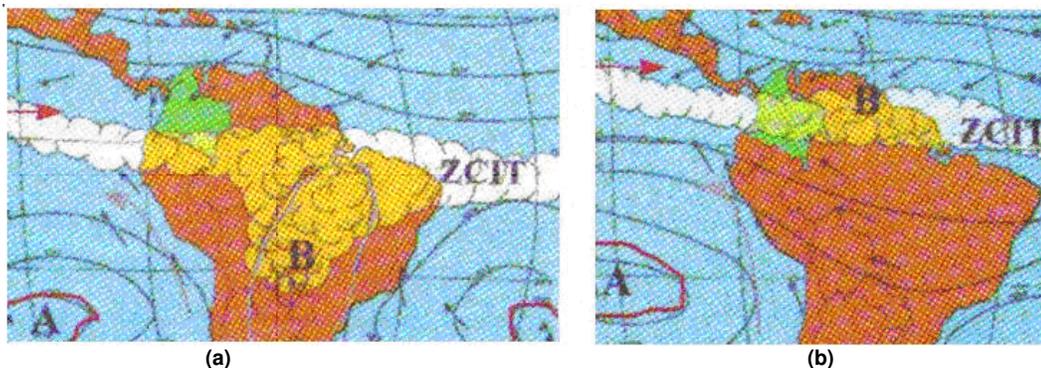


Figura 25. Zona de Calmas Ecuatoriales. (a) Posición de la ZCIT en enero. (b) Posición de la ZCIT en julio  
Fuente: Fenómeno del Pacífico o El Niño. Corporación Autónoma Regional del Cauca – Popayán

En esta zona donde se encuentra Colombia, los vientos sufren modificaciones significativas por las condiciones locales, el calentamiento, la mayor cantidad de vapor de agua en la atmósfera, además de la influencia de las configuraciones del relieve y otros factores de carácter térmico y dinámico.

Para la ciudad de Bogotá, se determinó la Rosa de los Vientos en el Aeropuerto El Dorado<sup>12</sup>, representativo para gran parte de la ciudad, tal como se observa en las Figuras N° 26 y N° 27 en las cuales se observa el comportamiento mensual del viento en el primer y segundo semestre, respectivamente; en la Figura N° 28, se muestra el comportamiento anual del viento en la estación del Aeropuerto El Dorado.

<sup>12</sup> RUIZ, Franklin. Comportamiento Promedio Horario del Viento en Superficie para Aptos Internacionales del País. IDEAM-METEO/014-98. Nota Técnica IDEAM, Nov.1998. Bogotá.

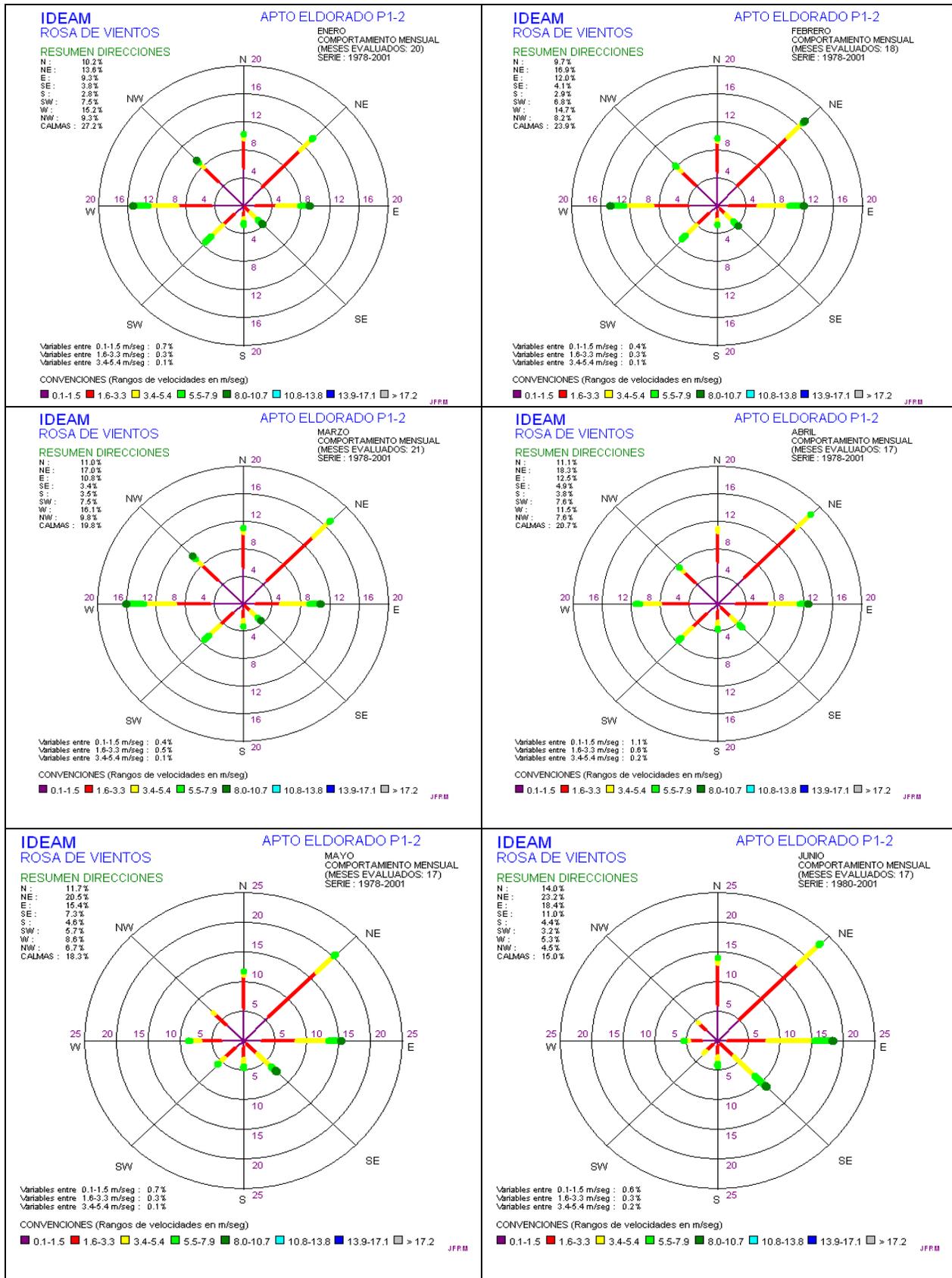


Figura 26. Comportamiento del viento Enero – Junio. Aeropuerto El Dorado, Bogotá.

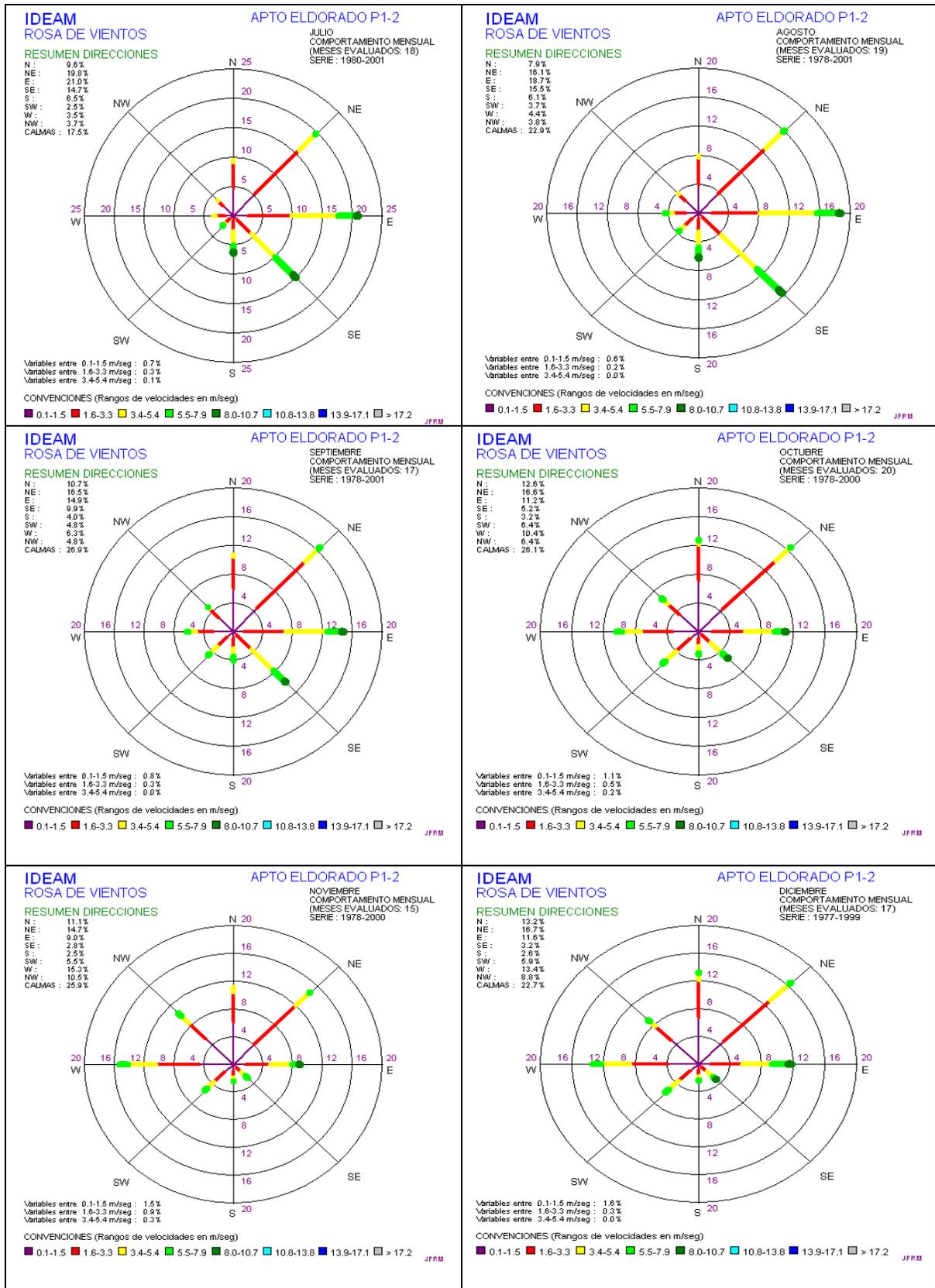


Figura 27. Comportamiento del viento Julio – Diciembre. Aeropuerto El Dorado, Bogotá.

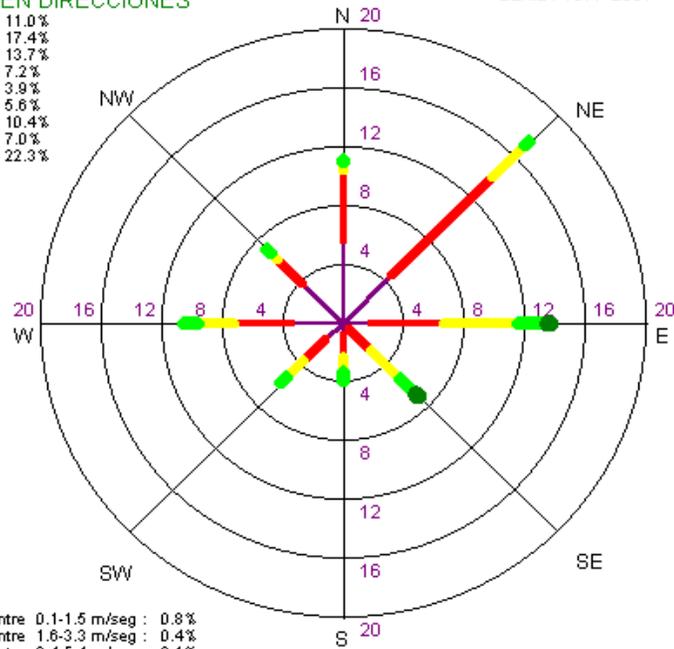
**IDEAM**  
**ROSA DE VIENTOS**

**APTO ELDORADO P1-2**

COMPORTAMIENTO ANUAL  
 (MESES EVALUADOS: 222)  
 SERIE : 1977-2001

**RESUMEN DIRECCIONES**

N : 11.0%  
 NE : 17.4%  
 E : 13.7%  
 SE : 7.2%  
 S : 3.9%  
 SW : 5.6%  
 W : 10.4%  
 NW : 7.0%  
 CALMAS : 22.3%



Variables entre 0.1-1.5 m/seg : 0.8%  
 Variables entre 1.6-3.3 m/seg : 0.4%  
 Variables entre 3.4-5.4 m/seg : 0.1%

**CONVENCIONES (Rangos de velocidades en m/seg)**

■ 0.1-1.5 ■ 1.6-3.3 ■ 3.4-5.4 ■ 5.5-7.9 ■ 8.0-10.7 ■ 10.8-13.8 ■ 13.9-17.1 ■ > 17.2

JFRM

Figura 28. Comportamiento anual del viento. Aeropuerto El Dorado, Bogotá.

**4.9.1 ANÁLISIS TEMPORAL**

En Bogotá existen vientos generales y vientos locales, los primeros, son los de influencia sinóptica que son los alisios, los cuales toman direcciones noreste y sureste en el área de la ciudad y en el Altiplano. Estos traen consigo lloviznas a partir de la última semana de junio o comienzos de julio, pues una vez entra la influencia de este viento, las lluvias del primer período lluvioso (marzo, abril y mayo) cesan del todo y las reemplazan las lloviznas sobre todo en los cerros orientales y en la ciudad a lo largo de las estribaciones de la cadena montañosa que la enmarca.

Aunque los vientos Alisios disminuyen paulatinamente su intensidad, no dejan de presentarse algunas lluvias eventuales de corta duración, las cuales son precedidas por tiempo seco durante los meses de julio y agosto. Luego que abandona la influencia de los vientos Alisios, aproximadamente en septiembre, aumenta el cubrimiento de la nubosidad y aparecen las primeras lluvias producto de la presencia del viento.

Posteriormente, en la segunda temporada de lluvias de septiembre, octubre y noviembre, los vientos locales son bastante variables y dependen de la distribución de las precipitaciones; los vientos más dominantes en la temporada son los del noreste, este y oeste, con velocidades hasta de 6 a 8 m/s; esta situación en particular de los vientos encontrados de diferentes direcciones, da lugar a condiciones de discontinuidad y presencia de corrientes convectivas que junto con el calentamiento del día, favorecen enormemente las precipitaciones fuertes y ocurrencia de formaciones de tormentas eléctricas en zonas locales y a veces de poca extensión.

Se observa en el año una componente de la dirección noreste con un 17.4% del predominio, seguido del este y norte con 13.7 y 11.0% respectivamente; le sigue con un 10.4% la dirección oeste, mientras que las demás direcciones se comportan entre 7.2 y 3.9%; las calmas alcanzan un total del 22.3% en el área. La dirección de los vientos tiene relación con la humedad y las lluvias; en términos generales las corrientes del Este son más secas que las del Oeste y la precipitación más abundante se presenta cuando sopla de esta última dirección. La velocidad más representativa en general, se encuentra en el rango de 1.6 a 3.3 m/s con un 35%.

Los meses con ocurrencias de menores calmas son mayo (18%), junio (14,9%) y julio (17.5%) y con mayores calmas están enero (27%), septiembre (26.9%) y octubre (26.1%). Con mayor intensidad de viento, por encima de 5.5 m/s, se encuentran los meses de julio y agosto.

Las corrientes más intensas en Bogotá son las de mayo a agosto inclusive y para esta época se advierten vientos del sureste que pueden alcanzar intensidades de 13.9 a 17.1 m/s, sin embargo, los meses de julio y agosto se reconocen como los de mayor intensidad, por encima de 5.5 m/s.

#### **4.9.2 ANÁLISIS ESPACIAL**

En el Mapa N° 19 se consignó la distribución espacial del comportamiento del flujo de viento en el área de Bogotá, el cual se elaboró teniendo en cuenta la información obtenida en 14 puntos de estaciones meteorológicas con registros de viento, procedentes de las instituciones del SDA, CAR e IDEAM; con esta información se procedió a efectuar los análisis a fin de determinar, en forma general, el flujo más predominante en cada uno de los puntos referenciados.

Con base en lo anterior, se concluye que el flujo dominante proviene de la dirección sur, debido posiblemente al efecto de la cuenca del río Tunjuelo, con un 64% de persistencia; este flujo es influyente hasta el sur de la ciudad, pero con disminución en su intensidad y persistencia. Una vez penetra el centro de la ciudad, se advierten circulaciones en su mayor parte, de flujos de la dirección este, lo cual es originado por el relieve de los cerros orientales a lo largo de la ciudad.

En el sector norte, se observa la influencia significativa de un flujo proveniente de la dirección norte con una persistencia del 59%, pero que disminuye paulatinamente al entrar a la ciudad, para luego desviarse a la dirección noreste y luego retomar la dirección norte.

La anterior situación dinámica, determina una confluencia de vientos sobre el área central de la ciudad; situación que origina físicamente la presencia de un giro de carácter ciclónico de movimiento ascensional; dando lugar a formaciones de choques de aire frío provenientes de las capas altas y del aire cálido originados por la convección de corrientes ascendentes producida por el efecto del calentamiento de la superficie del suelo en la ciudad. Este efecto como tal, produce en primera instancia un período de calmas, para posteriormente desencadenar los aguaceros y lluvias fuertes con tormentas, en algunos casos con presencia de granizo. El análisis se aplica de modo general para el área de estudio; sin embargo, es más significativo en las temporadas lluviosas, con más incidencia en la segunda temporada para los meses de octubre y noviembre.

### 4.9.3 COMPORTAMIENTO DE LA DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO

Para el análisis horario mensual de esta variable se tuvo en cuenta el comportamiento de la estación ubicada en el Aeropuerto El Dorado, debido a que es la más representativa de la ciudad, de acuerdo a los datos registrados en la Tabla N° 10 y la Tabla N° 11. En términos generales, se observa un comportamiento de la dirección Este, oscilando entre el Norte y el Este durante todos los meses del año, regularmente entre las 7 y 8 de la noche hasta las 9 a 10 de la mañana; sin embargo, el comportamiento cambia en las horas del día hacia otras direcciones, lo cual permite establecer que la presencia del sol y su calentamiento, elevan paulatinamente la temperatura y por tanto cambian la mayoría de variables en su estado, permitiendo la formación de corrientes convectivas y advecciones de masas de aire de un sector a otro.

Tabla 10. DISTRIBUCIÓN MENSUAL A NIVEL HORARIO DE LA DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO<sup>13</sup>

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
00-01	21	25	22	25	48	40	49	46	47	33	26	25
01-02	20	31	23	34	50	44	47	47	50	38	6	29
02-03	18	31	31	40	42	48	42	46	33	37	29	24
03-04	29	32	28	36	29	39	54	44	41	33	17	31
04-05	37	33	31	36	36	40	48	43	44	38	19	37
05-06	28	25	28	38	29	37	47	47	41	30	16	30
06-07	29	32	33	38	39	38	48	47	38	40	31	34
07-08	31	44	38	45	45	53	70	72	46	41	36	37
08-09	46	45	49	49	51	67	87	98	73	56	48	42
09-10	56	71	63	79	81	89	113	118	92	65	69	56
10-11	78	80	75	90	111	109	119	132	114	83	70	71
11-12	84	92	96	116	120	125	127	130	117	101	70	84
12-13	197	187	230	173	135	122	126	125	129	170	336	100
13-14	230	227	247	208	128	121	132	132	135	201	270	200
14-15	238	247	253	237	148	120	129	128	132	224	271	231
15-16	253	252	253	245	94	120	130	127	137	224	269	247
16-17	258	257	263	257	125	109	128	128	127	224	266	262
17-18	258	271	289	280	109	99	123	123	121	257	275	269
18-19	295	255	310	329	75	84	113	116	100	24	301	328
19-20	1	26	9	2	57	69	93	97	62	34	338	16
20-21	2	33	16	21	34	52	69	77	50	26	13	17
21-22	9	31	18	33	45	45	66	56	43	28	22	27
22-23	13	19	18	34	38	45	48	54	41	28	26	40
23-00	25	33	22	23	37	42	52	47	37	31	20	27

Entre 0 y 90°  
Entre 91 y 180°

Entre 181 y 270°  
Entre 271° y 359°

<sup>13</sup> RUIZ, Franklin. Comportamiento Promedio Horario del Viento en Superficie para Aptos Internacionales del País. IDEAM-METEO/014-98. Nota Técnica IDEAM, Nov.1998. Bogotá.

Por lo anterior, se ha encontrado que a partir de las 10 de la mañana se definen los vientos de direcciones entre Este y Sur, con predominio de flujo del Sureste, hasta aproximadamente las 6 de la tarde; esta situación se presenta desde el mes de mayo hasta septiembre con buena definición y persistencia, no obstante, que en los meses de julio, agosto y septiembre, la hora de ocurrencia comienza a las 8 - 9 horas de la mañana, hasta las 8 de la noche.

En los meses de octubre a abril continúa, como ya se anotó, el predominio de la dirección Este, pero en horas del día el cambio se observa de la dirección entre Sur al Oeste, con predominio del Suroeste, la cual obtiene su más alta persistencia en horas de la tarde a partir de la 1 p.m. hasta las 5 p.m.; posteriormente, a partir de las 5 p.m. hasta las 7 p.m. se observa un cambio significativo de la dirección oscilante entre el Oeste al Norte, lo que se determina particularmente entre los meses de noviembre y abril.

Tabla 11. VELOCIDAD PROMEDIO HORARIO DEL VIENTO

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
00-01	1,2	1	1	1,1	1,2	1,4	1,3	1,7	1,2	1,5	1,2	1
01-02	1,1	1,2	1	1,1	1,2	1,5	1,3	1,4	1,2	1,4	1,2	1,1
02-03	1,2	1,3	1	1,2	1,2	1,5	1,4	1,5	1,4	1,5	1,1	1,1
03-04	1,3	1,3	1,2	0,9	1	1,5	1,5	1,7	1,5	1,5	1,2	1,2
04-05	1,5	1,3	1,3	1,2	1,2	1,5	1,6	1,7	1,4	1,5	1	1,4
05-06	1,5	1,3	1,1	1,2	1	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,1	1,2
06-07	1,6	1,5	1,3	1,4	1,3	1,8	1,6	1,5	1,5	1,5	1,1	1,2
07-08	1,6	1,7	1,6	1,7	1,7	2	2	1,6	1,5	1,7	1,5	1,6
08-09	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	2	2,3	2	1,5	1,7	1,7	1,9
09-10	1,5	1,6	1,6	1,4	1,8	2,4	2,6	2,8	2	1,6	1,7	1,8
10-11	1,3	1,5	1,4	1,4	2	2,6	3,2	3,6	2,5	1,3	1,3	1,8
11-12	1,1	1,1	0,6	1,2	1,9	3	3,7	3,5	2,6	1	1	1,7
12-13	0,6	0,6	1	0,9	1,5	2,8	3,7	3,8	2,6	0,9	0,3	0,8
13-14	1,4	1,1	1,5	1	1,4	2,3	3,6	3,6	2,1	0,9	1	0,6
14-15	1,8	1,3	1,9	1	0,9	2,2	3,3	3,2	1,7	1	1,3	1
15-16	1,7	1,6	1,6	1,1	0,4	1,9	2,8	2,5	1,5	0,9	1,5	1
16-17	1,5	1,3	1,2	0,8	0,4	1,8	2,6	2,4	1	0,3	1,3	0,8
17-18	1	0,7	0,8	0,5	0,5	1,6	2,3	2	1	0,3	0,9	0,5
18-19	0,5	0,2	0,5	0,3	0,6	1,6	1,9	1,8	1	0,5	0,5	0,4
19-20	0,6	0,6	0,5	0,6	0,9	1,5	1,8	1,4	1,2	0,9	0,6	0,6
20-21	1	1	0,7	0,9	1,2	1,6	1,6	1,4	1,1	1	0,7	1
21-22	0,9	1,1	1	1,2	1,3	1,7	1,7	1,4	1,3	1,3	0,9	1
22-23	1,1	1,2	0,9	1,3	1,3	1,7	1,7	1,6	1,2	1,2	1	1,2
23-00	1,2	1,1	1	1,2	1,3	1,6	1,6	1,3	1,3	1,3	1,1	1,3

 Velocidad del viento mayor a 1,5 m/seg - 3 nudos  
 Velocidad del viento menor o igual a 1,5 m/seg

Precisamente uno de los factores dinámicos importantes es el flujo de viento que da origen a lluvias fuertes con presencia de tormentas eléctricas. Esto sucede cuando se encuentran los vientos del Este, usualmente en horas de la mañana y noche, con los vientos del Oeste hacia el mediodía hasta algunas horas de la tarde, dando lugar a severas y significativas cargas de nubosidad de carácter convectivo, originando eventos fuertes de precipitación, tormentas eléctricas y algunas veces granizo.

En lo relacionado con la velocidad del viento, se presenta un rango menor o igual a 1.5 m/seg a lo largo del año; sin embargo, a partir de las 7 y hasta las 10 de la mañana, la velocidad en todos los meses aumenta por encima de los 1.5 m/seg hasta 2.8 m/seg.

A partir de junio y hasta el mes de agosto se experimenta un aumento de la velocidad desde las 7 de la mañana hasta las 12 de la noche, con valores superiores a 1.5 e inferiores a 3.8 m/seg.

En los meses de enero febrero, marzo y septiembre, particularmente, se prolonga la ocurrencia de vientos por encima de los 1.5 m/seg regularmente entre las 2 y las 4 de la tarde.

Finalmente los meses de junio, julio y agosto se definen como los más representativos en cuanto a la mayor fuerza del viento en el área urbana de Bogotá, con valores de 2,8 m/s, 3,7 m/s y 3,8 m/s, respectivamente.

#### **4.10 NIVEL CERÁUNICO**

En condiciones meteorológicas excelentes, la atmósfera transporta una carga neta positiva, lo cual implica una correspondiente carga negativa sobre el suelo. Se acostumbra asignar al suelo un potencial eléctrico cero. Las mediciones del potencial eléctrico de la atmósfera indican que éste aumenta con la altura, lo cual se denomina gradiente de potencial; igualmente, este gradiente se incrementa con fenómenos de bruma, niebla o nubes y puede producir rupturas eléctricas atmosféricas, una chispa eléctrica o relampagueo. Como consecuencia, en regiones que presentan buen tiempo la diferencia de potencial entre la Tierra y las capas atmosféricas ionizadas de gran conductividad, ubicadas de 50 km y a mayor altura, es de cientos de miles de voltios.

El mecanismo de sustentación del campo eléctrico atmosférico está basado en la actividad de tormentas y por tanto, este campo es un proceso y no una condición de la atmósfera. Las nubes convectivas de tormenta (cumulonimbus), son los generadores eléctricos que producen cargas eléctricas de ambas polaridades, como una distribución típica. A fin de conocer y caracterizar el comportamiento de la actividad eléctrica atmosférica de una región, fue aceptado y utilizado un parámetro universal que se denomina Nivel Ceráunico<sup>14</sup>.

Por otra parte, la información relacionada con el número de descargas eléctricas en zonas cercanas (hasta 100 km), es beneficiosa para los siguientes campos principales de la actividad humana:

- a. Pronóstico meteorológico, como una medida de la intensidad y tendencia de evolución de las perturbaciones meteorológicas, conectadas con actividad eléctrica;
- b. Telecomunicaciones, como una medida del ruido radioeléctrico de fondo que afecta los enlaces inalámbricos;
- c. Aviación, como un criterio de los peligros para el vuelo relacionados con condiciones meteorológicas desfavorables;
- d. Transmisión de energía eléctrica, como un criterio acerca de los peligros de sobre-tensión en la tensión de línea y la necesidad de medidas preventivas;

---

<sup>14</sup>BERNAL G. Germán. TORRES Horacio. et al. Avances en el Conocimiento de Descargas Eléctricas Atmosféricas en Colombia para Aplicaciones en Ingeniería. Universidad Nacional. Bogotá, 1990.

- e. Actividades de defensa contra el granizo, como una entidad estadística que registra la relación granizadas/tormentas para ser usada en la evaluación de la prevención, defensa, atención de desastres y sus efectos.

Por ello, es de vital importancia el conocimiento de la distribución y comportamiento del régimen de tormentas eléctricas o nivel ceráunico en una región, dado sus diversas aplicaciones y particularmente en lo que concierne al conocimiento del clima y sus afectaciones directas, con eventos de tormentas y la inestabilidad atmosférica.

#### 4.10.1 ANÁLISIS TEMPORAL

La ocurrencia de la actividad eléctrica atmosférica durante el año, varía considerablemente tanto de una región a otra, como también de un mes a otro, esto debido a la influencia de varios factores como: el relieve, elevación, latitud, distribución de tierras y mares, radiación solar, pero principalmente por los efectos originados debido a la circulación y sistemas sinópticos de la atmósfera.

El análisis temporal de la variable indica un comportamiento de carácter bimodal para el área de Bogotá, teniendo los meses de marzo, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre, como los más significativos coincidiendo con los respectivos períodos lluviosos para la zona, como se observa en la Figura No.29.

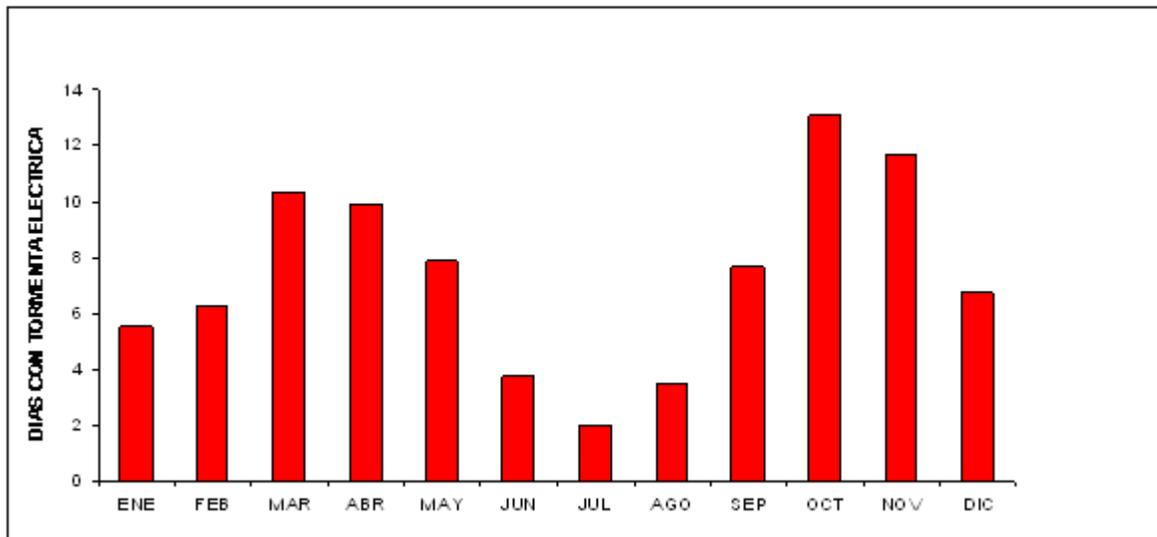


Figura 29. Distribución del nivel Ceráunico - Aeropuerto El Dorado Bogotá

En consecuencia, se presentan entre 9 y 10 días en el primer período, y un poco más alto de 8 a 14 días tormentosos en el segundo período, identificando una vez más que los meses de este último período, no son solamente los más destacados en registros de precipitación, sino también donde se presenta la mayor actividad convectiva y por consiguiente, dando origen a la alta presencia de tormentas en el área de Bogotá y sus alrededores. Durante el año, el nivel ceráunico para la ciudad de Bogotá es de 88 tormentas eléctricas en promedio.

#### 4.10.2 ANÁLISIS ESPACIAL

El Nivel Ceráunico de una región o lugar, no es un fenómeno estático sino dinámico en el espacio y en el tiempo<sup>15</sup>. Para analizar el aspecto de carácter espacial del fenómeno en la ciudad de Bogotá, es necesario identificar la localización y ocurrencia de las descargas eléctricas atmosféricas en la ciudad y su entorno, presentando el número de días con tormenta por cuadrantes.

