



**AJUSTE DEL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO LEÓN
SZH (1201) LOCALIZADA EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA EN
JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL
URABÁ (CORPOURABA)**

**FASE DE DIAGNOSTICO
CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO
CLIMA**

MARZO DE 2019

CONTENIDO

1.	CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO	10
1.1	CLIMA	10
1.1.1	Recopilación de información.....	10
1.1.2	Localización estaciones.....	11
1.1.3	Estudios climatológicos	14
1.1.4	Necesidades de información.....	140
2	BIBLIOGRAFÍA.....	142

EN ETAPA DE PUBLICACIÓN



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones pluviométricas seleccionadas.....	10
Tabla 2. Estaciones climatológicas seleccionadas	10
Tabla 3. Estaciones hidrométricas seleccionadas	11
Tabla 4. Estaciones pluviométricas inicialmente seleccionadas y período de registro	15
Tabla 5. Estaciones pluviométricas finalmente seleccionadas y período de registro	16
Tabla 6. Estaciones pluviométricas seleccionadas.....	19
Tabla 7. Comparación de medias	29
Tabla 8. Resultados pruebas de homogeneidad y estacionariedad	30
Tabla 9. Valores mensuales y anuales de precipitación (mm) (Periodo 1972 – 2015)	31
Tabla 10. Estaciones y valor total precipitación anual (mm).....	36
Tabla 11. Series de valores máximos anuales de precipitación en 24 horas (mm) (Periodo 1977 – 2015)	39
Tabla 12. Resultados análisis de frecuencias Estación Barranquillita.....	40
Tabla 13. Resultados análisis de frecuencias Estación El Casco	40
Tabla 14. Resultados análisis de frecuencias Estación El Tormento	40
Tabla 15. Resultados análisis de frecuencias Estación Eupol.....	40
Tabla 16. Resultados análisis de frecuencias Estación La Toscana	41
Tabla 17. Resultados análisis de frecuencias Estación Pradomar	41
Tabla 18. Resultados análisis de frecuencias Estación Santa Martha	41
Tabla 19. Resultados análisis de frecuencias Estación Trigana.....	42
Tabla 20. Resultados análisis de frecuencias Estación Unibán	42
Tabla 21. Resumen análisis de frecuencias	47
Tabla 22. Constantes de la ecuación	56
Tabla 23. Valores curvas IDF Estación Prado Mar	57
Tabla 24. Valores curvas IDF Estación El Tormento	57
Tabla 25. Valores curvas IDF Estación Barranquillita	58
Tabla 26. Valores curvas IDF Estación Villarteaga.....	59
Tabla 27. Valores curvas IDF Estación Tulenapa.....	59
Tabla 28. Valores curvas IDF Estación Unibán	60
Tabla 29. Valores curvas IDF Estación La Palmera	60
Tabla 30. Estaciones climatológicas con evaporímetro	62
Tabla 31. Valores medios mensuales de evaporación (mm) (Periodo 1979 – 2016).....	63
Tabla 32. Estaciones climatológicas con termómetro	68
Tabla 33. Valores mensuales de temperatura media (°C) (Periodo 1975 – 2016).....	69
Tabla 34. Estaciones climatológicas con termómetro de máxima	79
Tabla 35. Valores de temperatura máxima (° C) (Periodo 1975 – 2016).....	79
Tabla 36. Estaciones climatológicas con termómetro de mínima.....	87
Tabla 37. Valores de temperatura mínima (°C) (Periodo 1975 – 2016)	87
Tabla 38. Estaciones climatológicas con higrómetro.....	95
Tabla 39. Valores mensuales de la humedad relativa (%) (1956 – 2016).....	95
Tabla 40. Estaciones climatológicas con brillo solar	101
Tabla 41. Valores mensuales del brillo solar (horas) (Periodo 1997 – 2016).....	102
Tabla 42. Estaciones climatológicas con velocidad del viento (m/s) (Periodo 1983 – 2006)	107
Tabla 43. Valores mensuales de la velocidad del viento m/s	107
Tabla 44. Dirección predominante del viento	108
Tabla 45. Evapotranspiración potencial (mm).....	110
Tabla 46. Evapotranspiración promedio en las cuencas	117
Tabla 47. Precipitación, temperatura promedio anual, área cuencas y evapotranspiración real anual	118

Tabla 48. Balance hidroclimático Subcuenca Río Apartadó	121
Tabla 49. Balance hidroclimático Subcuenca Río Carepa	121
Tabla 50. Balance hidroclimático Subcuenca Río Chigorodó	122
Tabla 51. Balance hidroclimático Subcuenca Río Grande	123
Tabla 52. Balance hidroclimático Subcuenca Río Guapá	124
Tabla 53. Balance hidroclimático Subcuenca Río Juradó	125
Tabla 54. Balance hidroclimático Subcuenca Río La Fortuna	126
Tabla 55. Balance hidroclimático Subcuenca Río Porroso	127
Tabla 56. Balance hidroclimático Subcuenca Río Vijagual	128
Tabla 57. Balance hidroclimático Subcuenca Río Villarteaga	129
Tabla 58. Balance hídrico de largo plazo	131
Tabla 59. Clasificación climática según el factor de Lang	132
Tabla 60. Índices de Aridez	134
Tabla 61. Categorías de Índice de aridez (IA)	134
Tabla 62. Años Niño y Niña	138
Tabla 63. Promedio años Niña vs Promedio total	139
Tabla 64. Promedio años Niño vs Promedio total	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización estaciones pluviométricas	12
Figura 2. Localización estaciones climatológicas	13
Figura 3. Localización estaciones hidrométricas	14
Figura 4. Precipitación mensual (mm)	37
Figura 5. Precipitación anual (mm)	38
Figura 6. Distribución espacial de la evaporación	67
Figura 7. Distribución espacial de la temperatura media mensual	77
Figura 8. Distribución espacial de la temperatura media	78
Figura 9. Distribución espacial de la temperatura máxima mensual	85
Figura 10. Distribución espacial de la temperatura máxima anual	86
Figura 11. Distribución espacial de la temperatura mínima media mensual	93
Figura 12. Distribución espacial de la temperatura mínima media anual	94
Figura 13. Distribución espacial de la humedad relativa	100
Figura 14. Distribución espacial del brillo solar	106
Figura 15. Distribución espacial de la evapotranspiración mensual	115
Figura 16. Distribución espacial de la evapotranspiración potencial	116
Figura 17. Clasificación climática Caldas - Lang	133
Figura 18. Índice de Aridez (IA)	135

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1. Correlaciones valores anuales de precipitación La Toscana vs La Lorena	17
Gráfica 2. Correlaciones valores anuales de precipitación La Toscana vs Trigana	18
Gráfica 3. Curvas de doble masa Estación Barranquillita	19
Gráfica 4. Curvas de doble masa Estación El Casco	19
Gráfica 5. Curvas de doble masa Estación El Tormento	20
Gráfica 6. Curvas de doble masa Estación Eupol	20
Gráfica 7. Curvas de doble masa Estación La Lorena	21
Gráfica 8. Curvas de doble masa Estación La Toscana	21

Gráfica 9. Curvas de doble masa Estación Pradomar	22
Gráfica 10. Curvas de doble masa Estación Santa Martha	22
Gráfica 11. Curvas de doble masa Estación Trigana.....	23
Gráfica 12. Curvas de doble masa Estación Unibán	23
Gráfica 13. Tendencias en la precipitación Estación Barranquillita	24
Gráfica 14. Tendencias en la precipitación Estación El Casco.....	24
Gráfica 15. Tendencias en la precipitación Estación El Tormento	25
Gráfica 16. Tendencias en la precipitación Estación Eupol	25
Gráfica 17. Tendencias en la precipitación Estación La Lorena	26
Gráfica 18. Tendencias en la precipitación Estación La Toscana	26
Gráfica 19. Tendencias en la precipitación Estación Prado Mar	27
Gráfica 20. Tendencias en la precipitación Estación Santa Martha	27
Gráfica 21. Tendencias en la precipitación Estación Trigana.....	28
Gráfica 22. Tendencias en la precipitación Estación Unibán.....	28
Gráfica 23. Distribución temporal de la precipitación Estación Barranquillita.....	31
Gráfica 24. Distribución temporal de la precipitación Estación El Casco	32
Gráfica 25. Distribución temporal de la precipitación Estación El Tormento	32
Gráfica 26. Distribución temporal de la precipitación Estación Eupol.....	33
Gráfica 27. Distribución temporal de la precipitación Estación La Toscana	33
Gráfica 28. Distribución temporal de la precipitación Estación Prado Mar.....	34
Gráfica 29. Distribución temporal de la precipitación Estación Santa Martha	34
Gráfica 30. Distribución temporal de la precipitación Estación Trigana.....	35
Gráfica 31. Distribución temporal de la precipitación Estación Unibán	35
Gráfica 32. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación Barranquillita	42
Gráfica 33. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación El Casco	43
Gráfica 34. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación El Tormento.....	43
Gráfica 35. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación Eupol	44
Gráfica 36. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación La Toscana	44
Gráfica 37. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación Pradomar	45
Gráfica 38. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación Santa Martha.....	45
Gráfica 39. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación Trigana	46
Gráfica 40. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación Unibán	46
Gráfica 41. Resultados análisis de frecuencias Estación Barranquillita	47
Gráfica 42. Resultados análisis de frecuencias Estación El Casco.....	48
Gráfica 43. Resultados análisis de frecuencias Estación El Tormento.....	48
Gráfica 44. Resultados análisis de frecuencias Estación Eupol	49
Gráfica 45. Resultados análisis de frecuencias Estación La Toscana	49
Gráfica 46. Resultados análisis de frecuencias Estación Prado Mar	50
Gráfica 47. Resultados análisis de frecuencias Estación Santa Martha	50
Gráfica 48. Resultados análisis de frecuencias Estación Unibán.....	51
Gráfica 49. Resultados análisis de frecuencias Estación Villarteaga	51
Gráfica 50. Curvas seleccionadas para las estaciones	52
Gráfica 51. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) Estación Prado Mar	53
Gráfica 52. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) Estación El Tormento	54
Gráfica 53. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) Estación Barranquillita	54
Gráfica 54. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) Estación Tulenapa	55
Gráfica 55. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) Estación Villarteaga	55
Gráfica 56. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) Estación Unibán.....	56
Gráfica 57. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) Estación La Palmera.....	56
Gráfica 58. Distribución temporal de la evaporación Estación La Palmera.....	63
Gráfica 59. Distribución temporal de la evaporación Estación Tulenapa	64
Gráfica 60. Distribución temporal de la evaporación Estación Unibán	64
Gráfica 61. Distribución temporal de la evaporación Estación Villarteaga	65
Gráfica 62. Distribución temporal de la evaporación Estación Musinga.....	65



Gráfica 63. Relación Evaporación vs altura	66
Gráfica 64. Distribución temporal de la temperatura media Estación Apto Los Cedros	69
Gráfica 65. Distribución temporal de la temperatura media Estación Tulepana	70
Gráfica 66. Distribución temporal de la temperatura media Estación Unibán	70
Gráfica 67. Distribución temporal de la temperatura media Estación Villarteaga.....	71
Gráfica 68. Distribución temporal de la temperatura media Estación Musinga	71
Gráfica 69. Tendencias temperatura media Estación Apto Los Cedros	72
Gráfica 70. Tendencias temperatura media Estación La Palmera	72
Gráfica 71. Tendencias temperatura media Estación Tulenapa	73
Gráfica 72. Tendencias temperatura media Estación Unibán	73
Gráfica 73. Tendencias temperatura media Estación Villarteaga	74
Gráfica 74. Relación Temperatura media vs. Altura	75
Gráfica 75. Distribución temporal de la temperatura máxima Estación Apto Los Cedros	80
Gráfica 76. Distribución temporal de la temperatura máxima Estación La Palmera	80
Gráfica 77. Distribución temporal de la temperatura máxima Estación Tulenapa	81
Gráfica 78. Distribución temporal de la temperatura máxima Estación Unibán	81
Gráfica 79. Distribución temporal de la temperatura máxima Estación Villarteaga.....	82
Gráfica 80. Distribución temporal de la temperatura máxima Estación Musinga	82
Gráfica 81. Relación Temperatura Máxima vs Altura	83
Gráfica 82. Distribución temporal de la temperatura mínima Estación Apto Los Cedros	88
Gráfica 83. Distribución temporal de la temperatura mínima Estación La Palmera	88
Gráfica 84. Distribución temporal de la temperatura mínima Estación Tulenapa.....	89
Gráfica 85. Distribución temporal de la temperatura mínima Estación Unibán	89
Gráfica 86. Distribución temporal de la temperatura mínima Estación Villarteaga.....	90
Gráfica 87. Distribución temporal de la temperatura mínima Estación Musinga	90
Gráfica 88. Relación Temperatura Mínima vs. Altura	91
Gráfica 89. Distribución temporal de la humedad relativa Estación Apto Los Cedros	96
Gráfica 90. Distribución temporal de la humedad relativa Estación La Palmera	96
Gráfica 91. Distribución temporal de la humedad relativa Estación Tulenapa	97
Gráfica 92. Distribución temporal de la humedad relativa Estación Unibán	97
Gráfica 93. Distribución temporal de la humedad relativa Estación Villarteaga	98
Gráfica 94. Distribución temporal de la humedad relativa Estación Musinga.....	98
Gráfica 95. Relación humedad relativa vs altura	99
Gráfica 96. Distribución temporal del brillo solar Estación Apto Los Cedros.....	102
Gráfica 97. Distribución temporal del brillo solar Estación Tulenapa.....	103
Gráfica 98. Distribución temporal del brillo solar Estación Unibán	103
Gráfica 99. Distribución temporal del brillo solar Estación Villarteaga.....	104
Gráfica 100. Distribución temporal del brillo solar Estación Musinga	104
Gráfica 101. Relación brillo solar vs altura.....	105
Gráfica 102. Distribución temporal de la velocidad del viento Estación Apto Los Cedros	108
Gráfica 103. Rosa de los vientos	109
Gráfica 104. Distribución temporal evapotranspiración potencial Estación Villarteaga.....	111
Gráfica 105. Distribución temporal evapotranspiración potencial Estación Unibán	111
Gráfica 106. Distribución temporal evapotranspiración potencial Estación Tunelapa.....	112
Gráfica 107. Distribución temporal evapotranspiración potencial Estación La Palmera	112
Gráfica 108. Distribución temporal evapotranspiración potencial Estación Apto Los Cedros	113
Gráfica 109. Distribución temporal evapotranspiración potencial Estación Musinga	113
Gráfica 110. Relación evapotranspiración potencial vs elevación	114
Gráfica 111. Balance hidrológico Subcuenca Río Apartadó	121
Gráfica 112. Balance hidrológico Subcuenca Río Carepa	122
Gráfica 113. Balance hidrológico Subcuenca Río Chigorodó	123
Gráfica 114. Balance hidrológico Subcuenca Río Grande	124
Gráfica 115. Balance hidrológico Subcuenca Río Guapá	125
Gráfica 116. Balance hidrológico Subcuenca Río Juradó.....	126

Gráfica 117. Balance hidrolimático Subcuenca Río La Fortuna	127
Gráfica 118. Balance hidrolimático Subcuenca Río Porroso	128
Gráfica 119. Balance hidrolimático Subcuenca Río Vijagual	129
Gráfica 120. Balance hidrolimático Subcuenca Río Villarteaga	130

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

EN ETAPA DE PUBLICACIÓN

LISTA DE ANEXOS

Anexos Medio Físico

Anexo 1. Clima

Anexo 1.1. Brillo solar

Anexo 1.1.1. Totales diarios

Anexo 1.1.2. Totales mensuales

Anexo 1.2. Caudales

Anexo 1.2.1. Máximos mensuales

Anexo 1.2.2. Medios diarios

Anexo 1.2.3. Medios mensuales

Anexo 1.2.4. Mínimos mensuales

Anexo 1.3. Evaporación

Anexo 1.3.1. Totales diarios

Anexo 1.3.2. Totales mensuales

Anexo 1.4. Humedad Relativa

Anexo 1.4.1. Medios diarios

Anexo 1.4.2. Medios mensuales

Anexo 1.5. Niveles

Anexo 1.5.1. Máximos mensuales

Anexo 1.5.2. Medios diarios

Anexo 1.5.3. Medios mensuales

Anexo 1.5.4. Mínimos mensuales

Anexo 1.6. Nubosidad

Anexo 1.6.1. Medios mensuales

Anexo 1.7. Precipitación

Anexo 1.7.1. Máximos mensuales

Anexo 1.7.2. Número de días

Anexo 1.7.3. Totales diarios

Anexo 1.7.4. Totales mensuales

Anexo 1.8. Punto de Rocío

Anexo 1.8.1. Medios mensuales

Anexo 1.9. Sedimentos

Anexo 1.9.1. Concentración media diaria de sedimentos en suspensión

Anexo 1.9.2. Medios mensuales

Anexo 1.10. Temperatura

Anexo 1.10.1. Máximos diarios

Anexo 1.10.2. Máximos mensuales

Anexo 1.10.3. Medios diarios

Anexo 1.10.4. Medios mensuales

Anexo 1.10.5. Mínimos diarios

Anexo 1.10.6. Mínimos mensuales

Anexo 1.11. Tensión de vapor

Anexo 1.11.1. Medios mensuales

Anexo 1.12. Transporte

Anexo 1.12.1. Totales mensuales



- Anexo 1.12.2. Transporte diario de material en suspensión
- Anexo 1.13. Viento
 - Anexo 1.13.1. Máximos diarios de velocidad
 - Anexo 1.13.2. Medios (V) diarios de velocidad
 - Anexo 1.13.3. Medios diarios
 - Anexo 1.13.4. Medios mensuales
 - Anexo 1.13.5. Totales diarios de recorrido
- Anexo 1.14. Datos diarios
- Anexo 1.15. Datos mensuales
- Anexo 1.16. Diarios
- Anexo 1.17. Lista de parámetros
- Anexo 1.18. Mensuales
- Anexo 1.19. Balance hídrico de largo plazo
- Anexo 1.20. Balance hidroclimático
- Anexo 1.21. ParametrosClimaticosMicrocuencas
- Anexo 1.22. ParametrosClimaticosSubcuencas

EN ETAPA DE PUBLICACIÓN

1. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

1.1 CLIMA

1.1.1 Recopilación de información

Para el desarrollo del estudio, se recopiló toda la información hidrométrica y climática y en especial la pluviométrica localizada en la zona de estudio y sus alrededores. Las principales fuentes consultadas fueron en primer lugar el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM y en segundo lugar la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá – CORPOURABA.

En el campo de la hidrometría, se solicitó la información diaria de los caudales medios diarios, los caudales medios mensuales, los caudales máximos instantáneos y los caudales mínimos, de todas las estaciones hidrométricas, localizadas en la cuenca.

En el campo de la meteorología y climatología, en primera instancia, se recopiló la precipitación diaria y mensual y la precipitación máxima en 24 horas. Igualmente se solicitó la evaporación diaria y mensual y las temperaturas media, máxima y mínima mensual, la humedad relativa media mensual, el brillo solar total mensual y la velocidad media mensual.

En las Tabla 1 a Tabla 3 se presentan las estaciones seleccionadas, indicando su código, localización, tipo de estación, municipio al que pertenece, operador, coordenadas, elevación y período de registro, teniendo en cuenta que todas pertenecen al departamento de Antioquia. La información recopilada, se encuentra disponible en el IDEAM. La información de apoyo y soportes se encuentran en el *Anexo 1. Clima*.

Tabla 1. Estaciones pluviométricas seleccionadas

CÓDIGO	CAT	NOMBRE ESTACIÓN	CORRIENTE	MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEVACIÓN (msnm)	ENTIDAD/ OPERADORA	FECHA DE INSTALACIÓN
					X	Y			
12010050	PM	La Toscana	Vijagual	Apartadó	712844	1353030	18	IDEAM	15/07/1977
12010060	PM	La Lorena	Zungo	Apartadó	712901	1353030	15	IDEAM	15/07/1976
12010070	PM	El Casco	Churidó	Apartadó	718421	1362255	10	IDEAM	15/07/1977
12010100	PM	Eupol	Riogrande	Apartadó	720317	1362221	4	IDEAM	15/07/1977
12010120	PM	Santa Martha	Riogrande	Apartadó	716627	1371435	5	IDEAM	15/07/1977
12010160	PG	San Jose Apartadó	Apartadó	Apartadó	722101	1362199	100	IDEAM	15/08/1984
12010180	PG	Choromando Hda	Grande	Apartadó	723996	1371413	150	IDEAM	15/08/1984
12010030	PM	Barranquillita	León	Chigorodó	703028	1330911	20	IDEAM	15/12/1974
12010080	PM	Santa Isabel	Pechinde	Chigorodó	714662	1349328	30	IDEAM	15/07/1977
12010090	PM	Triganá	Chiridó	Chigorodó	710993	1351196	18	IDEAM	15/06/1977
12010010	PM	El Tormento	León	Turbo	703107	1362314	20	IDEAM	15/01/1972
12010110	PM	Prado Mar	Caño viejo	Turbo	716661	1375148	10	IDEAM	15/07/1977
12010170	PG	Nuevo Oriente	León	Turbo	708961	1319840	130	IDEAM	15/03/1991

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Nota: Existe otra estación con el nombre de “Pista Indira Autom” y código 12015100 cercana a la estación Prado Mar, sin embargo no fue posible acceder a esta información

Tabla 2. Estaciones climatológicas seleccionadas

CÓDIGO	CAT	NOMBRE ESTACIÓN	CORRIENTE	MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEVACIÓN (msnm)	ENTIDAD /OPERADORA	FECHA DE INSTALACIÓN
					X	Y			



12015020	AM	Unibán	Zungo	Apartadó	714719	1358554	23	IDEAM	15/08/1977
12015070	SP	Apto Los Cedros	Vijagual	Apartadó	711016	1354886	20	IDEAM	15/05/1983
12015060	CO	Tulenapa	Chigorodó	Chigorodó	714674	1351173	30	IDEAM	15/08/1982
12015090	CO	La Palmera	León	Chigorodó	721862	1321609	58	IDEAM	15/03/1991
11145010	CO	Bajirá	Sucio	Mutatá	714421	1308737	150	IDEAM	15/11/1985
12015010	CO	Villarteaga	Villarteaga	Mutatá	734661	1304934	132	IDEAM	15/03/1972

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 3. Estaciones hidrométricas seleccionadas

CÓDIGO	CAT	NOMBRE ESTACIÓN	CORRIENTE	MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEVACIÓN (msnm)	ENTIDAD/ OPERADORA	FECHA DE INSTALACIÓN
					X	Y			
12017050	LG	Puente Carretera	Zungo	Apartadó	716547	1356697	23	IDEAM	15/03/1977
12017060	LG	Apartadó	Apartadó	Apartadó	720272	1364055	25	IDEAM	15/03/1977
12017010	LG	Chigorodó	Chigorodó	Chigorodó	712777	1341959	50	IDEAM	15/10/1976
12017020	LG	Barranquillita	León	Chigorodó	710869	1330900	20	IDEAM	15/03/1977
12017070	LG	La Cerrazón	Chigorodó	Chigorodó	723853	1347428	70	IDEAM	15/09/1986
12017080	LM	Carepa	Carepa	Chigorodó	712833	1351185	40	IDEAM	15/03/1977
12017100	LM	Villarteaga	León	Mutatá	716916	1317951	180	IDEAM	15/09/1990
12017040	LM	Riogrande	Grande	Turbo	720306	1369590	22	IDEAM	15/07/1977

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.2 Localización estaciones

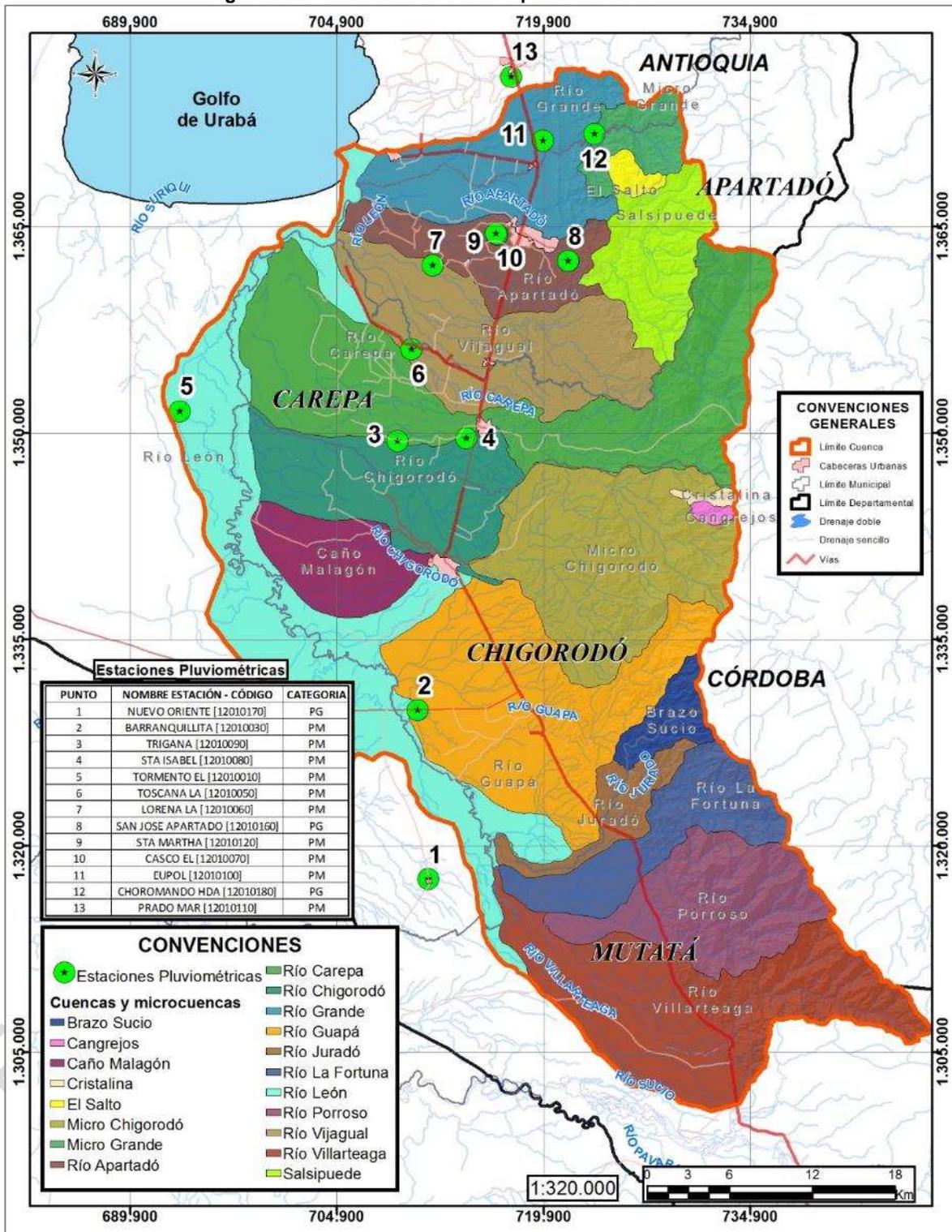
Tomando como herramienta el Sistema de Información Geográfico – SIG, se localizaron en tres (3) mapas las estaciones seleccionadas, de acuerdo con las coordenadas registradas por el IDEAM, para cada una de ellas.

1.1.2.1 Estaciones pluviométricas

Se localizaron catorce (14) estaciones pluviométricas, las cuales se encuentran en la cuenca y en sus alrededores. Se presentan las estaciones seleccionadas, que se definen como pluviométricas y pluviográficas, siendo las segundas denominadas así, por tener un registro continuo de la medición de la lluvia, mientras que las primeras solo registran tres (3) datos diarios.

En la Figura 1, se presenta el mapa de la cuenca y la localización de las estaciones.

Figura 1. Localización estaciones pluviométricas



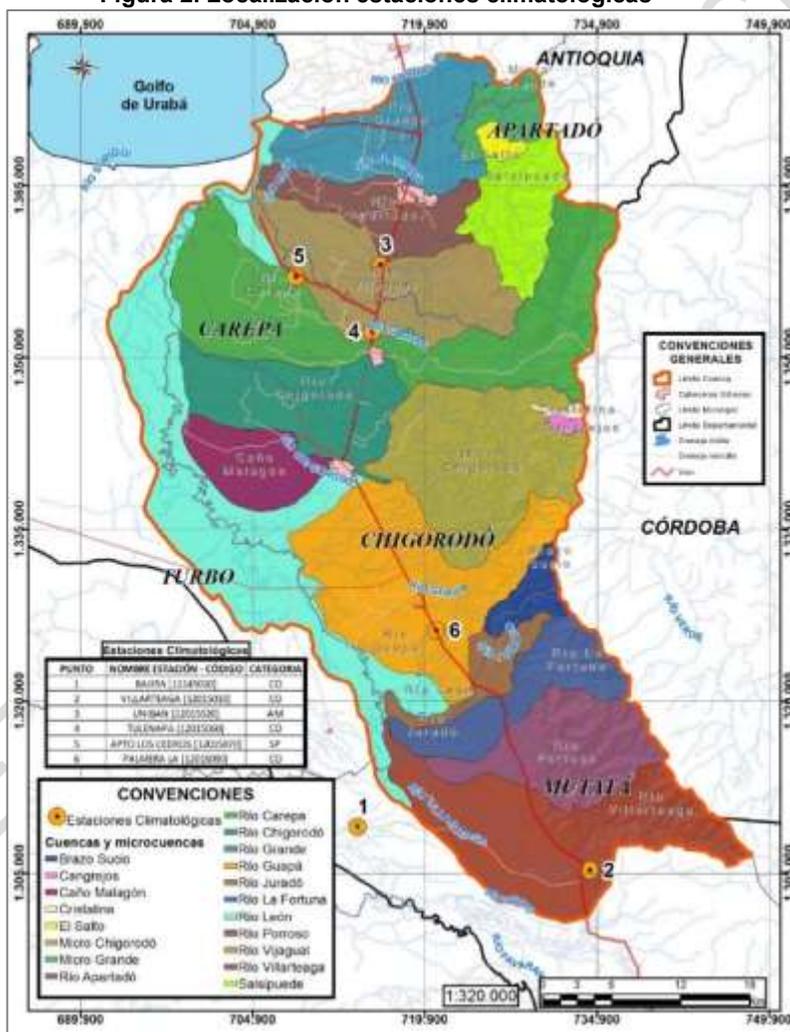
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.2.2 Estaciones climatológicas

Se localizaron seis (6) estaciones climatológicas, todas operadas por el IDEAM, y se encuentran directamente en la cuenca y en sus alrededores, para garantizar el cubrimiento de todos los pisos térmicos. Estas estaciones se clasifican como Climatológicas Ordinarias (CO) y Climatológicas Principales (CP), de acuerdo con los parámetros que registran. En principio las primeras no registran la velocidad y dirección del viento. En general se puede decir que registran los parámetros de precipitación, temperaturas, evaporación, humedad relativa, brillo solar y como se mencionó anteriormente la velocidad y dirección del viento.

En la Figura 2, se presenta el mapa de la cuenca y la localización de las estaciones seleccionadas.

Figura 2. Localización estaciones climatológicas



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

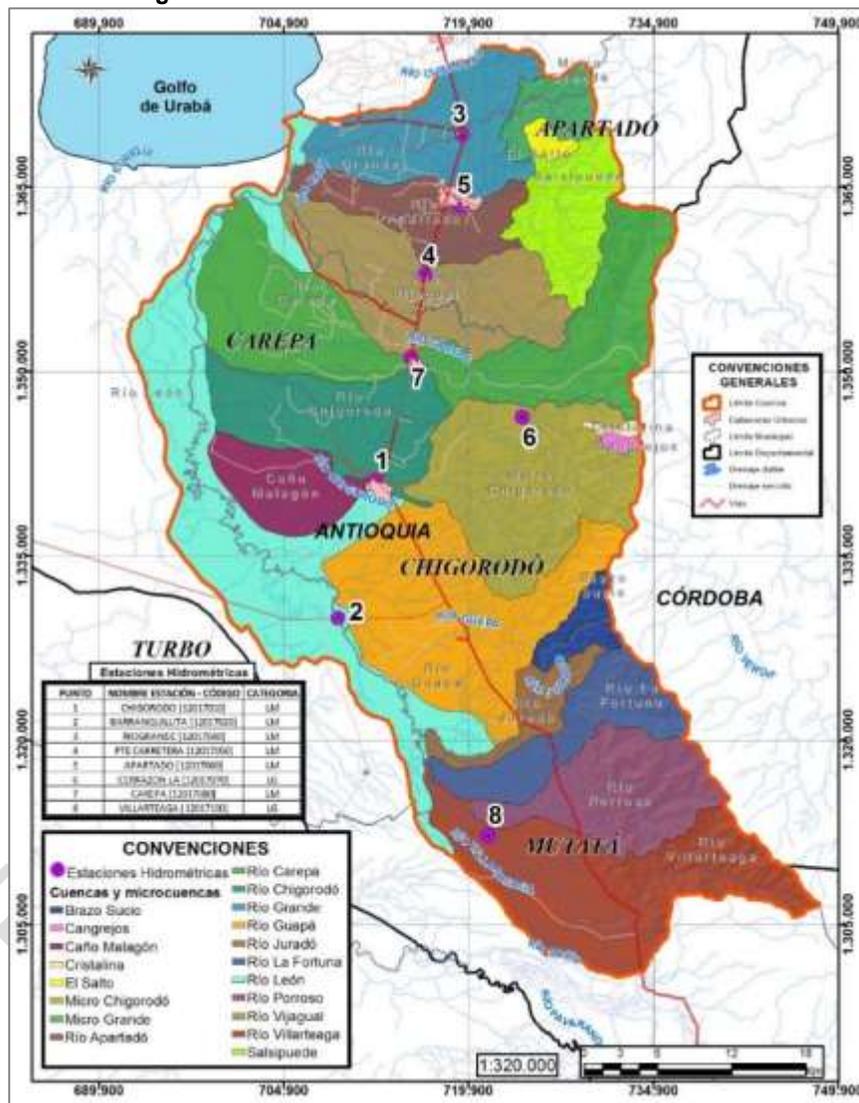
1.1.2.3 Estaciones hidrométricas

Se localizaron ocho (8) estaciones hidrométricas, todas operadas por el IDEAM, que se encuentran directamente en la cuenca. Estas estaciones se clasifican como limnimétricas

y limnigráficas, siendo las segundas denominadas así, por tener un registro continuo de la medición de los niveles del cauce, mientras que las primeras solo registran dos (2) datos diarios. Sin embargo, para la obtención de los valores máximos se cuenta con un maximetro, que registra el valor del nivel máximo presentado en el mes, lo cual permite determinar los valores máximos instantáneos.

En la Figura 3, se presenta el mapa de la cuenca y la localización de las estaciones.

Figura 3. Localización estaciones hidrométricas



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.3 Estudios climatológicos

Los estudios climatológicos, contemplan los análisis de las variables climáticas más importantes, como son, la precipitación total diaria y mensual, la precipitación máxima en 24 horas, la evaporación diaria y mensual, las temperaturas medias, máximas y mínimas, la humedad relativa, el brillo solar y la velocidad y dirección del viento. Se debe tener en

1.1.1.1.3. Complementación de la información anual

Para determinar los valores anuales faltantes en la estación de La Toscana, se establecieron correlaciones entre esta y La Lorena y Trigana, localizadas en sus cercanías, con el fin de estimar los valores anuales faltantes.

En las Gráfica 1. y Gráfica 2, se presentan las correlaciones, las ecuaciones que las definen y el respectivo coeficiente de correlación. Donde se puede observar que la Estación La Toscana, se correlacionó con La Lorena y con Trigana.

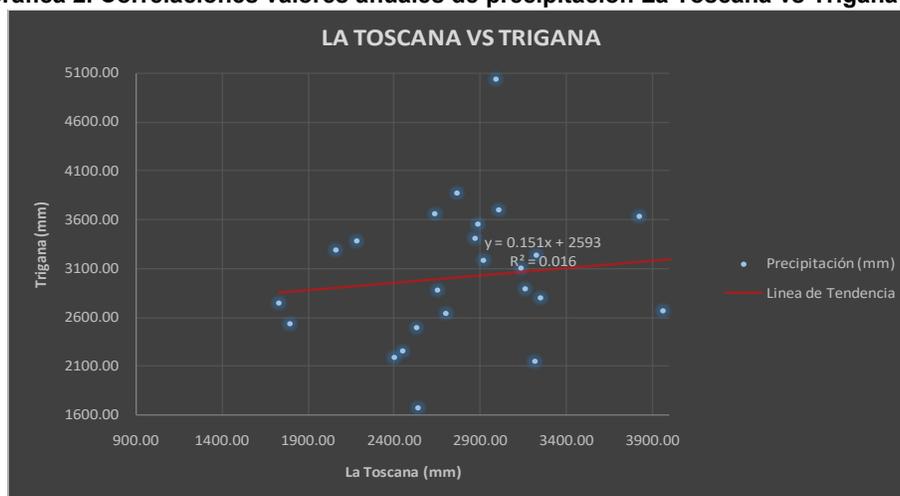
En las gráficas se pueden observar que los coeficientes de correlación obtenidos presentan valores relativamente bajo, pero con el fin de no perder la información registrada en la estación, se decidió seleccionar la mejor correlación entre las seleccionadas y complementar el valor anual faltante.

Gráfica 1. Correlaciones valores anuales de precipitación La Toscana vs La Lorena



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 2. Correlaciones valores anuales de precipitación La Toscana vs Trigana



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.1.1.4. Verificación de la información

Con el fin de verificar la información recopilada, se desarrollaron varios análisis para establecer la consistencia y la homogeneidad de las series. Para la primera, se hicieron los análisis de las curvas de doble masa, que sirven para verificar la consistencia y calidad de la información, por medio de la comparación de los datos de una estación contra una muestra de varias estaciones localizadas en la zona de análisis, la media móvil y comparación de medias. Para la segunda, se desarrollaron análisis de estacionariedad, para verificar que los datos están libres de tendencias durante el período estudiado, para lo cual se utilizaron la comparación de medias y las pruebas de Mann – Kendall, la correlación de rango de Spearman, la regresión lineal y la autocorrelación.

a. Curvas de doble masa

Con el fin de verificar la información recopilada, se desarrollaron los análisis de las curvas de doble masa, que sirven para verificar la consistencia y calidad de la información, por medio de la comparación de los datos de una estación contra una muestra de varias estaciones localizadas en la zona de análisis.

Para la definición de la gráfica, se toman los valores anuales acumulados de la estación a verificar, contra los valores anuales promedio del grupo de estaciones. El resultado debe ser una línea recta, desde el principio de la serie, es decir el año 1977, hasta el final de la misma, esto es el año 2015. Si se encuentran quiebres significativos, quiere decir que la estación bajo prueba debe descartarse y no tenerse en cuenta para los análisis posteriores.

El quiebre en la línea, muestra posibles cambios en la forma de la toma del dato, desperfectos en el instrumento de medición, variaciones en el entorno, cambios en la localización del instrumento, etc.

Para el análisis de las estaciones de la cuenca, se seleccionaron diez (10) estaciones. En la Tabla 6, se presentan las estaciones seleccionadas y en las Gráfica 3 a Gráfica 12, se

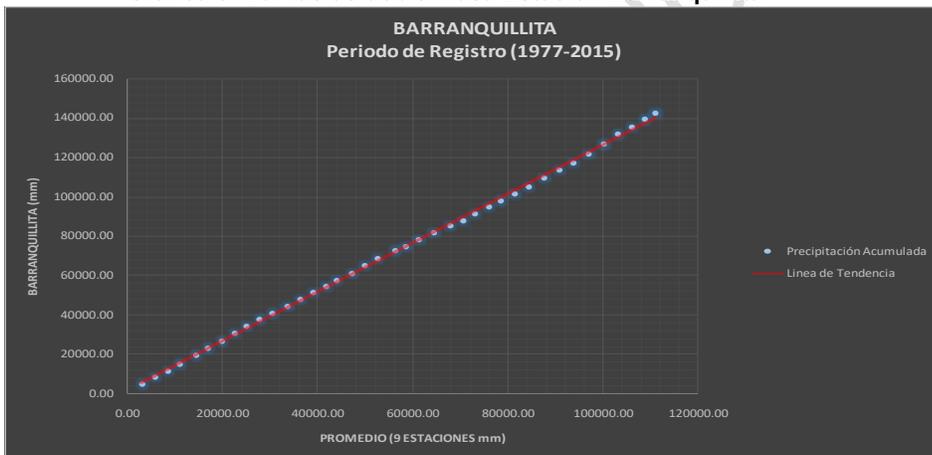
presentan las curvas desarrolladas, donde se puede observar que la estación La Lorena, no presenta una buena consistencia, por lo cual debe de ser eliminada para los análisis posteriores. Se considera que las demás estaciones cuentan con información confiable.

Tabla 6. Estaciones pluviométricas seleccionadas

ESTACIÓN	CÓDIGO
Barranquillita	12010030
El Casco	12010070
El Tormento	12010010
Eupol	12010100
La Lorena	12010060
La Toscana	12010050
Prado Mar	12010110
Santa Martha	12010120
Trigana	12010090
Unibán	12015020

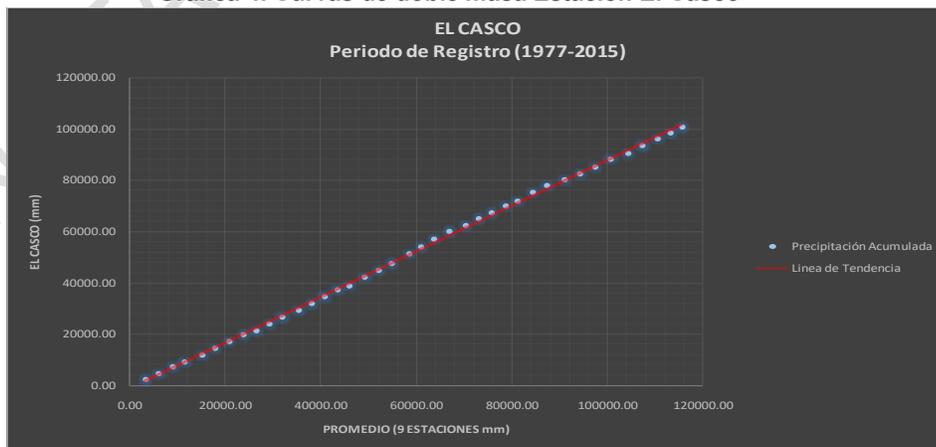
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 3. Curvas de doble masa Estación Barranquillita



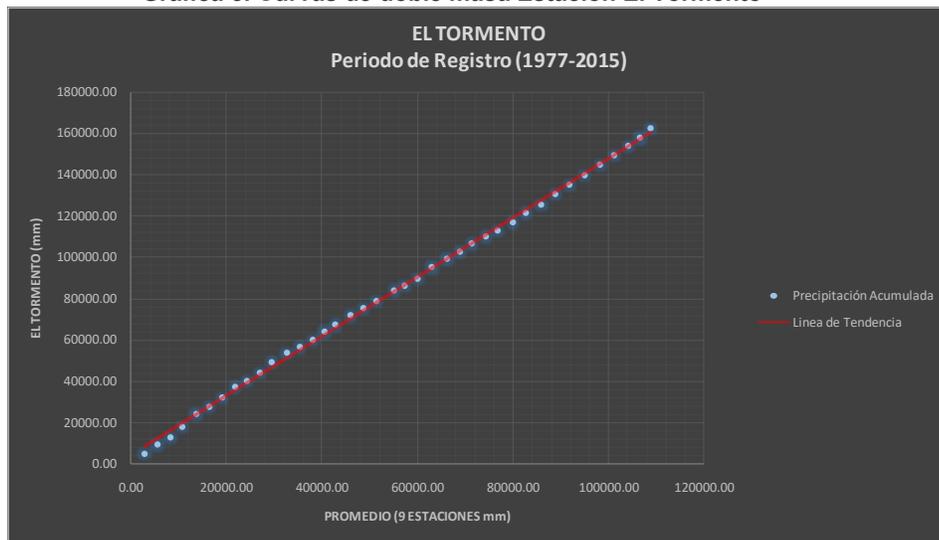
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 4. Curvas de doble masa Estación El Casco



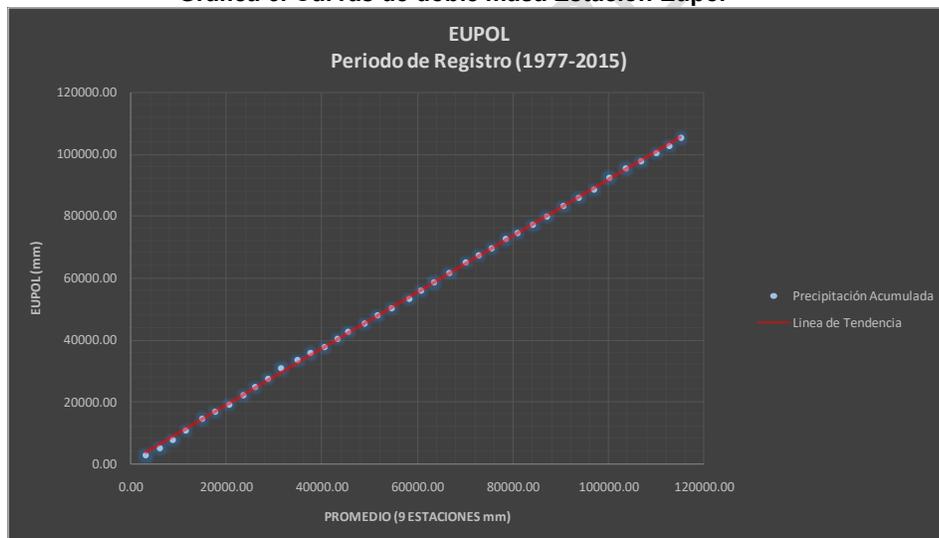
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 5. Curvas de doble masa Estación El Tormento



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

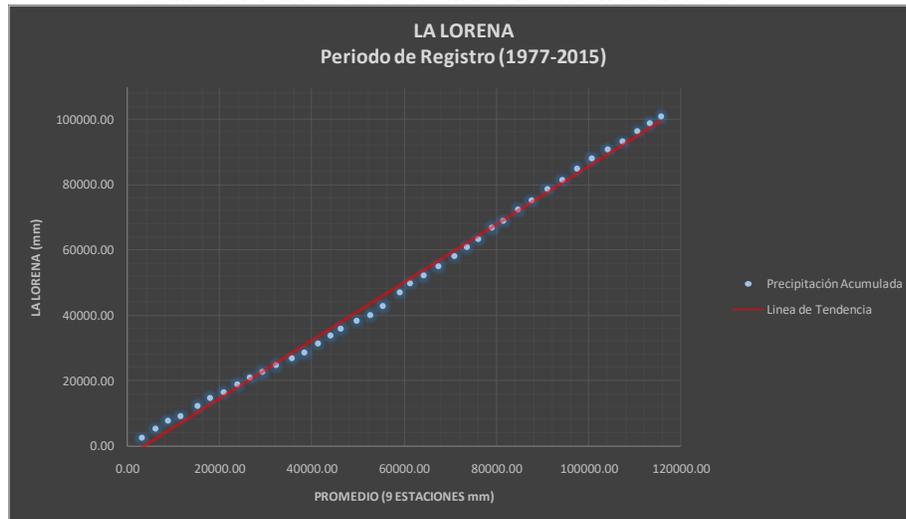
Gráfica 6. Curvas de doble masa Estación Eupol



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

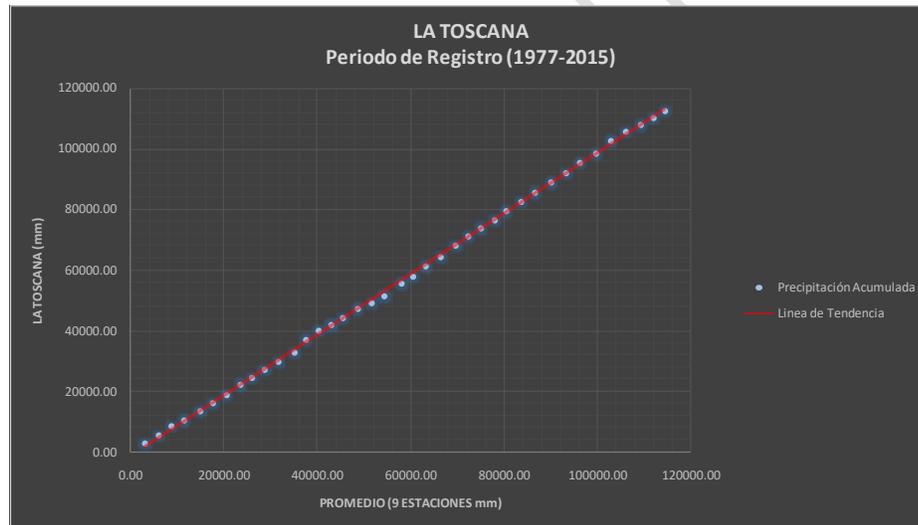


Gráfica 7. Curvas de doble masa Estación La Lorena



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

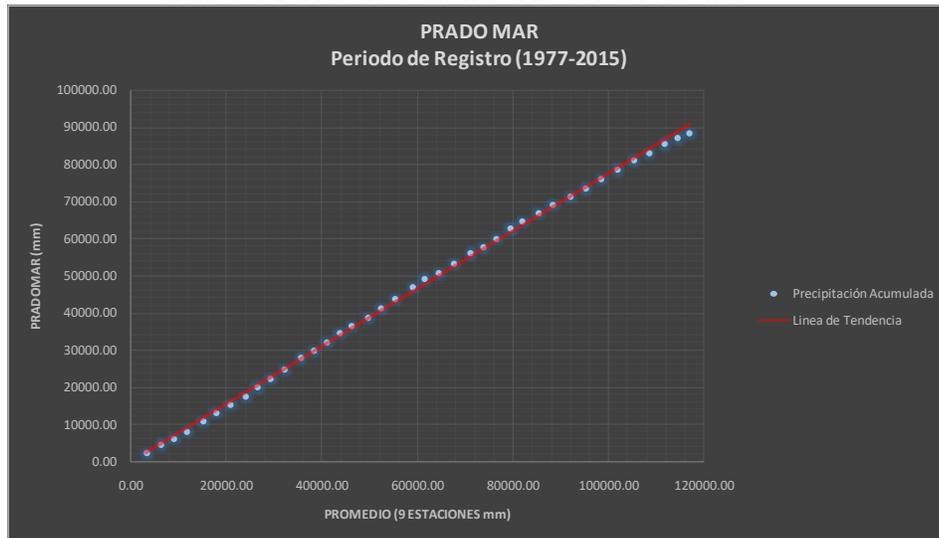
Gráfica 8. Curvas de doble masa Estación La Toscana



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

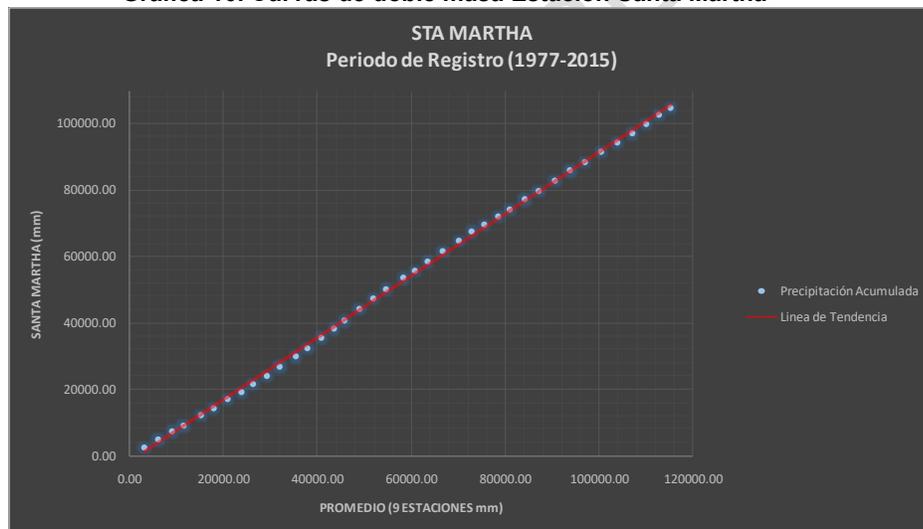


Gráfica 9. Curvas de doble masa Estación Pradomar



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 10. Curvas de doble masa Estación Santa Martha



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

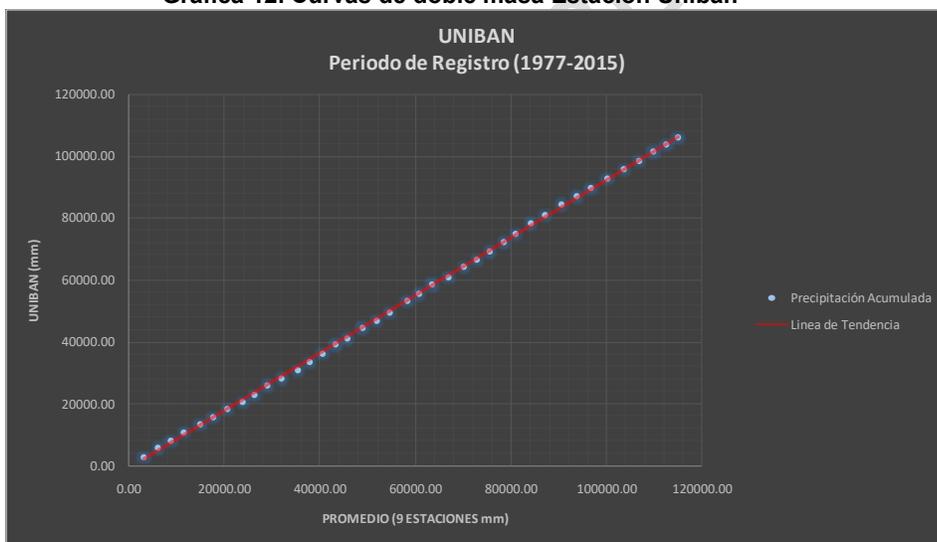


Gráfica 11. Curvas de doble masa Estación Trigana



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 12. Curvas de doble masa Estación Unibán



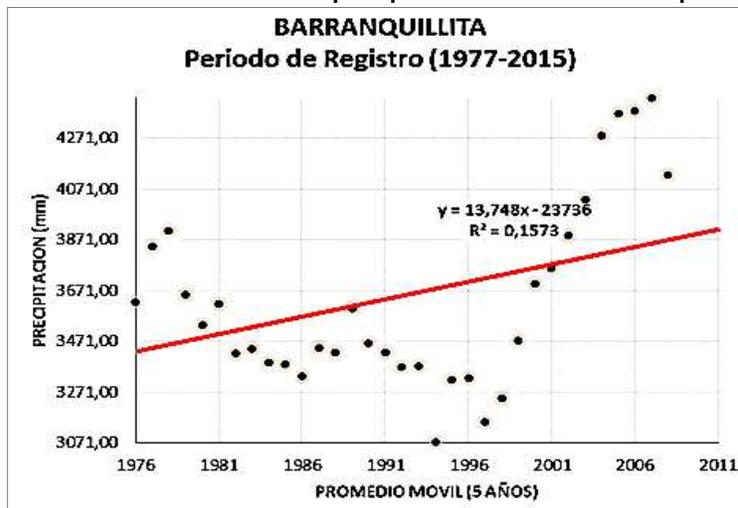
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

b. Análisis de tendencias

Para establecer si existe algún tipo de tendencia, dentro de una variable, se emplea la metodología de la media móvil, que consiste en establecer la media de subconjuntos de datos dentro de la serie que se esté analizando, con el fin de minimizar las fluctuaciones en la misma y visualizar las posibles tendencias. Lo anterior quiere decir que si se tiene una serie de n años, y se selecciona una media móvil de 5 años, se obtiene un primer dato con el promedio de los años 1 a 5, un segundo dato con el promedio de los años 2 a 6 y así sucesivamente, hasta el dato final que será el promedio de los últimos 5 años.

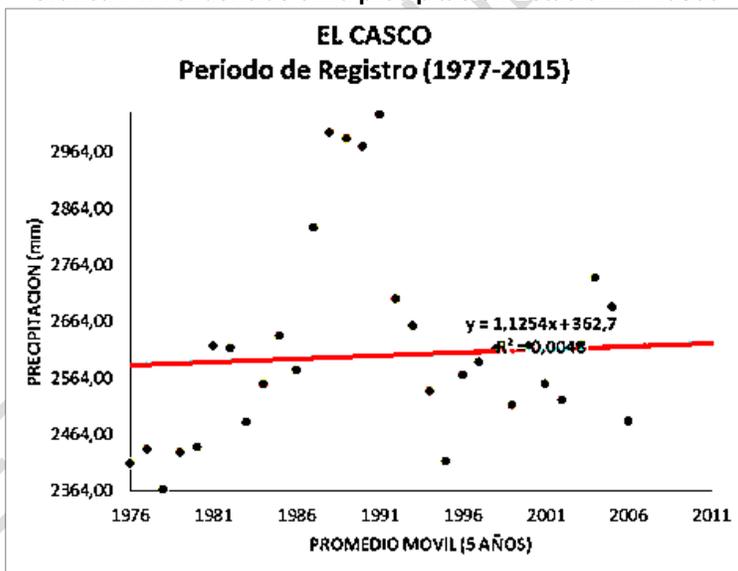
En las Gráfica 13 a Gráfica 22, se presentan los análisis desarrollados tomando una media móvil de 5 años para la serie total, incluyendo la línea de tendencia.

