

FORMULACIÓN **POMCA** RÍO MIRA

Plan de Ordenación y Manejo
de la Cuenca Hidrográfica



FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO MIRA, DEPARTAMENTO DE NARIÑO DESARROLLO DE LA FASE DE DIAGNOSTICO Componente Clima



CONTENIDO

1	LOCALIZACIÓN.....	5
2	METODOLOGÍA	6
2.1	CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA.....	6
2.1.1	Análisis de la información disponible.....	6
2.1.2	Tratamiento meteorológico.....	7
2.1.3	Selección de la red meteorológica.....	9
2.1.4	Caracterización espacial y temporal.....	10
2.1.5	Balance hídrico de largo plazo.....	18
2.1.6	Índice de Aridez (IA).....	19
2.1.7	Clasificación climática.....	19
2.1.8	Precipitación máxima en 24 horas.....	21
2.1.9	Curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF).....	22
3	RESULTADOS.....	23
3.1.1	Análisis de la información disponible.....	23
3.1.2	Tratamiento de datos.....	29
3.1.3	Selección de la red meteorológica.....	40
3.1.4	Caracterización espacial y temporal.....	42
3.1.5	Índice de Aridez (IA).....	74
3.1.6	Clasificación climática.....	76
3.1.7	Precipitación máxima en 24 horas.....	79
3.1.8	Curvas Intensidad, duración y frecuencia (IDF).....	83
4	BIBLIOGRAFÍA	97

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Indicador del Índice de Lluvia Anual.....	10
Tabla 4. Interpretación de la calificación del índice de aridez.	19
Tabla 2. Límites expuestos por Caldas.	20
Tabla 3. Clases de climas según Lang.....	20
Tabla 5 Parámetros Curvas IDF para la Región del Pacífico.	22
Tabla 6. Red meteorológica preseleccionada en referencia a la cuenca del río Mira.	23
Tabla 7. Análisis de homogeneidad. Parámetro de Temperatura media.....	30
Tabla 8. Test de rachas de las estaciones de precipitación.	33
Tabla 9. Test de rachas de las estaciones de temperatura.	34
Tabla 10. Diagrama de cajas. Parámetro de temperatura media.	36
Tabla 11. Red meteorológica seleccionada en referencia a la cuenca del río Mira.	41
Tabla 12. Precipitación mensual multianual.	42
Tabla 13. Calificador de índice de lluvia anual.	45
Tabla 14. Rangos y valores medios de la precipitación anual por CH y SCH.	49
Tabla 15. Precipitación media mensual multianual 1990-2018 (mm) por SCH y CH.	49
Tabla 16. Media mensual multianual Temperatura media (°C). Periodo 1990-2018.	50
Tabla 17. Gradiente altitudinal de temperatura para la cuenca del río Mira.	53
Tabla 18. Rangos y valores medios de la temperatura por CH y SCH.....	56
Tabla 19. Temperatura media mensual multianual 1990-2018 (°C) por SCH y CH.	57
Tabla 20. Media mensual multianual. Humedad relativa (%).	59
Tabla 21. Rangos y valores medios de Humedad Relativa por CH y SCH.	60
Tabla 22. Humedad relativa media mensual multianual 1990-2018 (%) por SCH y CH.	61
Tabla 23. Media mensual multianual. Brillo solar (horas).....	62
Tabla 24. Rangos y valores medios de Brillo Solar por CH y SCH.	64
Tabla 25. Brillo solar medio mensual multianual 1990-2018 (horas) por SCH y CH.	65
Tabla 26. Evapotranspiración Potencial ETP anual y mensual multianual (mm) SCH y CH.	67
Tabla 27. Evapotranspiración Real ETR media anual (mm) por SCH y CH.	69
Tabla 28. Balance hídrico de largo plazo en términos de escurrimiento (mm) por SCH y CH.....	71
Tabla 29. Balance hídrico de largo plazo en términos de caudal (m ³ /s) por SCH y CH.	73
Tabla 30. Índice de Aridez (IA) estimados a nivel de SCH y CH.....	75
Tabla 31. Distribución de la zonificación climática en la cuenca del río Mira.	77
Tabla 32. Extensión superficial de la zonificación a nivel de cuenca y subcuencas.	78
Tabla 33. Precipitación máxima en 24 h. para diferentes Periodos de retorno (Tr).	80



Tabla 34. Parámetros Curvas IDF para la Región Pacífico.....	83
Tabla 35. Valores de IDF. Estación Junin.	84
Tabla 36. Valores de IDF. Estación Mataje.	85
Tabla 37. Valores de IDF. Estación Guayacana La.....	86
Tabla 38. Valores de IDF. Estación Coco El.	87
Tabla 39. Valores de IDF. Estación CCCP DL Pacifico.....	88
Tabla 40. Valores de IDF. Estación Guachaves.....	89
Tabla 41. Valores de IDF. Estación Cumbal.....	90
Tabla 42. Valores de IDF. Estación Chiles.....	91
Tabla 43. Valores de IDF. Estación Sande El.	92
Tabla 44. Valores de IDF. Estación Barbacoas.....	93
Tabla 45. Valores de IDF. Estación Magui.	94
Tabla 46. Valores de IDF. Estación Salahonda.....	95
Tabla 47. Valores de IDF. Estación San José de Tapaje.	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general de la unidad hidrográfica del río Mira.	5
Figura 2. Representación esquemática del gradiente altitudinal.	11
Figura 3. Porcentaje de vacíos en el parámetro de Precipitación.	29
Figura 4. Curva de masas simples. Parámetro de Precipitación.	33
Figura 5. Diagrama de cajas. Parámetro de temperatura media.	39
Figura 6. Precipitación media mensual multianual (mm). Periodo 1990-2018.	43
Figura 7. Precipitación media anual 1990-2018.	44
Figura 8. Variación espacial de la precipitación media anual (mm).	46
Figura 9. Variación espacial de la precipitación media mensual (mm).	48
Figura 10. Temperatura media mensual multianual.	51
Figura 11. Temperatura media anual.	52
Figura 12. Expresión general del gradiente altitudinal de temperatura (°C) anual.	52
Figura 13. Variación espacial de la temperatura media anual (°C).	54
Figura 14. Variación espacial de la temperatura media mensual (°C).	56
Figura 15. Distribución mensual multianual. Humedad relativa (%).	59
Figura 16. Variación espacial de Humedad Relativa media anual (%).	60
Figura 17. Distribución mensual multianual. Brillo solar (horas).	63
Figura 18. Variación espacial del Brillo Solar medio anual (horas).	64
Figura 19. Distribución espacial de la Evapotranspiración Potencial ETP media anual (mm).	67
Figura 20. Distribución espacial de la Evapotranspiración Real ETR media anual (mm)..	69
Figura 21. Balance hídrico de largo plazo en términos de escurrimiento (mm/año) por SCH y CH.	72
Figura 22. Variación temporal del balance hídrico en términos de caudal (m ³ /s) por SCH y CH.	73
Figura 23. Distribución espacial del Índice de Aridez en la cuenca hidrográfica.	75
Figura 24. Clasificación climática Caldas Lang. Cuenca del río Mira.	77
Figura 25. Distribución porcentual de la zonificación climática a nivel de subcuencas.	78
Figura 26. Distribuciones de probabilidad por estaciones.	80
Figura 27. Resultados por Funciones de Distribución de Probabilidad (FDP).	82
Figura 28. Curvas IDF. Estación Junin.	84
Figura 29. Curvas IDF. Estación Mataje.	85
Figura 30. Curvas IDF. Estación Guayacana La.	86
Figura 31. Curvas IDF. Estación Coco El.	87
Figura 32. Curvas IDF. Estación CCCP DL Pacifico.	88
Figura 33. Curvas IDF. Estación Guachaves.	89
Figura 34. Curvas IDF. Estación Cumbal.	90
Figura 35. Curvas IDF. Estación Chiles.	91
Figura 36. Curvas IDF. Estación Sande El.	92
Figura 37. Curvas IDF. Estación Barbacoas.	93
Figura 38. Curvas IDF. Estación Magui.	94
Figura 39. Curvas IDF. Estación Salahonda.	95
Figura 40. Curvas IDF. Estación San José de Tapaje.	96

1 LOCALIZACIÓN

La cuenca hidrográfica objeto de ordenación, con extensión superficial de 1521.8917 km^2 y 450.44 km de perímetro después de ajuste, se localiza en el departamento de Nariño en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional homónima al departamento (Corponariño). La unidad hidrográfica, se extiende en el cuadrante definido entre la Latitud 1.179864°N a 1.830261°N y Longitud 79.010211°W a 78.354896°W , ubicándose en los municipios de Tumaco y Barbacoas, con porcentaje de participación del 90.97% y 9.03% respectivamente. El área hidrográfica de interés, nace a una altitud cercana a los 675 m.s.n.m. con los drenajes de la quebrada Quejuambí en la zona sureste de la cuenca, en la quebrada Pianulpí a una altitud entre los 300-325 m.s.n.m., y en la zona de confluencia de esta última con el río Güiza a una elevación de 75 m.s.n.m. La desembocadura se configura en zona de depresión del drenaje principal y otras quebradas que determinan el Delta de la unidad hidrográfica hacia el océano Pacífico, conformándose en dicha área, la presencia de cuerpos lénticos de manglares y madrevejas.

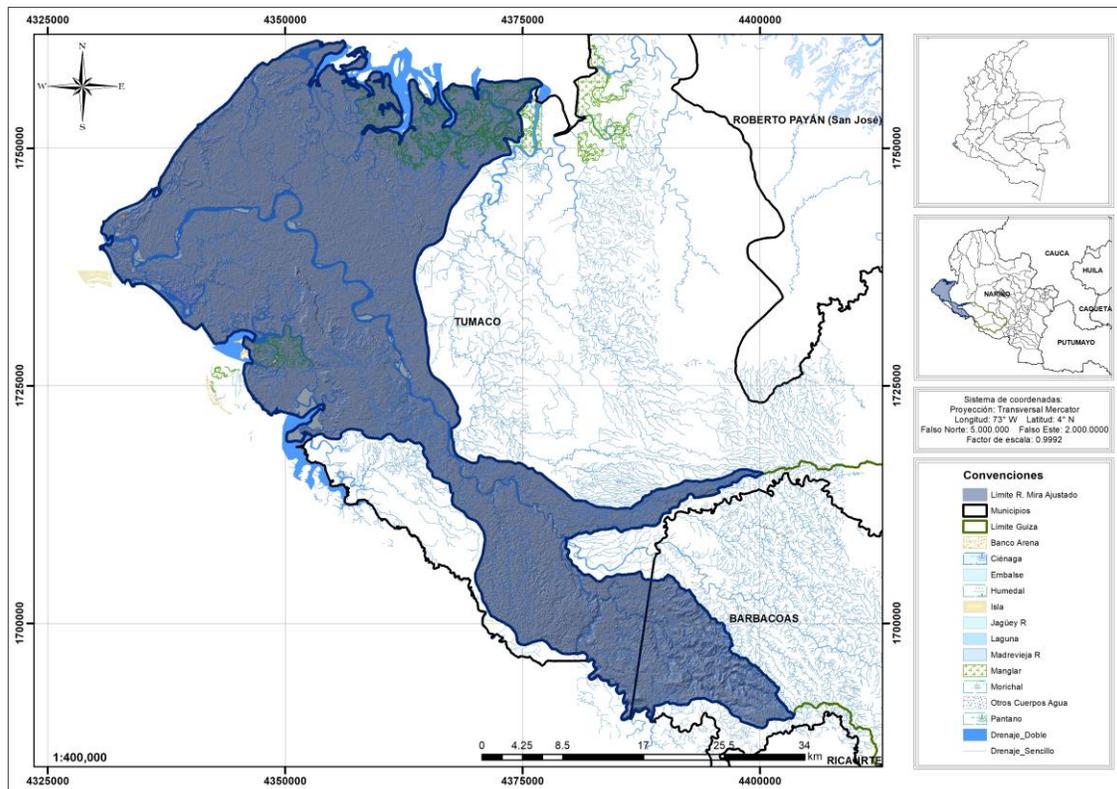


Figura 1. Localización general de la unidad hidrográfica del río Mira.

2 METODOLOGÍA

2.1 CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA

Se realiza la descripción general de caracterización climatológica.

2.1.1 Análisis de la información disponible.

Se determina el compendio de la información disponible para la cuenca objeto de interés, considerando la densidad de drenaje y proximidad de las estaciones climatológicas.

2.1.1.1 Recolección de la información secundaria.

Se identifica la red de monitoreo climatológica aferente a la unidad hidrográfica, cuya información es solicitada en la plataforma web del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), entidad responsable de la generación, administración y tratamiento de la información hidroclimatológica del país. Dicha red de monitoreo es clasificada y ordenada de acuerdo a su código, nombre, localización, categoría, altitud sobre el nivel del mar, actividad, corriente hídrica asociada y parámetros de medición meteorológica registrados.

2.1.1.2 Preselección de estaciones.

La selección preliminar consiste en la determinación del área de proximidad que pondera la representatividad de las estaciones cercanas a la línea divisoria del área hidrográfica en mención, considerando la densidad de estaciones internas y contiguas que categoricen similar régimen climático. Es de resaltar, que una baja densidad de estaciones determina deficiente representatividad y calidad de la información resultante, por lo que es necesario en algunos parámetros climatológicos, incluir regionalizaciones climáticas siguiendo los comportamientos de las estaciones que conforman el conjunto del Área Hidrográfica del Pacífico.

2.1.1.3 Selección de la ventana de tiempo.

Después de identificar dichos puntos de monitoreo, se procede a caracterizar la ventana de tiempo, la cual se define considerando la medición de las variable de precipitación y temperatura, de tal forma que se relacione la mayor convergencia de estaciones teniendo en cuenta un periodo mínimo de análisis de 15 años e ideal de 30 años con información actual (OMM, 2011), caracterizando como mínimo la persistencia de fenómenos de variabilidad climática, principalmente El Niño Oscilación del Sur (ENSO) en sus fases cálidas (El Niño) y frías (La Niña).

El filtro de estaciones se configura evaluando la extensión de los registros, teniendo en cuenta un máximo de 10% de vacíos en el parámetro de precipitación y 30% en temperatura, con excepciones más flexibles para los demás parámetros de

medición cuya variación intranual e interanual es menos pronunciada. Es posible que una baja densidad de medición de estaciones, determine estándares de extensión de los registros más flexibles con vacíos superiores a los mencionados como protocolo de buenas prácticas.

2.1.2 Tratamiento meteorológico.

El tratamiento de series meteorológicas caracteriza la fase donde se identifica la calidad de las estaciones meteorológicas a partir de diversas pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas.

2.1.2.1 Consistencia.

La ausencia de consistencia en una serie climática implica un cambio abrupto en la media, donde se destaca una variación en el comportamiento de ésta, bien sea por una alteración producto de la intervención antrópica o presencia de fenómenos de variabilidad climática. El análisis de consistencia se materializa por la utilización del método gráfico de la *Curva de masas simple*, donde se acumulan los valores registrados en cada una de las estaciones a escala anual con el fin de identificar cambios en el tiempo, construyendo dicha grafica al definir la serie acumulada S_t como.

$$S_t = \sum_{i=1}^t X_t \text{ Para } t=1, 2 \dots N.$$

2.1.2.2 Homogeneidad.

Evaluando la homogeneidad de una serie, se determina si el conjunto de registros es estable en su media, a partir de subconjuntos del original donde se divide en dos grupos, aplicando un test de comparación de medias como es el caso de *U Mann-Whitney*; siendo una prueba no paramétrica en las que se consideran las dos muestras de la serie de tamaño p y q ($p \leq q$), de tal forma que la suma de dichas dos muestras consolida la totalidad de los datos, es decir $N = p + q$. Los datos son ordenados en rangos ascendentes y se suman los rangos asignados obteniendo el valor de R .

$$V = R - p(p - 1)/2$$

$$W = pq - V$$

$$\bar{U} = pq/2$$

$$Var(U) = \left[\frac{pq}{N(N - 1)} \right] \left[\frac{N^3 - N}{12} - \sum T \right]$$

Para una prueba con un nivel de significancia específico, la cantidad es comparada con el cuartil normalizado $u_{\alpha/2}$ para la significancia seleccionada que normalmente es del 5%, se acepta la hipótesis nula de *No Homogeneidad* cuando $Z > 1.96$.

$$|Z| = \left| \frac{U - \bar{U}}{\sqrt{Var(U)}} \right|$$

2.1.2.3 Aleatoriedad.

Para el análisis de la aleatoriedad se utiliza el test de Rachas, el cual permite contrastar el orden de aparición de dos valores de una variable dicotómica. En este caso se diferencian los valores por encima y por debajo de la media anual, considerando una muestra de tamaño n que ha sido dividida en dos categorías, con n_1 y n_2 observaciones cada una, entendiéndose racha como una sucesión de valores de la misma categoría.

En función de las cantidades n_1 y n_2 , se espera que el número de rachas no sea muy alto lo que indicaría una correlación negativa, ni muy pequeño, lo que en contraste representa una correlación positiva. Se define R como el número de rachas para una población $n_1 \leq 20$ y $n_2 \leq 20$, el valor de R se compara con los valores críticos obtenidos por Downie, donde se rechaza la aleatoriedad de la muestra cuando $R \leq R_{n_1, n_2, \alpha/2}$ o $R \geq R_{n_1, n_2, 1-\alpha/2}$.

2.1.2.4 Datos atípicos.

Con el fin de realizar un tratamiento con la menor cantidad de subjetividades posibles, se utiliza la metodología del *Diagrama de cajas*, el cual resulta del principio del Rango Intercuartílico (RI), con la distribución propia de la estación para cada escala temporal de la ventana de tiempo seleccionada. La expresión se describe como.

$$|X_i| < Q_3 + f * RI$$

$$RI = Q_3 - Q_1$$

Donde,

X_i : Información registrada.

RI : Rango Intercuartílico.

f : Factor de multiplicación ($f = 3$).

El dato atípico es identificado a partir de la prueba en mención, y es contrastado con las demás estaciones en el mismo periodo donde se detectan las anomalías, con el fin de percibir si son probables inconsistencias o hacen parte de un evento natural de variabilidad climática en la zona.