Para la ciudad de Bogotá, se presentan características particulares debido al relieve de los cerros orientales que permiten una gran formación de nubosidad en la dirección Este, además los flujos entrantes del Oeste con masas húmedas impactan sobre las que están en el altiplano de Bogotá, produciendo fuertes corrientes convectivas originando la formación nubosa de Cumulonimbus o nubes de tormenta, las cuales se repliegan en diferentes direcciones, siendo las más significativas las ocurridas entre los cuadrantes Norte a Sur, y en menor ocurrencia en los cuadrantes del Sur al Occidente del área.

#### 4.10.3 DISTRIBUCIÓN Y OCURRENCIA POR DIRECCIÓN DE TORMENTAS ELÉCTRICAS EN BOGOTÁ

Como fue referido anteriormente el nivel ceráunico no es un fenómeno estático, sino dinámico en el espacio y el tiempo. En la Figura N° 30, se trata de lograr la mejor identificación de la ubicación de las descargas eléctricas atmosféricas en una zona determinada, la introducción de este nuevo concepto se definirá como el número de días tormentosos por dirección, registrados en un punto determinado.

La Figura N° 30<sup>16</sup> es de gran importancia por no ser un dato puntual para una zona determinada, sino que discrimina la actividad eléctrica atmosférica por cuadrantes (N, E, S, W) o según el caso en las 16 direcciones, dependiendo del registro de información.

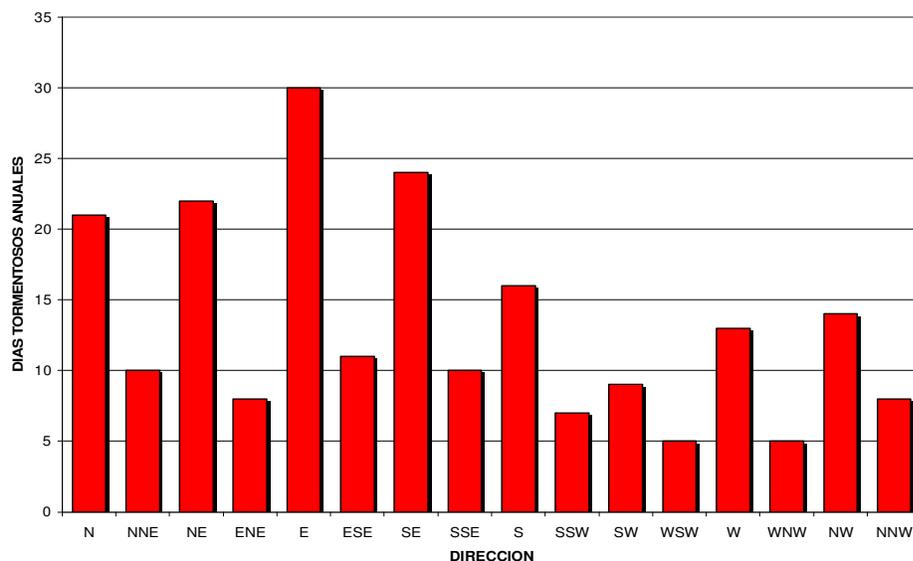


Figura 30. Distribución y ocurrencia por dirección de tormentas eléctricas en Bogotá

<sup>15</sup> BERNAL G. Germán, TORRES HORACIO, et al. Avances en el Conocimiento de Descargas Eléctricas Atmosféricas en Colombia para Aplicaciones en Ingeniería. Universidad Nacional. Bogotá/90

<sup>16</sup> BERNAL G. Germán, TORRES HORACIO, et al. Avances en el Conocimiento de Descargas Eléctricas Atmosféricas en Colombia para Aplicaciones en Ingeniería. Universidad Nacional. Bogotá/90

Para la zona de estudio, se aprecia una mayor ocurrencia anual en los cuadrantes de 0° a 180°(norte - sur) siendo la dirección ESTE la más crítica, seguida de la SURESTE, NORESTE y SUR en cuanto a días tormentosos se refiere, producto de factores enumerados anteriormente, para el área de la ciudad.

#### 4.10.4 DISTRIBUCIÓN Y OCURRENCIA HORARIA MENSUAL DE TORMENTAS ELÉCTRICAS

La caracterización de la distribución y ocurrencia a nivel horario de las tormentas eléctricas en Bogotá, permite ofrecer y conocer la mayor ocurrencia de formación tormentosa en el área de la ciudad, se tiene por tanto, que cada mes varía en cuanto a su inicio de ocurrencia, la presentación del fenómeno es regularmente después de la 1 de la tarde en la mayoría de los meses, sin embargo en abril, mayo, octubre y noviembre caracterizados como los meses lluviosos y de mayor actividad de ocurrencias de tormentas, éstas comienzan hacia las 12 del mediodía, o sea una hora antes con relación a los demás meses, lo anterior se puede observar en la Figura N° 31.

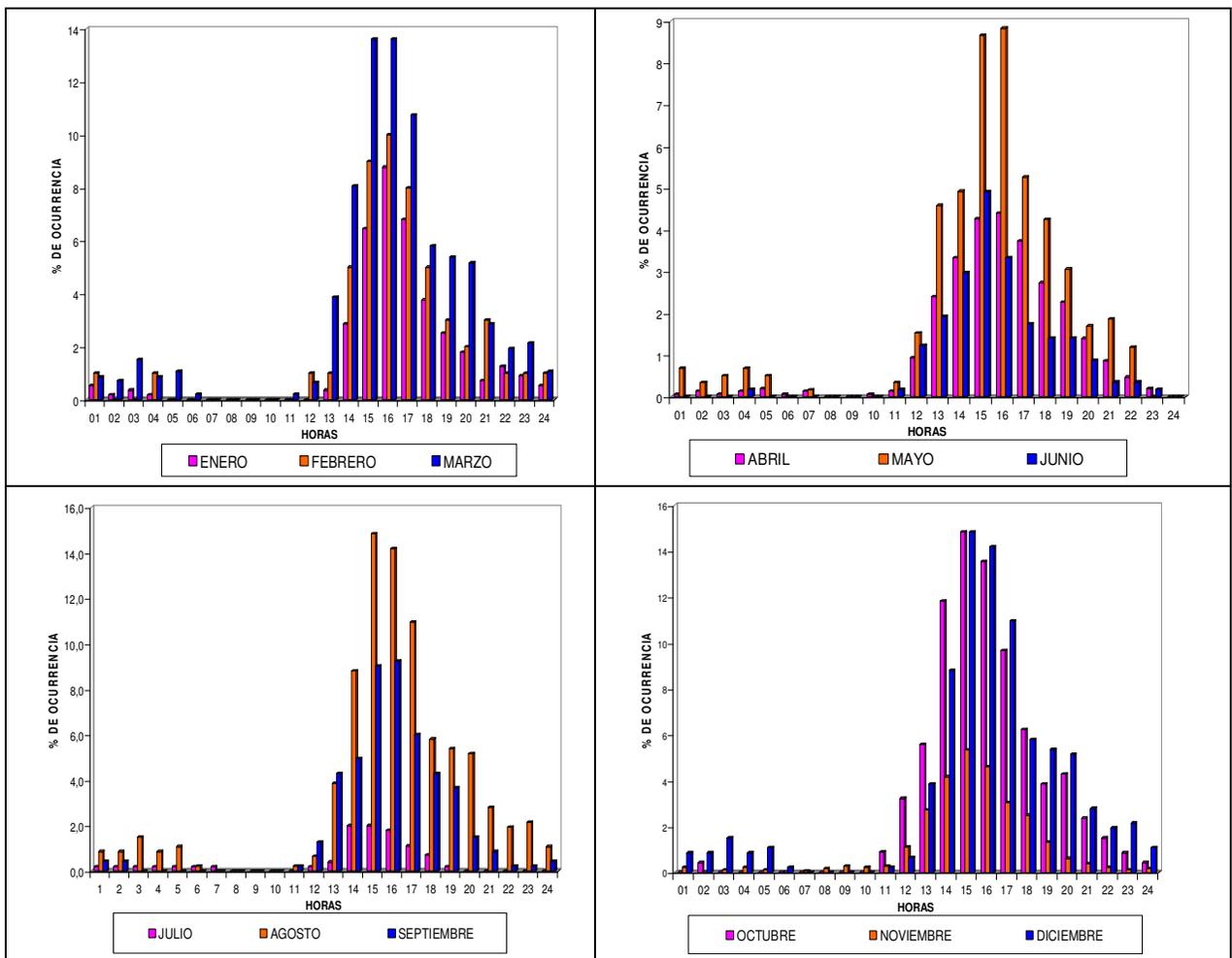


Figura 31. Comportamiento Mensual de la ocurrencia de tormentas eléctricas. Aeropuerto El Dorado, Bogotá.

Los meses con mayor presencia del fenómeno: abril, mayo, octubre y noviembre ofrecen también alta ocurrencia en las horas de presentación con un 15% en abril y mayo, hacia las 3 y 4 de la tarde; en tanto octubre y noviembre aumentan entre el 18 y el 19%, respectivamente, mostrando una ocurrencia mayor entre las 2 y 4 de la tarde, siendo la hora más sobresaliente las 3 de la tarde en ambos meses.

#### **4.11 NIEBLAS - NEBLINAS**

La niebla es un fenómeno atmosférico que se presenta como una nube o capa nubosa de espesor y densidad variable, cuya base descansa en la superficie terrestre y que generalmente produce una disminución de la visibilidad horizontal a valores iguales o menores a 1000 metros.

Las nieblas se caracterizan por un alto grado de humedad relativa, generalmente cercano al 100%; para que se produzca la niebla es necesario que el vapor de agua existente en la atmósfera pase al estado de agua líquida mediante el proceso físico denominado condensación. Se define como condensación al proceso mediante el cual el agua en estado de vapor, se transforma en las gotas de agua constituyentes de las nubes, neblinas y nieblas.

Se clasifican de acuerdo al origen en nieblas por: 1) evaporación: las cuales alcanzan la saturación del aire aumentando el contenido de vapor de agua y manteniendo la temperatura constante, 2) radiación: son las producidas por el enfriamiento que sufre la atmósfera como consecuencia de la pérdida nocturna de calor (radiación terrestre). Para que se forme una niebla por radiación es necesario que al atardecer el cielo esté casi despejado, que la pérdida de calor hacia el espacio sea máxima, que las velocidades del viento estén bajas o en calma y que la humedad relativa sea baja. Las nieblas por radiación normalmente se disipan una o dos horas después de la salida del sol y pueden afectar en grado muy elevado la visibilidad horizontal, debido a que llegan a ser muy espesas. Regularmente siguen la marcha térmica nocturna, generándose después de la puesta del sol cuando se acentúa el enfriamiento; alcanzan su máximo espesor e intensidad a la hora en que se registra la temperatura mínima, que en algunas ocasiones descienden bajo cero y alcanzan a la formación de heladas.

##### **4.11.1 DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE NIEBLA Y NEBLINA**

Entre las que se producen por enfriamiento del aire, se mencionan las de radiación y advección. Las mayores ocurrencias de niebla en Bogotá y áreas circundantes son originadas por radiación, las cuales ocurren preferentemente en los meses de diciembre, enero y febrero, caracterizados como meses secos, como se muestra en la Figura N° 32.

La ciudad de Bogotá, se presenta como la segunda zona, después de Río Negro (Antioquia), con mayor incidencia de nieblas; en Bogotá, su ocurrencia comienza desde el mes de octubre hasta el mes de marzo, siendo los meses de diciembre y enero los más representativos con 9 ó 10 días de promedio mensual. A nivel anual se presentan 58 días con niebla. En particular, en la ciudad de Bogotá, la ocurrencia de nieblas es más frecuente en las zonas suburbanas y en los sectores de Engativá, Fontibón y en el sector norte; en el área urbana, en ocasiones llega a ser perceptible.

En cuanto al comportamiento de las neblinas en el área de Bogotá, este hidrometeoro posee las mismas características físicas, formación, permanencia y disolución, como las nieblas. La diferencia esencial radica en la visibilidad horizontal, que para la neblina fluctúa entre 1000 hasta 3000 metros.

Los meses con mayor presencia de neblinas son enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre, sobresaliendo diciembre y enero. Los meses con más alta ocurrencia de neblinas, enero con un 24% y diciembre 22%.

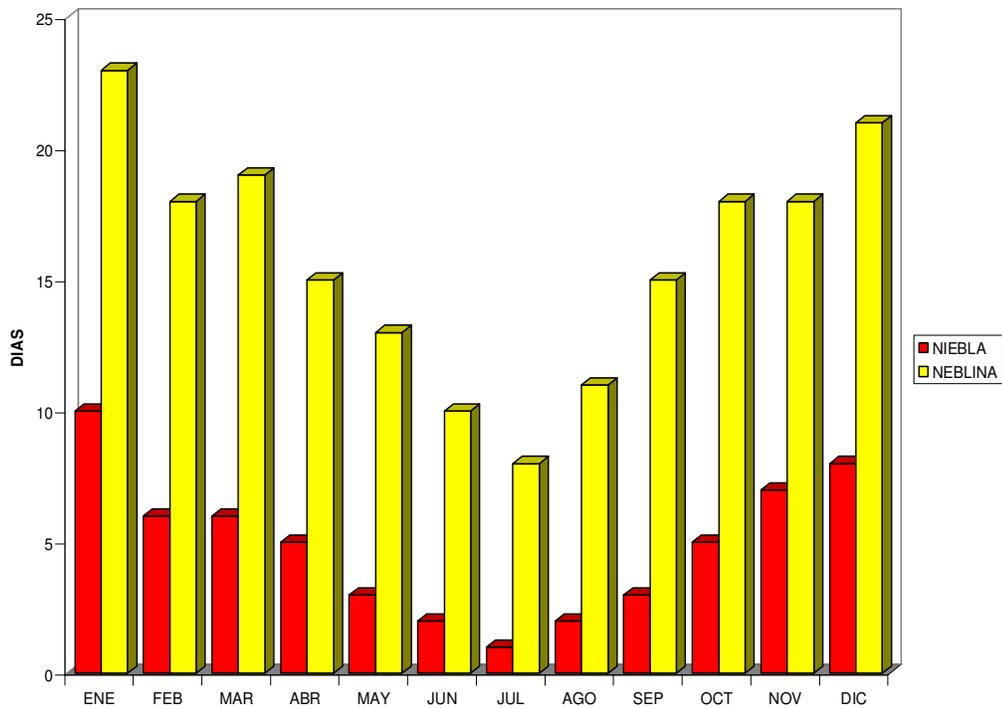


Figura 32. Distribución Mensual de días con niebla y neblina. Aeropuerto El Dorado – Bogotá.

#### 4.11.2 DISTRIBUCIÓN Y OCURRENCIA HORARIA MENSUAL DE NIEBLAS

Con respecto a la distribución horaria de esta variable, el fenómeno comienza a ser notorio entre las 8 y 9 de la noche aumentando progresivamente hasta las 6 de la mañana, hora en que regularmente alcanza su máximo valor de ocurrencia, para luego disminuir hacia las 8 ó 9 de la mañana donde comienza su disipación, como se muestra en la Figura N° 33.

Los meses con mayor presencia de nieblas son enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre, sobresaliendo los meses de diciembre y enero. Los meses con la más alta ocurrencia de nieblas son enero con un 15% y febrero 11%, entre las 4 y 7 de la mañana, siendo la hora más crítica las 7 de la mañana donde alcanza su máximo; en el mes de diciembre alcanza un 16% de ocurrencia a las 6 de la mañana. Los meses de marzo, octubre y noviembre se ubican entre el 10 y 12% de presencia de niebla, observadas de 6 a 7 de la mañana. En general, los meses de enero y diciembre se constituyen como los de mayor presencia de nieblas.

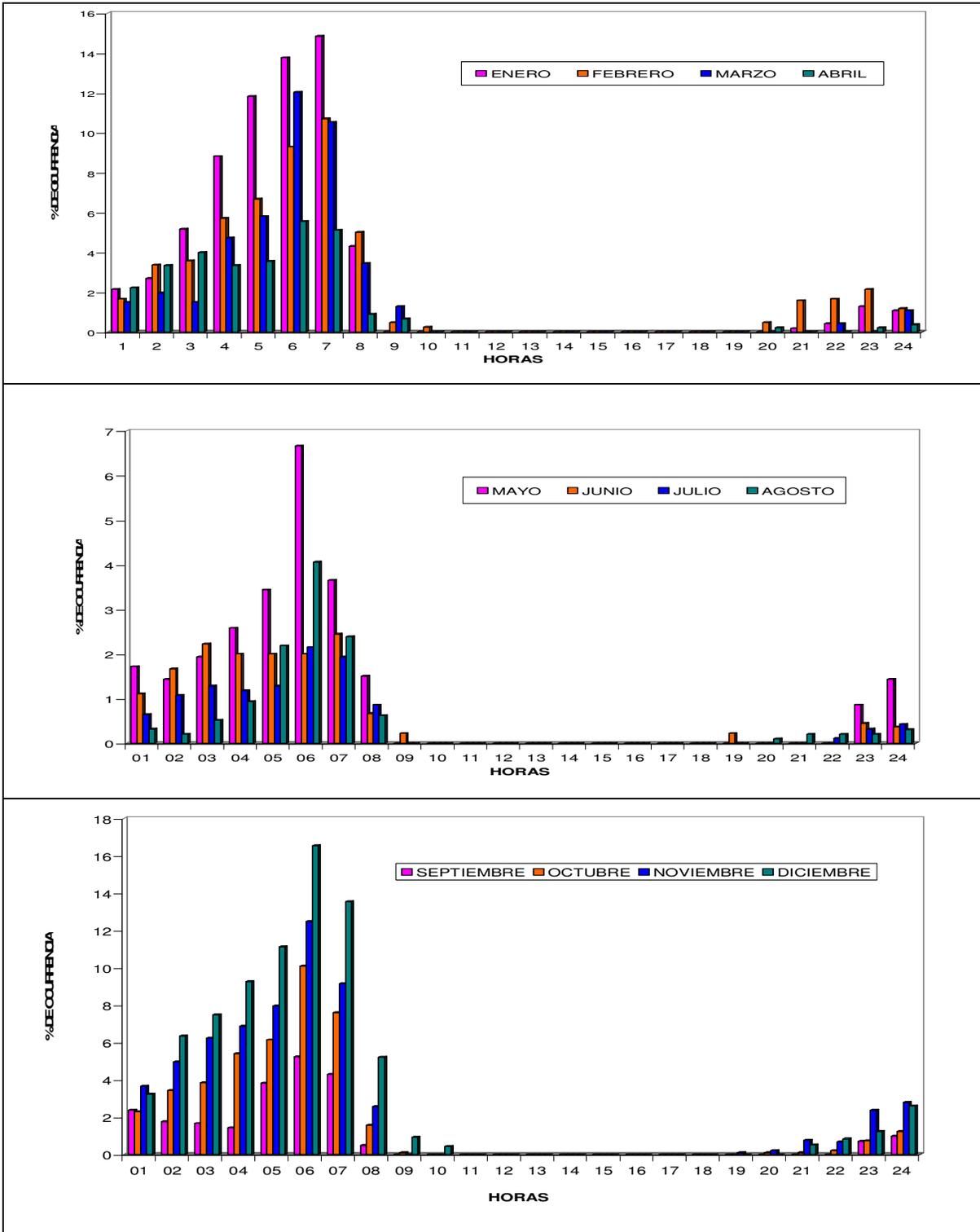


Figura 33. Comportamiento Horario Mensual de la Ocurrencia de Niebla. Aeropuerto El Dorado, Bogotá.

### **4.11.3 DISTRIBUCIÓN Y OCURRENCIA HORARIA MENSUAL DE NEBLINAS**

Con respecto a la distribución horaria, la neblina tiene un mayor grado de ocurrencia que la niebla. Las neblinas aparecen unas horas antes que la niebla, y son notorias a partir de las 7 de la noche cuando comienza el enfriamiento del ambiente atmosférico, con aumento progresivo hasta las 9 de la mañana; regularmente alcanza su máximo valor de ocurrencia hacia las 6 de la mañana, para luego disminuir hacia las 9 de la mañana donde comienza su disipación.

En todos los meses se observa la presencia del fenómeno, en unos con mayor intensidad que en otros, pero en general con cierta regularidad en las horas de la noche, la madrugada y primeras horas de la mañana.

Los meses con mayor presencia del fenómeno son enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre, sobresaliendo diciembre y enero, con alta ocurrencia en las horas de presentación con un 52% y 62% respectivamente, alrededor de las 6 de la mañana cuando alcanzan su valor máximo, como se observa en la Figura N° 34.

En los meses de febrero, marzo, octubre y noviembre sus valores máximos de ocurrencia oscilan entre el 42 y 50%, coincidiendo también a las 6 de la mañana. Los demás meses presentan valores entre el 20 y 37% de ocurrencias siguiendo el mismo comportamiento horario.

## **5 ANÁLISIS DE EVENTOS E INDICADORES CLIMÁTICOS-SINÓPTICOS**

Entre las zonas de mayor riesgo de inundación se encuentran las localidades de Ciudad Bolívar, Tunjuelito, Rafael Uribe Uribe, Usme, Bosa y Fontibón, afectadas por la cantidad de quebradas que las atraviesan y la cercanía del río Tunjuelo; regularmente este sector de Bogotá, en temporadas invernales es altamente vulnerable a inundaciones por desbordamiento, por encharcamientos y deslizamientos como consecuencias de taponamientos de drenajes, desvíos de corrientes de agua o la saturación de algunas redes de alcantarillados.

Por otra parte, los sectores ubicados sobre los cerros orientales desde el sur hasta el norte de la ciudad, contribuyen también con ríos y quebradas que debido a su corta longitud y fuertes pendientes, producen aumentos repentinos en sus caudales originados por la acción de tormentas y fuertes lluvias de corta duración, lo cual da lugar a inundaciones de tipo torrencial y deslizamientos en estas zonas; los ríos y quebradas de mayor impacto son: San Cristóbal, Fucha, San Francisco, Arzobispo y quebradas La Vieja, Las Delicias, Chicó, Rosales y Contador, ubicadas al centro y norte de la ciudad.

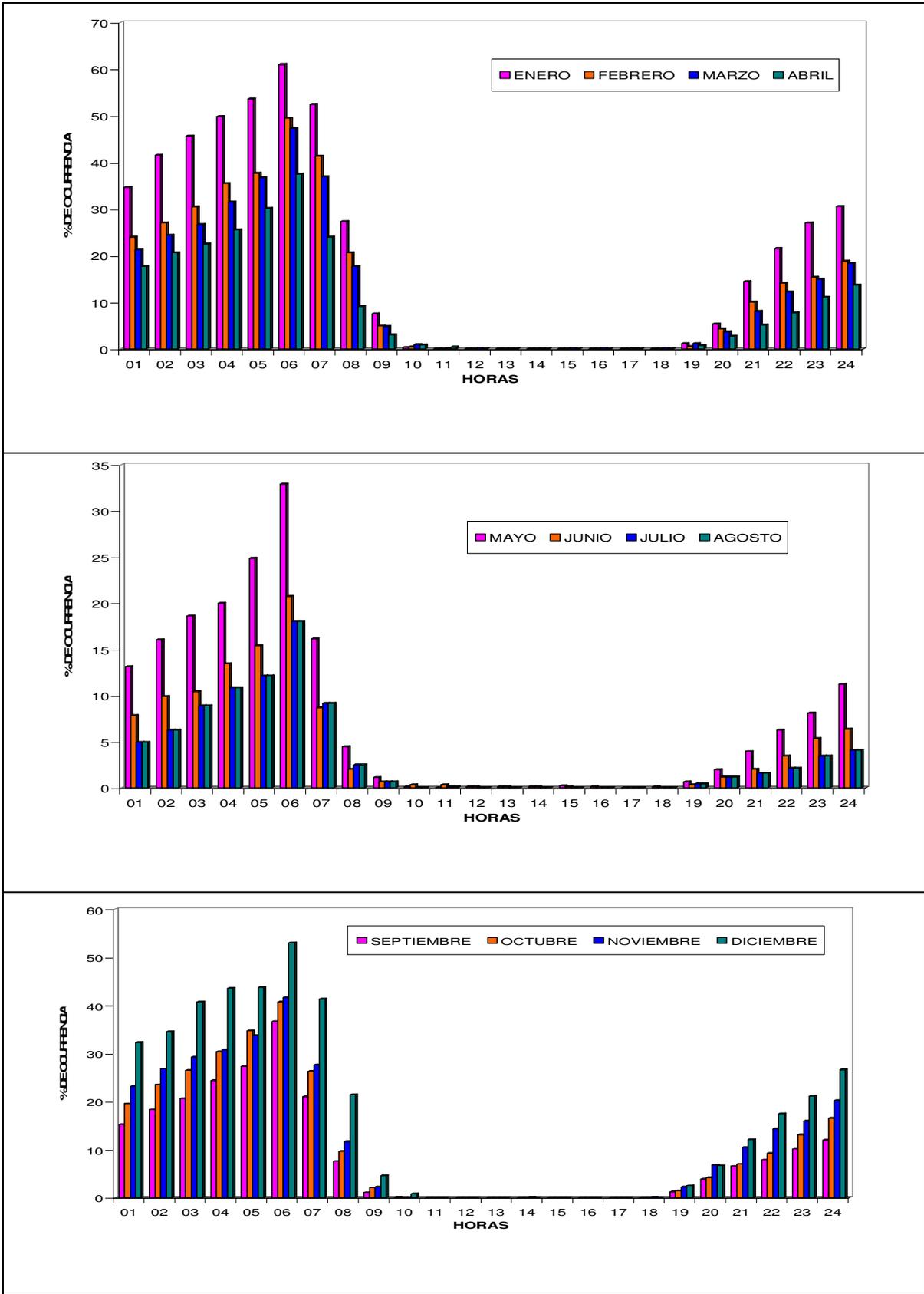


Figura 34. Comportamiento Horario Mensual de la Ocurrencia de Neblina. Aeropuerto El Dorado, Bogotá.

## 5.1 EVENTOS SIGNIFICATIVOS DE DESBORDAMIENTOS EN EL RÍO TUNJUELO

Con base en la información de datos históricos de desastres, compilada a través de archivos y consolidados de entidades como CEPAD, FOPAE, DGPAD, SIRE<sup>17</sup> y archivos del meteorólogo MAX HENRIQUEZ DAZA<sup>18</sup>; se llevó a cabo el presente análisis sobre el tema.

Los eventos significativos de desbordamientos en la cuenca del río Tunjuelo se han registrado principalmente entre el mes de marzo y el mes de noviembre, siendo más evidentes en la primera temporada lluviosa que incide en la zona central del país; es así como los meses de mayo, junio y julio constituyen la primera etapa de ocurrencia, destacándose los meses de mayo y junio con un 22 y 32% respectivamente; posteriormente, en la segunda temporada de lluvias, sobresale el mes de octubre con 10%, pero en general no es tan destacado como en la primera temporada, como se muestra en la Figura N° 35.

Los meses con más días de lluvias intensas, han sido mayo de 1982, junio de 1993 y el más activo el 2002, donde esta situación se presentó como una de las más críticas, principalmente en los meses de mayo y junio, originando uno de los mayores desbordamientos del río Tunjuelo, con gran afectación de sus áreas circunvecinas. Igualmente, el 2 de julio de 1959, ha sido catalogado entre otros, como uno de los más significativos eventos en la cuenca del río Tunjuelo, afectando principalmente la parte alta del sector rural de la cuenca.

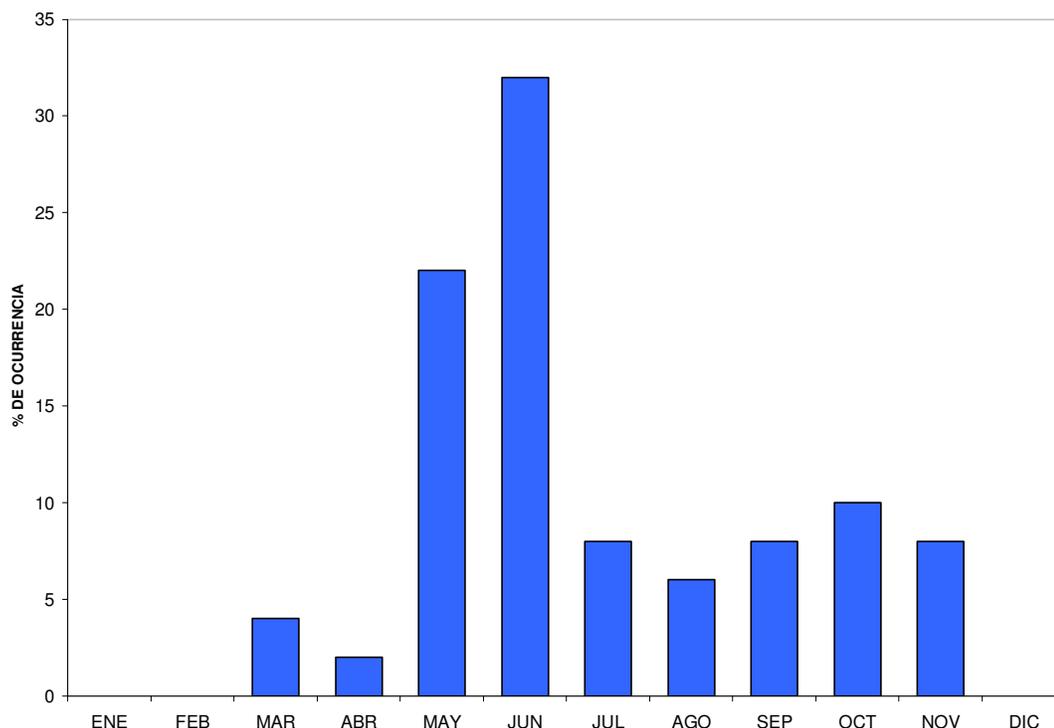


Figura 35. Comportamiento Mensual de Eventos de Desbordamientos del Río Tunjuelo.

<sup>17</sup> Sistemas de Información para Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias de Bogotá. FOPAE-SIRE.

<sup>18</sup> Base de Datos Histórica de Desastres de Colombia. MAX HENRIQUEZ DAZA, Meteorólogo.

En lo que respecta a las quebradas que se encuentran en el entorno del área de Bogotá y la cuenca alta del río Tunjuelo, los eventos de desbordamiento sobresalen en los meses de noviembre con 35% de ocurrencia, mayo con 14%, diciembre con 12%, octubre y febrero con 9%, marzo, abril y junio con 5% y enero, julio y agosto con 2%; el mes de septiembre no presenta eventos reportados; de lo anterior se deduce la influencia de las dos temporadas lluviosas causantes de las crecidas en las diferentes quebradas que cruzan la zona, como se observa en la Figura N° 36.

En efecto, una de las quebradas con mayor ocurrencia de eventos de desbordamiento es la Chiguaza, la cual nace en la localidad de San Cristóbal Sur, atraviesa Rafael Uribe y desemboca en el río Tunjuelo, afectando con sus desbordamientos estas localidades; los meses de mayo y noviembre son los más recurrentes para presentación de eventos. La quebrada Tibanica, localizada al suroeste de Bogotá, tiene frecuentes desbordamientos en los meses de febrero y noviembre; las quebradas Yomasa y Limas, localizadas al sureste y el suroeste del área respectivamente, manifiestan las más críticas ocurrencias en la segunda temporada lluviosa de los meses de octubre y noviembre, pero también han presentado eventos aislados en los meses de diciembre y junio.