Gráfica 13. Tendencias en la precipitación Estación Barranquillita



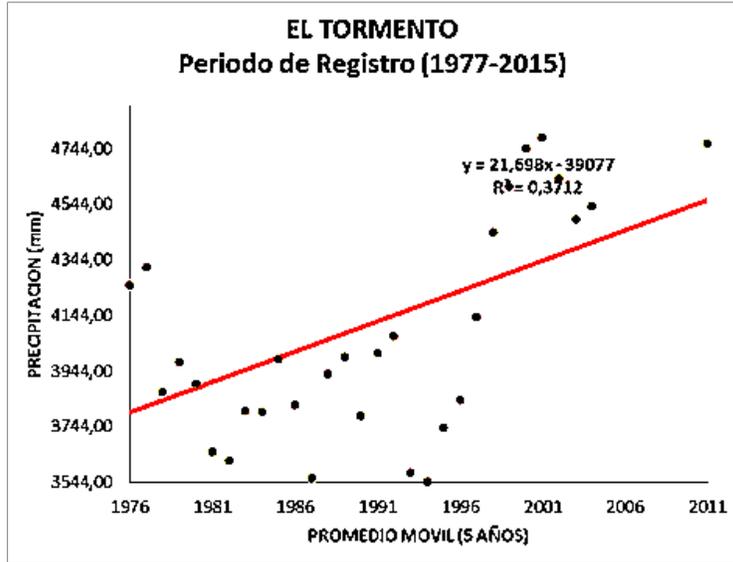
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 14. Tendencias en la precipitación Estación El Casco



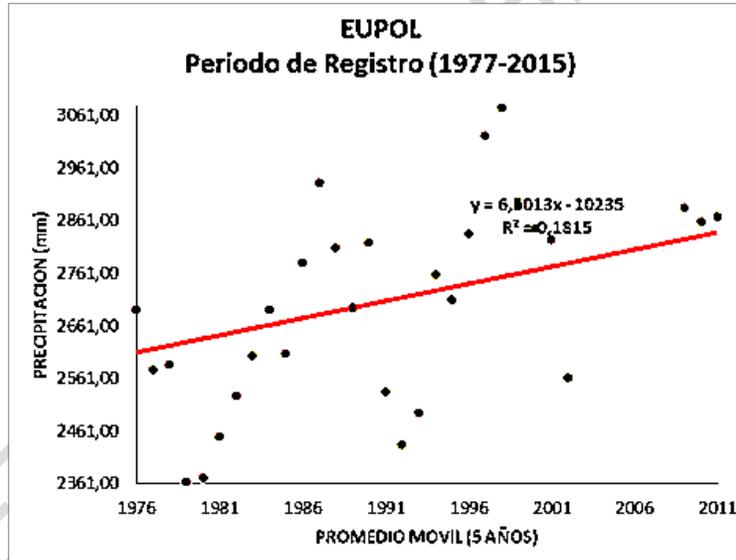
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 15. Tendencias en la precipitación Estación El Tormento



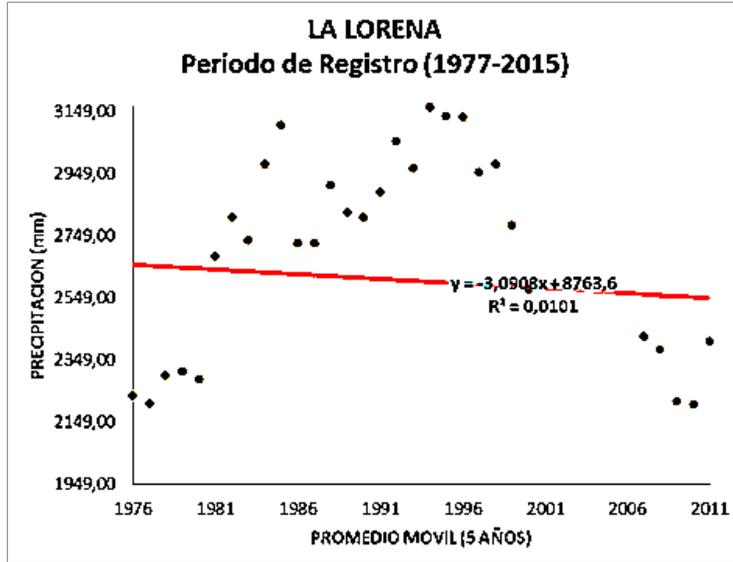
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 16. Tendencias en la precipitación Estación Eupol



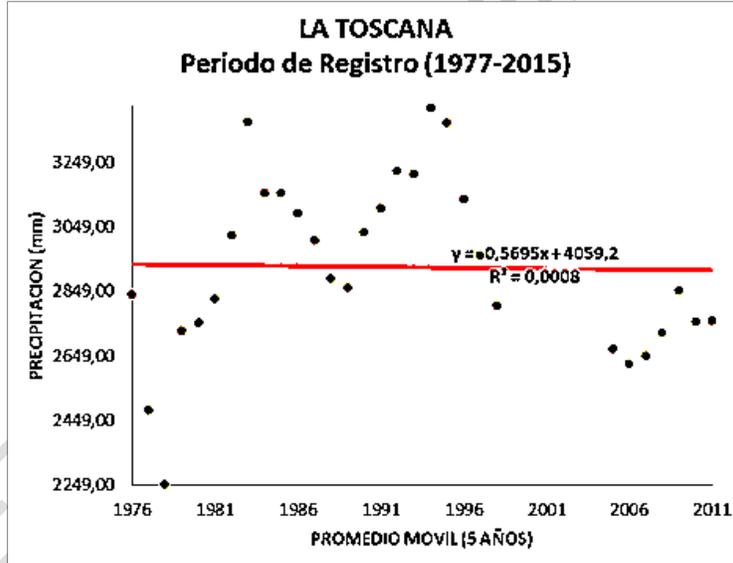
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 17. Tendencias en la precipitación Estación La Lorena



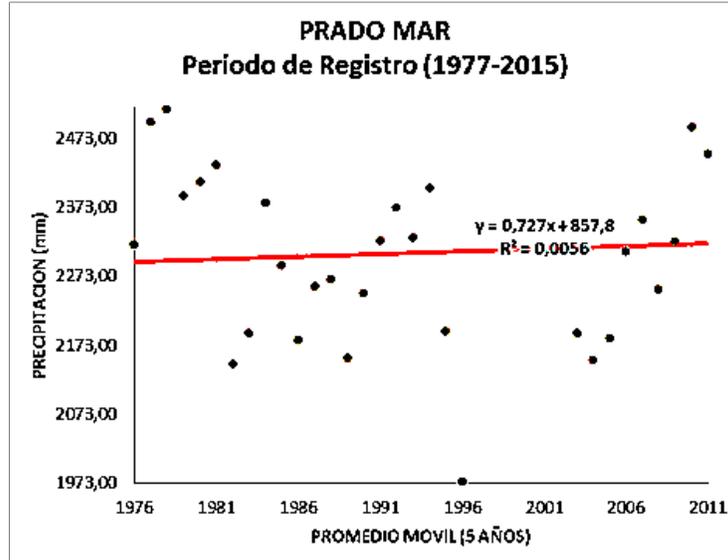
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 18. Tendencias en la precipitación Estación La Toscana



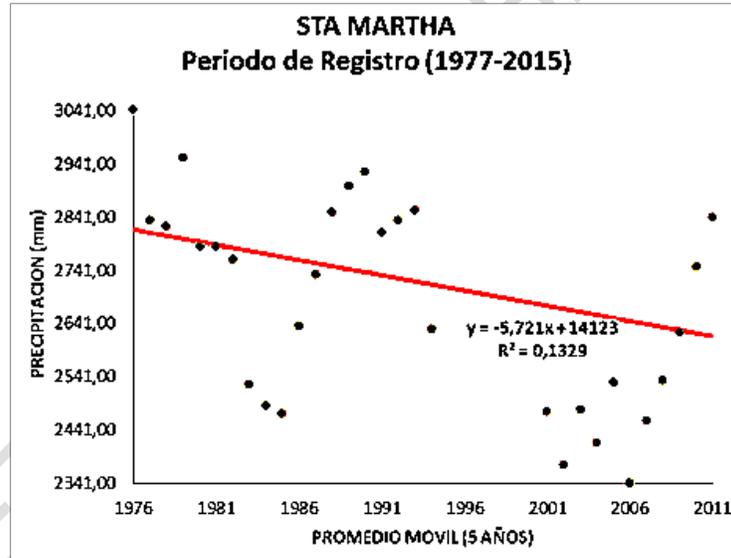
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 19. Tendencias en la precipitación Estación Prado Mar



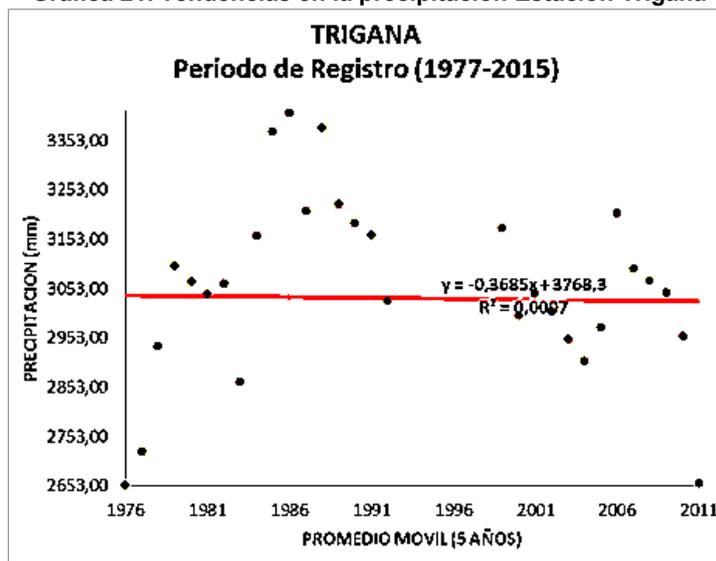
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 20. Tendencias en la precipitación Estación Santa Martha



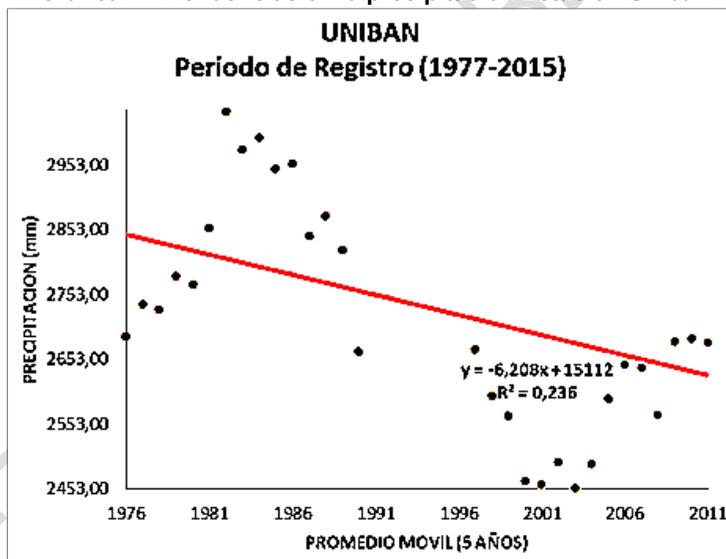
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 21. Tendencias en la precipitación Estación Trigana



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 22. Tendencias en la precipitación Estación Unibán



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

En las gráficas, se puede observar que en cinco (5) de las estaciones se visualiza una tendencia ascendente, en mayor o menor medida y en las otras cinco (5) se observa tendencia a la baja. Sin embargo, teniendo en cuenta que las series son relativamente cortas, no se puede concluir que se sigan presentando valores más altos o más bajos hacia el futuro, ya que pueden ser fenómenos cíclicos.

c. Análisis de medias

Con el fin de determinar la confiabilidad de las series de precipitaciones, para el período seleccionado de 39 años, a partir del año 1977 hasta el 2014, o si se han presentado cambios significativos en el período, por aumento o disminución de las mismas, se realizó un análisis de medias, para determinar si la diferencia entre ellas es real o si es debida al azar. Para esto se aplica la prueba “Student’s t, de acuerdo con la siguiente metodología:

Se toman las series de 39 años y se dividen en series de 20 y de 19 años, se obtienen las medias x_1 y x_2 y las varianzas s_1^2 y s_2^2 y se calcula la varianza combinada s_c^2 por medio de la siguiente ecuación:

$$s_c^2 = (s_1^2 (n_1 - 1) + s_2^2 (n_2 - 1)) / (n_1 + n_2 - 2)$$

Donde n_1 y n_2 , son el número de años de cada serie.

Luego se calcula la desviación estándar de la diferencia de las media (s_d)

$$s_d = s_c \left((n_1 + n_2) / (n_1 * n_2) \right)^{0.5}$$

Finalmente, la diferencia de las medias en valor absoluto, se mide con el parámetro “t” de acuerdo con la siguiente formulación:

$$t = (x_1 - x_2) / s_d$$

El valor de t se compara con el valor del t crítico (t_{cr}) y si este es menor, se acepta la prueba y se concluye que la diferencia es debida al azar.

En la Tabla 7 se presentan los valores de t obtenidos y el correspondiente al t_{cr} .

Tabla 7. Comparación de medias

ESTACIÓN	n_1	S_1	S_1^2	X_1	n_2	S_2	S_2^2	X_2	S_c^2	S_d	t	t_{cr}
Barranquillita (12010030)	20	486.8	225098.5	3618.7	19	749.0	531511.8	3679.2	374164.5	196.0	0.309	2.086
El Casco (12010070)	20	510.8	247903.4	2570.2	19	367.9	128202.9	2589.2	189670.7	139.5	0.137	2.086
El Tornado (12010010)	20	788.4	590441.6	4180.9	19	743.8	524135.9	4147.3	558184.8	239.3	0.140	2.086
Eupol (12010100)	20	403.0	154267.4	2669.8	19	453.0	194398.5	2721.8	173790.6	133.6	0.389	2.086
La Lorena (12010060)	20	694.7	458518.1	2361.0	19	408.0	157684.2	2827.7	312166.4	179.0	2.607	2.086
La Toscana (12010050)	20	607.6	350674.8	2767.8	19	468.8	208177.5	3015.4	281351.8	169.9	1.457	2.086
Prado Mar (12010110)	20	377.9	135692.0	2352.3	19	369.7	129510.5	2173.4	132684.7	116.7	1.533	2.086
Santa Martha (12010120)	20	491.3	229332.8	2677.8	19	364.3	125701.5	2702.4	178917.6	135.5	0.181	2.086
Trigana (12010090)	20	698.1	462971.1	3034.3	19	612.9	355865.6	3025.6	410865.7	205.3	0.042	2.086
Unibán (12015020)	20	392.4	146258.2	2663.2	19	346.7	113887.6	2786.8	130510.3	115.7	1.068	2.086

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Se puede observar que para una probabilidad de significancia del 5%, para la prueba de 2 colas, la estación de La Lorena es la única que no cumple, tal como ya se había evidenciado con las curvas de doble masa.

d. Análisis de estacionariedad

El criterio de estacionariedad implica que los datos deben ser homogéneos y estar libres de tendencia durante el periodo de observación. Una serie de tiempo de datos hidrológicos se dice estrictamente estacionaria, solo si sus propiedades estadísticas (media, varianza y momentos de orden superior) no son afectadas por la elección del momento de origen de la serie de datos (Dahmen & Hall, 1990).

De acuerdo con lo anterior, se analizaron las series de precipitación mediante las pruebas de Mann – Kendall, la correlación de rango de Spearman, la regresión lineal y la autocorrelación.

En la Tabla 8, se presentan los resultados, donde se puede observar que prácticamente la única estación que no cumple a un nivel de significancia del 5%, es la estación La Lorena, por lo cual, tal como se mencionó anteriormente, no se tendrá en cuenta para los análisis. La estación Unibán, no cumple con la prueba de la regresión lineal, pero si, con las demás pruebas, por lo cual se consideró su empleo para el estudio.

Tabla 8. Resultados pruebas de homogeneidad y estacionariedad

ESTACIÓN	MK		SP		LR		Autocorrelation	
	Z	a = 0.05	rs*sqrt(n-1)	a = 0.05	S	a = 0.05	S	a = 0.05
BARRANQUILLITA (12010030)	1.052	1.96	1.175	1.96	1.475	2.01	1.532	1.96
EL CASCO (12010070)	0.508	1.96	0.638	1.96	0.967	2.01	-1.423	1.96
EL TORMENTO (12010010)	0.036	1.96	0.021	1.96	-0.008	2.01	1.041	1.96
EUPOL (12010100)	0.206	1.96	0.150	1.96	-0.021	2.01	0.832	1.96
LA LORENA (12010060)	2.190	1.96	2.752	1.96	4.163	2.01	1.151	1.96
LA TOSCANA (12010050)	1.149	1.96	1.329	1.96	1.795	2.01	0.827	1.96
PRADO MAR (12010110)	0.351	1.96	0.629	1.96	-1.451	2.01	0.727	1.96
STA MARTHA (12010120)	1.367	1.96	1.546	1.96	1.973	2.01	-0.439	1.96
TRIGANA (12010090)	0.327	1.96	0.350	1.96	-0.039	2.01	0.050	1.96
UNIBÁN (12015020)	1.331	1.96	1.904	1.96	2.328	2.01	-1.867	1.96

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.1.1.5. Distribución temporal

Con el fin de determinar la distribución de la precipitación a lo largo del año, se desarrollaron las distribuciones temporales de todas las estaciones seleccionadas. En la Tabla 9 y en las Gráfica 23 a Gráfica 31, se presentan las gráficas correspondientes, donde se puede observar que el régimen a lo largo del año, es de tipo monomodal, que quiere decir que presenta un período húmedo y un período seco.

El período húmedo se observan en los meses de Abril a Diciembre, siendo Mayo el más húmedo en el primer semestre del año y Octubre en el segundo.

El período seco se observa en los meses de Enero a Marzo, siendo Febrero el más seco del año.

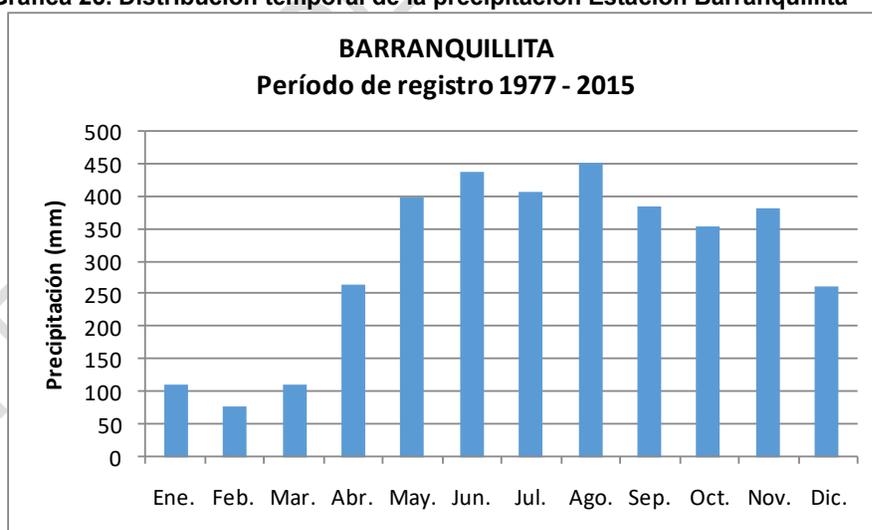
Los valores totales anuales promedio varían de 2.265,15 mm en la estación Pradomar, a 4.164,56 mm en la estación El Tormento. El valor promedio es de 2.964,91 mm.

Tabla 9. Valores mensuales y anuales de precipitación (mm) (Periodo 1972 – 2015)

ESTACIÓN	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Barranquillita (12010030)	111.55	79.34	110.49	264.35	399.78	437.31	407.75	451.19	385.81	354.57	382.12	263.89	3648.15
El Casco (12010070)	98.93	78.20	96.34	230.95	328.18	264.28	243.96	264.29	254.09	274.77	244.06	201.39	2579.43
El Tormento (12010010)	177.00	175.26	224.17	400.23	476.85	424.11	467.10	415.60	409.89	345.36	356.64	292.37	4164.56
Eupol (12010100)	107.94	70.53	102.16	247.69	322.08	240.93	260.87	306.99	267.74	296.08	264.01	208.13	2695.14
La Toscana (12010050)	103.30	81.78	107.34	255.82	340.48	300.54	309.90	269.81	305.39	324.46	267.69	221.94	2888.45
Prado Mar (12010110)	75.12	59.60	71.84	210.57	293.51	247.19	220.28	261.68	213.57	225.15	217.51	169.12	2265.15
Santa Martha (12010120)	94.05	68.55	94.30	230.96	320.65	293.47	274.75	284.23	259.89	285.51	287.40	196.05	2689.81
Trigana (12010090)	97.26	67.34	137.39	286.96	344.74	341.46	301.78	328.18	292.76	301.31	291.07	239.79	3030.04
Unibán (12015020)	92.89	67.06	100.52	258.66	334.91	274.65	257.29	264.05	284.03	304.36	279.33	205.65	2723.42

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

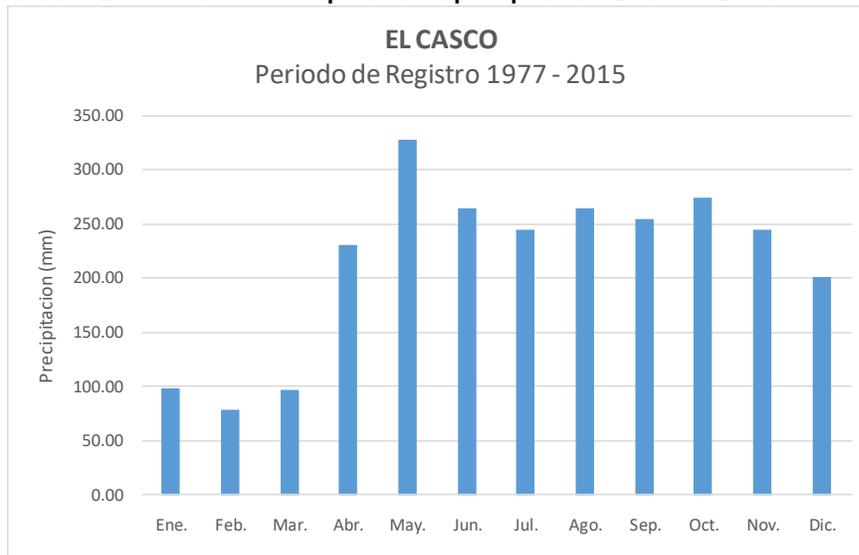
Gráfica 23. Distribución temporal de la precipitación Estación Barranquillita



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

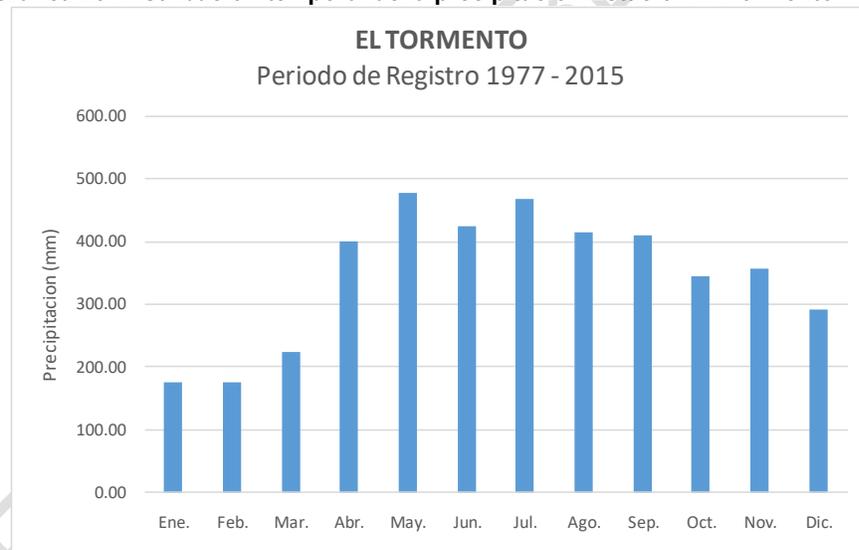


Gráfica 24. Distribución temporal de la precipitación Estación El Casco



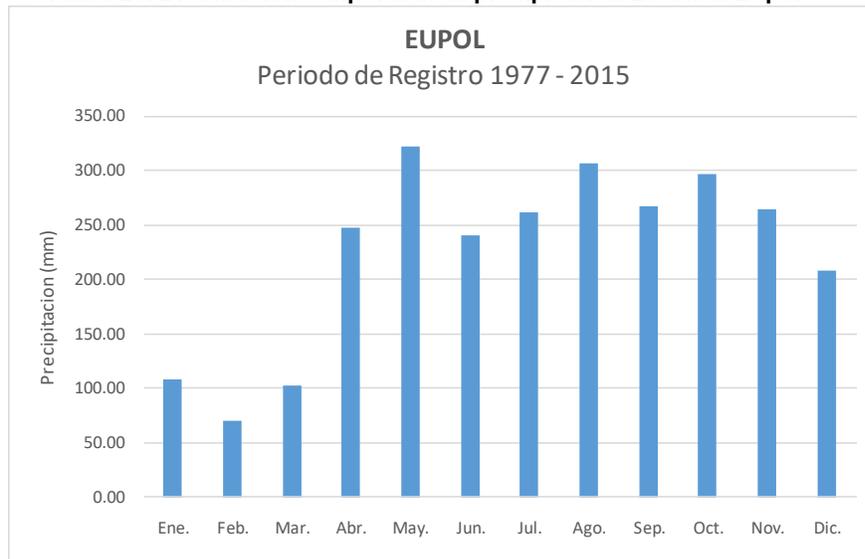
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 25. Distribución temporal de la precipitación Estación El Tormento



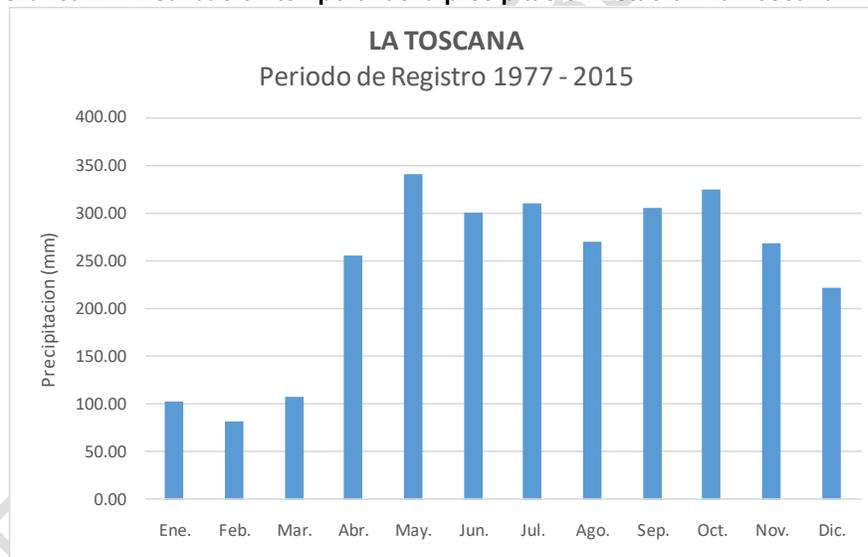
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 26. Distribución temporal de la precipitación Estación Eupol



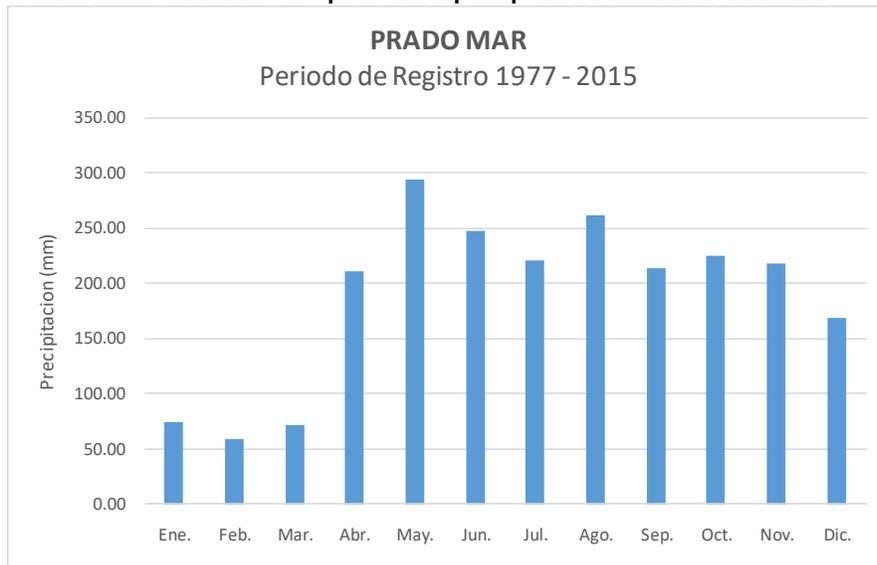
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 27. Distribución temporal de la precipitación Estación La Toscana



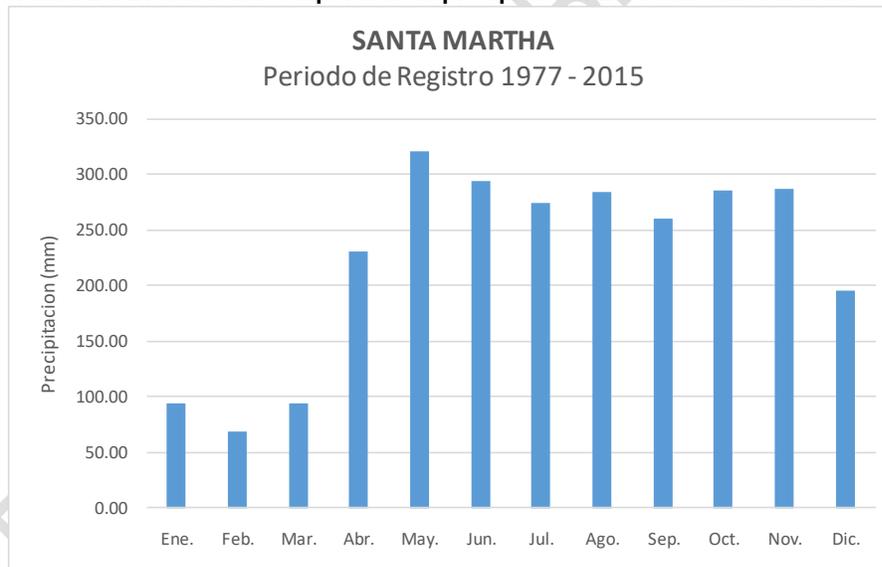
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 28. Distribución temporal de la precipitación Estación Prado Mar



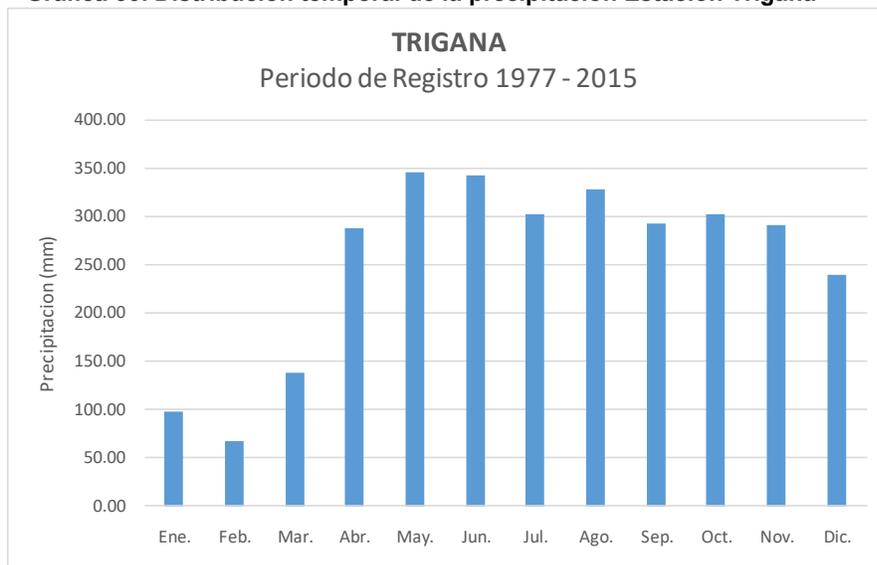
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 29. Distribución temporal de la precipitación Estación Santa Martha



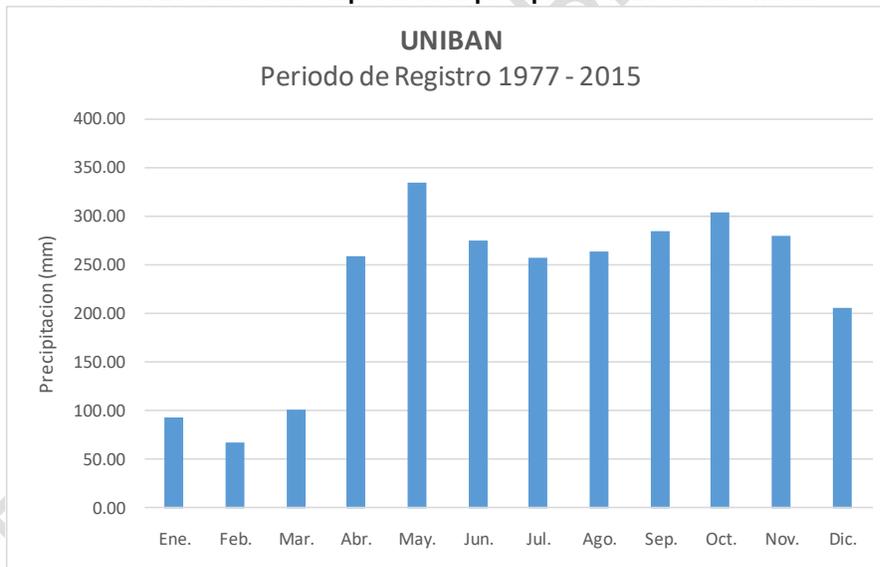
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 30. Distribución temporal de la precipitación Estación Trigana



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 31. Distribución temporal de la precipitación Estación Unibán



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.1.1.6. Distribución espacial

La región de Urabá se encuentra influenciada a lo largo del año en forma alterna por el Mar Caribe y el Océano Pacífico. La circulación general está caracterizada por la franja de baja presión denominada Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y las corrientes de los vientos Alisios provenientes de los anticiclones situados en el área tropical del Océano Atlántico. Durante la época de lluvias la zona se ve afectada por los vientos provenientes del Pacífico que penetran por el sur y suroeste dejando su humedad en forma de altos niveles de precipitación en las cercanías de Mutatá. A medida que avanzan las masas de

aire hacia el norte, su contenido de humedad disminuye en forma regular hasta la población de Turbo, localizada al norte del área del proyecto. La época seca que se inicia desde finales de Diciembre y se extiende hasta mediados de Abril es generada por los vientos Alisios que penetran a la región de Urabá desde el norte y noroeste.

El período húmedo se observa entre los meses de Abril y Diciembre, y el período seco se presenta en los tres primeros meses del año.

Para el análisis de la distribución espacial de la precipitación, se trazaron las isoyetas anuales a partir de las estaciones seleccionadas para el estudio.

En la Tabla 10 se puede observar que los valores varían desde los 2.265 mm aproximadamente, en la estación Pradomar, localizada al norte del área de la cuenca, a los 4.164 mm aproximadamente, en la estación El Tormento, localizada al occidente y los 5.100 mm registrados en la estación Villarteaga localizada al sur del área de la cuenca.

En general, las precipitaciones más altas se presentan al sur del área, con valores cercanos a los 5.000 mm, disminuyendo paulatinamente a los 2.300 mm hacia el norte. En la zona norte de la cuenca se observan valores que fluctúan entre los 2.300 y los 2.500 mm en las cuencas de los ríos Currulao y Guadualito, localizados al norte de la cuenca del Río León. En la zona occidental, se observan valores del orden de los 4.300 mm, que disminuyen igualmente hacia el norte.

Para determinar el comportamiento, en cuanto a patrón y valor de la precipitación, en la zona montañosa de las cuencas se observa que sigue el mismo comportamiento del área baja de la cuenca, esto es que los valores más altos se observan al sur en la cuenca alta del Río Villarteaga y disminuyen hacia el norte. Este comportamiento es similar al presentado por los valores promedio de las isoyetas desarrolladas por el IDEAM para Colombia, donde se observa que las precipitaciones más altas se presentan al sur y disminuyen hacia el norte y los valores al sur fluctúan entre los 4.000 y los 5.000 mm y al norte entre los 2.000 y los 3.000 mm, acorde con lo analizado para la cuenca (IDEAM, 2017).

En la Tabla 10, se presentan los valores de precipitación para cada una de las estaciones seleccionadas y, en las Figura 4 y Figura 5.

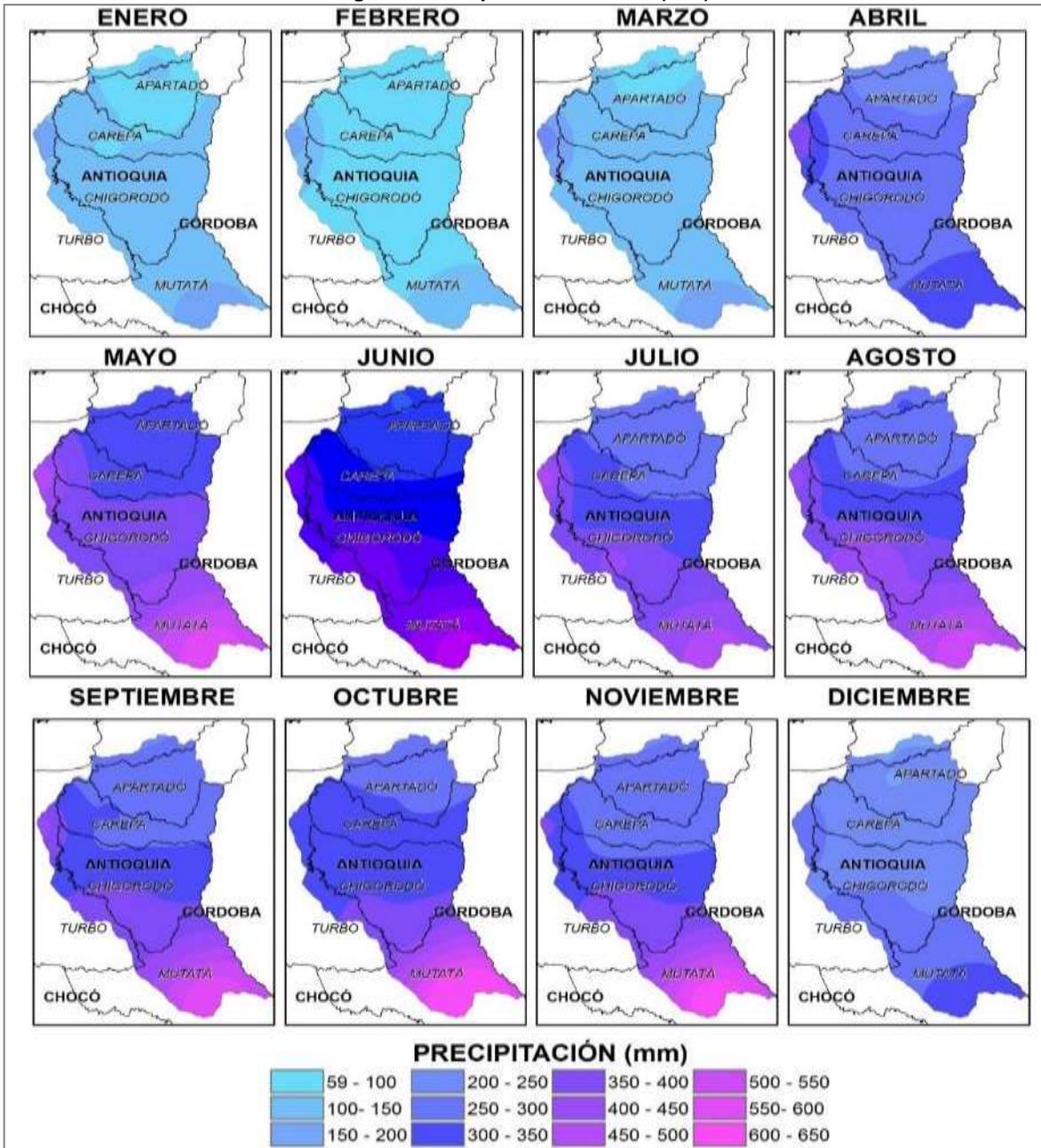
Tabla 10. Estaciones y valor total precipitación anual (mm)

CÓDIGO	NOMBRE ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN mm
12010030	BARRANQUILLITA	3648.1
12010070	EL CASCO	2579.4
12010010	EL TORMENTO	4164.6
12010100	EUPOL	2695.1
12010060	LA LORENA	2588.3
12010050	LA TOSCANA	2888.4
12010110	PRADO MAR	2265.2
12010120	STA MARTHA	2689.8
12010090	TRIGANA	3030.0
12015020	UNIBÁN	2723.4
12015010	VILLARTEAGA	5.097.2

Fuente: IDEAM, 2017



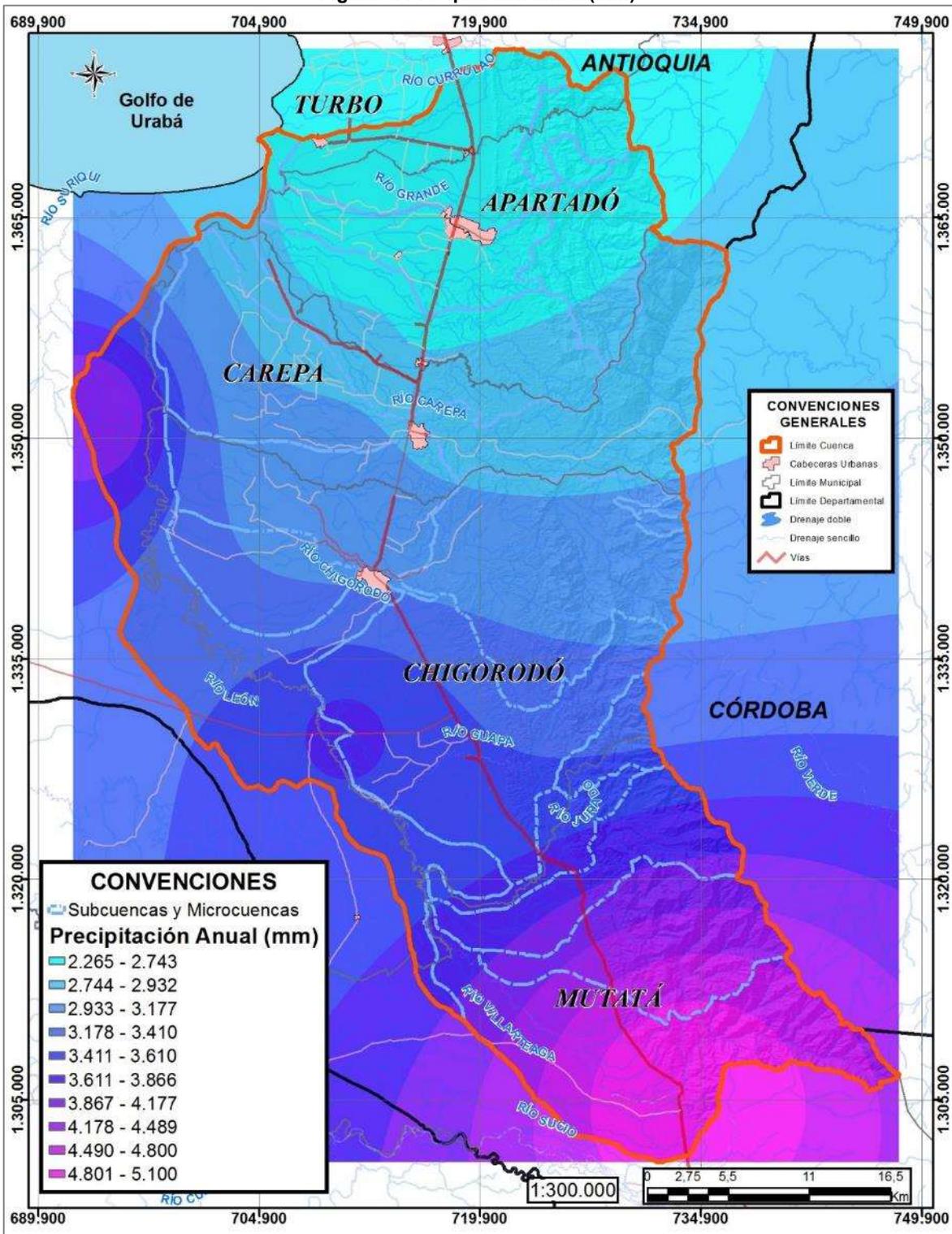
Figura 4. Precipitación mensual (mm)



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018



Figura 5. Precipitación anual (mm)



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.1.1.7. Precipitación máxima en 24 horas

Con el fin de establecer las características de las lluvias máximas en la cuenca, a partir de las series mensuales de la precipitación máxima en 24 horas, registrada en cada una de las estaciones seleccionadas, se tomaron las series anuales y por medio de las distribuciones Gumbel, Pearson, Log – Pearson, Log – Normal y Valores Extremos, se determinaron las frecuencias de ocurrencia, para períodos de retorno de 2 a 500 años. Luego por medio de la distribución Chi², se seleccionó la que presentara el mejor ajuste, que corresponde al menor valor de Chi². El período de retorno muestra la probabilidad de que un determinado evento, con una determinada magnitud se presente en un determinado número de años.

En la Tabla 11, se presentan las series de valores máximos anuales y en las Tabla 12 a Tabla 20, los resultados de los análisis de frecuencias para cada una de las estaciones seleccionadas y para todas las distribuciones empleadas, para los períodos de retorno establecidos y en la Tabla 21, el resumen con los resultados. En las Gráfica 32 a Gráfica 40, se presentan los análisis gráficos de las mismas y en las Gráfica 41 a Gráfica 49, se presentan los gráficos de los resultados de los análisis para todas las distribuciones.

Tabla 11. Series de valores máximos anuales de precipitación en 24 horas (mm) (Periodo 1977 – 2015)

AÑO	BARRANQUILLITA (12010030)	EL CASCO (12010070)	EL TORMENTO (12010010)	EUPOL (12010100)	LA TOSCANA (12010050)	PRADO MAR (12010110)	SANTA MARTHA (12010120)	TRIGANA (12010090)	UNIBÁN (12015020)
1977	176	87	150	115	160	94	135	84	100
1978	136	135	230	92	135	112	60	173	183.8
1979	149	133	150	112	192	136	133	148	139.1
1980	130	163	150	148	150	104	100	120	192.2
1981	150	114	180	164	97	105	137	125	112.8
1982	180	130	150			96	89	120	103
1983	176	87	171	86	130	90	108	146	169.7
1984	131	110.4	100	120	132	105.8	87	111	66.9
1985	137	85.8	110	87	130	125.3	130	121	119
1986	96	109.3	140	95	130	111	131	136	187.3
1987	119	125.9	130	95	145	118.3	130	136	123
1988	136	115	99	168	71	150	133	140	132
1989	137	128	90	140	97	91	137	121	142.3
1990	137	148.5	91	140	138	130	130	130	196
1991	135	133	137	116	100	137	134	130	156.3
1992	137	98.7	138	93	140	102	123	110	109.3
1993	145	210	151	135	209	107		113	170
1994	137	111	155	97	130	136		130	149.3
1995	135	110	130	91	68	110	100	112	126
1996	135	217	139	152	170	140	115	123	119
1997	134	201	87	137	143	120	144	82	164.5
1998	124	137.4	178	123	129	150	101	141	135
1999	150	110.1	150	145	115	143	135	130	114
2000	125	101	131	136	165	160	118	117	117
2001	130	100	160	93	115	135	117	150	92
2002	114	123.5	135	107	84	91	106	137	99
2003	130	120.3	130	136	138	150	135	150	105
2004	106	127	134	110	121	107	101	126	125.8
2005	109	142	150	100	137	121	130	146	130.1
2006	130	107	135	140	142	90	150	214	156
2007	156	135	130	135	142	130	160	209	130
2008	138	94	133	132	158	103	136	195	122
2009	134	143	151	150	136	114	136	150	102
2010	136	122	174	144	130	130	135	145	118

AÑO	BARRANQUILLITA (12010030)	EL CASCO (12010070)	EL TORMENTO (12010010)	EUPOL (12010100)	LA TOSCANA (12010050)	PRADO MAR (12010110)	SANTA MARTHA (12010120)	TRIGANA (12010090)	UNIBÁN (12015020)
2011	150	135	115	160	110	93.7	130	140	110.8
2012	153	89.7	140	109	90	85	103	86	97
2013	128	120	170	128	150	119.8	138	143	130
2014	135	136	160	97	140	85.4	136	86	132
2015	166	99	215	92	120	74	100	105	100.8

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 12. Resultados análisis de frecuencias Estación Barranquillita

TR años	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
2	137.49	134.73	136.32	136.81	136.35	132.82
2.33	141.98	139.50	140.85	141.33	140.86	137.14
5	152.44	152.42	151.99	152.19	151.95	149.71
10	160.26	164.12	160.87	160.63	160.81	161.44
20	166.72	175.35	168.57	167.80	168.51	172.62
25	168.60	178.92	170.87	169.92	170.82	176.13
50	173.99	189.89	177.64	176.08	177.62	186.81
100	178.83	200.78	183.93	181.73	183.96	197.20
200	183.26	211.64	189.86	186.98	189.96	207.35
500	188.63	225.95	197.28	193.45	197.50	220.46
Chi 2	6.41	6.71	6.18	6.22	6.13	10.57

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 13. Resultados análisis de frecuencias Estación El Casco

TR años	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
2	125.50	120.75	118.42	119.05	121.92	117.44
2.33	133.26	128.97	125.73	125.95	129.57	124.91
5	151.30	151.26	146.57	145.64	149.29	146.59
10	164.80	171.46	166.04	164.59	165.99	166.82
20	175.94	190.83	184.85	183.77	181.17	186.12
25	179.18	196.98	190.82	190.07	185.84	192.18
50	188.48	215.91	209.22	210.22	199.91	210.60
100	196.83	234.70	227.46	231.40	213.47	228.53
200	204.48	253.43	245.64	253.81	226.68	246.04
500	213.75	278.13	269.65	285.63	243.79	268.65
Chi 2	36.35	16.13	14.19	13.63	19.34	15.08

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 14. Resultados análisis de frecuencias Estación El Tormento

TR años	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
2	142.79	138.13	140.11	141.15	139.72	134.87
2.33	150.42	146.20	147.78	148.85	147.29	142.21
5	168.15	168.11	167.00	167.60	166.54	163.52
10	181.41	187.96	182.69	182.33	182.57	183.40
20	192.36	207.00	196.51	194.92	196.96	202.37
25	195.55	213.04	200.68	198.65	201.36	208.32
50	204.69	231.65	213.03	209.50	214.51	226.43
100	212.90	250.12	224.64	219.44	227.06	244.05
200	220.41	268.52	235.68	228.68	239.20	261.26
500	229.52	292.80	249.61	240.04	254.77	283.48
Chi 2	14.70	15.48	14.22	14.18	14.33	27.64

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 15. Resultados análisis de frecuencias Estación Eupol

TR años	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
2	118.56	113.85	124.53	136.39	114.85	110.57

TR años	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
2.33	126.25	122.00	131.21	137.01	122.42	117.98
5	144.14	144.10	144.04	139.79	142.01	139.47
10	157.52	164.13	151.39	155.30	158.70	159.53
20	168.57	183.34	156.18	190.12	173.94	178.66
25	171.79	189.43	157.38	206.96	178.65	184.67
50	181.00	208.20	160.36	285.35	192.85	202.94
100	189.29	226.84	162.51	426.95	206.57	220.71
200	196.87	245.40	164.09	688.92	219.99	238.07
500	206.06	269.90	165.55	1443.35	237.43	260.50
Chi 2	64.62	84.23	61.14	152.77	76.12	100.35

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 16. Resultados análisis de frecuencias Estación La Toscana

TR años	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
2	131.29	126.77	130.88	131.91	128.15	123.60
2.33	138.68	134.62	138.30	139.54	135.48	130.73
5	155.88	155.91	155.76	156.76	154.20	151.39
10	168.75	175.21	169.00	168.90	169.88	170.68
20	179.37	193.72	180.06	178.28	184.02	189.08
25	182.47	199.60	183.30	180.89	188.36	194.85
50	191.33	217.69	192.63	188.03	201.34	212.42
100	199.29	235.64	201.09	194.01	213.78	229.51
200	206.58	253.53	208.88	199.10	225.84	246.20
500	215.42	277.13	218.40	204.76	241.36	267.77
Chi 2	12.08	21.28	12.47	13.02	17.74	38.84

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 17. Resultados análisis de frecuencias Estación Pradomar

TR años	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
2	115.44	112.10	114.77	113.97	113.48	109.78
2.33	120.90	117.88	120.25	119.51	118.92	115.03
5	133.58	133.55	133.35	133.18	132.61	130.27
10	143.07	147.76	143.47	144.15	143.87	144.50
20	150.91	161.38	152.02	153.69	153.89	158.06
25	153.19	165.70	154.55	156.55	156.93	162.32
50	159.72	179.01	161.87	164.96	165.99	175.28
100	165.60	192.23	168.57	172.80	174.58	187.88
200	170.97	205.39	174.79	180.20	182.83	200.20
500	177.49	222.76	182.45	189.46	193.35	216.10
Chi 2	3.28	4.97	2.87	2.78	3.36	12.82

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 18. Resultados análisis de frecuencias Estación Santa Martha

TR años	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
2	127.77	122.94	120.54	124.77	124.13	119.58
2.33	135.65	131.29	127.96	132.34	131.91	127.17
5	153.99	153.95	149.15	151.57	151.96	149.20
10	167.71	174.48	168.96	167.52	168.92	169.77
20	179.03	194.17	188.11	181.80	184.34	189.38
25	182.33	200.42	194.19	186.15	189.09	195.54
50	191.78	219.66	212.94	199.14	203.38	214.27
100	200.27	238.76	231.54	211.48	217.15	232.48
200	208.04	257.80	250.07	223.37	230.57	250.28
500	217.46	282.91	274.55	238.55	247.95	273.27
Chi 2	48.22	43.36	46.38	42.86	42.43	50.44

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 19. Resultados análisis de frecuencias Estación Trigana

TR años	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
2	132.85	128.29	128.75	129.86	129.71	125.12
2.33	140.28	136.17	136.16	137.20	137.08	132.28
5	157.58	157.54	155.52	155.89	155.91	153.07
10	170.53	176.91	172.07	171.49	171.66	172.47
20	181.21	195.49	187.14	185.51	185.86	190.97
25	184.32	201.39	191.78	189.81	190.22	196.78
50	193.23	219.54	205.71	202.65	203.25	214.45
100	201.25	237.56	219.06	214.94	215.73	231.64
200	208.58	255.52	232.00	226.81	227.82	248.43
500	217.47	279.21	248.61	242.08	243.39	270.12
Chi 2	18.91	14.47	15.48	15.08	14.96	23.18

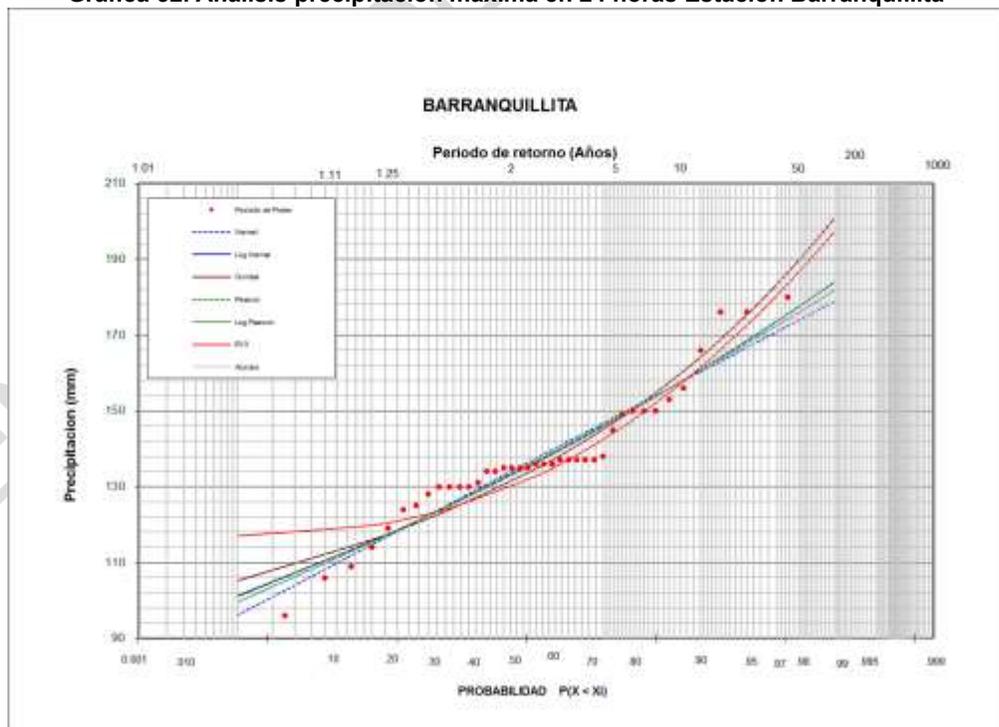
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 20. Resultados análisis de frecuencias Estación Unibán

TR años	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
2	130.21	125.56	127.40	127.35	126.88	122.32
2.33	137.79	133.59	135.03	134.93	134.39	129.63
5	155.45	155.41	154.23	154.11	153.64	150.84
10	168.65	175.17	169.96	169.97	169.82	170.63
20	179.56	194.13	183.86	184.10	184.45	189.52
25	182.73	200.14	188.07	188.40	188.95	195.44
50	191.82	218.67	200.53	201.20	202.43	213.47
100	200.00	237.06	212.26	213.35	215.37	231.01
200	207.48	255.38	223.44	225.01	227.94	248.15
500	216.55	279.55	237.57	239.87	244.16	270.28
Chi 2	12.75	7.22	8.30	8.22	8.16	15.16

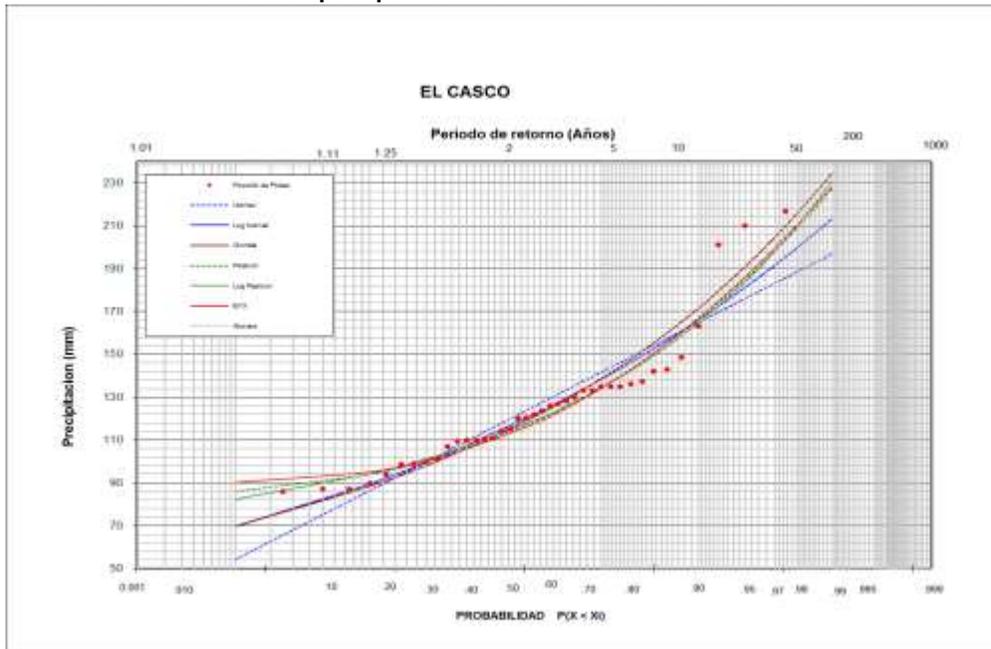
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 32. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación Barranquillita



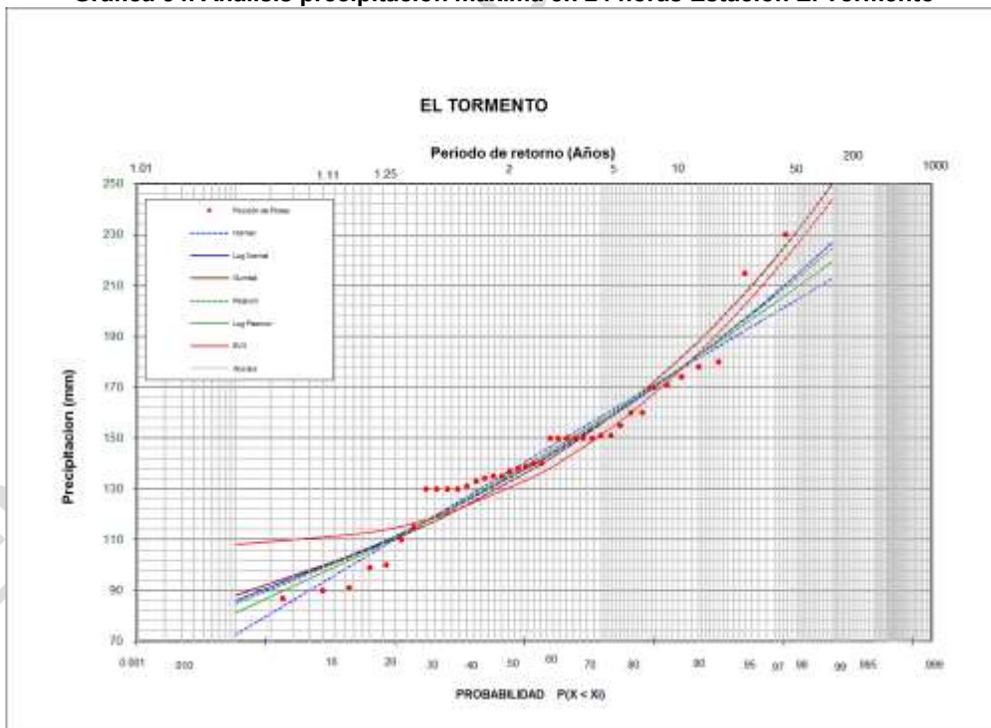
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 33. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación El Casco