2.1.2.5 Estimación de valores faltantes.

La información vacía de las estaciones que pertenecen a un grupo i regionalizado, así como los potenciales atípicos suprimidos, deben ser completados por alguno de los numerables métodos de estimación conocidos. Para el caso específico, se propone la metodología de la *razón de valores*, dependiendo de la evaluación del coeficiente de correlación de Pearson (R) entre las estaciones independientes respecto a la estación objeto de estimación, clasificando de forma implícita similar variabilidad climática entre ellas. La expresión matemática se define como.

$$x(t) = \frac{1}{n} \left[\frac{x_{med}}{x_{1,med}} x_1(t) + \frac{x_{med}}{x_{2,med}} x_2(t) + \frac{x_{med}}{x_{3,med}} x_3(t) \dots + \frac{x_{med}}{x_{n,med}} x_n(t) \right]$$

Donde,

- x_{med} : Media de la variable en cuestión de la serie incompleta.
- $x_{i,med}$: Media de las n series de información con alta correlación.
- $x_i(t)$: Datos correspondientes a las series vecinas.
- n : Número de estaciones de referencia.

Las estaciones propias de referencia para aquella donde se completan los valores faltantes, deben corresponder a la mejor evaluación relacionada al coeficiente de correlación de Pearson (r) y precisar en el régimen hidrológico característico. La literatura recomienda que los valores de correlación sean mayores a 0.7, con el fin de obtener la representatividad adecuada.

$$r_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n (f_{ik} - \bar{f}_i) * (f_{jk} - \bar{f}_j)}{(\sum_{i=1}^n (f_{ik} - \bar{f}_i)^2)^{1/2} * (\sum_{i=1}^n (f_{jk} - \bar{f}_j)^2)^{1/2}}$$

Donde,

- r_{ij} : Correlación entre los valores de las estaciones i y j .
- f_{ik} : Valor del parámetro del período k de la estación i .
- \bar{f}_j : Valor promedio del parámetro en la estación i .

La variable de temperatura no estandariza el método mencionado con anterioridad, debido a la dudosa correlación que puede existir entre estaciones muy cercanas con set de registros muy dispersos entre sí. El parámetro de temperatura media presenta mayor sensibilidad respecto a la altitud sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) que otros métodos de estimación que se basan principalmente en la cercanía entre estaciones de medición. Es por esto que el completado de los datos faltantes se realiza teniendo en cuenta la expresión que define el *gradiente altitudinal* en cuestión, desarrollada por el método de mínimos cuadrados y comprendida por todo el grupo de estaciones aferentes a la cuenca.

Los demás parámetros climatológicos tales como la humedad relativa y brillo solar, serán estimados a partir de la media mensual multianual propia de la variable, teniendo en cuenta que sus vacíos deben ser inferiores al 25% en toda la ventana de tiempo seleccionada.

2.1.3 Selección de la red meteorológica.

La selección definitiva de estaciones, se determina después de diferenciar aquellas cuyos vacíos en la ventana de tiempo se encuentren por debajo de los umbrales definidos para cada uno de los parámetros climatológicos, así como la respectiva solidez en las evaluaciones realizadas por los estadísticos de homogeneidad, consistencia y persistencia de datos atípicos.

2.1.4 Caracterización espacial y temporal.

2.1.4.1 Precipitación.

Se presenta la descripción general del parámetro.

Análisis intranual.

Se realiza la caracterización intranual e interanual del parámetro en cuestión, siguiendo el análisis de acuerdo a procesos climáticos en la zona.

Variabilidad climática.

El análisis de variabilidad climática, incluye la armonización del índice Océano Atmosféricos (IOA) utilizado con el fin de evaluar la variable de precipitación en relación al fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) en sus fases frías (La Niña) y cálidas (El Niño), los cuales son trazados por desplazamientos de las masas de aguas cálidas o frías en el océano Pacífico ecuatorial y subtropical, entre las áreas terrestres occidentales de Suramérica y Asia. Para el presente estudio se utiliza el Índice oceánico de El Niño (ONI), donde dicho indicador, es estimado a partir de la media móvil durante tres meses consecutivos de las anomalías de la temperatura en la superficie del mar (TSM), específicamente en el centro del Pacífico (Niño 3+4). Adicionalmente, se determina el índice de lluvia anual siguiendo la expresión que se muestra a continuación.

$$I_{P,i} = \frac{P_i}{\bar{P}}$$

Donde,

$I_{P,i}$: Índice del parámetro del año i

P_i : Valor del parámetro del año i

P : Promedio anual del parámetro

Tabla 1. Indicador del Índice de Lluvia Anual.
Fuente: Adaptado de (Montealegre Bocanegra, 2009)

Denominación	Descripción de su significado
Muy Deficitario	Precipitación mensual inferior al 40% de lo normal
Deficitario	Precipitación mensual entre el 40% y 80% de lo normal
Normal	Precipitación mensual entre el 80% y 120% de lo normal
Excesivo	Precipitación mensual entre el 120% y 160%de lo normal
Muy Excesivo	Precipitación mensual superior al 160%de lo normal

Distribución espacial.

La caracterización espacial se realiza de acuerdo con la implementación del Inverso de la Distancia al Cuadrado (IDW) y demás correlaciones con otros elementos meteorológicos o asociados, producto de un análisis de interpolación de la zona

teniendo en cuenta la distribución espacial y temporal del fenómeno estudiado. A continuación, se presenta la estructura general de la ecuación.

$$Z_j = \frac{\sum_{i=1}^m Z_i / D^2}{\sum_{i=1}^m 1 / D^2}$$

Donde:

Z_i : Valor a ser interpolado.

m : El número de puntos independientes a Z_j .

D : Distancia entre Z_i y Z_j .

2.1.4.2 Temperatura.

Se realiza la descripción general del parámetro.

Análisis temporal.

Caracterización intranual e interanual del parámetro en cuestión.

Distribución espacial.

En relación al análisis espacial del parámetro de temperatura, se correlaciona la altitud asociada y la temperatura registrada por las estaciones aferentes, teniendo en cuenta la expresión en su forma general.

$$Temp_i = -G_i * h + C_i$$

Donde,

G_i : Gradiente altitudinal, i .

h : Altitud (m.s.n.m.) asociada.

C : Constante correspondiente i .

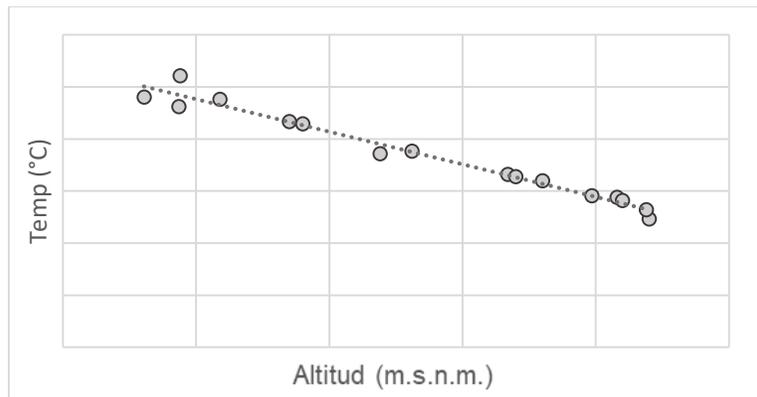


Figura 2. Representación esquemática del gradiente altitudinal.

El coeficiente de determinación (r^2) para el gradiente altitudinal es aceptable con evaluaciones de $r^2 \geq 0.7$.

2.1.4.3 Evaporación.

Se realiza la descripción general del parámetro.

Análisis temporal.

Caracterización intranual del parámetro en cuestión.

Distribución espacial.

De acuerdo a la información disponible, se realiza la caracterización espacial utilizando la distribución espacial del Inverso de la Distancia al Cuadrado (IDW). En caso de que la información sea insuficiente, se omite el presente ítem.

2.1.4.4 Humedad relativa.

Se establece la descripción general del parámetro.

Análisis temporal.

Caracterización intranual del parámetro en cuestión.

Distribución espacial.

De acuerdo a la información disponible, se realiza la caracterización espacial utilizando la distribución espacial del Inverso de la Distancia al Cuadrado (IDW). En caso de que la información sea insuficiente, se omite el presente ítem.

2.1.4.5 Brillo solar.

Se establece la descripción general del parámetro.

Análisis temporal.

Caracterización intranual del parámetro en cuestión.

Distribución espacial.

De acuerdo a la información disponible, se realiza la caracterización espacial utilizando la distribución espacial del Inverso de la Distancia al Cuadrado (IDW). En caso de que la información sea insuficiente, se omite el presente ítem.

2.1.4.6 Velocidad del viento.

Se establece la descripción general del parámetro.

Análisis temporal.

Caracterización intranual del parámetro en cuestión.

Distribución espacial.

De acuerdo a la información disponible, se realiza la caracterización espacial utilizando la distribución espacial del Inverso de la Distancia al Cuadrado (IDW). En caso de que la información sea insuficiente, se omite el presente ítem.

2.1.4.7 Evapotranspiración potencial (ETP).

Se establece la descripción general del parámetro.

Estimación.

La ETP se determina en primera posición, a partir de la metodología propuesta por Penman-Monteith, sin embargo, en los casos donde la cobertura de la información sea insuficiente, la estimación se realiza con fundamentaciones empíricas. Penman-Monteith combina el balance energético con el método de la transferencia de masa, derivando una ecuación para calcular la evaporación de una superficie abierta de agua a partir de datos climáticos estándar de brillo solar, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento (FAO, 2006). Dicho método fue estandarizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), considerándolo como el de mayor representatividad en comparación a otros, precisamente por su proximidad de estimación en cualquier lugar evaluado y sus sólidas bases físicas, incorporando parámetros fisiológicos y aerodinámicos. A continuación, se relaciona la expresión en mención.

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

Donde,

ET_0 : Evapotranspiración de referencia (mm/día).

R_n : Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m²-día).

R_a : Radiación extraterrestre (mm/día).

G : Flujo del calor de suelo (MJ/ m²-día).

T : Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C).

u_2 : Velocidad del viento a 2 m de altura (m/s).

e_s : Presión de vapor de saturación (kPa).

e_a : Presión real de vapor (kPa).

$e_s - e_a$: Déficit de presión de vapor (kPa).

Δ : Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa/°C).

γ : Constante psicrométrica (kPa/°C).

La constante psicométrica (γ) se encuentra definida por la siguiente expresión.

$$\gamma = \frac{c_p * P}{\varepsilon * \lambda}$$

Donde,

γ : Constante psicométrica [$kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$].

P : Presión atmosférica a la elevación z [kPa].

λ : Calor latente de vaporización 2.45 [$MJ \text{ } kg^{-1}$].

c_p : Calor específico a presión constante $1.013 * 10^{-3}$ [$MJ \text{ } kg^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}$].

ε : Cociente del peso molecular de vapor de agua/aire seco 0.622.

El calor latente de vaporización (λ) expresa la energía requerida para cambiar el agua líquida a vapor de agua bajo presión y temperaturas constantes. Por otra parte, el calor específico, corresponde a la cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura de una unidad de masa de aire en un grado Celsius ($1^\circ C$) a presión constante.

La presión de saturación (e_s) de vapor es calculada en función de la temperatura del aire, pues depende de dicho parámetro meteorológico. La ecuación es.

$$e_s = 0.6108 * \exp \left[\frac{17.27 * T}{T + 237.3} \right]$$

Sin embargo, dicha presión de saturación por su característica no-lineal, se calcula a partir del promedio de la estimación de los parámetros de temperatura mínima y máxima media; esto debido a que la temperatura media determina subestimaciones de la presión media de saturación de vapor.

$$e_{s,media} = \frac{e^\circ(T_{m\acute{a}x}) + e^\circ(T_{m\acute{i}n})}{2}$$

Dentro del cálculo de evapotranspiración, se requiere calcular la pendiente de la relación entre la presión de saturación de vapor y la temperatura.

$$\Delta = \frac{4098 * \left[0.6108 * \exp \left(\frac{17.27 * T}{T + 237.3} \right) \right]}{(T + 237.3)^2}$$

Como la temperatura del punto de rocío es la temperatura a la cual el aire necesita ser enfriado para saturarlo, la presión real de vapor (e_a) es la presión de saturación de vapor a la temperatura del punto de rocío ($T_{roc\acute{i}o}$). Sin embargo, en los casos donde la $T_{roc\acute{i}o}$ no se encuentre disponible, dicha presión de vapor se estimación considerando la expresión alterna teniendo en cuenta la humedad relativa.

Si $T_{rocío}$ es conocido,

$$e_a = 0.6108 * \exp \left[\frac{17.27 * T_{rocío}}{T_{rocío} + 237.3} \right]$$

En caso de no conocer $T_{rocío}$,

$$e_a = \frac{HR_{media}}{100} * e_{s,media}$$

En casos donde se evidencie insuficiencia o ausencia de datos de humedad relativa, su estimación se puede materializar a partir del cálculo de la presión real de vapor (e_a), donde se asume que la temperatura en el punto de rocío es similar a la temperatura mínima, debido a que en la mayoría de los casos (a excepción de zonas áridas), la temperatura justo antes de salir el sol, se encuentra alrededor del estado de saturación de vapor de agua (humedad relativa muy cercana al 100%); por lo tanto, $T_{rocío} \approx T_{mín}$. A continuación, se presenta la expresión.

$$e_a = e^\circ(T_{mín}) = 0.611 * \exp \left[\frac{17.27 * T_{mín}}{T_{mín} + 237.3} \right]$$

La intensidad de radiación que incide sobre un área determinada, es variable de acuerdo al ángulo entre la dirección de los rayos solares y la superficie de la atmósfera, teniendo diferentes magnitudes de acuerdo a la latitud, la época del año y la hora del día.

$$R_a = \frac{24 * 60}{\pi} * G_{s,c} * d_r * [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega)]$$

$$d_r = 1 + 0.033 * \cos \left(\frac{2\pi}{365} J \right)$$

$$\delta = 0.409 * \sin \left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39 \right)$$

$$\omega_s = \arctan[-\tan(\varphi) \tan(\delta)]$$

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s$$

Donde,

$G_{s,c}$: Constante solar $0.082 [MJ m^{-2} min^{-1}]$.

d_r : Distancia relativa inversa Tierra-Sol.

ω_s : Ángulo de radiación a la puesta del sol.

φ : Latitud, positiva en el hemisferio norte.

δ : Declinación solar.

J : Número del día en el año entre 1 y 365.

N : Duración máxima de la insolación.

La radiación atraviesa la atmósfera para llegar a la superficie terrestre, parte de ella se dispersa, refleja o se absorbe por los gases, las nubes y el polvo atmosféricos. La cantidad de radiación que llega a un plano horizontal en la superficie terrestre se conoce como radiación solar R_s .

$$R_s = \left(0.25 + 0.5 * \frac{n}{N}\right) * R_a$$

En los casos donde las estaciones tengan insuficiente o inexistente información registrada de *Brillo solar*, se procede a realizar la estimación de la radiación R_s , teniendo en cuenta su correlación con el grado de nubosidad en una región específica. Es de anotar, que escenarios de mayor nubosidad configuran temperaturas máximas con menor magnitud, a su vez, durante la terminación del día se dificulta la reflexión de la misma por la nubosidad presente, determinando temperaturas mínimas más altas. Por lo tanto, dicho flujo de radiación que influye en la cantidad de brillo solar, puede ser estimado a partir de la diferencia entre estas temperaturas extremas. La ecuación de Hargreaves y Samani, esquematiza la estimación de la radiación R_s , donde sus resultados han sido validados en diferentes estaciones meteorológicas en una amplia variedad de condiciones climáticas.

$$R_s = k_{RS} * \sqrt{(T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})} * R_a$$

Donde,

$T_{m\acute{a}x}$: Temperatura máxima del aire (°C).

$T_{m\acute{i}n}$: Temperatura mínima del aire (°C).

k_{RS} : Coeficiente de ajuste (0.16 a 0.19).

R_a : Radiación extraterrestre ($MJ m^{-2} d^{-1}$).

A su vez, se relaciona la radiación solar en un día despejado R_{SO} , la cual se presenta cuando $n = N$. Esta variable se estima a partir de la siguiente expresión.

$$R_{SO} = (0.75 + +2 * 10^{-5} * z) * R_a$$

La radiación neta solar (R_{ns}), es la fracción de la radiación solar R_s que no se refleja en la superficie.

$$R_{ns} = (1 - 0.23) * R_s$$

La tierra transforma la radiación solar absorbida en energía térmica, la cual al tener una temperatura mucho más baja que el sol, emite energía radiante con longitudes de onda más largas que el sol. La superficie terrestre emite y recibe radiación de onda larga, al realizar la diferencia entre dicha energía saliente y entrante, se conoce como radiación neta de onda larga R_{nl} .

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{(T_{max} + 273.16)^4 + (T_{mín} + 273.16)^4}{2} \right] (0.34 - 0.14 * \sqrt{e_a}) \left(1.35 * \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right)$$

$$\sigma = 4.903 * 10^{-9}$$

El equilibrio entre la energía absorbida, reflejada y emitida, se conoce como radiación neta, la cual se calcula como la diferencia entre la radiación neta de onda corta y larga.

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

El flujo del calor del suelo G_{diario} , corresponde a la energía que se utiliza para calentar el suelo considerando una capacidad calorífica constante del suelo. Es posible asumir que G_{diario} es cercano a cero, debido a que el flujo de calor bajo la superficie de referencia es relativamente pequeño.

$$G_{diario} \approx 0$$

El flujo del aire sobre una región, determina un insumo adicional para la estimación de la evapotranspiración, requiriéndose su magnitud medida a dos (2) metros sobre la superficie, por lo tanto, para aquellas estaciones con medición diferente a dicha altura, se propone usar la relación logarítmica.

$$u_2 = u_z * \frac{4.87}{\ln(67.8 * z - 5.42)}$$

Donde,

u_2 : Velocidad del viento a 2 m sobre la superficie.

u_z : Velocidad del viento medida a z m sobre la superficie.

z : Altura de medición sobre la superficie.

En caso de no poder realizar la estimación de la ETP considerando el método de Penman-Monteith debido a la insuficiente información de las temperaturas mínimas y máximas, las cuales son absolutamente necesarias para su cálculo, se realizará la estimación según la formulación aplicada por (Oudin, y otros, 2005), el cual genera su modelo a partir del análisis de sensibilidad de 27 expresiones de ETP, teniendo en cuenta como información de entrada la temperatura media y la radiación extraterrestre conceptualizada por (Morton, 1983).

$$ETP_{Alterno} = \frac{R_e * (T_a + 5)}{\lambda * 100}$$

Donde,

$ETP_{Alterno}$: Evapotranspiración potencial ($mm \text{ day}^{-1}$).

T_a : Temperatura media diaria ($^{\circ}C$).

R_e : Radiación extraterrestre ($MJ \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$).

λ : Flujo de calor latente (28.5).

Análisis temporal.

Caracterización intranual del parámetro en cuestión.

Distribución espacial.

La caracterización espacial se realiza de acuerdo a la implementación de la distribución espacial del Inverso de la Distancia al Cuadrado (IDW).

2.1.4.8 Evapotranspiración real (ETR).

Se establece la descripción general del parámetro.