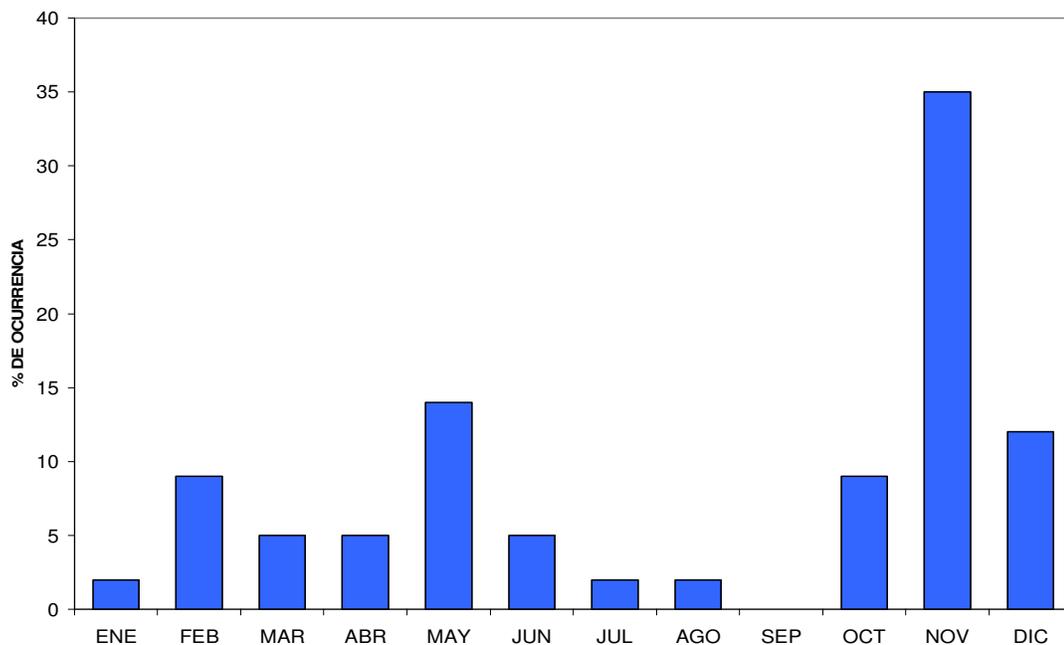


Figura 36. Comportamiento Mensual de Eventos de Desbordamientos en Quebradas existentes en Bogotá.

Con menos ocurrencia se sitúan las quebradas La Vieja en la localidad de Chapinero y el Caño Córdoba en la localidad de Suba, con recurrencias para la primera en los meses de abril, mayo y noviembre y para la segunda en marzo, octubre y noviembre.

## 5.2 INDICADORES PARA PRONÓSTICOS CLIMATOLÓGICOS DE EVENTOS SIGNIFICATIVOS

La zona tropical se caracteriza por la gran variación del clima, además de sus aspectos y sistemas sinópticos complejos que inciden en ella, se presentan comportamientos de gran escala, mesoescala y microescala, afectando de una u otra forma las condiciones meteorológicas.

Colombia se encuentra incluida en esta zona y es afectada, no sólo por los aspectos descritos a nivel general de características sinópticas, sino también, por factores tales como: el relieve, los océanos Atlántico y Pacífico, la altura, vientos locales y el calentamiento debido a la influencia urbana, entre otros; además, sistemas globales, como la Zona de Confluencia Intertropical "ZCIT", la cual rige los períodos de lluvia en el país. Igualmente, se perciben los efectos de los eventos ciclónicos tropicales como las Ondas Tropicales, Tormentas y Huracanes que en una u otra forma influyen las condiciones del tiempo atmosférico. La zona de Bogotá y en particular la cuenca alta del río Tunjuelo, se encuentran bajo estas condiciones, debido a la localización geográfica de Colombia en la zona tropical.

En efecto, los indicadores y tendencias de variables climatológicas para el uso del pronóstico meteorológico, no sólo son viables y colaboran a la conformación y ajustes, sino que ayudan para el conocimiento y tendencias de los eventos significativos en determinada zona; estos se pueden reconocer a través de las diferentes situaciones reales de ocurrencias, permitiendo conformar archivos conducentes a obtener condiciones típicas de modelos climatológicos para el comportamiento de sistemas sinópticos influyentes en el pronóstico, tanto a nivel dinámico como descriptivo. No obstante, es de gran importancia tener en cuenta, los análisis de todas las variables meteorológicas; desde su comportamiento a nivel anual y mensual, hasta distribuciones horarias para cada mes; de esta manera, se obtendrá un amplio conocimiento de los elementos, variables y fenómenos, los que serán de gran trascendencia y aporte para la obtención de indicadores o tendencias de las condiciones del tiempo y del clima con mayor aproximación.

Por ello, todos los análisis mostrados en el presente estudio, están catalogados como indicadores dado que permiten conocer las características y distribuciones de las variables; en particular, la precipitación es catalogada como una de las más complejas de tratar, debido a su discontinuidad, además de ser la de mayor importancia por su relevancia en eventos significativos que conllevan a temporadas invernales, desastres naturales, pérdidas de vidas humanas y grandes pérdidas económicas.

Conocidas estas implicaciones, se realizaron sendos análisis en la variable de precipitación a saber: comportamiento anual, mensual, máxima en 24 horas, número de días con lluvia a nivel mensual, comportamiento horario de ocurrencia de lluvias, comportamientos multianuales, análisis de la caracterización, distribución y ocurrencia diaria mes por mes sobre los diferentes rangos de precipitación; este último análisis es una herramienta, que no sólo ayuda a la complementación y ajuste de las condiciones de un pronóstico meteorológico y su tendencia para el mes o día, sino que sirve para la planificación y conocimiento mensual de actividades, conducente a la prevención y mitigación de desastres, consecuencia de eventos significativos de lluvia.

Para el análisis de este parámetro se tuvo en cuenta una serie de 31 años, la cual consolida su estabilidad y representatividad de distribución y comportamiento climatológico como tendencia e indicador; se analizaron para cada mes, las características de ocurrencias de lluvia por rangos, permitiendo interpretar la tendencia de las condiciones generales, para el mes e incluso para un día en particular.

En el mes de enero se aprecia un dominio en el rango sin lluvia (color amarillo), caracterizándolo como un mes seco, dado sus altos porcentajes sin lluvia entre el 70 y 85% en general, indicativo de un buen tiempo; sin embargo, también figuran otros rangos de lluvia con comportamientos más bajos de posibilidades de ocurrencia de lluvias en el mes. En el mes de mayo, se analiza una notoria diferencia en los comportamientos, comparado con otros meses y donde se percibe el aumento de más alta probabilidad de lluvias, con mayores rangos de ocurrencia. En términos generales, la Tabla N° 12 permite observar el comportamiento de las tendencias a nivel mensual y diaria, de la ocurrencia de lluvias caracterizando sus rangos.

Tabla 12. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE OCURRENCIA DIARIA DE LLUVIAS  
POR RANGOS COMO INDICADOR Y TENDENCIA CLIMATOLÓGICA PARA BOGOTÁ

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ENERO	68	77	84	65	81	68	74	77	74	81	81	68	68	77	74	74	84	77	71	77	61	77	81	87	81	81	77	68	77	71	61	
	26	10	16	35	19	19	26	20	26	19	9	26	26	13	19	13	9	20	19	23	39	20	16	13	9	16	13	22	17	22	39	
	3	7	0	0	0	3	0	3	0	0	7	3	0	7	0	3	3	3	10	0	0	0	0	0	7	0	7	7	0	0	0	
	3	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	3	3	0	10	4	0	0	0	0	0	3	0	3	3	3	3	3	7	0	
	0	3	0	0	0	7	0	0	0	0	3	0	3	0	7	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
FEBRERO	66	62	66	52	66	59	59	52	62	59	52	66	62	69	66	59	59	72	79	66	66	59	52	48	59	52	62	55	86	0	0	
	24	28	21	32	24	34	31	31	24	28	31	21	28	28	24	34	23	21	14	21	24	34	38	32	35	39	35	35	10	0	0	
	7	10	3	10	3	7	7	10	12	10	7	3	10	3	10	3	12	7	1	12	7	7	3	10	10	3	3	0	3	0	0	
	3	0	10	3	7	0	3	7	2	3	7	10	0	0	3	3	3	0	7	3	3	4	0	10	3	3	3	3	7	4	0	0
	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
MARZO	55	48	65	65	35	58	55	52	52	65	52	55	55	45	58	65	45	61	65	58	61	52	45	61	61	61	52	39	48	42	61	
	38	36	25	22	58	35	32	31	25	22	32	35	22	35	31	28	41	28	25	25	14	28	38	22	26	33	31	33	27	34	28	
	7	3	3	3	7	7	3	10	10	3	10	7	10	10	4	3	7	7	7	10	22	3	14	10	10	3	14	10	22	14	4	
	0	10	7	7	0	0	10	7	13	3	3	3	13	7	1	0	3	0	7	3	10	0	7	3	0	0	0	18	0	7	3	
	0	3	0	3	0	0	0	0	0	7	3	0	0	3	0	0	3	7	1	3	0	0	7	3	0	0	3	3	0	3	4	
ABRIL	48	52	48	45	45	39	42	48	55	39	55	48	55	35	55	48	29	39	52	39	39	39	29	35	16	23	16	13	42	35	0	
	46	32	30	32	33	36	38	26	28	38	32	42	32	49	22	28	48	34	25	32	52	55	47	42	51	42	58	51	32	32	0	
	3	10	10	16	3	19	10	3	7	16	0	7	10	3	16	16	10	7	16	16	3	0	7	16	23	16	16	18	16	16	0	
	3	3	12	4	16	3	7	16	10	4	10	0	0	3	7	7	10	10	7	10	3	3	7	0	10	16	10	18	10	10	0	
	0	3	0	3	3	3	3	7	0	3	3	3	3	10	0	1	3	10	0	3	3	3	10	7	0	3	0	0	0	0	0	
MAYO	32	32	32	16	23	35	42	29	39	39	58	35	52	26	39	42	52	26	42	48	35	32	42	35	35	35	23	29	32	48	42	
	48	32	44	48	46	46	45	58	51	38	25	48	42	54	48	38	31	54	38	42	48	42	41	38	37	32	57	44	58	42	41	
	10	20	20	10	16	18	10	10	7	18	7	10	3	10	7	16	7	7	10	3	3	16	10	16	22	16	3	20	7	7	10	
	3	16	0	10	7	1	0	3	3	3	10	7	0	10	3	1	10	10	7	7	10	10	7	10	3	7	10	7	3	3	7	
	7	0	3	16	7	0	3	0	0	2	0	0	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	4	0	0	1	3	10	7	0	0
JUNIO	45	26	45	39	35	29	45	39	39	45	32	39	39	23	39	45	42	35	45	39	52	42	29	45	39	39	42	23	42	61	0	
	28	64	26	38	54	41	25	35	51	48	65	42	48	60	48	45	48	55	48	54	41	51	68	49	54	54	48	67	45	33	0	
	20	7	22	7	3	20	20	16	7	7	0	16	3	10	7	7	10	7	7	7	7	7	3	3	0	7	10	7	3	3	0	
	7	0	7	16	7	7	3	10	3	0	3	0	10	7	3	3	0	3	0	0	0	0	0	0	3	7	0	0	3	0	3	0
	0	3	0	0	1	3	7	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JULIO	52	52	55	39	32	29	52	58	45	48	32	45	39	35	29	42	42	52	55	35	45	48	65	42	35	52	55	61	65	52	45	
	38	38	42	54	58	58	31	32	49	52	65	55	47	42	55	51	51	45	42	62	55	22	28	48	58	45	35	39	29	38	55	
	7	0	3	7	0	10	10	7	3	0	3	0	7	20	16	7	7	0	0	3	0	20	7	7	7	0	7	0	7	7	0	
	3	10	0	7	10	3	7	0	3	0	0	0	7	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	3	3	0	0	3	0	
	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGOSTO	61	65	42	55	39	52	32	52	55	61	58	65	48	48	39	52	42	48	42	45	45	68	55	65	35	35	26	52	48	39	52	
	32	35	44	38	58	35	48	41	45	39	35	35	45	45	54	41	45	36	45	45	36	32	38	32	55	48	61	32	44	48	32	
	0	0	7	7	3	10	16	7	0	0	7	0	7	3	7	7	10	10	10	3	16	0	7	0	7	3	7	16	0	7	16	
	7	0	7	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	3	3	7	3	0	0	0	3	10	3	0	7	3	0	
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	3	3	0	0	3	0

Tabla 12. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE OCURRENCIA DIARIA DE LLUVIAS  
POR RANGOS COMO INDICADOR Y TENDENCIA CLIMATOLÓGICA PARA BOGOTÁ

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
SEPTIEMBRE	37	47	53	53	60	63	47	50	40	40	40	37	47	40	50	53	50	47	43	53	43	27	50	43	30	37	33	47	57	57	0	
	50	47	40	34	30	23	43	43	57	50	47	50	23	53	40	33	24	39	43	31	40	50	30	37	44	33	37	36	29	23	0	
	10	3	7	7	10	7	3	0	0	0	10	7	7	7	3	7	7	7	7	16	7	20	10	10	3	16	20	3	7	10	0	
	3	3	0	3	0	7	7	7	0	10	0	3	16	0	7	7	16	7	7	0	7	0	10	7	16	7	10	7	7	10	0	
	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	3	3	7	0	0	0	3	0	0	0	3	3	0	3	7	7	0	7	0	0	
OCTUBRE	58	65	39	39	48	48	39	45	42	48	55	48	52	48	45	45	45	35	52	52	52	45	26	23	42	32	39	58	26	48	42	
	32	20	39	45	32	29	26	45	33	38	25	32	29	35	49	38	32	30	24	35	27	38	48	43	39	26	48	10	55	36	34	
	0	0	3	10	10	18	3	22	3	7	10	16	10	3	0	10	16	18	3	0	7	10	18	3	16	10	7	0	10	10		
	10	12	16	3	7	10	7	0	3	8	10	7	3	7	0	10	10	16	3	10	18	7	16	16	16	22	3	22	16	3	14	
	0	3	3	3	3	3	10	7	0	3	3	3	0	0	3	7	3	3	3	0	3	3	0	0	0	3	0	3	3	3	0	
NOVIEMBRE	43	50	37	40	43	37	27	27	50	47	27	27	33	43	43	43	43	50	43	50	57	47	37	37	60	47	60	73	70	43	0	
	40	43	37	32	37	37	40	47	34	21	60	60	39	33	37	38	32	28	44	34	29	36	34	53	27	29	23	20	20	46	0	
	7	7	7	18	10	7	10	7	3	16	10	10	22	7	10	16	18	16	3	3	0	10	16	3	3	7	10	0	10	7	0	
	7	0	16	7	10	16	16	16	10	16	3	0	3	10	3	0	7	7	7	10	7	0	10	7	7	10	7	7	0	0	0	
	3	0	3	3	0	3	7	3	3	0	0	3	3	7	7	3	0	0	3	3	7	7	3	0	3	7	0	0	0	0	3	0
DICIEMBRE	47	43	40	53	47	50	40	50	57	63	50	43	73	60	70	60	60	60	63	67	57	80	70	73	73	77	77	83	63	77	77	
	36	47	44	37	39	33	47	40	33	31	33	37	14	23	30	30	23	34	20	23	37	13	23	27	21	23	13	14	20	13	23	
	7	7	10	0	7	7	7	3	0	3	7	10	10	7	0	10	7	3	10	3	3	7	7	0	3	0	3	3	7	0	0	
	7	3	3	7	7	10	3	0	7	3	3	7	3	10	0	0	10	3	7	3	0	0	0	0	0	0	0	7	0	10	3	0
	3	0	3	3	0	0	3	7	3	0	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	3	0	0	0	0	7	0

	0 m.m
	0,1-5 m.m
	5,1-10 m.m
	10,1-20 m.m
	> 20,1 m.m

Por otra parte, entre los indicadores de pronóstico meteorológico, se encuentra la presencia del fenómeno El Niño y del fenómeno de La Niña, éstos, aunque no son de ocurrencia continua, ni definen comportamientos de las variables durante el año, si pueden ocasionalmente proporcionar cambios significativos en los regímenes normales de los elementos climatológicos.

El fenómeno de El Niño, es un fenómeno a escala planetaria, se manifiesta con el calentamiento anómalo de la superficie del mar en el Pacífico Ecuatorial y que está asociado a una amplia fluctuación de la presión atmosférica. Se presenta en general, con la reducción de las precipitaciones en algunas regiones y el incremento en otras; sin embargo, en el área de Bogotá y la cuenca alta del río Tunjuelo el impacto resulta con una incidencia significativa en deficiencias de lluvia, lo cual se condiciona como zona indicadora de la presencia del fenómeno, de acuerdo con los eventos presentados a lo largo de la historia, originando incidencias de leves, moderadas y fuertes en el área de estudio.

Los eventos Niño más significativos en el área de Bogotá, han sido los ocurridos en mayo/72 a febrero/73, sobresaliendo los meses de diciembre/72, enero y febrero/73, donde se alcanzaron reducciones marcadas del 90 a 100% de la condición normal en los registros de lluvias; igualmente, los meses de mayo/82 a agosto/83, donde se observaron déficit de lluvias que oscilaron entre 55 y 80% de sus promedios. El evento de junio/91 a mayo/92, también presentó baja de precipitaciones que alcanzaron el 80% por debajo de los valores normales, con una temporada más prolongada de afectación, lo cual ha sido por este motivo, uno de los más intensos hasta el momento. Finalmente, el evento de mayo/97 a mayo/98, estuvo representativo con una duración moderada en el área con algunos meses que alcanzaron el 85% de déficit hídrico. En consideración con lo anterior, el clima de la ciudad de Bogotá se afecta en un alto índice bajo la presencia del fenómeno El Niño.

En relación con La Niña o Fenómeno Frío del Pacífico, corresponde a la aparición irregular de aguas superficiales más frías que lo normal en los sectores central y oriental del océano Pacífico Tropical. El enfriamiento de la superficie del mar, cubre grandes extensiones y por su magnitud, afecta igualmente el clima en diferentes regiones del globo, entre ellas el territorio colombiano.

El fenómeno de la Niña, es otro de los indicadores del aumento de lluvias en el área de Bogotá y la cuenca alta del río Tunjuelo, pero no tan estrechamente relacionado como El Niño; sin embargo, se ha hecho sentir con la presencia en algunos años de altas precipitaciones, tales como: los eventos de junio/75 a febrero/76, mayo/88 a marzo/89 y diciembre/98 a Febrero/00; este último fue significativo, dado que el año de 1999 se constituyó como el que presentaba un mayor número de características invernales en el área.

Igualmente, se observa la relación con desbordamientos del río Tunjuelo, con un buen indicativo en vista de los acontecimientos ocurridos en octubre/70, agosto/73, junio/75, marzo/89 y noviembre/99; lo cual permite deducir que aunque no tan prominente como el Niño, el fenómeno Niña, también hace parte de indicador y tendencia de pronóstico climatológico.

Lo anterior implica, la importancia del conocimiento de pronósticos a corto, mediano y largo plazo emitidos por instituciones oficiales, para percatarse de la posible ocurrencia de estos fenómenos de gran escala y tomar las debidas acciones y proyecciones; esto con el fin de mitigar el déficit o el exceso de ocurrencias de lluvias y los posibles cambios, en los comportamientos de las demás variables como temperatura, humedad, radiación y otras más, las cuales también hacen parte del ambiente y afectaciones directas en el área de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo.

### 5.3 ASPECTOS CLIMÁTICOS SINÓPTICOS RELACIONADOS CON EL EVENTO DEL 2002

El mes de mayo, se caracteriza por ser una época de lluvias en el centro del país, incluyendo toda el área de la cuenca del río Tunjuelo. Es de anotar que en la última década, en el mes de mayo del 2002 se presentó una intensificación de la temporada invernal sobre la zona de interés, que originó la declaración de las alertas naranja y roja en varias ocasiones sobre distintas zonas del río Tunjuelo.

#### 5.3.1 EVENTO DE DESBORDAMIENTO DEL RÍO TUNJUELO EL DÍA 31 DE MAYO DE 2002

En particular, el evento ocurrido el día 31 de mayo de 2002, después de siete días consecutivos de precipitaciones, se tornó extraordinario, con el agravante que en algunas partes de la cuenca del río Tunjuelo se presentaron lluvias hasta por diez horas consecutivas, tal como lo muestra el registro de la estación San Benito, señalado en la Figura N° 37, y el registro durante 8 horas en la estación Doña Juana, mostrado en la Figura N° 38, generando un nivel de alerta naranja.<sup>19</sup>

Este caso extraordinario, relacionado con la extensa duración de las lluvias y de acuerdo con los análisis realizados, se originó con la formación de una vaguada inducida sobre Colombia, por efecto de un frente frío del hemisferio norte, que alcanzó latitudes bajas cuando se situó sobre el océano Atlántico frente a las costas de Estados Unidos, como lo muestra la imagen de satélite GOES (Figura N° 39) del 31 de mayo de 2002 a las 0:45 HLC<sup>20</sup> (5:45 UTC).

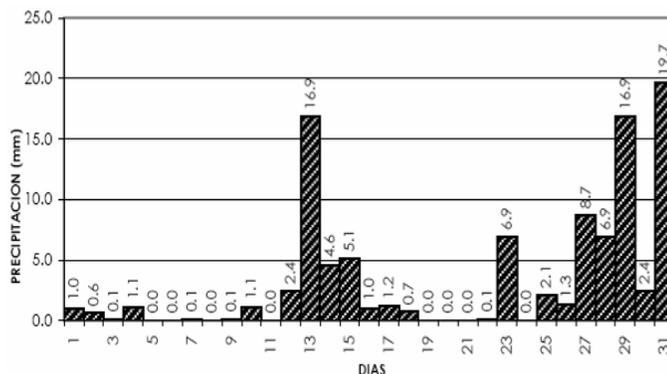


Figura 37. Registro Precipitación Estación San Benito Mayo de 2002

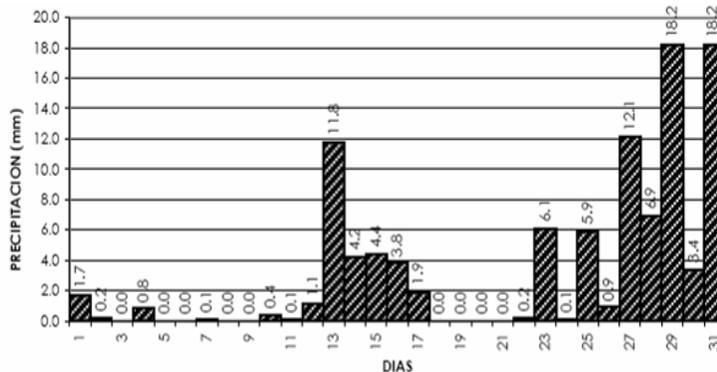


Figura 38. Registro Precipitación Estación Doña Juana, Mayo de 2002

<sup>19</sup> FOPAE - SIRE

<sup>20</sup> Hora Local

Este mismo sistema produjo un jalonamiento hacia el norte de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), correspondiente a la rama del océano Pacífico oriental y con ello, condiciones favorables para la permanencia de la ZCIT sobre Honduras y Nicaragua, afectándolas con lluvias intensas. Los boletines del Servicio Meteorológico Nacional de El Salvador reportaron cantidades de precipitación en 24 horas hasta 148.9mm en Llopango y cantidades similares o menores en otras estaciones; así mismo, esta situación permitió al Comité de Emergencias Nacional de ese país establecer en un principio la alerta verde y posteriormente la amarilla.

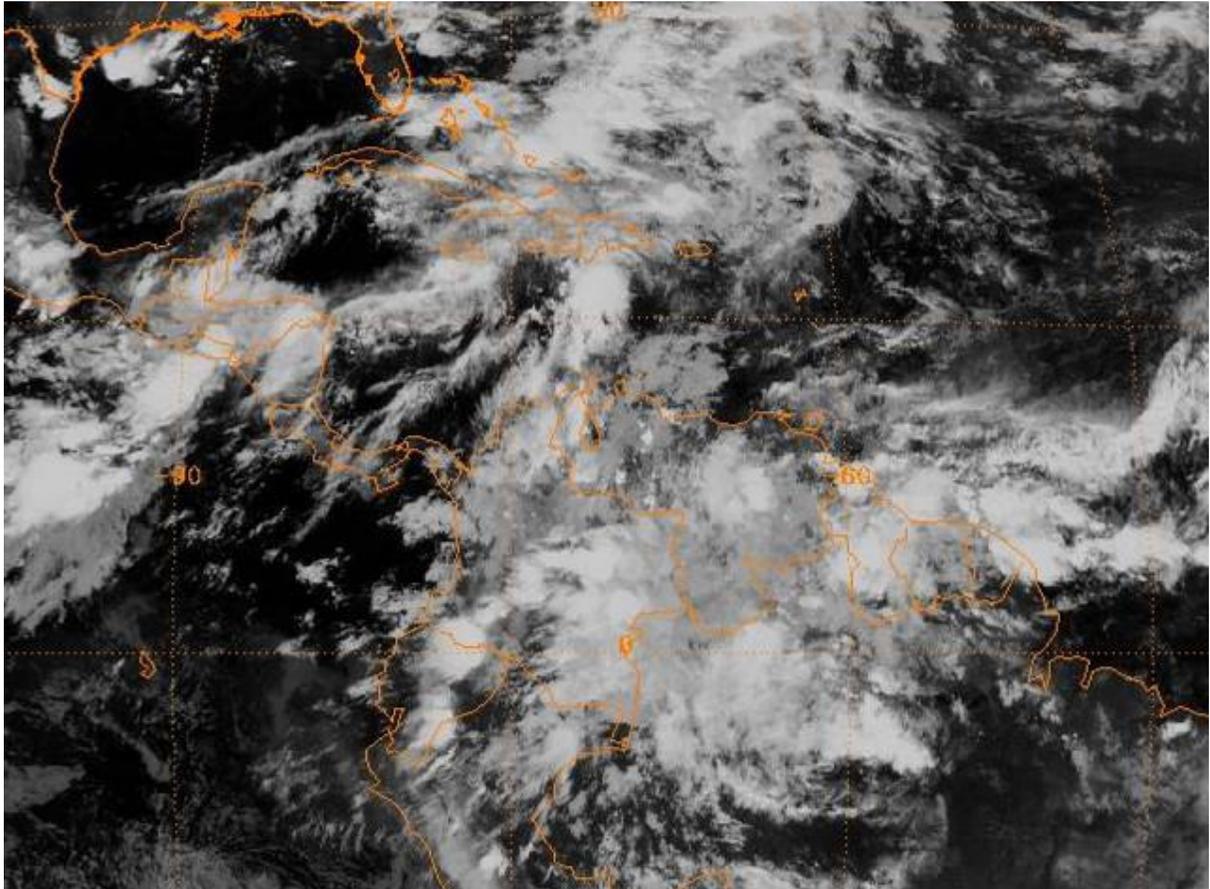


Figura 39. Imagen del canal infrarrojo del satélite GOES-8 para el 31 de mayo de 2002 a las 0:45 HLC.  
Fuente: NOAA<sup>21</sup>

Los mapas de niveles bajos (850 y 700 hPa) para el día 31 de mayo a las 01 HLC (06 UTC). Figuras N° 40 y N° 41, muestran la vaguada asociada con el frente frío sobre la Florida y cruzando el occidente de Cuba, internándose sobre el Caribe occidental, muy cerca de San Andrés y Providencia; este sistema se presenta acompañado por un amplio sistema anticiclónico, que cubre gran parte del Atlántico occidental, mientras que en el costado occidental, se observan otros dos sistemas anticiclónicos, uno sobre el golfo de México y otro sobre el océano Pacífico tropical oriental, organizando una vaguada invertida en el centro y sur de Colombia, sobre la Orinoquía y Amazonía, que se inclina hacia el occidente a medida que aumenta la altura.

<sup>21</sup>NOAA. [www.ncdc.noaa.gov](http://www.ncdc.noaa.gov)

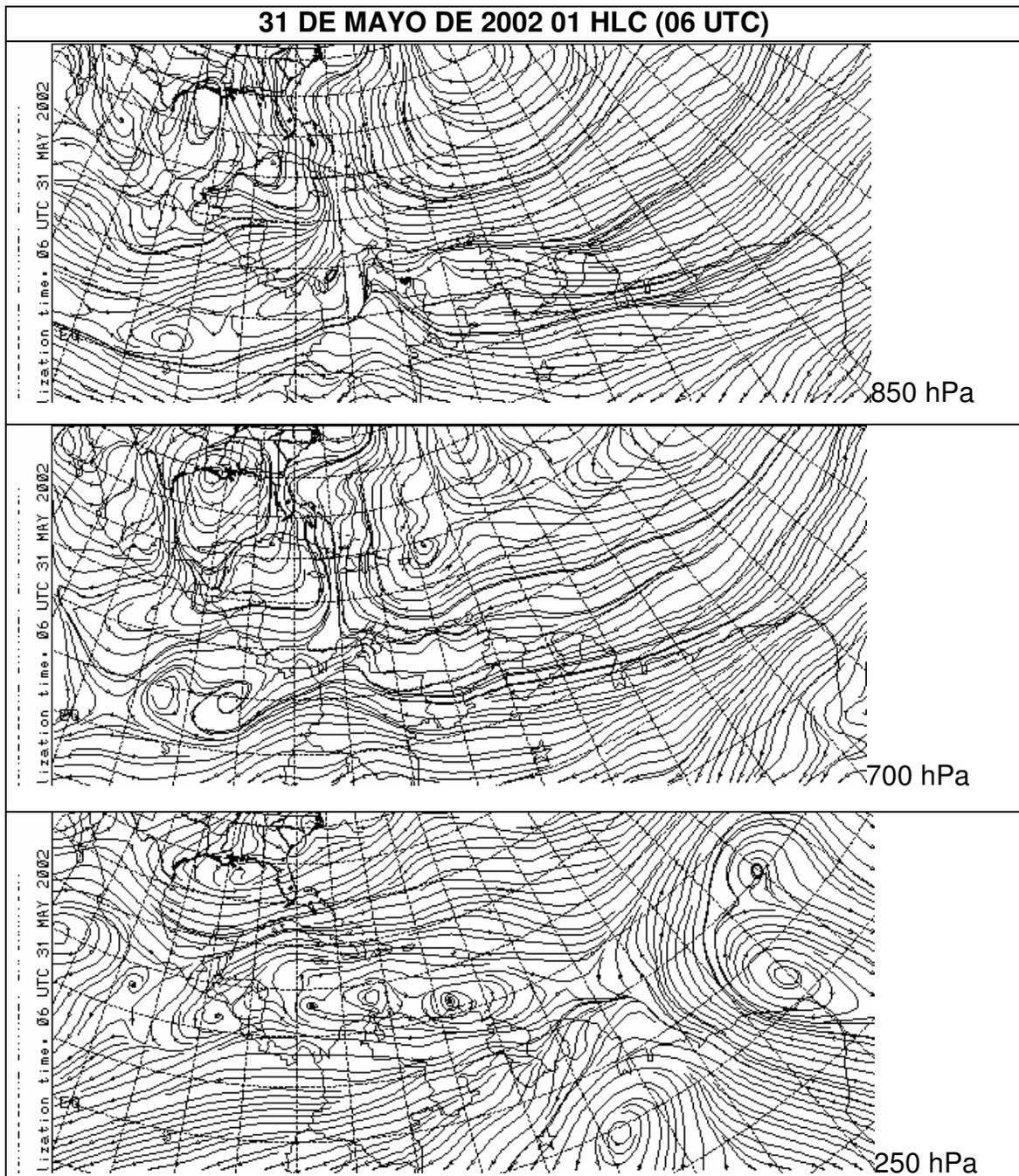


Figura 40. Líneas de Corriente para niveles isobáricos<sup>22</sup>

Los niveles altos, sobre el Mar Caribe, están dominados por sistemas anticiclónicos, situados frente a Venezuela y Colombia; originando vientos del Este, sobre el norte de Sur América, pero con la particularidad que este flujo difunde sobre el país, lo cual apoya la divergencia en altura y la generación de movimientos verticales ascendentes que refuerza la convección de las capas bajas y se inician las lluvias sobre el oriente del país.