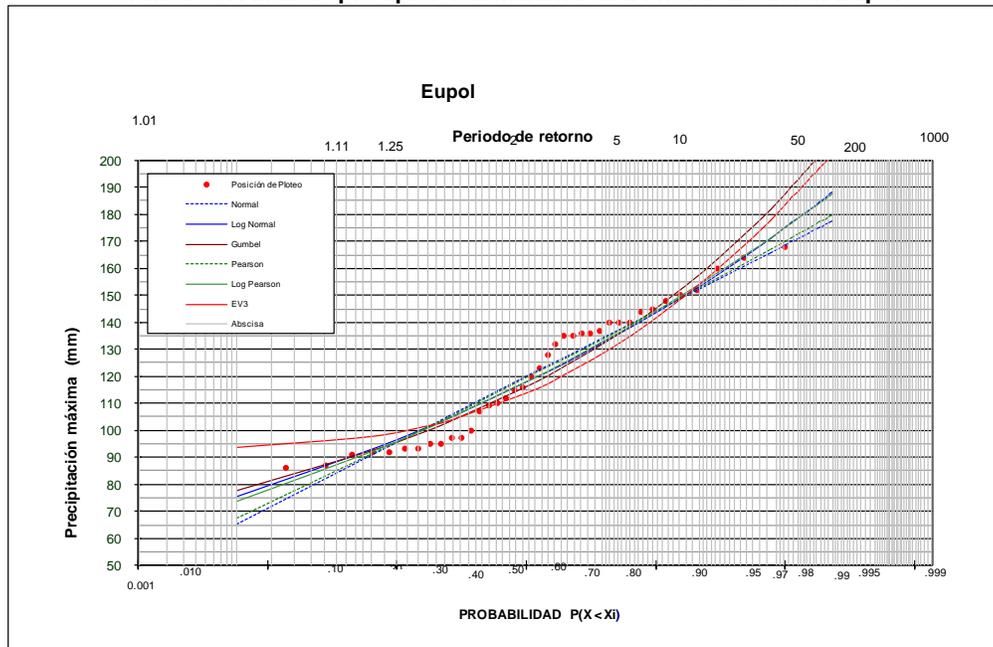
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 34. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación El Tormento



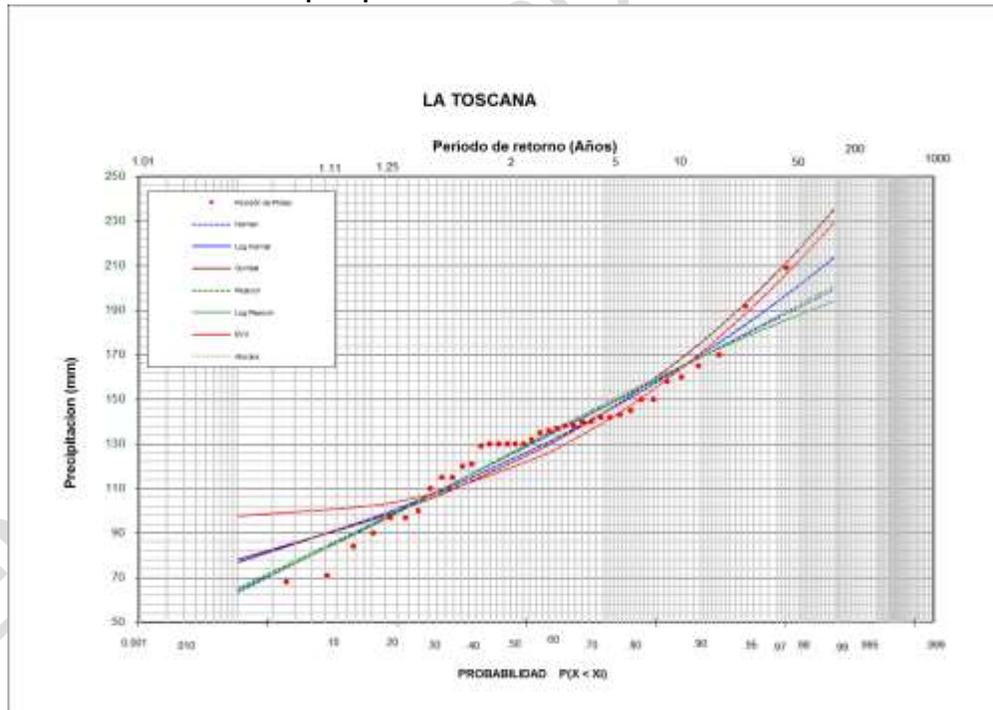
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 35. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación Eupol



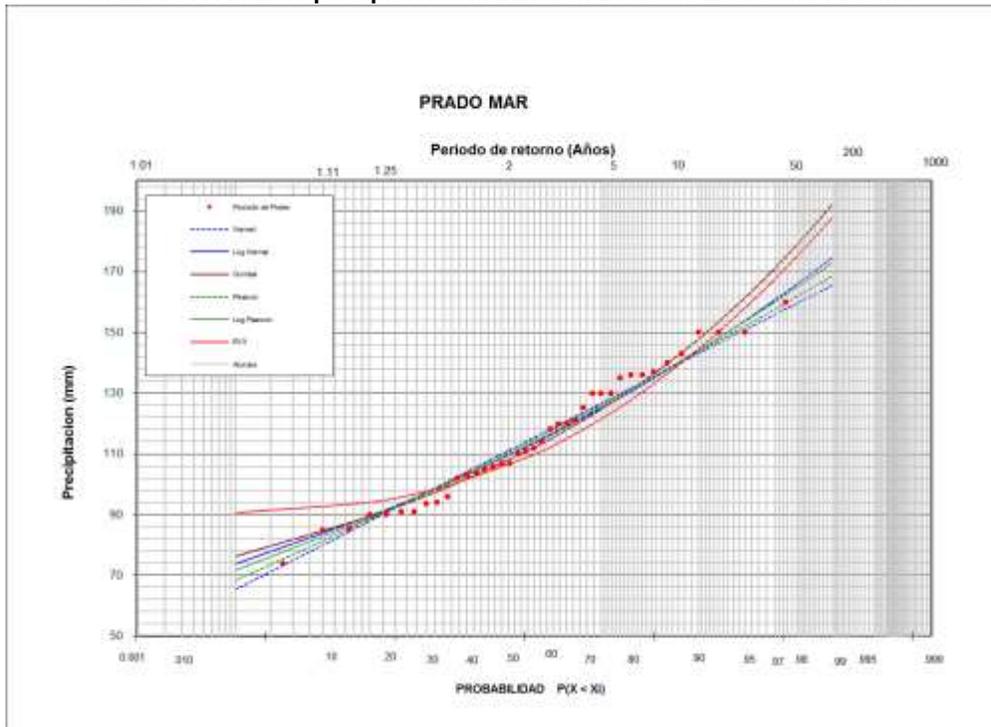
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 36. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación La Toscana



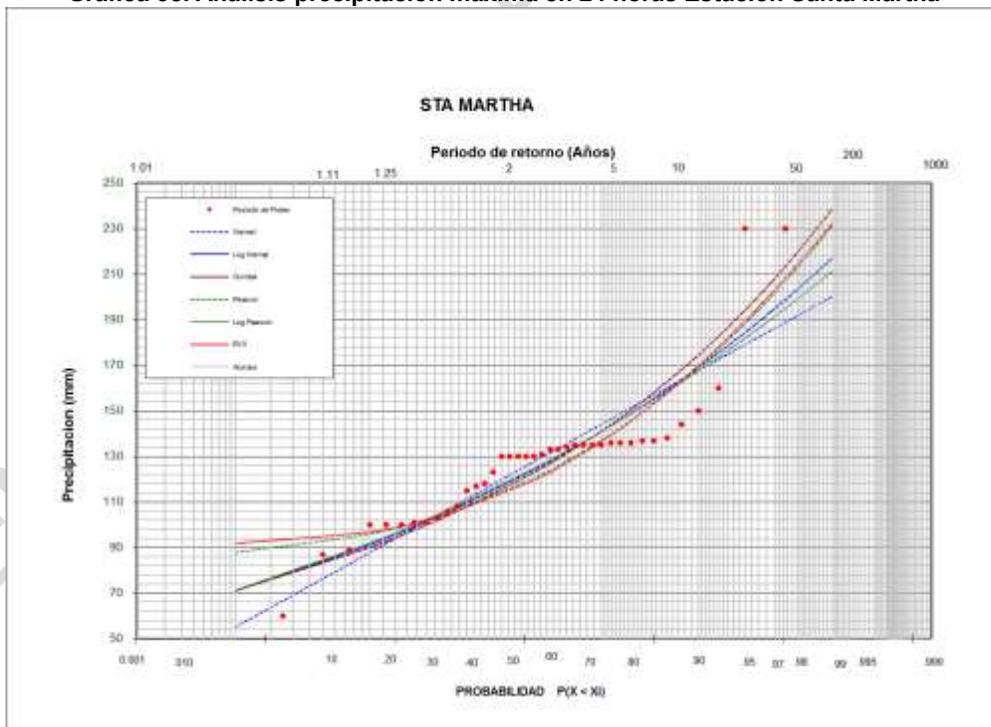
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 37. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación Pradomar



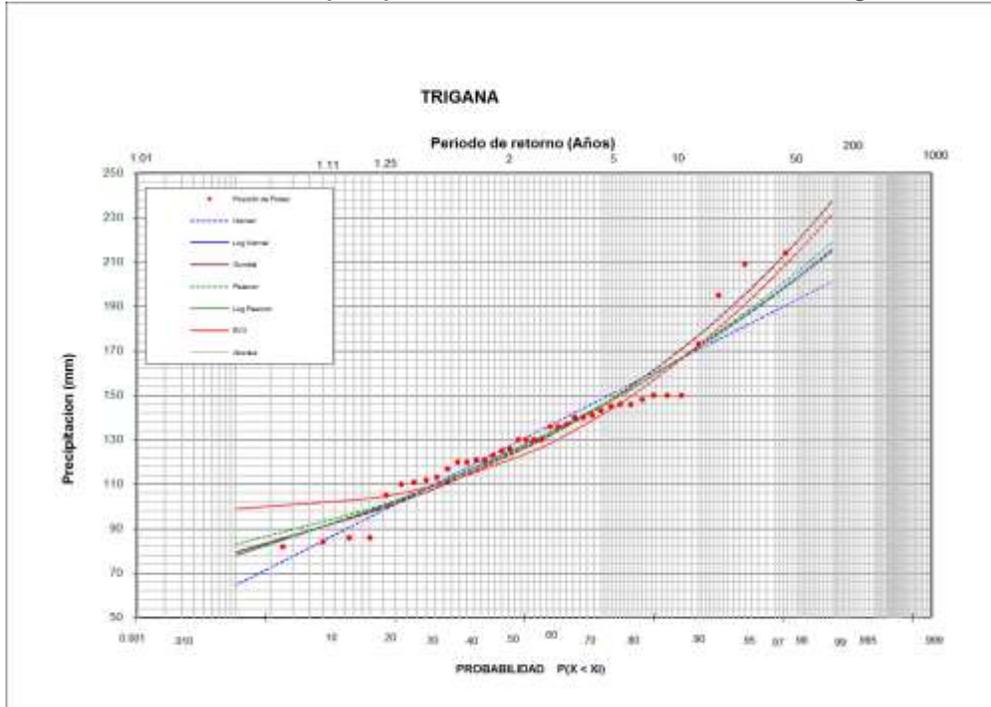
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 38. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación Santa Martha



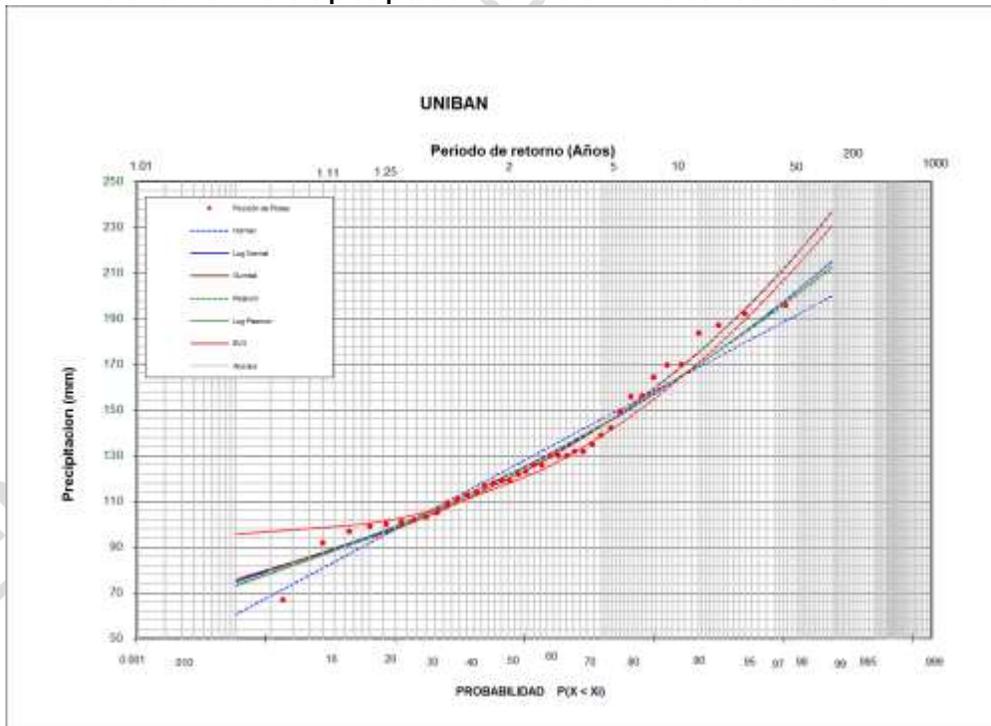
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 39. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación Trigana



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 40. Análisis precipitación máxima en 24 horas Estación Unibán



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

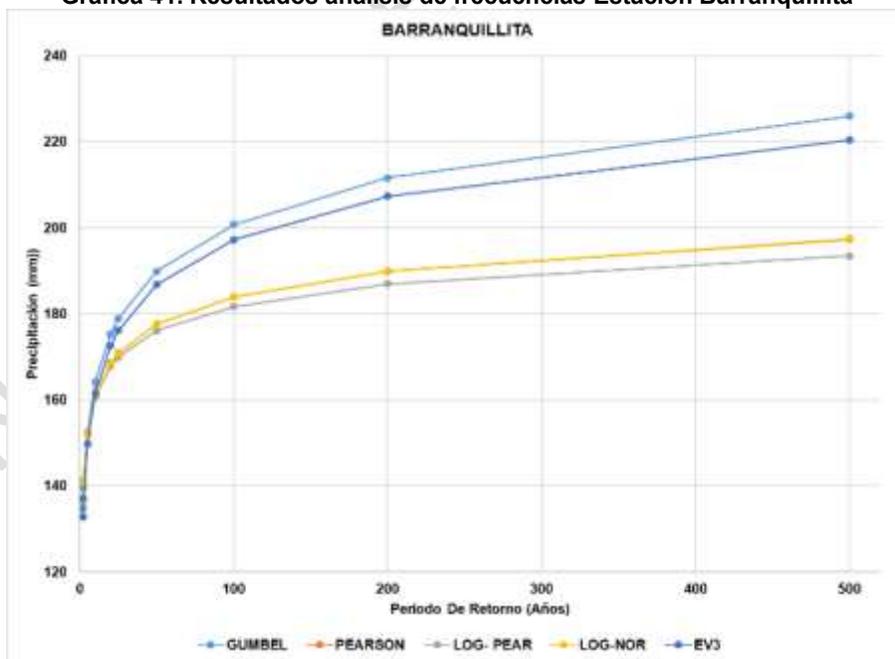
Tabla 21. Resumen análisis de frecuencias

T_R años	Barranquillita (12010030) Gumbel	El Casco (12010070) Log - Pearson	El Tormento (12010010) Log - Pearson	Eupol (12010100) Gumbel	La Toscana (12010050) Pearson
2	134.73	119.05	141.15	115.83	130.88
2.33	139.50	125.95	148.85	117.84	138.30
5	152.42	145.64	167.60	141.95	155.76
10	154.12	164.59	182.33	157.92	169.00
20	175.35	183.77	194.92	173.24	180.06
50	189.89	210.22	209.50	193.06	192.63
100	200.78	231.40	219.44	207.92	201.09
χ^2	6.13	13.63	14.18	61.14	12.47
T_R años	Prado Mar (12010110) Log - Pearson	Santa Martha (12010120) Pearson	Triganá (12010090) Gumbel	Unibán (12015020) Gumbel	Villarteaga (12015010) Gumbel
2	113.97	123.13	128.29	125.56	135.20
2.33	119.51	124.13	136.17	133.59	137.06
5	133.18	125.34	157.54	155.41	170.32
10	144.15	139.05	176.91	175.17	192.34
20	153.69	145.49	195.49	194.13	213.47
50	164.96	150.44	219.54	218.67	240.81
100	172.80	155.64	237.56	237.06	261.30
χ^2	2.78	6.27	14.47	7.22	2.03

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

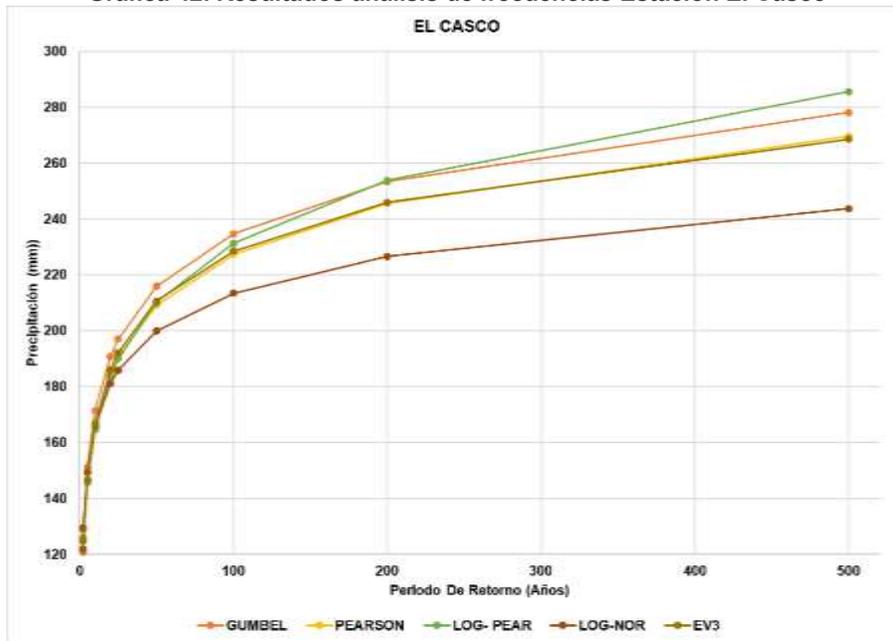
El valor más alto para un período de retorno de 5 años, se presenta en la Estación El Tormento, con un registro de 167.6 mm y el más bajo en la Estación Santa Martha, con un registro de 125.34 mm. Para un período de retorno de 100 años, el valor más alto se observa en la Estación Villarteaga, con un registro de 260.0 mm y la mínima en la Estación Santa Martha, con un valor de 155.64 mm.

Gráfica 41. Resultados análisis de frecuencias Estación Barranquillita



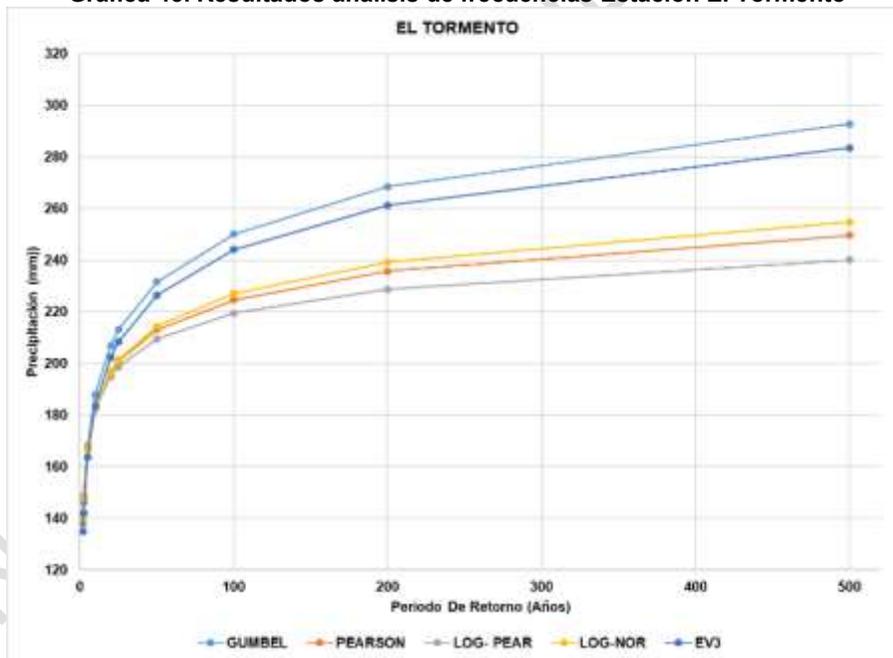
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 42. Resultados análisis de frecuencias Estación El Casco



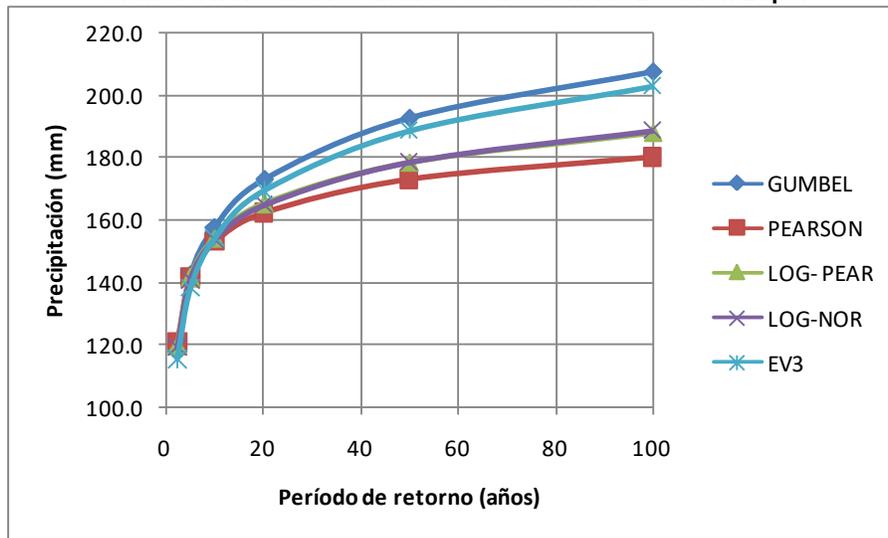
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 43. Resultados análisis de frecuencias Estación El Tormento



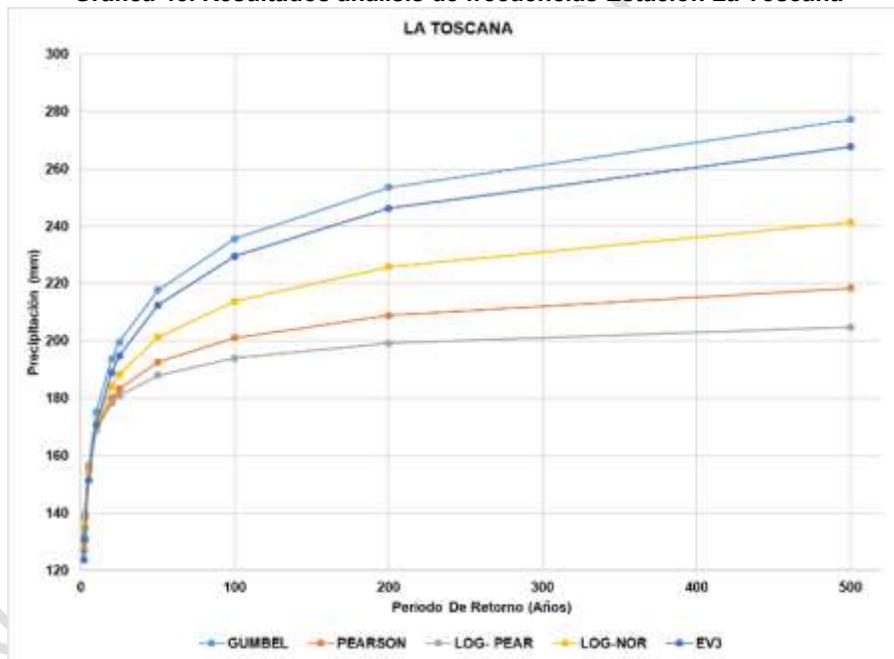
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 44. Resultados análisis de frecuencias Estación Eupol



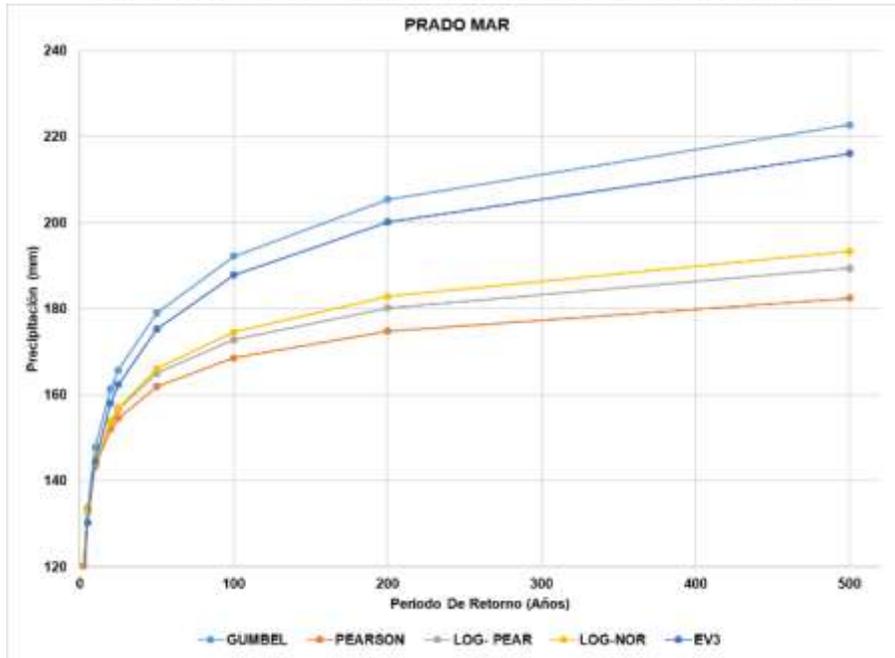
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 45. Resultados análisis de frecuencias Estación La Toscana



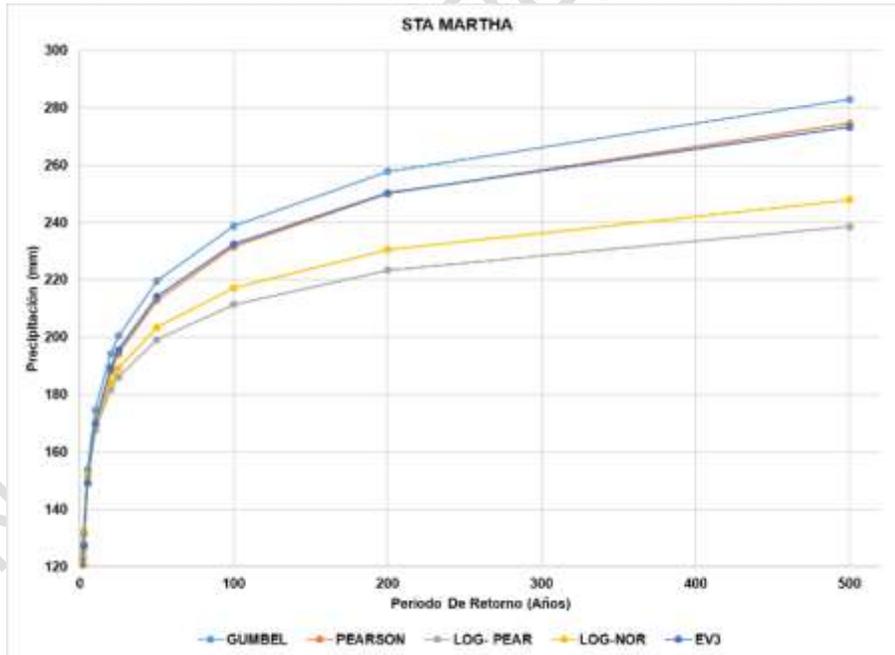
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 46. Resultados análisis de frecuencias Estación Prado Mar



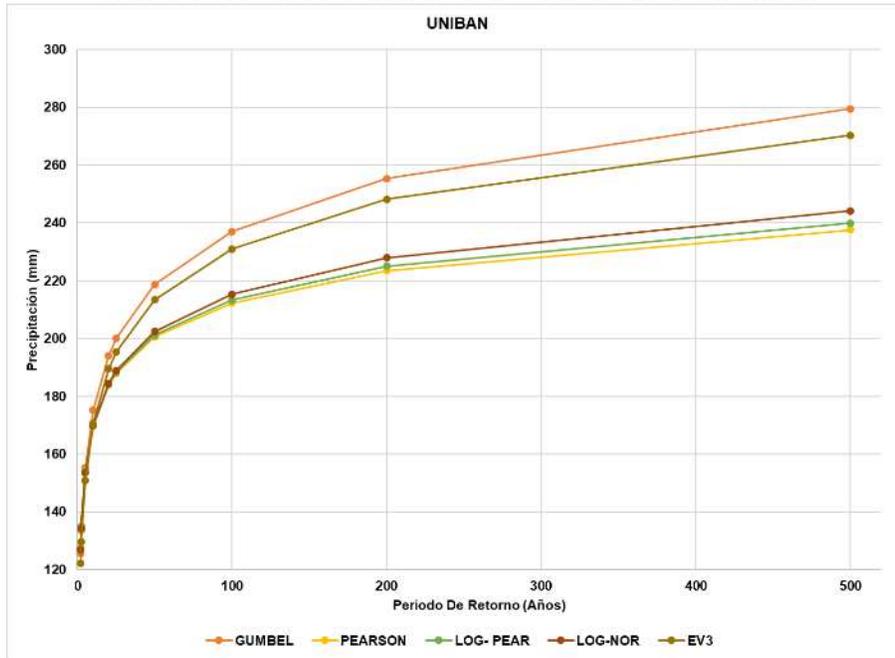
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 47. Resultados análisis de frecuencias Estación Santa Martha



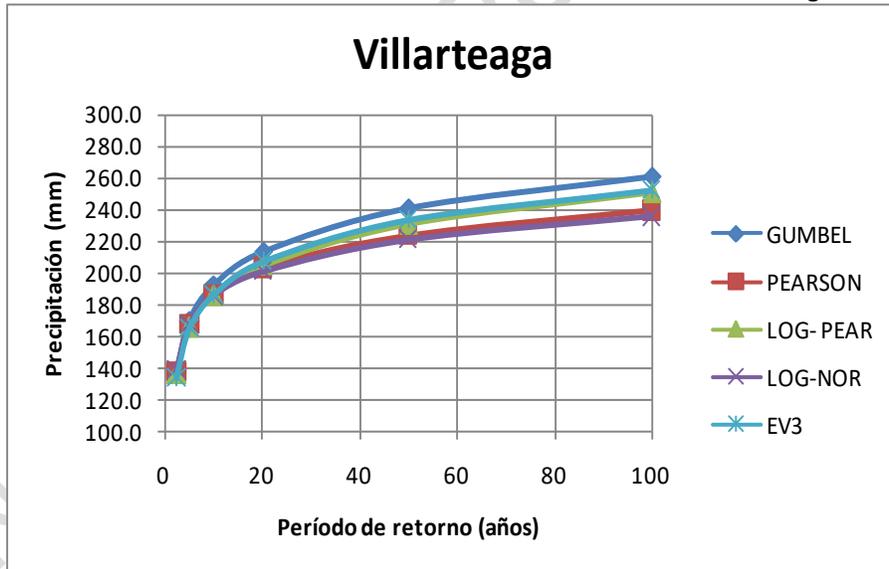
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 48. Resultados análisis de frecuencias Estación Unibán



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

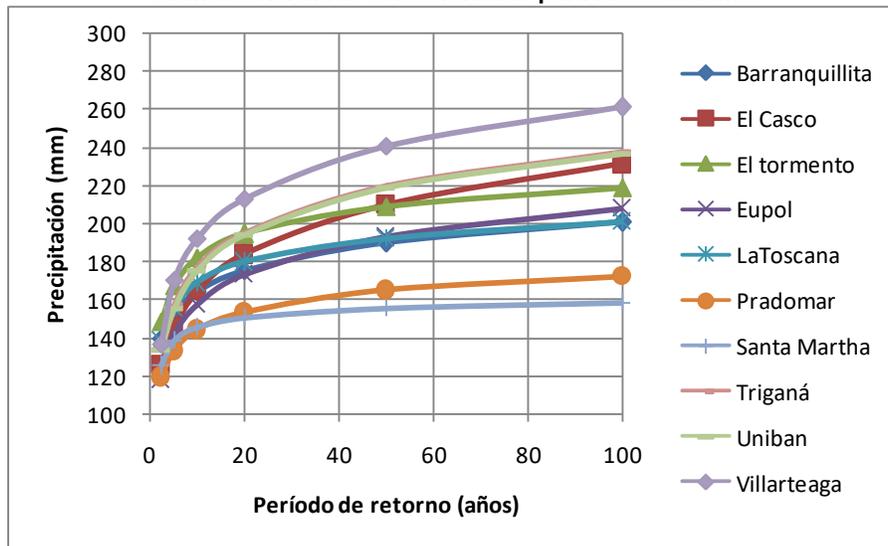
Gráfica 49. Resultados análisis de frecuencias Estación Villarteaga



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018



Gráfica 50. Curvas seleccionadas para las estaciones



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

En la Gráfica 50 se observa que las estaciones localizadas al norte del área del proyecto, como son Santa Martha, Eupol y Pradomar, presentan los valores más bajos, y que las localizadas al sur como Villarteaga, presentan los valores más altos.

1.1.1.1.8. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

Son curvas que en una sola gráfica relacionan la intensidad de la precipitación, con la duración de la misma y la frecuencia de ocurrencia de esta, para diferentes períodos de retorno o probabilidades.

A partir de estas curvas se pueden determinar los valores de los caudales máximos en cuencas pequeñas, dependiendo de la metodología a emplear. Igualmente se emplean para determinar los caudales de diseño en sistemas de alcantarillado.

Con el fin de determinar las intensidades de precipitación en la región y teniendo en cuenta que no existen curvas desarrolladas por el IDEAM, se seleccionó la información registrada (precipitación máxima en 24 horas, media anual, número promedio anual de días con lluvia y elevación) en las estaciones climatológicas Pradomar, localizada al norte en el área del proyecto, El Tormento, en la zona nororiental, Barranquillita, al oriente, Villarteaga, localizada al sur, Tulenapa y Unibán en la zona central y La Palmera, localizada en la zona centro sur, cubriendo todo el área del proyecto, y se desarrollaron las curvas IDF sintéticas, basadas en el estudio “Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad – Duración – Frecuencia para Colombia” (Vargas, M. & Diaz-Granados, M., 1997).

La ecuación de regresión múltiple, corresponde a la desarrollada para todas las regiones del país y utilizando todos los parámetros, es la siguiente:

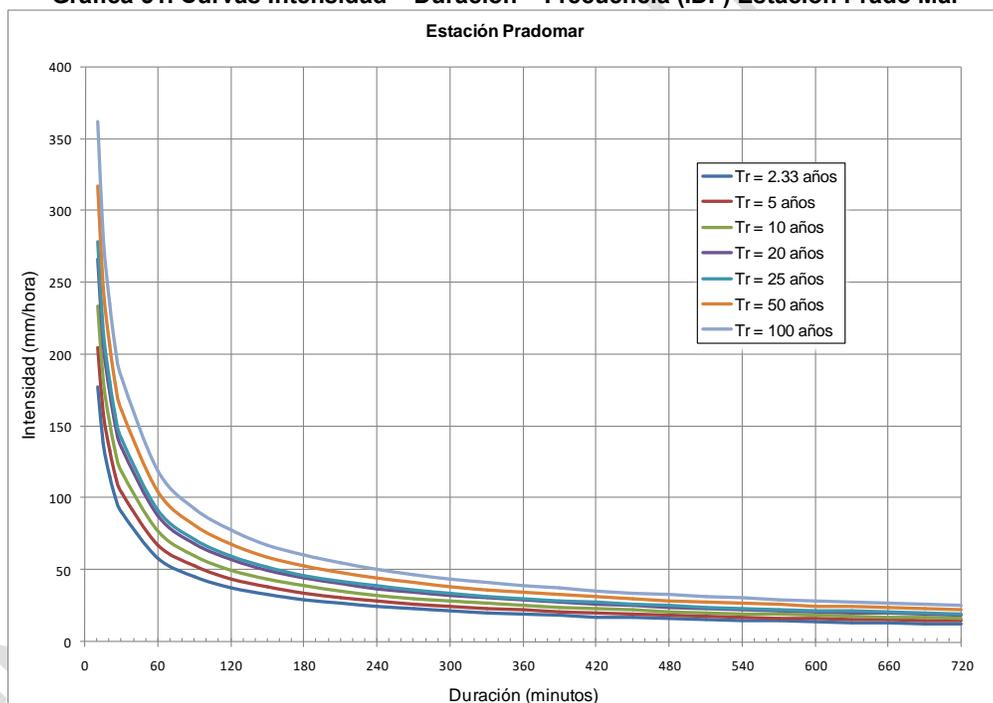
$$I = a * T^{b/t^c} * M^d * N^e * PT^f * ELEV^g$$

Donde:

- I = Intensidad de la precipitación (mm/hora).
- T = Período de Retorno (años).
- t = Duración de la precipitación (min).
- M = Valor máximo anual promedio de la precipitación máxima en 24 horas (mm).
- N = Valor promedio anual del número de días con precipitación.
- PT = Precipitación promedio total anual (mm).
- ELEV = Elevación de la estación (msnm).

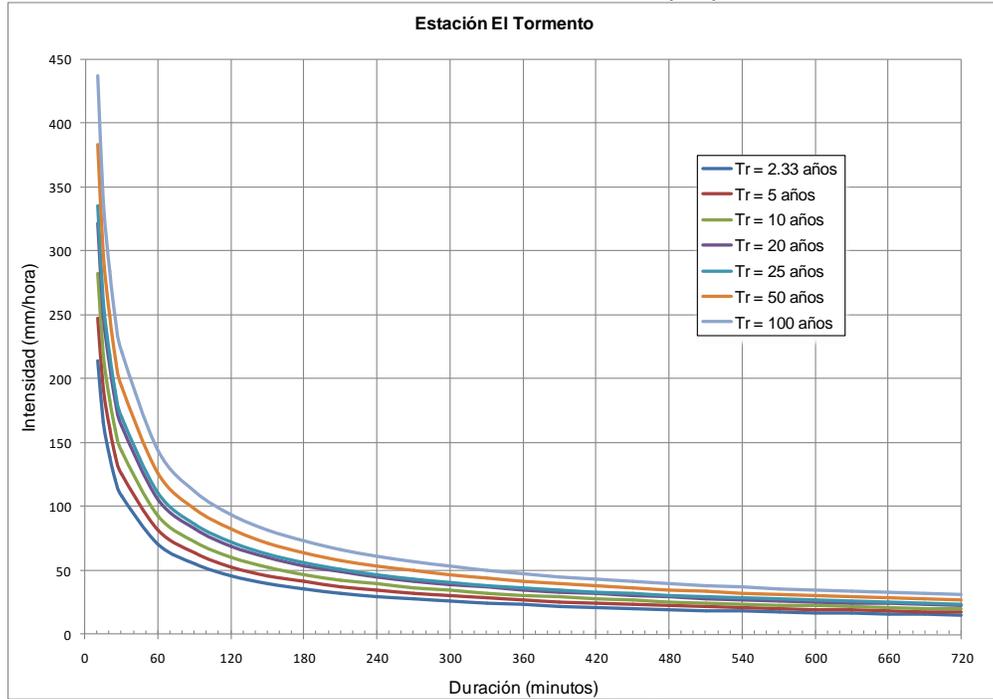
En las Gráfica 51 a Gráfica 57, se presentan las intensidades para diferentes duraciones y períodos de retorno de 5 a 100 años. En la Tabla 22, los valores climáticos y las constantes de la ecuación y en las Tabla 23 a Tabla 29, los valores correspondientes a las intensidades, para diferentes períodos de retorno, de todas las estaciones analizadas.

Gráfica 51. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) Estación Prado Mar



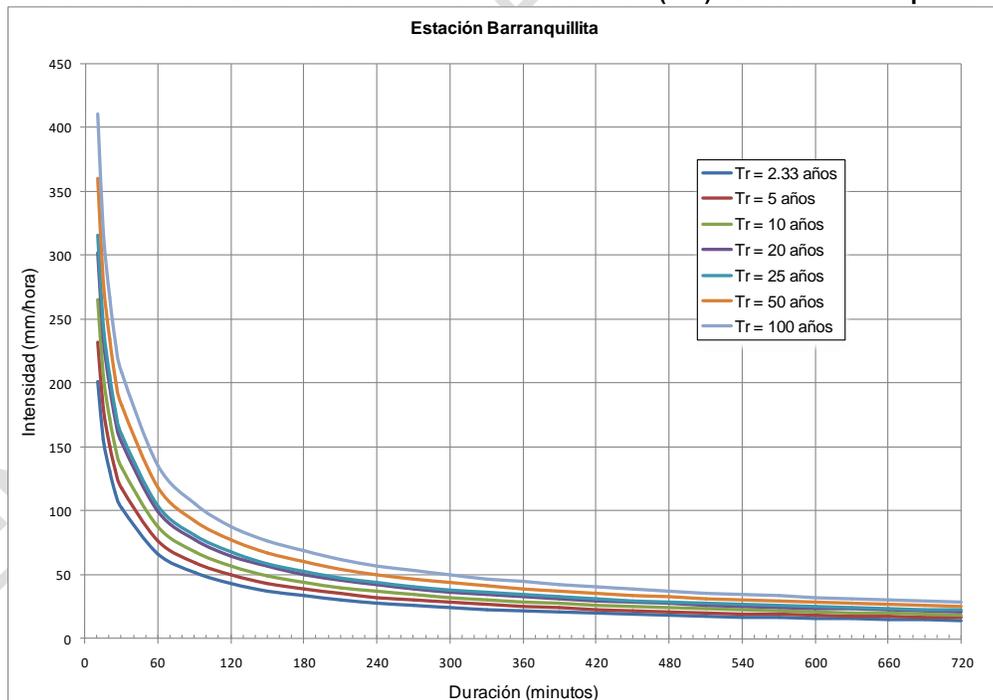
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 52. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) Estación El Tormento



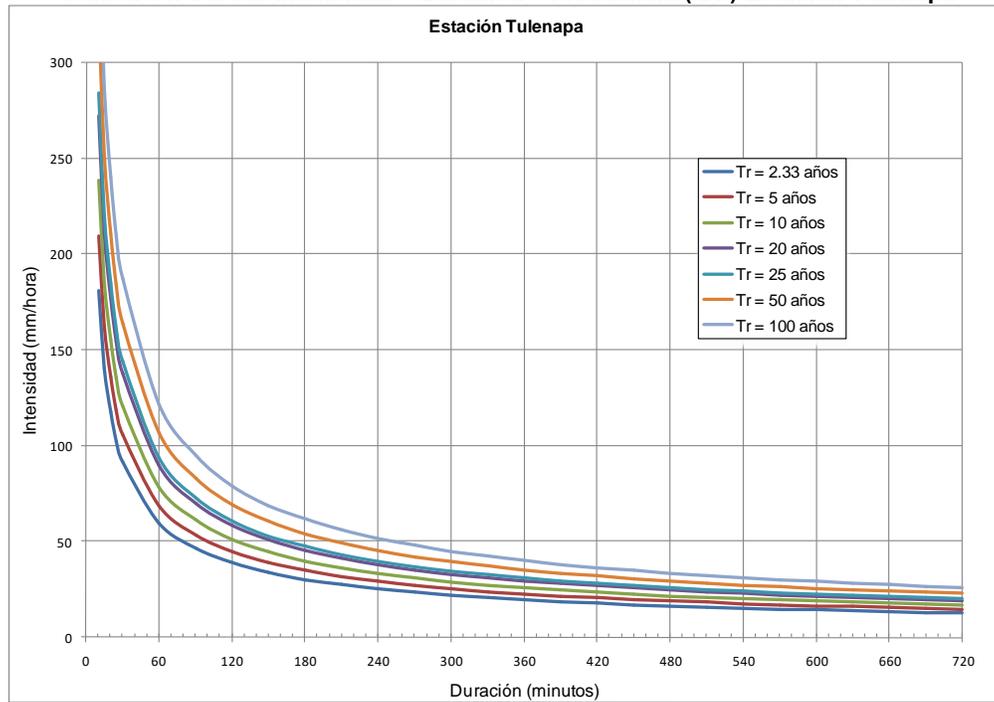
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 53. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) Estación Barranquillita



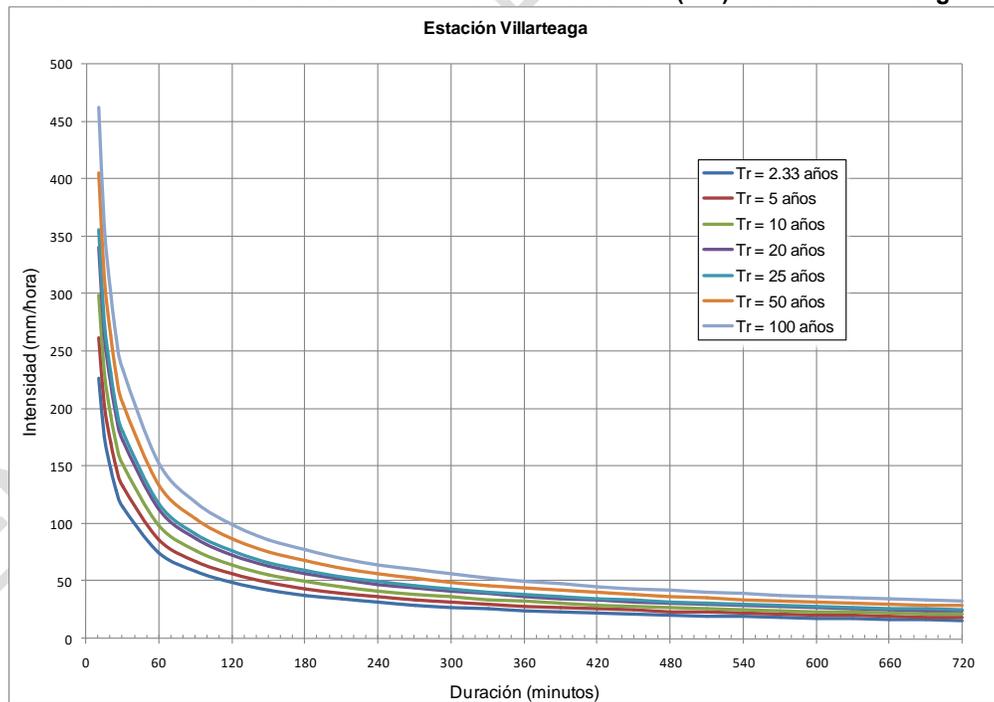
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 54. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) Estación Tulenapa



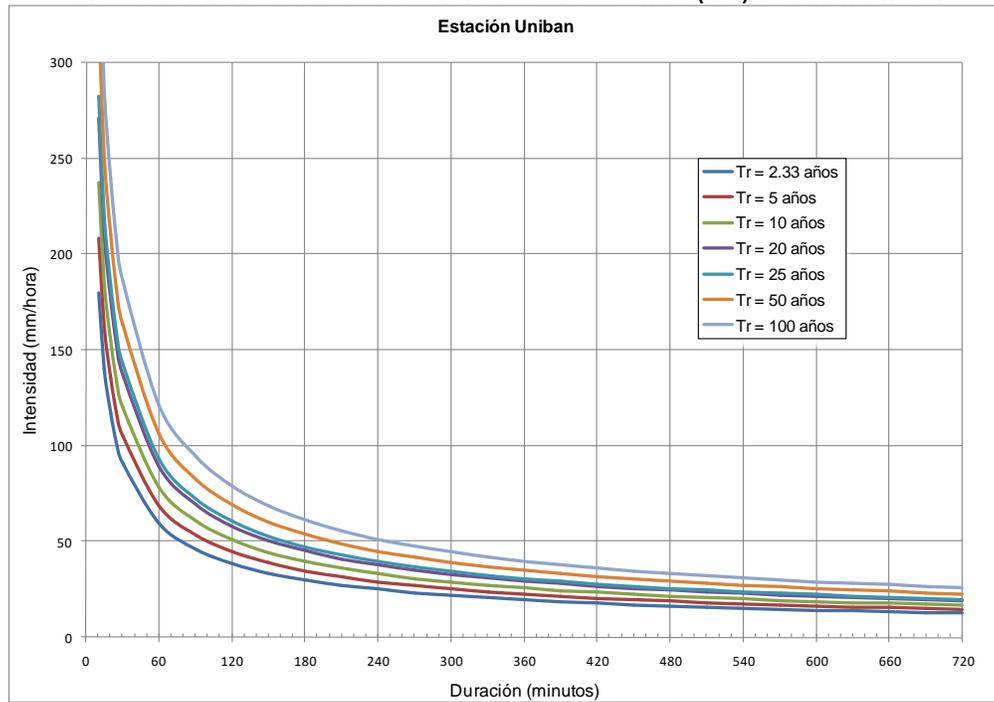
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 55. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) Estación Villarteaga



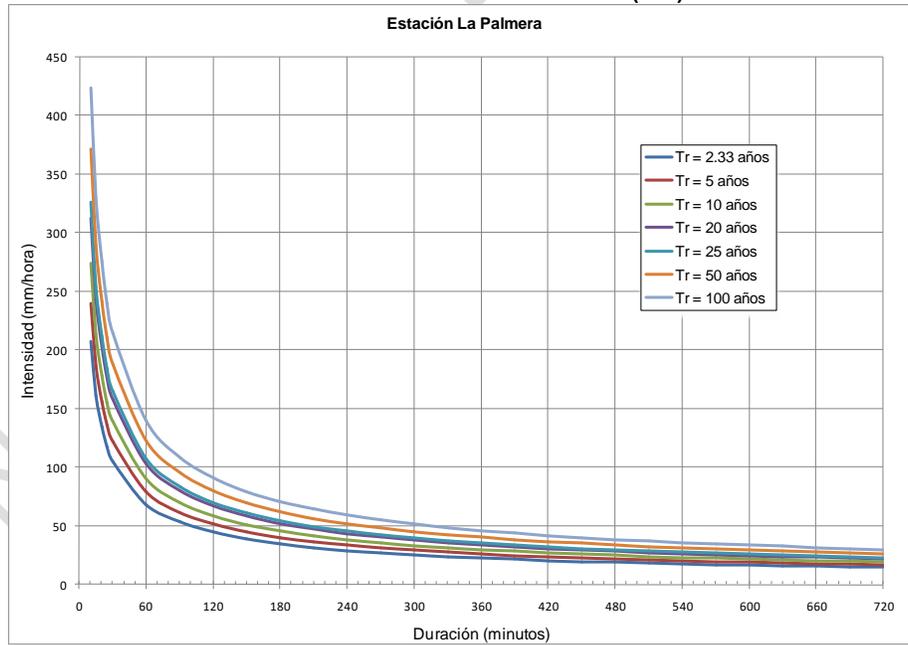
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 56. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) Estación Unibán



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 57. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) Estación La Palmera



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 22. Constantes de la ecuación

PARÁMETROS	a	b	c	d	E	f	g	M	N	PT	ELEV
Prado Mar (12010110)	3.69	0.19	0.62	0.32	-0.23	0.3	-0.03	115.4	160	2265.2	10



El Tormento (12010010)	3.69	0.19	0.62	0.32	-0.23	0.3	-0.03	141.9	190	4164.6	20
Barranquillita (12010030)	3.69	0.19	0.62	0.32	-0.23	0.3	-0.03	137.3	200	3648.1	20
Villarteaga (12015010)	3.69	0.19	0.62	0.32	-0.23	0.3	-0.03	203.0	255	5191.6	132
Tulenapa (12015090)	3.69	0.19	0.62	0.32	-0.23	0.3	-0.03	131.0	206	2869.7	30
Unibán (12015020)	3.69	0.19	0.62	0.32	-0.23	0.3	-0.03	130.2	201	2723.4	23
La Palmera (12015090)	3.69	0.19	0.62	0.32	-0.23	0.3	-0.03	144.4	190	4100.6	58

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 23. Valores curvas IDF Estación Prado Mar

t (min)	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2.33	5	10	20	25	50	100
10	177.3	205.0	233.9	266.8	278.4	317.6	362.3
15	137.9	159.5	181.9	207.5	216.5	247.0	281.7
20	115.4	133.4	152.2	173.6	181.1	206.6	235.7
25	100.5	116.2	132.5	151.2	157.7	179.9	205.3
30	89.7	103.8	118.4	135.0	140.9	160.7	183.3
60	58.4	67.5	77.0	87.9	91.7	104.6	119.3
90	45.4	52.5	59.9	68.3	71.3	81.3	92.8
120	38.0	43.9	50.1	57.2	59.6	68.0	77.6
150	33.1	38.3	43.6	49.8	51.9	59.2	67.6
180	29.5	34.2	39.0	44.5	46.4	52.9	60.4
210	26.9	31.0	35.4	40.4	42.2	48.1	54.9
240	24.7	28.6	32.6	37.2	38.8	44.3	50.5
270	23.0	26.6	30.3	34.6	36.1	41.2	46.9
300	21.5	24.9	28.4	32.4	33.8	38.5	44.0
330	20.3	23.5	26.8	30.5	31.9	36.3	41.5
360	19.2	22.2	25.4	28.9	30.2	34.4	39.3
390	18.3	21.2	24.1	27.5	28.7	32.8	37.4
420	17.5	20.2	23.0	26.3	27.4	31.3	35.7
450	16.7	19.4	22.1	25.2	26.3	30.0	34.2
480	16.1	18.6	21.2	24.2	25.2	28.8	32.9
510	15.5	17.9	20.4	23.3	24.3	27.7	31.6
540	15.0	17.3	19.7	22.5	23.5	26.8	30.5
570	14.5	16.7	19.1	21.8	22.7	25.9	29.5
600	14.0	16.2	18.5	21.1	22.0	25.1	28.6
630	13.6	15.7	17.9	20.4	21.3	24.3	27.8
660	13.2	15.3	17.4	19.9	20.7	23.6	27.0
690	12.8	14.9	16.9	19.3	20.2	23.0	26.2
720	12.5	14.5	16.5	18.8	19.6	22.4	25.6

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 24. Valores curvas IDF Estación El Tormento

t (min)	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2.33	5	10	20	25	50	100
10	214.1	247.5	282.4	322.1	336.1	383.4	437.4
15	166.5	192.5	219.6	250.5	261.4	298.2	340.2
20	139.3	161.1	183.7	209.6	218.7	249.5	284.6
25	121.3	140.3	160.0	182.5	190.4	217.2	247.8
30	108.4	125.3	142.9	163.0	170.1	194.0	221.3
60	70.5	81.5	93.0	106.1	110.7	126.2	144.0
90	54.8	63.4	72.3	82.5	86.1	98.2	112.0
120	45.9	53.0	60.5	69.0	72.0	82.1	93.7
150	39.9	46.2	52.7	60.1	62.7	71.5	81.6



t (min)	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2.33	5	10	20	25	50	100
180	35.7	41.2	47.1	53.7	56.0	63.9	72.9
210	32.4	37.5	42.8	48.8	50.9	58.1	66.2
240	29.8	34.5	39.4	44.9	46.9	53.4	61.0
270	27.7	32.1	36.6	41.7	43.6	49.7	56.7
300	26.0	30.0	34.3	39.1	40.8	46.5	53.1
330	24.5	28.3	32.3	36.9	38.5	43.9	50.0
360	23.2	26.8	30.6	34.9	36.4	41.6	47.4
390	22.1	25.5	29.1	33.2	34.7	39.6	45.1
420	21.1	24.4	27.8	31.7	33.1	37.8	43.1
450	20.2	23.4	26.7	30.4	31.7	36.2	41.3
480	19.4	22.5	25.6	29.2	30.5	34.8	39.7
510	18.7	21.6	24.7	28.1	29.4	33.5	38.2
540	18.1	20.9	23.8	27.2	28.3	32.3	36.9
570	17.5	20.2	23.0	26.3	27.4	31.3	35.7
600	16.9	19.6	22.3	25.4	26.5	30.3	34.5
630	16.4	19.0	21.6	24.7	25.8	29.4	33.5
660	15.9	18.4	21.0	24.0	25.0	28.5	32.6
690	15.5	17.9	20.5	23.3	24.3	27.8	31.7
720	15.1	17.5	19.9	22.7	23.7	27.0	30.9

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 25. Valores curvas IDF Estación Barranquillita

t (min)	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2.33	5	10	20	25	50	100
10	201.2	232.7	265.4	302.8	315.9	360.3	411.1
15	156.5	180.9	206.4	235.5	245.7	280.2	319.7
20	130.9	151.4	172.7	197.0	205.5	234.5	267.5
25	114.0	131.8	150.4	171.5	179.0	204.2	232.9
30	101.8	117.7	134.3	153.2	159.8	182.3	208.0
60	66.3	76.6	87.4	99.7	104.0	118.6	135.3
90	51.5	59.6	68.0	77.5	80.9	92.3	105.3
120	43.1	49.8	56.9	64.9	67.7	77.2	88.1
150	37.5	43.4	49.5	56.5	58.9	67.2	76.7
180	33.5	38.8	44.2	50.4	52.6	60.0	68.5
210	30.5	35.2	40.2	45.8	47.8	54.6	62.2
240	28.1	32.4	37.0	42.2	44.0	50.2	57.3
270	26.1	30.1	34.4	39.2	40.9	46.7	53.3
300	24.4	28.2	32.2	36.8	38.3	43.7	49.9
330	23.0	26.6	30.4	34.6	36.1	41.2	47.0
360	21.8	25.2	28.8	32.8	34.2	39.1	44.6
390	20.8	24.0	27.4	31.2	32.6	37.2	42.4
420	19.8	22.9	26.2	29.8	31.1	35.5	40.5
450	19.0	22.0	25.1	28.6	29.8	34.0	38.8
480	18.3	21.1	24.1	27.5	28.7	32.7	37.3
510	17.6	20.3	23.2	26.4	27.6	31.5	35.9
540	17.0	19.6	22.4	25.5	26.6	30.4	34.7
570	16.4	19.0	21.6	24.7	25.8	29.4	33.5
600	15.9	18.4	21.0	23.9	24.9	28.5	32.5
630	15.4	17.8	20.3	23.2	24.2	27.6	31.5
660	15.0	17.3	19.8	22.5	23.5	26.8	30.6
690	14.6	16.9	19.2	21.9	22.9	26.1	29.8
720	14.2	16.4	18.7	21.4	22.3	25.4	29.0

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018



Tabla 26. Valores curvas IDF Estación Villarteaga

t (min)	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2.33	5	10	20	25	50	100
10	226.6	262.0	298.8	340.9	355.7	405.7	462.8
15	176.2	203.7	232.4	265.1	276.6	315.5	360.0
20	147.4	170.4	194.4	221.8	231.4	264.0	301.2
25	128.4	148.4	169.3	193.2	201.5	229.9	262.2
30	114.7	132.6	151.2	172.5	180.0	205.3	234.2
60	74.6	86.3	98.4	112.2	117.1	133.6	152.4
90	58.0	67.1	76.5	87.3	91.1	103.9	118.5
120	48.5	56.1	64.0	73.0	76.2	86.9	99.2
150	42.3	48.9	55.8	63.6	66.4	75.7	86.3
180	37.8	43.6	49.8	56.8	59.3	67.6	77.1
210	34.3	39.7	45.3	51.6	53.9	61.4	70.1
240	31.6	36.5	41.7	47.5	49.6	56.6	64.5
270	29.4	33.9	38.7	44.2	46.1	52.6	60.0
300	27.5	31.8	36.3	41.4	43.2	49.3	56.2
330	25.9	30.0	34.2	39.0	40.7	46.4	53.0
360	24.6	28.4	32.4	37.0	38.6	44.0	50.2
390	23.4	27.0	30.8	35.2	36.7	41.9	47.7
420	22.3	25.8	29.4	33.6	35.0	40.0	45.6
450	21.4	24.7	28.2	32.2	33.6	38.3	43.7
480	20.6	23.8	27.1	30.9	32.3	36.8	42.0
510	19.8	22.9	26.1	29.8	31.1	35.4	40.4
540	19.1	22.1	25.2	28.7	30.0	34.2	39.0
570	18.5	21.4	24.4	27.8	29.0	33.1	37.7
600	17.9	20.7	23.6	26.9	28.1	32.0	36.6
630	17.4	20.1	22.9	26.1	27.3	31.1	35.5
660	16.9	19.5	22.2	25.4	26.5	30.2	34.5
690	16.4	19.0	21.6	24.7	25.8	29.4	33.5
720	16.0	18.5	21.1	24.0	25.1	28.6	32.6

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 27. Valores curvas IDF Estación Tulenapa

t (min)	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2.33	5	10	20	25	50	100
10	181.1	209.3	238.8	272.4	284.2	324.2	369.9
15	140.8	162.8	185.7	211.9	221.0	252.2	287.7
20	117.8	136.2	155.4	177.3	184.9	211.0	240.7
25	102.6	118.6	135.3	154.4	161.0	183.7	209.6
30	91.6	105.9	120.8	137.9	143.8	164.1	187.2
60	59.6	68.9	78.6	89.7	93.6	106.8	121.8
90	46.4	53.6	61.2	69.8	72.8	83.0	94.7
120	38.8	44.8	51.2	58.4	60.9	69.5	79.2
150	33.8	39.1	44.6	50.8	53.0	60.5	69.0
180	30.2	34.9	39.8	45.4	47.4	54.0	61.6
210	27.4	31.7	36.2	41.3	43.0	49.1	56.0
240	25.2	29.2	33.3	38.0	39.6	45.2	51.6
270	23.5	27.1	30.9	35.3	36.8	42.0	47.9
300	22.0	25.4	29.0	33.1	34.5	39.4	44.9
330	20.7	24.0	27.3	31.2	32.5	37.1	42.3
360	19.6	22.7	25.9	29.5	30.8	35.2	40.1
390	18.7	21.6	24.6	28.1	29.3	33.4	38.2
420	17.8	20.6	23.5	26.8	28.0	31.9	36.4
450	17.1	19.8	22.5	25.7	26.8	30.6	34.9
480	16.4	19.0	21.7	24.7	25.8	29.4	33.5
510	15.8	18.3	20.9	23.8	24.8	28.3	32.3



t (min)	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2.33	5	10	20	25	50	100
540	15.3	17.7	20.1	23.0	24.0	27.3	31.2
570	14.8	17.1	19.5	22.2	23.2	26.4	30.2
600	14.3	16.5	18.9	21.5	22.4	25.6	29.2
630	13.9	16.0	18.3	20.9	21.8	24.8	28.3
660	13.5	15.6	17.8	20.3	21.2	24.1	27.5
690	13.1	15.2	17.3	19.7	20.6	23.5	26.8
720	12.8	14.8	16.8	19.2	20.0	22.9	26.1

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 28. Valores curvas IDF Estación Unibán

t (min)	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2.33	5	10	20	25	50	100
10	180.2	208.3	237.6	271.1	282.8	322.6	368.0
15	140.1	162.0	184.8	210.8	219.9	250.9	286.2
20	117.2	135.5	154.6	176.4	184.0	209.9	239.5
25	102.1	118.0	134.6	153.6	160.2	182.8	208.5
30	91.2	105.4	120.2	137.2	143.1	163.3	186.2
60	59.3	68.6	78.2	89.3	93.1	106.2	121.2
90	46.1	53.3	60.8	69.4	72.4	82.6	94.2
120	38.6	44.6	50.9	58.1	60.6	69.1	78.8
150	33.6	38.9	44.3	50.6	52.8	60.2	68.7
180	30.0	34.7	39.6	45.2	47.1	53.8	61.3
210	27.3	31.5	36.0	41.0	42.8	48.9	55.7
240	25.1	29.0	33.1	37.8	39.4	45.0	51.3
270	23.3	27.0	30.8	35.1	36.6	41.8	47.7
300	21.9	25.3	28.8	32.9	34.3	39.2	44.7
330	20.6	23.8	27.2	31.0	32.4	36.9	42.1
360	19.5	22.6	25.8	29.4	30.7	35.0	39.9
390	18.6	21.5	24.5	28.0	29.2	33.3	38.0
420	17.8	20.5	23.4	26.7	27.9	31.8	36.3
450	17.0	19.7	22.4	25.6	26.7	30.5	34.7
480	16.3	18.9	21.6	24.6	25.7	29.3	33.4
510	15.7	18.2	20.8	23.7	24.7	28.2	32.2
540	15.2	17.6	20.0	22.9	23.8	27.2	31.0
570	14.7	17.0	19.4	22.1	23.1	26.3	30.0
600	14.2	16.5	18.8	21.4	22.3	25.5	29.1
630	13.8	16.0	18.2	20.8	21.7	24.7	28.2
660	13.4	15.5	17.7	20.2	21.1	24.0	27.4
690	13.0	15.1	17.2	19.6	20.5	23.4	26.7
720	12.7	14.7	16.8	19.1	19.9	22.8	26.0

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 29. Valores curvas IDF Estación La Palmera

t (min)	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2.33	5	10	20	25	50	100
10	207.7	240.1	273.9	312.5	326.0	371.9	424.3
15	161.5	186.8	213.0	243.0	253.6	289.2	330.0
20	135.1	156.2	178.2	203.3	212.1	242.0	276.1
25	117.7	136.1	155.2	177.1	184.7	210.7	240.4
30	105.1	121.5	138.6	158.1	165.0	188.2	214.7
60	68.4	79.1	90.2	102.9	107.3	122.5	139.7
90	53.2	61.5	70.1	80.0	83.5	95.2	108.6
120	44.5	51.4	58.7	66.9	69.8	79.7	90.9
150	38.7	44.8	51.1	58.3	60.8	69.4	79.2
180	34.6	40.0	45.6	52.1	54.3	62.0	70.7

t (min)	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2.33	5	10	20	25	50	100
210	31.5	36.4	41.5	47.3	49.4	56.3	64.2
240	29.0	33.5	38.2	43.6	45.4	51.8	59.1
270	26.9	31.1	35.5	40.5	42.2	48.2	55.0
300	25.2	29.1	33.3	37.9	39.6	45.1	51.5
330	23.8	27.5	31.3	35.8	37.3	42.6	48.5
360	22.5	26.0	29.7	33.9	35.3	40.3	46.0
390	21.4	24.8	28.3	32.2	33.6	38.4	43.8
420	20.5	23.7	27.0	30.8	32.1	36.6	41.8
450	19.6	22.7	25.9	29.5	30.8	35.1	40.1
480	18.8	21.8	24.8	28.3	29.6	33.7	38.5
510	18.1	21.0	23.9	27.3	28.5	32.5	37.1
540	17.5	20.2	23.1	26.3	27.5	31.4	35.8
570	16.9	19.6	22.3	25.5	26.6	30.3	34.6
600	16.4	19.0	21.6	24.7	25.8	29.4	33.5
630	15.9	18.4	21.0	23.9	25.0	28.5	32.5
660	15.5	17.9	20.4	23.3	24.3	27.7	31.6
690	15.0	17.4	19.8	22.6	23.6	26.9	30.7
720	14.7	16.9	19.3	22.0	23.0	26.2	29.9

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.3.2 Evaporación

Es un proceso físico que consiste en el paso lento y gradual del estado líquido del agua, a un estado gaseoso, después de adquirir suficiente energía para vencer la tensión superficial.