Estimación.

Existen diversos métodos de cálculo para representar la ETR, la estimación de esta variable tiene mayor complejidad que la propia ETP. El método utilizado para el cálculo de la Evapotranspiración Real (ETR) en la cuenca, se realiza a partir de la expresión de (Budyko, 1974), el cual representa la ETR en función de variables climatológicas tales como la ETP y la precipitación. La expresión se describe a continuación.

$$ETR = \left[ETP * P * \tanh\left(\frac{P}{ETP}\right) * \left(1 - \cosh\left(\frac{ETP}{P}\right) + \sinh\left(\frac{ETP}{P}\right)\right) \right]^{1/2}$$

Donde,

ETR: Evapotranspiración real (mm).

ETP: Evapotranspiración potencial (mm).

P: Precipitación (mm).

Análisis temporal.

Caracterización intranual del parámetro en cuestión.

Distribución espacial.

La caracterización espacial se realiza de acuerdo a la implementación de la distribución espacial del Inverso de la Distancia al Cuadrado (IDW).

2.1.5 Balance hídrico de largo plazo.

El balance hídrico de largo plazo estima la respuesta hidrológica (déficit o exceso de agua) en un área de cuenca determinada a partir de los atributos estadísticos del estado del tiempo. La presente metodología simplifica el cálculo al realizar una limitación temporal a una escala anual de largo plazo.

$$Q, m = Qs * A$$

$$Q_s = P - ETR$$

Donde,

Q, m : Caudal medio de la unidad hidrográfica.

Q_s : Escorrentía superficial (mm/año)

P : Precipitación prom. anual (mm/año)

ETR : Evapotranspiración real (mm/año)

2.1.6 Índice de Aridez (IA).

El índice de aridez (IA) permite medir de forma cualitativa, los lugares que presentan excedentes o déficit de aguas, en donde la dinámica del agua en el suelo y subsuelo está en capacidad de sostener la cobertura en la superficie terrestre, determinando las condiciones de déficit o excesos de agua en el tiempo y en el espacio.

De acuerdo a (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014), el Índice de Aridez se define como la relación entre la diferencia de la evapotranspiración potencial (ETP) y la evapotranspiración real (ETR), respecto a la evapotranspiración potencial (ETP). Se calcula con la expresión mostrada a continuación.

$$IA = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde,

IA : Índice de aridez.

ETP : Evapotranspiración potencial (mm).

ETR : Evapotranspiración real (mm).

Tabla 2. Interpretación de la calificación del índice de aridez.

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

Calificador	Rango numérico
Altos Excedentes De Agua	(<0.15)
Excedentes De Agua	(0.15 – 0.19)
Moderados Excedentes De Agua	(0.20 – 0.29)
Moderados	(0.30 – 0.39)
Moderados Déficits De Agua	(0.40 – 0.49)
Déficits De Agua	(0.5 – 0.59)
Altamente Déficits De Agua	(>0.6)

2.1.7 Clasificación climática.

Se emplea la metodología de Caldas-Lang, teniendo en cuenta los lineamientos de la metodología estándar para Colombia, como lo propone (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014), la cual es una unificación de las clasificaciones de Francisco José de Caldas y de Richard Lang.

2.1.7.1 Clasificación de Caldas.

La clasificación de Caldas se realiza teniendo la correlación entre la altura (m.s.n.m.) y la temperatura (°C) de la cuenca, delimitando las zonas de acuerdo a la siguiente clasificación. Es importante mencionar que las características locales de temperatura afectan el rango de altura en la cual se localiza el piso térmico.

Tabla 3. Límites expuestos por Caldas.

Piso Térmico	Rango de Altura (m)	Temperatura (°C)
Cálido	0-800	$T > 24$
Templado	800-1800	$24 > T > 18$
Frío	1800-2800	$18 > T > 12$
Muy Frío	2800-3700	$12 > T > 6$
Extremadamente Frío	3700-4700	$6 > T > 0$
Nival	>4700	$T < 0$

2.1.7.2 Clasificación de Lang.

Para obtener la clasificación es necesario estimar el índice de efectividad de la precipitación o también conocido como coeficiente de Lang, el cual resulta de una relación entre la precipitación (mm) y temperatura (°C), calculándose a partir de la siguiente expresión.

$$C_{Lang} = \frac{P}{T}$$

Donde,

C_{Lang} : Coeficiente de Lang (mm/°C).

P : Precipitación media anual (mm).

T : Temperatura media anual (°C).

Debido a que estas variables son insumos para calcular el coeficiente de Lang, es necesario estimar y espacializar la precipitación y la temperatura promedio anual, productos desarrollados en los apartados anteriores, una vez obtenido el índice de Lang es necesario delimitar las zonas de acuerdo a la siguiente clasificación.

Tabla 4. Clases de climas según Lang.

Coeficiente P/T	Clases de Clima
0 a 20.0	Desértico
20.1 a 40.0	Árido
40.1 a 60.0	Semiárido
60.1 a 100.0	Semihúmedo
100.1 a 160	Húmedo
Mayor a 160.0	Superhúmedo

Fuente: HIMAT.

2.1.8 Precipitación máxima en 24 horas.

Se determinan los eventos para diferentes periodos de retorno (T) de las estaciones meteorológicas a partir de los datos registrados de precipitación máxima en 24 horas, aplicando técnicas analíticas basadas en suposiciones de distribución probabilística de Gumbel y Log Pearson Tipo III, realizándose la evaluación de cada una de ellas a partir de la prueba de Chi-cuadrado. Es de resaltar que la presente metodología es aplicada también para los caudales máximos y mínimos mensuales determinados a partir de la información de las estaciones hidrométricas.

2.1.8.1 Distribución de Gumbel.

A continuación, se presenta la expresión para realizar el análisis de frecuencias según la distribución probabilística de Gumbel, donde la frecuencia extrema se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$X_T = \bar{X} + \frac{(Y_T - Y_n) * S}{S_n}$$

Donde,

X_T : Magnitud del evento que tiene un periodo de retorno T .

\bar{X} : Media de los n valores de la serie.

S : Desviación estándar de la serie.

Y_n : Media de la variable reducida.

S_n : Desviación estándar de la variable reducida.

Y_T : Es el doble logaritmo natural del periodo de retorno, el cual se obtiene con la siguiente expresión:

$$Y_T = \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$$

2.1.8.2 Distribución Log-Pearson Tipo III.

El análisis de frecuencias basado en la distribución log-Pearson tipo III, se obtiene cuando se usan los logaritmos de los datos observados junto con la distribución probabilística Pearson tipo III. El evento extremo se estima mediante la siguiente ecuación:

$$X_T = \text{Antilog} (Y_T)$$

Donde,

X_T : Valor extremo para un periodo de retorno determinado.

Y_T : Logaritmo base 10 del valor extremo.

$$Y_T = Y + S_y * K_T$$

Donde,

Y_T : Logaritmo base 10 del valor del valor extremo.

Y : Media de los Logaritmos.

S_y : Desviación estándar.

2.1.9 Curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF).

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) señala que “*el objetivo principal del análisis de frecuencias de precipitación de lluvia consiste en estimar la cantidad de lluvia que cae en un punto dado o en un área dada durante un periodo de tiempo y un periodo de retorno específicos*” (OMM, 2011).

La metodología empleada para la construcción de curvas IDF consiste en la aplicación de una ecuación sintética general citada por (Vargas M. & Díaz-Granados, 1998), la cual se constituye mediante la correlación entre la precipitación máxima en 24 horas y la curvas IDF considerando diversos modelos empíricos para diferentes regiones, dicha ecuación es bien ampliamente utilizada a nivel nacional en relación a la academia y consultoría, además de que (Vargas M. & Díaz-Granados, 1998) en su estudio concluye que las ecuaciones sintéticas para la región, presentan valores de coeficiente de determinación de 0.88, lo que soporta su utilización.

La ecuación general se presenta a continuación y la construcción de la ecuación sintética propia de cada estación pluviométrica se construye de acuerdo a su regionalización, información geográfica y pluviométrica.

$$I = a * \left(\frac{T^b}{(t/60)^c} \right) * M^d$$

Donde,

I : Intensidad de precipitación, mm/h.

T : Periodo de retorno, años.

t : Duración de la lluvia, minutos.

M : Promedio de la precipitación máxima anual en 24 horas (mm).

La cuenca se encuentra localizada dentro de la región del Pacífico (R3), resultando la Tabla 5, donde se presentan los coeficientes a, b, c y d para la región ya mencionada.

Tabla 5 Parámetros Curvas IDF para la Región del Pacífico.

Parámetros para la Región del Pacífico (R3)	
a	13.92
b	0.19
c	0.58
d	0.20

Fuente: Adaptado de (Vargas M. & Díaz-Granados, 1998).

3 RESULTADOS

3.1.1 Análisis de la información disponible.

La red hidrometeorológica aferente a la cuenca del río Mira, se consolida a partir de las estaciones administradas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Dichas estaciones, se encuentran en una proximidad de 54 km en el parámetro de precipitación y 126 Km en las demás variables climáticas, superior para considerar estaciones con la mínima densidad superficial recomendada por la OMM según la unidad fisiográfica propia de la región (9000 km^2).

Debido a la ausencia marcada de densidad de estaciones de temperatura media en la zona, la proximidad para dicho parámetro, ha sido generado para toda el Área Hidrográfica del Pacífico, con el fin de caracterizar el gradiente altitudinal en las variables de temperatura media, mínima y máxima.

$$Buffer_{precipitación} > \sqrt{\frac{9000 \text{ km}^2}{\pi}}$$

$$Buffer_{precipitación} = 54 \text{ km}$$

$$Buffer_{otras variables} > \sqrt{\frac{50000 \text{ km}^2}{\pi}} = 126 \text{ km}$$

3.1.1.1 Preselección de estaciones.

Se identifica un total de 134 estaciones meteorológicas convencionales preseleccionadas en la aferencia de la cuenca del río Mira, que corresponden en su totalidad al IDEAM. En relación a la red hidrométrica, se caracteriza un total de 27 estaciones dentro de la cuenca objeto de estudio, administradas por el IDEAM. A continuación, se presenta la red meteorológica preseleccionada en aferencia a la cuenca del río Mira (ver Tabla 6).

Tabla 6. Red meteorológica preseleccionada en aferencia a la cuenca del río Mira.

Núm.	Código	Nombre	Dpto.
1	26035030	AEROPUERTO G L VALENCIA [26035030]	Cauca
2	26115020	SABANAZO [26115020]	Valle del Cauca
3	44015030	VALENCIA [44015030]	Cauca
4	47015040	MICHOACAN [47015040]	Putumayo
5	47015080	MONOPAMBA [47015080]	Nariño
6	47015100	ENCANO EL [47015100]	Nariño

Núm.	Código	Nombre	Dpto.
7	51020010	JUNIN [51020010]	Nariño
8	51020040	MATAJE [51020040]	Nariño
9	51020050	GUAYACANA LA [51020050]	Nariño
10	51030020	COCO EL [51030020]	Nariño
11	51035020	CCCP DL PACIFICO [51035020]	Nariño
12	52010140	GUASCA LA [5201014]	Nariño
13	52015010	PAISPAMBA [52015010]	Cauca
14	52015020	FONDA LA CITEC [52015020]	Cauca
15	52025010	BOLIVAR [52025010]	Cauca
16	52025020	MILAGROS LOS [52025020]	Cauca
17	52025030	MERCADERES [52025030]	Cauca
18	52025060	GRANJA EXPERIMENTAL UNIVERSIDAD DE NARIÑO [52025060]	Cauca
19	52045010	OBONUCO [52045010]	Nariño
20	52045020	AEROPUERTO ANTONIO NARINO [52045020]	Nariño
21	52045030	SAN BERNARDO [52045030]	Nariño
22	52045040	TAMINANGO [52045040]	Nariño
23	52045070	WILQUIPAMBA [52045070]	Nariño
24	52050010	PENOL EL [52050010]	Nariño
25	52050020	SAMANIEGO [52050020]	Nariño
26	52050030	SAMANIEGO [52050030]	Nariño
27	52050040	SANDONA [52050040]	Nariño
28	52050050	GUACHAVES [52050050]	Nariño
29	52050080	TANGUA [52050080]	Nariño
30	52050090	IMUES [52050090]	Nariño
31	52050100	GUALMATAN [52050100]	Nariño
32	52050110	CUMBAL [52050110]	Nariño
33	52050120	PUERRES [52050120]	Nariño
34	52050130	CHILES [52050130]	Nariño
35	52050140	VIVERO LINARES [52050140]	Nariño
36	52050190	SANTA ROSA POTOSI [52050190]	Nariño
37	52055030	BOMBONA [52055030]	Nariño
38	52055060	TANAMA [52055060]	Nariño
39	52055090	SINDAGUA [52055090]	Nariño
40	52055110	CHIMAYOY [52055110]	Nariño
41	52055200	FUNES [52055200]	Nariño
42	52060040	VERGEL EL [52060040]	Nariño
43	52060050	SANDE EL [52060050]	Nariño
44	52065020	BARBACOAS [52065020]	Nariño
45	52070010	MAGUI [52070010]	Nariño
46	52070030	LLANO VERDE [52070030]	Nariño
47	52080010	PISANDA [52080010]	Nariño

Núm.	Código	Nombre	Dpto.
48	52090010	SALAHONDA [52090010]	Nariño
49	52090020	REMOLINO GRANDE [52090020]	Nariño
50	53020020	SAN JOSE DE TAPAJE [53020020]	Nariño
51	53045010	BONANZA [53045010]	Cauca
52	53105020	QUEREMAL EL [53105020]	Valle del Cauca
53	53115010	AEROPUERTO BUENAVENTUR [53115010]	Valle del Cauca
54	54015010	PUEBLO RICO [54015010]	Risaralda
55	54025020	AEROPUERTO CONDOTO [54025020]	Chocó
56	54035050	COLEGURRE [54035050]	Valle del Cauca
57	54075010	BAHIA MALAGA [54075010]	Valle del Cauca
58	54075020	BAJO CALIMA [54075020]	Valle del Cauca
59	54075030	PALERMO [54075030]	Valle del Cauca
60	54075040	MISION LA [54075040]	Valle del Cauca
61	54075050	CALIMA PALERMO [54075050]	Valle del Cauca
62	54075080	CAMPOALEGRE [54075080]	Valle del Cauca
63	54075090	TESALIA LA [54075090]	Valle del Cauca
64	54085010	NOANAMA [54085010]	Chocó
65	56015030	AMARGAL [56015030]	Chocó
66	26010020	COCONUCO [26010020]	Cauca
67	26030030	CABANA INDERENA [26030030]	Cauca
68	26030050	TAMBO [26030050]	Cauca
69	26030060	GAMBOA [26030060]	Cauca
70	26030070	DINDE [26030070]	Cauca
71	26030080	ROMELIA LA [26030080]	Cauca
72	26030090	REMOLINO ALERTAS [26030090]	Cauca
73	26050270	SILENCIOSO EL [26050270]	Cauca
74	26080070	VIJES [26080070]	Valle del Cauca
75	26080280	PICHINDE [26080280]	Valle del Cauca
76	26080290	MEDIACANOA-ALERTAS [26080290]	Valle del Cauca

Núm.	Código	Nombre	Dpto.
77	26080310	CALI SEDE IDEAM [26080310]	Valle del Cauca
78	26090630	GUACARI [26090630]	Valle del Cauca
79	47010020	BALSAYACO [47010020]	Putumayo
80	47010050	CHUNGACASPI [47010050]	Putumayo
81	47010090	SAN FRANCISCO [47010090]	Putumayo
82	47010150	CARRIZAL [47010150]	Putumayo
83	47010230	SANTA ISABEL [47010230]	Nariño
84	52010020	BALBOA [52010020]	Cauca
85	52010030	ROSARIO EL [5201003]0	Nariño
86	52010040	ROSAS [52010040]	Cauca
87	52010050	PARRAGA [52010050]	Cauca
88	52010060	MAMACONDE [52010060]	Nariño
89	52010080	SAJANDI [52010080]	Cauca
90	52010100	QUILCASE [52010100]	Cauca
91	52010110	SALADITO [5201011]	Cauca
92	52010150	SALINAS [5201015]	Cauca
93	52010160	MESA LA [52010160]	Cauca
94	52010180	PATIA [52010180]	Cauca
95	52010190	ESTRELLAS LAS [52010190]	Cauca
96	52020010	GUACHICONO [52020010]	Cauca
97	52020020	VEGA LA [52020020]	Cauca
98	52020050	RODEO EL [52020050]	Cauca
99	52020070	SANTIAGO [52020070]	Cauca
100	52020180	QUEBRADILLAS [52020180]	Cauca
101	52020190	GUACHICONO [52020190]	Cauca
102	52030030	UNION LA [52030030]	Nariño
103	52030060	HIDROMAYO CAMP [52030060]	Nariño
104	52030090	CRUZ LA [52030090]	Nariño
105	52040040	BUESACO [52040040]	Nariño
106	52040050	APONTE [52040050]	Nariño
107	52040060	ROSAL DEL MONTE [52040060]	Nariño
108	52040070	NARINO [52040070]	Nariño
109	52040160	BERRUECOS [5204016]	Nariño
110	52050060	RIO BOBO [52050060]	Nariño
111	53010020	MOSQUERA [53010020]	Nariño
112	53020010	CHARCO EL [53020010]	Nariño
113	53040010	BOCAS DE NAPI [53040010]	Cauca
114	53050020	TIMBIQUI [53050020]	Cauca
115	53060010	BOCAS DE PATIA [53060010]	Cauca
116	53060020	SAIJA [53060020]	Cauca
117	53070020	MECAJE [53070020]	Cauca

Núm.	Código	Nombre	Dpto.
118	53070030	PUERTO LOPEZ [53070030]	Cauca
119	53070050	NOANAMITO [53070050]	Cauca
120	53070060	HONDURAS [53070060]	Cauca
121	53070080	VEINTE DE JULIO [53070080]	Cauca
122	53070090	GALLERA LA [53070090]	Cauca
123	53080010	YURUMANGUI S ANTON [53080010]	Valle del Cauca
124	53080020	CONCHA LA [53080020]	Cauca
125	53090030	SILVA [53090030]	Valle del Cauca
126	53090040	TIGRE EL [53090040]	Valle del Cauca
127	53100040	QUEREMAL [53100040]	Valle del Cauca
128	53110020	CISNEROS [53110020]	Valle del Cauca
129	53110030	PROVIDENCIA [53110030]	Valle del Cauca
130	53110040	AGUACLARA [53110040]	Valle del Cauca
131	53110100	CUMBRE LA [53110100]	Valle del Cauca
132	53110130	VILLA LUZ ALBA [53110130]	Valle del Cauca
133	54070030	MALAGUITA [54070030]	Valle del Cauca
134	54090010	PALESTINA [54090010]	Chocó

Es de resaltar, que sólo 65 estaciones de las 134 meteorológicas, configuran los criterios mínimos establecidos para la selección de la red climatológica, donde se define el umbral máximo de vacíos del 20% en el parámetro de precipitación, considerando que no se presenten vacíos de forma continua mayores a 6 meses por cada año. A continuación, se presenta el resumen de las estaciones más representativas que no fueron seleccionadas, teniendo en cuenta la siguiente presentación: “Nombre de la Estación (Tipo, Municipio), Descripción”.