<sup>22</sup> NOAA. [www.ncdc.noaa.gov](http://www.ncdc.noaa.gov)

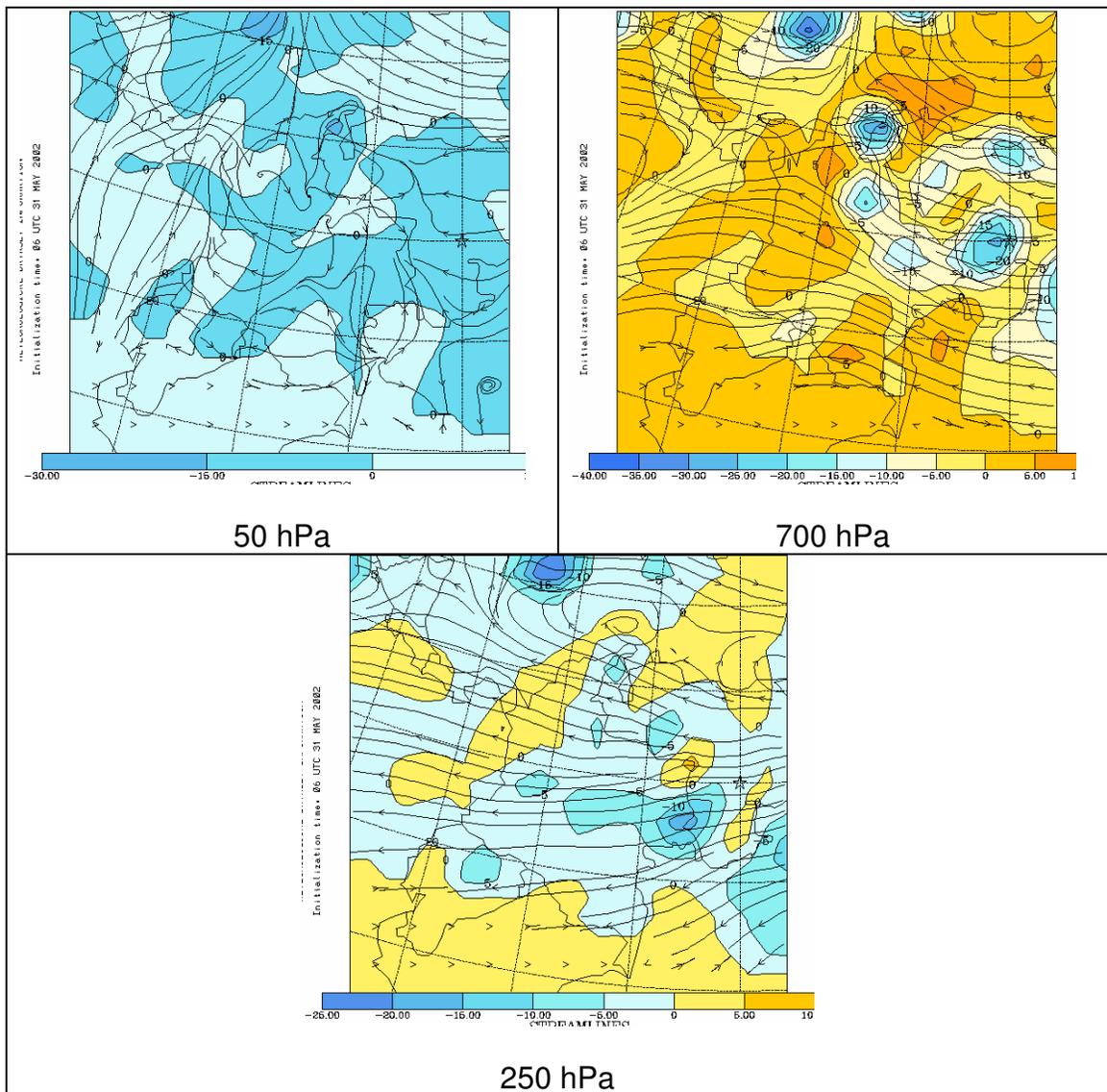


Figura 41.<sup>23</sup> Líneas de Corriente y Velocidad Vertical (mb/h) 31 de mayo de 2002 01 HCL (06 UTC).

La Figura N° 42 corresponde a la imagen satelital de las 06:45 HLC y la Figura N° 43 a los mapas de 7 HLC (12UTC), lo cual muestra, que mientras la vaguada invertida se desplazaba hacia el occidente y se acercaba a la región Andina, el sistema anticiclónico del Pacífico tropical ecuatorial se intensificó y se replegó sobre las costas colombianas, obligando a que la vaguada ganara vorticidad ciclónica y convergencia en las capas bajas, lo cual condujo a una intensificación de movimientos verticales ascendentes y por tanto la convección y precipitación.

<sup>23</sup> NOAA. www.ncdc.noaa.gov

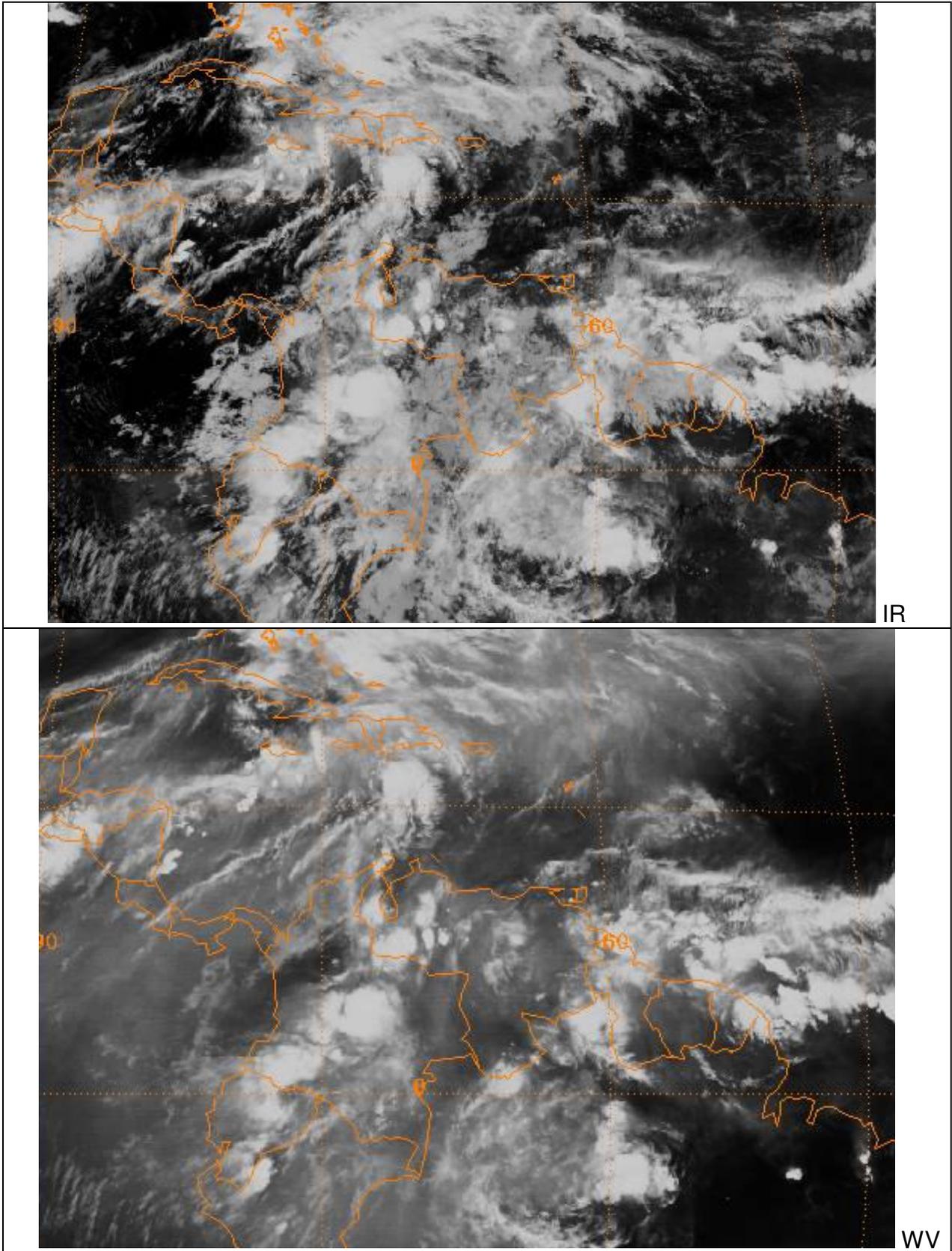


Figura 42. Imágenes infrarrojo y vapor de agua del satélite GOES-8, para el 31 de mayo de 2002 a las 6:45 HLC  
Fuente: NOAA

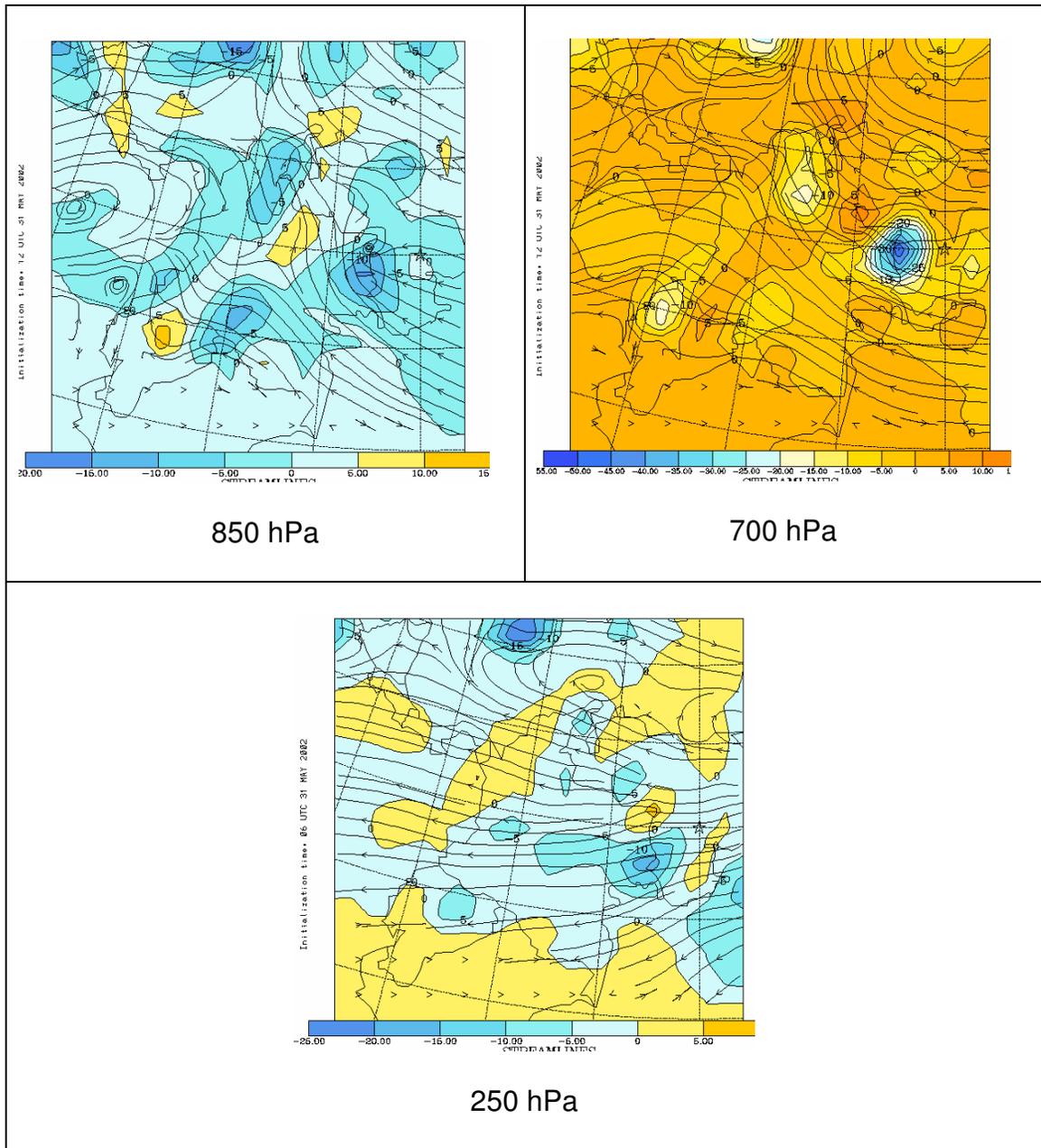


Figura 43.<sup>24</sup> Líneas de Corriente y Velocidad Vertical (mb/h) 31 de mayo de 2002 12UTC (7 HLC) (mb/h).

La situación meteorológica persistió a lo largo del día y solamente después del medio día se presentó disminución de la nubosidad, como consecuencia del debilitamiento de los campos de divergencia en altura; los cuales fueron reemplazados por núcleos aislados, asociados con movimientos descendentes, reduciendo la inestabilidad desde las capas altas hacia las bajas, como lo muestran los campos de movimientos vertical de las 13 HLC, Figura N° 44.

<sup>24</sup> NOAA. [www.ncdc.noaa.gov](http://www.ncdc.noaa.gov)

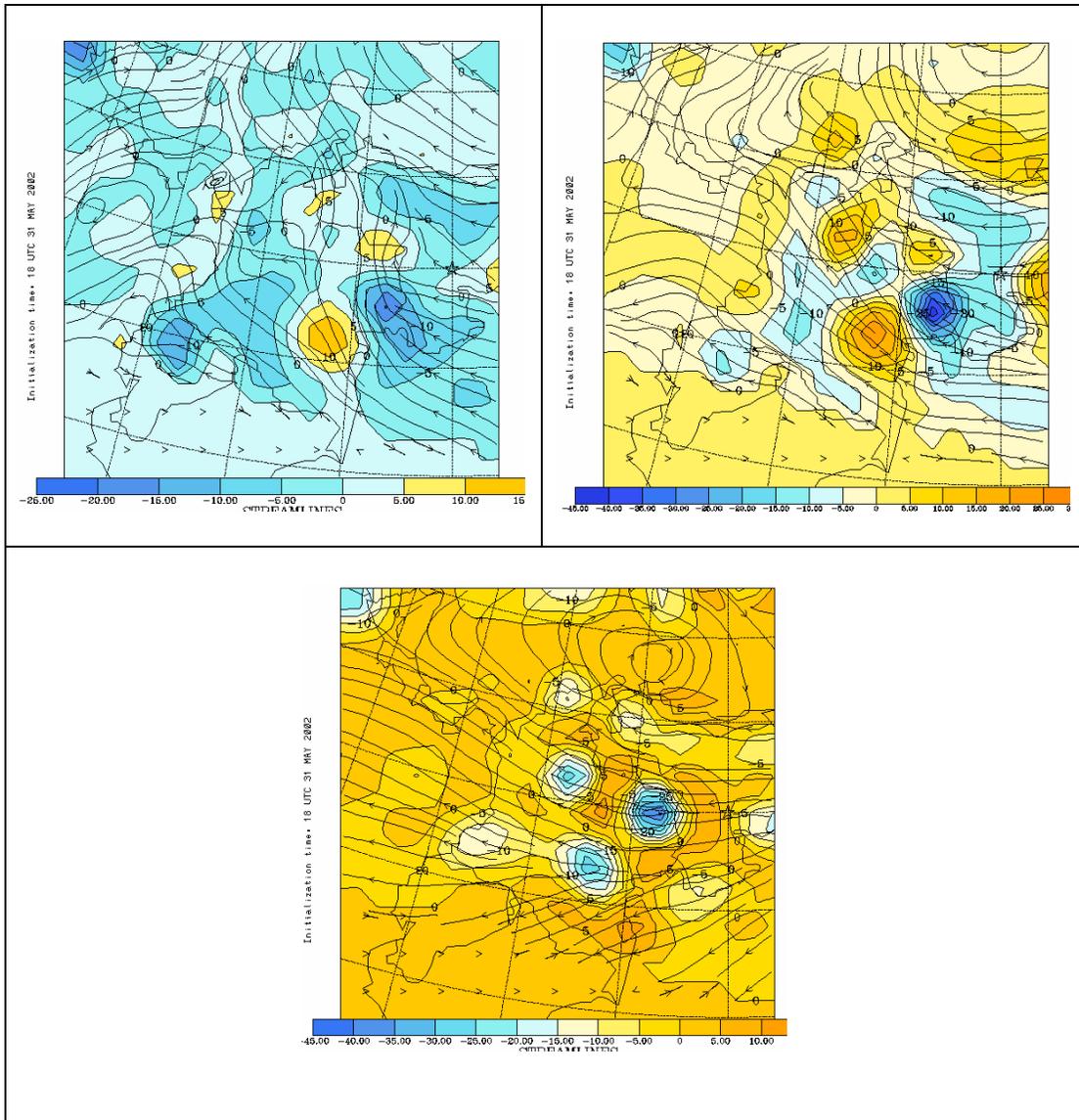


Figura 44. Líneas de Corriente y Velocidad Vertical (mb/h) 31 de mayo de 2002 13 HCL (18 UTC).

La duración de las precipitaciones respondió a los altos índices de humedad, que se concentraron en la baja y alta troposfera, como lo indica los análisis de los sondeos, Figuras N° 45, N° 46 y N° 47.<sup>25</sup>

<sup>25</sup>NOAA. www.ncdc.noaa.gov

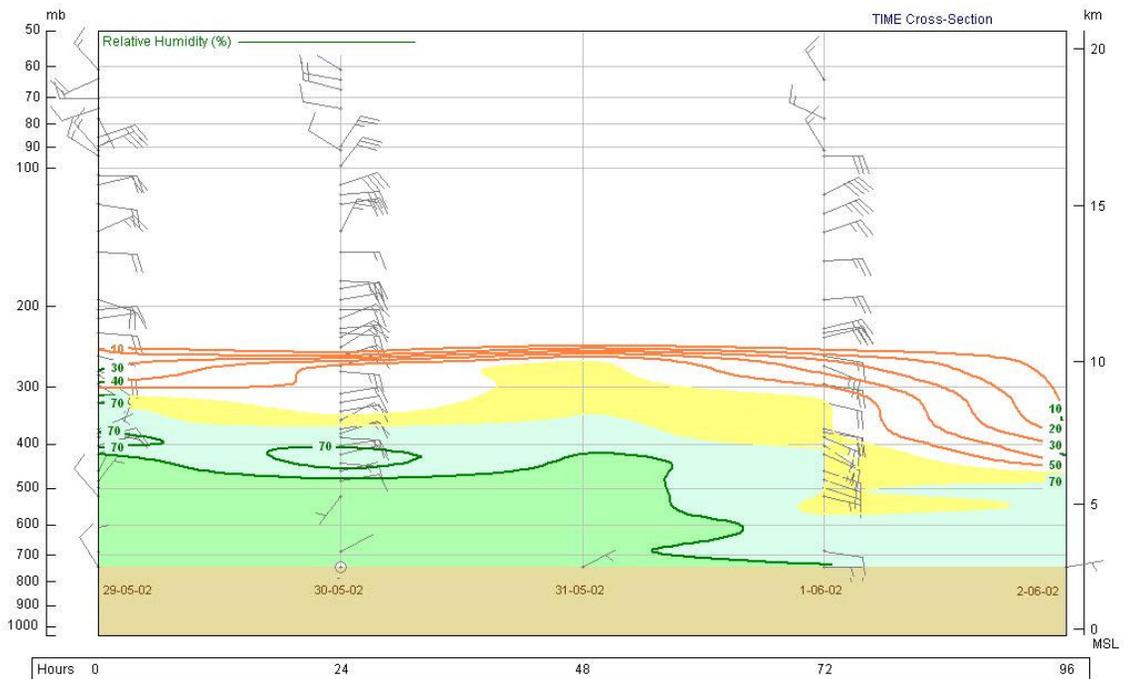


Figura 45. Sección vertical de la humedad relativa (%) de la atmósfera (29/05/02 y el 02/06/02) con base en los datos del sondeo de la estación El Dorado.

Por efecto de la convergencia y los movimientos verticales ascendentes, la humedad se concentró dentro de la troposfera; las nubes se desarrollaron a lo largo de ella, aumentando excesivamente el contenido de agua líquida hasta cerca de los 300 hPa y 9 km de altitud y por ello, la cantidad de agua precipitable, de manera que en la atmósfera se almacenó una cantidad suficiente para que las precipitaciones se extendieran por varias horas consecutivas.

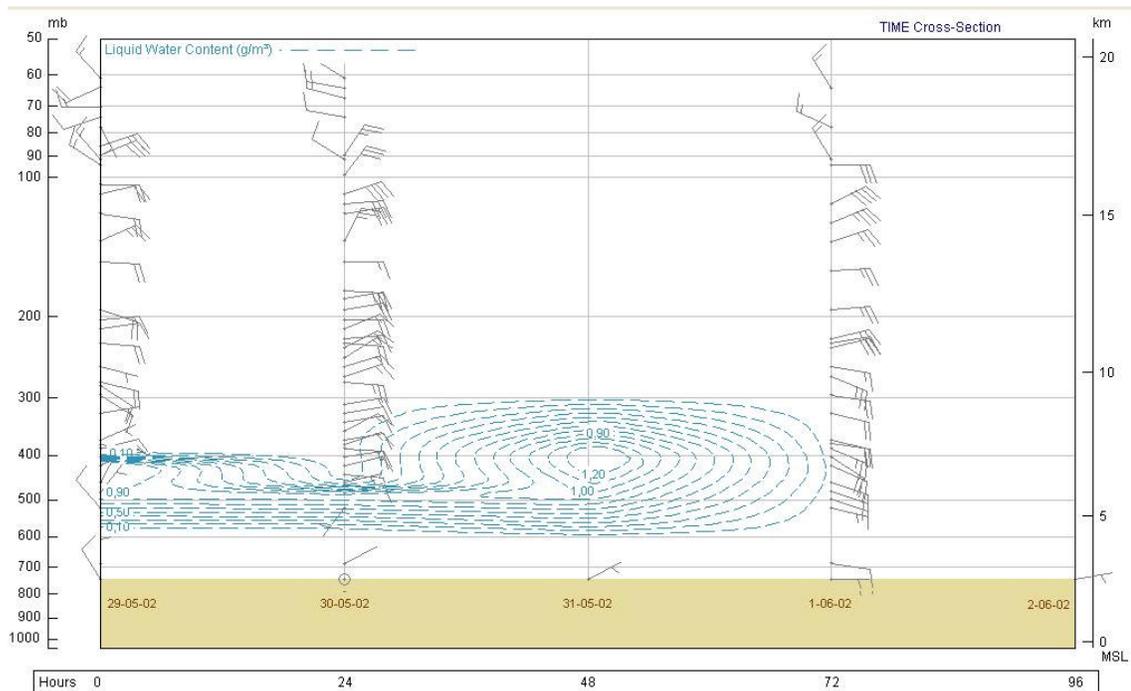


Figura 46. Sección vertical del contenido de agua líquida (g/kg) en la atmósfera (29/05/02 y el 02/06/02) con base en los datos del sondeo de la estación El Dorado.

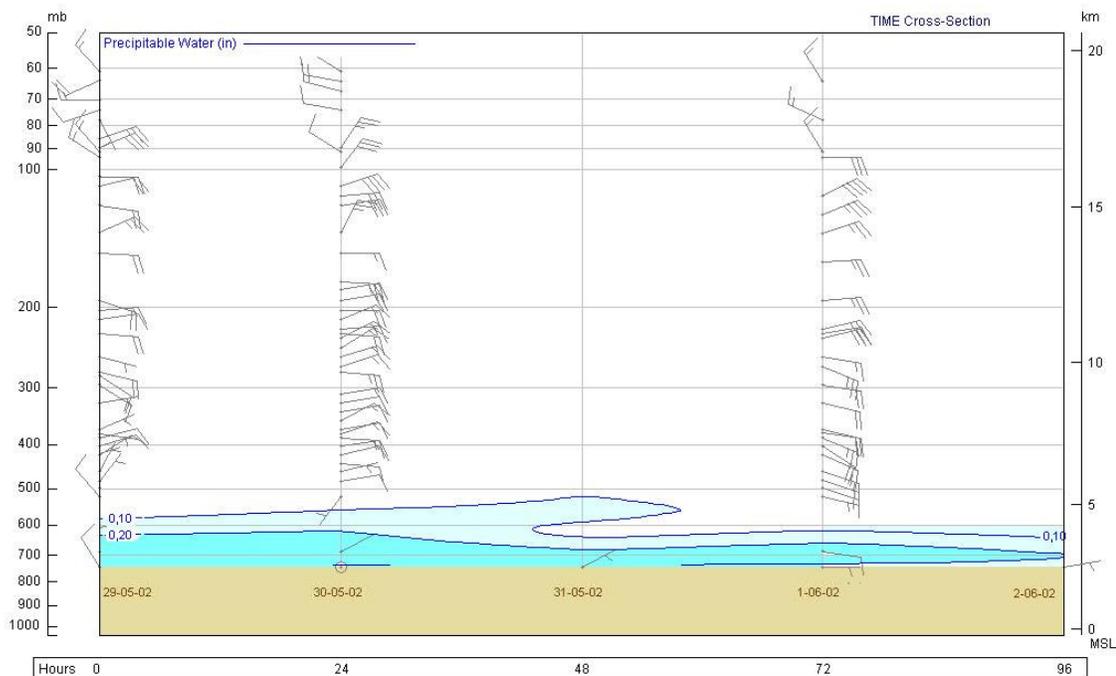


Figura 47. Sección vertical de la cantidad de agua precipitable (pulgadas) en la atmósfera (29/05/02 y el 02/06/02) con base en los datos del sondeo de la estación El Dorado.

### 5.3.2 EVENTO DE DESBORDAMIENTO DEL RÍO TUNJUELO EL DÍA 9 DE JUNIO DE 2002

El día 8 de junio de 2002, la Onda Tropical N° 13 penetró sobre el Caribe Colombo – Venezolano e interactuó con la Zona de Confluencia Intertropical; perturbando significativamente las condiciones meteorológicas en el territorio colombiano, tornándolas favorables para la ocurrencia de precipitaciones acompañadas con fenómenos eléctricos, debido a que la convección estaba apoyada por un flujo difluente en altura sobre gran parte del centro y sur del país, que reforzaban los movimientos verticales ascendentes.

Hacia las 12:45 a.m. del día 9 de junio las imágenes de satélite, Figura N° 48, mostraban sistemas convectivos sobre amplios sectores de la Orinoquía y Amazonía colombiana, que se acercaban paulatinamente al piedemonte de la cordillera oriental y hacia la 1 de la mañana del día 9 de junio se posicionaron sobre la región Andina, formando un sistema convectivo, alineado a lo largo de las tres cordilleras produciendo precipitaciones de variada intensidad sobre esta parte del país.

La circulación atmosférica difluente en altura, prevaleció a lo largo del día, tal como lo muestran las líneas de corriente para el nivel isobárico de 250 hPa, sobre una amplia zona de Colombia; el tránsito de la onda entre los 60° W y 85° W, estuvo asociado con precipitaciones que se fueron trasladando meridionalmente desde el oriente del país, hasta alcanzar aguas marítimas del Pacífico colombiano, que no escapó a la acción de este sistema meteorológico. Durante el día las condiciones de mal tiempo prevalecieron toda la mañana; sin embargo y como lo muestra la Figura N° 49 de las 13HLC, se apreciaba una disminución del factor confluyente sobre Colombia, y por tanto, una ligera desactivación de núcleos nubosos originando mejores condiciones de tiempo.

En este día se presentó un evento de desbordamiento del río Tunjuelo; ocasionado por la crítica situación de invierno que azotaba la parte central, afectando la zona donde se encuentra Bogotá y la cuenca alta del río Tunjuelo, postergando la ola invernal durante el mes de junio de 2002.

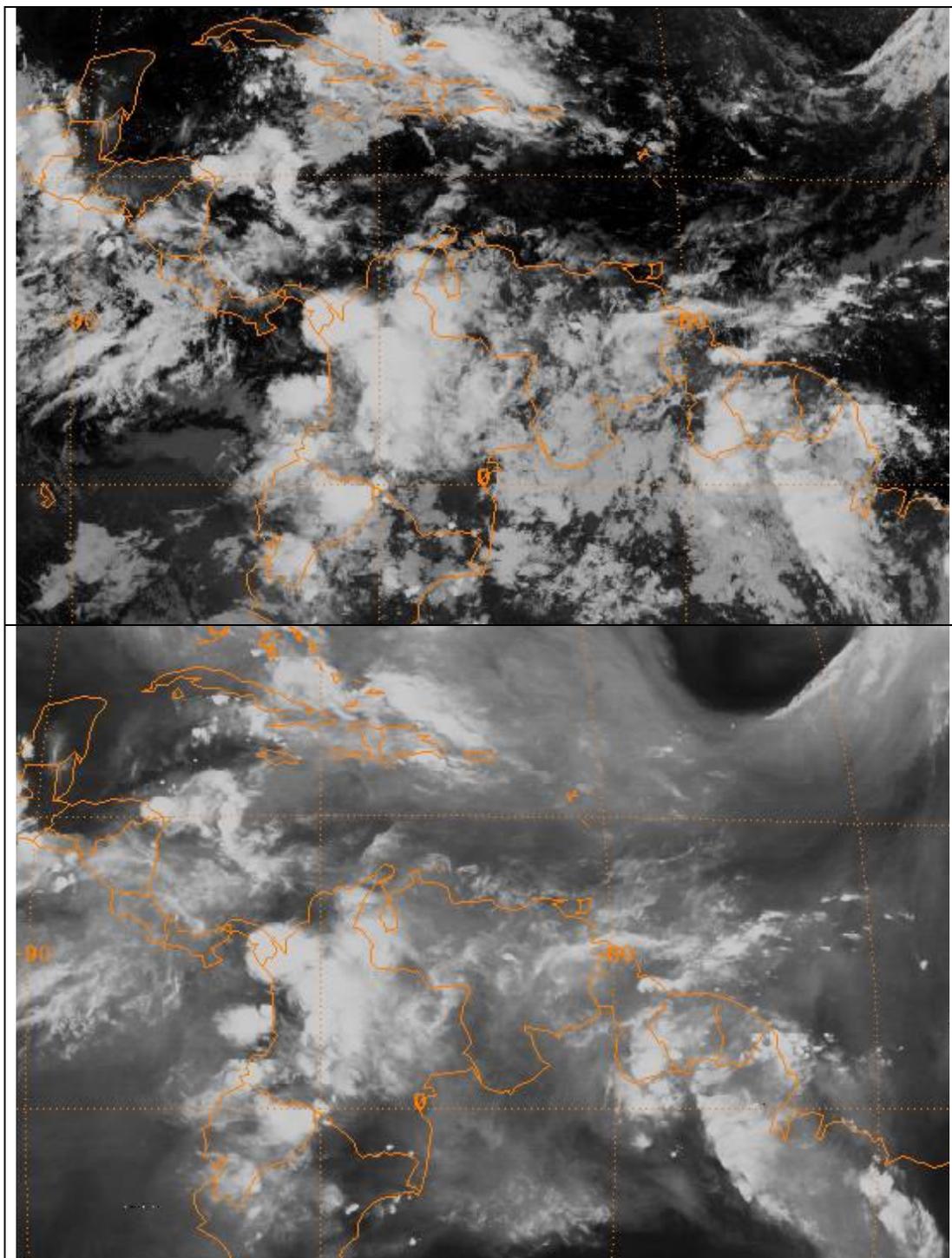


Figura 48. Imagen del canal infrarrojo del satélite GOES para el 9 de junio de 2002 a las 0:45 HLC.  
Fuente: NOAA

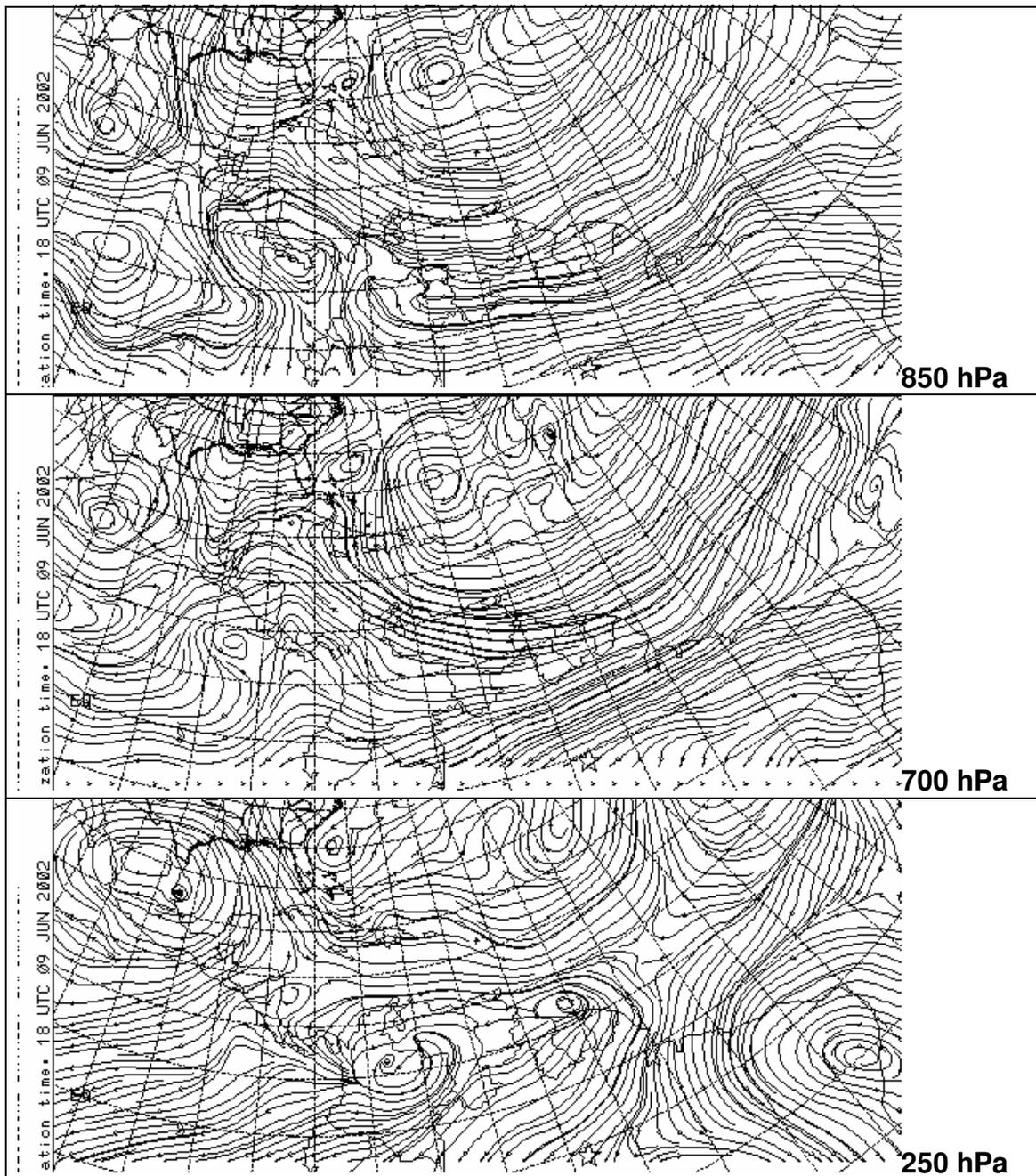


Figura 49. Líneas de Corriente Isobáricas, 9 de Junio de 2002 13HLC (18 UTC)

La información procedente de las radiosondas lanzadas en la estación El Dorado, entre el 7 y 11 de junio de 2002, mostraron que en particular el día 9 de junio, el contenido de humedad en la atmósfera se incrementó significativamente en capas medias y altas de la atmósfera, lo que favoreció también el aumento de agua líquida y por ende la cantidad de agua precipitable, como lo muestran las siguientes secciones verticales (Figuras N° 50 y N° 51)<sup>26</sup>.