La evaporación es una de las variables de la atmósfera más importantes, ya que representa la pérdida de agua en una cuenca y se puede dar desde una superficie líquida, como un lago, un río, ciénaga, etc., o desde una superficie sólida, como es el suelo en la cuenca. El aparato para medir la evaporación en una superficie libre, se denomina evaporímetro y el más utilizado en Colombia por el IDEAM, es el Tanque Evaporimétrico Tipo A, que permite medir la pérdida de agua en el tanque, por medio de un nonio, entre dos lecturas.

Otro aparato bastante utilizado es el de tipo Piche, constituido por un tubo cilíndrico de vidrio de 25 cm de largo y 1.5 cm de diámetro. El tubo está graduado y cerrado en su parte superior, mientras que su abertura inferior está obturada por una hoja circular de papel filtro normalizado de 30 mm de diámetro y 0.5 mm de espesor, fijada por capilaridad y mantenida por un resorte. Llenado el aparato de agua destilada, ésta se evapora progresivamente a través de la hoja de papel filtro. La disminución del nivel del agua en el tubo permite calcular la tasa de evaporación.

Dentro del ciclo hidrológico, la evaporación transforma el agua en la cuenca en vapor de agua a la atmósfera, que al condensarse se convierte en nubes y regresa nuevamente en forma de lluvia, nieve, neblina, rocío, etc.

Cuando se contempla la transpiración de las plantas en la cuenca, se denomina evapotranspiración.

1.1.1.1.9. Estaciones seleccionadas

Para el desarrollo del estudio, se seleccionaron las estaciones climatológicas, que contaran con el registro de este parámetro y que cubrieran los diferentes pisos térmicos que se encuentran en la cuenca y en sus alrededores.

En la Tabla 30, se presentan las estaciones climatológicas seleccionadas, indicando su nombre, código y elevación en la que se encuentran.

En la tabla se puede observar que las estaciones están localizadas entre los 23 msnm y los 150 msnm, que cubren un rango de alturas importante. Para determinar los valores para alturas superiores a las registradas, se determinará el gradiente y se extrapolarán los datos.

Tabla 30. Estaciones climatológicas con evaporímetro

CORRIENTE	CÓDIGO	ELEVACION
APTO LOS CEDROS	12015070	19
BAJIRÁ	11145010	150
LA PALMERA	12015090	58
TULENAPA	12015060	30
UNIBÁN	12015020	23
VILLARTEAGA	12015010	132

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.1.1.10. Complementación de la información

Teniendo en cuenta que los valores de la evaporación, se registran como totales y no como promedios, si se tienen vacíos de información, en períodos relativamente largos, la información mensual se encontraría distorsionada y los valores estarían subdimensionados.

De acuerdo con lo anterior, se complementaron las series diarias, de los datos faltantes, con el valor promedio diario multianual del mes a complementar. Si el faltante era el mes completo, se complementó con el valor promedio mensual multianual de la serie. De acuerdo con lo anterior, se trabajaron las series complementadas de todo el período de registro de la estación.

No se tuvieron en cuenta las estaciones Aeropuerto Los Cedros y Bajirá, puesto que solo cuentan con un año de información.

1.1.1.1.11. Distribución temporal

La distribución temporal a lo largo del año presentado en la generalidad de las estaciones, es de tipo bimodal, con dos períodos de registros altos en los meses de Febrero y Marzo, en el primer semestre del año y Julio, Agosto y Septiembre en el segundo. Los valores más bajos se observan en los meses de Abril y Mayo en el primer semestre y Octubre, Noviembre y Diciembre en el segundo.

En la Tabla 31, se presentan los valores medios mensuales y totales anuales de las estaciones seleccionadas y en las Gráfica 58 a Gráfica 62, las distribuciones. Se puede observar que el mayor valor anual, se registró en la Estación La Palmera, con un valor de

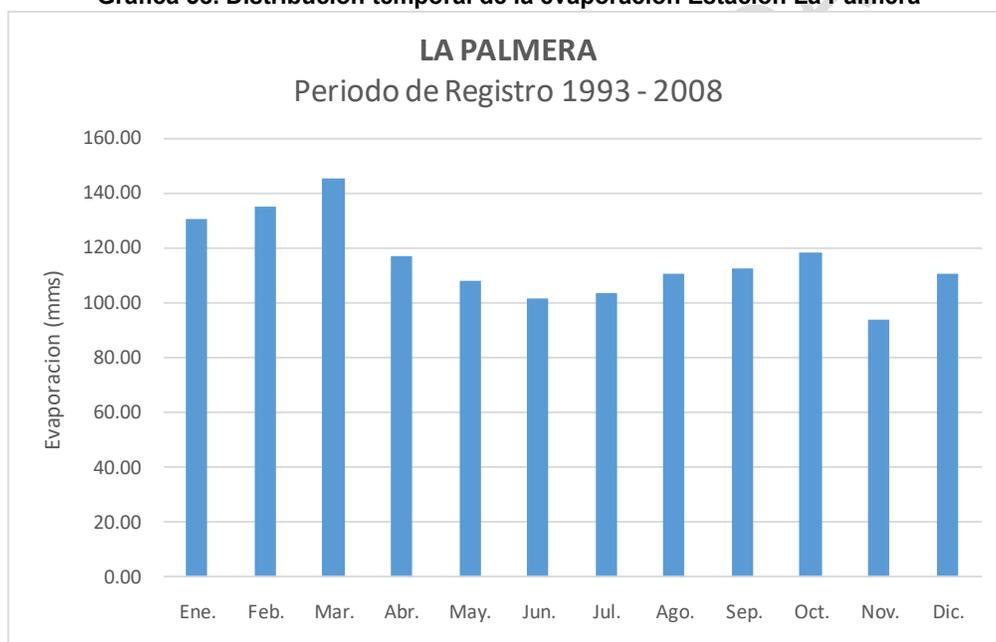
1.386,9 mm y el menor en la Estación de Villarteaga, con un valor de 1.108,3 mm. El valor promedio es de 1.274,2 mm. Vale la pena mencionar, que las estaciones se encuentran en diferentes pisos térmicos, por lo cual se presentan valores bastante diferentes entre ellos.

Tabla 31. Valores medios mensuales de evaporación (mm) (Periodo 1979 – 2016)

ESTACIÓN	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
La Palmera (12015090)	130.7	135.1	145.5	117.0	108.2	101.3	103.7	110.4	112.3	118.4	93.9	110.4	1386.9
Tulenapa (12015060)	121.0	118.0	130.9	115.3	107.3	101.1	111.6	111.7	108.1	115.9	100.1	103.2	1344.1
Unibán (12015020)	106.9	109.2	119.1	108.7	101.5	95.5	103.6	105.6	106.5	108.0	98.3	94.4	1257.3
Villarteaga (12015010)	99.6	94.3	98.3	94.7	97.3	87.7	89.4	92.0	89.9	93.8	85.7	85.6	1108.3
Musinga (11115040)	99.8	89.0	100.3	83.7	87.7	87.0	99.1	101.6	92.3	85.5	81.8	88.5	1092.15

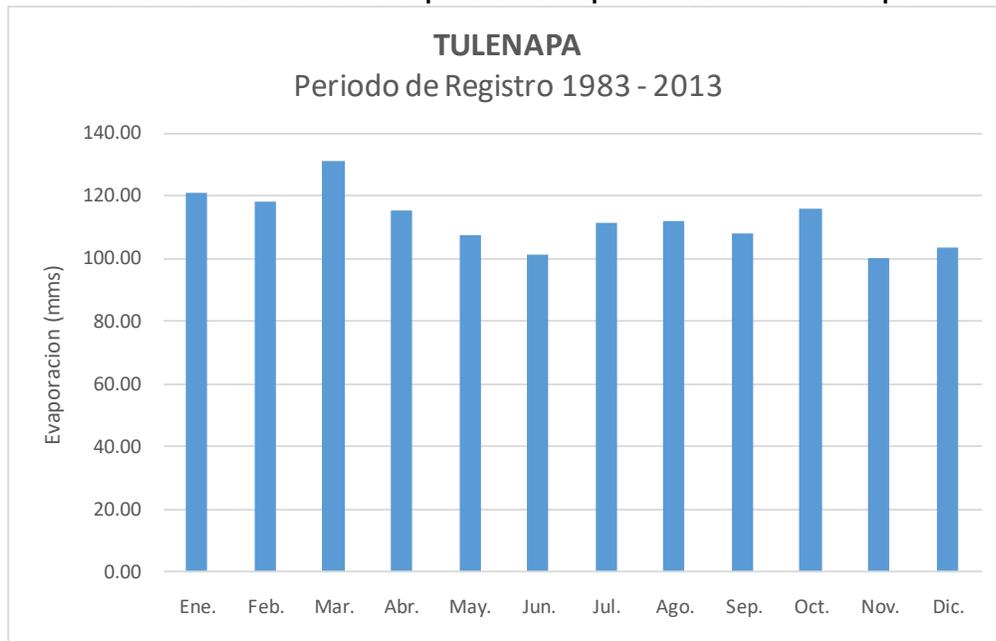
Fuente: IDEAM, 2017

Gráfica 58. Distribución temporal de la evaporación Estación La Palmera



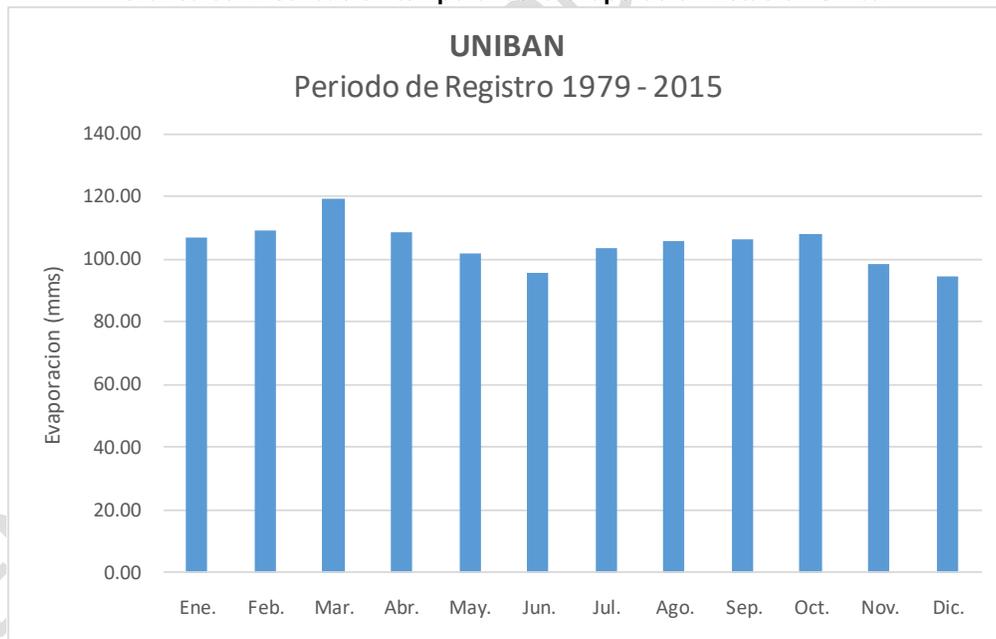
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 59. Distribución temporal de la evaporación Estación Tulenapa



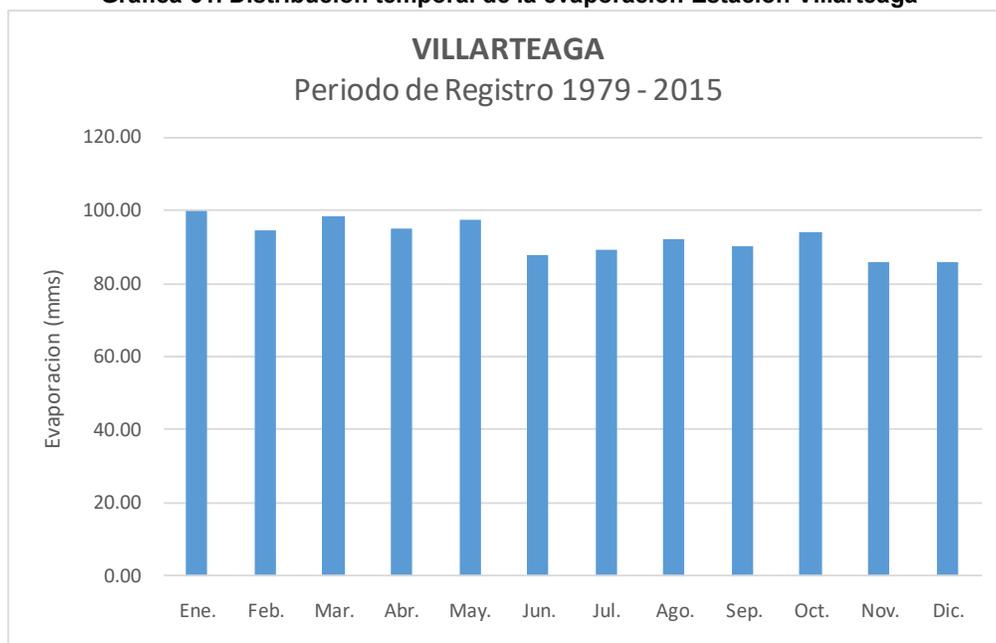
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 60. Distribución temporal de la evaporación Estación Unibán



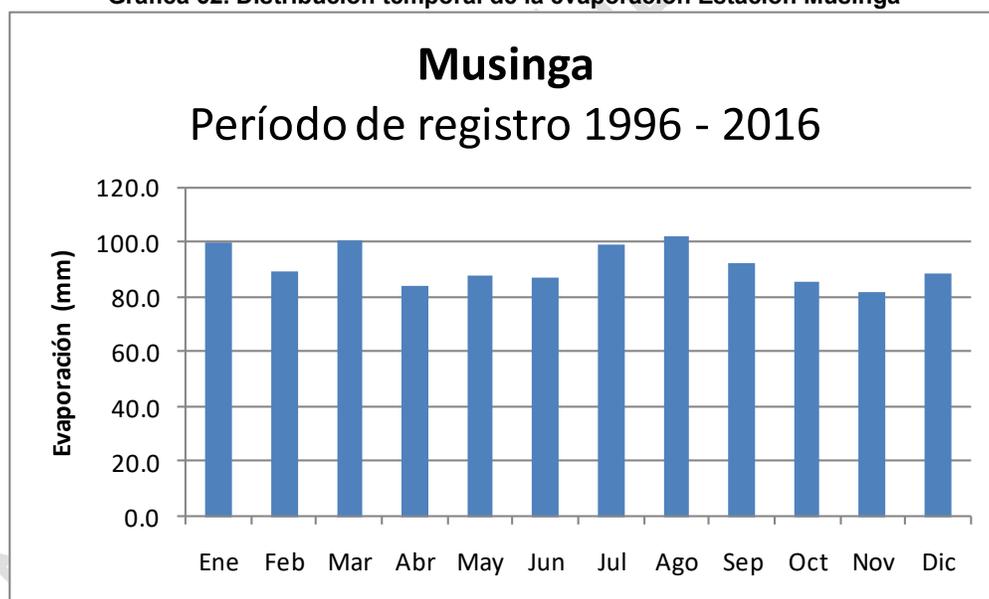
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 61. Distribución temporal de la evaporación Estación Villarteaga



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 62. Distribución temporal de la evaporación Estación Musinga



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.1.12. Distribución espacial

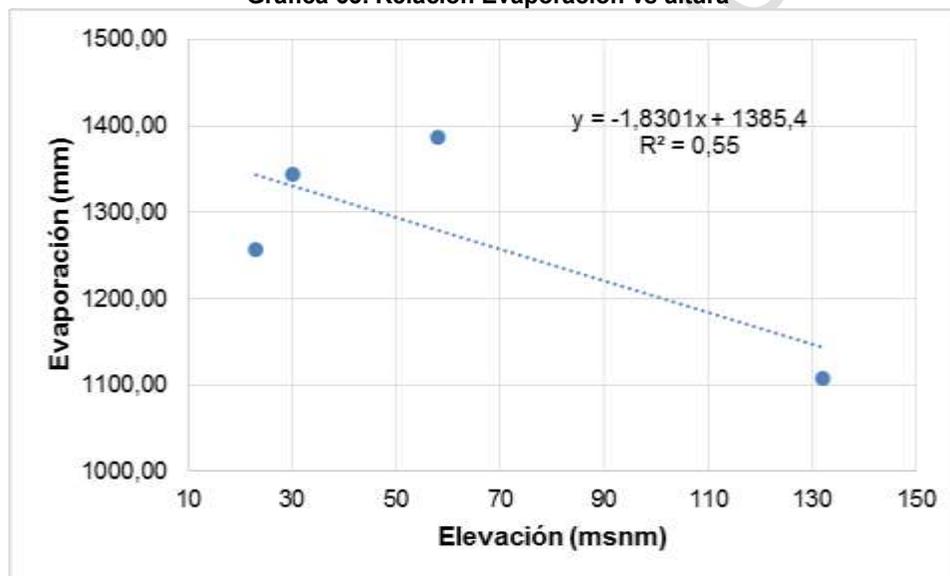
Para establecer la distribución espacial a nivel anual en la cuenca, se tomaron los valores anuales registrados en las cuatro (4) estaciones seleccionadas y se plotearon contra la elevación y se generó una línea de tendencia, que indica el gradiente de la evaporación para el rango de alturas. Teniendo en cuenta que no se cuenta con estaciones

climatológicas en alturas superiores a los 200 msnm, se extrapolará la línea de tendencia de tal forma que se cubra toda la cuenca.

En la Gráfica 63, se presenta la relación de la evaporación vs. la elevación de las estaciones seleccionadas, donde se puede observar que como es lógico esta disminuye con la altura, es decir que a mayor altura menor evaporación. En la Figura 6, se presenta la distribución espacial.

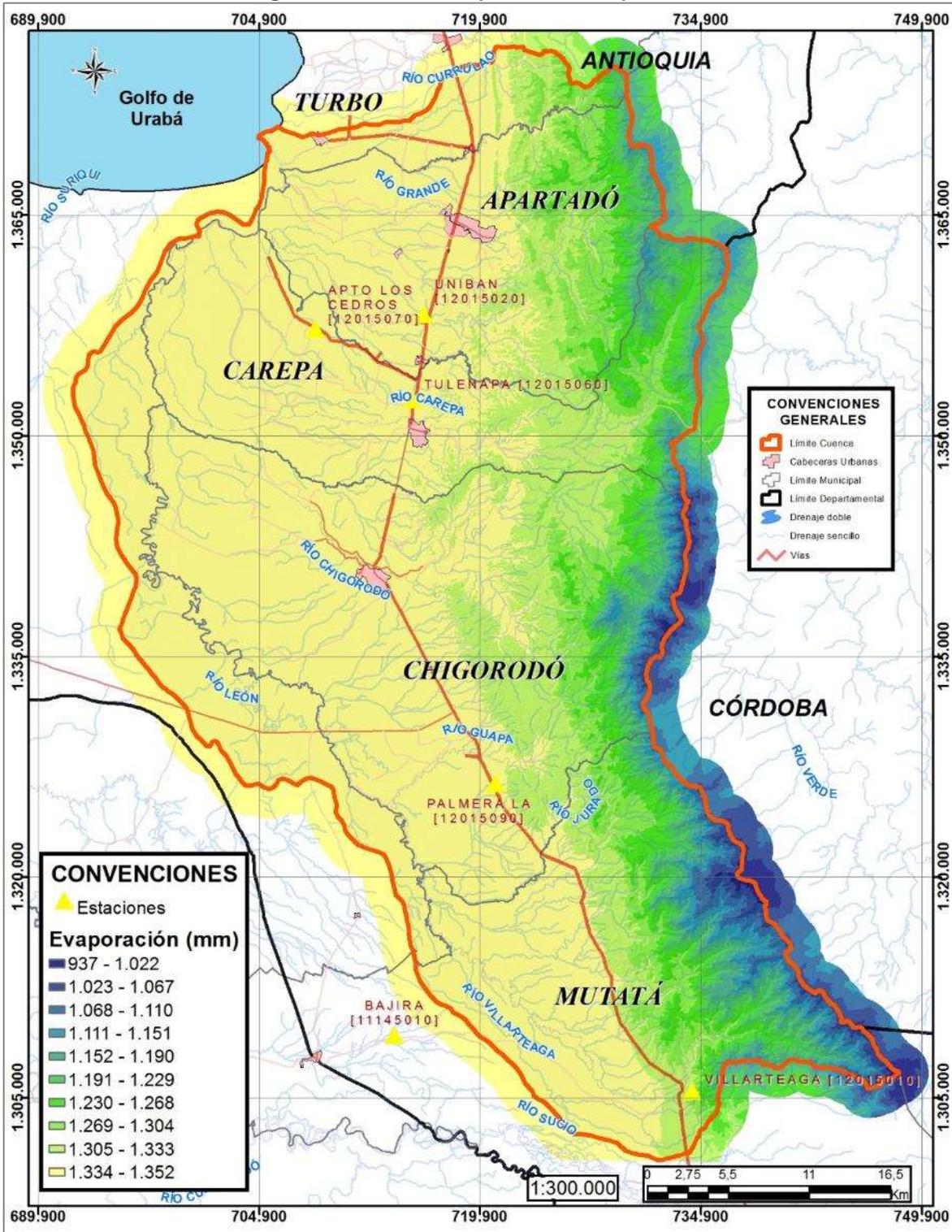
Se puede observar que en la parte más baja de la cuenca, la evaporación varía entre los 1.340 y 1.345 mm, luego en el área colindando con el piedemonte, disminuye ligeramente y se presentan valores que fluctúan entre los 1.335 y los 1.340 mm. Lo anterior quiere decir que en el área del proyecto la evaporación promedio es cercana a los 1.340 mm. En el piedemonte de las cuencas se observan valores promedio cercanos a los 1.200mm., sobre la cota 600 msnm. En la cuenca media alta los valores disminuyen a los 1.100 mm, sobre la cota 1.000 msnm y en las partes más altas se observan valores del orden de los 1.000 mm.

Gráfica 63. Relación Evaporación vs altura



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Figura 6. Distribución espacial de la evaporación



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.3.3 Temperatura media

La **temperatura media de la atmósfera** es uno de los parámetros que forman parte del clima. Indica la cantidad de energía calorífica que hay acumulada en el aire en un momento y lugar determinados. Proviene de los rayos que emite el sol, es decir, la radiación solar que llega hasta la tierra.

La temperatura y la presión del aire, son dos elementos del clima que varían entre sí de manera inversa: cuanto mayor sea la temperatura del aire, menor será su presión y el aire asciende. A la inversa, cuando el aire es más frío tiene una tendencia a descender, con lo que la presión atmosférica aumenta por compresión en los lugares donde desciende. Así, donde la temperatura del aire aumenta, el tiempo atmosférico tenderá a ser inestable y se pueden producir lluvias e incluso tormentas. Donde la temperatura del aire desciende, el tiempo será más estable y se presentarán días soleados sin nubes y con el ambiente seco. Igualmente se puede decir que la temperatura varía inversamente con la altura, esto es a mayor altura menor temperatura y viceversa.

El aparato usado para su medición es el termómetro, normalmente de mercurio.

1.1.1.1.13. Estaciones seleccionadas

Para el desarrollo del estudio, se seleccionaron las estaciones climatológicas, que contaran con el registro de este parámetro y que cubrieran los diferentes pisos térmicos que se encuentran en la cuenca y en sus alrededores.

En la Tabla 32, se presentan las estaciones climatológicas seleccionadas, indicando su nombre, código y elevación en la que se encuentran.

En la tabla se puede observar que las estaciones están localizadas entre los 19 msnm y los 150 msnm, que cubren un rango de alturas relativamente pequeño. Para determinar los valores para alturas superiores a las registradas, se determinará el gradiente y se extrapolarán los datos.

Tabla 32. Estaciones climatológicas con termómetro

CORRIENTE	ESTACIÓN	CODIGO	AÑO	INICIO	FINAL
RÍO VIJAGUAL	APTO LOS CEDROS	12015070	33	1983	2016
RÍO LEÓN	LA PALMERA	12015090	19	1991	2009
RÍO CAREPA	TULENAPA	12015060	33	1982	2014
RÍO ZUNGO	UNIBÁN	12015020	38	1979	2016
RÍO VILLARTEAGA	VILLARTEAGA	12015010	35	1978	2016
BRAZO SUCIO	MUSINGA	11115040	30	1986	2016

Fuente: IDEAM, 2016

1.1.1.1.14. Distribución temporal

La distribución temporal registrada en algunas estaciones, es de tipo monomodal, se puede decir que los valores más bajos se registran en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre en el segundo semestre del año y en Enero y Febrero en el primero y los valores más altos, se registran en los meses de Marzo, Abril y Mayo.

En la Tabla 33, se presentan los valores medios mensuales y el valor promedio anual y en las Gráficas 64 a Gráfica 68, se presentan las distribuciones temporales. Se puede observar que la estación que registra el menor valor es Villarteaga con una temperatura media anual de 25.9 °C y la que registra el mayor valor es Aeropuerto Los Cedros, con una temperatura de 27.4 °C.

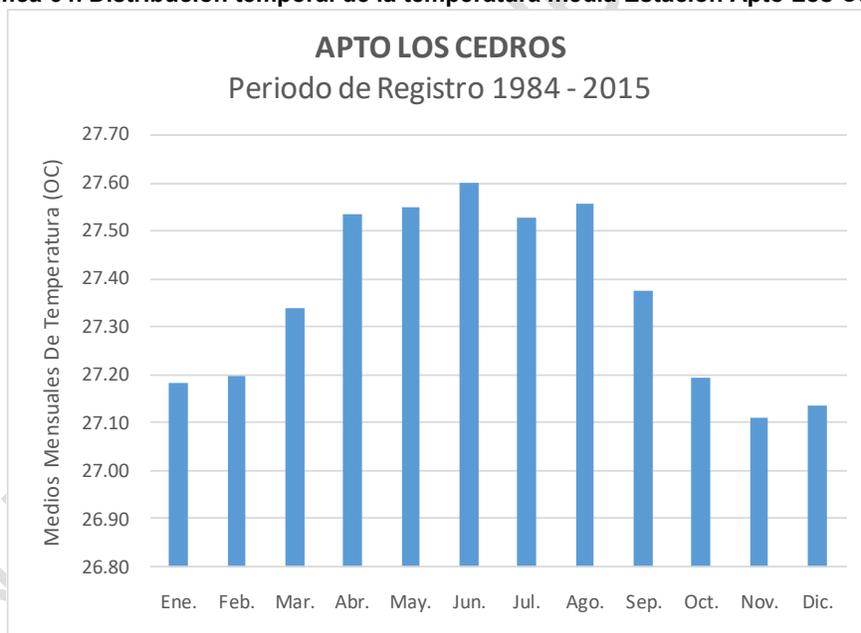
No se tuvieron en cuenta los registros de la estación de Bajirá, por contar solo con 7 años.

Tabla 33. Valores mensuales de temperatura media (°C) (Periodo 1975 – 2016)

ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Apto Los Cedros (12015070)	27.2	27.2	27.3	27.5	27.6	27.6	27.5	27.6	27.4	27.2	27.1	27.1	27.4
La Palmera (12015090)	27.3	27.7	27.8	27.6	27.5	27.3	27.1	27.2	27.1	27.1	27.0	27.0	27.3
Tulenapa (12015060)	26.7	26.8	27.0	27.2	27.0	26.9	26.8	26.8	26.8	26.7	26.5	26.6	26.8
Unibán (12015020)	26.5	26.6	26.9	27.0	26.8	26.8	26.7	26.7	26.5	26.4	26.4	26.5	26.6
Villarteaga (12015010)	25.9	26.1	26.2	26.3	26.1	26.0	25.8	25.9	25.8	25.8	25.7	25.7	25.9
Musinga (11115040)	20.4	20.7	20.8	20.9	20.8	20.7	20.6	20.6	20.5	20.3	20.3	20.3	20.6

Fuente: IDEAM, 2016

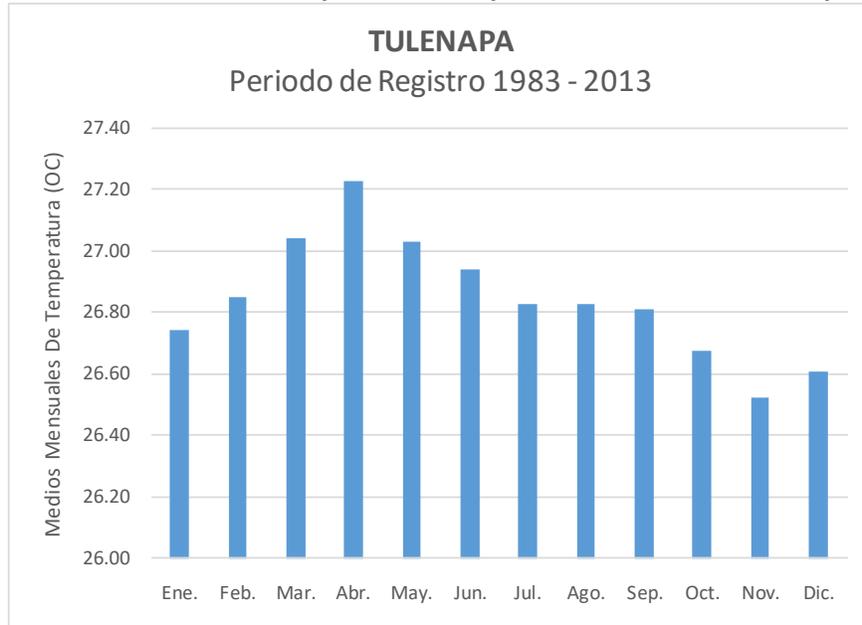
Gráfica 64. Distribución temporal de la temperatura media Estación Apto Los Cedros



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

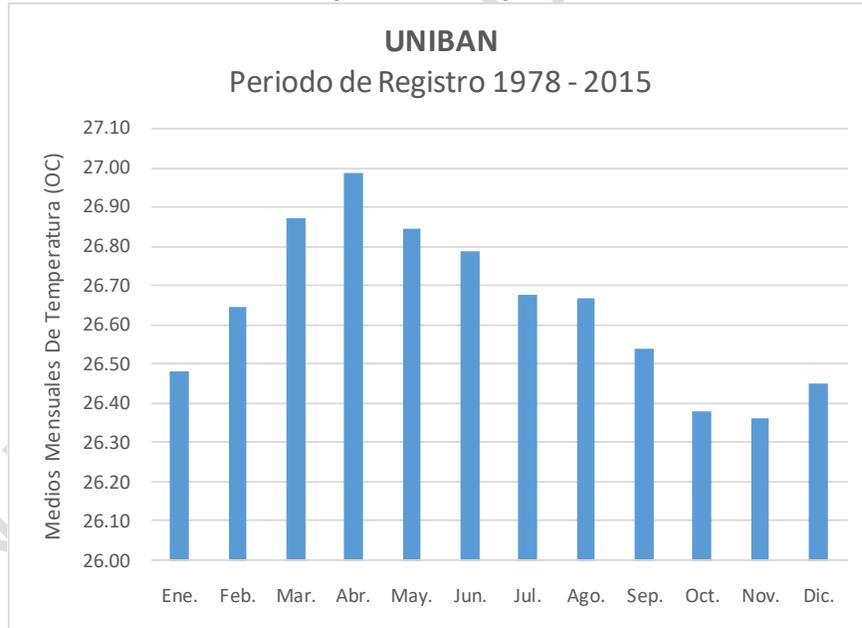


Gráfica 65. Distribución temporal de la temperatura media Estación Tulepana



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

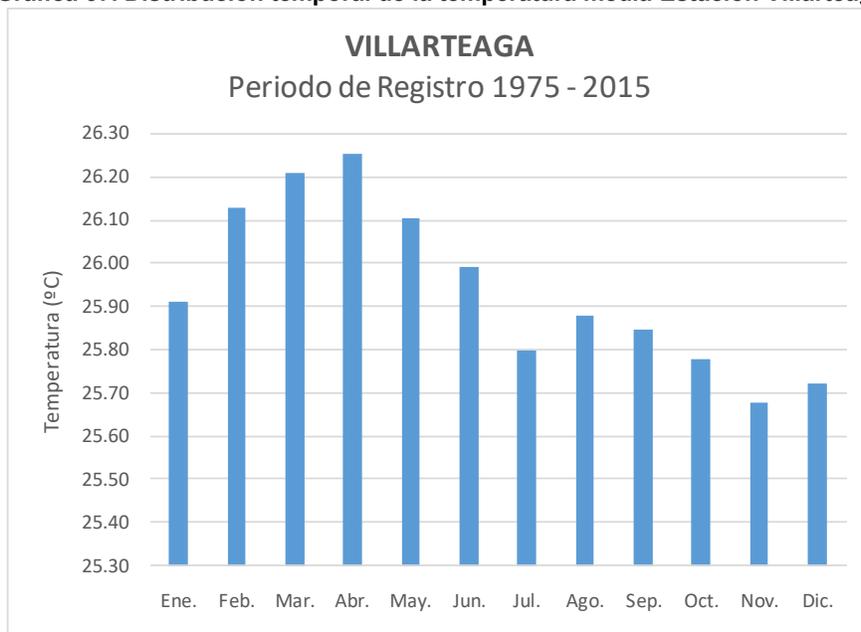
Gráfica 66. Distribución temporal de la temperatura media Estación Unibán



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

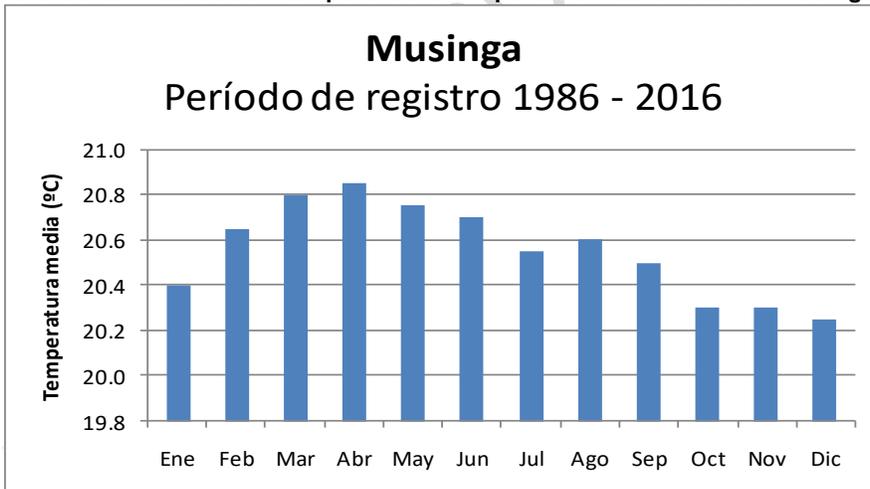


Gráfica 67. Distribución temporal de la temperatura media Estación Villarteaga



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 68. Distribución temporal de la temperatura media Estación Musinga



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

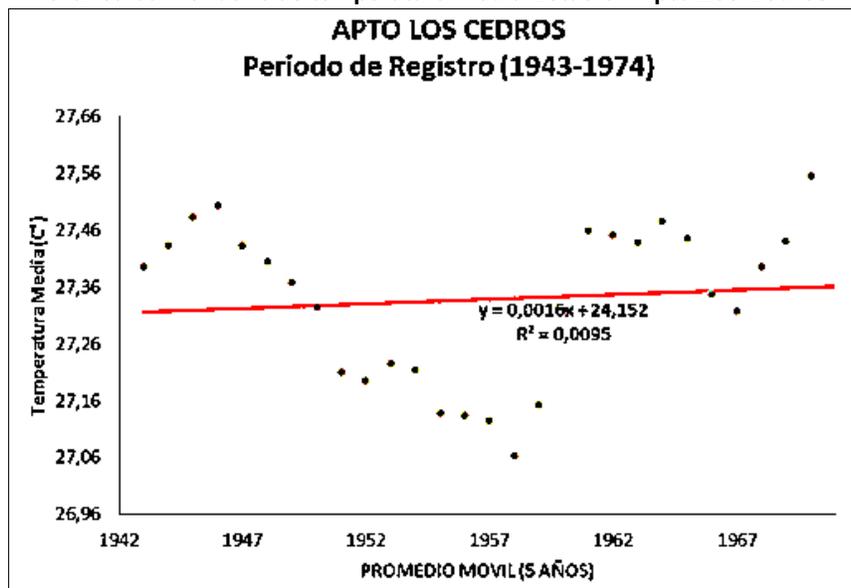
1.1.1.15. Análisis de tendencias

Igualmente, como en el caso de la precipitación, para establecer si existe algún tipo de tendencia, se emplea la metodología de la media móvil, que consiste en establecer la media de subconjuntos de datos dentro de la serie que se esté analizando, con el fin de minimizar las fluctuaciones en la misma y visualizar las posibles tendencias. Lo anterior quiere decir que si se tiene una serie de n años, y se selecciona una media móvil de 5 años, se obtiene un primer dato con el promedio de los años 1 a 5, un segundo dato con el promedio de los

años 2 a 6 y así sucesivamente, hasta el dato final que será el promedio de los últimos 5 años.

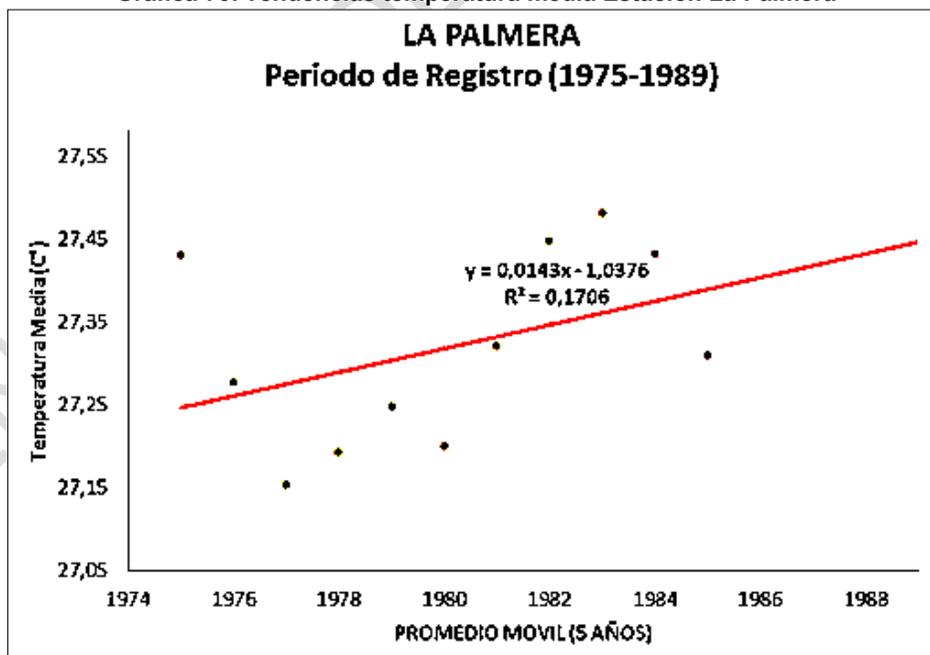
En las Gráfica 69 a Gráfica 73, se presentan los análisis desarrollados tomando una media móvil de 5 años para la serie total, incluyendo la línea de tendencia.

Gráfica 69. Tendencias temperatura media Estación Apto Los Cedros



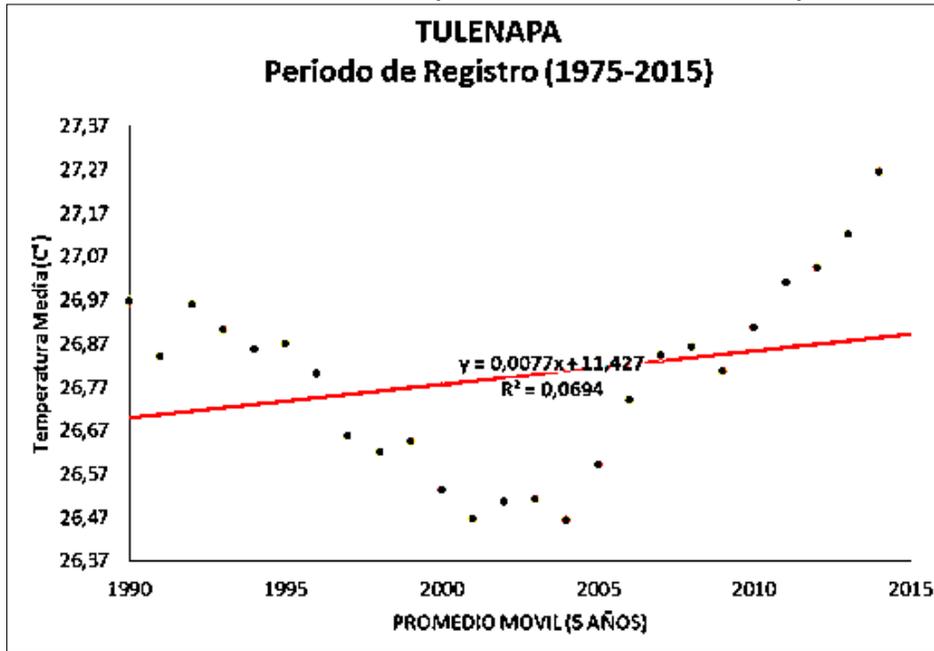
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 70. Tendencias temperatura media Estación La Palmera



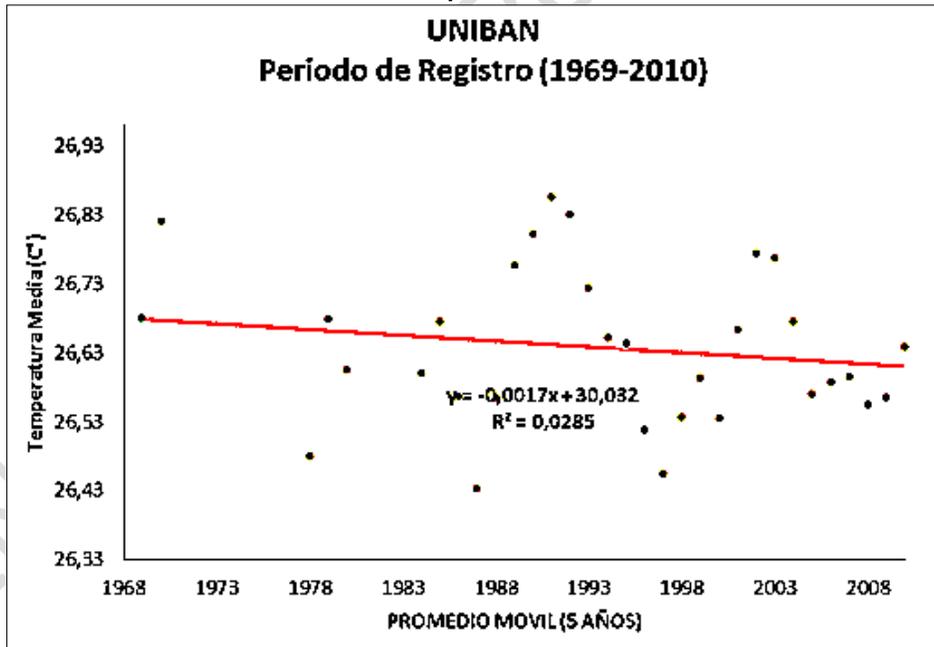
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 71. Tendencias temperatura media Estación Tulenapa



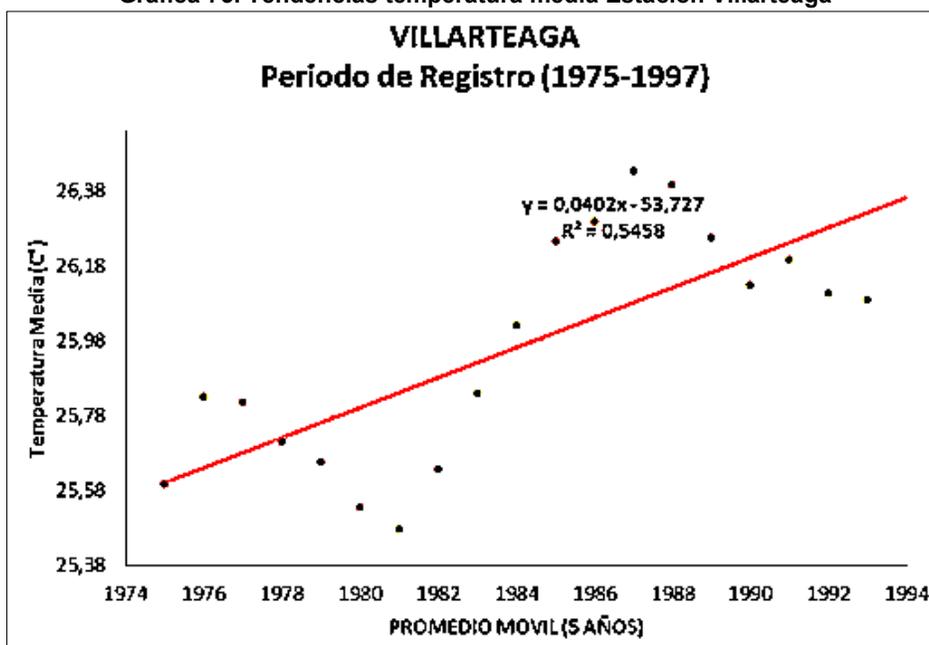
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 72. Tendencias temperatura media Estación Unibán



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 73. Tendencias temperatura media Estación Villarteaga



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

En las gráficas, se puede observar que, en todas las estaciones, con la excepción de la Estación Unibán, se visualiza una tendencia ascendente, en mayor o menor medida. Sin embargo, teniendo en cuenta que las series son relativamente cortas, no se puede concluir que se sigan presentando valores más altos hacia el futuro, ya que pueden ser fenómenos cíclicos.

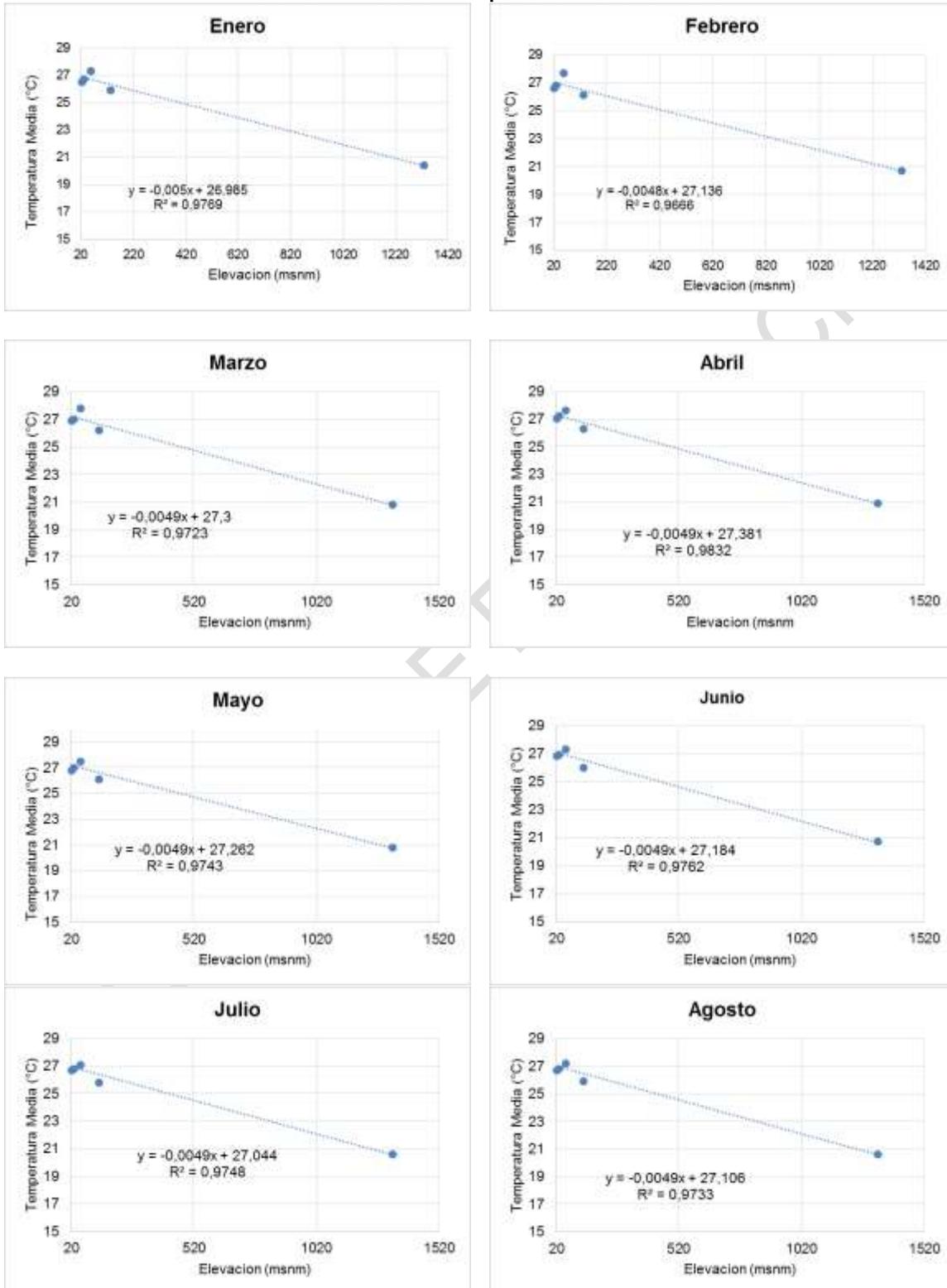
1.1.1.1.16. Distribución espacial

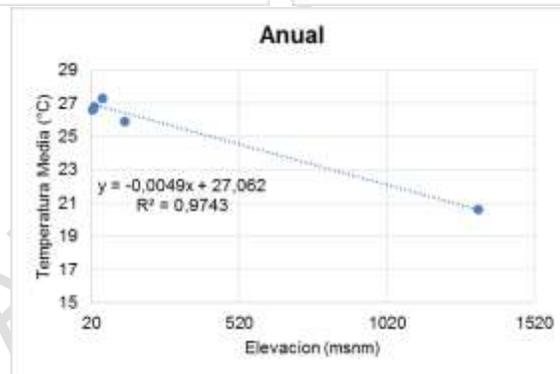
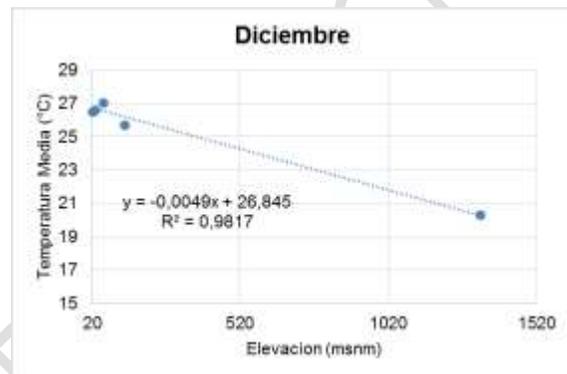
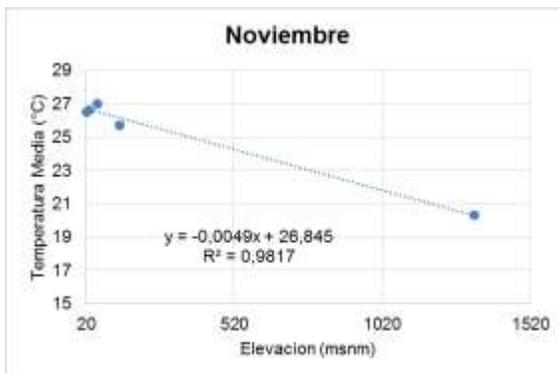
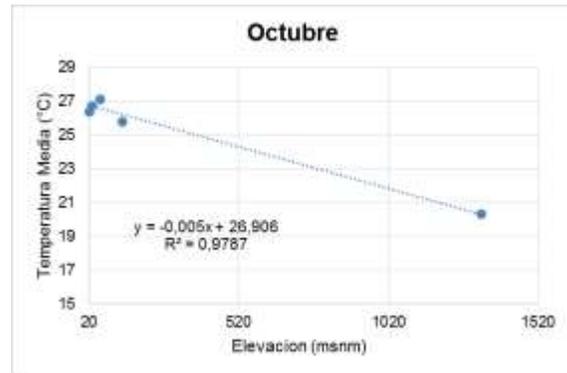
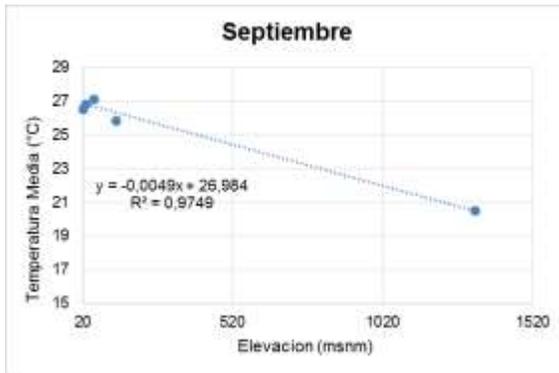
Para establecer la distribución espacial a nivel anual en la cuenca, se tomaron los valores anuales registrados en las seis (6) estaciones seleccionadas y se plotearon contra la elevación y se generó una línea de tendencia, que indica el gradiente de la temperatura para el rango de alturas. Teniendo en cuenta que no se cuenta con estaciones climatológicas en alturas superiores a los 200 msnm, se extrapolará la línea de tendencia de tal forma que se cubra toda la cuenca.