Samaniego (PM, Samaniego), registra 36 meses vacíos de forma continua entre el año 1982 hasta 2017. Chimayoy (CP, Pasto), registra 30 meses vacíos de forma continua desde 1975 hasta 2004, Funes (CO, Funes) registra vacíos del 81%, El Queremal (CO, Dagua) registra el 98,4% de vacíos de información, Colegurre (CO, Argelia) registra un porcentaje de vacíos correspondiente al 93%, Bahía Málaga (CO, Buenaventura) con vacíos correspondientes al 95,6%, Palermo (CO, Calima) con vacíos del 97,7% en sus registros.

Las estaciones Calma Palerno (CO, Buenaventura), Campo Alegre (CO, Calima), La Tesalia (CO, Calima) no han sido considerados desde el principio de la recolección de información dado el 100% de vacíos en sus registros desde 1975 hasta 2017.

Amargal (CO, Nuqui) presenta vacíos de información de forma continua desde 1975 hasta 1996, Paispamba (CO, Sotara) inicia su registro 4 años después del inicio de la ventana de tiempo 1990, Santa Rosa de Potosí (PM, Potosí) inicia su registro 5 años después del inicio de la ventana de tiempo.

El Tablazo (Cauca), Paletara – PNUD (Cauca), Hacienda Suecia (Cauca), Farallones - AUT (Valle del Cauca), Siloe – AUT (Valle del Cauca), Piedrancha - - AUT (Nariño), Biotopo - AUT (Nariño), Altaquer - AUT (Nariño), Granja EL Mira (Nariño), Balboa - AUT (Cauca), Estrecho Patía (Cauca), LA Sierra - (Cauca), Viento Libre - (Nariño), Univ de Nariño (Nariño), Común EL - AUT (Nariño), Solmaforo Pasanto - AUT (Nariño), Cerro Paramo (Nariño), Volcán Chiles (Nariño), La Josefina - (Nariño), Botana - AUT (Nariño), El Paraíso - AUT (Nariño), Aeropuerto San Luis - AUT [(Nariño), Aeropuerto Guapi - (Cauca), El Diviso (Cauca), Remolino Alertas - El Volcán - AUT (Cauca), Reserva Natural La Planada - AUT (Nariño), Santiago - AUT (Cauca), Aponte - Cuenca Alta Rio Pasto - (Nariño), Las Iglesias - (Nariño), Universidad Del Pacifico - AUT (Valle del Cauca), La Cumbre - AUT (Valle del Cauca) corresponden a estaciones automáticas sin validación por parte del IDEAM, por lo tanto, no han sido consideradas en la caracterización climática.

3.1.1.2 Definición de la ventana de tiempo.

La ventana de tiempo, se establece a partir del análisis de continuidad y extensión de los parámetros de precipitación y temperatura, considerando el resumen de mediciones de tal manera que se relacione la mayor proximidad de las estaciones teniendo en cuenta un periodo mínimo de análisis de 15 años e ideal de 30 años (OMM, 2018), caracterizando como mínimo la persistencia de fenómenos de variabilidad climática, principalmente El Niño Oscilación del Sur (ENSO) en sus fases cálidas (El Niño) y frías (La Niña). La ventana de tiempo responde a la extensión de los registros, con un umbral máximo de 20% de vacíos en el parámetro de precipitación y 33% en temperatura y humedad, considerando vacíos del 25% para brillo solar las demás variables climatológicas. Después de hacer el respectivo análisis de continuidad del parámetro de precipitación en coherencia a las demás variables climatológicas, se destaca la ventana de tiempo desde el año 1990 hasta el 2018.

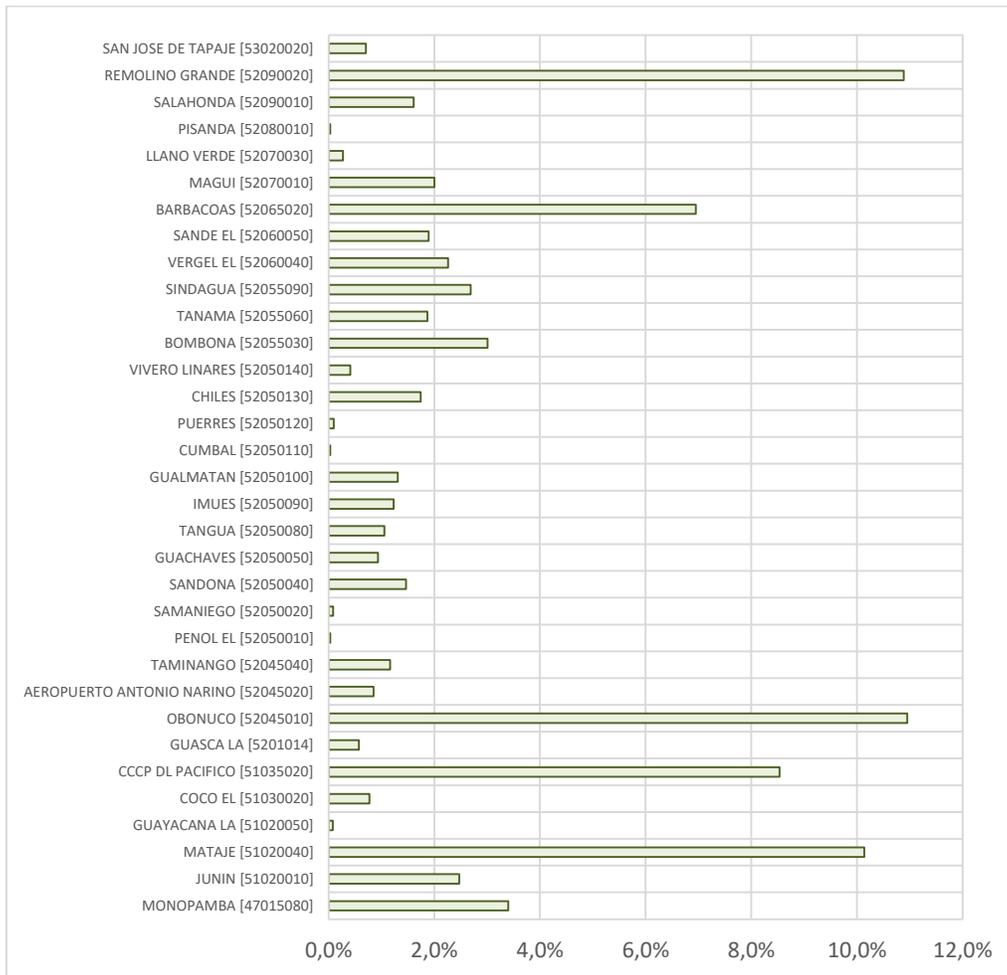


Figura 3. Porcentaje de vacíos en el parámetro de Precipitación.

En la variable de *Precipitación*, se calcula un promedio de vacíos del set de estaciones del 2.5%. Para el caso de la *Temperatura media*, se determinan vacíos promedio del 16.2%, así como del 14% y 13.1% respectivamente para las temperaturas mínima y máxima. Adicionalmente, se estiman vacíos del 16.8% para el parámetro de *Humedad relativa*, 14.1% en *Brillo solar*, 19.3% en *Evaporación* y 41.9% *Viento*.

3.1.2 Tratamiento de datos.

El tratamiento de series meteorológicas caracteriza la fase donde se identifica la calidad de las estaciones a partir de diversas pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) señala la importancia del criterio conservador en cuanto a la alteración de las series mediante la eliminación y agregación de datos, en vista de que los supuestos estarán siempre fundamentados en evidencias, y no en conjeturas; para lo cual existe diversa de métodos gráficos y estadísticos que permiten tener cierta certeza de las condiciones

de la serie en cuanto a homogeneidad, consistencia, aleatoriedad, detección de datos atípicos y estimación de valores faltantes.

3.1.2.1 Homogeneidad.

El análisis estadístico en mención se realiza con las series históricas de la totalidad de las estaciones meteorológicas en el parámetro de *Temperatura media*. El nivel de significancia aceptado fue del 5%, rechazando la hipótesis nula de no homogeneidad cuando $Z > 1.96$. En la siguiente tabla, se presenta el resumen de la evaluación.

Tabla 7. Análisis de homogeneidad. Parámetro de Temperatura media.

Código	Nombre	Municipio	Z	Sig 5%
26035030	AEROPUERTO G L VALENCIA	Popayán	7.59	Homogéneo
44015030	VALENCIA	San Sebastián	1.88	No homogéneo
47015040	MICHOACAN	Colón	5.87	Homogéneo
47015080	MONOPAMBA	Puerres	19.08	Homogéneo
47015100	ENCANO EL	Pasto	7.78	Homogéneo
51035020	CCCP DL PACIFICO	Tumaco	15.96	Homogéneo
52015010	PAISPAMBA	Sotará (Paispamba)	7.13	Homogéneo
52015020	FONDA LA CITEC	Patía (El Bordo)	13.32	Homogéneo
52025010	BOLIVAR	Bolívar (Cauca)	4.96	Homogéneo
52025020	MILAGROS LOS	Bolívar (Cauca)	1.45	No homogéneo
52025030	MERCADERES	Mercaderes	10.06	Homogéneo
52025060	GRANJA EXPERIMENTAL UNIVERSIDAD DE NARIÑO	Mercaderes	24.64	Homogéneo
52045020	AEROPUERTO ANTONIO NARINO	Chachagú	10.11	Homogéneo
52045030	SAN BERNARDO	San Bernardo (Nariño)	27.15	Homogéneo
52045040	TAMINANGO	Taminango	5.28	Homogéneo
52055030	BOMBONA	Consacá	4.94	Homogéneo
52055060	TANAMA	Samaniego	6.42	Homogéneo
52055090	SINDAGUA	Tangua	8.68	Homogéneo
52065020	BARBACOAS	Barbacoas	1.72	No homogéneo
54015010	PUEBLO RICO	Pueblo Rico	7.78	Homogéneo
54075020	BAJO CALIMA	Buenaventura	1.13	No homogéneo
54085010	NOANAMA	Medio San Juan	31.26	Homogéneo

En la presente prueba, se determina que 4 de las 22 estaciones evaluadas para Temperatura, se evalúan como *No homogénea*, sin embargo, es importante anotar

que el valor de Z para la estación de San Sebastián y Barbacoas, sus valores de Z se encuentran cercanos al límite de evaluación de la hipótesis nula.

3.1.2.2 Consistencia.

De acuerdo con la siguiente figura, se identifica que la mayoría de las estaciones son consistentes, a diferencia de las estaciones *Sabanazo* (ME, La Unión), *Mataje* (PM, Tumaco), *Fonda La Citec* (CO, Patía), *Mercaderes* (CO, Mercaderes), *Obonuco* (AG, Pasto), *Gualmatan* (CO, Gualmatan), Remolino Grande (PM, Roberto Payan), Aeropuerto Buenaventura (SP, Buenaventura), Pueblo Rico (CO, Pueblo Rica), La Misión (CO, Buenaventura), Noanama (CO, Medio San Juan). Es importante tener en cuenta, que aquellos periodos en los que se visualiza una recta horizontal no contienen la suficiente información para lograr caracterizar la suma anual.



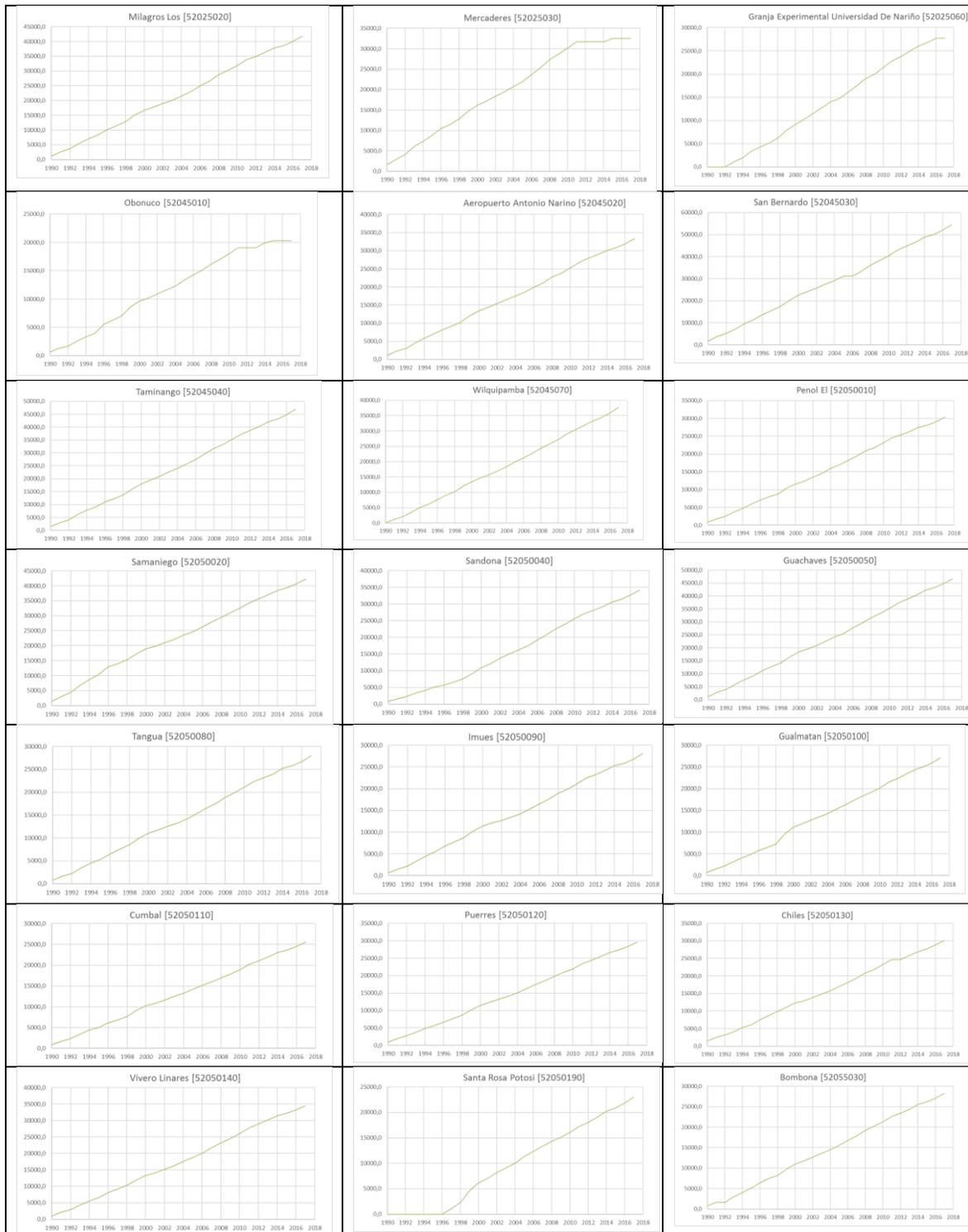




Figura 4. Curva de masas simples. Parámetro de Precipitación.

3.1.2.3 Aleatoriedad.

A continuación, se presenta el resumen de la prueba de rachas realizadas para los parámetros de precipitación (Tabla 8) y temperatura media (Tabla 9).

Tabla 8. Test de rachas de las estaciones de precipitación.

Datos Estación			Test de Rachas			
			Rachas	Valores Críticos		Aleatorio o Signif. 5%
Número	Código	Nombre		Rachas Mín.	Rachas Máx.	
1	51020010	JUNIN [51020010]	12	9	18	SI
2	51020040	MATAJE [51020040]	14	9	19	SI

Datos Estación			Test de Rachas			
Número	Código	Nombre	Rachas	Valores Críticos		Aleatorio o Signif. 5%
				Rachas Mín.	Rachas Máx.	
3	51020050	GUAYACANA LA [51020050]	11	10	20	SI
4	51030020	COCO EL [51030020]	12	10	20	SI
5	51035020	CCCP DL PACIFICO [51035020]	12	10	19	SI
6	52050050	GUACHAVES [52050050]	16	10	20	SI
7	52050110	CUMBAL [52050110]	16	10	20	SI
8	52050130	CHILES [52050130]	16	10	19	SI
9	52060050	SANDE EL [52060050]	12	9	18	SI
10	52065020	BARBACOAS [52065020]	12	10	19	SI
11	52070010	MAGUI [52070010]	13	10	19	SI
12	52090010	SALAHONDA [52090010]	13	9	18	SI
13	53020020	SAN JOSE DE TAPAJE [53020020]	15	10	20	SI

De acuerdo a la Tabla 8, se observa que todas las estaciones en el parámetro de precipitación, se encuentran dentro de los rangos que evalúan la serie como *Aleatoria*.

Tabla 9. Test de rachas de las estaciones de temperatura.

Datos Estación			Test de Rachas			
Número	Código	Nombre	Rachas	Valores Críticos		Aleatorio Significancia 5%
				Rachas Mín.	Rachas Máx.	
1	26035030	AEROPUERTO G L VALENCIA [26035030]	13	8	17	SI
2	44015030	VALENCIA [44015030]	12	10	20	SI
3	47015040	MICHOACAN [47015040]	9	10	19	NO

Datos Estación			Test de Rachas			
			Rachas	Valores Críticos		Aleatorio Significancia 5%
Número	Código	Nombre		Rachas Mín.	Rachas Máx.	
4	47015080	MONOPAMBA [47015080]	10	7	16	SI
5	47015100	ENCANO EL [47015100]	11	10	20	SI
6	51035020	CCCP DL PACIFICO [51035020]	12	8	17	SI
7	52015010	PAISPAMBA [52015010]	10	7	15	SI
8	52015020	FONDA LA CITEC [52015020]	9	6	14	SI
9	52025010	BOLIVAR [52025010]	12	9	18	SI
10	52025020	MILAGROS LOS [52025020]	11	10	19	SI
11	52025030	MERCADERES [52025030]	12	7	16	SI
12	52025060	GRANJA EXPERIMENTAL UNIVERSIDAD DE NARIÑO [52025060]	7	7	16	SI
13	52045020	AEROPUERTO ANTONIO NARINO [52045020]	11	9	18	SI
14	52045030	SAN BERNARDO [52045030]	12	8	16	SI
15	52045040	TAMINANGO [52045040]	11	10	20	SI
16	52055030	BOMBONA [52055030]	11	9	18	SI
17	52055060	TANAMA [52055060]	15	10	20	SI
18	52055090	SINDAGUA [52055090]	12	9	19	SI

Datos Estación			Test de Rachas			
			Rachas	Valores Críticos		Aleatorio Significancia 5%
Número	Código	Nombre		Rachas Mín.	Rachas Máx.	
19	52065020	BARBACOAS [52065020]	9	7	15	SI
20	54015010	PUEBLO RICO [54015010]	11	7	15	SI
21	54075020	BAJO CALIMA [54075020]	12	6	14	SI
22	54085010	NOANAMA [54085010]	8	7	15	SI

Respecto a la variable de temperatura media, se observa que la estación de Michoacán (47015040), referencia 9 rachas en función al estadístico, el cual se encuentra por debajo del valor crítico mínimo determinado.