<sup>26</sup> NOAA. [www.ncdc.noaa.gov](http://www.ncdc.noaa.gov)

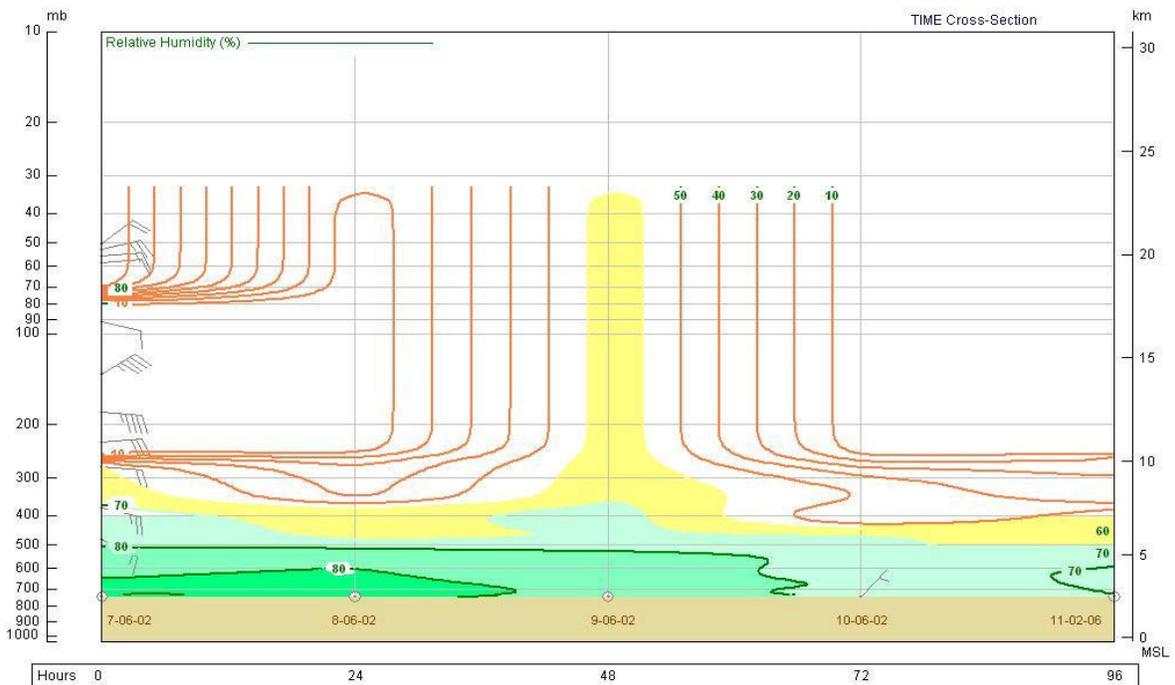


Figura 50. Sección vertical de la humedad relativa (%) de la atmósfera entre el 7 y 11 de junio de 2002 con base en los datos del sondeo de la estación El Dorado.

Lo anterior, marcó un índice climático-sinóptico de las condiciones ocurridas para este día, el cual se debe tener en cuenta, para posteriores situaciones análogas en ocurrencias de eventos con similares comportamientos de sistemas atmosféricos y características de lluvias, para el área de Bogotá y la cuenca del río Tunjuelo.

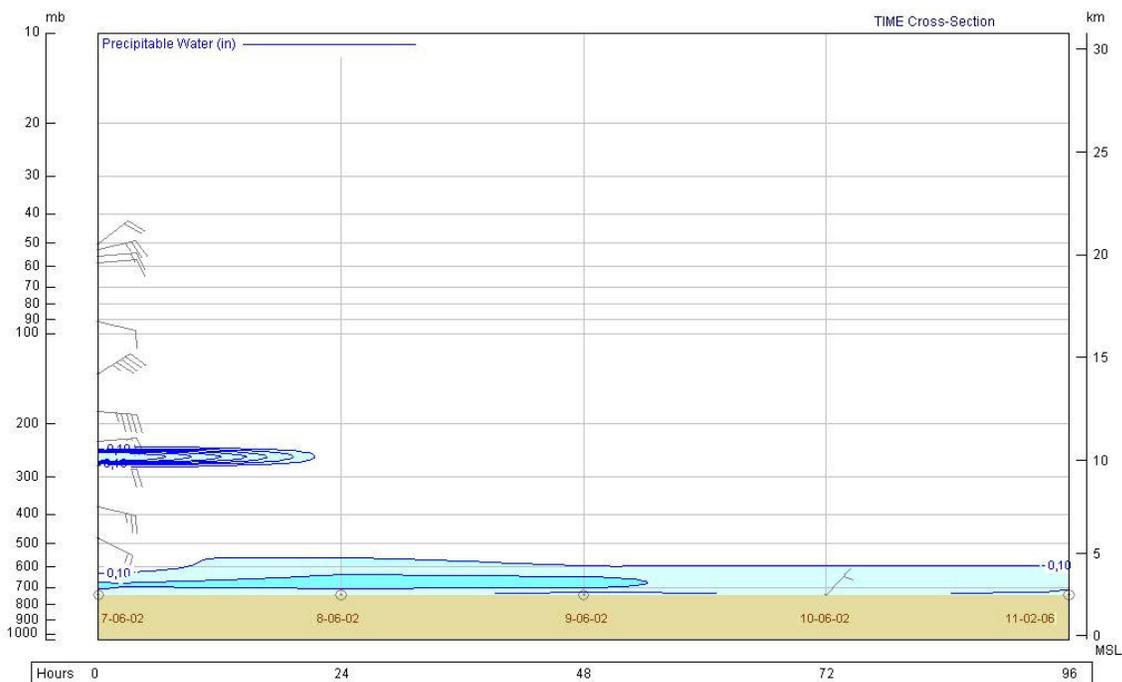


Figura 51. Sección vertical de la cantidad de agua precipitable (pulgadas) en la atmósfera (7 y 11 de jun/02) con base en los datos del sondeo de la estación El Dorado.

## 6 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

La zonificación climática se realizó con base en la clasificación y método de C. W. Thornthwaite, como se puede observar en el Mapa N° 20. Esta clasificación, se basa en el análisis hídrico climático, del cual se obtienen índices que delimitan los diferentes tipos de clima, según Thornthwaite, cada zona se define con cuatro letras:

La primera letra, se obtiene el análisis de factor de humedad (Fh), el cual considera los excesos y deficiencias hídricas del lugar.

La segunda letra, se obtiene a partir de los índices de humedad (lh) y de aridez (la), dependiendo si es seco o húmedo, de acuerdo con la clasificación de la primera letra.

La tercera letra, tiene relación con la Evapotranspiración Potencial, la cual relaciona la temperatura. Dada la situación en la zona tropical y a la poca variabilidad de estos parámetros; el área de estudio, de acuerdo con la tercera, se clasifica como de carácter Mesotermal, aplicando las características de  $B'_{1}$  hasta  $B'_{4}$ .

Para la cuarta letra, tiene una relación directa con la temperatura, considerando las condiciones de localización del área de estudio en la zona tropical y la poca variación de la temperatura, se asume isotermia, por lo tanto todas las regiones situadas en la franja ecuatorial, tendrán la letra  $a'$ , teniendo en cuenta que en esta zona la concentración estival de la eficiencia térmica se considera constante.

En las zonas ecuatoriales, la clasificación climática se define entonces, con la primera letra, la cual incide con el comportamiento de la precipitación y que tiene una gran variabilidad en las diferentes regiones de Colombia y más concretamente con el área de estudio referida. Por lo anterior, en el mapa para la clasificación de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo, tan solo se hace referencia a la primera letra.

De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta el Mapa N° 20 mencionado, se presentan las siguientes zonas climáticas:

### 6.1 Zonas Semisecas: $C_1$

Corresponde a las áreas especificadas con los símbolos  $C_1$  r  $B'_{1a}$ , caracterizadas con  $C_1$ , como un Semiseco,  $r$  catalogado como poco o nada de deficiencia de agua,  $B'_{1}$  como Mesotermal y  $a$  de carácter isotermal.

En esta zona climática, la precipitación media anual oscila entre 600 a 700mm, y se encuentra localizada al oeste de Bogotá. Las estaciones que representan dicha zona son: Bosa Barreno, Quiba, Techo y Santa Lucía, destacándose Quiba con características más secas que las demás en la zona.

Se presentan dos períodos de menores precipitaciones o llamados secos; el primero, de diciembre a marzo y el segundo de junio a septiembre, las mayores oscilaciones de temperaturas extremas (máxima y mínima), se presentan en el primer período, indicando la alta probabilidad de bajas temperaturas en la zona, especialmente para los meses de diciembre, enero y febrero.

## 6.2 Zonas Semihúmedas: C<sub>2</sub>

Referida a áreas clasificadas con simbología C<sub>2</sub> r B'<sub>1</sub> a y C<sub>2</sub> r B'<sub>2</sub> a, al igual la caracterización se da como C<sub>2</sub>, zona Semihúmeda; los demás índices, corresponden a lo anotado en la generalización dada para el punto anterior.

En esta zona la precipitación media anual, se encuentra entre los 700 y 800mm y corresponde a las zonas centro – occidente, occidente y nor-occidente, estas zonas son representadas por Fontibón, Engativá, área del Aeropuerto El Dorado, El Cortijo y el sector de Guaymaral; además, al sector sur – occidental, por la zona correspondiente a Doña Juana.

Igualmente, se presentan dos períodos de lluvias bajas en el año, diciembre a marzo y junio a septiembre; las máximas temperaturas pueden ocurrir en el período de diciembre a marzo, cuando son las condiciones de más horas sol, menor nubosidad y menor humedad, siendo esta zona además, la más propensa para la ocurrencia de los fenómenos de nieblas y por consiguiente, dando lugar a que se registren también significativas bajas de temperatura y hasta la ocurrencia de heladas.

## 6.3 Zonas Ligeramente Húmedas: B<sub>1</sub>

Comprende las áreas clasificadas con B<sub>1</sub> r B'<sub>1</sub> a y como tal B<sub>1</sub>, como zona Ligeramente Húmeda. Esta zona representa una banda estrecha en sentido norte – sur, a todo lo largo por el centro de la ciudad, desde el extremo norte hacia el sector de La Picota en el sur; además, de un sector en la parte media y estribaciones de la zona alta en la cuenca del río Tunjuelo, por el sector occidental del área.

Las estaciones o localidades que caracterizan esta zona en la ciudad son: sector noroccidental en La Conejera (Suba), sector de la Escuela de Ingeniería al norte, Centro Nariño en el centro, hasta La Picota en el sur; y en la cuenca del río Tunjuelo, sectores de Pasquilla y El Hato.

Las precipitaciones oscilan entre 700 y 900mm, a todo lo largo de la zona de estudio donde se enmarca este tipo de clima. Presenta dos períodos secos en Bogotá, y un período en el sector de la cuenca alta del río Tunjuelo, en los meses de diciembre a marzo, donde se aprecia la influencia del régimen de los Llanos Orientales.

## 6.4 Zonas Moderadamente Húmedas: B<sub>2</sub>

Corresponde a las áreas demarcadas con B<sub>2</sub> como Moderadamente Húmedo, caracterizado con precipitaciones entre 900 a 1000mm y constituye una banda longitudinal en sentido norte – sur, extendida a todo lo largo del centro de la ciudad, un poco más recargada hacia el flanco oriental; al igual que la anterior, penetra hasta la parte alta de la cuenca del río Tunjuelo.

Entre las localidades y estaciones que representan esta zona climática se pueden enumerar: Contador y Usaquén en el sector norte; Jardín Botánico, Ciudad Universitaria y San Diego, en el centro de la ciudad; y por su eje central hacia el sur, en Cantarrana hasta la Escuela La Unión, en la parte alta de la cuenca del río Tunjuelo.

### **6.5 Zonas Húmedas: B<sub>3</sub>**

Se refiere a las áreas con B<sub>3</sub>, como condiciones Húmedas, caracterizada con lluvias altas entre 1000 y 1100mm; la conforman un sector aislado en el Cerro de Suba al noroccidente, y luego una banda estrecha y alargada sobre las laderas de montaña por el sector oriental, que va desde la altura del sector de Serrezuela al norte de la ciudad, quebrada La Vieja, sector de Los Rosales, Venado de Oro (estribaciones de Guadalupe y Monserrate), Vitelma, parte media de las quebradas Chiguaza, Santa Librada y Yomasa, el barrio Olarte, La Regadera y parte alta de la cuenca del río Tunjuelo.

Se caracteriza también en la parte urbana dos períodos secos; en tanto que en la parte rural, hacia la cuenca media y alta del Tunjuelo, solo se aprecia un período seco entre diciembre y marzo.

### **6.6 Zonas Muy Húmedas: B<sub>4</sub>**

Comprende las áreas clasificadas con B<sub>4</sub>, Muy Húmeda, la precipitación media anual se sitúa con valores que fluctúan entre los 1100 y 1300mm. Esta zona se sitúa sobre los cerros orientales en cotas entre 2800 hasta los 3400 msnm aproximadamente. Comprende desde el sector de la parte alta de Usaquén, a través de la cadena montañosa de Bogotá, hasta la parte alta de la cuenca del río Tunjuelo.

El área representativa de la zona está definida al norte, por la parte alta en el nacimiento de la quebrada Molinos, sectores de Monterredondo, parte alta del río Chuza, Guadalupe, San Francisco Salitre km 9 (carretera a Chipaque), parte alta del río San Cristóbal Norte, sector El Delirio en Monserrate y Juan Rey; extendiéndose por el flanco oriental de la cuenca del río Tunjuelo y el sector de Australia, hasta alcanzar la parte alta del río Tunjuelo, en cota aproximada de los 3500 msnm.

### **6.7 Zonas Superhúmedas: A**

Corresponde a áreas identificadas por A, Superhúmedo, está caracterizada por lluvias anuales que se sitúan entre los 1200 a 1400mm o más. La identifican sectores más detallados al norte de Bogotá, como: Torca, el sector correspondiente a la parte central sobre los cerros orientales y límite de la divisoria de aguas en el Verjón (carretera a Chipaque), sector de La Alemana (nacimiento de la quebrada Yomasa), hasta el sector de El Bosque, al sur (carretera antigua a Villavicencio); igualmente, en la zona más alta del nacimiento del río Tunjuelo (río Chisacá), entre cotas superiores a 3400 msnm y las estaciones de Bocagrande, Salitre y la Laguna de Los Tunjos.

## CONCLUSIONES

La temperatura media presenta valores con poca variación durante el año, de 12 a 15° C en el área urbana, pero en los cerros orientales y cuenca alta del río Tunjuelo, se observan temperaturas que alcanzan valores medios de 5 a 6° C. Las oscilaciones de temperatura media, entre los meses más cálidos y fríos, tan solo alcanzan 1° C; las temperaturas máximas pueden llegar a alcanzar los 25° C y las mínimas -6° C, particularmente, en los meses de enero, febrero y diciembre. A nivel espacial, se observa el aumento de temperatura de los sectores rurales hacia la parte urbana, donde se detecta un núcleo entre 15 y 16° C, sobre la zona central del área urbana, claramente relacionado con el fenómeno de Isla de Calor, característica de las grandes urbes como consecuencia de los cambios del ambiente y el entorno natural, crecimiento de población, grandes construcciones, vías, industrias y variedad de fuentes contaminantes.

La humedad relativa media anual se distribuye entre el 73 y 86% en el área de estudio, y sus valores están condicionados a las incidencias de los comportamientos de las demás variables meteorológicas entre ellas, la temperatura, nubosidad, cantidad de horas sol y viento entre otras. Las zonas con mayor índice de humedad relativa media, se sitúan en la zona rural, parte media de la cuenca del río Tunjuelo y La Regadera con 86%; en la parte urbana, por el occidente entre la desembocadura del río Tunjuelo en el río Bogotá, Fontibón y el humedal de Capellanía con 85%; en la parte central en el Jardín Botánico con un 83%. La más seca, se localiza en zonas del sur - occidente en sectores de Doña Juana con 73% y el norte de Bogotá en Guaymaral con un 74%.

La distribución espacial del brillo solar en la ciudad de Bogotá, por encontrarse localizada en la Sabana de Bogotá, la cual es considerada un homoclima, no es uniforme y por el contrario existen zonas en sentido longitudinal bien diferenciadas. Además, con referencia a su condición temporal, tiene un comportamiento bimodal no acentuado, siguiendo estrechamente el mismo modelo de la precipitación inversamente proporcional con los períodos lluviosos.

Debido a que existe una buena correlación entre la radiación solar global y el brillo solar, y basados en la fórmula de Ångström para aplicación, y teniendo en cuenta que la red heliométrica es más densa que la actinográfica, para fines prácticos las series de brillo solar, pueden servir para interpolar o extender series de radiación solar global en diferentes sectores del área de estudio.

En lo referente a la evaporación, esta variable presenta en la mayor parte del área de la ciudad, valores más altos para los meses de enero, febrero y marzo, guardando una relación estrecha y directa con la incidencia de las variables de brillo solar, radiación y temperatura las cuales presentan en estos meses altos registros de ocurrencia. Los meses de menor evaporación lo constituyen abril, mayo, octubre y noviembre, en consideración a la disminución de horas sol y al aumento de lluvias para estos meses considerados de invierno.

El cubrimiento total de la nubosidad presenta los meses de enero y febrero como los característicos con cielos más despejados en el año, presentando un 67% de cielos entre despejados a parcialmente cubiertos. En tanto, abril, mayo, junio y octubre son meses que alcanzan mayor cubrimiento de nubosidad entre mayormente nublado a nublado con un 54% de cielo cubierto.

En cuanto a la presión atmosférica, se comprueba que el régimen normal de la variación diurna de la presión media, se caracteriza por la existencia de un doble máximo y un doble mínimo de presión atmosférica media horaria, que se presentan alternadamente con una diferencia aproximada de seis horas.

El área de estudio, comprendida por Bogotá y la cuenca alta del río Tunjuelo, ofrece regímenes pluviométricos variados, estableciendo en la mayor parte de la zona urbana un régimen de carácter bimodal, entre tanto, en el sector sureste de la ciudad y la cuenca alta del río Tunjuelo se caracteriza por régimen monomodal; y un tercer sistema de transición, aparece en el sector medio de la cuenca y en los sectores del centro y sur de los cerros orientales que delimitan la ciudad.

Debido a la situación geográfica en la zona tropical, el área de estudio está influenciada por el paso de la Zona de Confluencia Intertropical "ZCIT", la cual da lugar a dos períodos lluviosos y a dos relativamente secos; además, existen influencias de otros sistemas, como son: las Ondas Tropicales, los Ciclones Tropicales y las Bajas Presiones, que en una o otra forma, afectan la inestabilidad atmosférica, originando lluvias significativas con ocurrencias de eventos como desbordamientos o emergencias invernales.

El área de estudio es afectada por ocurrencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, principalmente en las temperaturas y la precipitación, originando afectaciones críticas en sus comportamientos con registros por debajo de lo normal en El Niño y aumentos en la fase de La Niña.

Durante el período de 30 años, analizado para el área de Bogotá y la cuenca alta del río Tunjuelo, resultan como años más lluviosos en su orden 1999, 2004 y 1979, seguidos de 1971, 1988, 1994 y 1998. Sin embargo, a nivel histórico, los años de 1934 y 1954, han sido uno de los años más altos en lluvias en la capital. Con relación a eventos atípicos de períodos bajos de lluvia o secos, están los años de 1973, 1974, 1992 y 2001, como los más significativos.

En general, los vientos en Bogotá están condicionados por aspectos generales o sinópticos, los cuales influyen el flujo en las direcciones noreste y sureste; igualmente, también influyen por situaciones de carácter local, los cuales originan comportamientos de direcciones variables. Durante la mayor parte del año, se comportan con mayor incidencia del Este, oscilando entre las direcciones Norte y Este, alcanzando un 42% de la persistencia; las calmas representan el 22%, y un 36%, se desarrolla en otras direcciones. Los meses con mayores registros de velocidad de viento son julio y agosto, alcanzando valores por encima de 5.5 m/s; sin embargo, en Bogotá se presentan flujos de la dirección sureste entre mayo a agosto, que pueden estar con intensidades de hasta de 13.9 m/s a 17.1 m/s.

Con referencia al conocimiento del nivel cerámico en Bogotá, se identifica y da a conocer la distribución anual, mensual y horaria de la ocurrencia de presentación de la actividad eléctrica atmosférica, presentando a marzo, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre con mayor índice de ocurrencias de eventos tormentosos en el área. Igualmente se establece, que las horas con mayor ocurrencia se presentan entre la 1 y 6 de la tarde, con un pico máximo entre 3 y 4 de la tarde.

La ocurrencia del fenómeno de nieblas, se presenta principalmente en diciembre, enero y febrero caracterizados como meses más propicios a la formación de nieblas por radiación y su afectación se advierte en áreas circunvecinas de carácter rural y en la ciudad en sectores del occidente y norte del área urbana. Se presenta la distribución mensual y horaria del fenómeno de neblina y nieblas, representada en la estación del aeropuerto El dorado de Bogotá.

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite, se estableció un análisis para el área de Bogotá y la cuenca alta del río Tunjuelo, diferenciando varios tipos de clima a saber: Semiseco, Semihúmedo, Ligeramente Húmedo, Moderadamente Húmedo, Húmedo, Muy Húmedo y Super Húmedo.

## RECOMENDACIONES

Es de vital importancia que las entidades que controlan la parte ambiental, desarrollen programas dirigidos a la recuperación y conservación de zonas verdes, a fin de evitar el deterioro natural y el impacto sobre las variaciones de los elementos del clima.

Por lo anterior, sería muy aconsejable respetar las cotas superiores a 2800 msnm, en el sentido de no permitir el desarrollo de construcciones y obras que alteren el ecosistema de los cerros circundantes y áreas de entorno de la ciudad y la cuenca alta del río Tunjuelo, evitando así el deterioro ambiental y futuros cambios de orden climático y ambiental.

Realizar programas y proyectos para la comunidad, a fin de impulsar la toma de conciencia ecológica y ambiental, en procura de mantener y conservar los recursos naturales y el paisaje en la ciudad de Bogotá y la cuenca del río Tunjuelo.

Continuar con los programas de radiosonda atmosférica del IDEAM, con el objeto de permitir y garantizar una continuidad de la información de la alta atmósfera a nivel diario, la cual es parte fundamental en los índices para el pronóstico del tiempo en la ciudad de Bogotá y área circunvecinas.

Es necesario que la entidad competente adelante estudios con fines de establecer las relaciones presión-altitud en la atmósfera libre, con la información de radiosondas en Bogotá, esto ayudaría a definir modelos para los diferentes niveles atmosféricos y de superficie, con miras al ajuste local del pronóstico del tiempo. Igualmente establecer un control adecuado del instrumental de medición y registro de presión y su operación, a fin de garantizar una confiable información para la aplicación de estudios de la variable.

Continuar con la evaluación y control de información, por parte de la entidad competente, sobre fenómenos adversos como nieblas y tormentas eléctricas, en Bogotá y áreas circundantes, a fin de consolidar y mejorar el conocimiento y distribución de fenómenos tormentosos y de nieblas en los diferentes sectores del área.

Realizar acuerdos con las entidades prestadoras de servicios de información meteorológica y climatológica, con el objeto de compartir estos registros; principalmente, cuando se trata de estudios que van a permitir el beneficio mutuo y mejorar el conocimiento de temas y situaciones dirigidas al desarrollo integral de la ciudad de Bogotá, Distrito Capital.

Realizar un estudio detallado sobre la variabilidad interanual de la precipitación en el área de Bogotá y la cuenca alta del río Tunjuelo, caracterizando los efectos que tienen los eventos El Niño y La Niña en la zona, ya que este tema no estaba incluido en el alcance del presente estudio. De igual forma, es conveniente evaluar los temas del cambio climático y variabilidad climática para Bogotá y su entorno.

Es conveniente que las diferentes entidades que tienen a su cargo redes meteorológicas, en el área de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo, realicen una evaluación regular de sus redes y determinen la posibilidad de hacer ajustes y rediseños de las mismas, teniendo en cuenta sus propios intereses y los resultados del presente estudio. Se resalta que en el presente estudio se identificaron áreas que presentan vacíos de información, es decir sin estaciones meteorológicas, lo cual repercute negativamente para análisis más complejos sobre el comportamiento de las diferentes variables monitoreadas, que se pudieran llegar a necesitar.

Es necesario aunar esfuerzos entre dichas entidades, a fin que se comparta las distintas experiencias sobre el montaje y la operación del instrumental, criterios para la observación, cálculo, verificación, control y disponibilidad de la información en forma consolidada y confiable de las diferentes variables meteorológicas; todo esto para enriquecer la parte técnica, operativa, buscando siempre optimizar los recursos.

Unir esfuerzos entre las diferentes instituciones, con la finalidad de establecer normas, procedimientos, garantías de operatividad de la red de estaciones, programas y eventos técnico-científicos; igualmente promover la óptima inversión y control en adquisición de equipos y nuevas tecnologías, conducentes a la obtención de información meteorológica garantizada para la conformación de banco de datos confiables en todas las variables meteorológicas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional- Instituto Geográfico Agustín CODAZZI- Bogotá- 1960.
2. Archivos de Información Hidrológica –EAAB.
3. Archivos de Información Climatológica y Meteorológica de CAR.
4. Archivos de Información Pluviométrica de DEPAE.
5. Archivos de Información de Vientos del DAMA.
6. Archivos de Información Climatológica y Meteorológica de IDEAM.
7. Archivos de información de imágenes satelitales- NASA –NOAA.
8. ATLAS CLIMATOLÓGICO DE COLOMBIA –IDEAM- Bogotá, 2005.
9. BERNAL GARCIA, GERMAN – HIMAT. Bogotá Enero de 1969. Geometría Solar y Trayectorias del Sol en Colombia.
10. BERNAL G. GERMÁN ET. Al 1990. Universidad Nacional de Colombia – Bogotá Avances en el Conocimiento de las Descargas Eléctricas Atmosféricas en Colombia para Aplicaciones en Ingeniería.
11. Capella de Steffens, Isla de Calor. Santiago de Chile, 1997.
12. CREPAD, FOPAE, DGPAD, DEFENSA CIVIL, Consolidados sobre eventos de desbordamientos e inundaciones.
13. Departamento Administrativo de Catastro Distrital. Publicación junio/96 Bogotá. Mapa Digital.
14. DIAZ, JOSE R. - SILVIO STANESCU. Nov./ 71 – HIMAT. Estudio preliminar de la temperatura del aire. Guía de prácticas Hidrometeorológicas WMO N° 168 T. P 82.
15. El Medio Ambiente en Colombia. IDEAM, JULIO 1998. Bogotá.
16. ESLAVA JESUS A. Régimen de la Presión Atmosférica en Colombia. R. Academia Colombiana de Ciencias Físicas y Exactas, Bogotá, 1995.
17. FOPAE-SIRE Sistemas de Información para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias de Bogotá.
18. GANDIN L. S. NOTA TECNICA N° 111. ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, OMM The Planning of Meteorological Station Networks WMO N° 265 T. P 149.
19. HENRIQUEZ DAZA MAX Base de Datos Histórica de Desastres de Colombia.
20. HERMELIN MICHEL. Universidad EAFIT julio 2005, Medellín. Desastres de origen natural en Colombia 1979-2004.
21. IDEAM-FOPAE. “Proyecto red de alertas hidrometeorológicas para inundaciones y fenómenos de remoción en masa en el sur oriente de Santa Fe de Bogotá, Diseño de la Red de Alertas. Convenio especial de cooperación N° 017/1998CO. Febrero 2000.
22. INGETEC S.A. Zonificación de riesgos por inundación en las localidades de Tunjuelito y Ciudad Bolívar”. Santa Fe de Bogotá, Feb.1999.
23. LEON A. GLORIA, Variabilidad y Tendencia de la Temperatura del Aire en las cuatro principales ciudades de Colombia. Nota Técnica- sep/88. IDEAM-METEO /0009-98.
24. LOWRY W. P. Profesor OMM N° 327 -1973 Ginebra, Suiza. Compendio de Apuntes de Climatología para la Formación de Personal Meteorológico. Clase IV.
25. ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, OMM. “Guide to Hidrometeorological Practices”. WMO-NO 168. TP 82, 1970.

26. ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL “OMM”. Inicial Guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites TIM R. OKE, Canada WMO/TD NO 1250- 2004 University of British Columbia, Vancouver, B.C. Canada.
27. RETALLACK B.J. Compendio de Apuntes para la Formación del Personal Meteorológico de la Clase IV OMM-NO 266, VOL II , Ginebra , Suiza 1973.
28. RUIZ FRANKLIN. Comportamiento Promedio Horario del Viento en Superficie para los Aeropuertos Internacionales del País. IDEAM-METEO/014-98. NOTA TÉCNICA-IDEAM. Nov. 1998. Bogotá.
29. SIMIDCHIEV D. A. Compendio de Apuntes sobre Instrumentos Meteorológicos para la Formación de Personal Meteorológico de las Clases III y IV. Vol. OMM. N° 622.
30. Página Internet. NOAA. [www.ncdc.noaa.gov](http://www.ncdc.noaa.gov).
31. Página Internet. La nueva cara del río Tunjuelo. [www.ríotunjuelo.gov.co](http://www.ríotunjuelo.gov.co)

## GLOSARIO

**Absorción:** Transformación en la atmósfera de la energía radiante en energía calorífica, mecánica, eléctrica, etc., por interacción de aquella con los constituyentes atmosféricos.