En la Gráfica 74, se presenta la relación de la temperatura media vs. la elevación de las estaciones seleccionadas, donde se puede observar que como es lógico esta disminuye con la altura, es decir que a mayor altura menor temperatura. En la Figura 7 y Figura 8, se presenta la distribución espacial.

En gran parte de la zona plana de la cuenca, la temperatura fluctúa alrededor de los 27.5°C. Hacia el sur de la cuenca, disminuye a cerca de los 27 °C. En el piedemonte disminuye a los 26.8 °C, en la cuenca media alta sobre la cota 1.000 msnm, se observan temperaturas del orden de los 22 °C y en las partes más altas de la cuenca, sobre los 1.400 msnm, disminuyen a los 19.0 °C. De acuerdo con lo anterior, se presenta un gradiente de 0.57 °C por cada 100 m.

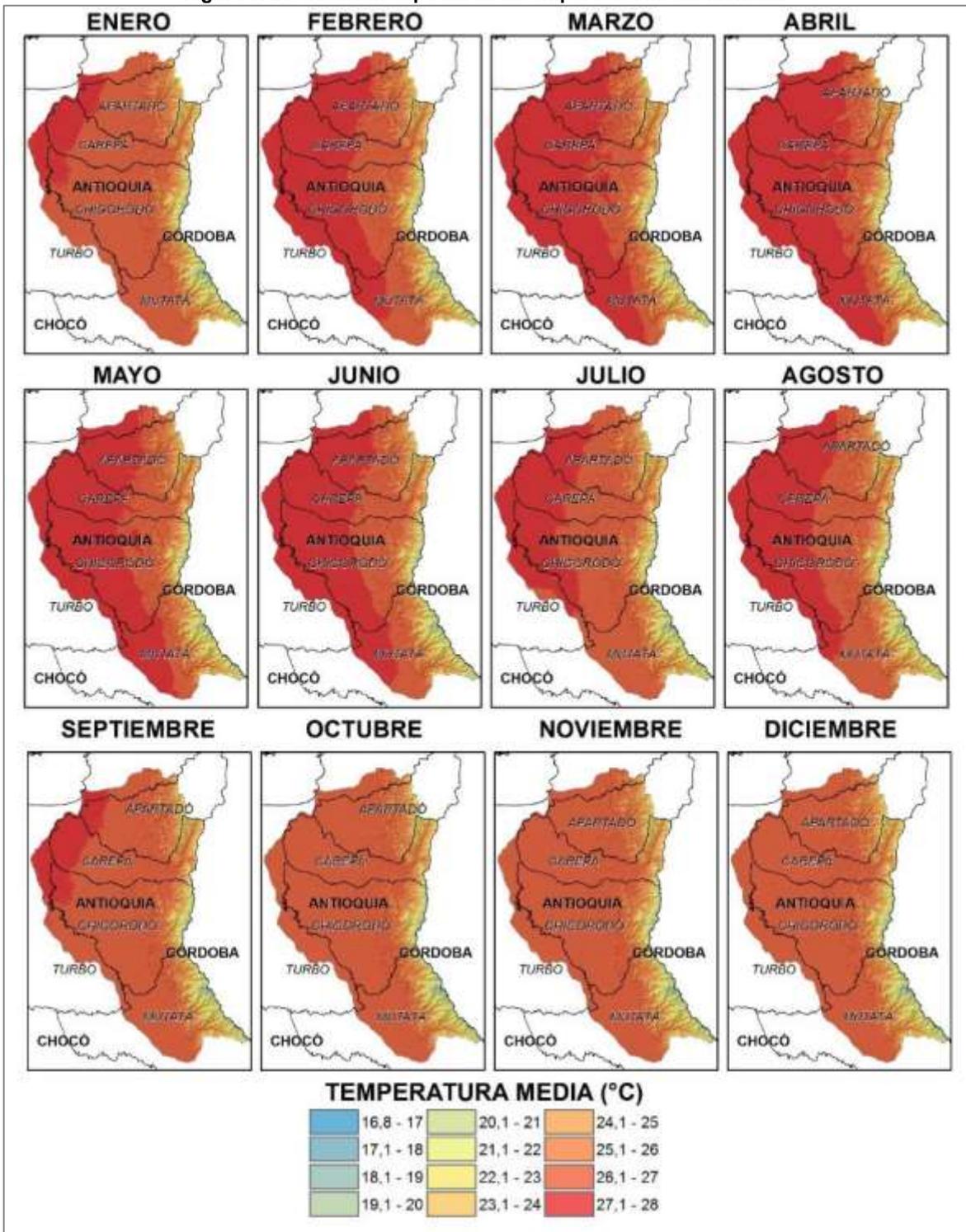
Gráfica 74. Relación Temperatura media vs. Altura





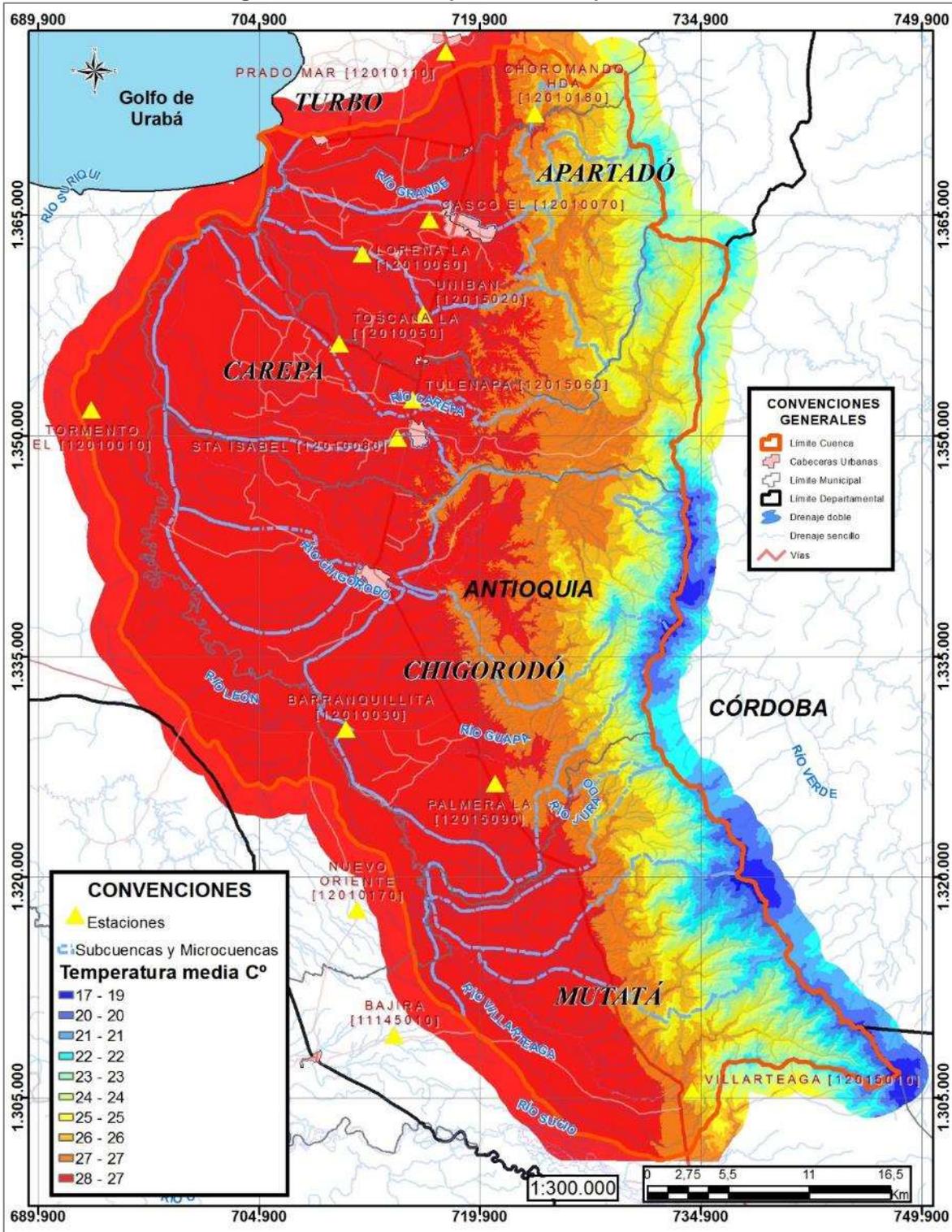
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Figura 7. Distribución espacial de la temperatura media mensual



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Figura 8. Distribución espacial de la temperatura media



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.3.4 Temperatura máxima

La temperatura máxima, es la mayor temperatura del aire alcanzada en un lugar en un día (máxima diaria), en un mes (máxima mensual) o en un año (máxima anual). También puede referirse a la temperatura máxima registrada en un lugar durante mucho tiempo (máxima absoluta). En condiciones normales, y sin tener en cuenta otros elementos del clima, las temperaturas máximas diarias se alcanzan en las primeras horas de la tarde.

1.1.1.1.17. Estaciones seleccionadas

Para el desarrollo del estudio, se seleccionaron las estaciones climatológicas, que contaran con el registro de este parámetro y que cubrieran los diferentes pisos térmicos que se encuentran en la cuenca y en sus alrededores.

En la Tabla 34, se presentan las estaciones climatológicas seleccionadas, indicando su nombre, código y elevación en la que se encuentran.

Las estaciones están localizadas entre los 19 msnm y los 1.350 msnm, que cubren un rango de alturas relativamente grande. Para determinar los valores para alturas superiores a las registradas, se determinará el gradiente y se extrapolarán los datos.

Tabla 34. Estaciones climatológicas con termómetro de máxima

CORRIENTE	ESTACIÓN	CODIGO	AÑO	INICIO	FINAL
RÍO VIJAGUAL	APTO LOS CEDROS	12015070	33	1983	2016
RÍO LEÓN	LA PALMERA	12015090	19	1991	2009
RÍO CAREPA	TULENAPA	12015060	33	1982	2014
RÍO ZUNGO	UNIBÁN	12015020	38	1979	2016
RÍO VILLARTEAGA	VILLARTEAGA	12015010	35	1978	2016
BRAZO SUCIO	MUSINGA	11115040	30	1986	2016

Fuente: IDEAM, 2016

1.1.1.1.18. Distribución temporal

La distribución temporal, es en la mayoría de las estaciones de tipo bimodal, en otras es difícil de definir y unas pocas, presenta un régimen monomodal.

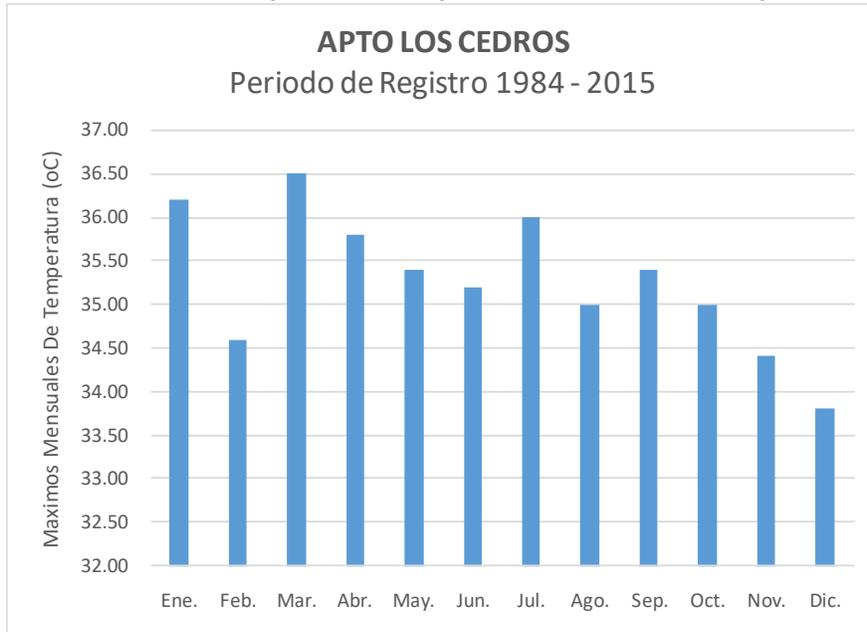
En la Tabla 35, se presentan los valores máximos mensuales y el valor máximo anual y en las Gráfica 75 a Gráfica 80, la distribución temporal.

Tabla 35. Valores de temperatura máxima (° C) (Periodo 1975 – 2016)

ESTACIÓN	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Apto Los Cedros (12015070)	36.2	34.6	36.5	35.8	35.4	35.2	36	35	35.4	35	34.4	33.8	36.5
La Palmera (12015090)	35.2	36.8	37.4	36.8	36.6	36.8	35.1	33.6	34.6	34.4	33.2	33.6	37.4
Tulenapa (12015060)	33.2	35.4	36.4	35.4	34.8	34.6	34.6	34.4	34.2	34	33.4	34.2	36.4
Unibán (12015020)	34.1	36.6	36.2	35.4	36.8	35.2	35.2	36.2	39.1	35.2	34.6	35	39.1
Villarteaga (12015010)	34.6	39.2	35.8	34	34.2	32.8	33.6	34.4	34	32.8	32	32.6	39.2
Musinga (11115040)	28	28.5	28	27.5	26.9	27.3	27.2	26.7	27.1	26.8	26.4	27.1	28

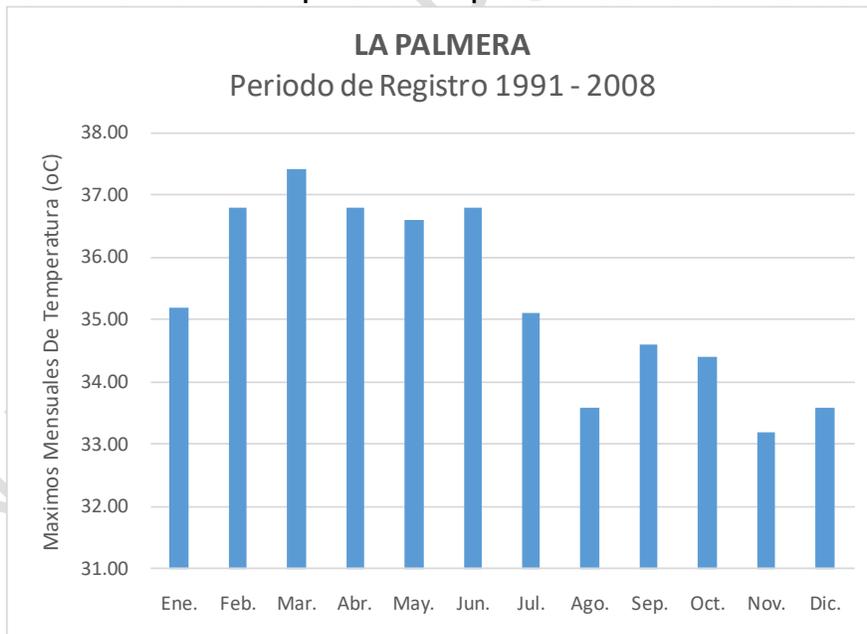
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 75. Distribución temporal de la temperatura máxima Estación Apto Los Cedros



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

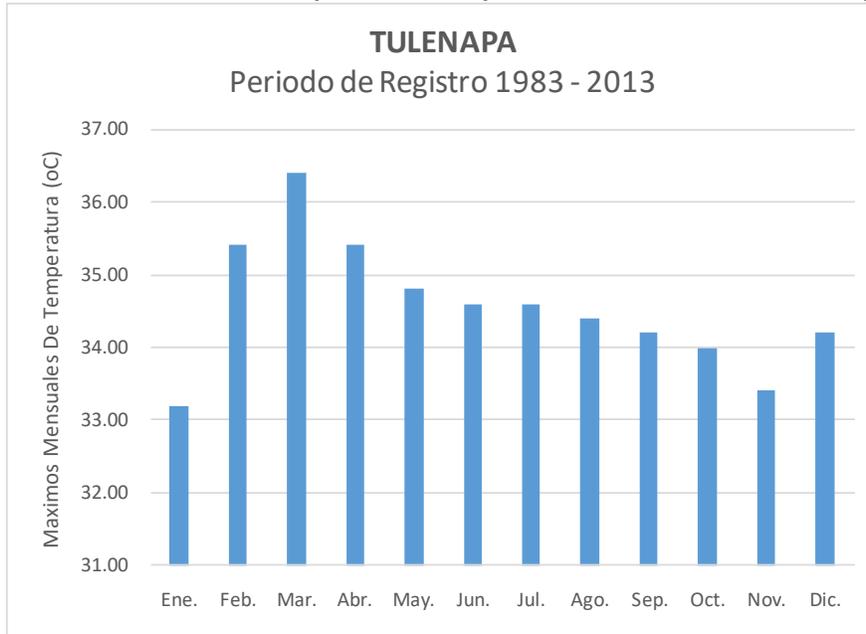
Gráfica 76. Distribución temporal de la temperatura máxima Estación La Palmera



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

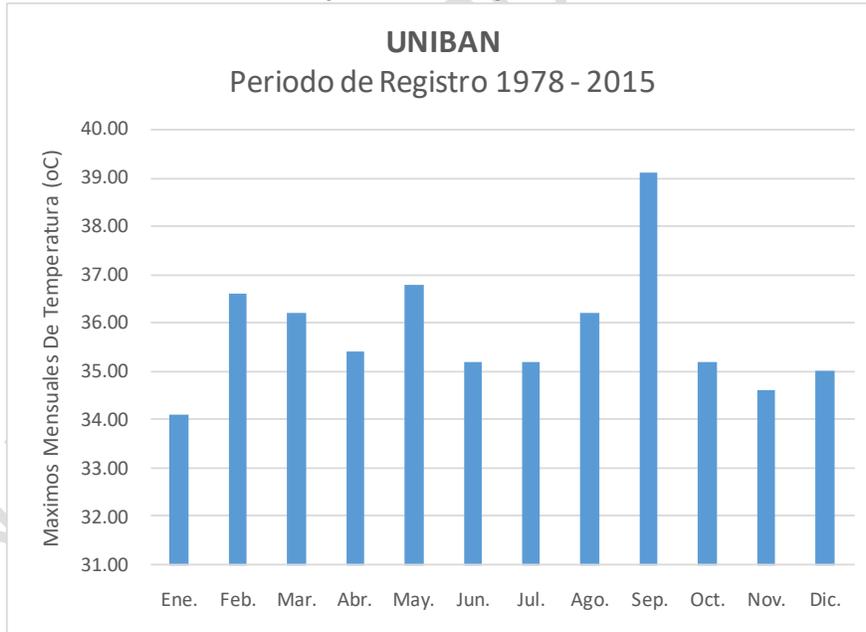


Gráfica 77. Distribución temporal de la temperatura máxima Estación Tulenapa



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

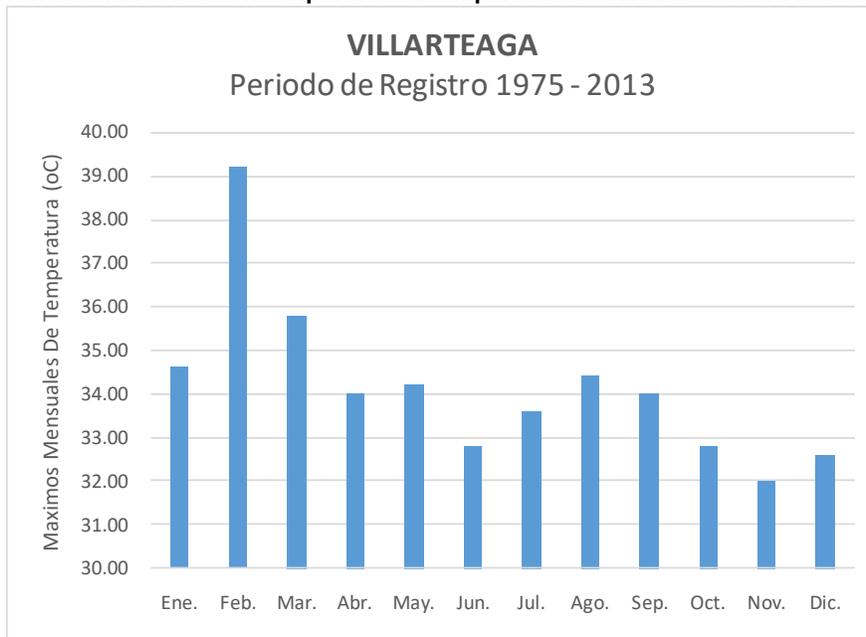
Gráfica 78. Distribución temporal de la temperatura máxima Estación Unibán



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

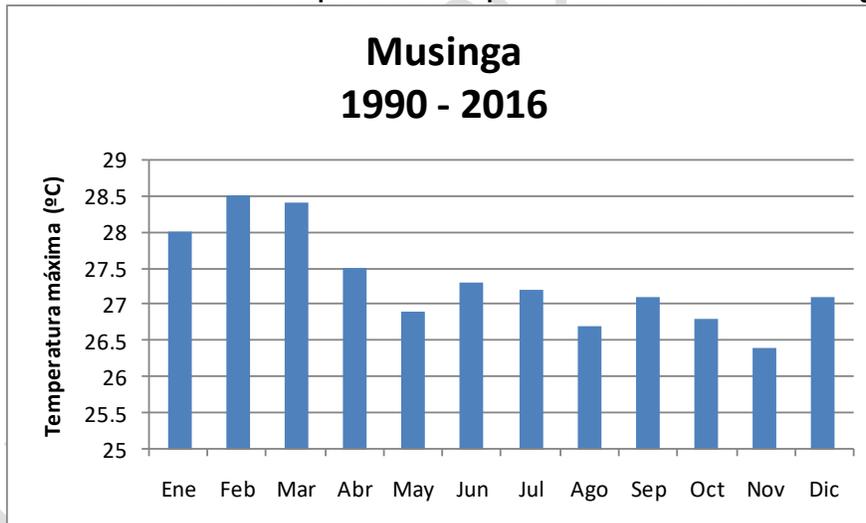


Gráfica 79. Distribución temporal de la temperatura máxima Estación Villarteaga



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 80. Distribución temporal de la temperatura máxima Estación Musinga



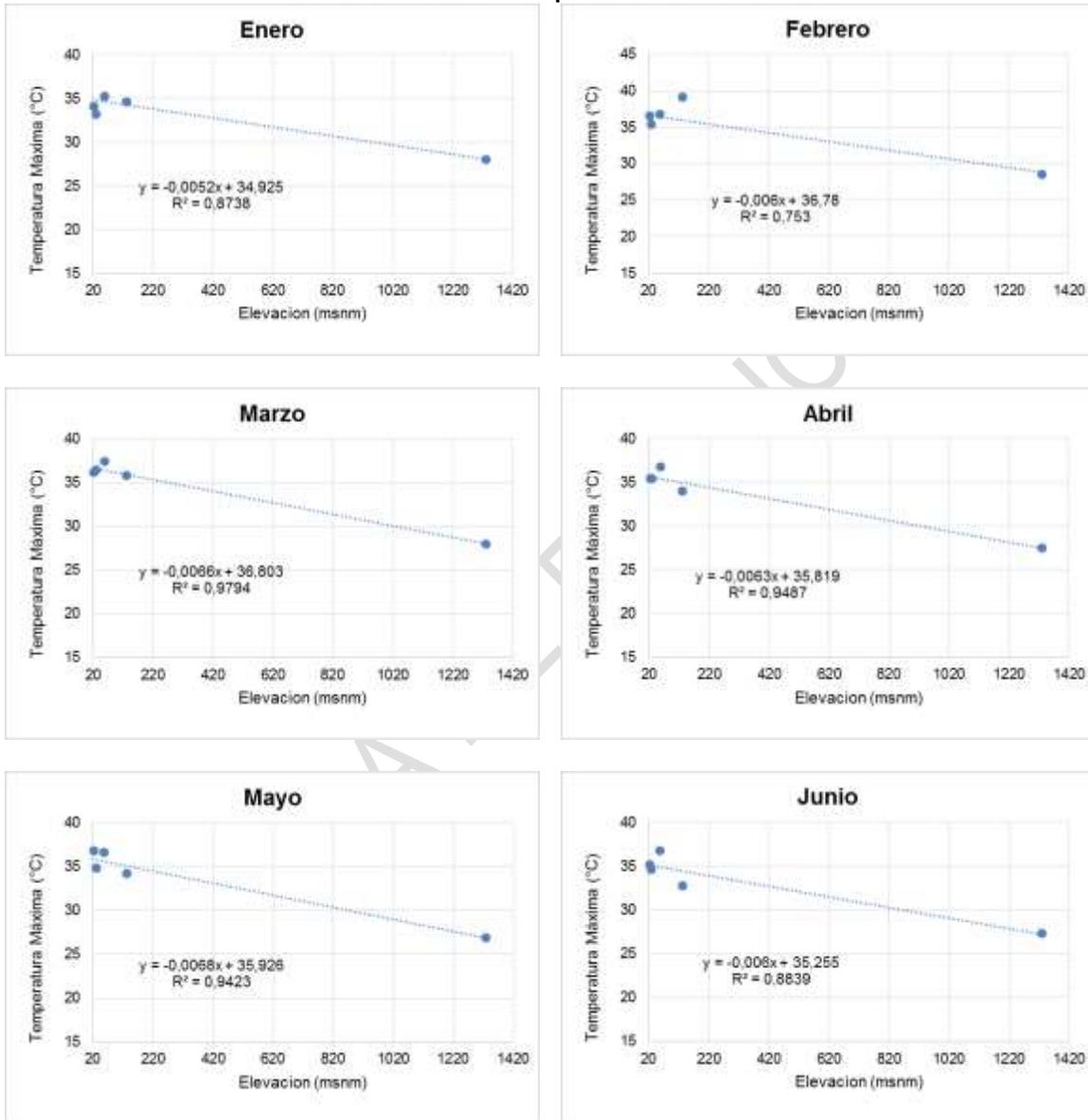
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

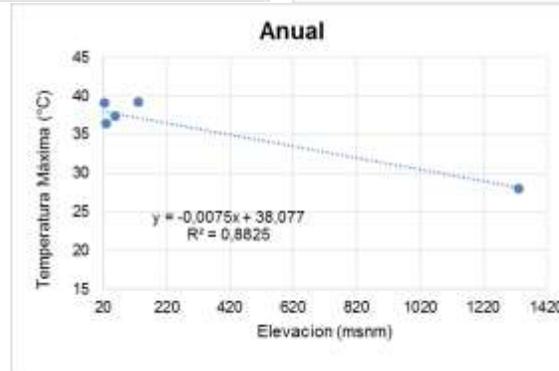
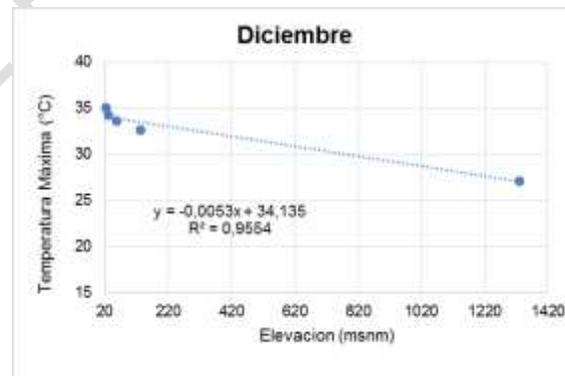
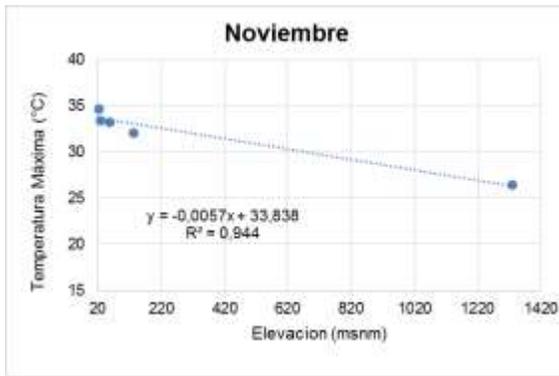
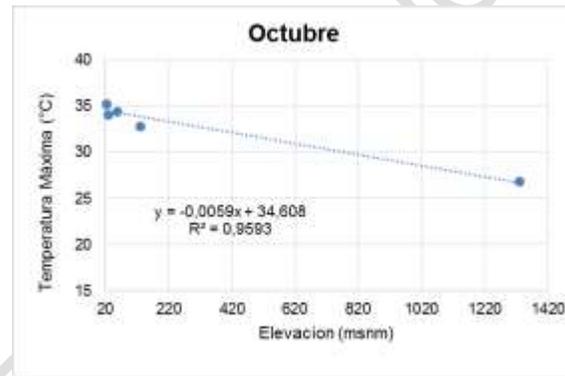
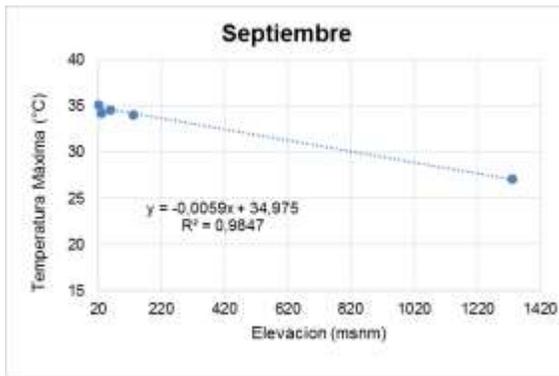
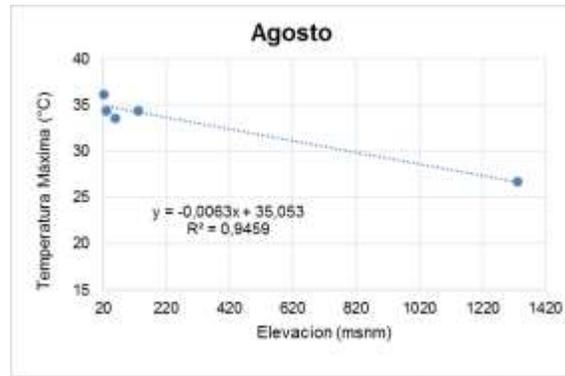
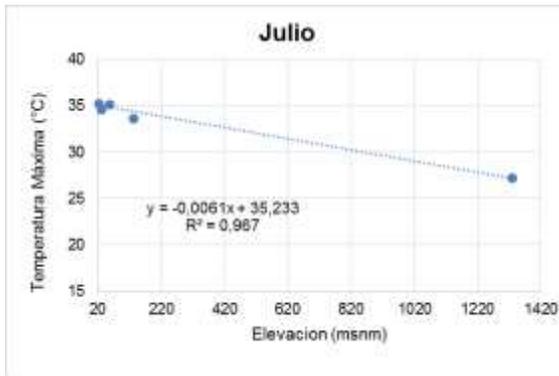
1.1.1.19. Distribución espacial

Para establecer la distribución espacial a nivel anual en la cuenca, se tomaron los valores anuales registrados en las seis (6) estaciones seleccionadas y se plotearon contra la elevación y se generó una línea de tendencia, que indica el gradiente de la temperatura para el rango de alturas.

En la Gráfica 81, se presenta la relación de la temperatura vs. la elevación de las estaciones seleccionadas, donde se puede observar que como es lógico esta disminuye con la altura, es decir que a mayor altura menor temperatura. En la Figura 9 y Figura 10, se presenta la distribución espacial.

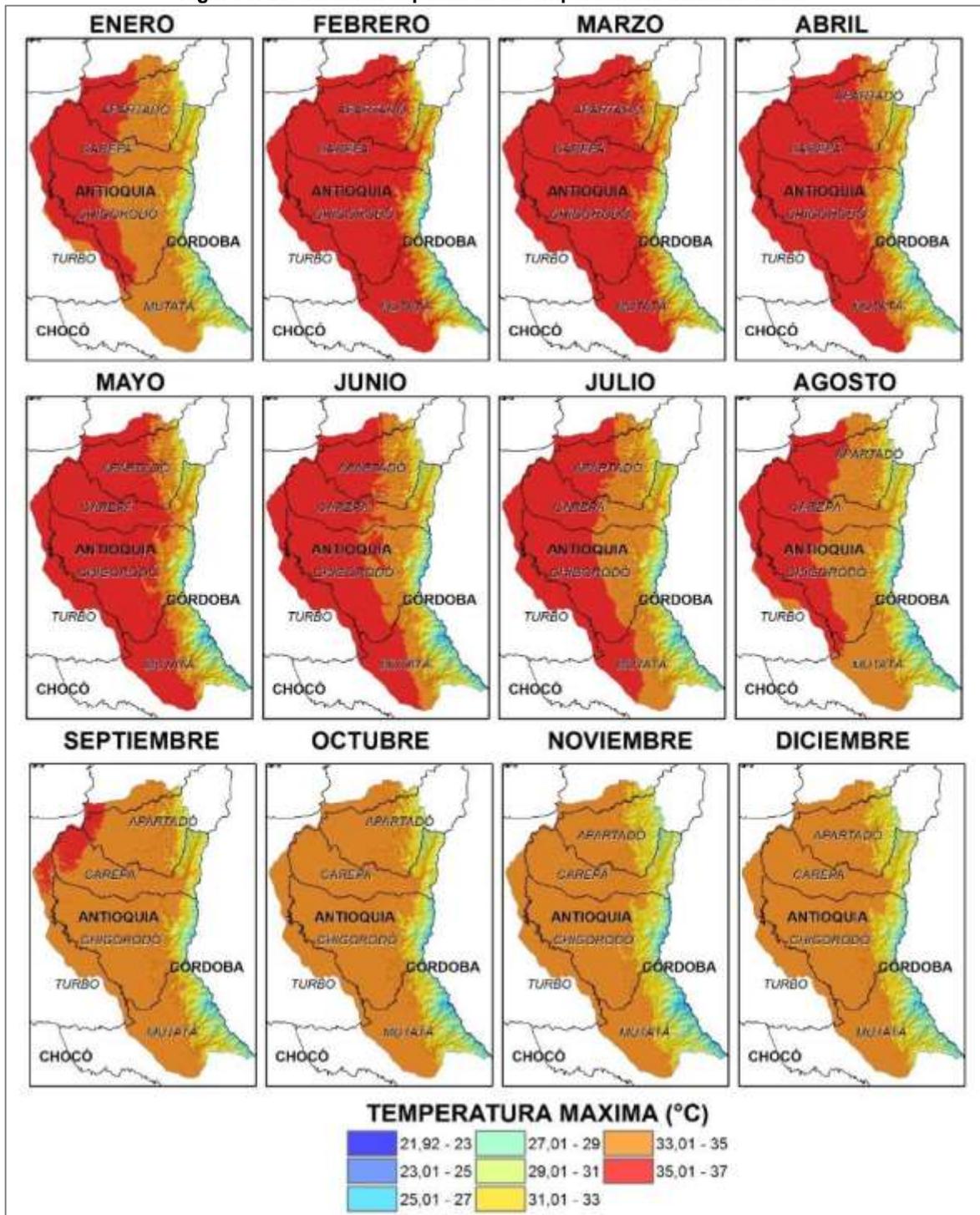
Gráfica 81. Relación Temperatura Máxima vs Altura





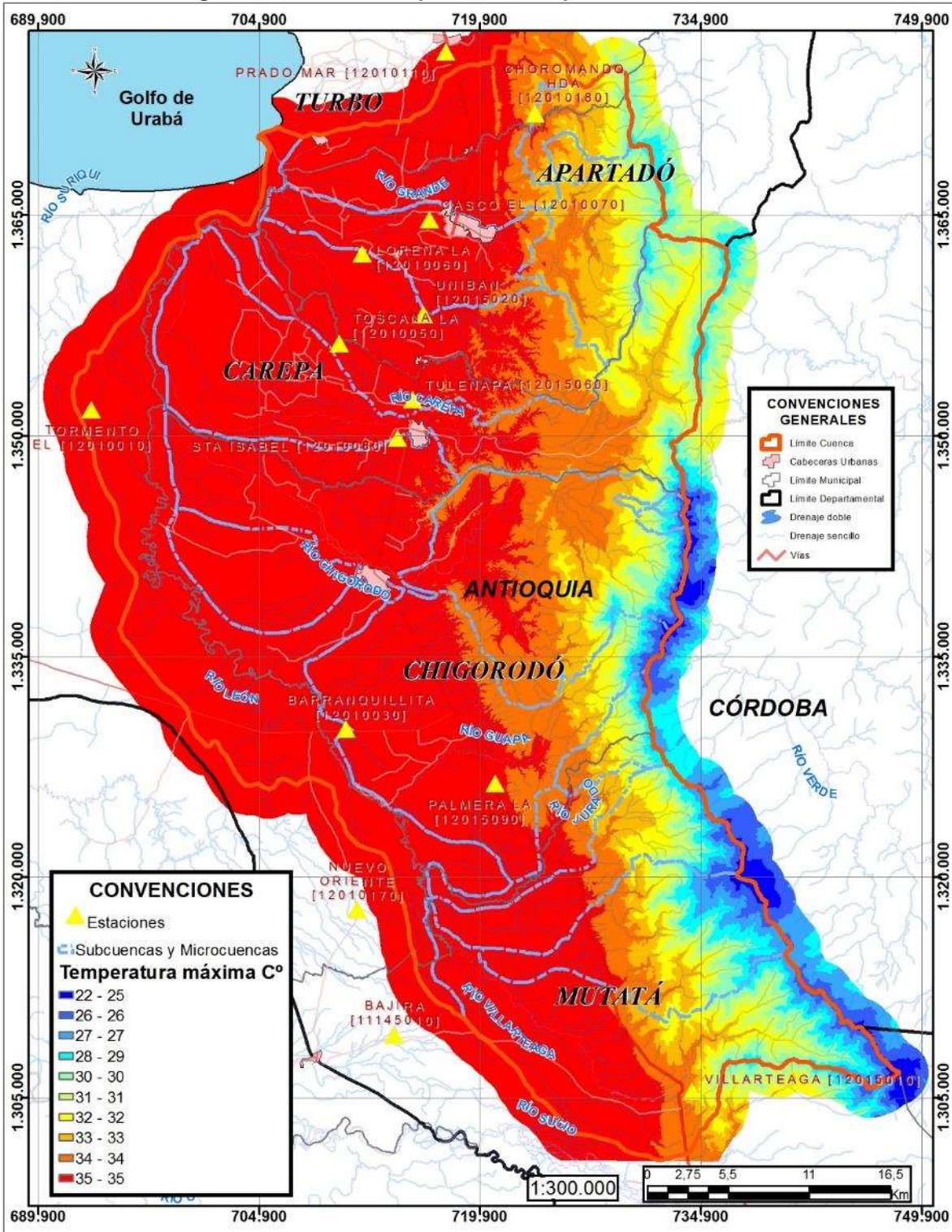
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Figura 9. Distribución espacial de la temperatura máxima mensual



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Figura 10. Distribución espacial de la temperatura máxima anual



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.3.5 Temperatura mínima

La temperatura mínima es la menor temperatura alcanzada en un lugar en un día, en un mes o en un año y también la mínima absoluta alcanzada en los registros de temperaturas de un lugar determinado. También en condiciones normales, las temperaturas mínimas diarias se registran en horas del amanecer.

1.1.1.1.20. Estaciones seleccionadas

Para el desarrollo del estudio, se seleccionaron las estaciones climatológicas, que contaran con el registro de este parámetro y que cubrieran los diferentes pisos térmicos que se encuentran en la cuenca y en sus alrededores.

En la Tabla 36, se presentan las estaciones climatológicas seleccionadas, indicando su nombre, código y elevación en la que se encuentran.

En la tabla se puede observar que las estaciones están localizadas entre los 19 msnm y los 150 msnm, que cubren un rango de alturas relativamente pequeño. Para determinar los valores para alturas superiores a las registradas, se determinará el gradiente y se extrapolarán los datos.

Tabla 36. Estaciones climatológicas con termómetro de mínima

ESTACION	CÓDIGO	ELEVACIÓN
APTO LOS CEDROS	12015070	19
BAJIRÁ	11145010	150
LA PALMERA	12015090	58
TULENAPA	12015060	30
UNIBÁN	12015020	23
VILLARTEAGA	12015010	132
MUSINGA	11115040	1350

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.1.1.21. Distribución temporal

La distribución temporal, no presenta un régimen especial en ninguna de las estaciones seleccionadas.

En la Tabla 37, se presentan los valores mínimos mensuales y el valor mínimo anual y en las Gráfica 82 a Gráfica 87, la distribución temporal.

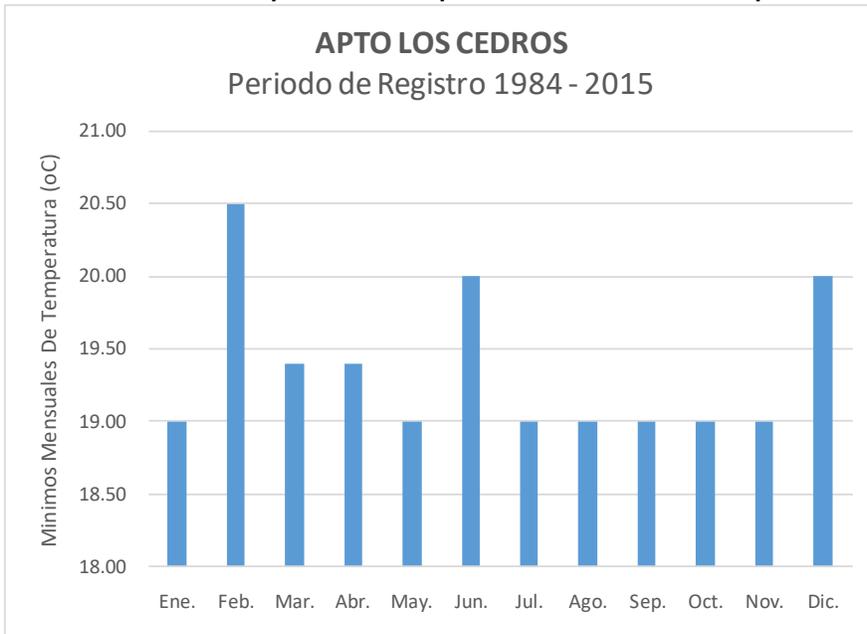
Tabla 37. Valores de temperatura mínima (°C) (Periodo 1975 – 2016)

ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Apto Los Cedros (12015070)	19.0	20.5	19.4	19.4	19.0	20.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	20.0	19.0
La Palmera (12015090)	17.8	17.6	18.2	19.0	19.0	20.2	20.0	18.2	18.2	16.4	19.3	18.6	16.4
Tulenapa (12015060)	19.0	19.6	18.6	19.8	19.6	17.0	18.6	20.1	18.2	19.4	17.2	16.0	16.0
Unibán (12015020)	16.2	17.4	17.0	19.2	17.0	18.0	18.2	18.0	17.0	17.5	17.5	17.5	16.2
Villarteaga (12015010)	16.0	17.0	15.4	16.4	16.0	17.2	15.0	15.2	16.0	15.4	16.0	16.0	15.0
Musinga (11115040)	13.9	13.4	14	14.9	14.7	14.4	14.6	13.2	13.2	12.8	13.1	13.8	13.9

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

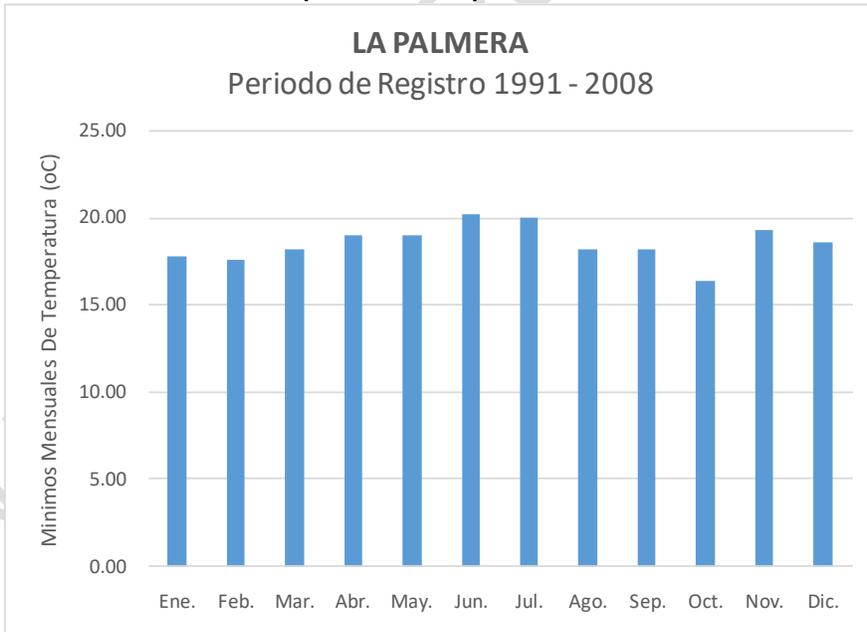


Gráfica 82. Distribución temporal de la temperatura mínima Estación Apto Los Cedros



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

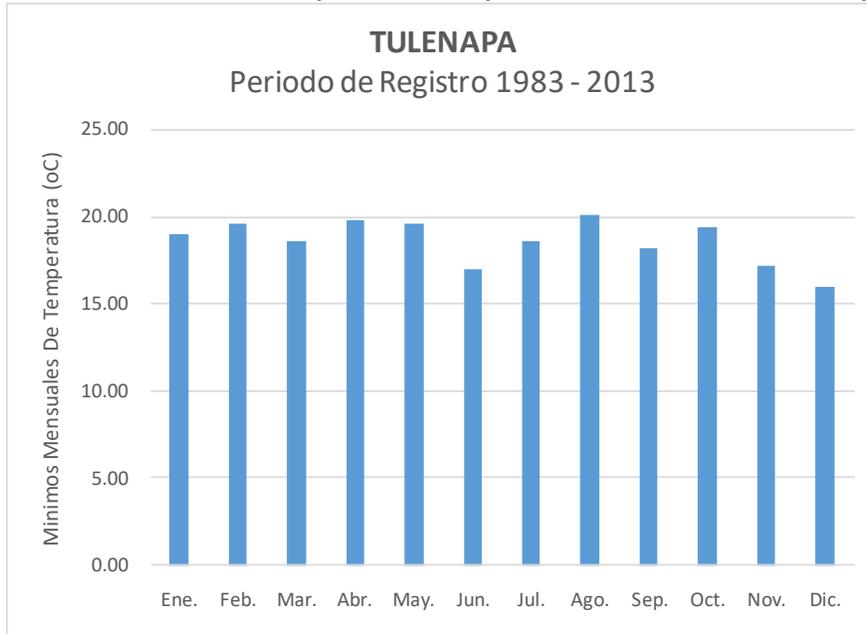
Gráfica 83. Distribución temporal de la temperatura mínima Estación La Palmera



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

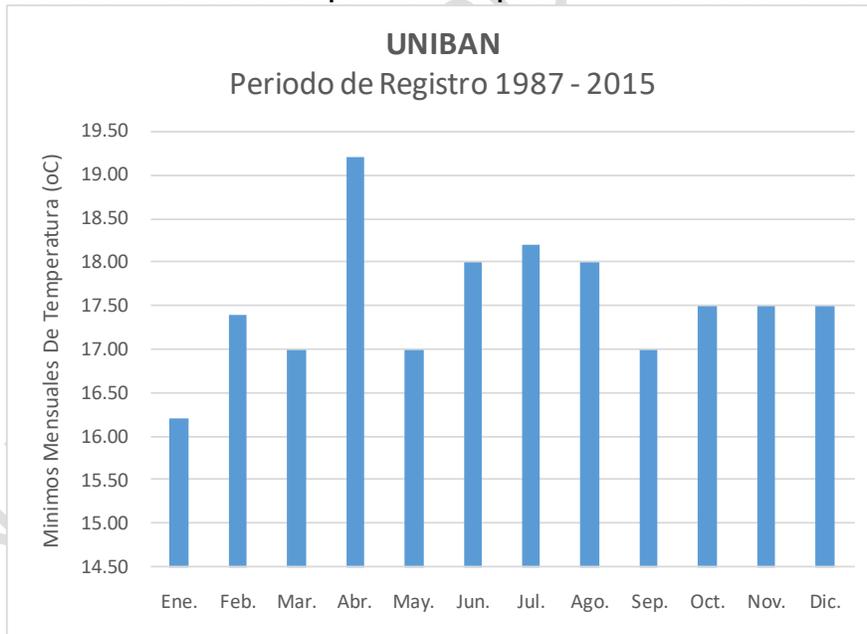


Gráfica 84. Distribución temporal de la temperatura mínima Estación Tulenapa



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

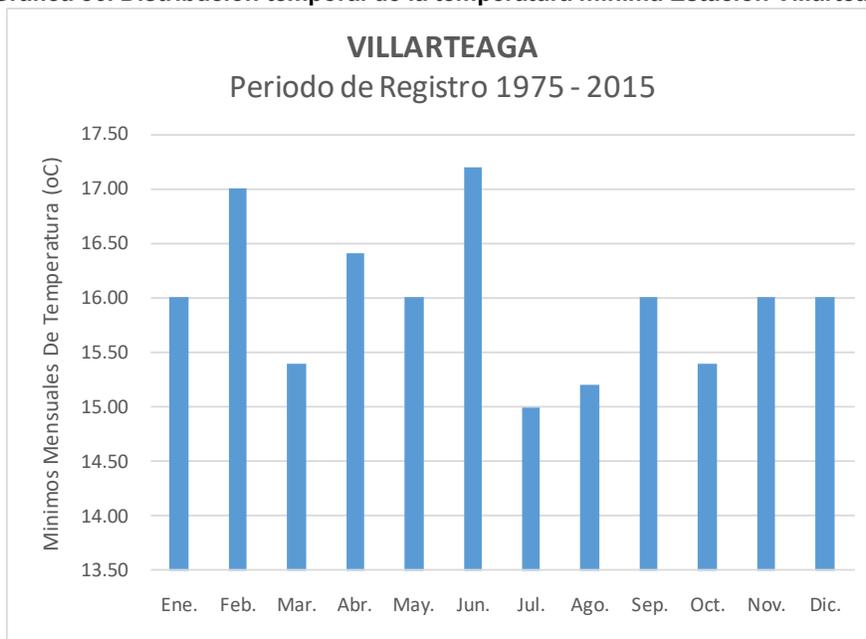
Gráfica 85. Distribución temporal de la temperatura mínima Estación Unibán



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

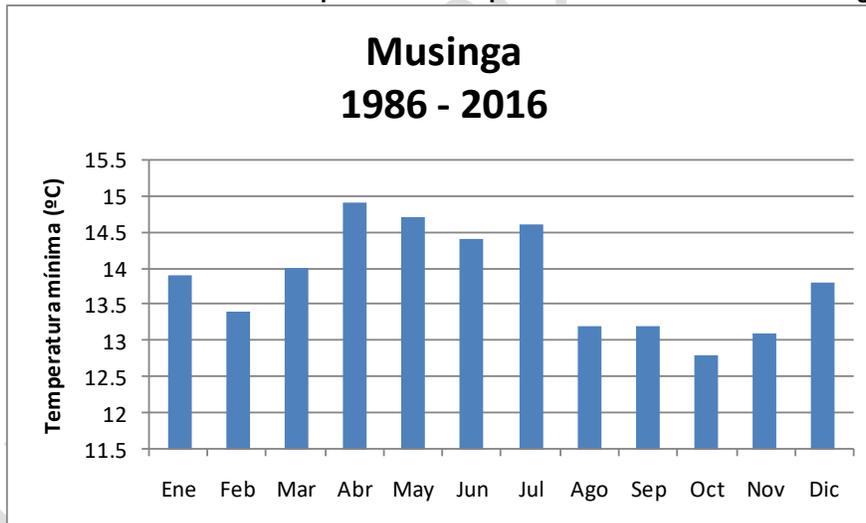


Gráfica 86. Distribución temporal de la temperatura mínima Estación Villarteaga



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 87. Distribución temporal de la temperatura mínima Estación Musinga



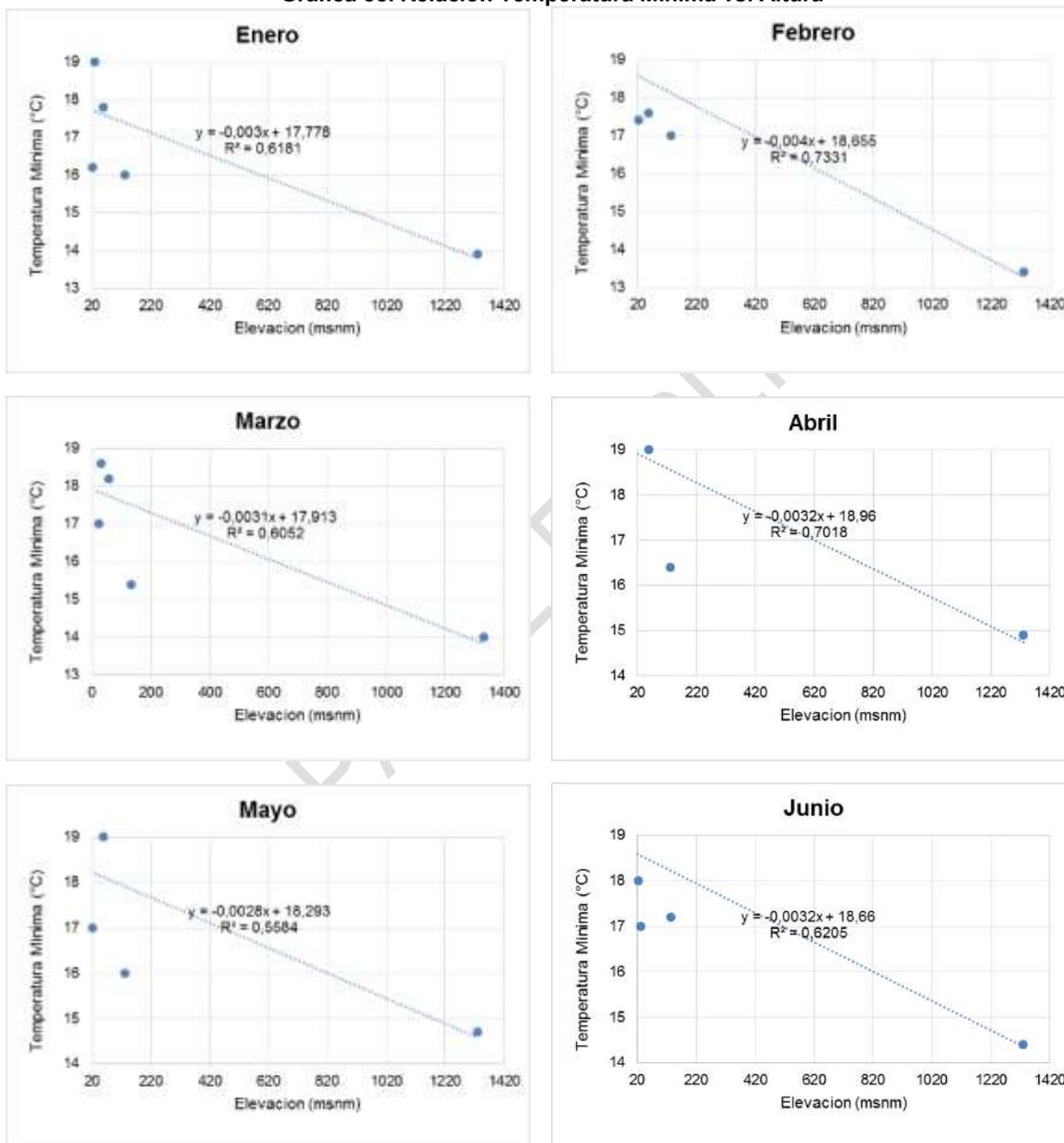
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

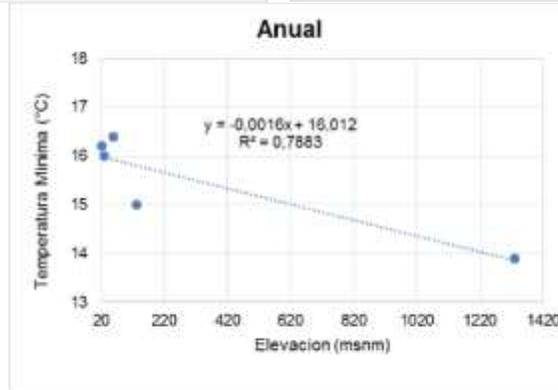
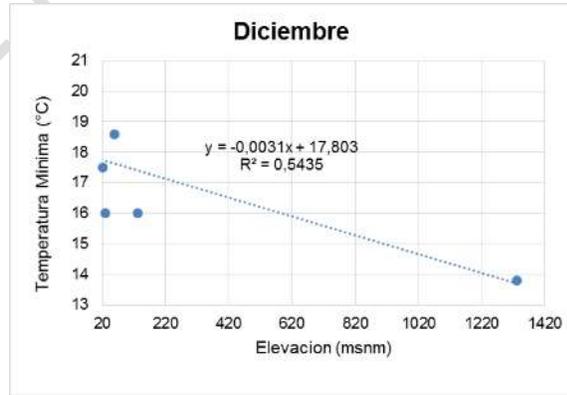
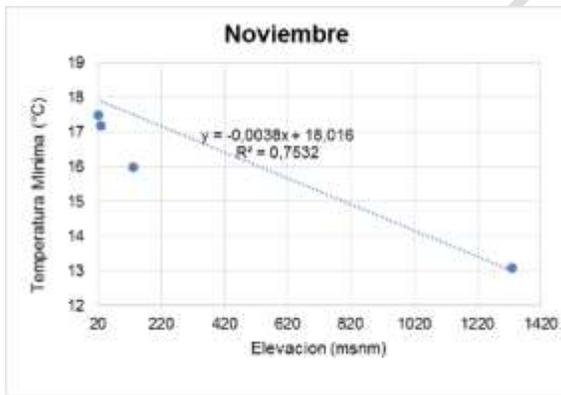
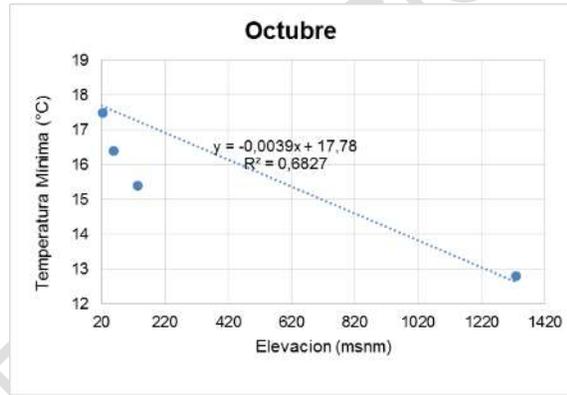
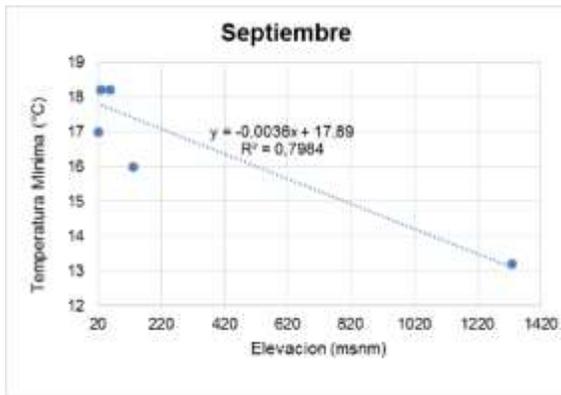
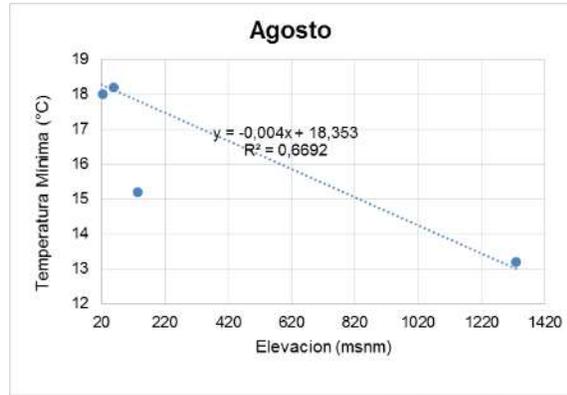
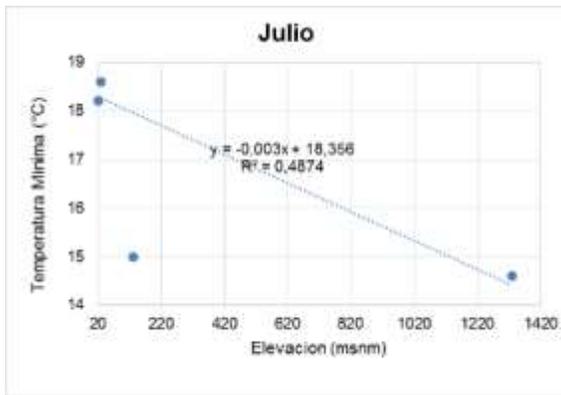
1.1.1.1.22. Distribución espacial

Para establecer la distribución espacial a nivel anual en la cuenca, se tomaron los valores anuales registrados en las seis (6) estaciones seleccionadas y se plotearon contra la elevación y se generó una línea de tendencia, que indica el gradiente de la temperatura para el rango de alturas. Teniendo en cuenta que no se cuenta con estaciones climatológicas en alturas superiores a los 200 msnm, se extrapolará la línea de tendencia de tal forma que se cubra toda la cuenca.