3.1.2.4 Detección de datos atípicos.

Una vez realizada la prueba estadística, se presenta en la Tabla 10 el resumen de los datos atípicos identificados en el parámetro de temperatura media.

Tabla 10. Diagrama de cajas. Parámetro de temperatura media.

Estación	Código	Municipio	Fecha	Valor extremo	Límite inferior	Límite superior
VALENCIA	44015030	San Sebastián	15/08/1991	5.5	6.0	15.8
VALENCIA	44015030	San Sebastián	1/10/1991	3.0	6.0	15.8
VALENCIA	44015030	San Sebastián	20/08/2010	5.6	6.0	15.8
MONOPAMBA	47015080	Puerres	16/08/1991	11.9	12.1	21.9
MONOPAMBA	47015080	Puerres	11/07/1994	11.5	12.1	21.9
ENCANO EL	47015100	Pasto	3/08/1999	6.2	6.8	16.6
CCCP DL PACIFICO	51035020	Tumaco	5/11/1993	21.1	22.2	29.9

Estación	Código	Municipio	Fecha	Valor extremo	Límite inferior	Límite superior
CCCP DL PACIFICO	51035020	Tumaco	13/11/1993	20.8	22.2	29.9
CCCP DL PACIFICO	51035020	Tumaco	14/11/1993	20.5	22.2	29.9
CCCP DL PACIFICO	51035020	Tumaco	15/11/1993	17.3	22.2	29.9
CCCP DL PACIFICO	51035020	Tumaco	23/11/1993	21.0	22.2	29.9
CCCP DL PACIFICO	51035020	Tumaco	24/11/1993	21.7	22.2	29.9
CCCP DL PACIFICO	51035020	Tumaco	26/11/1993	20.5	22.2	29.9
CCCP DL PACIFICO	51035020	Tumaco	27/11/1993	21.4	22.2	29.9
CCCP DL PACIFICO	51035020	Tumaco	28/11/1993	18.6	22.2	29.9
CCCP DL PACIFICO	51035020	Tumaco	29/11/1993	20.5	22.2	29.9
SAN BERNARDO	52045030	San Bernardo (Nariño)	15/10/2018	21.1	11.1	20.9
TAMINANGO	52045040	Taminango	16/02/1998	23.7	12.6	23.1
TAMINANGO	52045040	Taminango	25/12/2015	23.2	12.6	23.1
TAMINANGO	52045040	Taminango	30/12/2015	23.9	12.6	23.1

Estación	Código	Municipio	Fecha	Valor extremo	Límite inferior	Límite superior
TAMINANGO	52045040	Taminango	31/12/2015	23.3	12.6	23.1
TANAMA	52055060	Samaniego	30/08/1993	24.5	16.0	23.7
TANAMA	52055060	Samaniego	23/07/1997	24.1	16.0	23.7
TANAMA	52055060	Samaniego	4/08/1997	24.3	16.0	23.7
TANAMA	52055060	Samaniego	1/02/1998	23.8	16.0	23.7
SINDAGUA	52055090	Tangua	1/09/1990	18.6	8.9	17.3
SINDAGUA	52055090	Tangua	26/09/1990	17.8	8.9	17.3
BARBACOAS	52065020	Barbacoas	6/01/2003	30.0	22.2	29.9
PUEBLO RICO	54015010	Pueblo Rico	18/09/2018	23.4	14.4	22.8
NOANAMA	54085010	Medio San Juan	2/02/1998	29.7	22.8	29.1
NOANAMA	54085010	Medio San Juan	16/02/1998	29.3	22.8	29.1

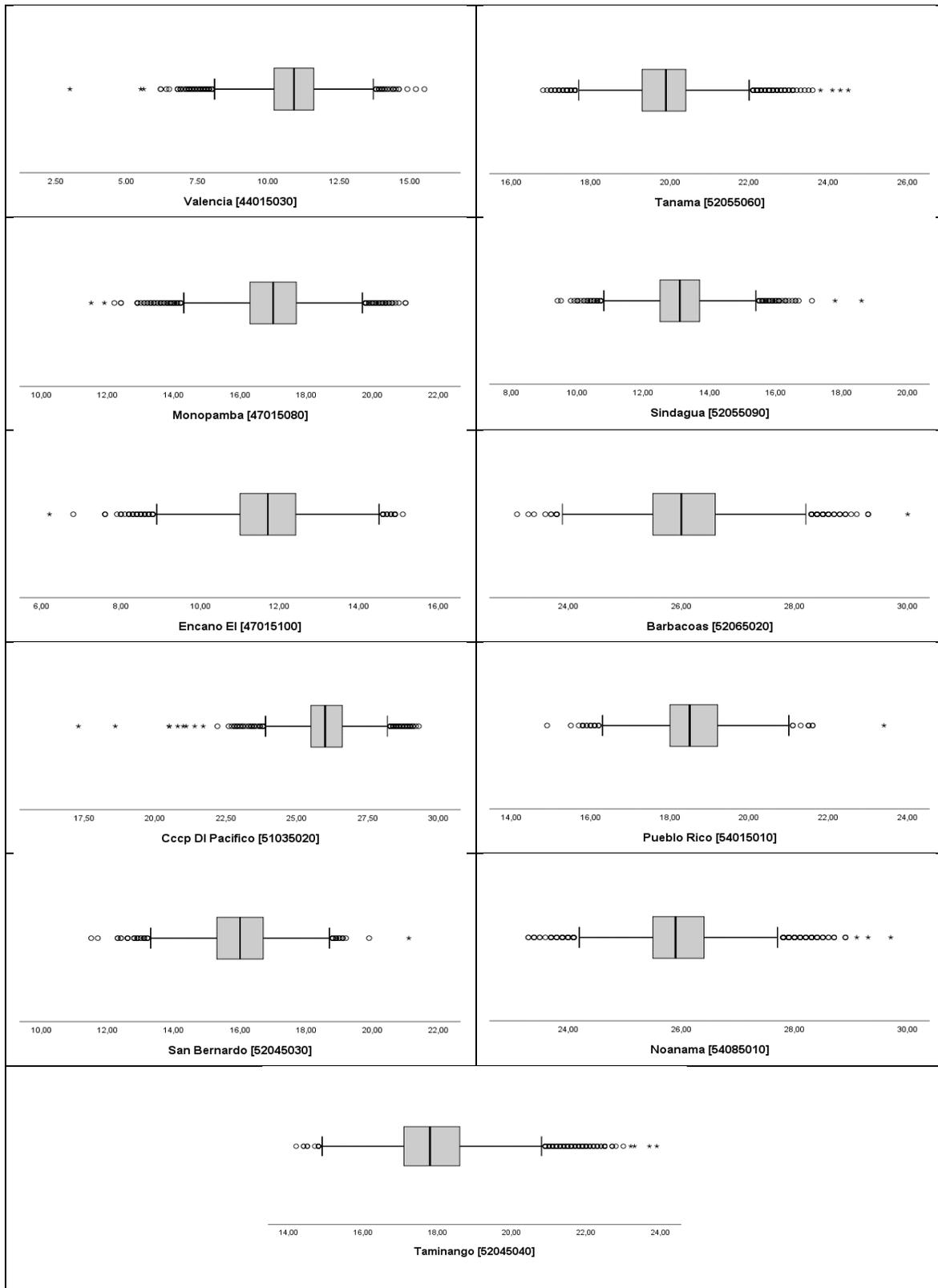


Figura 5. Diagrama de cajas. Parámetro de temperatura media.

3.1.2.5 Estimación de datos faltantes.

La información vacía de las estaciones que pertenecen a un grupo i regionalizado de las variables de precipitación, brillo solar, humedad relativa y evaporación, fueron completados con la metodología de la *razón de valores*, usando la evaluación del coeficiente de correlación de Pearson (R) entre las estaciones independientes respecto a la estación objeto de estimación.

$$x(t) = \frac{1}{n} \left[\frac{x_{med}}{x_{1,med}} x_1(t) + \frac{x_{med}}{x_{2,med}} x_2(t) + \frac{x_{med}}{x_{3,med}} x_3(t) \dots + \frac{x_{med}}{x_{n,med}} x_n(t) \right]$$

Donde,

x_{med} : Media de la variable en cuestión de la serie incompleta.

$x_{i,med}$: Media de las n series de información con alta correlación.

$x_i(t)$: Datos correspondientes a las series vecinas.

n : Número de estaciones de referencia.

Las estaciones propias de referencia para aquella donde se completan los valores faltantes deben corresponder a la mejor evaluación relacionada al coeficiente de correlación de Pearson (r) y precisar en el régimen hidrológico característico. La correlación r , puede estimarse como.

$$r_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n (f_{ik} - \bar{f}_i) * (f_{jk} - \bar{f}_j)}{(\sum_{i=1}^n (f_{ik} - \bar{f}_i)^2)^{1/2} * (\sum_{i=1}^n (f_{jk} - \bar{f}_j)^2)^{1/2}}$$

Donde,

r_{ij} : Correlación entre los valores de las estaciones i y j .

f_{ik} : Valor del parámetro del período k de la estación i .

\bar{f}_j : Valor promedio del parámetro en la estación i .

La variable de temperatura no estandariza el método mencionado con anterioridad, debido a la dudosa correlación que puede existir entre estaciones muy cercanas con set de registros muy dispersos entre sí. El parámetro de temperatura presenta mayor sensibilidad respecto a la altitud sobre el nivel del mar que otros métodos de estimación que se basan principalmente en la cercanía entre estaciones de medición. Es por esto que el completado de los datos faltantes se realiza teniendo en cuenta la expresión que define el gradiente altitudinal, desarrollada por el método de mínimos cuadrados y comprendida por todo el grupo de estaciones aferentes a la cuenca y con aquellas localizadas dentro de la misma regionalización, permitiendo el aumento de la densidad de puntos para la generación de la curva de los datos faltantes en la estación dependiente.

3.1.3 Selección de la red meteorológica.

Una vez realizado el proceso de selección por continuidad y extensión de la información climática disponible, así como del tratamiento de datos a partir de las pruebas de consistencia, homogeneidad, aleatoriedad y análisis de atípicos; se

logra establecer el set de estaciones meteorológicas definitivo que consta de 34 estaciones.

Tabla 11. Red meteorológica seleccionada en referencia a la cuenca del río Mira

Código	Nombre	Latitud	Longitud	Municipio
51020010	JUNIN	1.34	-78.12	Barbacoas
51020040	MATAJE	1.36	-78.72	Tumaco
51020050	GUAYACANA LA	1.41	-78.44	Tumaco
51030020	COCO EL	1.63	-78.63	Tumaco
51035020	CCCP DL PACIFICO	1.82	-78.73	Tumaco
52050050	GUACHAVES	1.22	-77.68	Santa Cruz (Guachavés)
52050110	CUMBAL	0.91	-77.79	Cumbal
52050130	CHILES	0.81	-77.85	Cumbal
52060050	SANDE EL	1.40	-77.78	Santa Cruz (Guachavés)
52065020	BARBACOAS	1.67	-78.14	Barbacoas
52070010	MAGUI	1.77	-78.18	Magúí (Payán)
52090010	SALAHONDA	2.04	-78.66	Francisco Pizarro (Salahonda)
53020020	SAN JOSE DE TAPAJE	2.08	-78.11	Magúí (Payán)
26035030	AEROPUERTO G L VALENCIA	2.45	-76.61	Popayán
44015030	VALENCIA	1.90	-76.67	San Sebastián
47015040	MICHOACAN	1.20	-76.96	Colón
47015080	MONOPAMBA	0.80	-77.30	Puerres
47015100	ENCANO EL	1.16	-77.16	Pasto
52015010	PAISPAMBA	2.25	-76.61	Sotará (Paispamba)
52015020	FONDA LA CITEC	2.15	-77.05	Patía (El Bordo)
52025010	BOLIVAR	1.83	-77.00	Bolívar (Cauca)
52025020	MILAGROS LOS	1.75	-76.89	Bolívar (Cauca)
52025030	MERCADERES	1.76	-77.16	Mercaderes
52025060	GRANJA EXPERIMENTAL UNIVERSIDAD DE NARIÑO	1.91	-77.19	Mercaderes
52045020	AEROPUERTO ANTONIO NARINO	1.39	-77.29	Chachagúí
52045030	SAN BERNARDO	1.54	-77.03	San Bernardo (Nariño)
52045040	TAMINANGO	1.55	-77.27	Taminango
52055030	BOMBONA	1.18	-77.47	Consacá
52055060	TANAMA	1.37	-77.58	Samaniego
52055090	SINDAGUA	1.11	-77.39	Tangua
54015010	PUEBLO RICO	5.23	-76.03	Pueblo Rico
54075020	BAJO CALIMA	3.95	-76.99	Buenaventura
54085010	NOANAMA	4.69	-76.93	Medio San Juan
52045010	OBONUCO	1.20	-77.30	Pasto

Es importante mencionar que las estaciones Mataje (51020040) no fue descartada dentro del análisis, puesto que representa una ubicación estratégica para la caracterización hidroclimatológica de la cuenca. Dicha estación presentaba vacíos del 100% en el año 2008, y un porcentaje de vacíos acumulado de 187.67% entre los años 2007, 2008 y 2009.

3.1.4 Caracterización espacial y temporal.

Se comprende por clima, aquellas condiciones meteorológicas normales referentes a un análisis espacial y temporal característico a una zona. En los siguientes ítems, se establece la caracterización climática para los parámetros de precipitación, temperatura media, brillo solar y humedad relativa.

3.1.4.1 Precipitación.

Análisis temporal.

Se realiza la caracterización mensual intranual e interanual por estaciones del parámetro de precipitación, siguiendo el análisis de acuerdo con los procesos climáticos en la zona.

El clima de la zona destaca por su variabilidad con tendencia bimodal poco marcada (cuasi bimodal) cuya temporada de lluvias está definida por las circulaciones océano-atmosféricas, en cierta proporción por la zona de convergencia intertropical (ZCIT) y la proximidad al océano Pacífico, donde se reflejan los periodos de alta pluviosidad durante el año en los meses de marzo a mayo y con una menor tendencia entre octubre y noviembre; los periodos de baja pluviosidad se presentan entre los meses de junio a septiembre; y desde diciembre a febrero se presenta pluviosidad baja, pero con un descenso mucho menos marcado respecto al periodo de mitad de año. A continuación (ver Tabla 12 y Figura 6), se pueden observar las estadísticas mensuales multianuales de las estaciones seleccionadas en referencia a la cuenca del río Mira, correspondientes al periodo 1990-2018.

Tabla 12. Precipitación mensual multianual.

Municipio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
Barbacoas	780.2	642.4	834.3	955.8	919.9	723.3	579.4	428.0	584.9	820.2
Tumaco	424.2	359.1	375.1	457.9	503.6	356.0	237.4	152.2	180.4	168.5
Tumaco	560.6	495.8	574.7	728.7	745.5	580.6	507.4	373.4	423.6	408.3
Tumaco	300.7	239.3	261.9	394.7	461.6	281.6	156.6	116.1	136.4	156.9
Tumaco	321.6	248.6	245.8	311.8	374.3	237.4	160.8	100.5	106.6	120.3
Santa Cruz (Guachavés)	162.9	122.3	175.9	205.0	152.8	76.7	49.9	37.1	71.8	192.4
Cumbal	78.6	79.2	102.6	105.3	96.5	49.7	36.2	25.1	39.3	81.8
Cumbal	87.4	95.3	126.3	146.0	128.2	71.6	52.3	30.9	41.2	107.9
Santa Cruz (Guachavés)	471.2	347.3	414.9	443.5	373.1	242.2	169.9	157.6	247.3	477.4
Barbacoas	602.1	510.3	634.6	849.6	870.4	640.6	483.7	368.2	457.3	505.8
Magüí (Payán)	389.8	371.0	484.3	579.5	606.1	478.8	369.5	272.7	329.4	312.5
Francisco Pizarro (Salahonda)	524.5	390.9	287.3	444.6	654.0	579.7	448.5	328.7	301.3	353.8
Magüí (Payán)	438.1	391.7	372.5	531.2	653.0	502.9	380.1	325.5	327.2	394.7

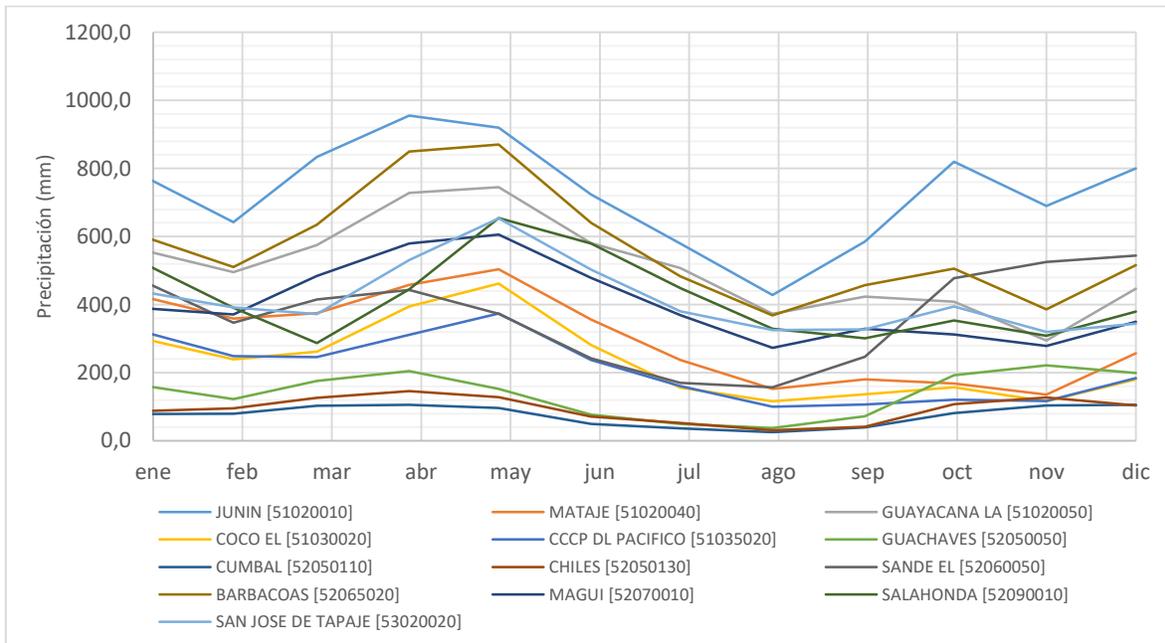


Figura 6. Precipitación media mensual multianual (mm). Periodo 1990-2018.