**Advección:** Transporte de las propiedades de una masa de aire producido por el campo de velocidades de la atmósfera. Por lo general, este término es referido al transporte horizontal en superficie de propiedades como temperatura, presión y humedad.

**Albedo:** Es la cantidad, expresada en porcentaje, de radiación que incide sobre cualquier superficie y que se pierde o es devuelta. Las superficies claras tienen valores de albedo superior a las oscuras, y las brillantes más que las mates. El albedo medio de la Tierra es del 30-32% de la radiación que proviene del Sol. Es una medida de la tendencia de una superficie a absorber y reemitir una radiación incidente.

**Albedo de la tierra:** Relación entre la radiación (energética o luminosa) reflejada por la Tierra incluida la atmósfera y la radiación solar incidente.

**Alisios:** Vientos persistentes principalmente en la atmósfera inferior, que soplan sobre una vasta región desde los anticiclones subtropicales hacia las regiones ecuatoriales. La dirección predominante de los vientos alisios es del noreste en el hemisferio norte y del sureste en el hemisferio sur.

**Alta presión:** Región de la atmósfera alta donde la presión es relativamente más alta que la de su alrededor para el mismo nivel. En una carta sinóptica está representada por un sistema de isobaras para un nivel específico o de isohipsas, para una presión específica, que encierra valores relativamente altos de presión o nivel.

**Altitud:** Distancia vertical (Z) entre un nivel, un punto, o un objeto considerado como un punto y el nivel medio del mar. Según la OACI cuando el punto fijado se encuentra en la superficie de la Tierra, debe emplearse el término "elevación" en vez de altitud.

**Altura:** Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como un punto y un nivel de referencia. Dimensión vertical de un objeto.

**Análisis:** Estudio del estado actual de la atmósfera destinado a la elaboración de predicciones meteorológicas.

**Análisis del tiempo:** Operación del estudio del estado general de la atmósfera sobre una región, con la ayuda de conceptos, tales como masas de aire, frentes, sistemas béricos, etc., realizados a partir de cartas sinópticas.

**Anticiclón:** Región de la atmósfera donde la presión es relativamente más alta que en sus alrededores en el mismo nivel o altura, cuyos vientos giran en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en sentido contrario en el hemisferio sur. En una carta sinóptica está representado por un sistema de isobaras para un nivel específico o de isohipsas para una presión específica que encierra valores relativamente altos de nivel o presión.

**Antrópica:** Influencia de las actividades humanas en el medio ambiente.

**Atmósfera:** Envoltura gaseosa que rodea la tierra. Es una mezcla física o mecánica de gases, en los que predominan el nitrógeno (78%) y el oxígeno (21%).

**Baja presión:** Región de la atmósfera baja donde la presión es relativamente más baja que la de su alrededor para el mismo nivel. En una carta sinóptica está representada por un sistema de isobaras para un nivel específico o de isohipsas, para una presión específica, que encierra valores relativamente bajos de presión o nivel.

**Banco de niebla:** Niebla generalmente formada por condiciones locales, que se extiende sobre una pequeña área de algunas centenas de metros de ancho.

**Banco de nubes:** Nubes o sistema continuo o casi continuo de nubes de un género determinado sensiblemente al mismo nivel, que, sin embargo, cubre generalmente solo una pequeña fracción del cielo. Las nubes tienen grandes dimensiones horizontales.

**Calmas:** Viento con una velocidad mayor o igual a cero o menor de dos nudos (fuerza 0 en escala Beaufort).

**Calmas ecuatoriales:** Zona de calma -o vientos débiles y variables- encontrada en ciertas regiones entre los alisios de los dos hemisferios.

**Ceraúnico:** Relativo a la medición y caracterización de las tormentas eléctricas en una zona de la superficie del globo.

**Cielo:** Término de uso normal para describir el estado de la atmósfera en función de la cantidad, género, altura, etc., de las nubes presentes.

**Cielo cubierto:** Cielo con una "nubosidad total" igual a 8 octas.

**Cielo despejado:** Cielo con una "nubosidad total" inferior a una octa.

**Cielo muy nuboso:** Cielo con una "nubosidad total" igual a 6 ó 7 octas.

**Circulación anticiclónica:** Circulación atmosférica sistemática asociada con un anticiclón. (Ver: Rotación anticiclónica).

**Circulación atmosférica:** Movimiento atmosférico que se extiende sobre una parte o sobre toda la tierra.

**Circulación ciclónica:** Circulación atmosférica sistemática asociada con una depresión (ver: Rotación Ciclónica).

**Clasificación climática:** División de los climas de la tierra dentro de un sistema mundial de regiones contiguas, cada una de las cuales es definida por la relativa homogeneidad de los elementos climáticos. Como ejemplo, las clasificaciones de los climas de Koppen y Thornthwaite.

**Clima:** Conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del tiempo de una área determinada.

**Climatología:** Ciencia que estudia los climas (causa, variaciones, distribuciones, tipos, etc.).

**Climatología dinámica:** Comparación y estudio estadístico de elementos observados (o de parámetros derivados) de la atmósfera, particularmente con relación a la explicación o a la interpretación física y dinámica, ya sea de los sistemas de climas contemporáneos con sus fluctuaciones anómalas, o de los cambios o tendencias a largo plazo.

**Climatología sinóptica:** Estudio de los climas basado en los procesos de la circulación general de la atmósfera (Procesos sinópticos).

**Confluencia:** Estrechamiento progresivo de las líneas de corriente en la dirección del flujo.

**Contraliso:** Corriente de aire de componente oeste que sopla a veces en altitud por encima de los alisios, en diferentes regiones subtropicales de cada hemisferio.

**Convección:** Movimientos internos organizados en una capa de aire, que dan lugar a transporte vertical de calor, de cantidad de movimiento, etc.

**Convectivas:** Movimientos internos organizados en una capa de aire, que dan lugar a transporte vertical de calor, de cantidad de movimiento, etc.

**Convergencia:** Contracción de un campo vectorial. Divergencia de signo negativo.

**Cretáceo:** Un período geológico que se extiende en el intervalo entre 135 y 65 millones de años.

**Criósfera:** La criósfera consiste de las regiones cubiertas por nieve o hielo, sean tierra o mar.

**Cuaternario:** El último período geológico, iniciado hace 1.7 millones de años.

**Cumulonimbus:** Nube densa y potente de gran extensión vertical, en forma de montaña o de torres inmensas. Al menos una parte de su región superior es generalmente lisa, fibrosa o estriada y casi siempre aplastada; esta parte de la nube muchas veces se extiende en forma de yunque o de inmenso penacho. Bajo la base de esta nube, que a menudo es muy oscura, hay frecuentemente nubes bajas, refundidas o no con ella y precipitaciones algunas veces en forma de virga.

**Cumulus:** Nubes separadas, generalmente densas y con contornos bien definidos, que se desarrollan verticalmente en forma de protuberancias, torres o cúpulas, cuya parte superior burbujeante a menudo se asemeja a una coliflor. Las partes de esta nube iluminadas por el sol, son casi todas de un color blanco brillante, su base es relativamente oscura y casi siempre horizontal. En ocasiones los cúmulos se presentan desgarrados.

**Depresión tropical:** Expresión general para toda depresión de origen tropical. Ciclón tropical con vientos máximos entre 34 y 64 nudos.

**Día de precipitación:** Día en el que se observa la precipitación. La cantidad mínima del agua recogida considerada como necesaria para constituir un día de precipitación, varía de país a país pero generalmente es de 0.1 milímetros.

**Dirección del viento:** Dirección de donde sopla el viento.

**Divisoria de aguas:** Una divisoria de aguas es cualquier tierra que desagua en un río, en el lago, en la corriente, o en otra masa de agua. Una línea divisoria de las aguas incluye la masa de agua y su tierra circundante.

**Duración de la insolación:** Máxima radiación solar posible: Intervalo de tiempo entre la salida y puesta del limbo superior del sol, (orto y ocaso).

**Eje de vaguada:** Línea imaginaria en una vaguada, a lo largo de la cual la curvatura ciclónica de las isobaras o de las isohipsas, es máxima.

**Elevación:** Distancia vertical entre un punto o nivel sobre la superficie de la tierra o un fijo a esta superficie, y el nivel medio del mar.

**Época húmeda:** Se utiliza en el trópico para denominar los meses más lluviosos del año.

**Estabilidad:** Propiedad del estado de reposo o de movimiento permanente de un sistema, tal que cualquier perturbación introducida en este estado se atenúa. En meteorología el término es usualmente empleado como sinónimo de estabilidad estática y de estabilidad hidrostática.

**Estación climatológica:** Estación de la que se obtienen datos climatológicos. Estos deben incluir elementos tales como tiempo, viento, nubosidad, temperatura, humedad, presión atmosférica, precipitación e insolación.

**Estado del tiempo:** Término usado para señalar la situación meteorológica que influye sobre un territorio dado.

**Evaporación:** Cantidad de agua evaporada.

**Evapotranspiración:** Es la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm. por unidad de tiempo.

**Falla:** Una superficie que separa cuerpos rocosos, a lo largo de la cual han ocurrido movimientos de origen tectónico.

**Gradiente:** Se denomina gradiente a la variación de intensidad de un fenómeno por unidad de distancia entre un lugar y un centro (o un eje) dado.

**Gradiente vertical de temperatura:** Valor de disminución de la temperatura con el aumento vertical de la altura: generalmente se considera una tasa promedio sobre una distancia, por ejemplo de 100 metros.

**Hidrometeoro:** Meteoro que consiste de un conjunto de partículas de agua, líquida o sólida, en caída o en suspensión en la atmósfera, levantadas de la superficie de la tierra por el viento o depositadas sobre los objetos del suelo o en la atmósfera libre.

**Holoceno:** Parte más reciente del Cuaternario que se inicia hace unos 10.000 años.

**Humedad del aire:** Vapor de agua contenido en el aire.

**Inestabilidad:** Propiedad del estado de reposo o de movimiento continuo de un sistema tal que cualquier perturbación introducida dentro de este estado se amplifica. En meteorología, este término es a menudo utilizado como sinónimo de inestabilidad estática.

**Insolación:** Tiempo que durante el día luce el sol sin nubes.

**Isobara:** Línea que une puntos de igual presión sobre una superficie determinada (superficie de nivel, corte vertical, etc.).

**Isoceráunica:** Línea de área de puntos a lo largo de la cual las tormentas eléctricas tienen la misma frecuencia de ocurrencia.

**Isohelias:** Líneas que unen los puntos de la superficie terrestre que tienen las mismas horas de sol.

**isoterma:** Línea que une puntos que tienen la misma temperatura del aire.

**Isoyeta:** Línea que une puntos sobre un mapa que tienen la misma cantidad de precipitación para un período específico.

**Lacustres:** Que tiene como hábitat los lagos y las lagunas.

**Macroclima:** Clima de una gran región geográfica, un continente o incluso de todo el planeta.

**Mesoclima:** Clima de una región natural de pequeña extensión (valle, bosque, etc.); escala intermedia entre microclima y macroclima.

**Meteorología:** Ciencia que estudia la atmósfera.

**Microclima:** Estructura climática de la capa atmosférica adyacente a una superficie en particular.

**Milibar:** Unidad de presión, siendo una milésima de un BAR, y es igual a la fuerza de 1.000 dinas por centímetro cuadrado. Los valores de la presión de la atmósfera actualmente son expresados en hectopascales (hPa) y 1.013 hPa es la presión atmosférica tipo.

**Neblina:** Suspensión en la atmósfera de gotitas microscópicas de agua o de partículas higroscópicas que reducen la visibilidad horizontal en la superficie del globo; en un rango entre mil a tres mil metros.

**Niebla:** Suspensión en la atmósfera de gotitas diminutas de agua. La niebla generalmente reduce la visibilidad horizontal en la superficie del globo a menos de un kilómetro.

**Niebla de radiación:** Niebla causada por el enfriamiento nocturno de la superficie de la tierra, y por esta razón, enfriamiento del aire próximo a la superficie, a un grado suficiente para causar la condensación del vapor de agua contenida en el aire.

**NOAA:** National Oceanographic and Atmospheric Administration. Es la dependencia gubernamental estadounidense que administra todos los recursos oceanográficos y atmosféricos de ese país.

**Normal Climatológica:** Promedio de datos climatológicos, calculados para los períodos consecutivos de 30 años para cualquier variable.

**Nube:** Conjunto de partículas visibles minúsculas de agua o de hielo, o ambas a la vez, suspendidas en el aire libre. Este conjunto puede igualmente estar compuesto de agua o hielo de mayores dimensiones y partículas sólidas, tales como las que se encuentran en el humo industrial, gases o polvo.

**Octa:** Fracción igual a un octavo de la bóveda celeste, se usa para cifrar la cantidad de nubosidad.

**OMM:** Agencia especializada de la Organización de las Naciones Unidas para coordinar, uniformar y beneficiar las actividades meteorológicas en el mundo y para fomentar el intercambio eficiente de información entre países, en el interés de varias actividades humanas.

**Ondas en los vientos del este:** Perturbaciones ondulatorias en la zona de los vientos alisios.

**Optimum pluvial:** Es la variación de la precipitación con la altitud, generalmente en aumento de lluvia hasta alcanzar un punto máximo y a partir de este decrece nuevamente la precipitación.

**Orografía:** Descripción del relieve montañoso.

**Perturbación atmosférica:** En general, cualquier interrupción de un estado de equilibrio de la atmósfera.

**Pleistoceno:** Período geológico que incluye el cuaternario y el Holoceno.

**Plioceno:** Último período geológico del cenozoico. Inmediatamente antes del pleistoceno.

**Precipitación:** Hidrometeoro constituido de agregado de partículas acuosas, líquidas o sólidas, cristalizadas amorfas, las cuales caen de una nube o grupo de nubes y que alcanzan el terreno.

**Precipitación convectiva:** Precipitación causada por el movimiento convectivo de la atmósfera.

**Precipitación orográfica:** Precipitación causada por el ascenso del aire sobre barreras orográficas.

**Presión atmosférica:** Presión (fuerza por unidad de área) ejercida por la atmósfera sobre una superficie. Numéricamente es el peso de la columna vertical de aire de base igual a la unidad de superficie que se extiende desde la superficie considerada al límite superior de la atmósfera.

**Pronóstico:** Desarrollo futuro de la situación del tiempo, basado sobre un análisis.

**Radiación:** Emisión y transferencia a través del espacio o de un medio material de energía en forma de ondas electromagnéticas. En meteorología y climatología la radiación y la absorción de la radiación del Sol, por la Tierra y la atmósfera son de importancia fundamental.

**Radiación terrestre:** Radiación térmica emitida por la tierra, incluyendo su atmósfera.

**Rosa de los vientos:** Diagrama en forma de estrella, correspondiente a una estación e intervalo de tiempo dados, en que se representan las frecuencias relativas de las diferentes direcciones del viento. A veces también da las frecuencias de las velocidades del viento agrupadas según las diferentes direcciones.

**Rotación anticiclónica:** Rotación que vista desde encima, va en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte y en sentido inverso, en el hemisferio sur.

**Rotación ciclónica:** Rotación que vista desde encima, va en el sentido contrario de las agujas del reloj en el hemisferio norte y en sentido inverso en el hemisferio sur.

**Sinclinal:** Es la parte cóncava de un pliegue de la corteza terrestre debido a las fuerzas de compresión de un movimiento orogénico.

**Sinópticos:** Condiciones atmosféricas existentes a una hora dada sobre una región extensa.

**Sistema nuboso:** Agrupación de nubes distintas y duraderas, generalmente compuesta de varias zonas llamadas sectores nubosos, asociadas de una manera característica y en cada una de las cuales el aspecto general del conjunto del cielo presenta particularidades señaladas.

**Situación sinóptica:** Estado de la atmósfera tal como aparece según la distribución de la presión y de las masas de aire sobre uno o varios mapas sinópticos.

**Tectónica:** La rama de la geología que estudia la arquitectura de la parte superior de la tierra a partir de sus características amplias como las cadenas y los macizos montañosos, las cuencas oceánicas, etc.

**Temperatura del aire:** Temperatura leída en un termómetro expuesto al aire en una garita meteorológica o caseta termométrica, que permite la existencia de una buena ventilación, y evita los efectos de la radiación solar directa sobre el termómetro.

**Tendencia:** Que tiene las condiciones meteorológicas existentes a persistir. Esta situación se refleja en el hecho de que la mayoría de los elementos meteorológicos presentan una correlación positiva entre sus valores sucesivos considerados en el orden cronológico.

**Terciario:** La tercera era geológica. Junto con el pleistoceno es parte del cenozoico y cubre el lapso de 65 a 2 millones de años aproximadamente.

**Tiempo: a)** En sentido meteorológico, indica el estado de la atmósfera en determinado momento, tal como está definido por los valores correspondientes a diversos elementos meteorológicos.

**b)** Estado de la atmósfera definido por los elementos meteorológicos en un momento determinado.

**Tormentas eléctricas:** Perturbación violenta de la atmósfera ligada a los movimientos verticales del aire y acompañada de fenómenos mecánicos (viento y chubascos) y eléctricos (relámpagos y truenos).

**Trayectoria:** Lugar de posiciones sucesivas del centro de un sistema sinóptico determinado, o también la localización punto a punto de un astro.

**Turbulencia:** Superposición al movimiento medio del aire de una agitación compuesta de movimiento de aire desordenado y en un estado de continuo cambio.

**Vaguada:** Región de la atmósfera en la que la presión es baja e inferior a la que existe en las zonas de alrededor situadas al mismo nivel. La vaguada tiene la forma de una U o de una V en sus isobaras. Aunque un frente va siempre ligado a una vaguada, no ocurre siempre lo inverso.

**Viento:** Movimiento del aire con relación a la superficie terrestre.

**Viento catabático:** Vientos causados por el enfriamiento del aire en la superficie de una ladera que luego, impulsado por gravedad, desciende.

**Viento local:** Viento que sopla solamente en una zona limitada y está determinado por condiciones locales.

**Viento variable:** Viento cuya dirección sufre frecuentes cambios.

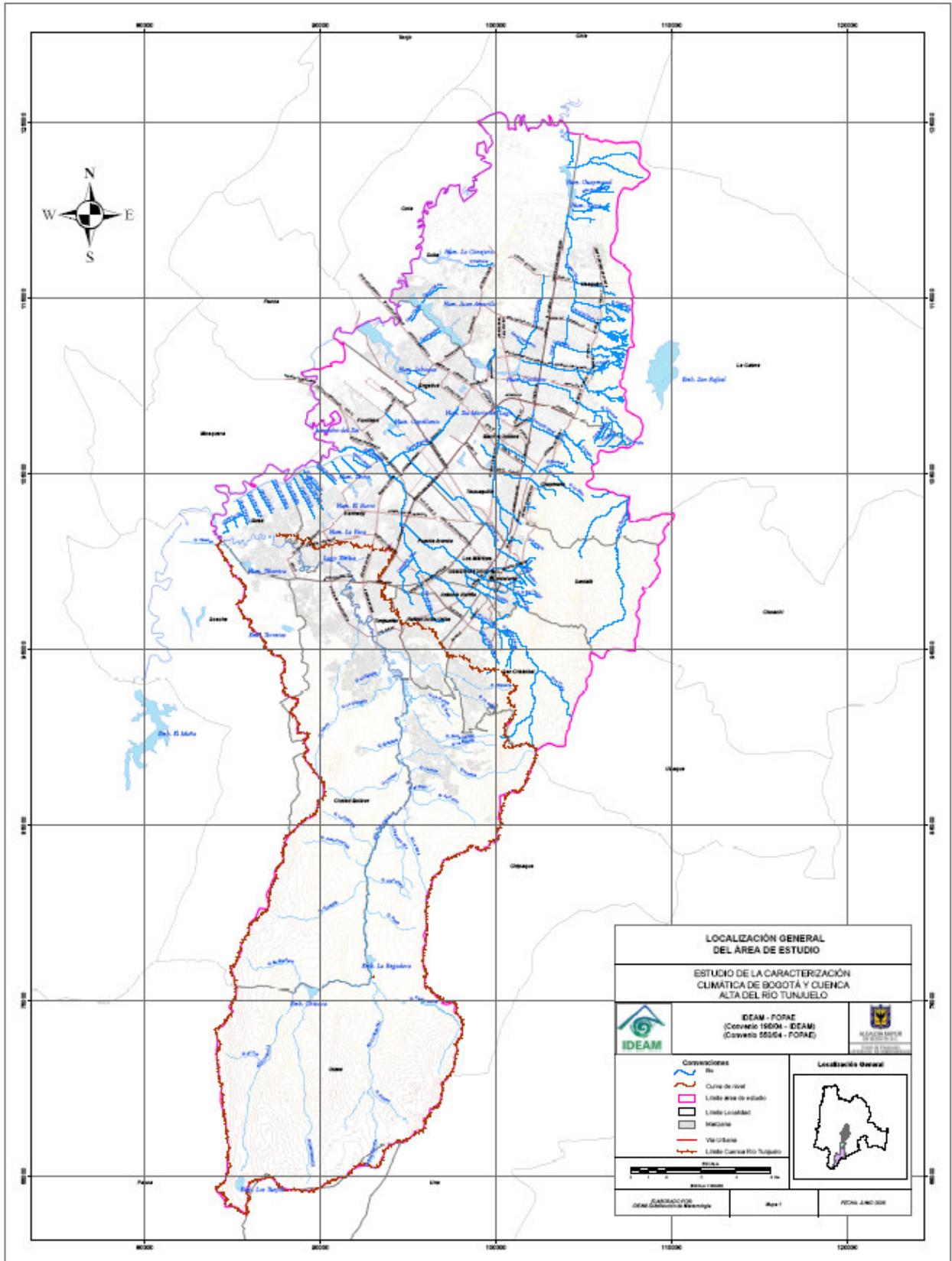
**Vientos alisios:** Vientos planetarios que soplan de los cinturones de alta presión centrados alrededor de las latitudes 30° norte y 30° sur hacia el ecuador. Hay dos cinturones de vientos alisios: los del noreste en el hemisferio norte y los del sureste en el hemisferio sur.

**Zona climática:** Zona definida por la distribución de los elementos climáticos.

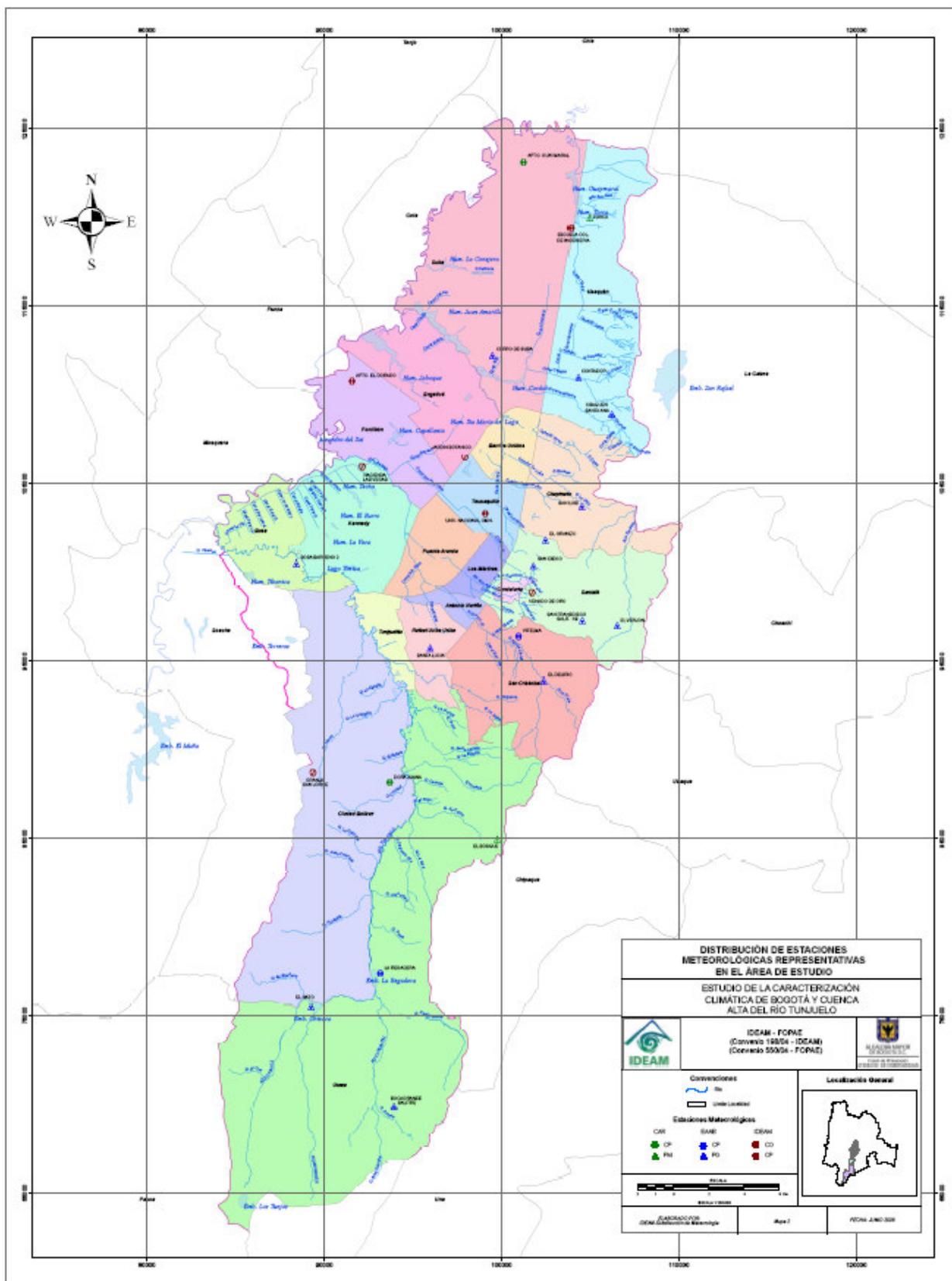
**Zona de convergencia intertropical:** Estrecha zona, situada en bajas latitudes, en la que convergen y se encuentran los vientos alisios de ambos hemisferios; en ella convergen masas de aire originadas en distintos hemisferios.

**Zona tórrida:** Es la zona de la superficie terrestre comprendida entre los trópicos y por eso llamado trópico o zona tropical, es la más grande de las zonas climáticas, abarca cerca de la mitad del área del globo, tiene la menor variación anual de temperatura y la máxima cantidad de radiación solar. Zona de la superficie terrestre comprendida entre el trópico de Cáncer (23° 27 N) y el trópico de Capricornio (23° 27 S).

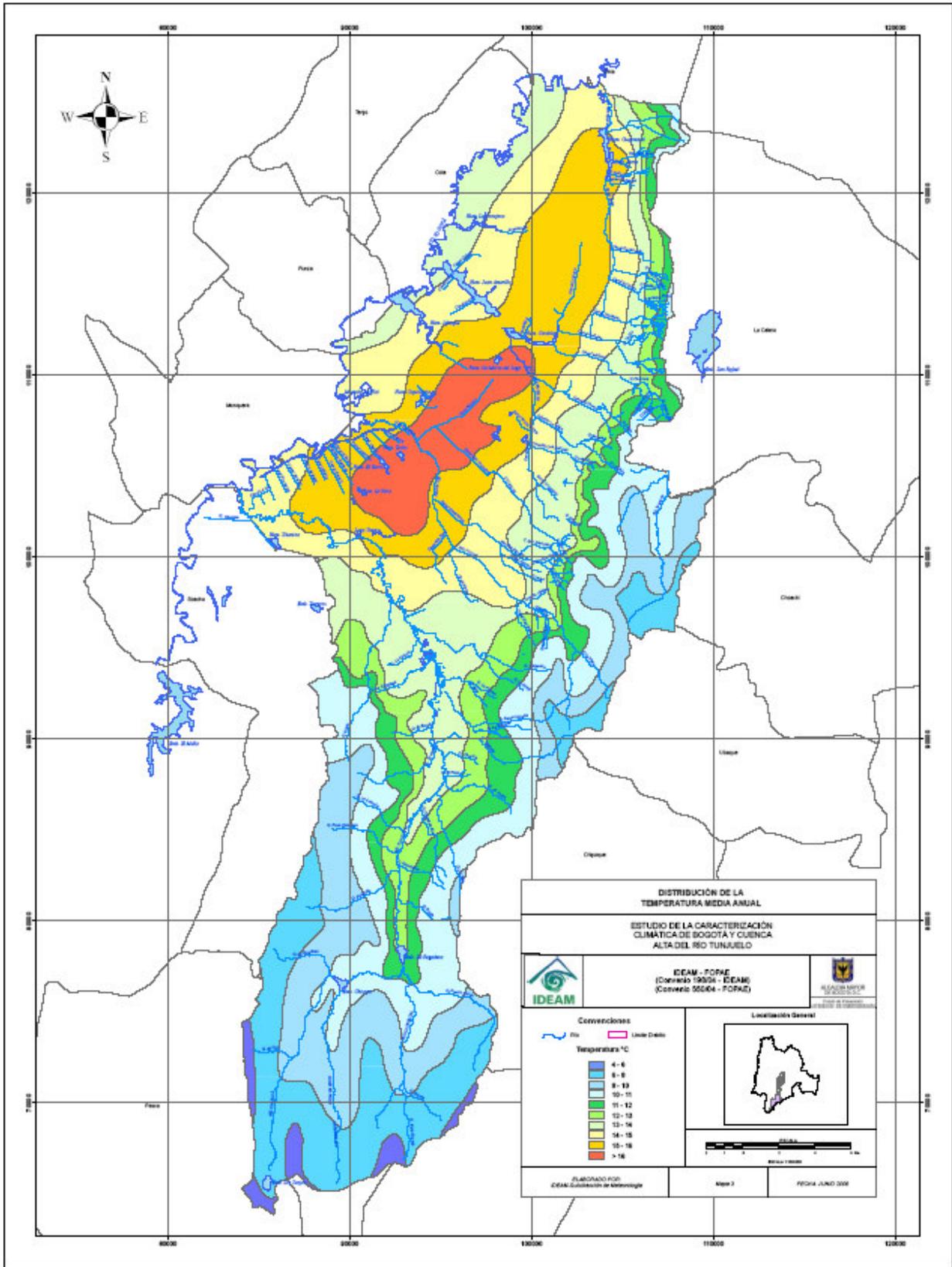
## MAPAS



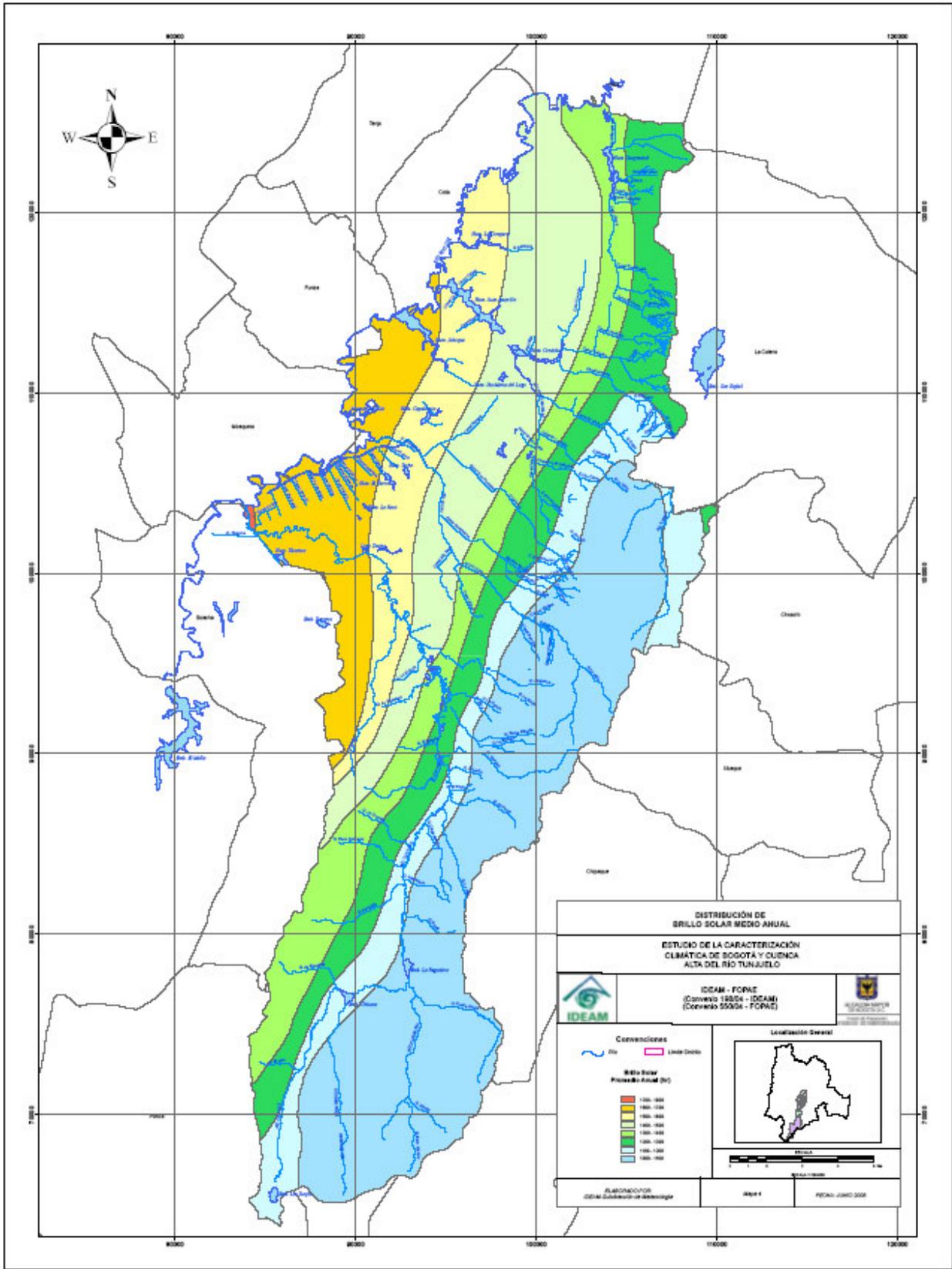
Mapa 1. Localización General del Área de estudio