En la Gráfica 88, se presenta la relación de la temperatura mínima vs. la elevación de las estaciones seleccionadas, donde se puede observar que como es lógico esta disminuye con la altura, es decir que a mayor altura menor temperatura. En la Figura 11 y Figura 12, se presenta la distribución espacial.

Gráfica 88. Relación Temperatura Mínima vs. Altura

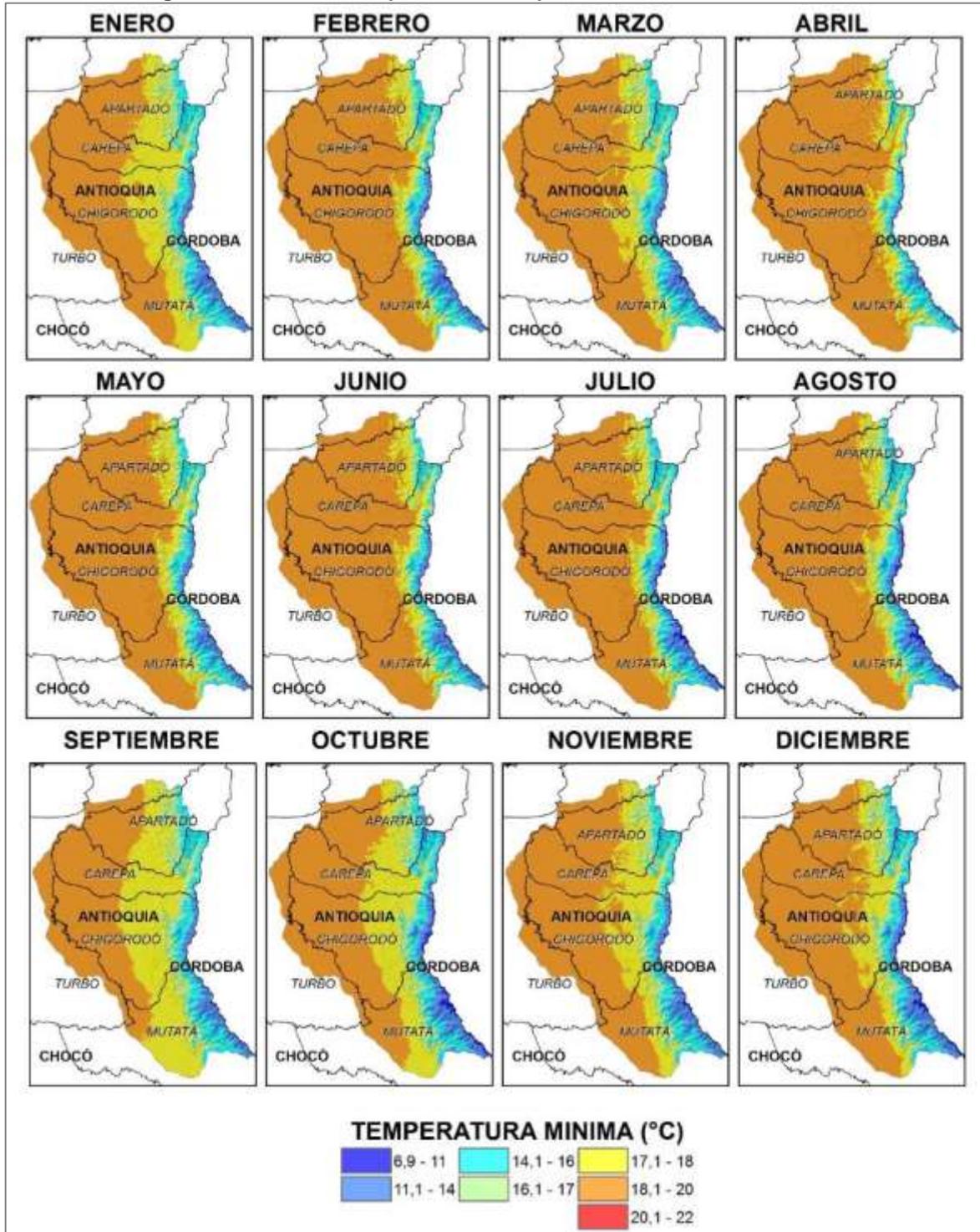




Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

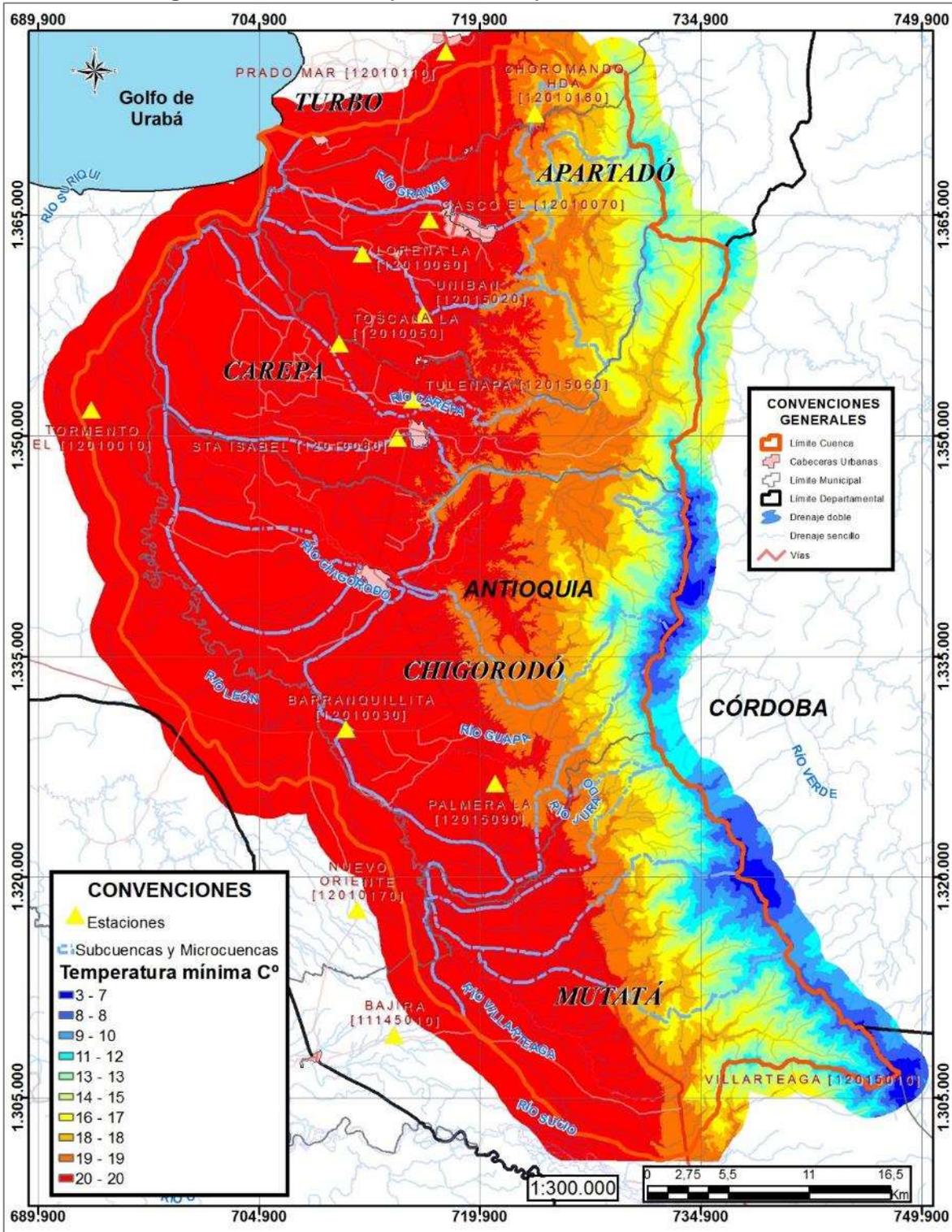


Figura 11. Distribución espacial de la temperatura mínima media mensual



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Figura 12. Distribución espacial de la temperatura mínima media anual



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.3.6 Humedad relativa

La **humedad del aire** es el contenido de agua presente en la atmósfera. Ese contenido, proviene de la evaporación de los mares, océanos, lagos y en general de todos los cuerpos de agua que existan. Adicionalmente de la transpiración de los seres vivos.

La humedad relativa de una masa de aire es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene y la que tendría si estuviera completamente saturada; así cuanto más se aproxima el valor de la humedad relativa al 100% más húmedo está.

Una forma de medir la humedad atmosférica es mediante el higrómetro.

1.1.1.1.23. Estaciones seleccionadas

Para el desarrollo del estudio, se seleccionaron las estaciones climatológicas, que contaran con el registro de este parámetro y que cubrieran los diferentes pisos térmicos que se encuentran en la cuenca y en sus alrededores.

En la Tabla 38, se presentan las estaciones climatológicas seleccionadas, indicando su nombre, código y elevación en la que se encuentran.

En la tabla se puede observar que las estaciones están localizadas entre los 19 msnm y los 1350 msnm, que cubren un rango de alturas relativamente pequeño. Para determinar los valores para alturas superiores a las registradas, se determinará el gradiente y se extrapolarán los datos.

Tabla 38. Estaciones climatológicas con higrómetro

ESTACIÓN	CÓDIGO	ELEVACIÓN
APTO LOS CEDROS	12015070	19
LA PALMERA	12015090	58
TULENAPA	12015060	30
UNIBÁN	12015020	23
VILLARTEAGA	12015010	132
MUSINGA	11115040	1350

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.1.1.24. Distribución temporal

La distribución temporal, es en la mayoría de las estaciones de tipo monomodal, observándose los valores más altos en los meses de Abril a Diciembre. Los valores más bajos se presentan en los meses de Enero a Marzo.

En la Tabla 39, se presentan los valores medios mensuales y el valor medio anual y en la Gráfica 89 a Gráfica 94, la distribución temporal. No se incluyó la información de la estación Bajirá, por no contar con una serie completa de datos.

Tabla 39. Valores mensuales de la humedad relativa (%) (1956 – 2016)

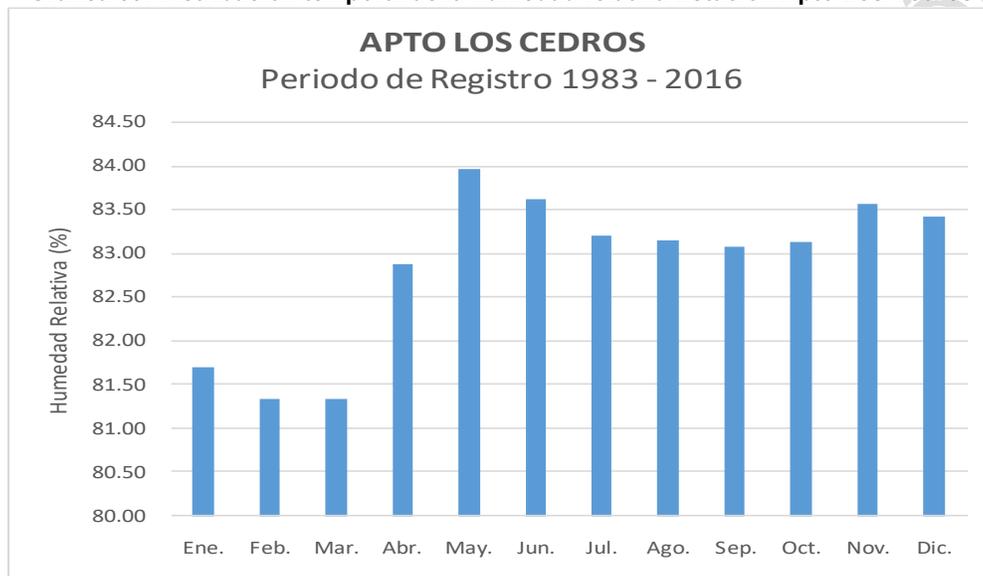
ESTACIÓN	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Apto Los Cedros (12015070)	81.7	81.3	81.3	82.9	84.0	83.6	83.2	83.1	83.1	83.1	83.6	83.4	82.8



La Palmera (12015090)	79.8	77.4	78.5	81.6	82.3	83.2	82.9	84.0	83.8	84.2	83.0	84.3	82.3
Tulenapa (12015060)	85.4	83.8	83.9	86.0	88.0	88.3	88.0	88.0	87.4	87.0	87.7	88.1	86.8
Unibán (12015020)	85.8	84.3	83.9	85.8	87.8	88.0	87.8	87.6	87.4	86.9	87.5	87.8	86.6
Villarteaga (12015010)	86.8	86.5	85.8	87.0	87.7	87.7	87.6	87.6	87.4	88.6	88.6	88.6	87.4
Musinga (11115040)	86	86	85	87	88	88	87	87	88	87	88	87	87

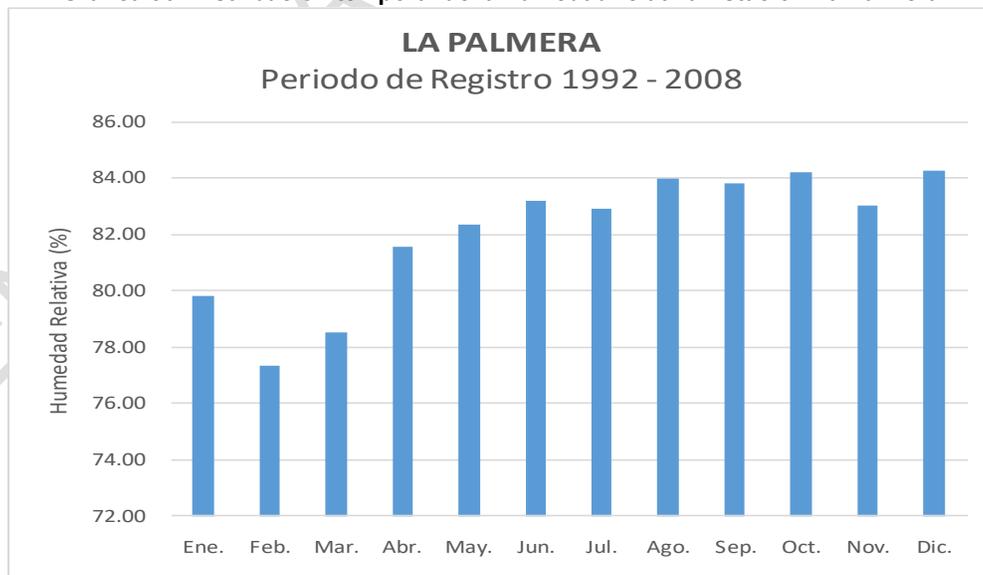
Fuente: IDEAM, 2016.

Gráfica 89. Distribución temporal de la humedad relativa Estación Apto Los Cedros



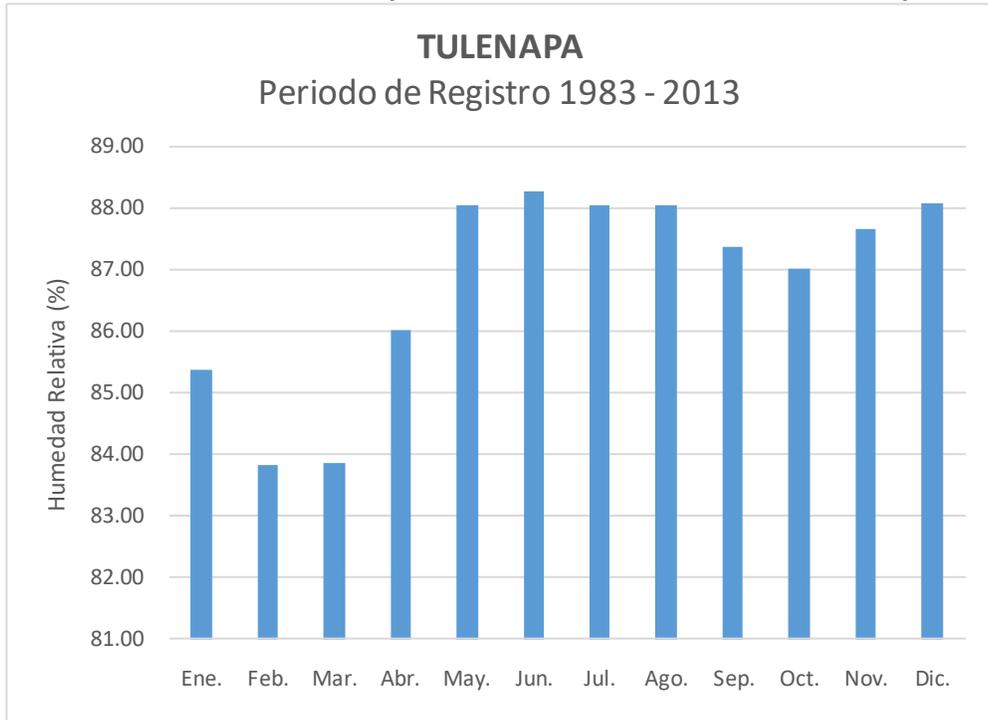
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 90. Distribución temporal de la humedad relativa Estación La Palmera



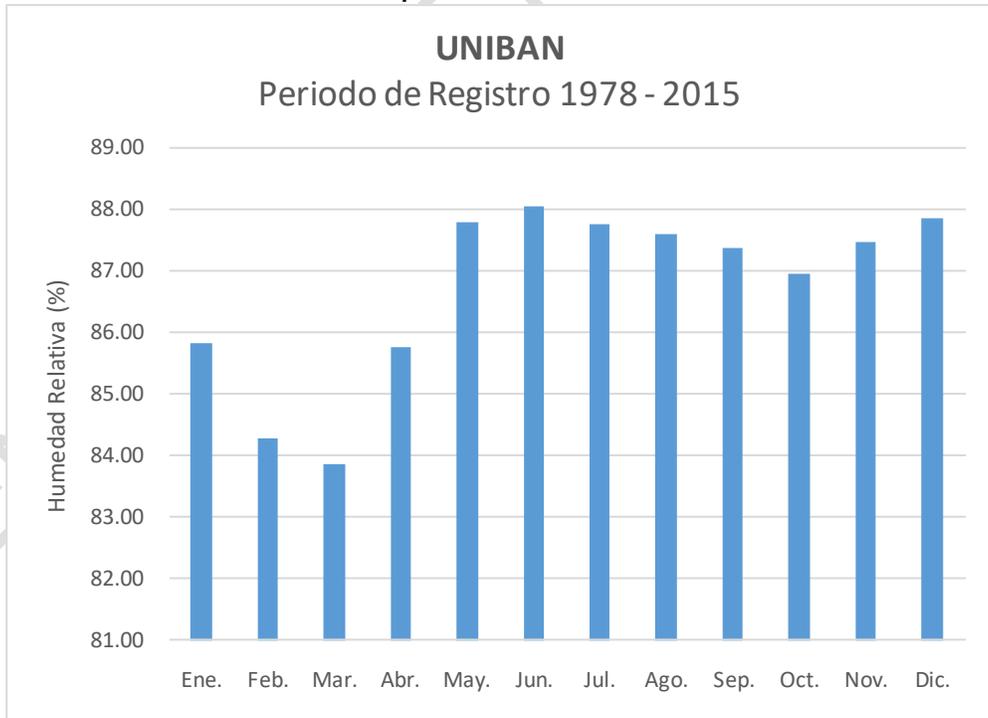
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 91. Distribución temporal de la humedad relativa Estación Tulenapa



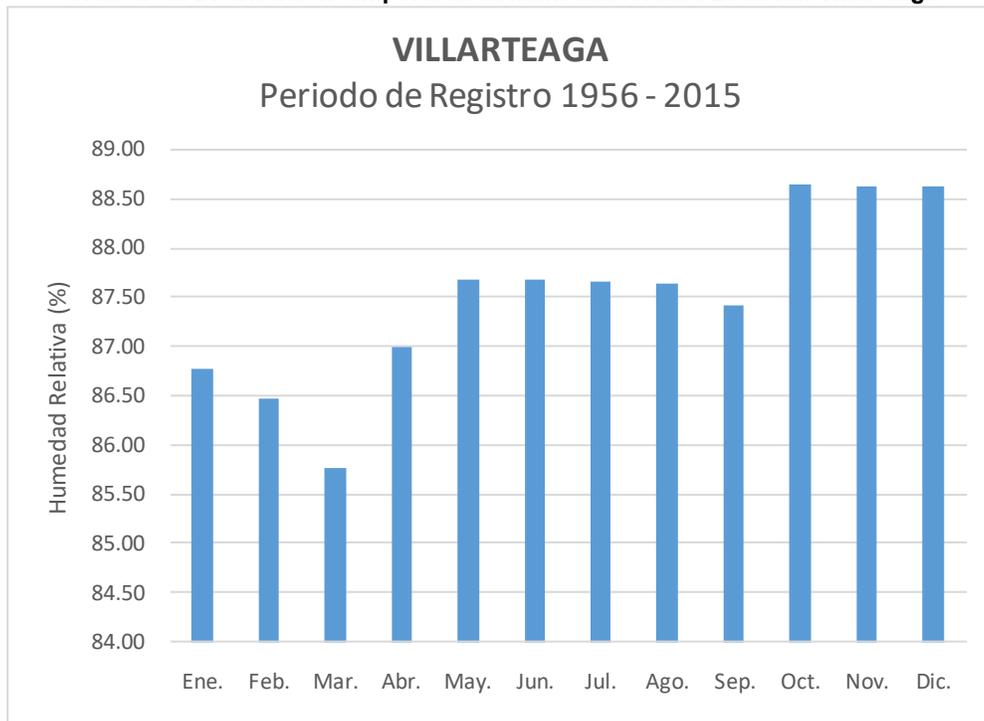
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 92. Distribución temporal de la humedad relativa Estación Unibán



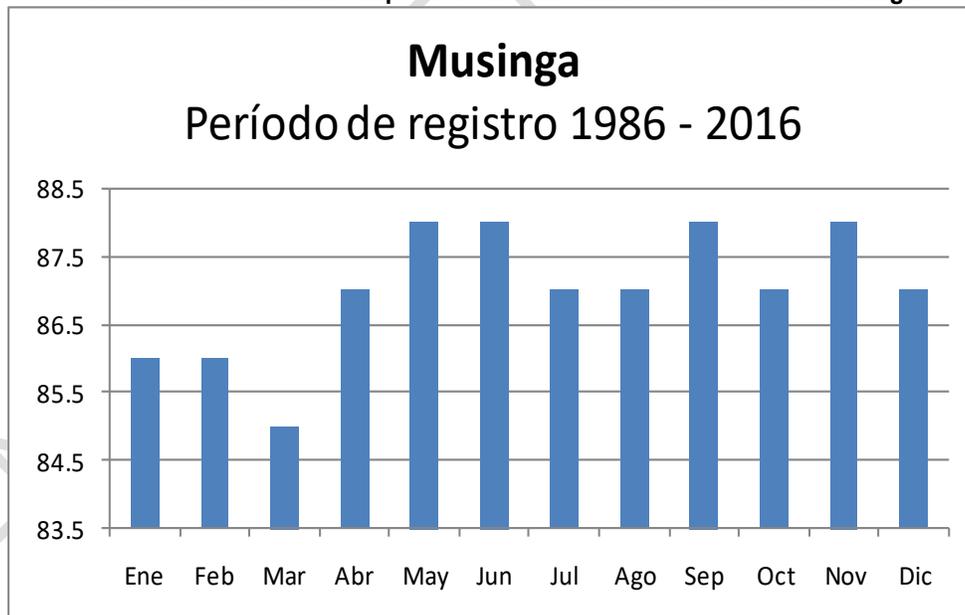
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 93. Distribución temporal de la humedad relativa Estación Villarteaga



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 94. Distribución temporal de la humedad relativa Estación Musinga



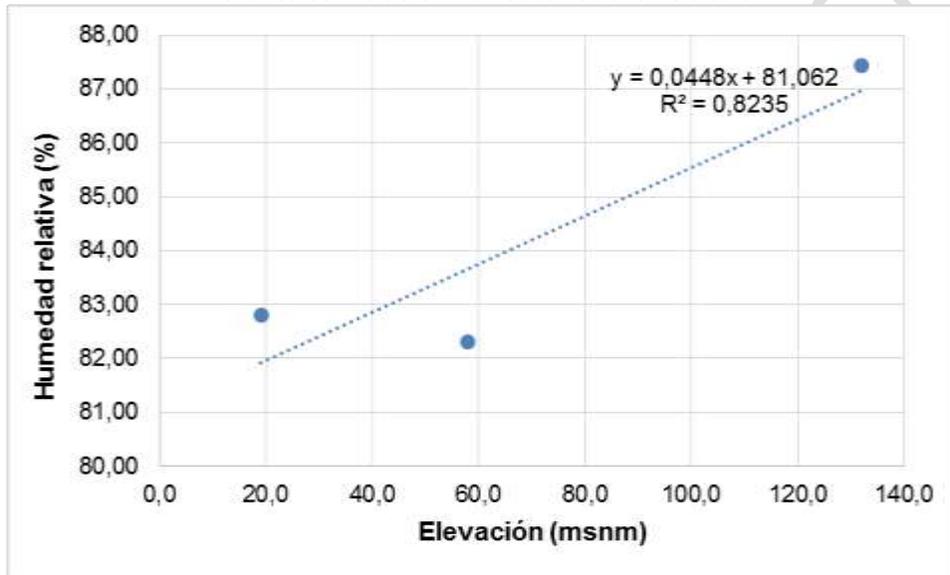
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.1.1.25. Distribución espacial

Para establecer la distribución espacial a nivel anual en la cuenca, se tomaron los valores anuales registrados en las seis (6) estaciones seleccionadas y se plotearon contra la elevación y se generó una línea de tendencia, que indica el gradiente de la humedad relativa para el rango de alturas. Teniendo en cuenta que no se cuenta con estaciones climatológicas en alturas superiores a los 200 msnm, se extrapolará la línea de tendencia de tal forma que se cubra toda la cuenca.

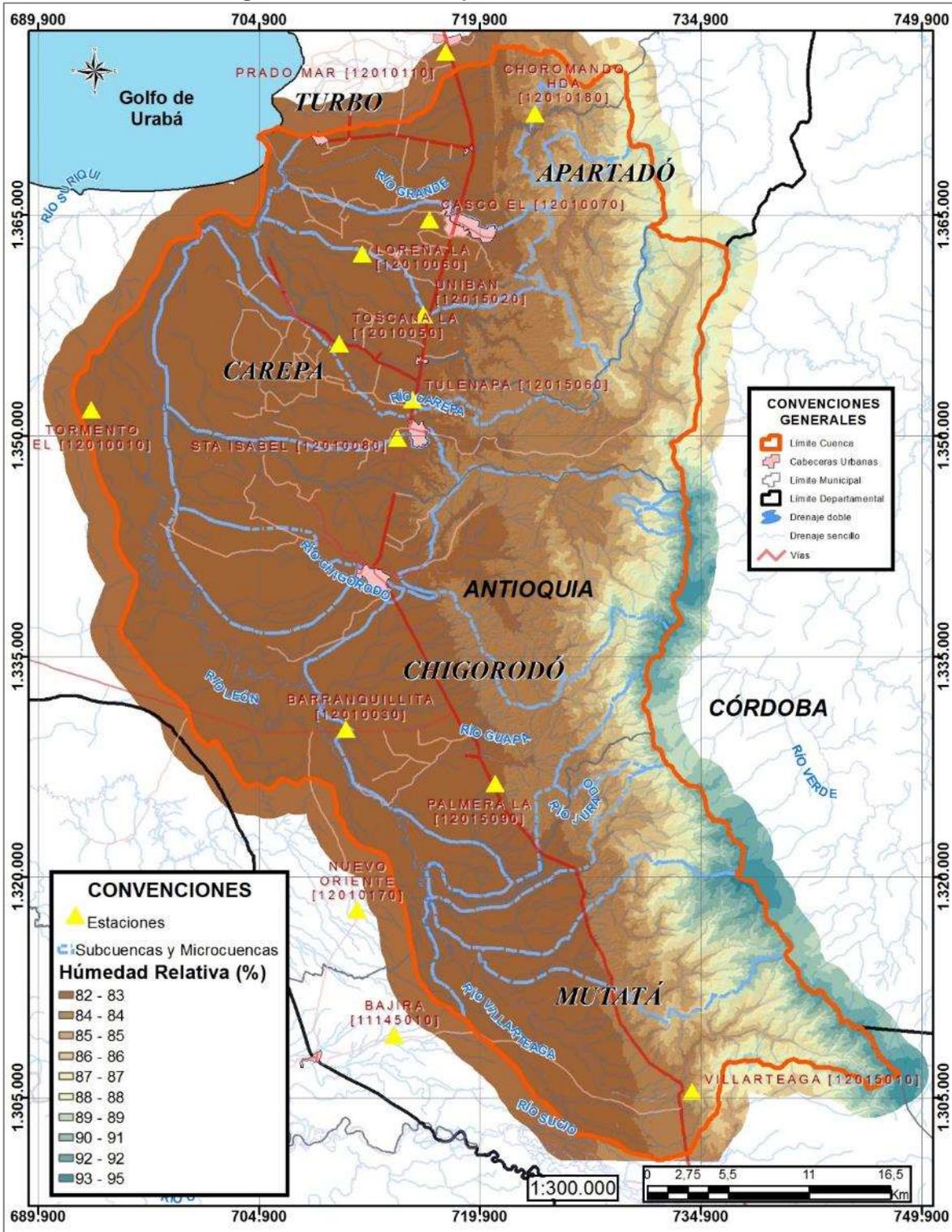
En la Gráfica 95, se presenta la relación de la humedad relativa vs. la elevación de las estaciones seleccionadas, donde se puede observar que como es lógico esta aumenta con la altura, es decir que a mayor altura mayor humedad relativa. En la Figura 13, se presenta la distribución espacial.

Gráfica 95. Relación humedad relativa vs altura



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Figura 13. Distribución espacial de la humedad relativa



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.3.7 Brillo solar

El brillo solar representa el tiempo total durante el cual se presenta luz solar directa sobre alguna localidad, entre el amanecer y el atardecer. El total de horas de brillo solar de un lugar es uno de los factores que determinan el clima de esa localidad. Este elemento meteorológico es importante en sectores como el agrícola, forestal, turismo.

El conocimiento adecuado del régimen de brillo solar permite, estimar características cuantitativas de la nubosidad y radiación solar de forma que se pueda tener una idea sobre la disponibilidad luz del sol para el aprovechamiento de la energía solar en el país.

El brillo solar se mide con el heliógrafo, que es una esfera de cristal que concentra los rayos solares y quema una faja subdividida en intervalos de tiempo, a medida que la inclinación del sol va variando, va quemando la faja, al disminuir la intensidad del brillo solar, ya sea por nubosidad u otras razones, la faja deja de quemarse. Esto nos permite obtener un registro de las horas de sol que se tienen en el día.

1.1.1.1.26. Estaciones seleccionadas

Para el desarrollo del estudio, se seleccionaron las estaciones climatológicas, que contaran con el registro de este parámetro y que cubrieran los diferentes pisos térmicos que se encuentran en la cuenca y en sus alrededores.

En la Tabla 40, se presentan las estaciones climatológicas seleccionadas, indicando su nombre, código y elevación en la que se encuentran.

En la tabla se puede observar que las estaciones están localizadas entre los 19 msnm y los 1350 msnm, que cubren un rango de alturas amplio. Para determinar los valores para alturas superiores a las registradas, se determinará el gradiente y se extrapolarán los datos.

Tabla 40. Estaciones climatológicas con brillo solar

ESTACIÓN	CÓDIGO	ELEVACIÓN
APTO LOS CEDROS	12015070	19
TULENAPA	12015060	30
UNIBÁN	12015020	23
VILLARTEAGA	12015010	132
MUSINGA	11115040	1350

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.1.1.27. Complementación de la información

Teniendo en cuenta que los valores del brillo solar, se registran como totales y no como promedios, si se tienen vacíos de información, en períodos relativamente largos, la información mensual se encontraría distorsionada y los valores estarían subdimensionados.

De acuerdo con lo anterior, se complementaron las series diarias, de los datos faltantes, con el valor promedio diario multianual del mes a complementar. Si el faltante era el mes completo, se complementó con el valor promedio mensual multianual de la serie. De acuerdo con lo anterior, se trabajaron las series complementadas de todo el período de registro de la estación.

1.1.1.1.28. Distribución temporal

La distribución temporal, es en la mayoría de las estaciones de tipo monomodal, observándose los valores más altos en los meses de Diciembre y Enero. Los valores más bajos se presentan a mediados del año en los meses de Junio a Agosto.

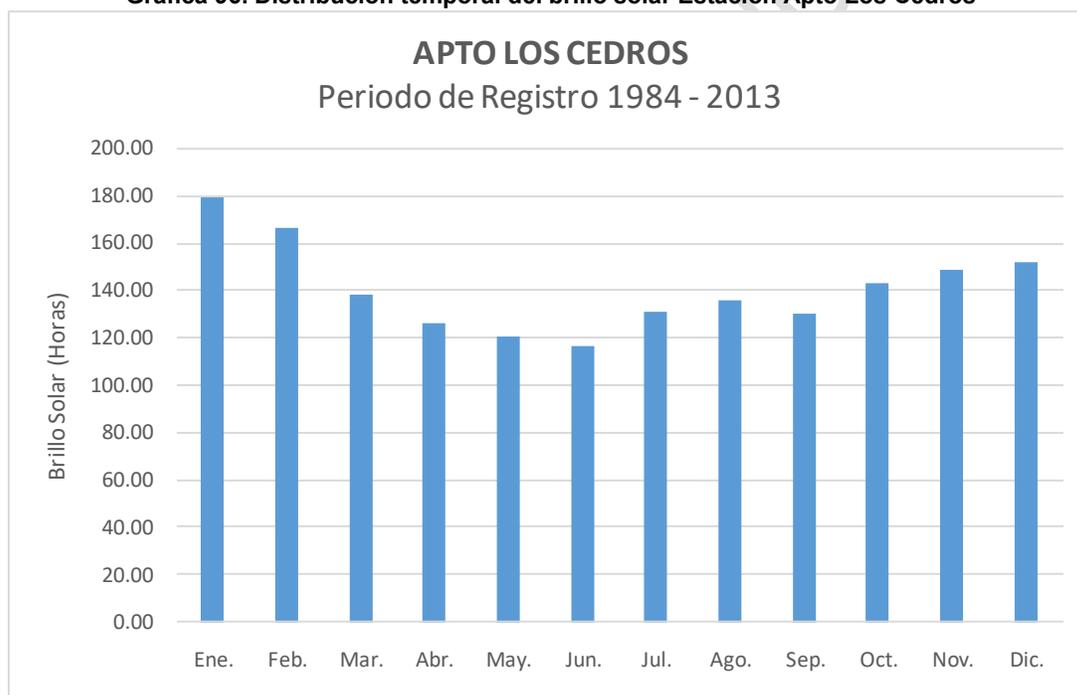
En la Tabla 41, se presentan los valores medios mensuales y en las Gráfica 96 a Gráfica 100, la distribución temporal.

Tabla 41. Valores mensuales del brillo solar (horas) (Periodo 1997 – 2016)

ESTACIÓN	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Apto. Los Cedros (12015070)	179	166	138	126	121	116	131	136	130	143	148	152	1687
Tulenapa (12015060)	183	157	137	121	131	127	150	147	136	156	150	162	1756
Unibán (12015020)	163	143	125	109	121	96	129	134	119	135	136	137	1546
Villarteaga (12015010)	122	106	94	82	84	74	83	79	74	95	88	97	1079
Musinga (11115040)	156.7	141.7	128.5	95.5	99.7	114.8	138.4	131.0	104.8	111.9	118.7	136.8	1464.5

Fuente: IDEAM, 2016.

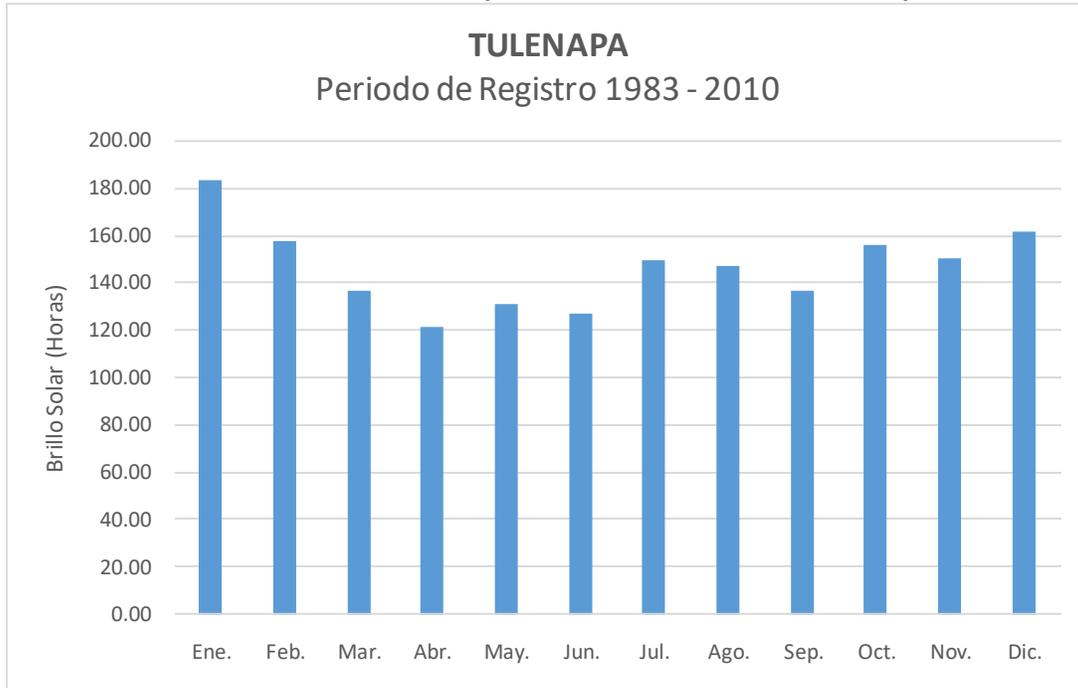
Gráfica 96. Distribución temporal del brillo solar Estación Apto Los Cedros



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

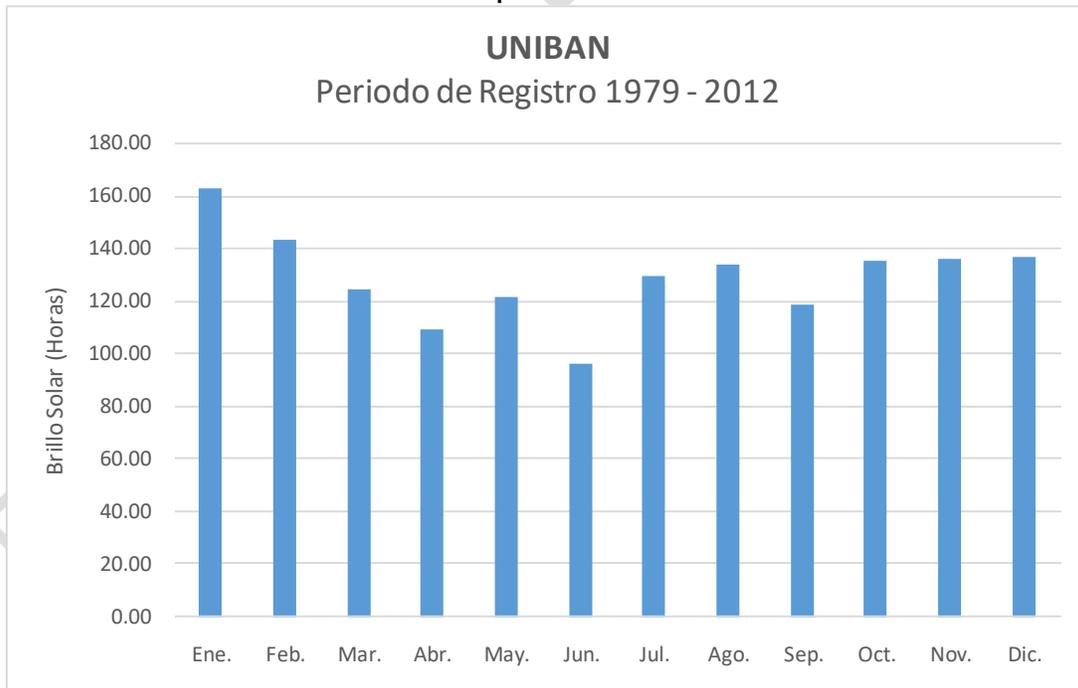


Gráfica 97. Distribución temporal del brillo solar Estación Tulenapa



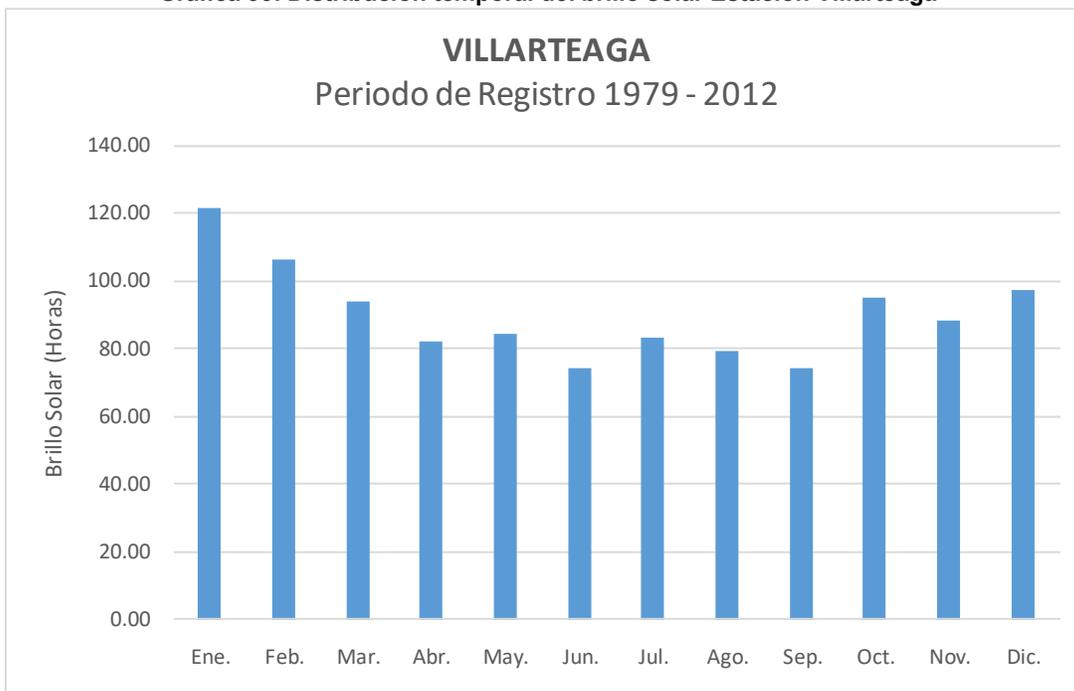
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 98. Distribución temporal del brillo solar Estación Unibán



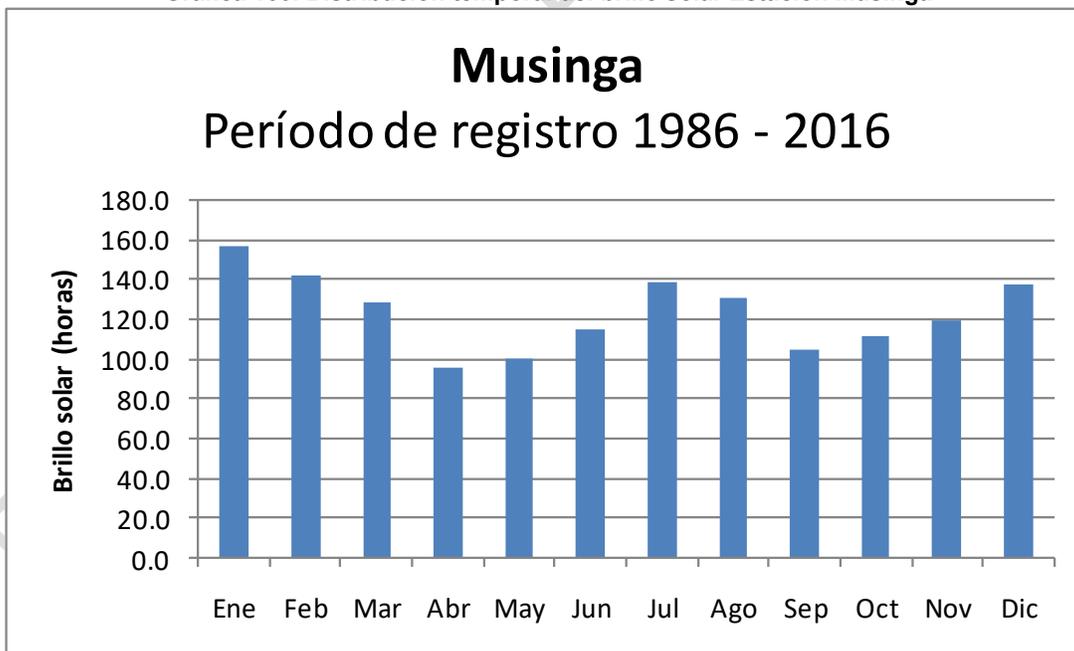
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 99. Distribución temporal del brillo solar Estación Villarteaga



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 100. Distribución temporal del brillo solar Estación Musinga



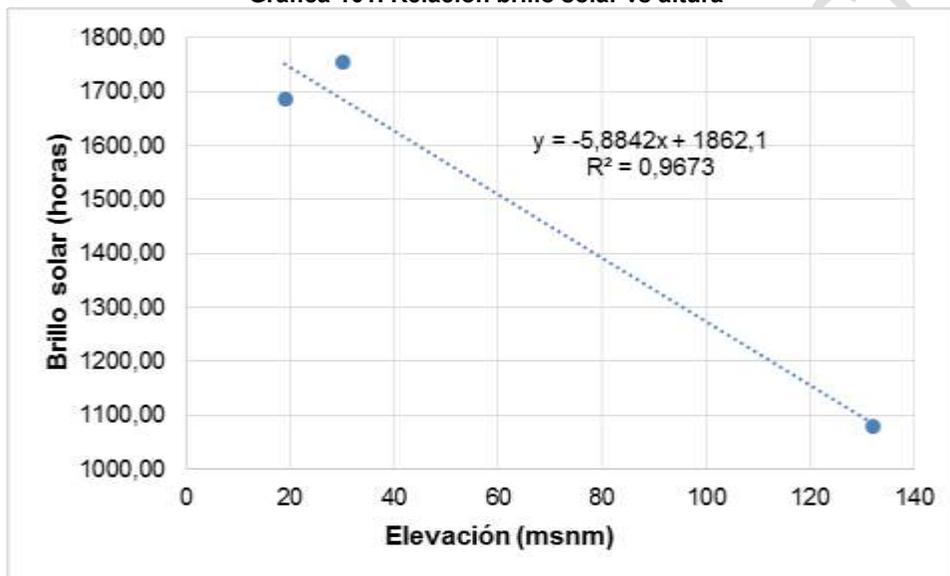
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.1.1.29. Distribución espacial

Para establecer la distribución espacial a nivel anual en la cuenca, se tomaron los valores anuales registrados en las cinco (5) estaciones seleccionadas y se plotearon contra la elevación y se generó una línea de tendencia, que indica el gradiente del brillo solar para el rango de alturas. Teniendo en cuenta que no se cuenta con estaciones climatológicas en alturas superiores a los 200 msnm, se extrapolará la línea de tendencia de tal forma que se cubra toda la cuenca.

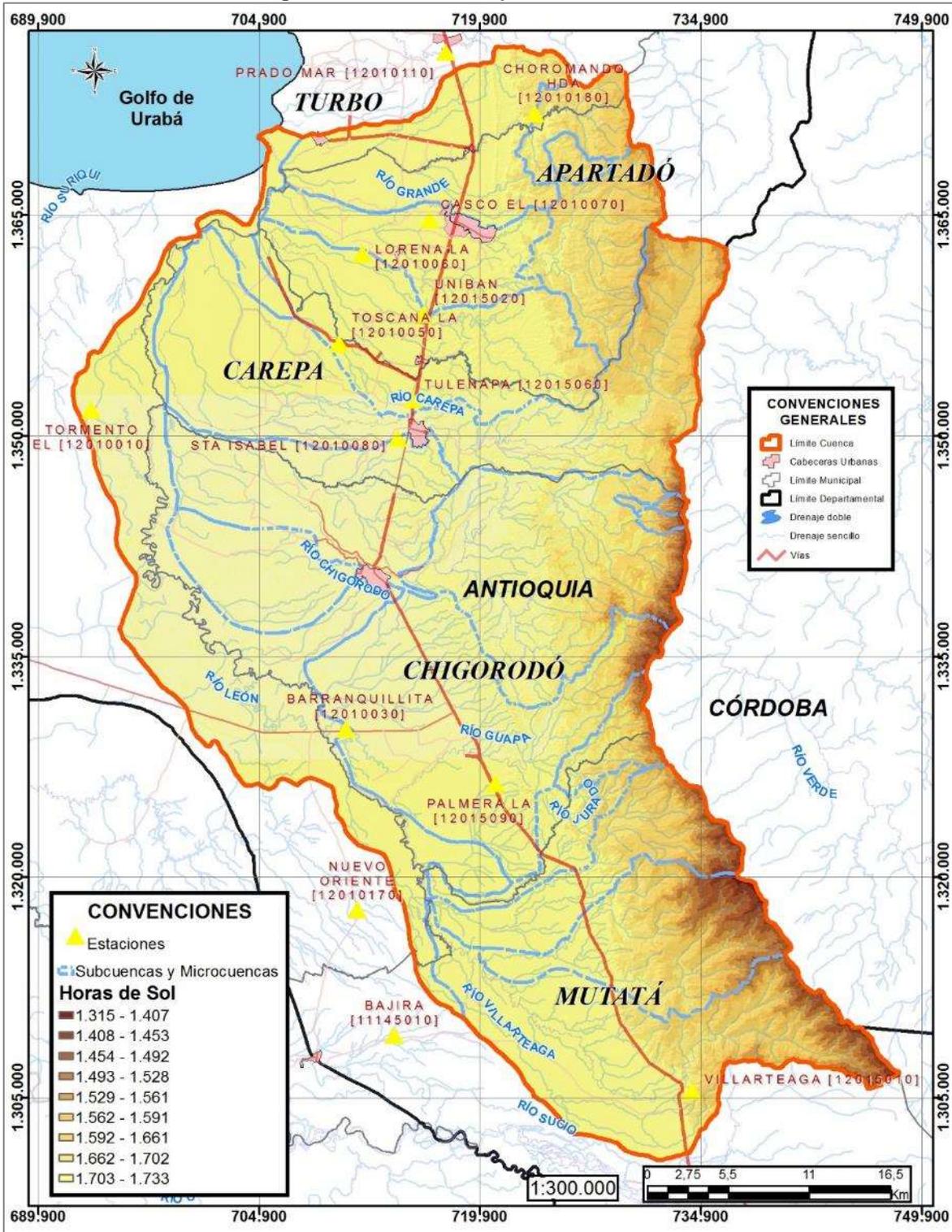
En la Gráfica 101, se presenta la relación del brillo solar vs. la elevación de las estaciones seleccionadas, donde se puede observar que como es lógico este disminuye con la altura, es decir que a mayor altura menor brillo solar. En la Figura 14, se presenta la distribución espacial.

Gráfica 101. Relación brillo solar vs altura



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Figura 14. Distribución espacial del brillo solar



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.3.8 Velocidad media del viento

La velocidad, esto es la rapidez y dirección de los vientos se mide con el anemómetro, que suele registrar dicha dirección y rapidez a lo largo del tiempo. La intensidad del viento se ordena según su rapidez utilizando la escala Beaufort. Esta escala se divide en varios tramos según sus efectos o daños causados, desde el aire en calma hasta los huracanes de categoría 5 y los tornados.

1.1.1.1.30. Estaciones seleccionadas

Para el desarrollo del estudio, se seleccionaron las estaciones climatológicas, que contaran con el registro de este parámetro y que cubrieran los diferentes pisos térmicos que se encuentran en la cuenca y en sus alrededores.

En la Tabla 42, se presenta la estación climatológica seleccionada, indicando su nombre, código y elevación en la que se encuentran. En el cuadro se puede observar que la estación está localizada sobre los 20 msnm.

Tabla 42. Estaciones climatológicas con velocidad del viento (m/s) (Periodo 1983 – 2006)

CODIGO	NOMBRE ESTACION	ELEVACION msnm
12015070	Apto Los Cedros	20

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.1.1.31. Distribución temporal y dirección

Distribución temporal:

La distribución temporal de la velocidad del viento, presenta un comportamiento de tipo monomodal a lo largo del año, observándose los valores más altos en los meses de Febrero y Marzo, con registros de 2.83 y 2.80 m/s respectivamente. Los valores más bajos se presentan en los meses de Junio a Septiembre, siendo el más bajo el mes de Junio, con un registro de 1.71 m/s. el valor promedio anual es de 2.24 m/s, el máximo registrado es de 4.40 m/s y el mínimo es de 1.20 m/s.

En la Tabla 43, se presentan los valores medios mensuales y el valor medio anual y en la Gráfica 102, la distribución temporal.