Variabilidad climática.

Con relación a la variación interanual de la cuenca, se realiza el respectivo análisis de cambios de magnitud de la precipitación asociados a fenómenos El Niño-Oscilación del Sur (ENSO en sus siglas en inglés), los cuales son trazados por desplazamientos de las masas de aguas cálidas o frías en el océano Pacífico ecuatorial y subtropical, entre las áreas terrestres occidentales de Suramérica y Asia.

Existen diferentes Índices Océano Atmosféricos (IOA) para estimar la fase actual de esta oscilación y su estado de evolución, sin embargo, para el presente estudio se consideró el Índice oceánico de El Niño (ONI), el cual es estimado a partir de la media móvil durante tres meses consecutivos de las anomalías de la temperatura en la superficie del mar (TSM), específicamente en el centro del Pacífico (Niño 3+4). La representación de la variabilidad interanual del parámetro de precipitación se presenta en la Figura 7.

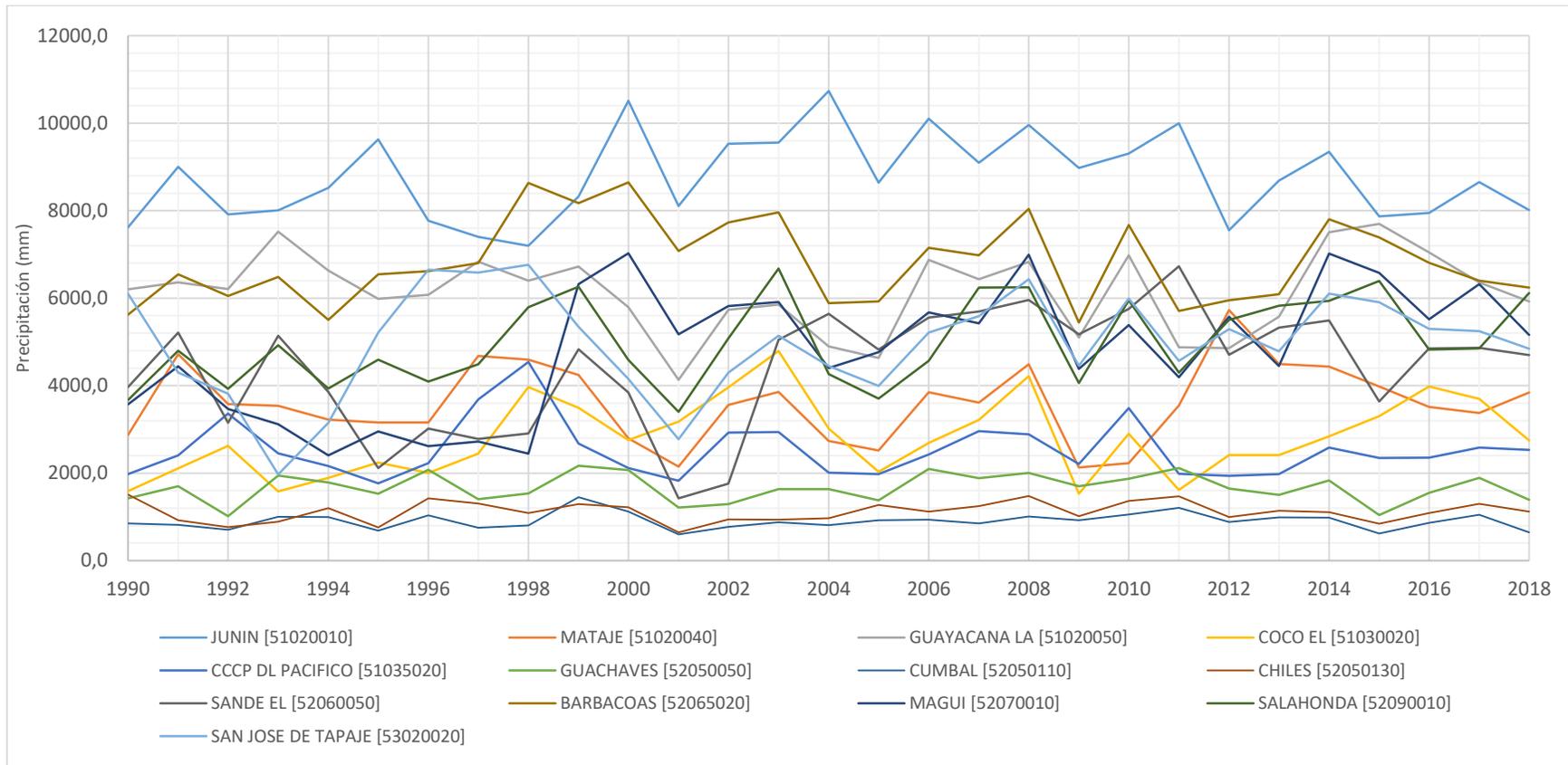


Figura 7. Precipitación media anual 1990-2018.

Adicionalmente, se determina el índice de lluvia anual siguiendo la expresión que se muestra a continuación.

$$I_{p,i} = \frac{P_i}{\bar{P}}$$

Donde,

$I_{p,i}$: Índice del parámetro del año i

P_i : Valor del parámetro del año i

P : Promedio anual del parámetro.

Tabla 13. Calificador de índice de lluvia anual.

Nombre	JUNIN	MATAJE	CANA GUAYA	COCO	EL CCCP	DL	AVES GUACH	CUMBA L	CHILES	SANDE	EL BARBA	COAS	MAGUI	SALAHO	NDA SAN	JOSE SAN
1990	0.87	0.80	1.01	0.57	0.78	0.85	0.94	1.35	0.90	0.82	0.74	0.73	1.23			
1991	1.03	1.31	1.04	0.75	0.95	1.02	0.90	0.83	1.18	0.96	0.92	0.96	0.86			
1992	0.90	0.99	1.01	0.94	1.33	0.61	0.78	0.68	0.71	0.89	0.72	0.79	0.77			
1993	0.91	0.98	1.22	0.56	0.97	1.17	1.11	0.80	1.16	0.95	0.65	0.98	0.40			
1994	0.97	0.89	1.08	0.68	0.85	1.07	1.10	1.07	0.87	0.81	0.50	0.79	0.63			
1995	1.10	0.87	0.97	0.80	0.70	0.92	0.76	0.68	0.48	0.96	0.61	0.92	1.05			
1996	0.89	0.88	0.99	0.72	0.88	1.25	1.15	1.28	0.68	0.97	0.54	0.82	1.34			
1997	0.85	1.30	1.11	0.87	1.46	0.84	0.84	1.16	0.63	1.00	0.56	0.90	1.32			
1998	0.82	1.27	1.04	1.42	1.80	0.92	0.89	0.97	0.66	1.27	0.51	1.16	1.36			
1999	0.95	1.18	1.10	1.25	1.06	1.30	1.60	1.16	1.09	1.20	1.31	1.25	1.07			
2000	1.20	0.78	0.94	0.98	0.84	1.24	1.24	1.09	0.87	1.27	1.46	0.92	0.83			
2001	0.93	0.60	0.67	1.13	0.72	0.73	0.67	0.57	0.32	1.04	1.07	0.68	0.56			
2002	1.09	0.99	0.93	1.41	1.16	0.77	0.86	0.84	0.40	1.13	1.21	1.02	0.86			
2003	1.09	1.07	0.95	1.71	1.16	0.98	0.97	0.84	1.14	1.17	1.23	1.33	1.03			
2004	1.23	0.76	0.80	1.08	0.80	0.98	0.89	0.87	1.28	0.86	0.91	0.85	0.89			
2005	0.99	0.70	0.75	0.72	0.78	0.83	1.02	1.14	1.09	0.87	0.99	0.74	0.80			
2006	1.15	1.07	1.12	0.96	0.96	1.26	1.03	1.00	1.26	1.05	1.18	0.91	1.05			
2007	1.04	1.00	1.05	1.15	1.17	1.13	0.94	1.12	1.29	1.02	1.12	1.25	1.12			
2008	1.14	1.24	1.11	1.51	1.14	1.20	1.12	1.32	1.35	1.18	1.45	1.25	1.29			
2009	1.02	0.59	0.83	0.55	0.87	1.02	1.02	0.91	1.17	0.80	0.91	0.81	0.89			
2010	1.06	0.62	1.14	1.03	1.38	1.12	1.17	1.22	1.30	1.12	1.12	1.19	1.20			
2011	1.14	0.98	0.79	0.58	0.79	1.27	1.34	1.31	1.53	0.84	0.87	0.86	0.92			
2012	0.86	1.59	0.79	0.86	0.77	0.99	0.98	0.89	1.07	0.87	1.16	1.10	1.06			
2013	0.99	1.25	0.91	0.86	0.78	0.90	1.09	1.02	1.21	0.89	0.92	1.17	0.96			
2014	1.07	1.23	1.22	1.01	1.02	1.10	1.08	0.99	1.24	1.14	1.46	1.19	1.23			
2015	0.90	1.10	1.25	1.18	0.93	0.62	0.69	0.76	0.82	1.08	1.36	1.28	1.19			
2016	0.91	0.97	1.15	1.42	0.93	0.93	0.95	0.97	1.10	1.00	1.14	0.97	1.06			
2017	0.99	0.94	1.04	1.32	1.02	1.14	1.16	1.16	1.10	0.94	1.31	0.97	1.05			
2018	0.91	1.06	0.96	0.98	1.00	0.83	0.71	1.00	1.07	0.91	1.07	1.22	0.97			

A escala interanual se puede observar que la cuenca del río Mira, con periodo de análisis desde 1990 a 2018, posee una variabilidad marcada por la presencia de años con déficit de lluvia y excesos de lluvia, los cuales se pueden apreciar en la

Figura 7 donde se realiza el cálculo del índice de lluvia anual, mostrándose que, en los años 1990, 1992, 1995, 2001, 2004 y 2015, se registran periodos de baja precipitación. Los años de 1993, 1999, 2008 y 2011 son los periodos identificados con la más alta magnitud en precipitación.

Distribución espacial.

Respecto al análisis espacial, se pueden identificar las zonas donde se presenta la diferencia de la pluviosidad en la cuenca, donde se observa mayor precipitación al sureste del límite de la cuenca en estudio, cerca al límite municipal entre Barbacoas y Tumaco; en contraste, la menor precipitación se distribuye en la zona norte de la misma. A continuación, se presenta la salida cartográfica que relaciona la variación anual de precipitación en la cuenca, con rango conformado por valores entre los 2578.5 mm/año a 6140.5 mm/año, y valor medio de 3849.2 mm/año.

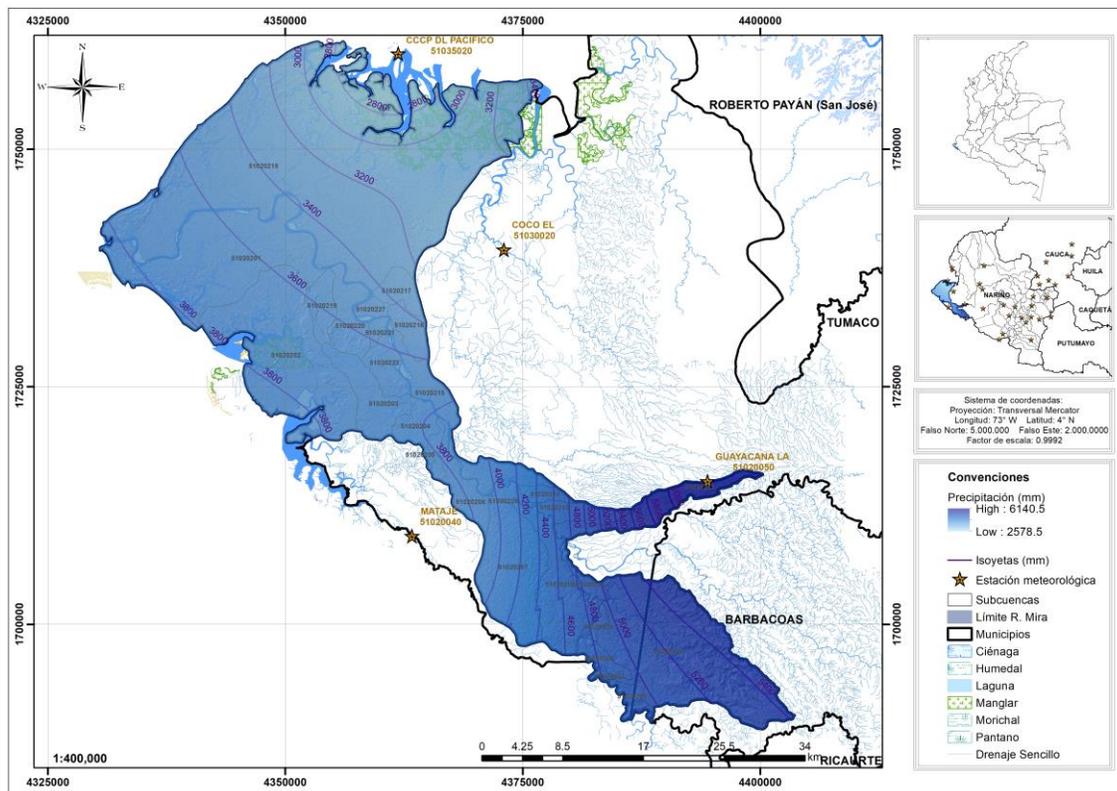
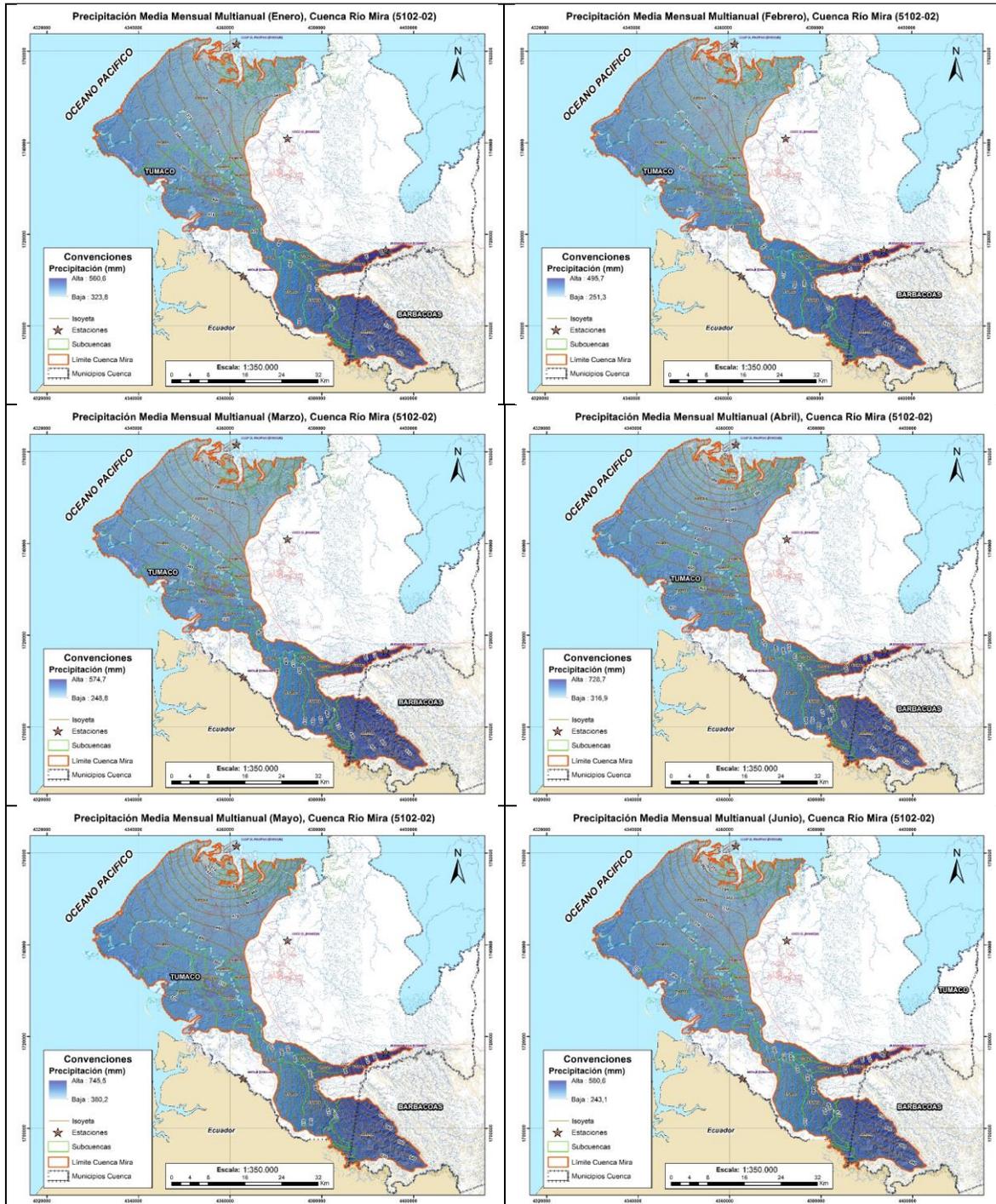


Figura 8. Variación espacial de la precipitación media anual (mm).

Adicionalmente, se presentan los mapas mensuales donde se puede observar que las zonas de alta precipitación se encuentran al sureste de la cuenca, presentando su mayor registro en el mes de mayo con un valor cercano a 745 milímetros. Las bajas precipitaciones se registran al noroeste de la cuenca objeto de estudio, con un valor medio estimado de 104.2 mm en el mes de agosto.