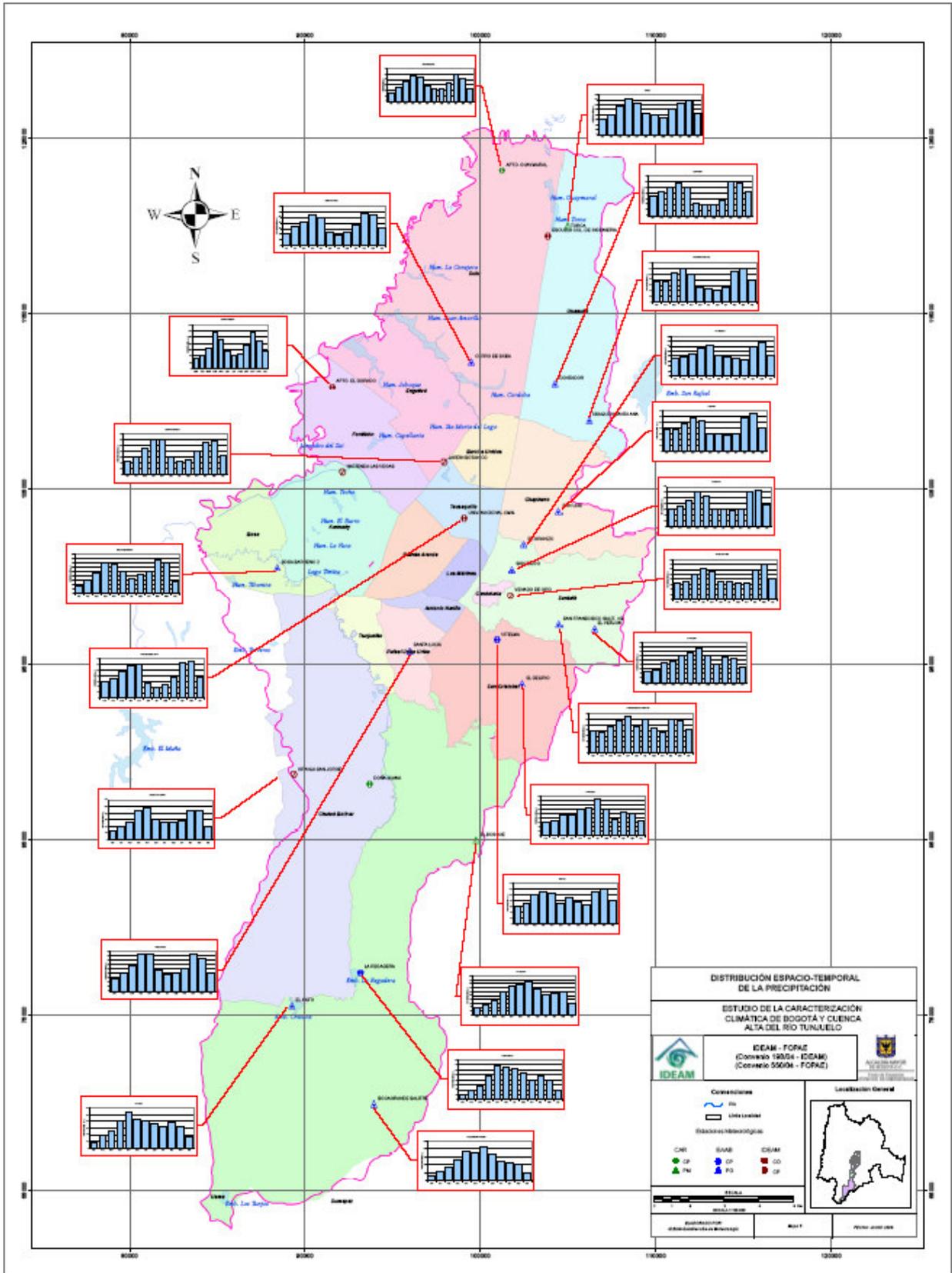
Mapa 2. Distribución de estaciones Meteorológicas representativas en el Área de estudio



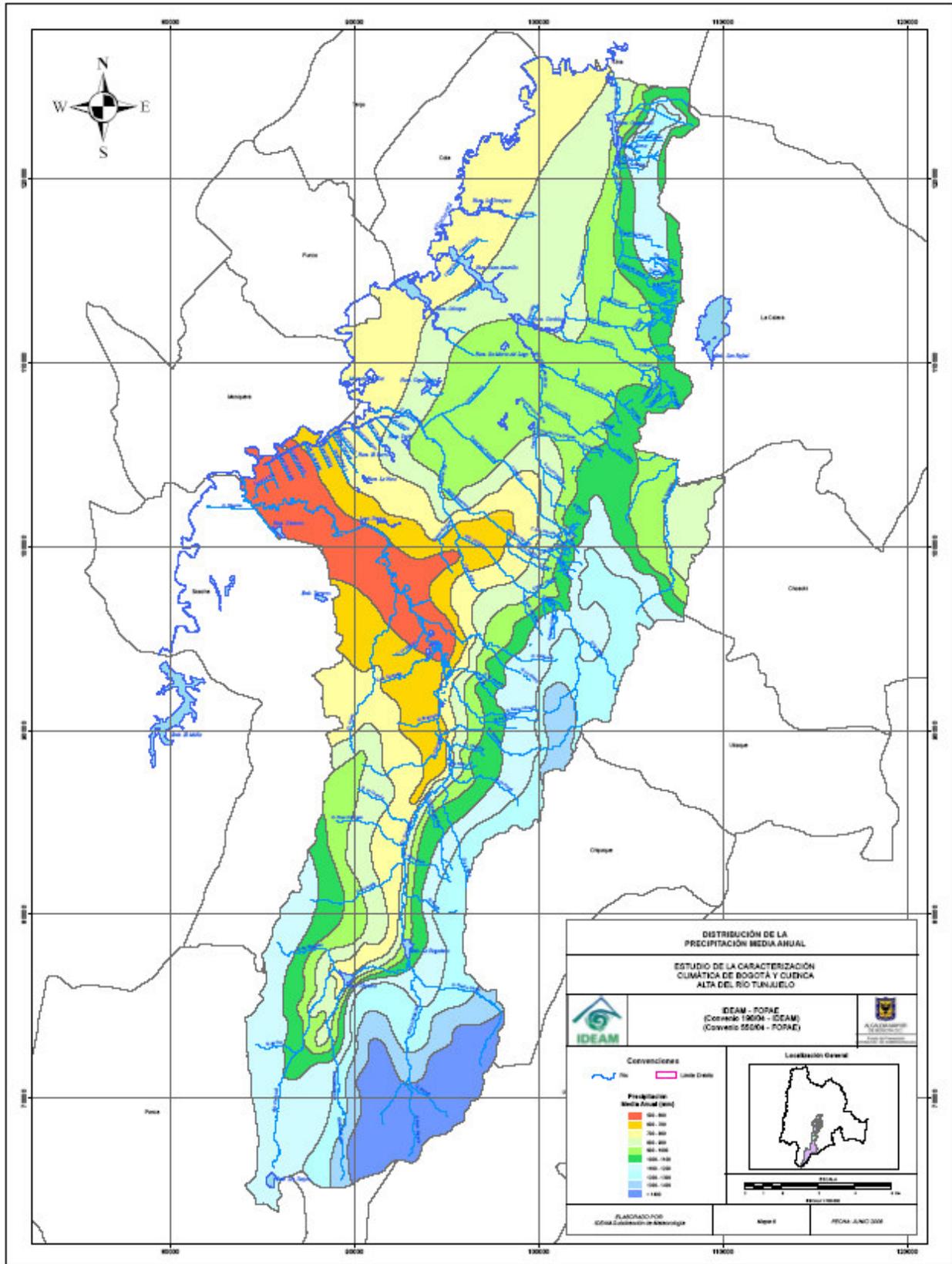
Mapa 3. Distribución de Temperatura Media Mensual



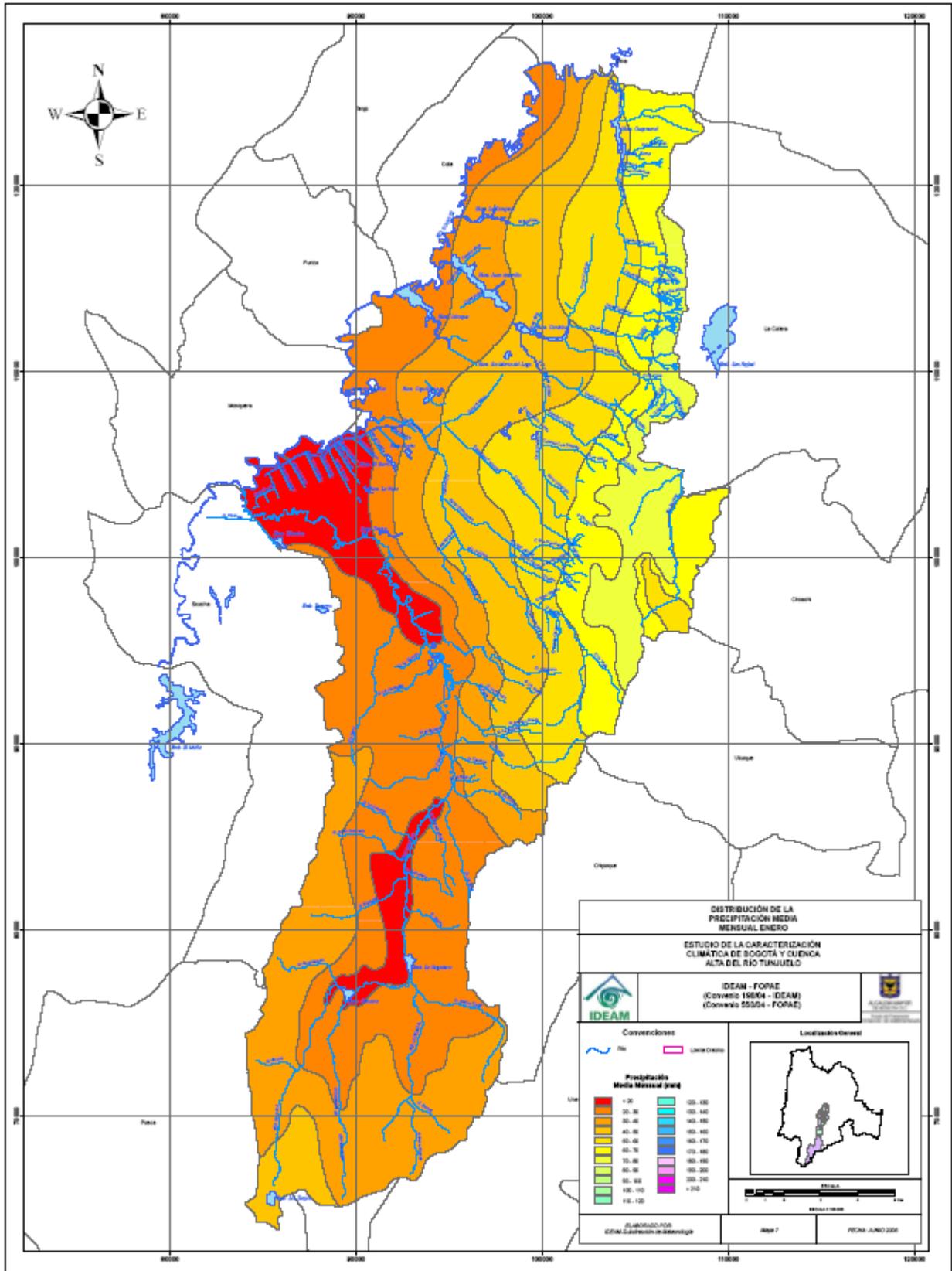
Mapa 4. Distribución del Brillo Solar



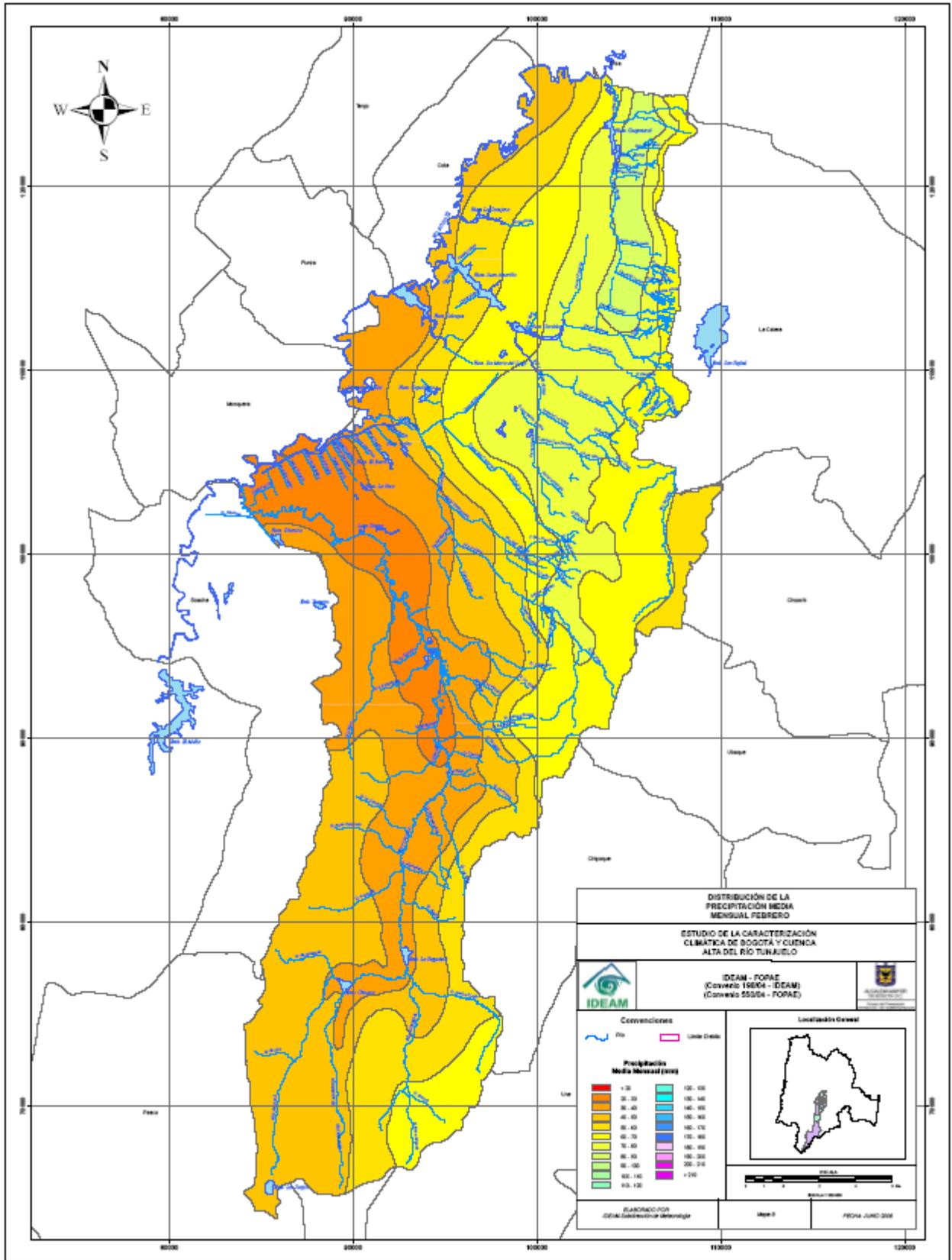
Mapa 5. Distribución Espacio - Temporal de la Precipitación Media Mensual



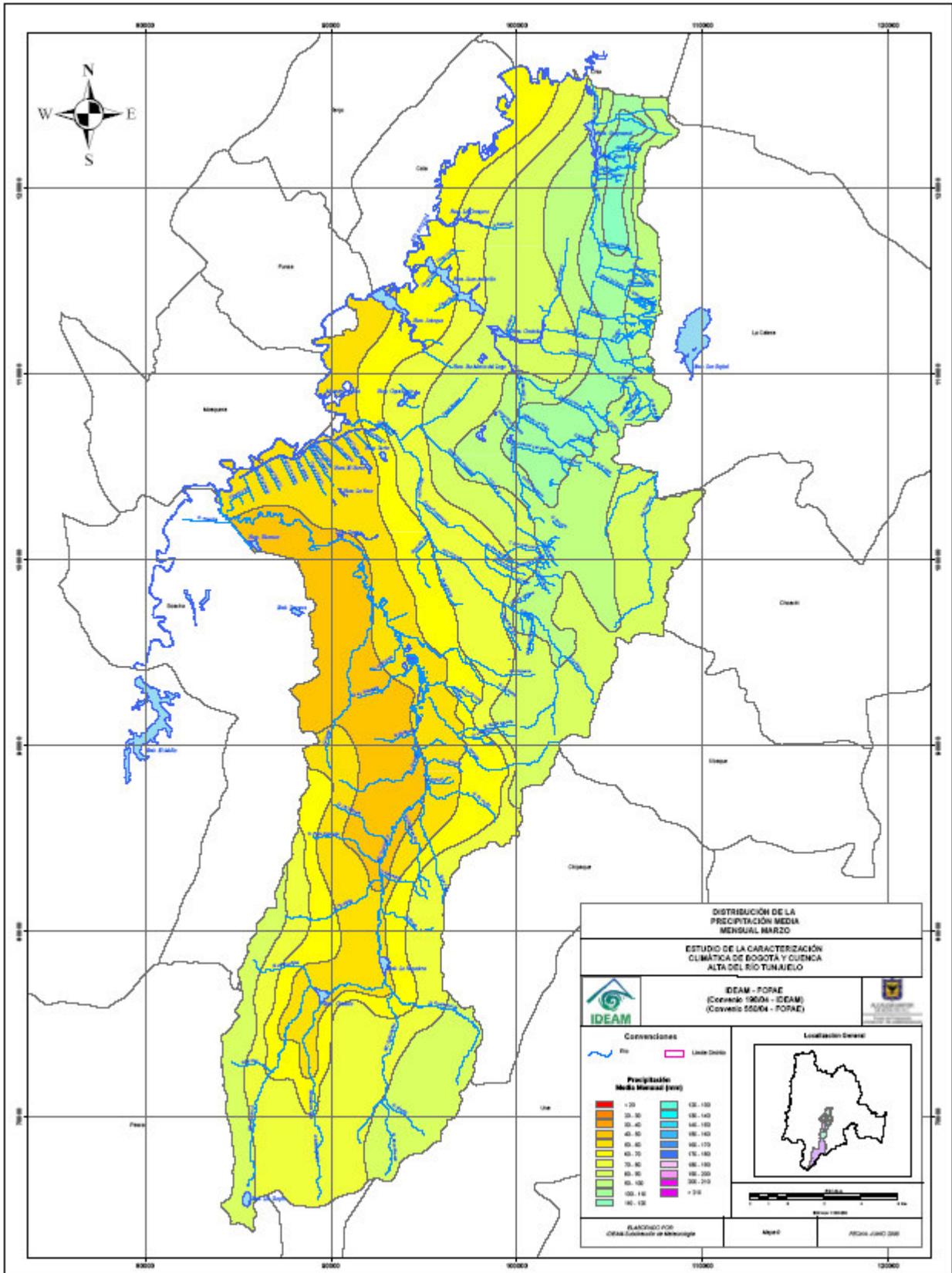
Mapa 6. Distribución de la Precipitación Media Anual



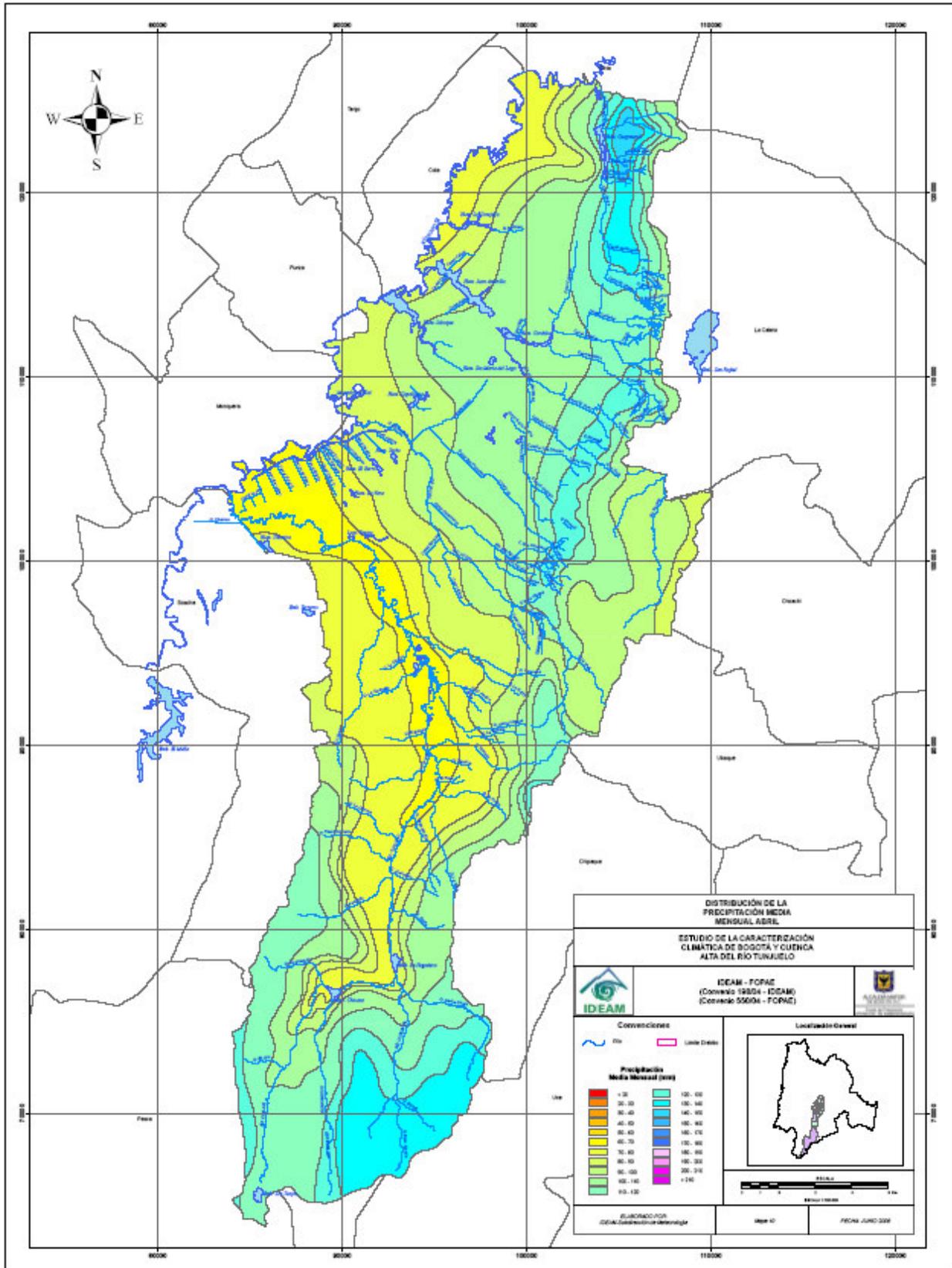
Mapa 7. Distribución de la Precipitación Media Mensual Enero



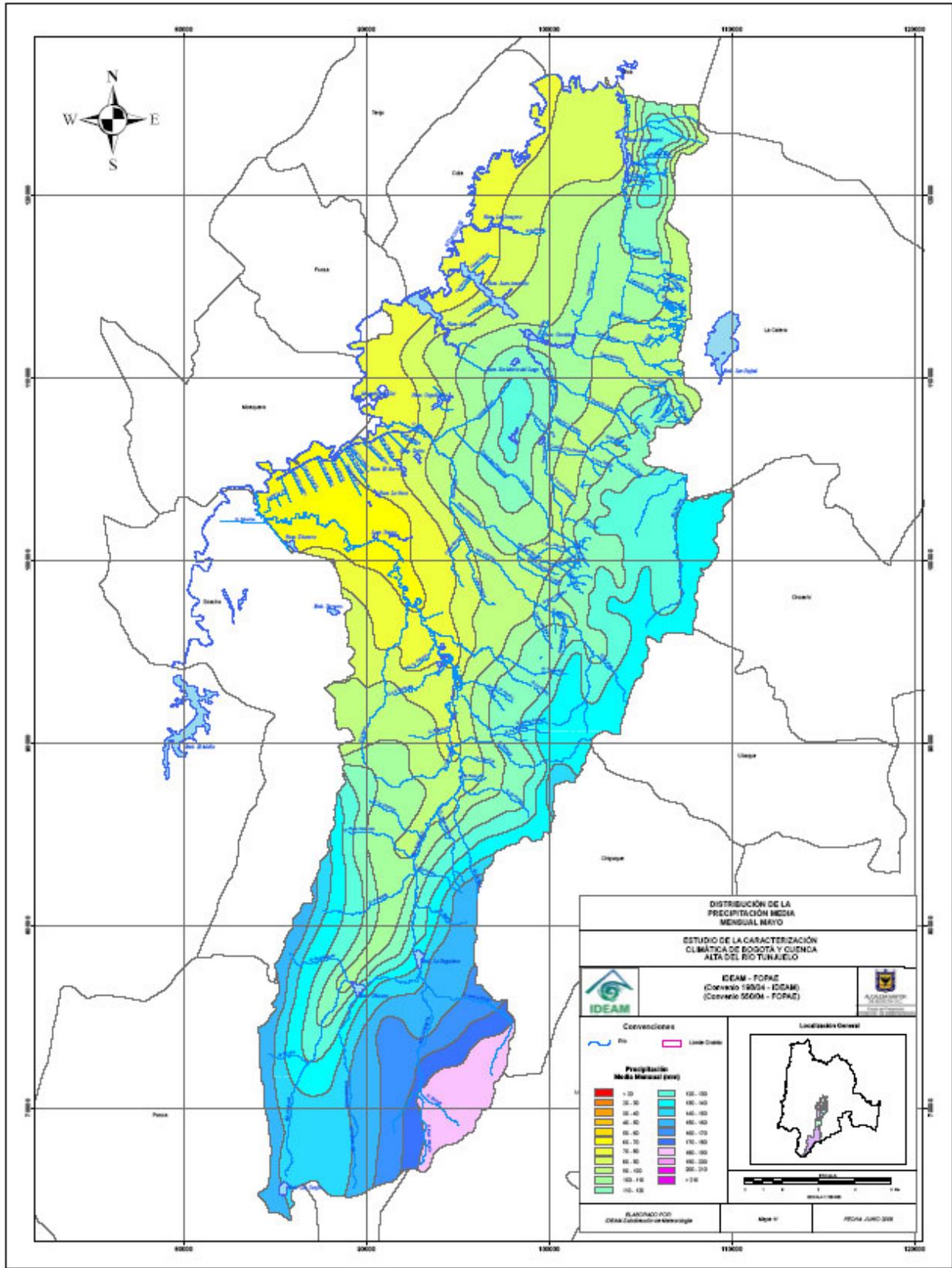
Mapa 8. Distribución de la Precipitación Media Mensual Febrero



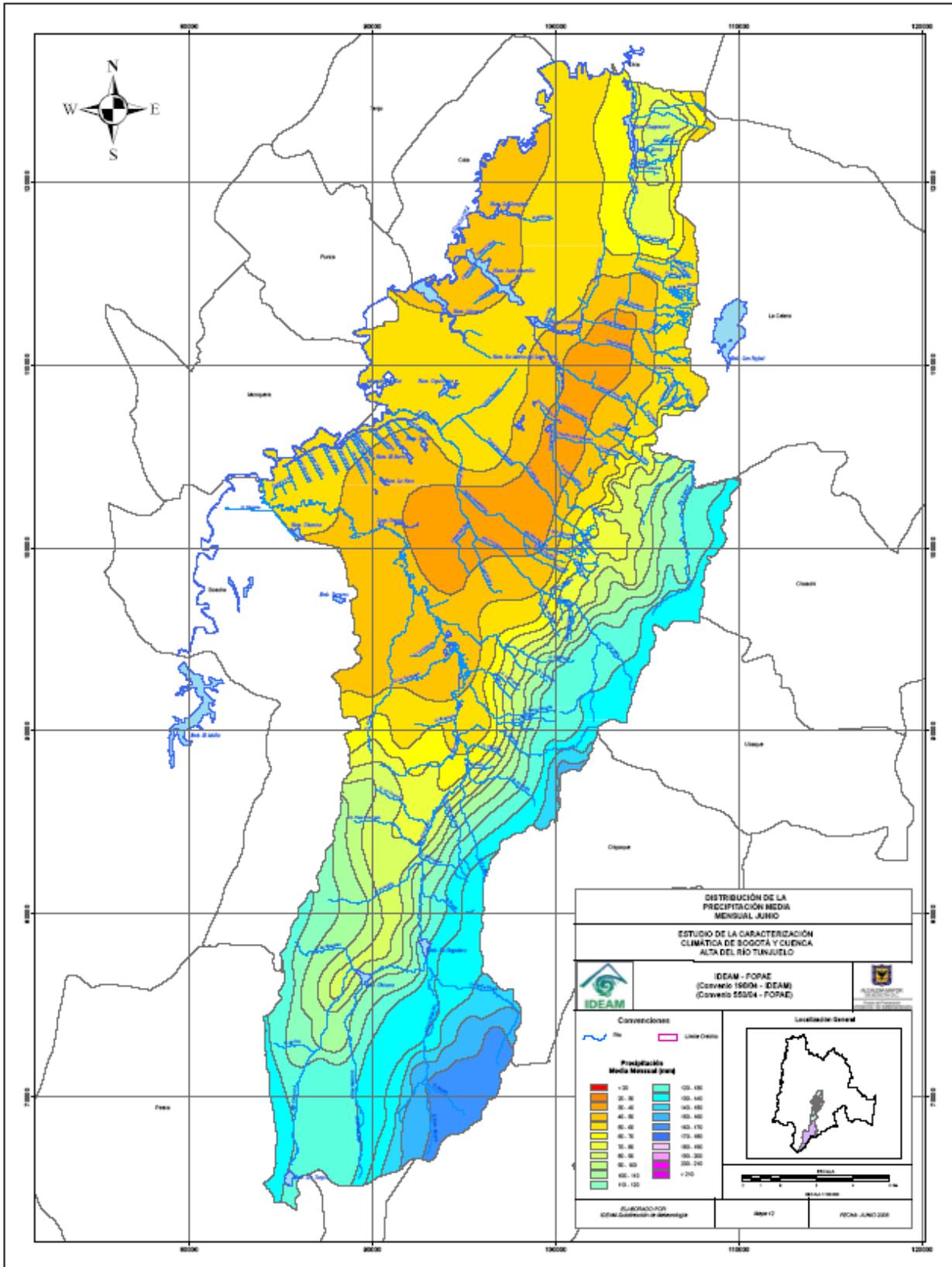
Mapa 9. Distribución de la Precipitación Media Mensual Marzo