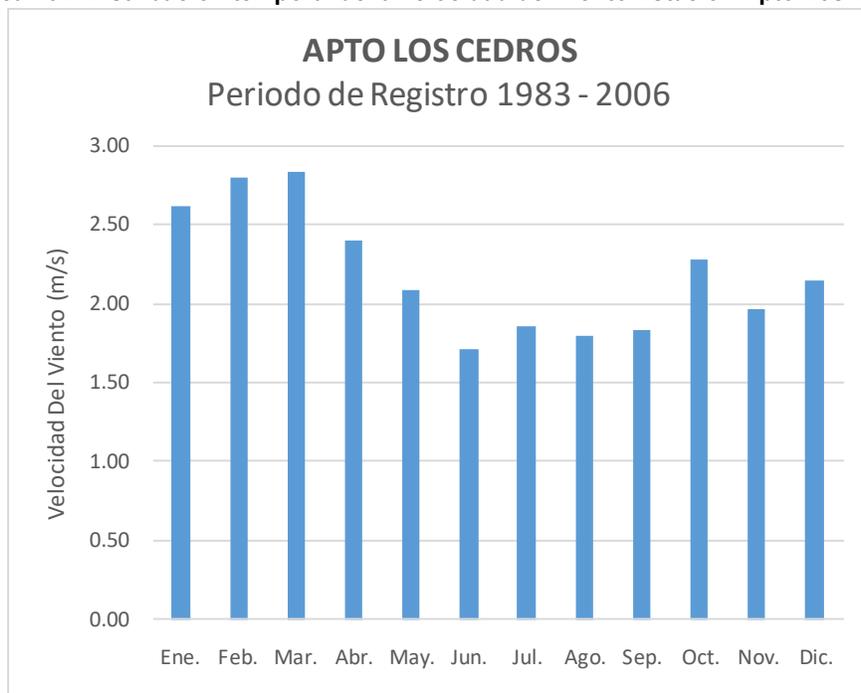
Tabla 43. Valores mensuales de la velocidad del viento m/s

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1983	XXX	1.80	1.90	1.90									
1984	2.20	2.50	3.30	2.60	1.80	1.40	1.60	1.60	2.00	1.80	1.70	2.40	2.10
1985	3.20	XXX	3.10	2.80	XXX	1.50	XXX	2.00	1.70	2.40	2.10	2.60	2.40
1986	4.40	XXX	XXX	2.50	XXX	1.60	1.90	1.90	1.90	2.40	XXX	XXX	2.40
1987	XXX	1.70	1.80	XXX	1.80	2.20	1.90						
1988	2.70	2.70	2.90	2.10	1.60	1.80	1.60	1.70	2.20	2.30	2.00	1.60	2.10
1989	2.30	3.30	2.70	2.60	1.80	1.70	1.80	1.70	2.00	1.80	2.00	2.30	2.20
1990	2.30	2.60	2.80	2.50	1.70	1.60	1.70	1.80	1.70	2.30	XXX	XXX	2.10
1991	2.50	3.30	2.70	2.30	2.20	XXX	2.00	1.70	1.70	XXX	XXX	2.40	2.30
1992	3.10	XXX	3.60	2.70	XXX	XXX	XXX	1.60	1.80	XXX	1.80	2.20	2.40
1993	2.30	XXX	2.30										
1994	XXX	XXX	XXX	XXX	4.40	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	1.70	2.40	2.80
1995	2.10	3.40	2.60	2.10	XXX	1.90	2.20	2.10	1.90	2.40	1.90	1.70	2.20
1996	2.00	2.30	2.40	2.10	1.70	1.80	2.00	1.90	1.80	2.40	XXX	XXX	2.00
1998	2.70	2.30	2.70	XXX	1.90	XXX	XXX	XXX	XXX	2.50	2.10	2.10	2.30
1999	XXX	XXX	2.80	2.10	2.10	XXX	2.00	XXX	XXX	XXX	XXX	2.30	2.30
2000	2.80	2.40	XXX	XXX	XXX	XXX	2.00	2.00	2.40	1.90	2.10	2.00	2.20

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2001	XXX	3.00	2.50	2.70	2.20	1.60	1.70	1.70	1.70	2.00	2.00	1.80	2.10
2002	2.10	2.80	XXX	XXX	2.10	1.70	1.70	1.70	1.70	2.30	1.70	XXX	2.00
2003	XXX	2.60	2.30	2.10	1.30	XXX	2.10						
2005	XXX	3.30	2.80	2.20	2.80								
2006	2.50	3.20	3.20	XXX	2.30	2.20	XXX	XXX	1.20	XXX	XXX	XXX	2.40
MEDIA	2.61	2.80	2.83	2.40	2.08	1.71	1.85	1.79	1.83	2.28	1.96	2.14	2.24
MAX	4.40	3.40	3.60	2.80	2.80	2.20	2.20	2.10	2.40	3.30	2.80	2.60	4.40
MIN	2.00	2.30	2.30	2.10	2.10	1.40	1.60	1.60	1.20	1.80	1.70	1.60	1.20

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 102. Distribución temporal de la velocidad del viento Estación Apto Los Cedros



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Dirección:

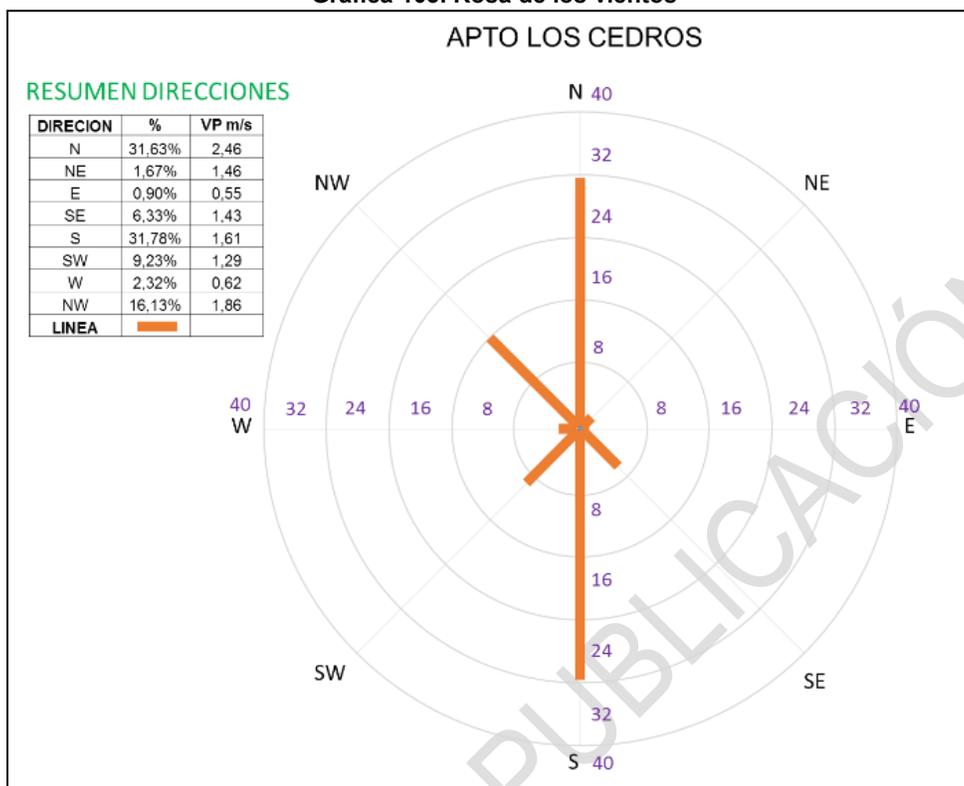
La dirección del viento presenta dos coordenadas básicas. Durante los meses de Diciembre - Abril, la dirección predominante es Norte con velocidades promedio que superan los 2.7 m/s y frecuencias que superan el 50% del tiempo. Durante los meses de Mayo a Noviembre, la dirección predominante es Sur, con velocidades promedio de 1.8 m/s. En la Tabla 44, se presentan las direcciones predominantes cada mes, y en la Gráfica 103, la Rosa de los Vientos, indicando las frecuencias de las direcciones predominantes y las velocidades promedio de las mismas.

Tabla 44. Dirección predominante del viento

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Dirección	N	N	N	N	S	S	S	S	S	S	S	N
Frecuencia	63.74%	52.09%	61.56%	51.17%	30.06%	45.00%	47.63%	48.00%	52.39%	56.32%	49.64%	39.91%

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 103. Rosa de los vientos



Fuente: IDEAM, 2016

1.1.3.9 Evapotranspiración potencial

Con el fin de determinar las demandas de agua para proyectos de riego, de acuerdo con el plan agropecuario propuesto, se estima la evapotranspiración potencial, para posteriormente, realizar el balance hídrico, a partir de la precipitación efectiva, el uso consuntivo y las eficiencias del sistema de riego y determinar las demandas netas de agua a nivel decadal para el proyecto.

En la literatura se cuenta con varias metodologías para su estimativo, dependiendo de la información con que se cuente, siendo las de Thorntwaite y Penman – Monteith, las más utilizadas, para el proyecto, no se puede utilizar la de Penman – Monteith, en forma directa, por cuanto no se tiene información de vientos para la mayoría de las estaciones, solo se tiene información en la estación del Aeropuerto El Cedro, por lo cual se empleará la metodología de Thorntwaite, basada en las temperaturas, teniendo en cuenta que todas las estaciones seleccionadas, cuentan con este parámetro.

Método de Thorntwaite:

Consiste en determinar un índice calórico para cada mes y un índice calórico anual, de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$j = (t(n)/5)^{1.514}$$

$$J = \sum j$$

Dónde:

j = Índice calórico mensual
t(n) = Temperatura media mensual °C para el mes n (1, 2, 3, 4,12)
J = Índice calórico anual

A partir de los índices calóricos, se determina la evapotranspiración potencial (ET_o) para un mes de 31 días y un día de 14 horas de brillo solar, con la siguiente fórmula:

$$30ET_o^* = 16 (10t/J)^a$$

Donde:

ET_o* = Evapotranspiración potencial (mm)

$$a = (1.6 * J / 10) + 0.5$$

La ET_o corregida, se multiplica por 31 y por 12 y se divide por 31 o por 30 o por 28 de acuerdo con el mes y por 12 que es la duración promedio del día.

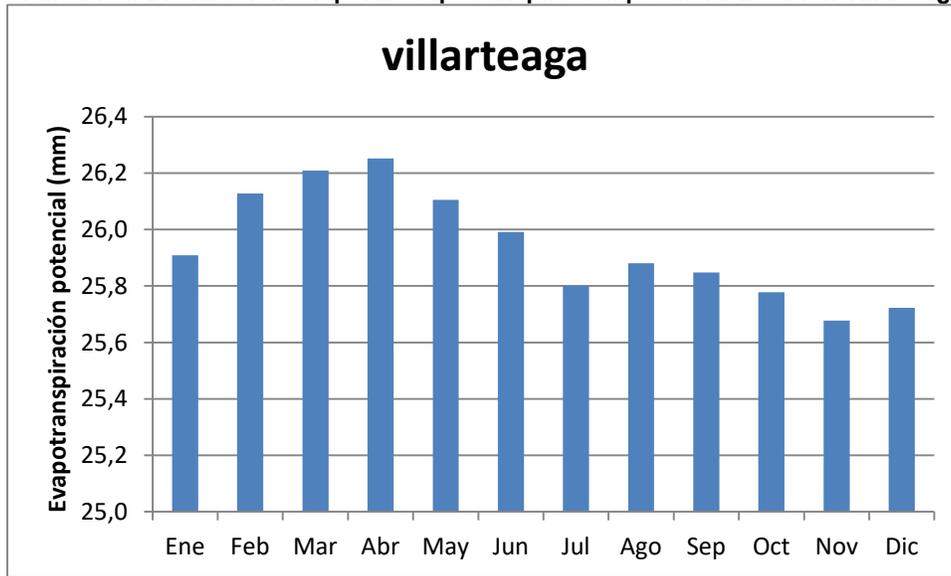
En la Tabla 45, se presentan los valores calculados de la evapotranspiración potencial, en las Gráfica 104 a Gráfica 109, se presenta la distribución temporal, en la Gráfica 110, la relación evapotranspiración potencial vs elevación, en las Figura 15 y Figura 16, la distribución espacial y en la Tabla 46 la evapotranspiración promedio en cada una de las cuencas.

Tabla 45. Evapotranspiración potencial (mm)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	ELEVACIÓN
Villarteaga (12015010)	120,5	124,9	128,0	132,8	131,2	130,0	125,9	126,5	122,8	119,5	118,7	142,3	1523,3	132
Unibán (12015020)	129,6	132,5	139,8	145,1	143,2	141,8	141,2	136,0	132,0	130,3	131,2	141,7	1644,6	23
Tulenapa (12015060)	133,0	136,0	141,5	149,0	147,0	145,6	142,9	141,6	137,4	131,7	132,8	141,5	1680,0	30
La Palmera (12015090)	144,1	154,1	158,1	157,1	157,2	153,3	148,2	149,0	144,6	142,7	139,6	137,9	1786,0	58
Apto Los Cedros (12015070)	141,6	143,1	147,7	155,6	155,6	160,1	157,7	157,0	150,5	144,6	141,8	140,6	1798,4	19
Musinga (11115040)	73,4	76,5	78,2	80,8	81,2	80,7	79,5	78,7	76,7	74,0	73,5	72,6	925,8	1330

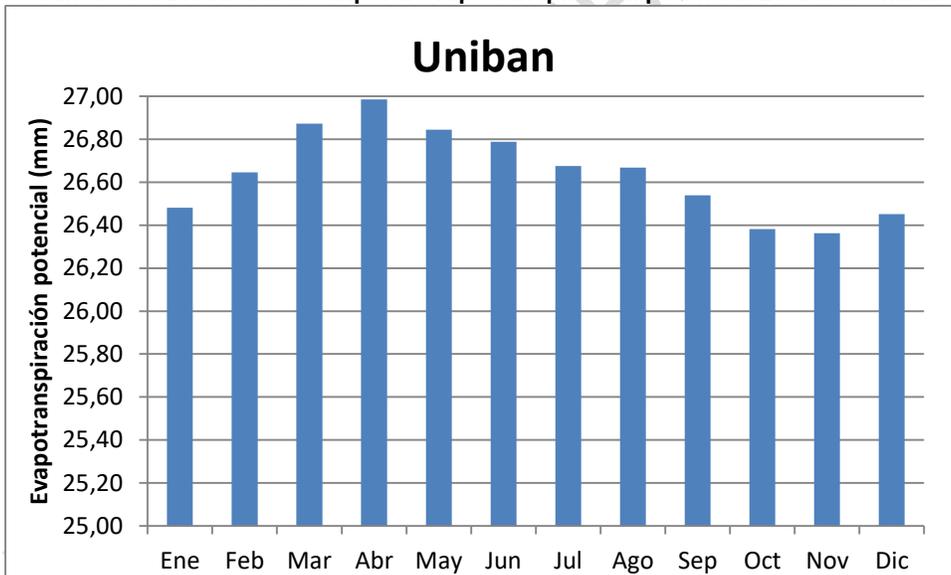
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 104. Distribución temporal evapotranspiración potencial Estación Villarteaga



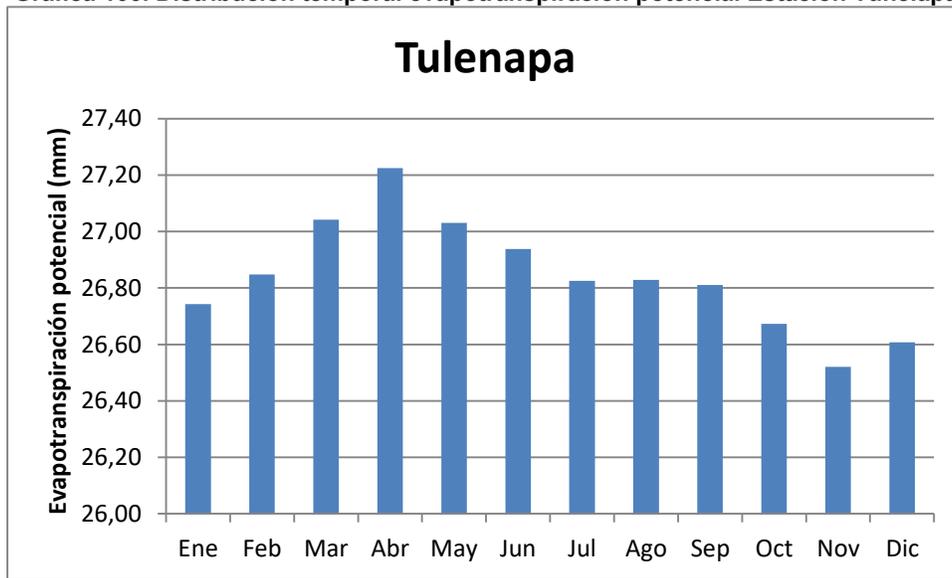
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 105. Distribución temporal evapotranspiración potencial Estación Unibán



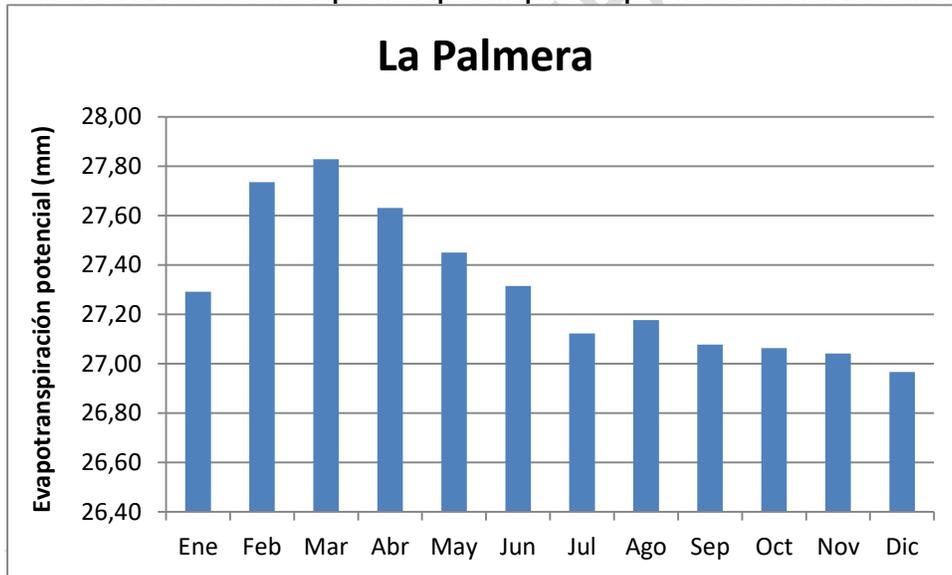
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 106. Distribución temporal evapotranspiración potencial Estación Tunelapa



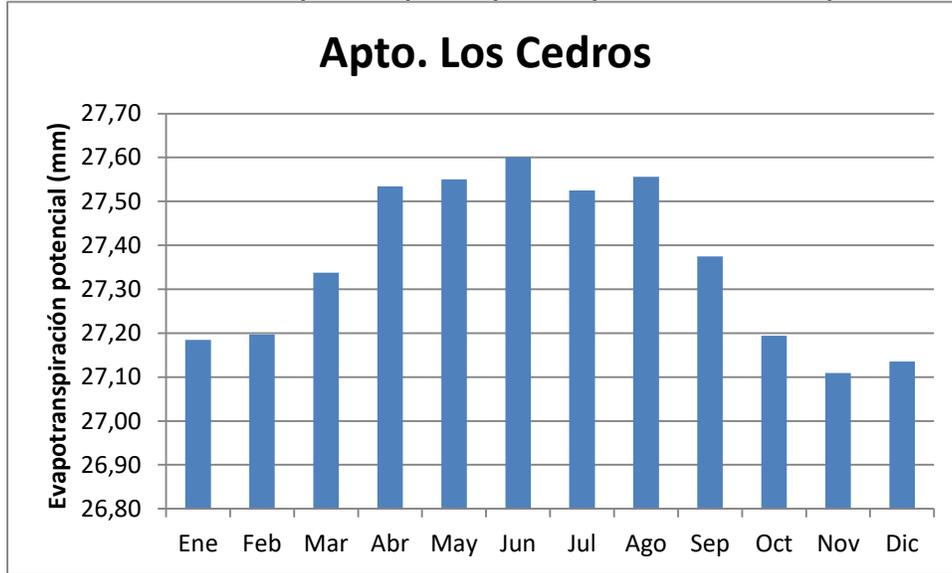
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 107. Distribución temporal evapotranspiración potencial Estación La Palmera



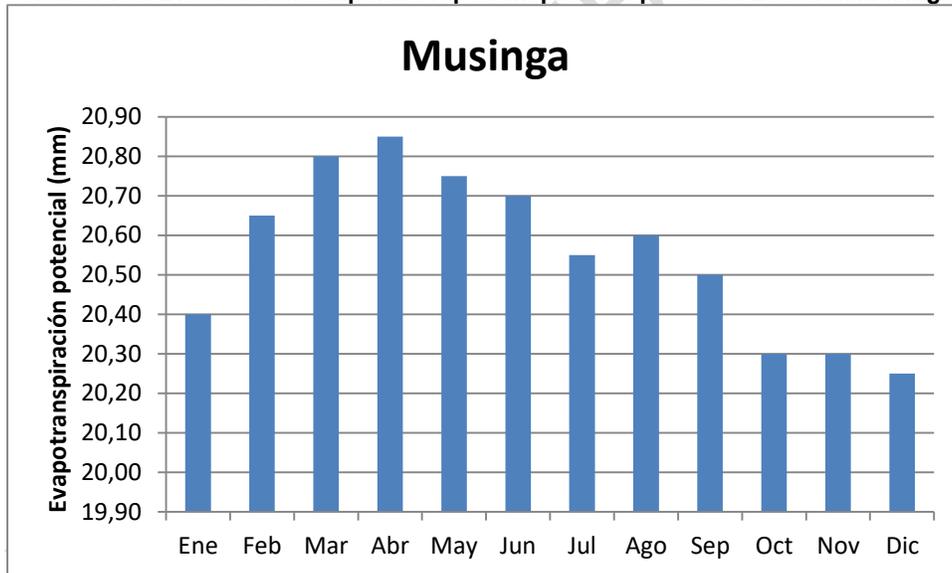
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 108. Distribución temporal evapotranspiración potencial Estación Apto Los Cedros



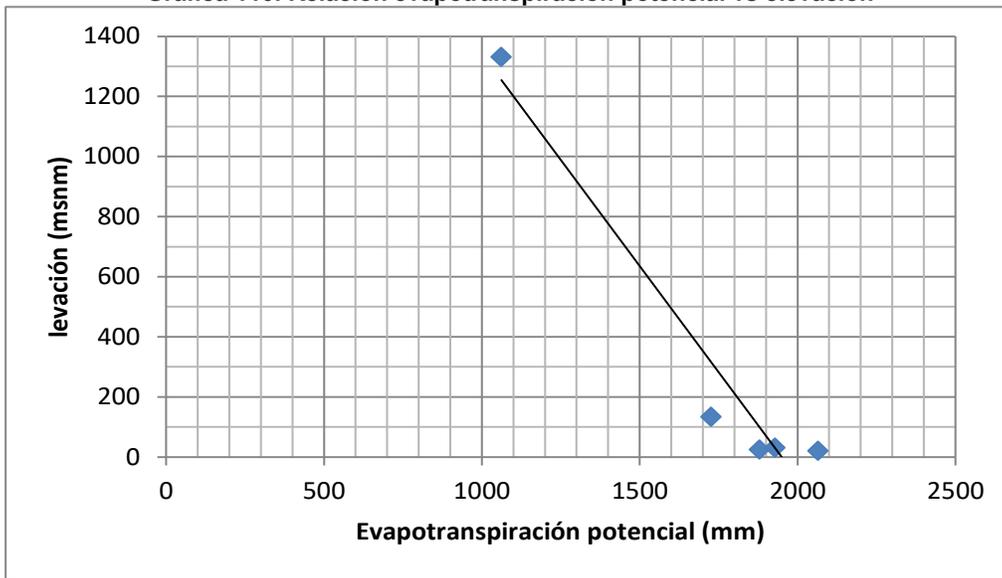
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 109. Distribución temporal evapotranspiración potencial Estación Musinga



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

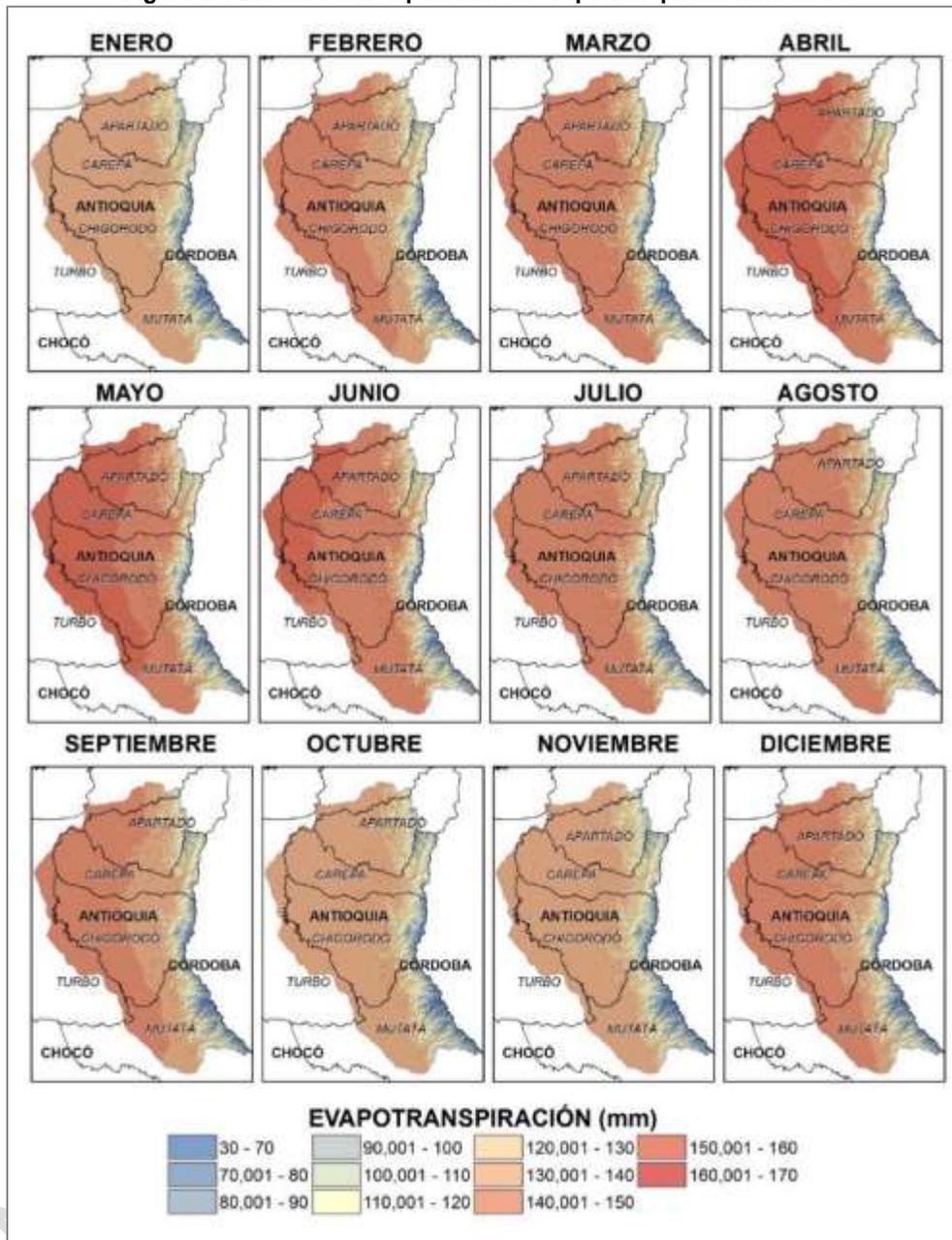
Gráfica 110. Relación evapotranspiración potencial vs elevación



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

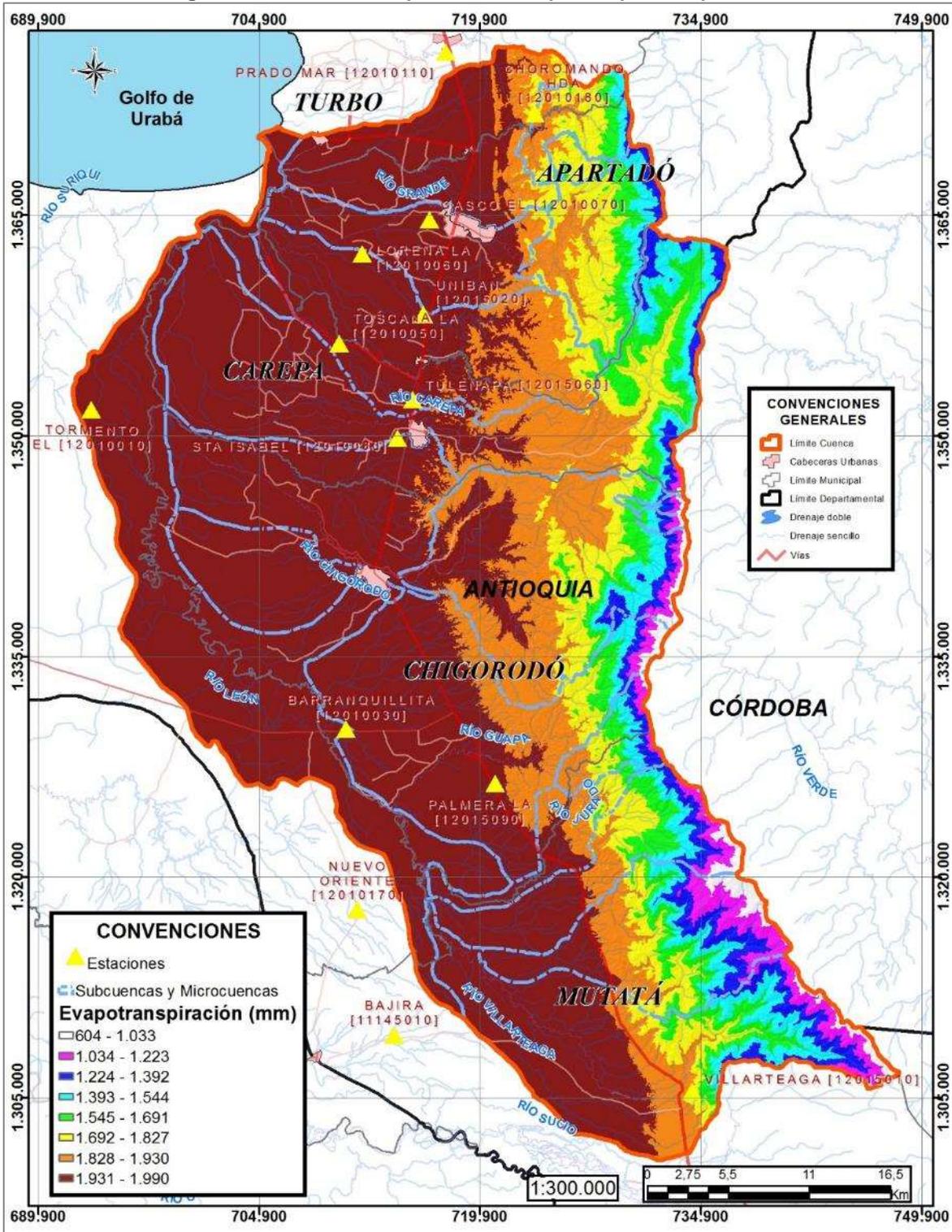
EN ETAPA DE PUBLICACIÓN

Figura 15. Distribución espacial de la evapotranspiración mensual



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Figura 16. Distribución espacial de la evapotranspiración potencial



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018



Tabla 46. Evapotranspiración promedio en las cuencas

SUBCUENCA	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm)
Río León (120100)	1804,5
Río Grande (120101)	1890,4
Río Apartadó (120102)	1826,3
Río Vijagual (120103)	1940,1
Río Carepa (120104)	1835,7
Río Chigorodó (120105)	1868,7
Caño Malagón (120106)	1868,7
Río Guapá (120107)	1890,9
Río Juradó (120108)	1754,5
Río La Fortuna (120109)	1692,5
Río Porroso (120110)	1589,5
Río Villarteaga (120111)	1756,0

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Se puede observar que esta varía desde los 1.590 mm aproximadamente en la cuenca del Río Porroso a los 1.940 mm aproximadamente en la cuenca del Río Vijagual.

1.1.3.10 Evapotranspiración real

La evapotranspiración real, se refiere a las pérdidas que se presentan en una cuenca, por concepto de la evaporación y la transpiración de las plantas, bajo las condiciones de humedad reales en que se encuentre, a diferencia de la potencial, que es bajo condiciones de humedad óptima.

Para su determinación, no se cuenta con muchas metodologías, como en el caso de la potencial, siendo la más utilizada la planteada por Turc, Langbein y Wundt, para estimar el valor promedio anual, de acuerdo con el siguiente planteamiento:

$$ETR = P / (0.9 + (P^2/L(t)^2))^{1/2}$$

Donde:

- ETR = Evapotranspiración real (mm)
- P = Precipitación media anual (mm)
- L(t) = Factor que depende de la temperatura = $300 + 25*t + 0.05 * t^2$
- t = Temperatura media anual

Teniendo en cuenta, que para las cuencas seleccionadas, se cuenta con los valores de la precipitación media anual y de la temperatura media anual, se puede determinar la evapotranspiración real para cada una de las cuencas.

Existe un método no empírico para la determinación, por medio de un equipo que se instala en campo, llamado Lisímetro, pero no es fácil de instalar ni de operar. Es un tanque instalado y enterrado en una parcela y se rellena con material del mismo terreno y se cubre con la vegetación que se quiera estudiar, la cantidad de agua se puede medir por medio de una balanza, o por medio del sistema de drenaje. Conociendo el agua aplicada, se obtiene

la diferencia, que es la evapotranspiración real. Vale la pena mencionar que en el país solo existen dos aparatos.

Para el estudio, se utilizará la fórmula de Turc, Langbein y Wundt, mencionada anteriormente.

En la Tabla 47, se presentan los valores de las precipitaciones y las temperaturas promedio para cada una de las cuencas y el área correspondiente y la evapotranspiración real anual las cuencas estudiadas.

Tabla 47. Precipitación, temperatura promedio anual, área cuencas y evapotranspiración real anual

SUBCUENCA	ÁREA (Km ²)	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMPERATURA (°C)	EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm)
Río León (120100)	2201,37	3473,80	25,3	1573.2
Río Grande (120101)	173,85	2641,59	24,6	1425.4
Río Apartadó (120102)	158,21	2698,15	24,2	1403.5
Río Vijagual (120103)	165,97	2769,56	25,0	1473.1
Río Carepa (120104)	278,91	2931,27	24,2	1509.6
Río Chigorodó (120105)	402,04	3096,41	24,5	1470.9
Caño Malagon (120106)	66,96	3621,40	27,3	1771,4
Río Guapá (120107)	228,88	3435,65	24,6	1508.5
Río Juradó (120108)	63,84	3509,75	23,6	1427.4
Río La Fortuna (120109)	88,47	3758,18	23,1	1397.7
Río Porroso (120110)	117,71	4291,05	22,4	1356.5
Río Villarteaga (120111)	216,59	4638,17	23,6	1475.1

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.3.11 Balance hidroclimático

El balance hidroclimático, busca determinar los excedentes o déficits de agua, que se puedan presentar en una zona determinada, para estimar la evapotranspiración real mensual, teniendo en cuenta las variables climáticas de la precipitación mensual, la temperatura mensual para determinar la evapotranspiración potencial y la variación en el almacenamiento de agua en el suelo, de acuerdo con su textura.

Para el desarrollo del balance, se seleccionó la estación climatológica de Unibán, que se encuentra localizada en una zona central de la cuenca del Río León y cuenta con los parámetros climáticos descritos.

Del estudio de suelos elaborado por el consorcio CPT – Tragsatec, desarrollado para el proyecto de adecuación de tierras del Urabá Antioqueño, se tiene que el 85% del área del proyecto, que cubre las cuencas de los ríos Grande, Zungo, Carepa, Vijagual, Apartadó y Chigorodó, se tiene que los suelos son Franco – Arcillosos.

Variabes climatológicas:

- Precipitación media mensual multianual.
- Temperatura media mensual multianual.

El método más comúnmente utilizado para el cálculo del balance hídrico es el de Thornthwaite. Este método supone que el agua que llega al suelo, bien sea por

precipitación, o por escorrentía o por aportes subterráneos y es evapotranspirada de acuerdo con las condiciones medias climáticas o actuales de la atmósfera.

Método de Thornthwaite:

Consiste en determinar un índice calórico para cada mes y un índice calórico anual, de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$j = (t(n)/5)^{1.514}$$

$$J = \sum j$$

Donde:

J = Índice calórico mensual
t(n) = Temperatura media mensual °C para el mes n (1, 2, 3, 4, ...12)
J = Índice calórico anual

A partir de los índices calóricos, se determina la evapotranspiración potencial (ETo) para un mes de 31 días y un día de 14 horas de brillo solar, con la siguiente fórmula:

$$30ETo^* = 16 (10t/J)^a$$

Donde:

ETo* = Evapotranspiración potencial (mm)

$$a = (1.6 * J / 10) + 0.5$$

La ETo corregida, se multiplica por 31 y por 12 y se divide por 31 o por 30 o por 28 de acuerdo con el mes y por 12 que es la duración promedio del día.

Posteriormente se introduce la corrección al valor de la evapotranspiración potencial, teniendo en cuenta los índices de corrección por el número de horas del sol al día y por la longitud del mes de la forma.

$$ETP_{Corr} = ETo * F_1 * F_2$$

El siguiente paso consiste en la construcción del balance hídrico climatológico que se explica posteriormente. El balance hídrico consiste en definir mes a mes los siguientes parámetros (en mm):

Parámetro Descripción

P = Precipitación media o mediana mensual.
ETP = Evapotranspiración (potencial o de referencia).
A disponible = La disponibilidad del agua en el suelo.
□A = Variación de la reserva.
ETR = Evapotranspiración real.
D = Déficit del agua.

E = Exceso del agua.

1. P - ET – diferencia entre las precipitaciones y la evaporación define los meses secos y húmedos del año.
2. A disponible >100, 100+P-ETP.
A disponible <100, Adispon. +P-ETP.
3. A – Acumulación – reserva máxima supone de 100 mm.

En el balance hídrico, la reserva del mes se calcula agregando los incrementos (P-ETP) cuando estos son positivos.

Los valores de la reserva se irán acumulando mes a mes en el período húmedo, según los incrementos $P - ET > 0$, y disminuirán al llegar el período seco, decreciendo mes a mes según los valores mensuales $P - ET < 0$. Como se puede apreciar, la reserva nunca tendrá como valor uno mayor que la reserva máxima, ni un número negativo.

4. Variación de reserva ΔA

Es la diferencia entre la reserva del mes en el que estamos realizando el cálculo y la reserva del mes anterior:

$$\Delta A = A_i - A_{i-1}$$

5. ETR – Evapotranspiración Real

A pesar de que existe una posibilidad de evaporar, el agua se evapora siempre cuando hay agua disponible para evaporar. La evapotranspiración real es el volumen del agua que realmente se evapotranspira en el mes dependiendo del agua disponible en el suelo. El agua disponible para la evapotranspiración real proviene de la precipitación y de las reservas del suelo. En el período húmedo $ETP = ETR$.

En el período seco la evapotranspiración real se calcula como la sumatoria entre la precipitación y las reservas:

Período seco cuando $P < ETP$	Período húmedo cuando $P \geq ETP$
$ETR = P + abs \Delta A$	$ETP = ETR$

6. Falta de agua: es el volumen de agua que hace falta para cubrir la necesidad en la evaporación. $F_i = ETP_i - ETR_i$
7. Exceso de agua: es la cantidad de agua que supera el valor máximo de acumulación del suelo y se forma la escorrentía superficial o subterránea.

Como la conclusión de los cálculos, se obtiene el balance hídrico climático, que permite estimar las épocas de déficit y de excesos de agua para los fines de riego. En las Tabla 48 a Tabla 57 y en las Gráfica 111 a Gráfica 120 se presenta el balance hidroclimático para cada una de las subcuencas.

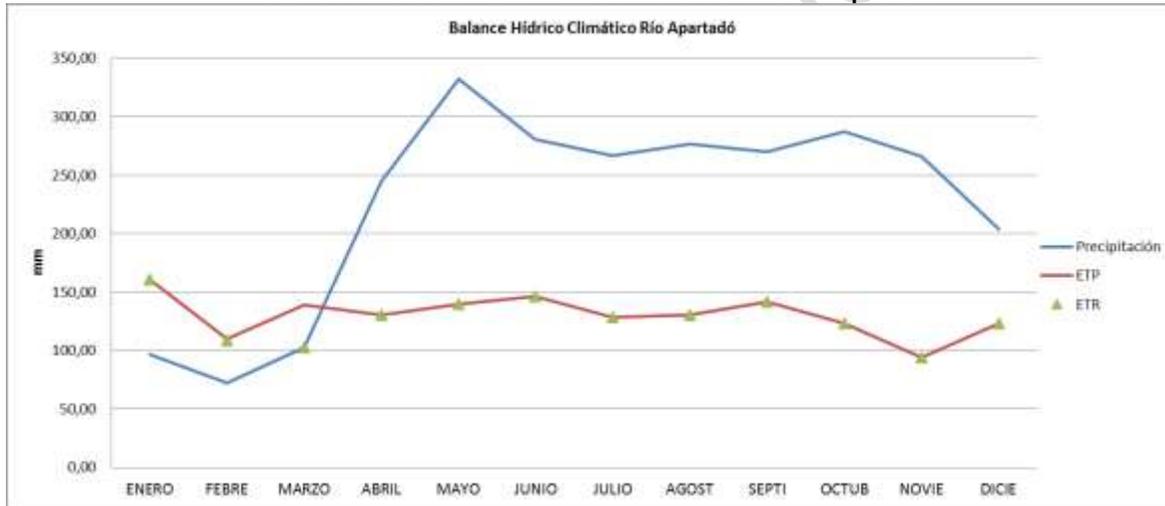


Tabla 48. Balance hidroclimático Subcuenca Río Apartadó

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
T (°C)	27,70	25,60	26,50	26,20	26,46	26,82	26,15	26,10	27,00	25,80	24,17	25,80	26,4
P (mm)	96,67	72,50	102,50	245,00	332,50	280,42	266,82	276,67	270,00	287,14	266,36	203,75	2658,3
i	13,36	11,85	12,49	12,28	12,46	12,72	12,24	12,21	12,85	11,99	10,86	11,99	
l	147,30												
a	3,61												
f ₁	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	
f ₂	1,03	0,93	1,03	1,00	1,03	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	
ETP (mm)	156,72	117,87	133,54	128,16	132,84	139,43	127,35	126,40	142,87	121,23	95,72	121,23	
ETP _{corrección}	160,59	110,01	139,14	130,30	139,56	146,48	128,41	130,61	141,68	123,18	94,12	123,18	1567,3
A _{disponible} (mm)	36,08	-1,44	-36,64	114,70	292,94	233,94	238,41	246,05	128,32	163,96	272,24	180,57	
Acumulación (mm)	36,08			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Exceso (mm)				14,70	192,94	133,94	138,41	146,05	28,32	63,96	172,24	80,57	971,1
Déficit (mm)		1,44	36,64										38,1
ΔA (mm)	63,92	36,08	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ETR (mm)	160,59	108,58	102,50	130,30	139,56	146,48	128,41	130,61	141,68	123,18	94,12	123,18	1529,2
AN (mm)	933,06												
Ind. Humedad	61,96%												
Ind. de Aridez	0,024												

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 111. Balance hidroclimático Subcuenca Río Apartadó



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

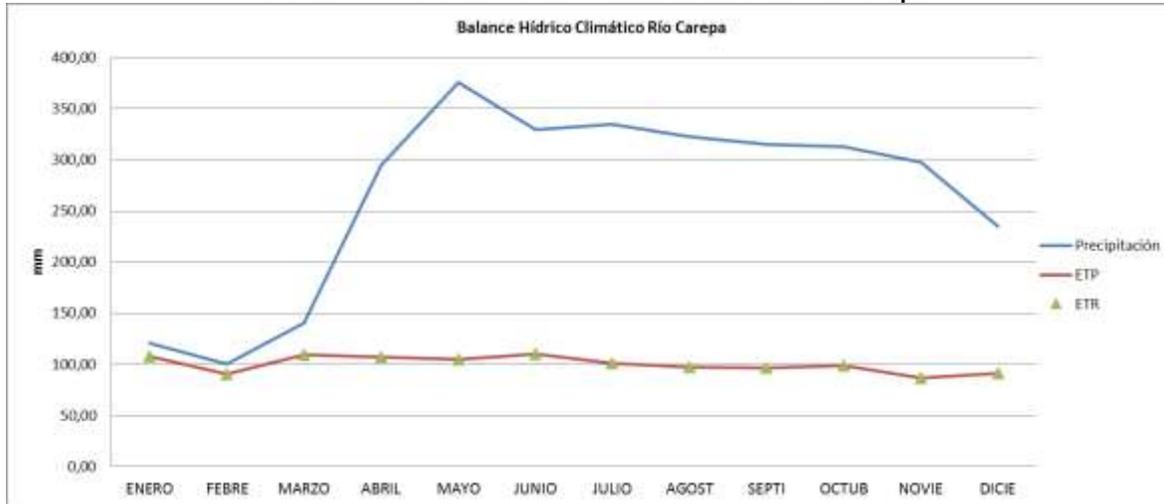
Tabla 49. Balance hidroclimático Subcuenca Río Carepa

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
T (°C)	24,30	23,62	24,26	24,32	23,84	24,26	23,90	23,37	23,66	23,62	22,85	22,97	23,54
P (mm)	120,45	100,36	140,56	294,50	375,79	329,52	335,00	322,62	315,50	312,73	297,50	235,00	3176,32
i	10,95	10,49	10,93	10,97	10,64	10,92	10,69	10,33	10,52	10,49	9,98	10,06	
l	126,98												
a	2,90												
f ₁	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	
f ₂	1,03	0,93	1,03	1,00	1,03	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	
ETP (mm)	105,35	96,96	104,90	105,65	99,71	104,81	100,45	94,08	97,47	96,96	88,14	89,50	
ETP _{corrección}	107,95	90,49	109,30	107,41	104,75	110,11	101,28	97,21	96,65	98,52	86,68	90,94	1201,3
A _{disponible} (mm)	112,50	109,86	131,25	287,09	371,04	319,42	333,72	325,41	218,85	214,21	310,82	244,06	
Acumulación (mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Exceso (mm)	12,50	9,86	31,25	187,09	271,04	219,42	233,72	225,41	118,85	114,21	210,82	144,06	1778,2
Déficit (mm)													0,0
ΔA (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ETR (mm)	107,95	90,49	109,30	107,41	104,75	110,11	101,28	97,21	96,65	98,52	86,68	90,94	1201,3
AN (mm)	1778,23												
Ind. Humedad	148,03%												

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Ind. de Aridez													0,000

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 112. Balance hidroclimático Subcuenca Río Carepa



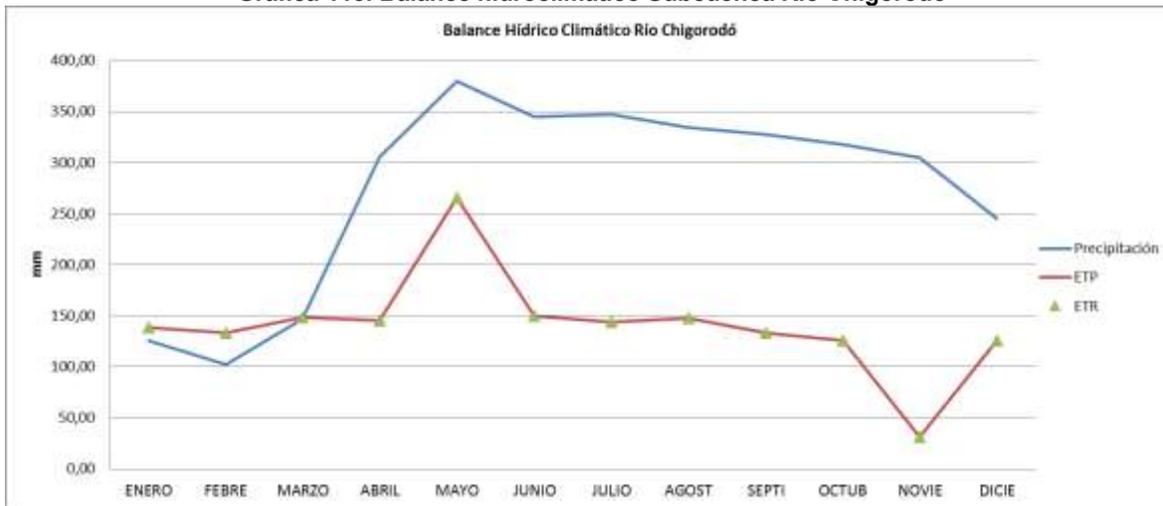
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 50. Balance hidroclimático Subcuenca Río Chigorodó

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
T (°C)	26,63	27,00	27,00	27,00	31,50	27,00	27,00	27,00	26,57	26,00	18,00	26,00	27,00
P (mm)	125,83	102,50	146,67	305,75	379,44	345,29	347,50	334,38	327,81	317,50	304,50	245,00	3271,88
i	12,58	12,85	12,85	12,85	16,23	12,85	12,85	12,85	12,54	12,13	6,95	12,13	
l													149,66
a													3,71
f ₁	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	
f ₂	1,03	0,93	1,03	1,00	1,03	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	
ETP (mm)	135,36	142,56	142,56	142,56	252,43	142,56	142,56	142,56	134,35	123,95	31,72	123,95	
ETP _{corrección}	138,70	133,05	148,54	144,93	265,19	149,76	143,75	147,31	133,23	125,94	31,19	125,94	1687,5
A _{disponible} (mm)	87,13	56,58	54,71	215,53	214,26	295,53	303,75	287,07	194,58	191,56	373,31	219,06	
Acumulación (mm)	87,13	56,58	54,71	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Exceso (mm)				115,53	114,26	195,53	203,75	187,07	94,58	91,56	273,31	119,06	1394,6
Déficit (mm)													0,0
ΔA (mm)	12,87	30,55	1,87	45,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ETR (mm)	138,70	133,05	148,54	144,93	265,19	149,76	143,75	147,31	133,23	125,94	31,19	125,94	1687,5
AN (mm)													1394,64
Ind. Humedad													82,64%
Ind. de Aridez													0,000

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 113. Balance hidroclimático Subcuenca Río Chigorodó



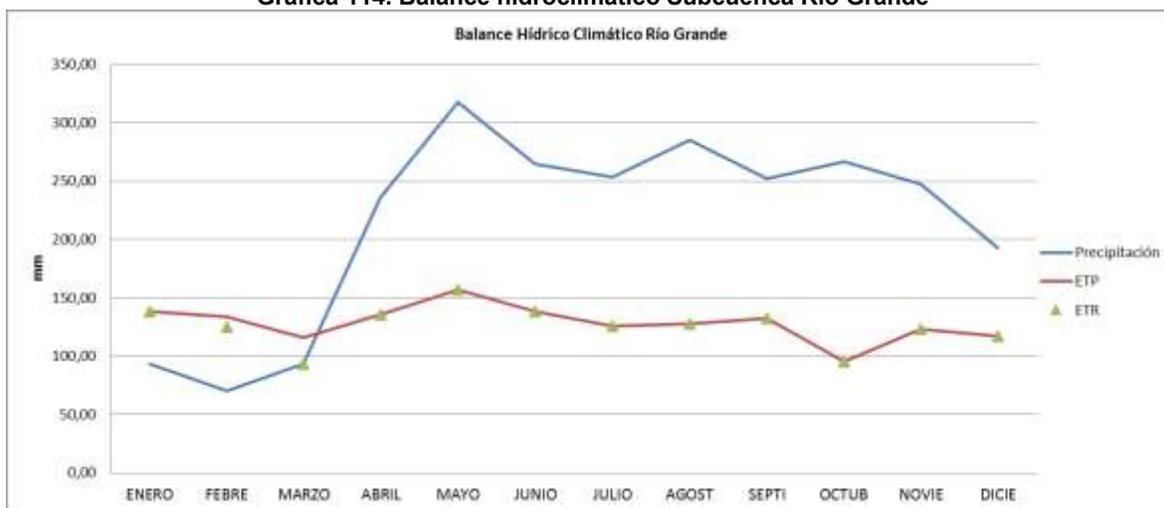
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 51. Balance hidroclimático Subcuenca Río Grande

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
T (°C)	26,58	27,00	25,15	26,47	27,33	26,38	26,00	25,92	26,50	24,00	26,00	25,44	26,00
P (mm)	93,57	70,00	93,57	236,11	317,50	265,00	253,75	285,50	251,92	266,79	247,50	192,78	2525,00
i	12,55	12,85	11,54	12,47	13,09	12,40	12,13	12,08	12,49	10,75	12,13	11,74	
l	146,22												
a	3,57												
f₁	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	
f₂	1,03	0,93	1,03	1,00	1,03	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	
ETP (mm)	135,27	142,99	111,04	133,28	149,40	131,52	124,96	123,54	133,76	93,89	124,96	115,57	
ETP_{corrección}	138,61	133,46	115,69	135,51	156,95	138,17	126,00	127,65	132,64	95,41	122,88	117,43	1540,4
A_{disponible} (mm)	54,96	-8,50	-22,12	100,61	260,55	226,83	227,75	257,85	119,28	171,38	224,62	175,34	
Acumulación (mm)	54,96			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Exceso (mm)				0,61	160,55	126,83	127,75	157,85	19,28	71,38	124,62	75,34	864,2
Déficit (mm)		8,50	22,12										30,6
ΔA (mm)	45,04	54,96	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ETR (mm)	138,61	124,96	93,57	135,51	156,95	138,17	126,00	127,65	132,64	95,41	122,88	117,43	1509,8
AN (mm)	833,59												
Ind. Humedad	56,10%												
Ind. de Aridez	0,020												

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 114. Balance hidroclimático Subcuenca Río Grande



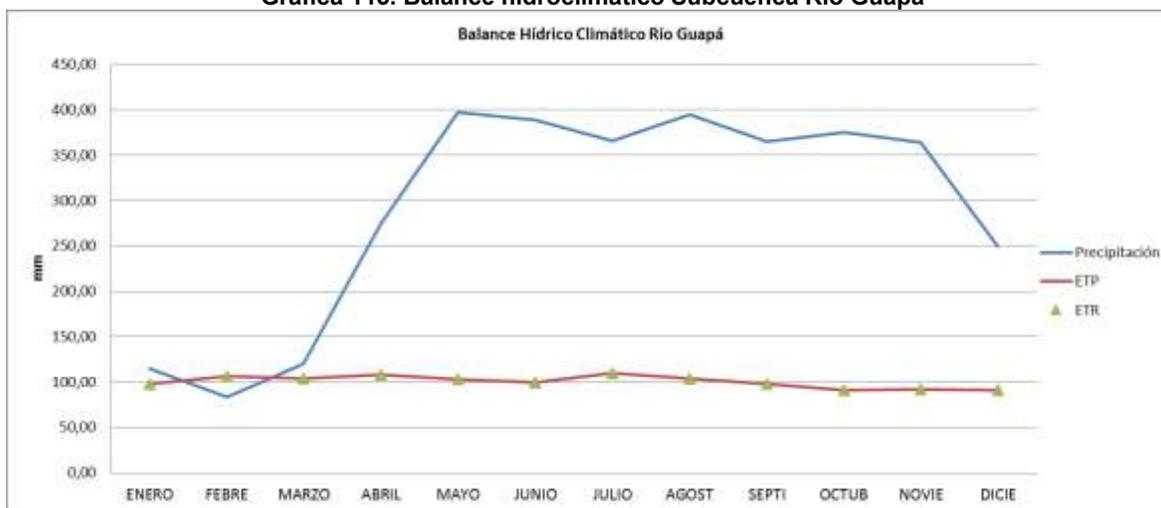
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 52. Balance hidroclimático Subcuenca Río Guapá

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
T (°C)	23,54	25,00	23,83	24,39	23,71	23,43	24,58	23,89	23,75	22,96	23,33	22,96	23,29
P (mm)	115,00	83,75	120,00	274,17	397,31	389,05	365,83	395,00	364,72	375,00	364,29	249,29	3435,71
i	10,44	11,44	10,64	11,01	10,55	10,37	11,14	10,68	10,58	10,05	10,30	10,06	
l	127,26												
a	2,91												
f₁	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	
f₂	1,03	0,93	1,03	1,00	1,03	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	
ETP (mm)	95,91	114,34	99,48	106,39	97,97	94,72	108,81	100,20	98,47	89,27	93,53	89,28	
ETP_{corrección}	98,28	106,72	103,66	108,16	102,93	99,50	109,71	103,54	97,65	90,71	91,97	90,72	1203,6
A_{disponible} (mm)	116,72	77,03	93,37	259,38	394,38	389,54	356,12	391,46	267,07	284,29	372,32	258,56	
Acumulación (mm)	100,00	77,03	93,37	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Exceso (mm)	16,72			159,38	294,38	289,54	256,12	291,46	167,07	184,29	272,32	158,56	2089,8
Déficit (mm)													0,0
ΔA (mm)	0,00	22,97	16,34	6,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ETR (mm)	98,28	106,72	103,66	108,16	102,93	99,50	109,71	103,54	97,65	90,71	91,97	90,72	1203,6
AN (mm)	2089,85												
Ind. Humedad	173,64%												
Ind. de Aridez	0,000												

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 115. Balance hidroclimático Subcuenca Río Guapá



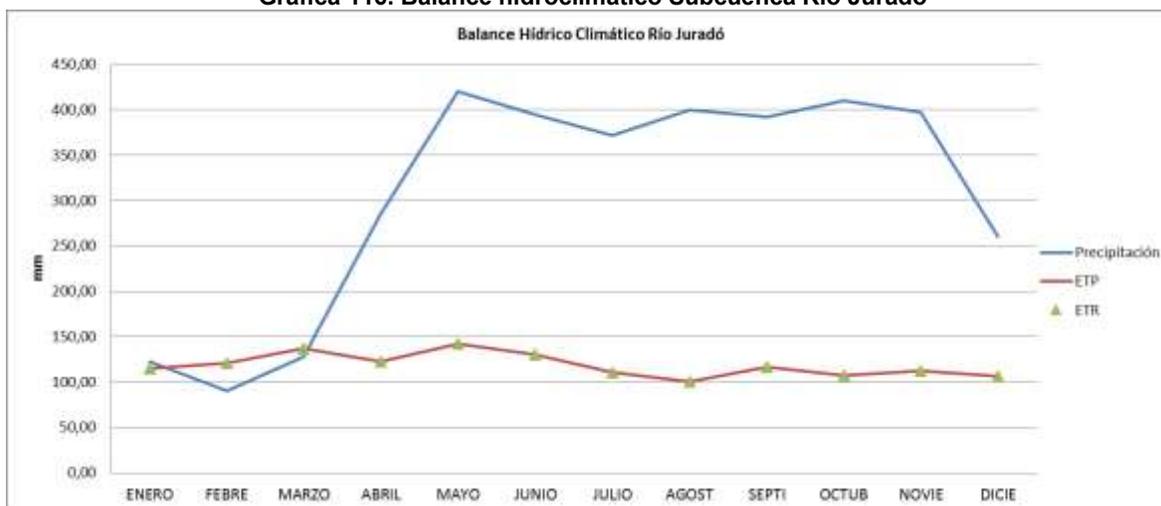
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 53. Balance hidroclimático Subcuenca Río Juradó

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
T (°C)	25,08	26,20	26,33	25,62	26,55	25,83	24,92	24,07	25,43	24,67	25,21	24,60	25,11
P (mm)	122,50	90,00	127,50	285,00	420,00	395,00	371,67	400,00	392,50	410,00	397,50	260,00	3600,00
i	11,49	12,28	12,37	11,86	12,52	12,02	11,38	10,80	11,73	11,21	11,58	11,16	
l	140,40												
a	3,35												
f₁	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	
f₂	1,03	0,93	1,03	1,00	1,03	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	
ETP (mm)	111,92	129,63	131,85	120,18	135,45	123,64	109,53	97,56	117,27	105,89	113,98	104,94	
ETP_{corrección}	114,68	120,98	137,38	122,18	142,29	129,89	110,45	100,82	116,29	107,60	112,08	106,63	1421,3
A_{disponible} (mm)	107,82	69,02	59,13	221,95	377,71	365,11	361,22	399,18	276,21	302,40	385,42	253,37	
Acumulación (mm)	100,00	69,02	59,13	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Exceso (mm)	7,82			121,95	277,71	265,11	261,22	299,18	176,21	202,40	285,42	153,37	2050,4
Déficit (mm)													0,0
ΔA (mm)	0,00	30,98	9,88	40,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ETR (mm)	114,68	120,98	137,38	122,18	142,29	129,89	110,45	100,82	116,29	107,60	112,08	106,63	1421,3
AN (mm)	2050,39												
Ind. Humedad	144,26%												
Ind. de Aridez	0,000												

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 116. Balance hidroclimático Subcuenca Río Juradó



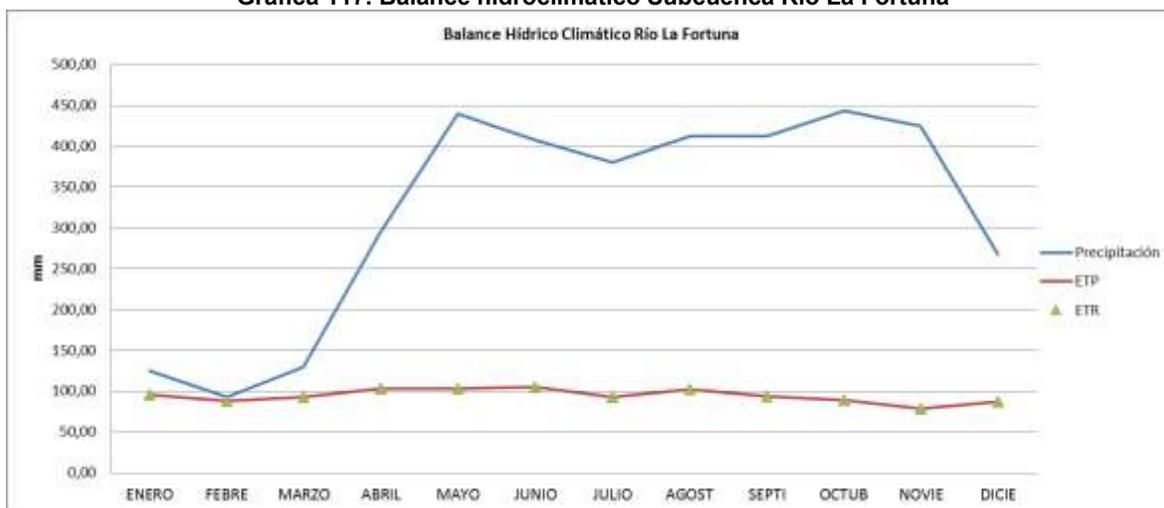
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 54. Balance hidroclimático Subcuenca Río La Fortuna