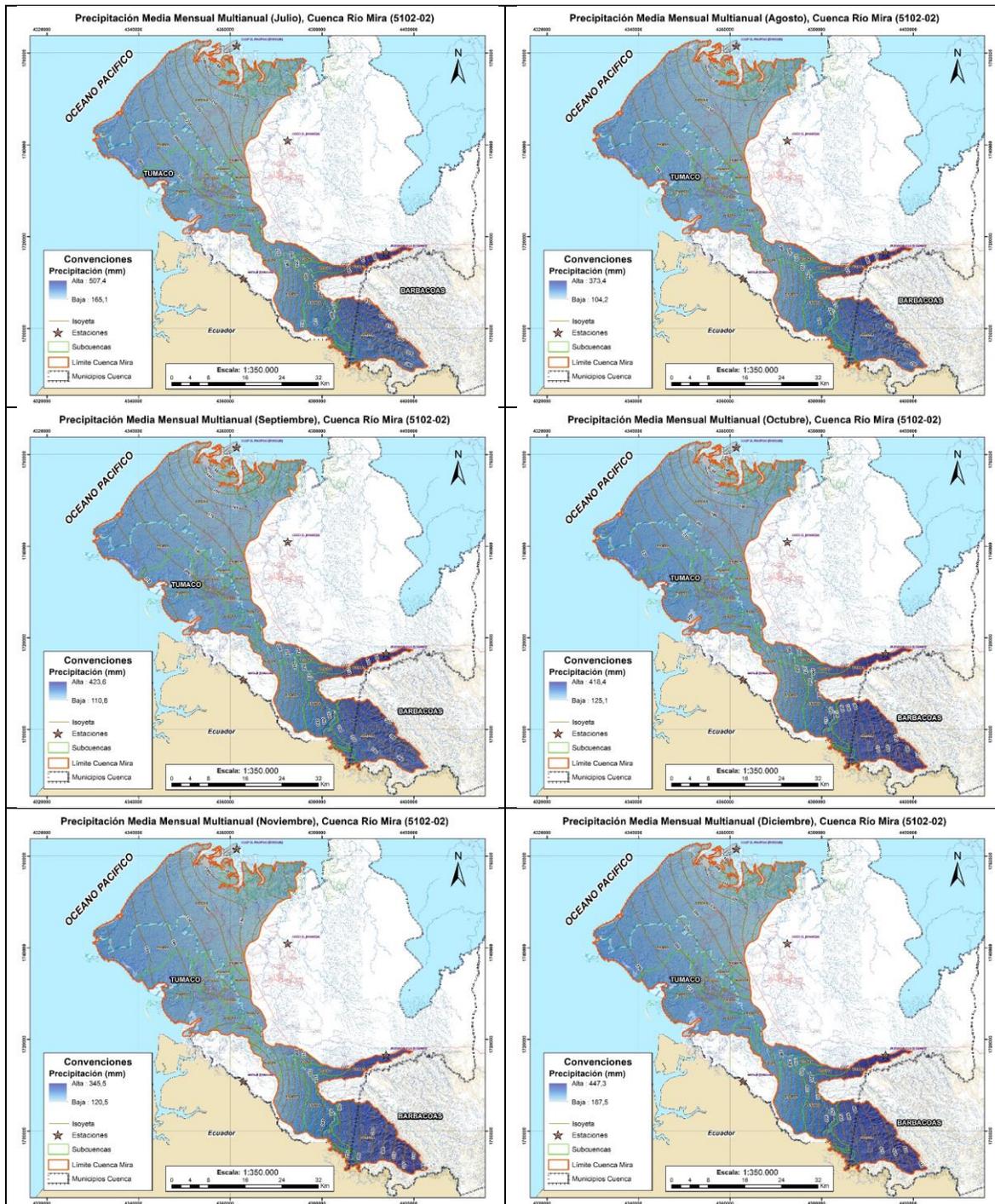


Figura 9. Variación espacial de la precipitación media mensual (mm).

A continuación, se presentan las estadísticas zonales por subcuenca del valor medio de precipitación, así como sus mínimos y máximos que comprenden el rango de variación espacial.

Tabla 14. Rangos y valores medios de la precipitación anual por CH y SCH.

Código	P Mín.	P Máx.	P Med
510202	2578.5	6140.5	3849.2
51020201	3382.9	3837.9	3655.4
51020202	3558.2	3833.0	3739.7
51020203	3668.1	3780.8	3745.9
51020204	3746.9	3827.9	3787.5
51020205	3734.4	3838.2	3794.5
51020206	3718.6	3952.2	3822.0
51020207	3851.8	4497.6	4156.8
51020208	3953.4	4948.1	4549.0
51020209	4727.0	5002.6	4898.7
51020210	4819.8	5579.9	5246.8
51020211	4648.6	5118.0	4879.4
51020212	4580.6	6140.5	5692.5
51020213	4394.8	5642.0	4943.6
51020214	4202.0	4971.4	4495.9
51020215	3476.1	4656.3	3877.4
51020216	3360.5	3619.0	3481.5
51020217	3249.9	3449.6	3345.1
51020218	2578.5	3819.3	3245.8
51020219	3486.3	3687.3	3593.8
51020220	3443.5	3682.4	3571.4
51020221	3476.7	3628.4	3551.7
51020222	3536.5	3752.0	3672.3
51020223	4778.7	4976.5	4867.5
51020224	4678.3	4969.6	4823.9
51020225	4740.0	4970.7	4878.4
51020226	4201.9	4460.3	4281.4
51020227	3426.7	3560.6	3498.2

Adicionalmente, se presentan los valores medios mensuales multianuales de precipitación correspondientes a cada una de las unidades de Subcuenca (SCH) y la cuenca hidrográfica objeto de estudio (CH), estableciéndose la similitud del régimen de las áreas en relación a las estaciones aferentes a la cuenca, donde la mayor precipitación se frecuenta en los meses de abril y mayo.

Tabla 15. Precipitación media mensual multianual 1990-2018 (mm) por SCH y CH.

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
51020201	389.8	317.6	336.7	443.4	504.8	355.3	249.9	177.1	200.6	224.1	187.1	268.9
51020202	400.5	331.0	355.3	461.6	516.1	363.1	253.2	177.6	205.1	221.8	181.5	272.9
51020203	405.6	338.0	363.8	468.3	519.2	364.5	251.7	174.4	203.5	213.7	172.3	270.9
51020204	414.5	347.7	373.5	474.6	522.7	368.9	255.0	174.6	204.8	209.8	168.2	273.3
51020205	421.3	354.9	379.4	475.8	522.2	370.1	255.6	172.4	202.9	203.3	163.1	273.7
51020206	426.9	360.7	384.8	478.8	523.9	372.9	258.2	173.0	203.8	201.6	161.6	275.8
51020207	443.8	376.8	410.7	512.2	552.6	400.2	290.5	200.2	235.6	239.0	190.2	304.9
51020208	461.7	393.8	440.2	552.1	586.8	431.8	328.7	232.8	273.5	284.2	224.0	338.9

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
51020209	475.8	405.6	467.8	583.2	607.3	452.9	355.2	256.7	306.4	337.2	270.9	379.2
51020210	498.6	427.5	497.9	621.2	641.3	483.7	389.5	283.8	337.4	368.2	291.5	406.0
51020211	480.0	411.9	466.8	587.3	617.8	460.7	362.6	260.6	304.6	316.0	245.8	364.6
51020212	531.4	465.0	535.7	678.4	700.7	538.0	455.0	333.1	381.3	377.1	279.0	418.4
51020213	484.2	416.5	471.2	596.1	628.1	469.1	372.1	268.3	311.2	317.7	243.8	365.5
51020214	457.7	390.1	433.8	548.7	586.5	429.9	325.7	231.1	269.5	276.5	215.9	330.9
51020215	414.0	347.1	376.9	484.6	532.6	376.1	264.2	184.1	215.3	224.0	178.1	280.3
51020216	369.0	302.4	328.3	445.6	503.6	340.5	226.2	161.8	187.7	206.1	163.7	246.1
51020217	355.6	289.0	312.7	431.7	492.7	328.3	214.0	153.8	177.7	197.9	157.3	234.4
51020218	359.9	287.5	298.3	398.5	464.6	316.2	216.4	150.8	167.7	189.4	161.5	235.0
51020219	383.2	313.9	336.8	447.3	505.6	349.8	240.3	170.3	195.6	215.3	175.7	259.8
51020220	380.6	312.1	336.0	448.0	505.7	348.1	237.0	168.1	193.9	212.7	172.3	256.7
51020221	377.5	309.9	335.2	449.4	506.6	346.6	234.0	166.4	192.6	210.8	169.1	253.6
51020222	392.5	325.0	351.5	461.9	515.5	357.6	244.7	172.2	200.3	214.7	172.2	264.0
51020223	475.3	405.6	465.5	581.3	607.1	452.3	354.3	255.4	303.5	329.7	263.4	373.8
51020224	473.9	404.6	462.2	577.9	605.3	450.3	351.7	252.8	299.5	321.9	256.0	368.0
51020225	478.4	409.6	466.9	585.5	613.6	457.5	359.9	258.8	304.6	321.7	252.9	368.6
51020226	447.3	380.0	417.7	526.0	566.3	411.3	303.7	212.5	248.8	254.0	200.1	313.9
51020227	372.0	304.2	328.4	443.2	501.9	341.7	229.5	163.6	188.8	208.3	167.5	249.3
CH	405.3	334.9	362.8	470.2	522.3	370.0	267.0	188.6	216.9	235.5	192.2	283.3

3.1.4.2 Temperatura.

Análisis temporal.

El análisis de la variable de temperatura para la cuenca del Río Mira se realiza a partir de los registros de la información disponible en el periodo de análisis 1990-2018, donde se determina la caracterización intranual e interanual del parámetro en cuestión, siguiendo la regionalización de las estaciones a partir del gradiente altitudinal.

Tabla 16. Media mensual multianual Temperatura media (°C). Periodo 1990-2018.

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
AEROPUERTO G L VALENCIA	19.1	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.3	19.5	19.5	19.1	18.8	19.0
VALENCIA	11.1	11.2	11.3	11.4	11.3	10.8	10.4	10.1	10.5	10.9	11.2	11.2
MICHOACAN	16.3	16.3	16.1	16.1	15.9	15.4	15.1	15.2	15.6	16.2	16.6	16.4
MONOPAMBA	17.4	17.5	17.5	17.5	17.4	16.7	16.5	16.8	17.2	17.5	17.7	17.6
ENCANO EL	12.1	12.2	12.1	12.2	12.1	11.4	10.9	10.8	11.2	11.9	12.4	12.3
CCCP DL PACIFICO	26.1	26.4	26.7	26.7	26.7	26.4	26.3	26.3	26.3	26.1	26.0	26.1
PAISPAMBA	14.0	14.0	14.2	14.3	14.4	14.4	14.3	14.4	14.5	14.0	13.7	13.9
FONDA LA CITEC	25.4	25.7	25.6	25.5	25.6	25.6	26.1	26.8	26.7	25.6	25.1	25.1

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
BOLIVAR	21.0	21.2	21.2	21.2	21.3	21.6	21.9	22.6	22.4	21.4	20.7	20.8
MILAGROS LOS	16.1	16.2	16.3	16.5	16.6	16.6	16.7	16.9	17.1	16.4	15.8	16.0
MERCADERES	22.3	22.5	22.4	22.3	22.4	22.8	23.2	23.5	23.3	22.4	22.0	22.1
GRANJA EXPERIMENTAL UNIVERSIDAD DE NARIÑO	25.6	25.9	25.8	25.8	26.0	26.1	26.3	26.6	26.3	25.7	25.2	25.5
AEROPUERTO ANTONIO NARINO	18.6	18.9	19.0	19.1	19.2	19.6	19.9	20.2	20.0	18.9	18.3	18.4
SAN BERNARDO	15.9	16.1	16.1	16.3	16.3	16.0	15.7	15.9	16.2	16.1	15.8	15.8
TAMINANGO	17.5	17.7	17.8	18.0	18.1	18.2	18.5	19.0	18.5	17.8	17.3	17.4
BOMBONA	19.6	19.8	19.9	19.9	20.0	20.3	20.6	21.0	20.8	20.1	19.6	19.6
TANAMA	19.6	19.7	19.8	19.8	19.9	19.9	20.0	20.2	20.1	19.9	19.7	19.6
SINDAGUA	13.0	13.1	13.2	13.3	13.3	13.1	12.9	13.0	13.3	13.2	12.9	13.1
BARBACOAS	26.3	26.5	26.6	26.7	26.6	26.6	26.7	26.8	26.6	26.3	26.1	26.3
PUEBLO RICO	18.8	18.8	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	18.9	18.7	18.5	18.7
BAJO CALIMA	26.1	26.4	26.5	26.6	26.5	26.4	26.4	26.6	26.4	26.0	25.9	26.0
NOANAMA	26.3	26.4	26.5	26.7	26.6	26.5	26.7	26.8	26.6	26.2	26.0	26.3

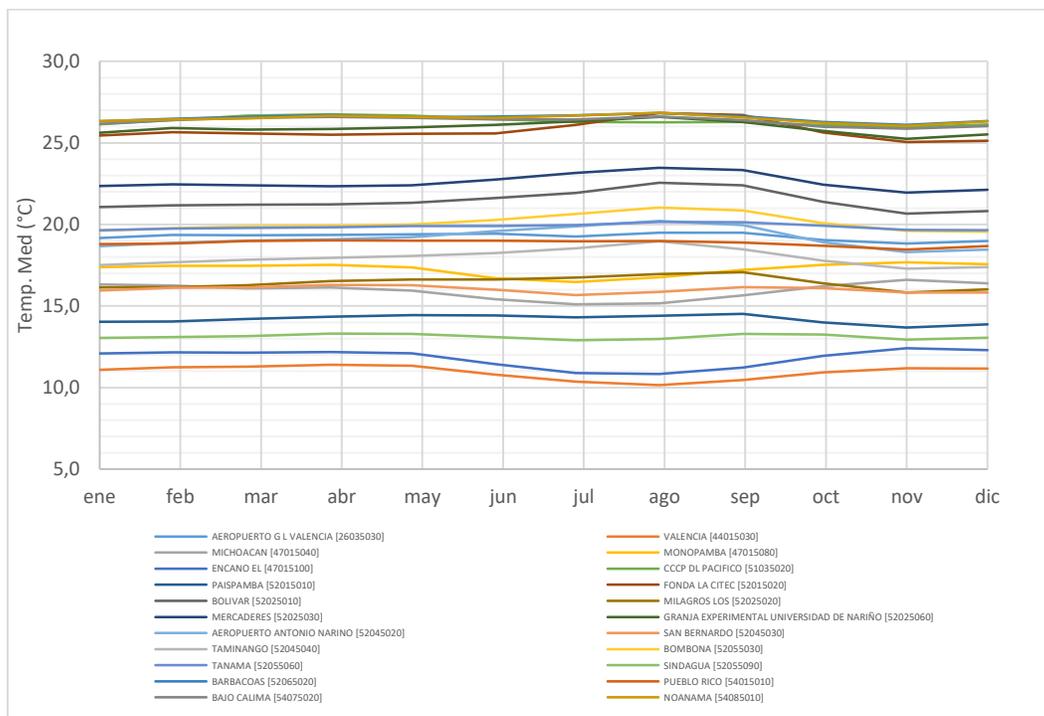


Figura 10. Temperatura media mensual multianual.

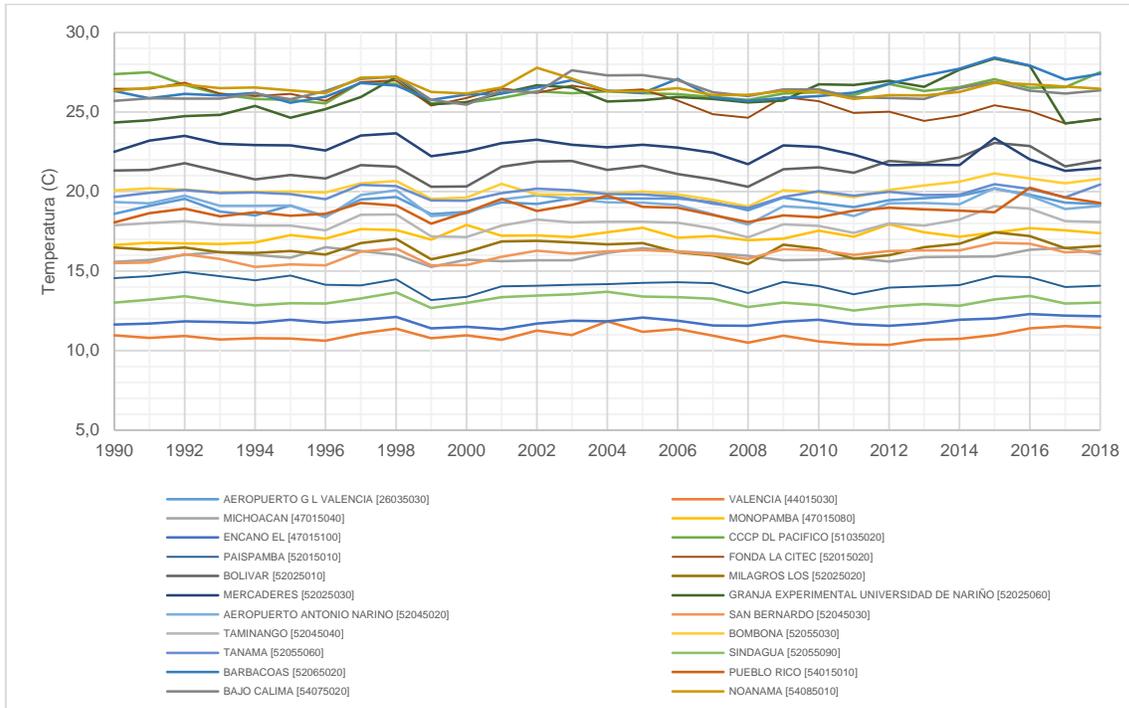


Figura 11. Temperatura media anual.

Distribución espacial.

El coeficiente de determinación (r^2) para el gradiente altitudinal en mención, determina la evaluación general de la curva, cuya representatividad regional mejora de forma diferencial, con valores de coeficiente superiores a $r^2 \geq 0,9$. A continuación (ver Figura 12), se incluye el gradiente estimado para el parámetro de temperatura media.