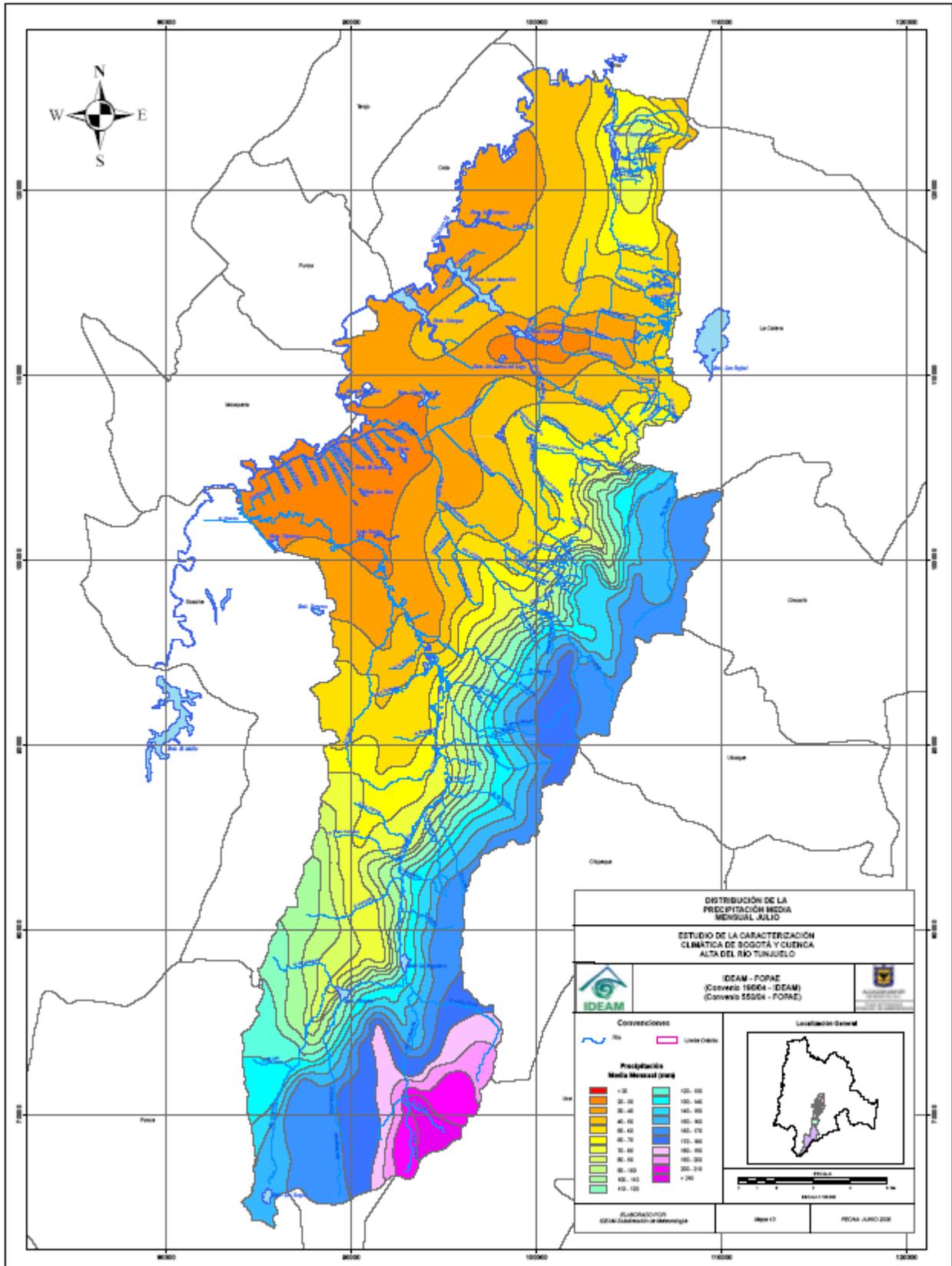
Mapa 10. Distribución de la Precipitación Media Mensual Abril

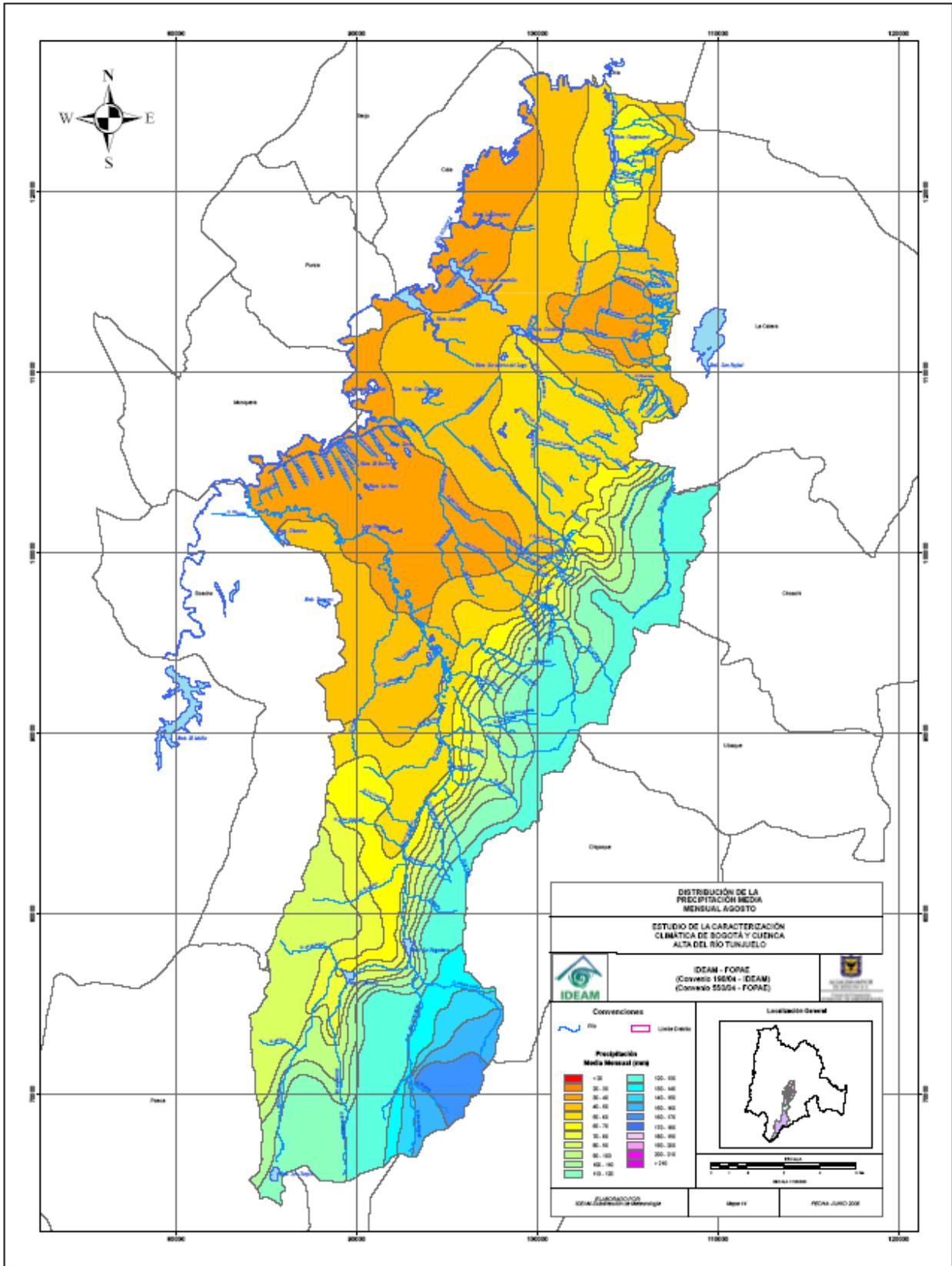


Mapa 11. Distribución de la Precipitación Media Mensual Mayo

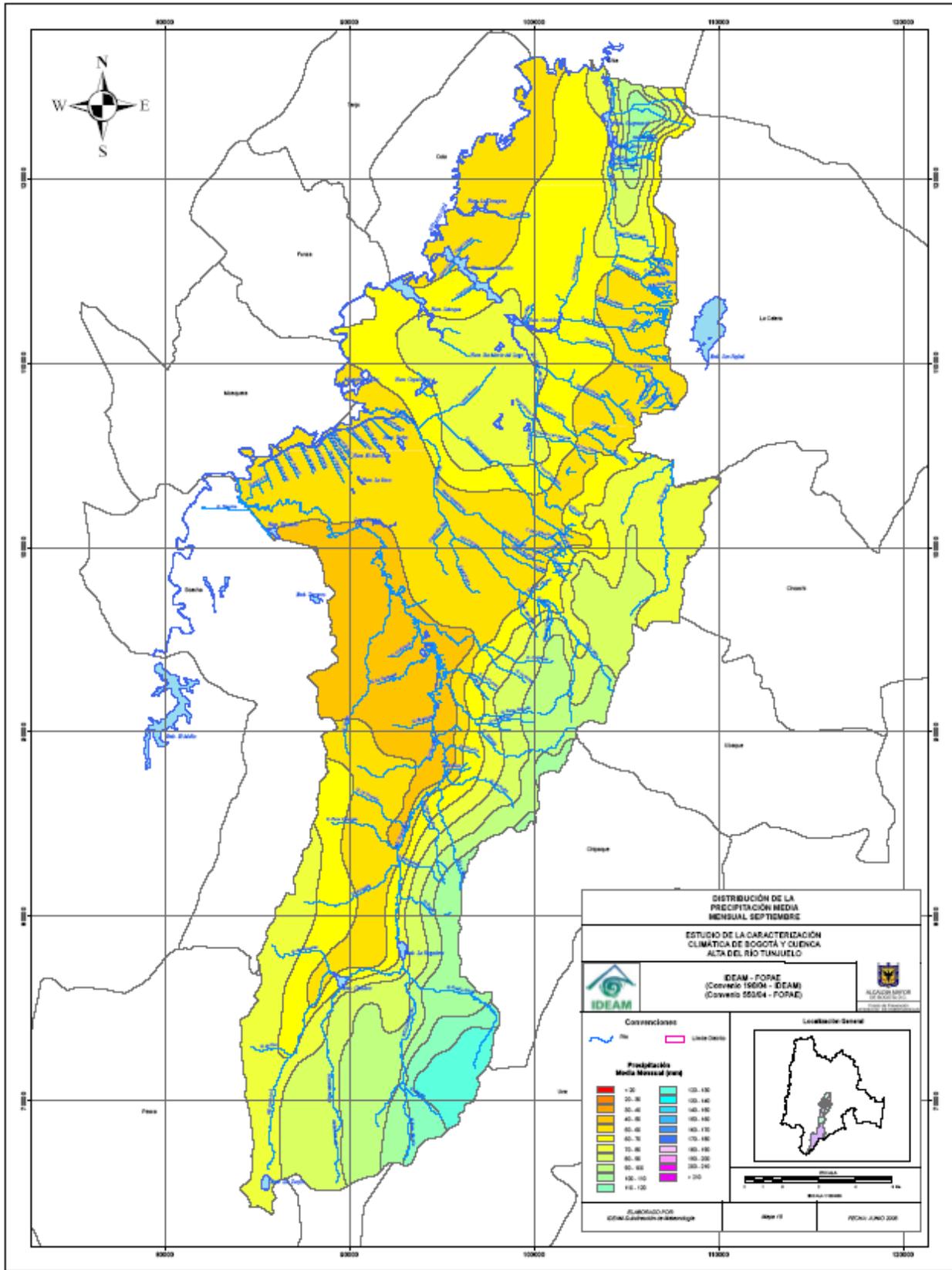


Mapa 12. Distribución de la Precipitación Media Mensual Junio

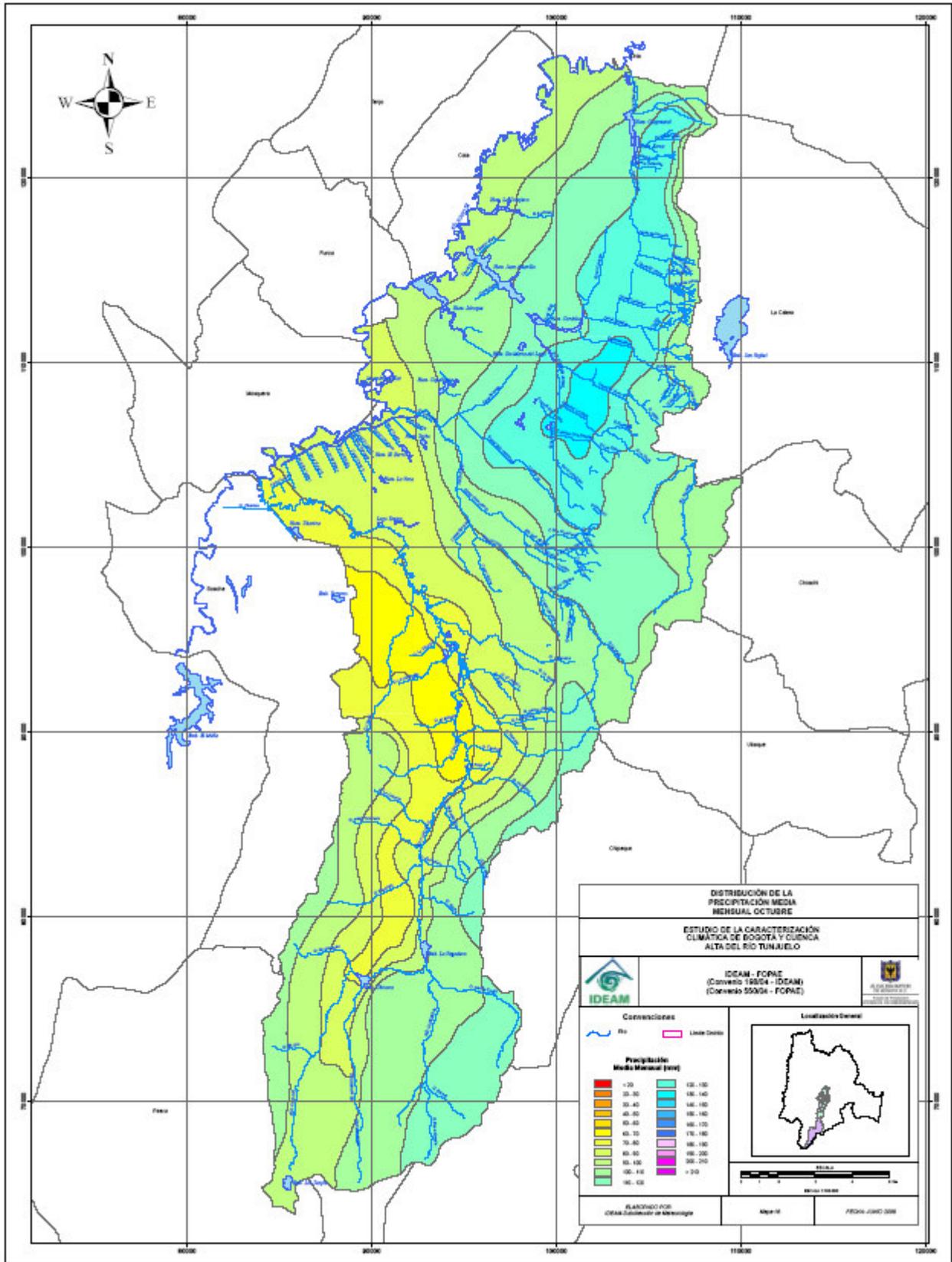


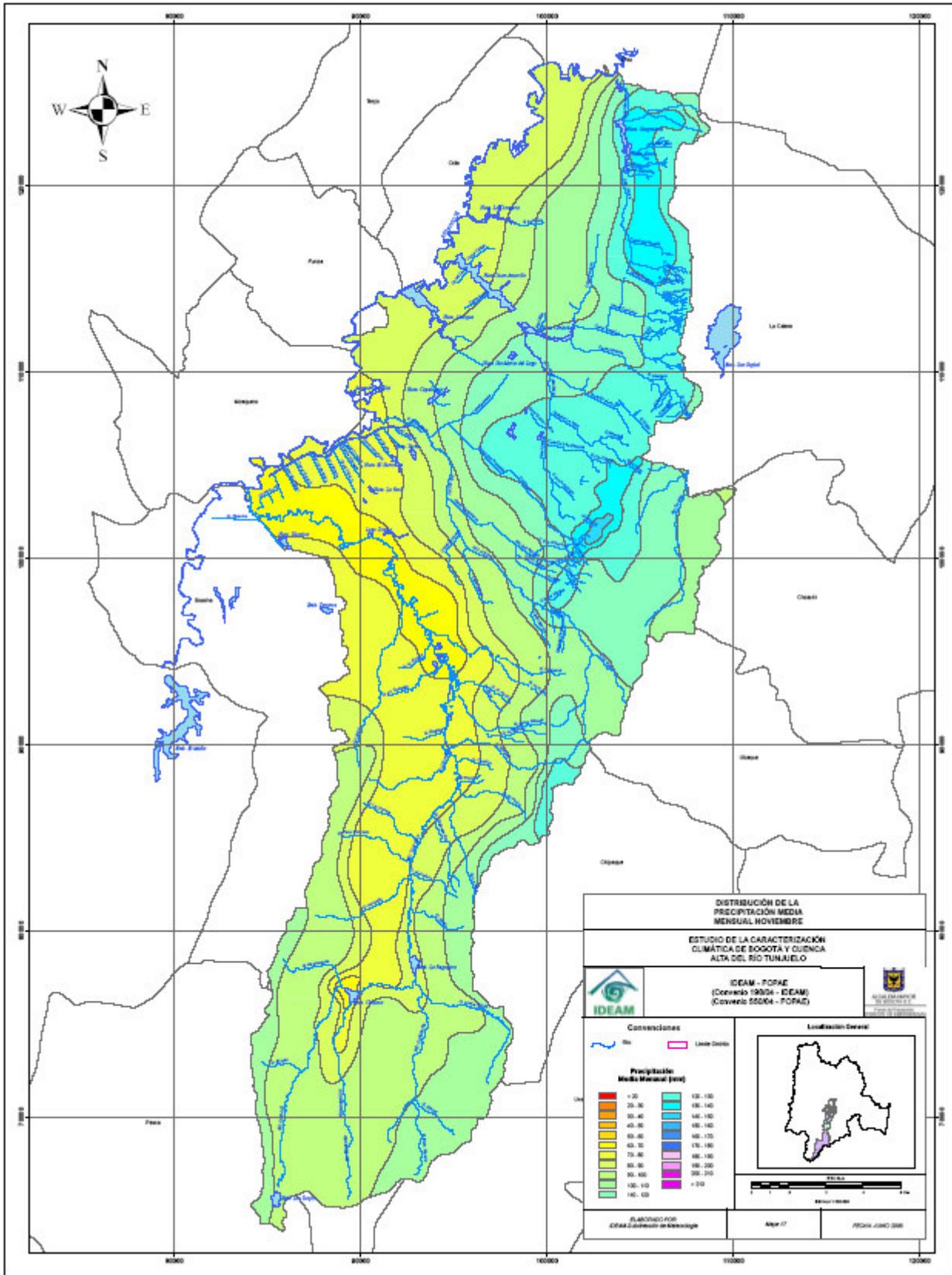


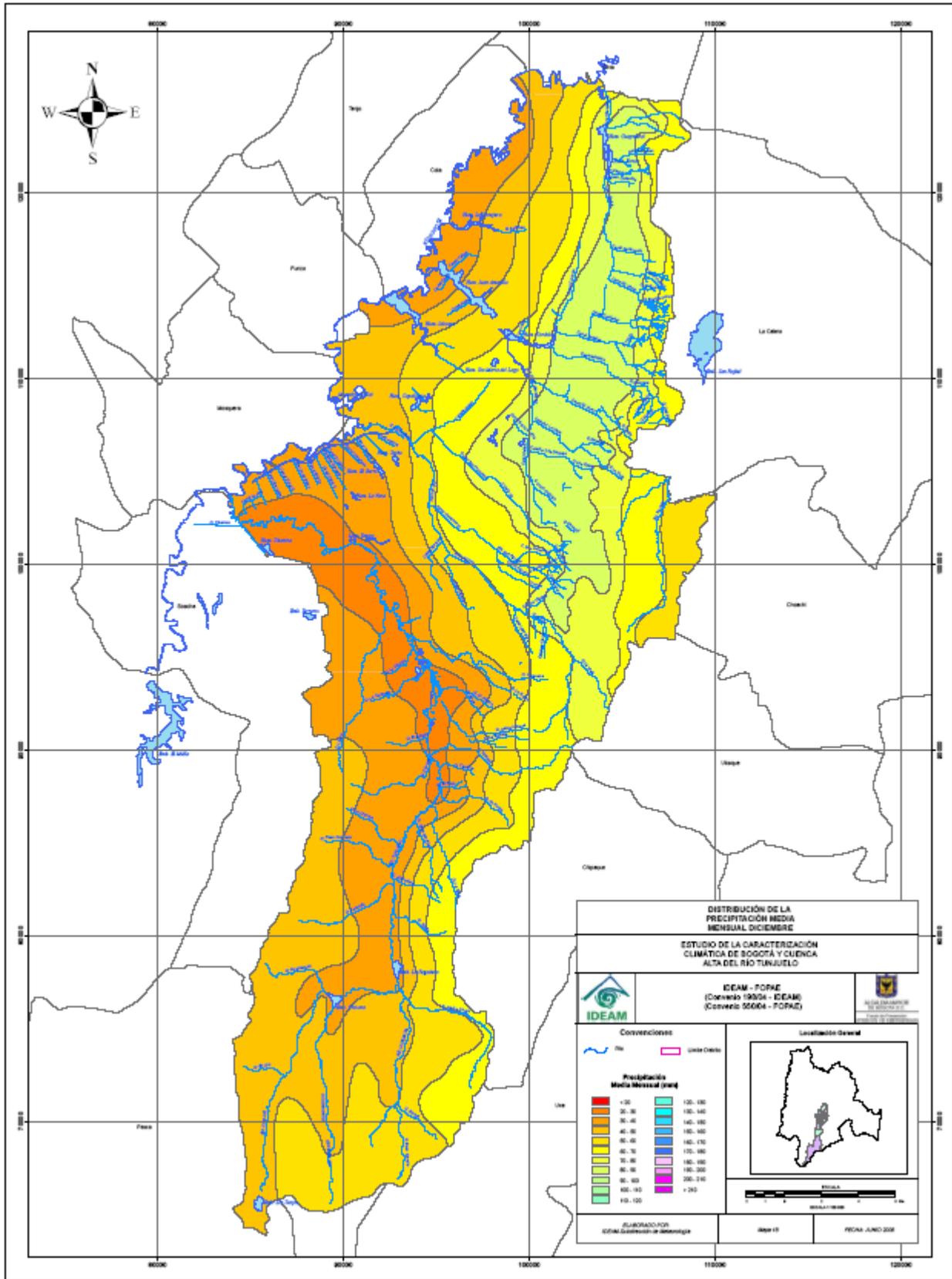
Mapa 14. Distribución de la Precipitación Media Mensual Agosto



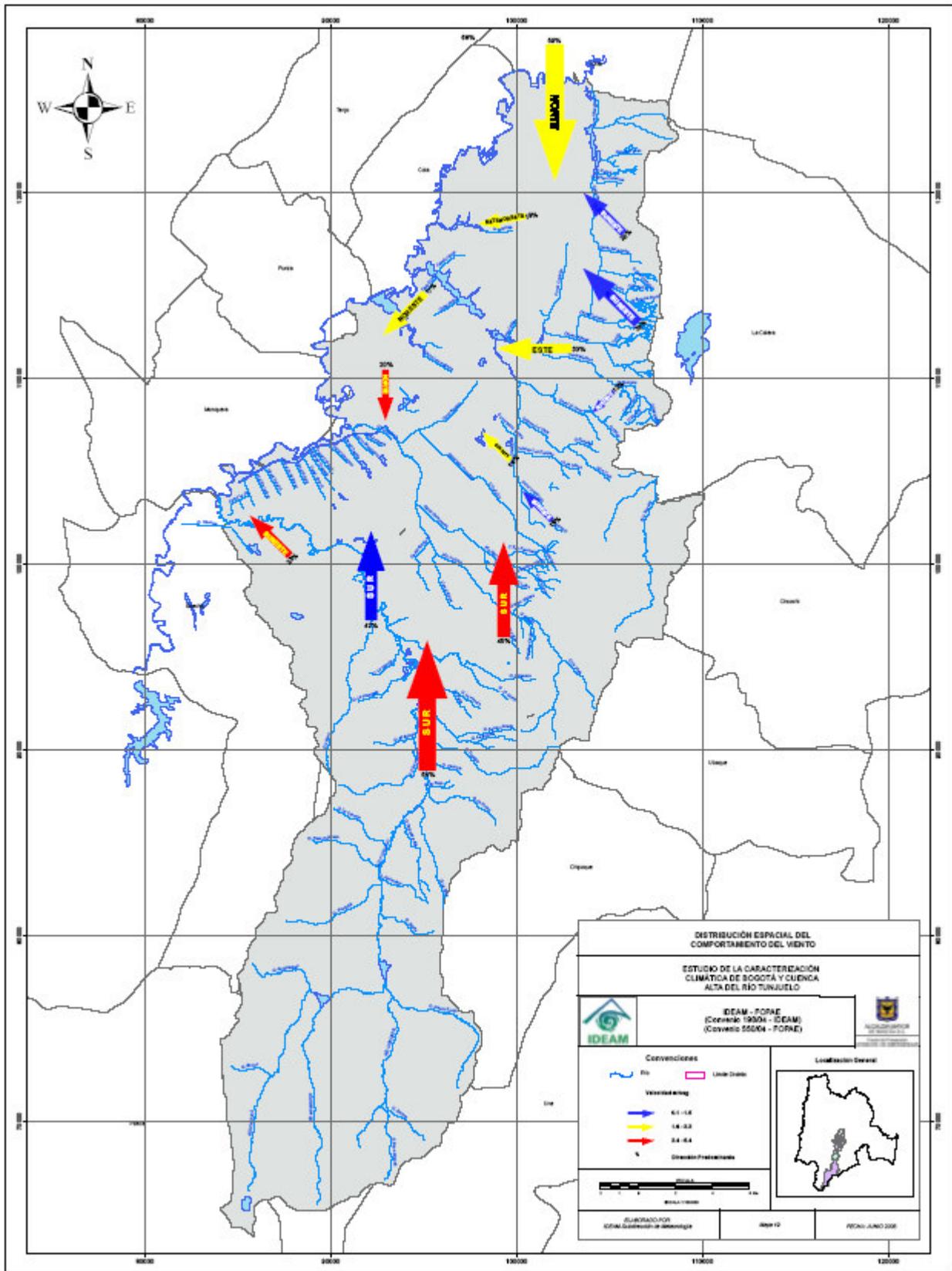
Mapa 15. Distribución de la Precipitación Media Mensual Septiembre



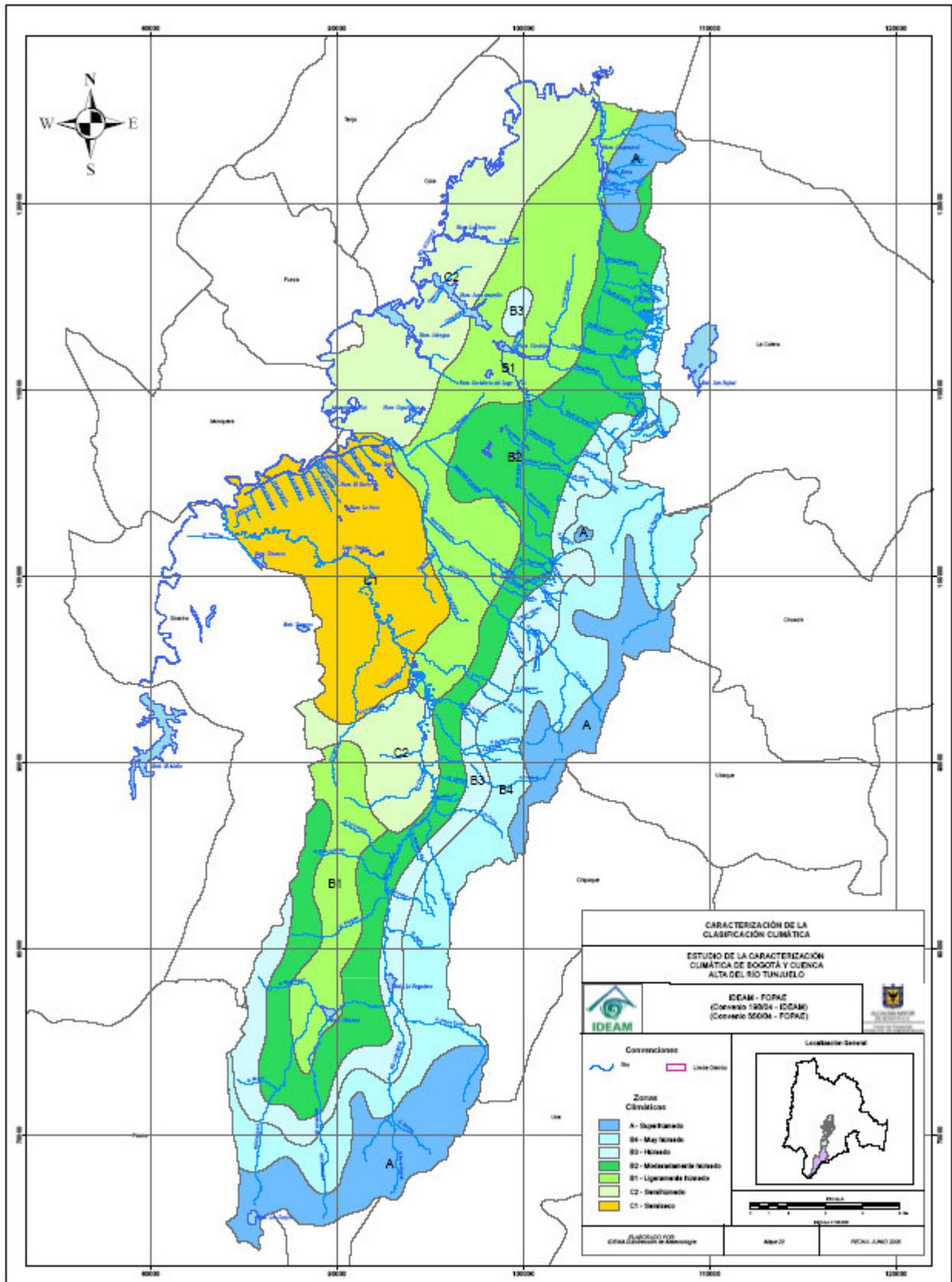




Mapa 18. Distribución de la Precipitación Media Mensual Diciembre



Mapa 19. Distribución Espacial del Comportamiento del Flujo del Viento en Bogotá



Mapa 20. Caracterización de la Clasificación Climática del Área de Estudio