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
T (°C)	23,09	23,25	22,70	23,80	23,52	23,72	22,96	23,63	23,19	22,56	21,85	22,40	22,86
P (mm)	125,00	92,50	130,00	295,00	440,00	407,50	380,00	412,50	412,50	443,26	425,00	267,50	3776,92
i	10,14	10,25	9,88	10,61	10,43	10,56	10,05	10,50	10,21	9,79	9,32	9,68	
l	121,42												
a	2,74												
f₁	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	
f₂	1,03	0,93	1,03	1,00	1,03	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	
ETP (mm)	92,89	94,69	88,73	100,95	97,74	100,03	91,51	99,03	94,03	87,20	79,85	85,52	
ETP_{corrección}	95,18	88,38	92,45	102,64	102,68	105,08	92,28	102,33	93,25	88,60	78,52	86,90	1128,3
A_{disponible} (mm)	129,82	104,12	137,55	292,36	437,32	402,42	387,72	410,17	319,25	354,66	446,48	280,60	
Acumulación (mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Exceso (mm)	29,82	4,12	37,55	192,36	337,32	302,42	287,72	310,17	219,25	254,66	346,48	180,60	2502,5
Déficit (mm)													0,0
ΔA (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ETR (mm)	95,18	88,38	92,45	102,64	102,68	105,08	92,28	102,33	93,25	88,60	78,52	86,90	1128,3
AN (mm)	2502,47												
Ind. Humedad	221,79%												
Ind. de Aridez	0,000												

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 117. Balance hidroclimático Subcuenca Río La Fortuna



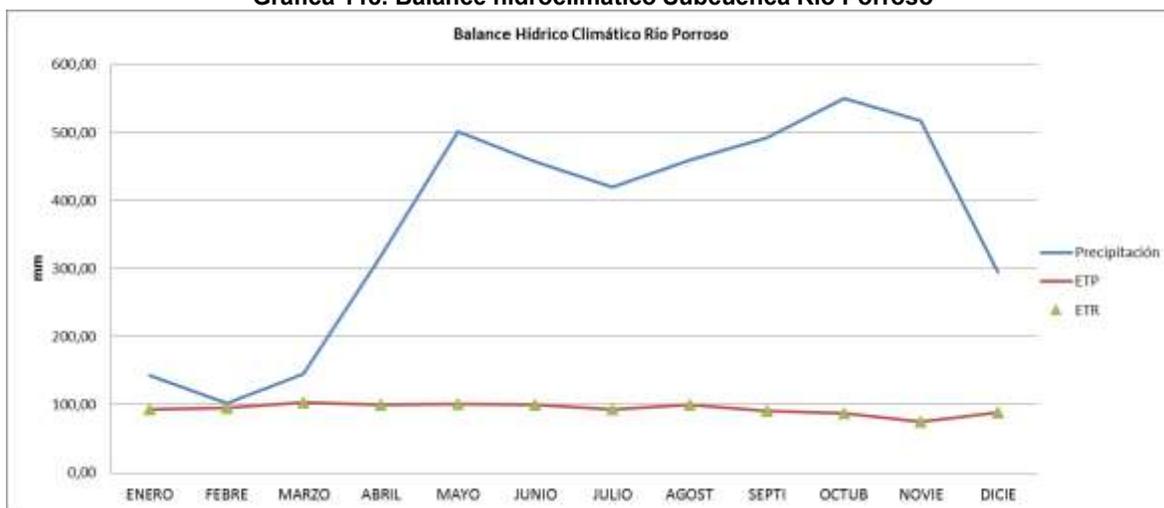
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 55. Balance hidroclimático Subcuenca Río Porroso

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
T (°C)	22,87	23,89	23,67	23,58	23,42	23,25	23,08	23,41	23,00	22,48	21,50	22,59	23,41
P (mm)	142,50	102,50	145,00	317,50	501,80	457,50	420,00	460,00	492,50	550,00	517,50	295,00	4340,91
i	9,99	10,67	10,52	10,46	10,36	10,25	10,13	10,35	10,08	9,73	9,10	9,81	
l	121,47												
a	2,74												
f₁	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	
f₂	1,03	0,93	1,03	1,00	1,03	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	
ETP (mm)	90,50	101,97	99,40	98,37	96,62	94,68	92,76	96,52	91,92	86,30	76,42	87,51	
ETP_{corrección}	92,73	95,18	103,57	100,01	101,51	99,47	93,53	99,73	91,15	87,69	75,14	88,92	1128,6
A_{disponible} (mm)	149,77	107,32	141,43	317,49	500,29	458,03	426,47	460,27	401,35	462,31	542,36	306,08	
Acumulación (mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Exceso (mm)	49,77	7,32	41,43	217,49	400,29	358,03	326,47	360,27	301,35	362,31	442,36	206,08	3073,2
Déficit (mm)													0,0
ΔA (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ETR (mm)	92,73	95,18	103,57	100,01	101,51	99,47	93,53	99,73	91,15	87,69	75,14	88,92	1128,6
AN (mm)	3073,18												
Ind. Humedad	272,29%												
Ind. de Aridez	0,000												

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 118. Balance hidroclimático Subcuenca Río Porroso



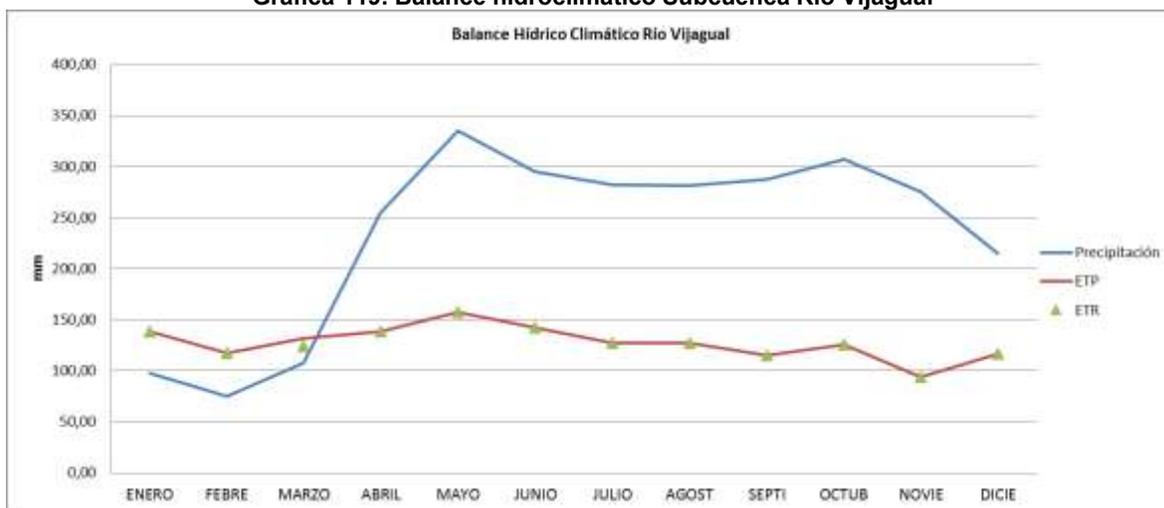
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 56. Balance hidroclimático Subcuenca Río Vijagal

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
T (°C)	26,58	26,05	26,09	26,62	27,35	26,57	26,05	25,86	25,47	25,93	24,07	25,36	26,12
P (mm)	97,50	75,00	107,50	255,00	335,00	295,00	282,50	281,11	287,50	307,50	275,00	215,00	2750,00
i	12,55	12,17	12,20	12,57	13,10	12,54	12,17	12,03	11,76	12,08	10,80	11,68	
l	145,66												
a	3,55												
f₁	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	
f₂	1,03	0,93	1,03	1,00	1,03	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	
ETP (mm)	135,29	125,97	126,67	135,95	149,74	135,15	125,93	122,69	116,30	123,90	95,17	114,47	
ETP corrección	138,63	117,57	131,99	138,21	157,31	141,98	126,98	126,78	115,33	125,89	93,58	116,32	1530,6
A_{disponible} (mm)	58,87	16,30	-8,19	116,79	277,69	253,02	255,52	254,33	172,17	181,61	281,42	198,68	
Acumulación (mm)	58,87	16,30		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Exceso (mm)				16,79	177,69	153,02	155,52	154,33	72,17	81,61	181,42	98,68	1091,2
Déficit (mm)			8,19										8,2
ΔA (mm)	41,13	42,57	16,30	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ETR (mm)	138,63	117,57	123,80	138,21	157,31	141,98	126,98	126,78	115,33	125,89	93,58	116,32	1522,4
AN (mm)	1083,03												
Ind. Humedad	71,29%												
Ind. de Aridez	0,005												

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 119. Balance hidroclimático Subcuenca Río Vijagal



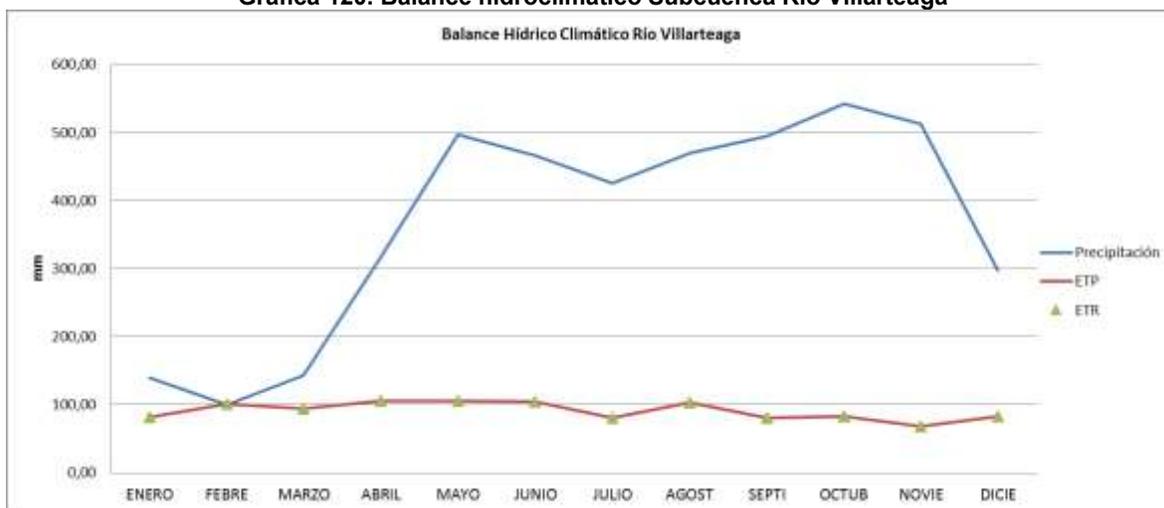
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 57. Balance hidroclimático Subcuenca Río Villarteaga

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
T (°C)	21,74	24,33	22,76	23,93	23,64	23,54	21,75	23,66	21,88	21,92	20,52	21,92	23,76
P (mm)	140,00	100,00	142,50	316,33	497,50	465,96	425,48	470,00	494,77	542,38	513,04	297,50	4348,39
i	9,26	10,98	9,92	10,70	10,50	10,44	9,26	10,52	9,35	9,37	8,48	9,37	
l	118,15												
a	2,64												
f₁	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	
f₂	1,03	0,93	1,03	1,00	1,03	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	
ETP (mm)	80,24	108,06	90,61	103,38	100,07	99,03	80,32	100,32	81,64	81,99	68,85	82,02	
ETP_{corrección}	82,22	100,86	94,41	105,10	105,13	104,04	80,99	103,66	80,96	83,31	67,70	83,34	1091,7
A_{disponible} (mm)	157,78	99,14	147,23	311,23	492,37	461,93	444,49	466,34	413,81	459,07	545,34	314,16	
Acumulación (mm)	100,00	99,14	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Exceso (mm)	57,78		47,23	211,23	392,37	361,93	344,49	366,34	313,81	359,07	445,34	214,16	3113,7
Déficit (mm)													0,0
ΔA (mm)	0,00	0,86	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ETR (mm)	82,22	100,86	94,41	105,10	105,13	104,04	80,99	103,66	80,96	83,31	67,70	83,34	1091,7
AN (mm)	3113,75												
Ind. Humedad	285,22%												
Ind. de Aridez	0,000												

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 120. Balance hidroclimático Subcuenca Río Villarteaga



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Para las subcuencas del Río León y Caño Malagón no se realizaron balances hidroclimáticos debido a que no se contaba con información completa de isoyetas o isotermas.

La ETR se calculó por el método Turc, Langbein y Wundt a partir de la precipitación promedio y la temperatura promedio de la cuenca y eso arroja un valor de ETR, que permite a través de un balance hídrico que determinar la escorrentía promedio anual; a nivel mensual se calculó igualmente por medio de un balance hidroclimático entre la precipitación y la ETP por el método de Thornthwaite esto implica que los resultados sean diferentes.

1.1.3.12 Balance hídrico de largo plazo

Teniendo como base el cálculo de la precipitación media de las cuencas y la evapotranspiración real, se puede determinar el balance hídrico de largo plazo, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Q = P - ETR \pm \Delta S$$

Dónde:

- Q = Escorrentía media anual (mm)
- P = Precipitación media anual (mm)
- ETR = Evapotranspiración media anual (mm)
- ΔS = Variación en el almacenamiento de agua en el suelo (mm)

Si el balance se realiza a nivel anual, la variación del almacenamiento de agua en el suelo se puede eliminar de la ecuación, reduciendo los términos del balance a:

$$Q = P - ETR$$

En la Tabla 58, se presentan el balance hídrico de largo plazo, indicando las variables de la ecuación y la esorrentía media de las cuencas.

Tabla 58. Balance hídrico de largo plazo

SUBCUENCA	ÁREA (Km ²)	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMPERATURA (°C)	EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm)	ESCORRENTÍA (mm)	CAUDAL (m ³ /s)	CAUDAL OBSERVADO (m ³ /s)
CUENCAS TRIBUTARIAS							
Río León	1895,4	3473,80	26,3	1672,80	1900.2	114,2	136,94
Río Grande	173,85	2641,59	26,6	1572,00	1216.2	5,89	5,10
Río Apartadó	158,21	2698,15	26,2	1478,13	1294.7	6,12	7,64
Río Vijagual	165,97	2769,56	27,0	1626,58	1296.5	6,01	4,92
Río Carepa	278,91	2931,27	26,2	1589,92	1421.7	11,86	10,97
Río Chigorodó	335,33	3072,30	26,3	1470,90	1625.4	20,72	20,71
Caño Malagón	66,96	3621,40	27,3	1771,41	1849,6	3,92	4,13
Río Guapá	228,88	3435,65	26,6	1589,92	1927.1	12,7	14,66
Río Juradó	63,84	3509,75	25,6	1603,19	2082.3	3,86	4,18
Río La Fortuna	88,47	3758,18	25,1	1576,28	2360.4	6,12	6,20
Río Porroso	117,71	4291,05	24,4	1538,74	2934.5	10,27	9,41
Río Villarteaga	216,59	4638,17	25,6	1671,64	3163.1	20,37	18,72
CUENCAS ABASTECEDORAS							
Río Grande	43,37	2658,7	25,4	1450,70	1087,50	1,49	1,27
Q. El Salto	8,68	2570,1	25,5	1479,74	1090,26	0,30	0,26
Bocatoma Salsipuedes	77,66	2723,4	25,1	1474,28	1249,12	3,08	3,78
Q. Los Cangrejos	4,00	2983,3	22,5	1303,26	1680,04	0,21	0,25
Q. La Cristalina	3,65	2961,4	22,4	1294,04	1667,36	0,19	0,23
Río Chigorodó	201,13	3167,1	25,8	1586,87	1580,13	10,08	12,43
Brazo sucio	26,73	3387,8	24,2	1470,47	1917,33	1,62	1,74

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.3.13 Clasificación climática (Caldas – Lang)

La clasificación climática de la metodología de Caldas - Lang, combina las variaciones altitudinales de la temperatura (Pisos térmicos), con la precipitación y se definen hasta 25 clases climáticas. Esta actividad se desarrolla básicamente utilizando un Sistema de Información Geográfico – SIG, siguiendo los parámetros planteados de temperatura y precipitación:

Caldas estableció una relación empírica que muestra, que a una altitud de 1000 m corresponde una temperatura media de 23.8°C, a 2000 m se alcanzan los 18°C. a 3000 m. se observan 12.7°C y a 4000 m. se tienen valores de 7°C. Los límites de Caldas, indican cinco (5) pisos térmicos a saber:

- **Piso térmico cálido:** localizado entre 0 y 1000 m. de altitud, con valores de temperatura superiores a 24°C y un margen de altitud en el límite superior hasta 400 m. según sean las características locales.
- **Piso térmico templado:** comprende altitudes situadas entre 1000 Y 2000 m. con temperaturas mayores o iguales a 17.5°C y con un margen de amplitud en sus límites superior e inferior a 500m.
- **Piso térmico frío:** comprende altitudes entre 2000 y 3000 m.
- **Piso térmico paramuno:** Corresponde a las áreas situadas entre los 3000 m. de altitud y bajo el límite de las nieves perpetuas. Con el propósito de detallar más las condiciones climáticas se subdivide en dos zonas de páramo: la primera de mayor temperatura, denominada "páramo bajo "con altitudes que oscilan entre 3200 y 3700 m y que, se

caracteriza por estar en el intervalo de los 7°C a los 12°C; la segunda conocida como “páramo alto”, consecuentemente está sobre los 3700.m y va hasta los 4200 m aproximadamente (Eslava, J., 1986).

El planteamiento desarrollado por Richard Lang en el año de 1915, quien con su trabajo estableció una nueva clasificación del clima basado en la relación obtenida al dividir la precipitación anual (P en milímetros) por la temperatura media anual (T en °C). Este cociente se llama también Índice de efectividad de la precipitación y/o factor de lluvia de Lang (Eslava, J., 1992) el cual es usado por el autor para definir los índices de aridez o humedad según se muestra en la Tabla 59.

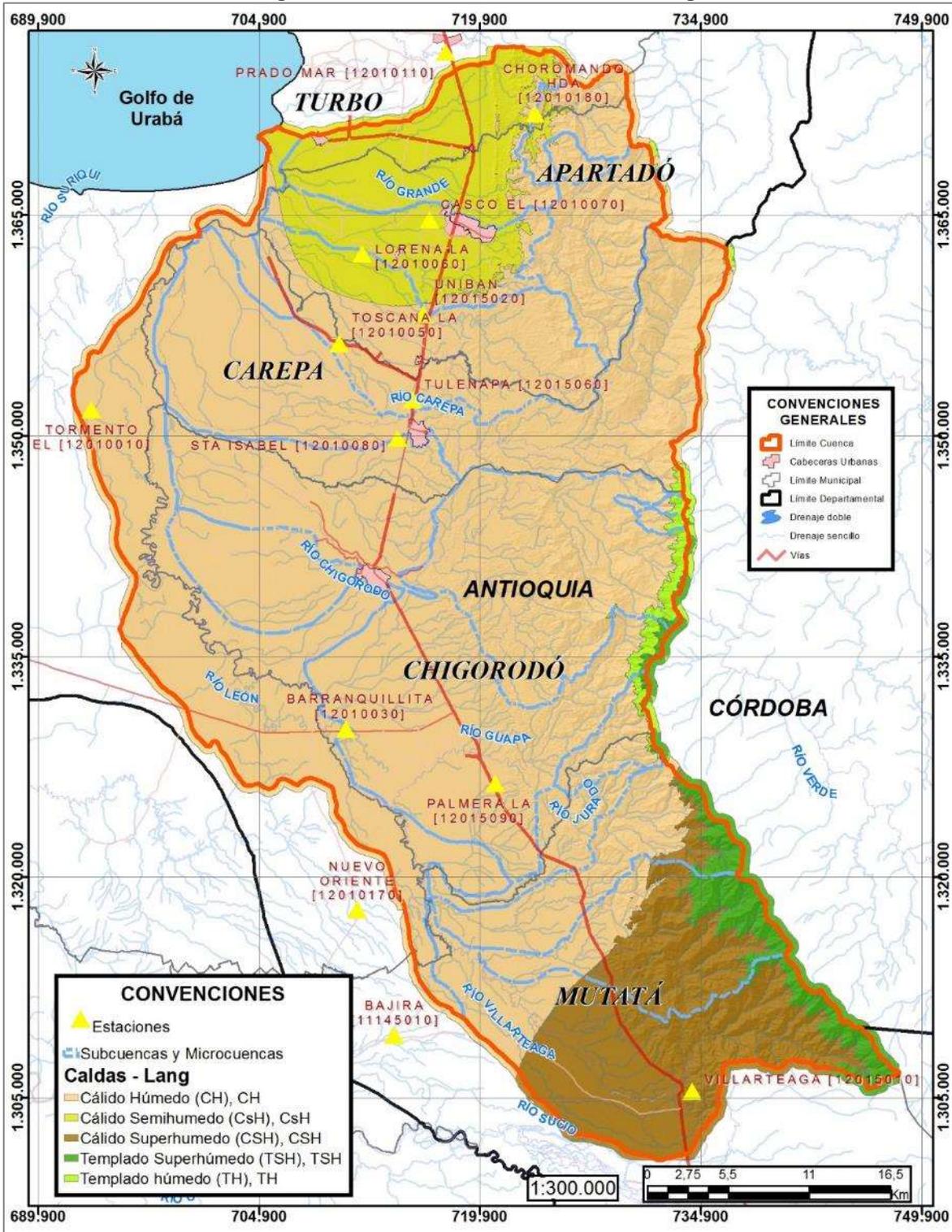
Tabla 59. Clasificación climática según el factor de Lang

FACTOR DE LANG	CLASE DE CLIMA	SÍMBOLO
0 a 20.0	Desértico	D
20.1 a 40.0	Árido	A
40.1 a 60.1	Semiárido	Sa
60.1 a 100.1	Semihúmedo	Sh
100.1 a 160.1	Húmedo	H
> a 160.0	Superhúmedo	SH

Fuente: Eslava, 1992

En la Figura 17, se presenta el mapa con la clasificación climática, donde se puede apreciar que varía de templado superhúmedo en las cuencas altas de los Ríos Villarteaga y Porroso principalmente, pasando por cálido superhúmedo en las mismas cuencas, cubriendo prácticamente el 70% del área, luego se tiene un cálido húmedo en gran parte del área, cubriendo las cuencas de los ríos La Fortuna, Giradó, Guapá, Chigorodó, Carepa, Vijagual y la cuenca alta de los Ríos Apartadó y Grande. Luego en la cuenca media y baja de los ríos Apartadó y Grande, se presenta un cálido semihúmedo.

Figura 17. Clasificación climática Caldas - Lang



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.3.14 Índice de aridez

De acuerdo con el IDEAM, el Índice de Aridez es un indicador del régimen natural de una cuenca y se define como “una característica del clima, que muestra de manera cualitativa los lugares con excedentes o déficits de agua”.

La ecuación planteada para su determinación, se basa principalmente en la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real, en una cuenca, de acuerdo con la siguiente metodología:

$$I_a = (ETP - ETR) / ETP$$

Donde:

I_a = Índice de Aridez
ETP = Evapotranspiración potencial (mm)
ETR = Evapotranspiración real (mm)

De acuerdo con lo anterior, para cada una de las cuencas seleccionadas, se determinó el Índice de Aridez, por medio del Sistema de información Geográfica – SIG.

En la Tabla 60, se presentan los resultados, para cada una de las cuencas estudiadas y en la Tabla 61, las categorías del índice. En la Figura 18, se presenta la clasificación del Índice de Aridez.

Tabla 60. Índices de Aridez

SUBCUENCA	ETP (mm)	ETR (mm)	ÍNDICE ARIDEZ	CATEGORÍA
Río León (120100)	1804,5	1573,2	0,128	Altos excedentes de agua
Río Grande (120101)	1890,4	1425,4	0,246	Moderado y excedente de agua
Río Apartadó (120102)	1826,3	1408,5	0,229	Moderado y excedente de agua
Río Vijagual (120103)	1940,1	1473,1	0,241	Moderado y excedente de agua
Río Carepa (120104)	1835,7	1509,1	0,178	Excedentes de agua
Río Chigorodó (120105)	1868,7	1470,9	0,213	Moderado y excedente de agua
Caño Malagón (120106)	1868,7	1771,4	0,052	Altos excedentes de agua
Río Guapá (120107)	1890,9	1508,5	0,202	Moderado y excedente de agua
Río Juradó (120108)	1754,5	1427,4	0,186	Excedentes de agua
Río La Fortuna (120109)	1692,5	1397,7	0,174	Excedentes de agua
Río Porroso (120110)	1589,5	1356,5	0,147	Altos excedentes de agua
Río Villarteaga (120111)	1756,0	1475,1	0,160	Excedentes de agua

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

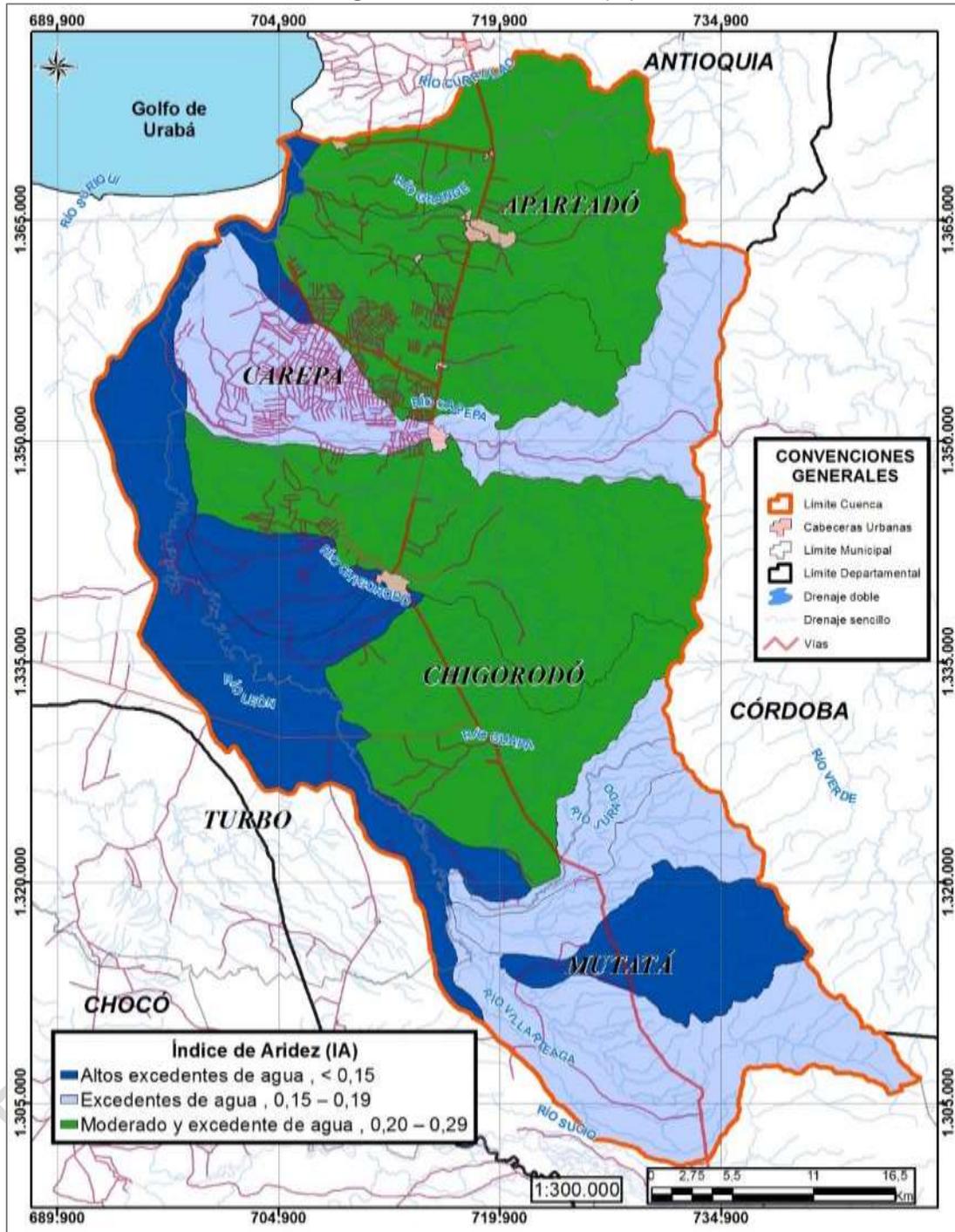
Tabla 61. Categorías de Índice de aridez (IA)

CATEGORÍA	ÍNDICE DE ARIDEZ
Altos excedentes de agua	(< 0.15)
Excedentes de agua	(0.15 – 0.19)
Moderado y excedente de agua	(0.20 – 0.29)
Moderado	(0.30 - 0.39)
Moderado y deficitario de agua	(0.40 - 0.49)
Deficitario de agua	(0.50 - 0.59)
Altamente deficitario de agua	(> 0.60)

Fuente: MinAmbiente, 2014.

De acuerdo con lo establecido, se puede decir que la cuenca del Río León y sus subcuencas tributarias, son cuencas con alta disponibilidad de agua. Esto es lógico, si se tiene en cuenta la alta precipitación en la región, que varía de los 2.500 mm al norte a los 5.000 mm al sur.

Figura 18. Índice de Aridez (IA)



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Los resultados del índice de aridez muestran que la cuenca posee una buena dotación de agua garantizada por el régimen natural de lluvias que se presentó anteriormente en los análisis espaciales de la precipitación y la temperatura. La cuenca de la corriente principal

del río León tiene altos excedentes representados en la cantidad de precipitación que se da al sur de la cuenca y en la parte occidental de la misma; las cuencas del sur de la cuenca también presentan valores bajos de aridez debido a los acumulados de precipitación, a pesar de que las altas temperaturas presentes en el municipio de Mutatá hagan que la categoría del Índice de Aridez sea de “Excedentes de agua”. En la parte norte de la cuenca se encuentran los valores más altos de aridez de toda la cuenca según los registros de precipitación de las estaciones utilizadas y la estimación de las isoyetas; en esta zona los acumulados de precipitación son de 2100 mm anuales aproximadamente y las temperaturas medias anuales llegan hasta valores cercanos a los 28 °C generando que la evapotranspiración tenga valores mayores y por ende aumentando la aridez.

1.1.3.15 Variabilidad climática

De acuerdo con lo planteado por el IDEAM, en la 3ª Comunicación Nacional de Cambio Climático, el país en su conjunto estaría afectado por el Cambio Climático, por aumentos en la temperatura y en el comportamiento de la precipitación, aunque manifiesta que este comportamiento, no será el mismo para todas las regiones de Colombia.

Igualmente, manifiesta que si aumentan los niveles de emisiones globales de GEI aumentan (como es lo más probable), la temperatura media anual en Colombia y podría incrementarse gradualmente para el fin del Siglo XXI (año 2100) en 2.14°C.

Dice textualmente “Las consecuencias que estos aumentos en la temperatura podrían traer al país son entre muchos otros, el mayor aumento en el nivel del mar que comprometería no sólo parte de las fronteras (por cambios en la línea de costa), sino a las poblaciones y ciudades asentadas en estos espacios; el derretimiento acelerado de los nevados y glaciares, así como el retroceso de páramos de los que dependen una gran cantidad de los acueductos en el país; la reducción en la productividad agropecuaria y la potencial mayor incidencia de fenómenos climáticos extremos”.

Continúa “Este aumento en la temperatura sumado a los cambios en el uso del suelo, puede incrementar los procesos de desertificación, disminución de la productividad de los suelos agrícolas y la pérdida de fuentes y cursos de agua. Así mismo, puede ocasionar mayor incidencia de olas de calor especialmente en áreas urbanas”.

“Un cambio gradual en la temperatura y la precipitación en el país generado por el cambio climático, podría ocasionar que los efectos de fenómenos de variabilidad climática como El Niño o La Niña tengan mayor impacto en los territorios y sectores. Las regiones del país donde se espera un aumento paulatino de la temperatura y disminuciones en la precipitación, pueden afectarse severamente en los años donde se presente el fenómeno de El Niño, el cual típicamente reduce las precipitaciones y aumenta la temperatura promedio. Así mismo, en los años en que se presente el fenómeno de La Niña, las regiones donde se esperan aumentos de precipitación podrán ser más afectadas, ya que este fenómeno se caracteriza por el aumento de las lluvias”.

Para el periodo 2071 – 2100, se espera que la precipitación aumente entre un 10 y un 30 % en la región del occidente de Antioquia, lo cual puede ser beneficioso para el abastecimiento de agua en la zona, pero se pueden ver afectadas las estructuras existentes y se incrementan las inundaciones en las áreas planas.

Para la región Caribe manifiesta que el aumento en la temperatura al año 2041, podría ser de 0.8 a 1.0 °C. El aumento de la precipitación para la misma fecha, puede ser del orden del 1.5%.

El efecto para la zona, se puede ver reflejado directamente en las demandas de agua, para los diferentes usos en la cuenca, que dependen directamente de la evaporación y de la evapotranspiración potencial, la cual contempla dentro de su formulación a la temperatura como una de las variables más importantes. De acuerdo con esto se puede esperar que las demandas de agua sean mayores, que las estimadas para el año 2017.

1.1.3.16 Variabilidad climática (Intra e interanual) en la cuenca teniendo en cuenta la influencia de fenómenos macroclimáticos (ENSO en sus fases fría y cálida)

La variabilidad climática se debe a que el comportamiento del clima no es constante y presenta variaciones tanto en el espacio como en el tiempo, respecto a sus valores promedio y esas fluctuaciones se definen como variabilidad climática. La interacción océano - atmósfera da origen a un fenómeno de variabilidad climática en la escala interanual y de carácter global, conocido como Fenómeno El Niño - La Niña. Este fenómeno ejerce una influencia destacada en el comportamiento climático del país.

ENOS: El Niño – Oscilación del Sur: Los científicos que han estudiado este fenómeno, han descubierto que El Niño suele ir acompañado de un cambio en la circulación atmosférica llamada “Oscilación Sur”, que es una variación de la presión atmosféricas entre la región australiana del Océano Índico y el Sur Este del Pacífico Tropical en una escala estacional de tiempo. El Niño es la parte oceánica del fenómeno, mientras que La Oscilación Sur, la parte atmosférica; y la interrelación de estas dos partes, se conoce como ENOS (El Niño – Oscilación Sur) (Mejía, O., 2016).

El Niño es una alteración en las características físicas del océano Pacífico tropical y de la atmósfera global y se caracteriza por un aumento generalizado en la temperatura del mar desde el centro del océano hasta las costas de Sudamérica. Mientras que la Niña por el contrario se caracteriza por una disminución de las temperaturas y vientos alisios fortalecidos.

Dentro de los efectos climáticos que se observan, por el Fenómeno del Niño, se destacan los siguientes:

- Aumento de la temperatura de la superficie del mar.
- Incremento temporal del nivel medio del mar.
- Aumento de la temperatura media del aire en los valles interandinos, región Caribe, parte oriental de la Orinoquia y Amazonia.
- Alteración de los patrones de precipitación: déficit en los volúmenes de precipitación acumulados en las regiones Andina, Caribe y Orinoquia y excesos en el sur de la región Pacífica, vertiente oriental de la cordillera Oriental y sectores de la Amazonia.

Dentro de los efectos climáticos que se observan, por el fenómeno de la Niña, se destacan los siguientes:

- Disminución de la temperatura de la superficie del mar.
- Alteración de los patrones de precipitación: aumento en los volúmenes de precipitación acumulados en las regiones Andina, Caribe y Orinoquia.

Para analizar las variaciones en la cuenca del Río León, se tomaron todas las estaciones de precipitación seleccionadas y se establecieron los valores promedio para los años Niña e igualmente para los años Niño y se estableció su variación respecto al valor promedio de la serie total.

Se puede observar que evidentemente durante los años Niña, los valores promedio de todas las estaciones, muestran un incremento en la precipitación, del orden del 10% a nivel anual presentándose un valor máximo del 44% en el mes de diciembre.

Igualmente se puede observar que durante los años Niño, los valores promedio de todas las estaciones, muestran una disminución en la precipitación, del orden del 3.8% a nivel anual presentándose un valor mínimo del -29.84% en el mes de Enero.

En la Tabla 62, se presentan los años Niño y Niña, definidos por el IDEAM y en las Tabla 63 y Tabla 64, los porcentajes de variación de cada una de las estaciones respecto a su valor promedio y el valor promedio de todas.

Tabla 62. Años Niño y Niña
Años de ocurrencia para Colombia evento La Niña

UBICACION HISTORICA DEL EVENTO	DURACION DEL EVENTO LA NIÑA												INTENSIDAD
	Año 1						Año 2						
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1950 (*)													Fuerte
1954													Debil
1955													Moderado
1964													Debil
1967 - 1968													Debil
1970 - 1971													Moderado
1973 - 1974													Moderado
1975 - 1976													Moderado
1988 - 1989													Fuerte
1999 - 2000													Moderado
2007 - 2008													Fuerte
2010 - 2011													Fuerte

(*) Inicio en Septiembre de 1949

Fuente: Montealegre, J. (2014). Actualización del componente meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM.



Años de ocurrencia para Colombia evento La Niña

UBICACION HISTORICA DEL EVENTO	DURACION DEL EVENTO NIÑO																								INTENSIDAD
	Año 1												Año 2												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1951																								Debil	
1957 - 1958																								Moderado	
1965 - 1966																								Moderado	
1969																								Debil	
1972 - 1973																								Fuerte	
1976 - 1977																								Debil	
1982 - 1983																								Fuerte	
1986 - 1987																								Moderado	
1991 - 1992																								Moderado	
1997 - 1998																								Fuerte	
2006																								Debil	
2009 - 2010																								Debil	

Fuente: Montealegre, J. (2014). Actualización del componente meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM.

Tabla 63. Promedio años Niña vs Promedio total

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Barranquillita (12010030)	13.06%	31.24%	61.24%	24.22%	0.84%	-6.64%	-2.73%	9.52%	6.01%	6.93%	19.53%	40.92%	11.17%
El Casco (12010070)	-8.97%	17.65%	18.16%	3.45%	-6.72%	-9.84%	1.16%	24.23%	6.64%	-11.96%	-23.32%	15.14%	0.26%
El Tormento (12010010)	45.13%	32.09%	15.65%	10.40%	-12.66%	1.82%	3.32%	24.28%	-10.93%	1.52%	-10.55%	45.40%	7.89%
Eupol (12010100)	-18.71%	40.42%	37.70%	29.34%	-0.86%	-3.04%	-2.28%	7.93%	10.93%	20.83%	4.40%	50.45%	12.44%
La Lorena (12010060)	4.28%	2.64%	21.72%	14.47%	-11.29%	-1.38%	-1.07%	39.79%	10.53%	2.70%	-21.05%	47.34%	7.42%
La Toscana (12010050)	78.84%	28.71%	17.50%	9.23%	11.01%	14.66%	1.90%	28.55%	27.92%	12.88%	11.46%	47.62%	19.91%
Prado Mar (12010110)	-22.54%	66.28%	14.65%	10.26%	17.60%	-9.42%	-14.40%	20.01%	2.26%	-4.67%	-4.77%	57.62%	8.17%
Santa Martha (12010120)	-16.54%	47.89%	-0.98%	28.32%	1.94%	2.93%	9.43%	18.08%	23.80%	-2.63%	3.57%	56.08%	12.19%
Trigana (12010090)	57.48%	70.04%	-16.02%	14.69%	17.19%	12.60%	13.74%	14.46%	21.20%	-1.26%	-0.97%	50.24%	16.18%
Uniban (12015020)	30.64%	53.37%	-9.71%	23.23%	3.16%	6.75%	1.81%	6.42%	-1.08%	-10.64%	-5.02%	30.88%	6.55%
PROMEDIO	19.03%	36.24%	15.92%	16.46%	1.36%	1.11%	1.61%	18.82%	9.08%	1.89%	-2.37%	44.25%	10.46%

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Tabla 64. Promedio años Niño vs Promedio total

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Barranquillita (12010030)	-20.92%	-17.72%	-30.88%	-25.09%	7.65%	7.15%	5.67%	-8.69%	-7.97%	-11.32%	-8.96%	2.44%	-5.17%
El Casco (12010070)	-19.60%	35.14%	10.86%	-2.95%	-3.84%	-10.47%	-4.82%	-0.99%	-0.19%	9.33%	9.25%	1.92%	0.67%
El Tormento (12010010)	-30.37%	2.33%	-32.68%	-24.15%	2.43%	-4.98%	-0.76%	2.83%	12.24%	-5.17%	26.11%	-2.46%	-2.47%
Eupol (12010100)	-40.25%	4.99%	5.18%	-2.62%	-2.59%	-1.43%	1.73%	10.64%	1.34%	-6.10%	24.58%	-17.55%	-0.27%
La Lorena (12010060)	-33.88%	21.06%	-11.52%	3.62%	-8.60%	-10.87%	-8.06%	-17.07%	-12.88%	-9.36%	13.43%	5.16%	-5.75%
La Toscana (12010050)	-22.36%	29.58%	-8.79%	3.69%	-5.87%	-14.14%	-5.87%	1.97%	-9.30%	-12.37%	0.49%	2.91%	-4.81%
Prado Mar (12010110)	-17.65%	1.71%	-6.24%	-3.26%	-7.33%	3.09%	-7.33%	4.22%	1.46%	1.95%	3.45%	-7.27%	-1.27%
Santa Martha (12010120)	-23.71%	10.06%	-5.59%	-4.53%	-1.98%	-15.63%	-1.98%	-1.69%	-16.34%	-8.76%	14.85%	-10.02%	-4.38%
Trigana (12010090)	-42.91%	-40.09%	-13.02%	-7.06%	-19.33%	-17.93%	-19.33%	-9.73%	-12.07%	-8.68%	11.53%	10.37%	-10.22%
Uniban (12015020)	-39.74%	2.39%	1.83%	-10.78%	-11.57%	-13.03%	-11.57%	-0.23%	-0.81%	5.98%	11.05%	-5.42%	-3.07%
PROMEDIO	-29.84%	5.45%	-11.36%	-8.44%	-4.52%	-7.25%	-4.52%	-1.85%	-3.90%	-4.93%	10.50%	-1.53%	-3.76%

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.3.17 Análisis climatológico (efectos y relaciones atmosféricas)

La región de Urabá localizada entre el mar Caribe y el océano Pacífico, se ve influenciada por estos a lo largo del año en forma alternada, generando un período húmedo, que se extiende entre los meses de abril y diciembre y un período seco, entre los meses de diciembre y mediados de abril.

Igualmente, la región se ve afectada, como todo el país por el desplazamiento de la franja de baja presión denominada Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que durante el primer semestre se desplaza de sur a norte y durante el segundo de norte a sur.

Durante la época seca se presentan los vientos Alisios provenientes del mar Caribe, mientras que durante la época húmeda o época de lluvias la zona se ve afectada por los vientos provenientes del Pacífico que penetran por el sur y suroeste dejando su humedad en forma de altos niveles de precipitación en las cercanías de Mutatá. A medida que avanzan las masas de aire hacia el norte, su contenido de humedad disminuye en forma regular hasta la población de Turbo, localizada al norte del área del proyecto.

La precipitación varía desde los 2.200 mm aproximadamente, en la parte norte de la cuenca, a los cerca de 5.100 mm en la zona sur de la cuenca.

El comportamiento, en cuanto a patrón y valor de la precipitación, en la zona montañosa de las cuencas sigue el mismo comportamiento del área baja de la cuenca, esto es que los valores más altos se observan al sur en la cuenca alta del Río Villarteaga y disminuyen hacia el norte.

La evapotranspiración potencial, varía de los 1500 mm aproximadamente en la zona sur de la cuenca, a los 1800 mm aproximadamente al norte de la misma.

Las altas precipitaciones en la cuenca y las bajas pendientes que se tienen en la zona baja, conllevan a la presencia de inundaciones en la parte baja de las cuencas en su desembocadura en el Río León y a lo largo del Río León hasta su desembocadura en el golfo de Urabá.

1.1.4 Necesidades de información

Precipitación:

La distribución espacial de las estaciones de precipitación, se reduce a la cuenca media -baja y baja, no se encuentran estaciones de medición por encima de la cota 250 msnm. Se encontraron cerca de 20 estaciones, localizadas en la cuenca y sus alrededores. La longitud de las series se considera adecuada para casi todas las estaciones seleccionadas, con más de 30 años en la mayoría de las estaciones, observándose que la que cuenta con más datos es la estación de El Tormento con 44 años y la que cuenta con menos datos es la estación de Hacienda Coromando, con 13 años.

Las estaciones registran la precipitación diaria y a partir de esta se procesa la precipitación mensual, la precipitación máxima en 24 horas y el número de días con precipitación.

De acuerdo con lo anterior, es necesario que se instalen al menos cinco (5) estaciones pluviométricas en la parte alta de las cuencas, que cubran desde la cota 500 msnm, a los cerca de 1500 msnm.

Climatología: (Evaporación, temperaturas, humedad relativa, brillo solar y velocidad del viento).

La distribución espacial de las estaciones climatológicas, no es la más adecuada, teniendo en cuenta que todas se localizan entre las cotas 50 y 200 msnm. Se seleccionaron seis (6) estaciones, de las cuales cuatro (4) son Climatológicas Ordinarias, una Sinóptica en el aeropuerto y una Agrometeorológica, localizadas en la cuenca.

La longitud de las series supera los 30 años en tres (3) de las estaciones, la estación que cuenta con el registro más largo, es la de UNIBÁN con 38 años y la que cuenta con menor número de años es la de Bajirá, con 12 años.

Las estaciones registran los valores diarios de los diferentes parámetros climáticos y a partir de ellos, se generan los valores medios mensuales y totales mensuales.

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera necesario, para precisar con mayor exactitud los parámetros climáticos, que se instalen al menos tres (3) estaciones climatológicas ordinarias, que cubran las cotas 500 msnm hasta la cota 1500 msnm, una en la zona norte, otra en la zona central y otra en la zona sur.

2 BIBLIOGRAFÍA

- Allan, J. *Stream Ecology Structure and Function of Running Waters*. Londres: Chapman & Hall, 1995. p. 388.
- Auboin, J. et. al. (1982). Middle America Trench upper slope. Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project 67: 143-192.
- Ball, M. et. al. (1969). Atlantic Opening and the Origin of the Caribbean. *Nature*, vol. 223, No 5202, p. 167-168, fig. 1-2.
- Barragán, R. et. al (2008). Código estratigráfico norteamericano: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 117, xvi + 48 p., 2 tablas, 11 figuras.
- Bates, R.L. & Jackson, J.A. (1984). *Dictionary of Geological Terms*. Anchor Press, New York, 571 pp.
- Carvajal, J.H. (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Bogotá.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA (1988). Estudio de factibilidad presa de aprovechamiento múltiple sobre el río Chigorodó. Sodeic Ltda. Ingenieros consultores e interventores. Anexo A Climatología y Anexo B Hidrología.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA (2012). Plan de Gestión Ambiental Regional 2012 - 2024 Versión 02. Tomado de: <http://corpouraba.gov.co/sites/default/files/R-PG-01PGARAPROBADO.pdf>
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA & Universidad de Antioquia (2014): Convenio interadministrativo de cooperación 136 de 2013. Escala 1:300.000. Betancur, T., Palacio, P., Gómez, A., Duque, J., Cardona, A., Ossa, J. Posada, J., García, D.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA & Universidad de Antioquia (2014). Actualización del Modelo Hidrogeológico conceptual del Sistema Acuífero del Urabá Antioqueño.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA & Universidad de Antioquia (2014). Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos: Sistema Hidrogeológico Golfo de Urabá. Medellín, 28 p.
- Chow Ven Te (1964). *Handbook of applied hydrology (a compendium of water-resources technology)*. Nueva York, McGraw-Hill.
- Chow, VenTe (1988). *Handbook of Applied Hydrology*.
- Chow Ven Te, Maidment David R., Mays Larry W. (1994). *Hidrología aplicada*. Editorial Mc Graw Hill. Bogotá.
- Dahmen, E.R. & Hall, M.J. (1990). Screening of hydrological data: Test for stationarity and relative consistency. *Internat. Inst. for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, ILRI pubn. No. 49, 58 pp.*

- De Porta, J. (1974). Léxico estratigráfico Internacional. América Latina – Colombia. Volumen V, Fascículo 4b. Unión Internacional de Ciencias Geológicas. Centro Nacional de la Investigación Científica, Paris.
- Dearman, W.R. (1974). Weathering classification in the characterization of rock for engineering purposes in British practice. Bulletin International Assoc. of Engineering Geology.
- Deere, D.U. & Patton, F.D. (1971). Slope stability in residual soils. Proceedings of the fourth Panamerican Conference on Soil mechanics and Foundation Engineering. San Juan de Puerto Rico.
- Donnelly, T.W. (1989). Geologic history of the Caribbean and Central America. In: BALLY, A. W. & PALMER, A. R. (eds.). The geology of North America. Boulder: Geological Society of America, 1989, 299-321.
- Duque-Caro, H. (1990). The Choco Block in the northwestern corner of South America: Structural, tectonostratigraphy and paleogeographic implications. Journal of South American Earth Sciences. Vol. 3, No. 1.
- Elderton W. P. (1953). Frequency curves and correlation, Harren, New York.
- Eslava, J., V. López & G. Olaya (1986c). Los climas de Colombia (Sistema de Caldas - Lang). *Atmósfera* 7:41- 77. Bogotá.
- Eslava, J. (1992). Perfil altitudinal de la temperatura del aire en Colombia. *Geofis. Colomb.* 1:37-52. Acad. Colomb. Cienc. Geofis., Bogotá.
- Foster, S.S.D. (1987): Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. Vulnerability of Soil and Groundwater to pollutants. TNO Committee on Hydrological Research Information nº38, Ed. by W. Van Duijvenbooden and H.G. Van Waegenigh, The Hague: 69-86.
- Foster S. & Hirata, R. (1988). Groundwater pollution risk evaluation assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO/HPE-CEPIS, technical manual; Lima, Peru.
- Frisch, W. et. Al (1992). Origin of the Central American ophiolites: Evidence from paleomagnetic results: *Geological Society of America Bulletin*, 104, 1301–1314.
- García, J.; & Maza, J. Morfología de ríos. Capítulo 11 del manual de ingeniería de ríos. Instituto de Ingeniería UNAM.
- Garzon, F. (2012). Modelamiento estructural de la zona límite entre la microplaca de Panamá y el bloque norandino a partir de la interpretación de imágenes de radar, cartografía geológica, anomalías de campos potenciales y líneas sísmicas. Tesis de Maestría en Ciencias – Geofísica. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.
- Geotec (1997): Geología de los Cinturones Sinú - San Jacinto - Planchas 50 Puerto Escondido, 51 Loricá, 59 Mulatos, 60 Canalete, 61 Montería, 69 Necoclí, 70 San Pedro de Urabá, 71 Planeta Rica, 79 Turbo, 80 Tierralta. Escala 1:100.000. Bogotá D. C.
- Hermelin, M. (1987). Bases de geología ambiental. Universidad Nacional de Colombia (seccional Medellín). Medellín.

- Hill A.R. 1996. Nitrate removal in stream riparian zones. *J. Environ. Qual* 25:743-755.
- Ibáñez, D., Castro, E., Duque, T., & Villa, O. (2005). Estudio de microzonificación sísmica de Santiago de Cali. Bogotá.
- INCODER (2006). Proyecto de Adecuación de tierras Urabá, Identificación y análisis de alternativas de suministro de agua, Informe principal, Consultoría S. A.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2006). Índice de disponibilidad hídrica (IDH). Bogotá D.C: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Oficina del Servicio de Pronóstico y Alertas.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2010) Estudio Nacional de Agua. Bogotá D.C., 2011.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2013) Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia, Bogotá D.C. Colombia. Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM, noviembre de 2013. Bogotá D.C., Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2014) Estudio Nacional de Agua. Bogotá D.C., 2015. 496 p.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2017) Atlas interactivo – Climatológico. Tomado de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>
- Instituto de Investigación e Información Geocientífica Minero Ambiental y Nuclear - INGEOMINAS (1988). Mapa geológico de Colombia a escala 1: 1500000. Bogotá.
- Instituto de Investigación e Información Geocientífica Minero Ambiental y Nuclear - INGEOMINAS (1995). Evaluación del agua subterránea en la región de Urabá, Departamento de Antioquia. Bogotá D. C.
- Instituto de Investigación e Información Geocientífica Minero Ambiental y Nuclear - INGEOMINAS (2003). Geología de los Cinturones Sinú – San Jacinto 50 Puerto Escondido, 51 Lorica, 59 Mulatos, 60 Canalete, 61 Montería, 69 Necoclí, 70 San Pedro de Urabá, 71 Planeta Rica, 79 Turbo, 80 Tierralta. Bogotá.
- Instituto de Investigación e Información Geocientífica Minero Ambiental y Nuclear - INGEOMINAS (2004). Geología de los Cinturones del Sinú, San Jacinto y borde Occidental del Valle Inferior del Magdalena Caribe Colombiano. Escala 1:300.000. Bogotá.
- James, K.H. (2005). Arguments for and against the Pacific origin of the Caribbean Plate and arguments for an in-situ origin. *Caribbean Journal of Earth Science*, 39, 47-67.
- James, K.H. (2006). Arguments for and against the Pacific origin of the Caribbean Plate: discussion, finding for an interAmerican origin, *Geologica Acta*, 4(1-2), 279–302.
- Jaramillo Rojas C. C. Molina F M. Betancur T. 2011. Índices de escasez y de calidad del agua para la priorización de cuerpos de agua en los planes de ordenación del recurso hídrico. Aplicación en la jurisdicción de CORANTIOQUIA. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 10, No. 19, pp. 33-46. Medellín, Colombia.

- Keller, E. A. & Pinter, N. (1996). Active tectonics: Earthquakes uplift and landscapes, Prentice Hall, New Jersey. 362 p.
- Kirpich, ZP (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. Civil Engineering, Vol. 10, Junio. P 362.
- Klitgord, K. D. & Schouten, H. (1986). Plate kinematics of the central Atlantic. En: Vogt PR, Tucholke BE (eds) The geology of North America, Vol. M. The Western North Atlantic region. Geological Society of America, Boulder. 351-378.
- Linsley, K. & Paulhus (1975). Hydrology for engineers.
- Maidment D. (1992). Handbook of Hydrology, Capítulo 18.
- Mann, P. (1999). Caribbean Sedimentary Basins: Classification and Tectonic setting from Jurassic to Present. In: Mann, P. (Ed.) Caribbean Basins, Sedimentary Basins of the World, Volume 4. 3 – 31.
- Mejia, O. (2016). El fenómeno de El Niño, tema de la primera jornada técnica de la catedra del agua. Tomado de <http://cta.org.co/actualidad/del-cta/item/275-jornada-tecnica-de-la-catedra-del-agua-2016>
- Meschede, M. & Frisch, W. (1988). The Evolution of the Caribbean Plate and its Relation to plate Motion Vector: Geometric Constraint for an Inter-American Origin.
- Ministerio del Medio Ambiente - MAVDT, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM y Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Mineroambiental y Nuclear – INGEOMINAS, Coralina y CVC (2002). Formulación de proyectos de protección integrada de aguas subterráneas – Guía Metodológica
- Monsalve G. (1995). Hidrología en la Ingeniería. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá.
- Montealegre, J. (2014). Actualización del componente meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM.
- Organización Meteorológica Mundial – OMM (2011) Guía de prácticas hidrológicas. Ginebra, Suiza.
- Pindell, J. & Barrett, S. (1990). Geological evolution of the Caribbean region: a plate tectonic perspective. En: Dengo, G. and Case, J.E. (Eds.) The Geology of North America, Vol H, The Caribbean Region.
- Pindell, J. et. al. (2005). Plate-kinematics and crustal dynamics of circum-Caribbean arccontinent interactions. En: Ave-Lallemant y Sisson (eds), 2005, Geological Society of America Special Paper 394, 7-52.
- Pindell, J. & Kennan, L. (2009). Tectonic evolution of the Gulf of Mexico, Caribbean and northern South America in the mantle reference frame: an update.
- Quijano, J. E. (2014). Parámetros morfométricos, geomorfológicos y correlación estructural en cinco cuencas hidrográficas de la Cuenca Amagá.
- Rihl H. (1967) Introducción to the atmosphere.

Roldán G. 2009. Desarrollo de la limnología en Colombia: cuatro décadas de avances progresivos. *Actualidades Biológicas* vol. 31 (91): 227-237. Medellín Colombia.

ROLDÁN, G. & J. RAMÍREZ. 2008. *Fundamentos de limnología Neotropical*. 2a. Ed. Medellín (Colombia): Editorial Universidad de Antioquia, Universidad Católica de Oriente y Academia Colombiana de Ciencias– ACCEFYN.

Ross, M. I. & Scotese, C. R. (1988). A hierarchical tectonic model of the Gulf of Mexico and Caribbean region. Artículo: *Tectonophysics*, 155: 139-168

Schumm, S. (1963). A Tentative Classification of Alluvial River Channels.: an examination of similarities and differences among some graet plains rivers.

Schumm, S.A. (1963). Sinuosity of alluvial rivers on the Great Plains: *Geol, Soc. America Bull.*, v. 74, p 1089-1100.

Schumm, S. & Khan, H. (1972). Experimental Study of Channel Patterns. Department of Geology and Engineering research center, Colorado State University. Fort Collins, Colorado.

Servicio Geológico Colombiano – SGC. (2011). Documento metodológico para la elaboración del mapa geomorfológico, para la generación el mapa nacional de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. Bogotá, 86p.

Strahler, A.N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. New York.

Sykes, L.R. et. al. (1982). Motion Caribbean plate during last 7 million years and implications for earlier Cenozoic movements. *Journal of Geophysical Research*, 87(B13): 10656-10676.

Taboada, A. et. al (2000). Geodynamics of the northerm Andes: Subductions and intracontinental deformation (Colombia). *Tectonics* 19. Issn: 0278-7407.

Temez, J.R. (1978 y 1989). Calculo hidrometereologico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. M. O. P. U. dirección General de Carreteras. Madrid.

Terry, M. E. (1952). Some Rank order tests which área most powerful against specific parametric alternatives. *Annals of Mathematical Statistics*, 23, 346-366.

Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell & C.E. Cushing, 1980. The river cohtinum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137

Vargas, M. & Diaz-Granados, M. (1997). Curvas sintéticas de Intensidad – Duración – Frecuencia para Colombia. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Los Andes. Bogotá.

Villegas, P. (2017) Análisis morfométrico de una Cuenca. Tomado de: <http://www.aguaysig.com/2013/10/analisis-morfometrico-de-una-cuenca.html>

Villegas, P. P. & Vivas, A. (2008): Hidrogeología del Acuífero del Eje Bananero de Urabá. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá CORPOURABA. Apartadó, Antioquia.

Villota, H. (1991). Geomorfología aplicada a levantamiento edafológicas y zonificación física de tierras. IGAC, 211p.

Wald, A. & Wolfowitz, J. (1943). An exact test for randomness in the non-parametric case base don serial correlation. Annual Mathematical Statistics, 14, 378-388.

Yue, S. et. al. (2002b). The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. Hydrological Processes, 16, 1807-1829.

EN ETAPA DE PUBLICACIÓN