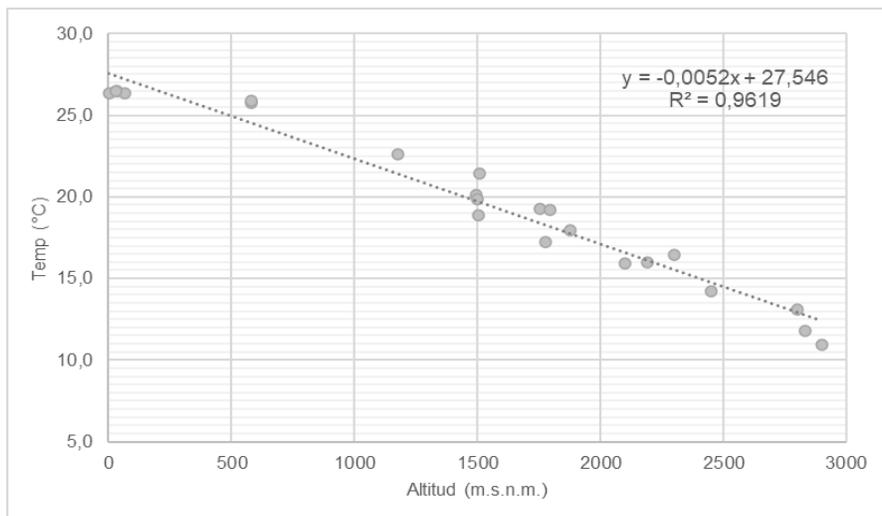


Figura 12. Expresión general del gradiente altitudinal de temperatura (°C) anual.

La expresión representativa para cada mes, así como la ecuación anual, son procesadas con Sistemas de Información Geográfica (SIG), donde se obtiene la respectiva correlación según al coeficiente de determinación (ver R^2 Tabla 17).

Tabla 17. Gradiente altitudinal de temperatura para la cuenca del río Mira.

Escala temporal	R2	Pendiente	Constante
Enero	0.9700	-0.00513	27.23
Febrero	0.9693	-0.00519	27.47
Marzo	0.9725	-0.00521	27.55
Abril	0.9736	-0.00519	27.59
Mayo	0.9685	-0.00518	27.57
Junio	0.9527	-0.00529	27.68
Julio	0.9372	-0.00544	27.92
Agosto	0.9239	-0.00551	28.23
Septiembre	0.9319	-0.00533	27.96
Octubre	0.9612	-0.00512	27.30
Noviembre	0.9751	-0.00503	26.93
Diciembre	0.9751	-0.00510	27.13
Anual	0.9619	-0.00523	27.55

De acuerdo con la variación media anual de la zona hidrográfica de estudio, se estima una temperatura media de 27.1°C, con fluctuaciones entre los 23.7 hasta los 27.6°C.

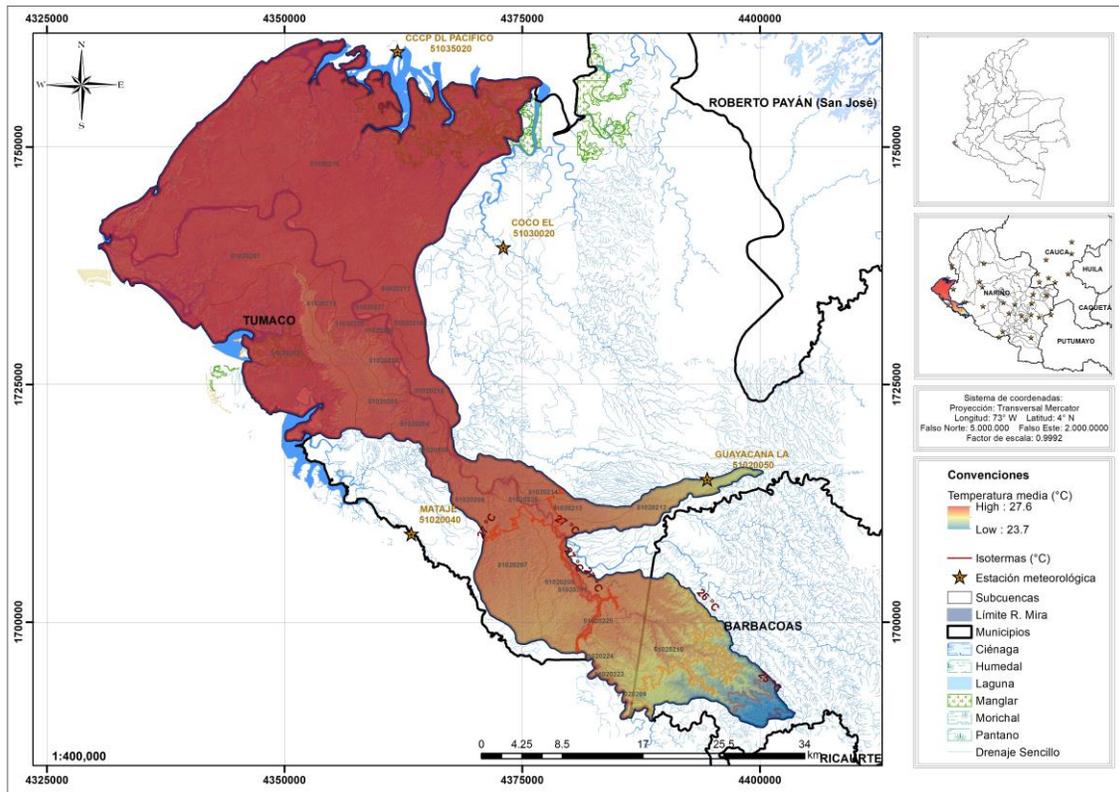
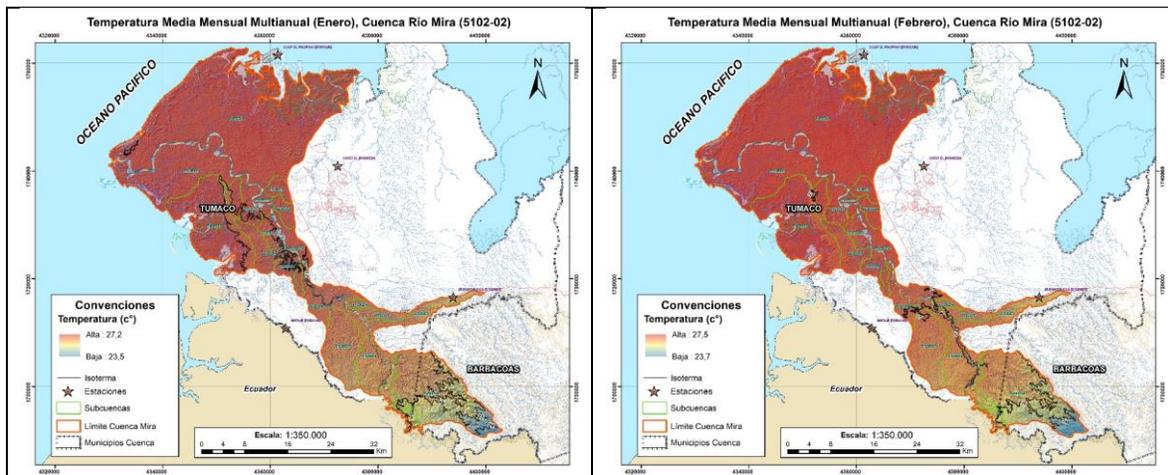
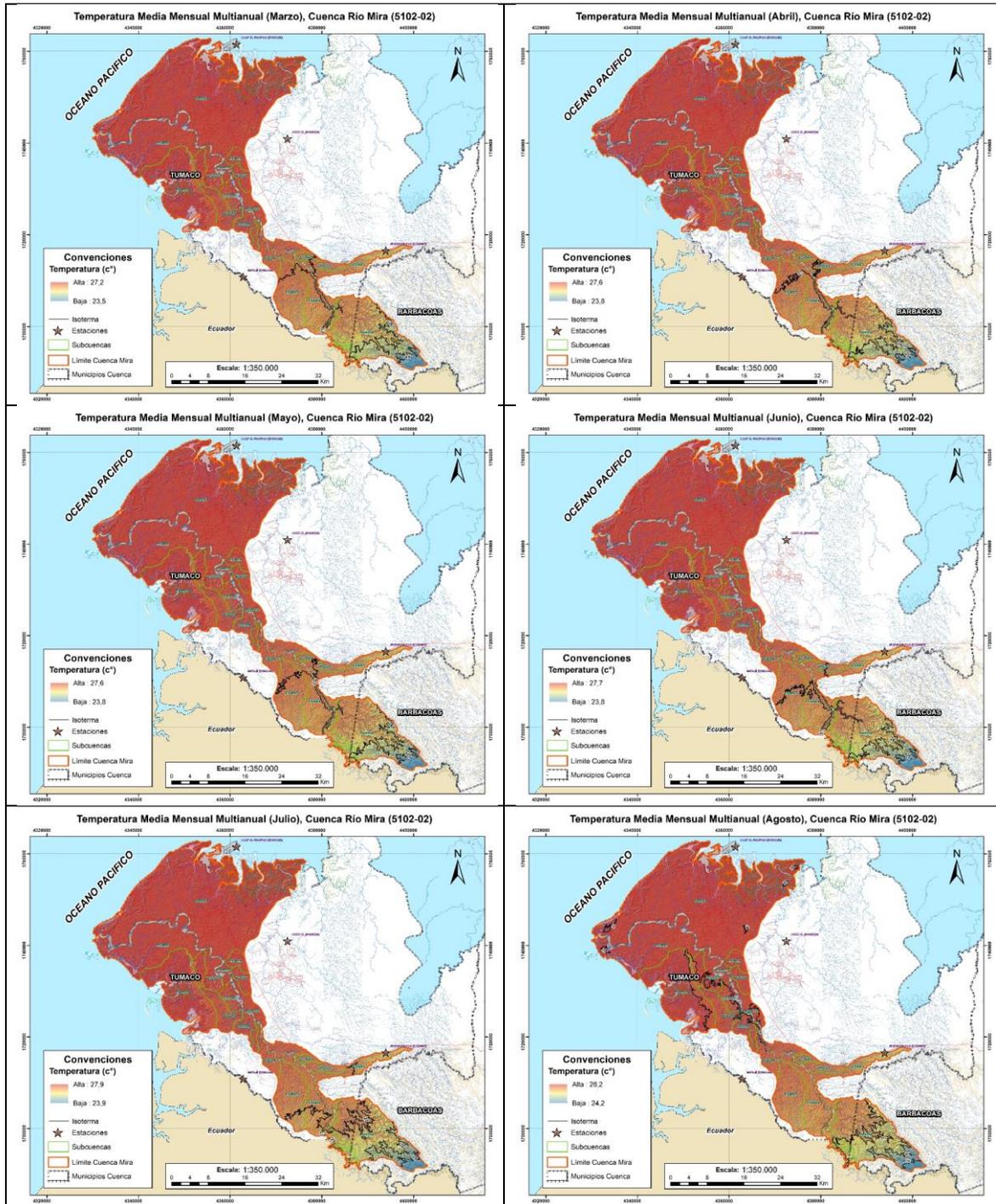


Figura 13. Variación espacial de la temperatura media anual (°C).





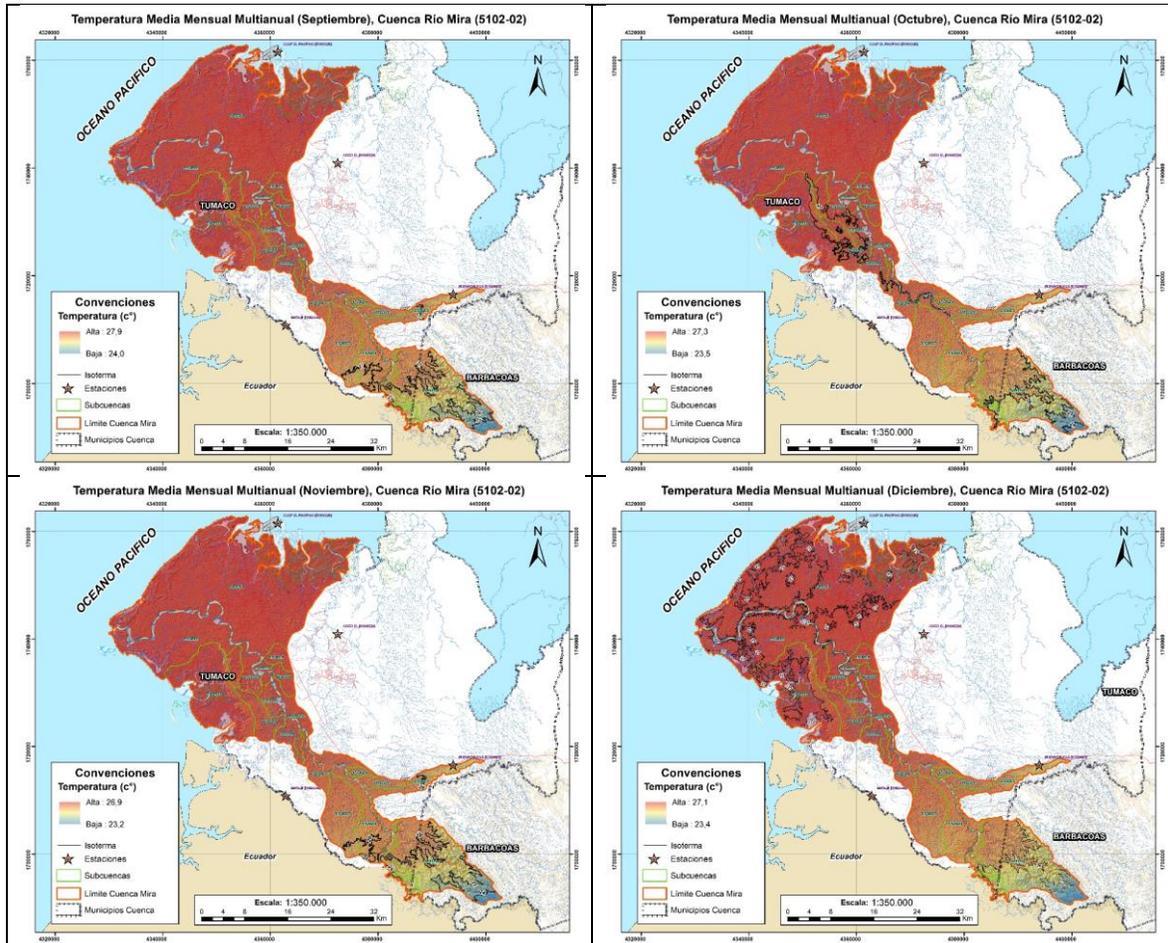


Figura 14, Variación espacial de la temperatura media mensual (°C).

A continuación, se presentan las estadísticas zonales por subcuenca del valor medio de temperatura, así como sus mínimos y máximos que comprenden el rango de variación espacial.

Tabla 18. Rangos y valores medios de la temperatura por CH y SCH.

Código	Mín T Med	Máx T Med.	T Med
510202	23.7	27.6	27.1
51020201	27.0	27.5	27.4
51020202	26.5	27.6	27.4
51020203	27.1	27.4	27.2
51020204	27.2	27.4	27.3
51020205	27.1	27.4	27.3
51020206	27.0	27.4	27.2
51020207	26.4	27.3	26.8
51020208	26.3	27.4	26.8
51020209	24.6	27.2	26.3
51020210	23.7	27.2	26.1
51020211	26.3	27.4	26.9
51020212	25.7	27.3	26.5

Código	Mín T Med	Máx T Med.	T Med
51020213	26.6	27.4	26.9
51020214	26.9	27.3	27.0
51020215	27.0	27.4	27.3
51020216	27.3	27.4	27.4
51020217	27.3	27.4	27.4
51020218	27.2	27.6	27.4
51020219	27.0	27.5	27.3
51020220	27.0	27.5	27.3
51020221	27.1	27.4	27.4
51020222	27.1	27.4	27.3
51020223	26.0	27.1	26.3
51020224	26.0	27.3	26.5
51020225	26.4	27.3	26.8
51020226	27.0	27.3	27.1
51020227	27.3	27.4	27.4

Adicionalmente, se presentan los valores medios mensuales multianuales de temperatura media correspondientes a cada una de las unidades de subcuenca (SCH) y la cuenca hidrográfica objeto de estudio (CH), donde se evidencia la marcada posición altitudinal en el régimen de las unidades hidrográficas.

Tabla 19. Temperatura media mensual multianual 1990-2018 (°C) por SCH y CH.

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
51020201	27.0 9	27.3 2	27.4 0	27.4 4	27.4 3	27.5 3	27.7 6	28.0 8	27.8 1	27.1 6	26.7 9	26.9 9
51020202	27.0 7	27.3 0	27.3 8	27.4 2	27.4 1	27.5 1	27.7 4	28.0 6	27.7 9	27.1 4	26.7 7	26.9 7
51020203	26.9 3	27.1 6	27.2 4	27.2 8	27.2 7	27.3 7	27.6 0	27.9 0	27.6 4	27.0 0	26.6 3	26.8 3
51020204	26.9 8	27.2 2	27.3 0	27.3 4	27.3 2	27.4 2	27.6 5	27.9 7	27.7 0	27.0 5	26.6 9	26.8 8
51020205	26.9 5	27.1 8	27.2 6	27.3 1	27.2 9	27.3 9	27.6 2	27.9 3	27.6 7	27.0 2	26.6 6	26.8 5
51020206	26.8 4	27.0 8	27.1 6	27.2 0	27.1 9	27.2 8	27.5 1	27.8 1	27.5 5	26.9 1	26.5 5	26.7 5
51020207	26.5 4	26.7 6	26.8 5	26.8 9	26.8 8	26.9 6	27.1 8	27.4 8	27.2 4	26.6 1	26.2 5	26.4 4
51020208	26.5 0	26.7 3	26.8 1	26.8 5	26.8 4	26.9 3	27.1 4	27.4 5	27.2 0	26.5 7	26.2 1	26.4 1
51020209	26.0 3	26.2 5	26.3 3	26.3 8	26.3 6	26.4 4	26.6 4	26.9 4	26.7 1	26.1 0	25.7 5	25.9 4
51020210	25.7 6	25.9 8	26.0 6	26.1 1	26.0 9	26.1 7	26.3 6	26.6 5	26.4 3	25.8 4	25.4 9	25.6 7
51020211	26.5 8	26.8 1	26.8 9	26.9 3	26.9 2	27.0 1	27.2 3	27.5 4	27.2 8	26.6 5	26.2 9	26.4 9

510202 12	26.2 2	26.4 5	26.5 2	26.5 7	26.5 5	26.6 4	26.8 5	27.1 4	26.9 1	26.2 9	25.9 4	26.1 3
510202 13	26.6 0	26.8 3	26.9 1	26.9 6	26.9 4	27.0 3	27.2 5	27.5 6	27.3 1	26.6 7	26.3 1	26.5 1
510202 14	26.7 3	26.9 6	27.0 4	27.0 8	27.0 7	27.1 6	27.3 8	27.6 9	27.4 3	26.8 0	26.4 4	26.6 3
510202 15	26.9 4	27.1 7	27.2 5	27.2 9	27.2 8	27.3 8	27.6 1	27.9 1	27.6 5	27.0 1	26.6 4	26.8 4
510202 16	27.0 5	27.2 8	27.3 6	27.4 1	27.3 9	27.4 9	27.7 2	28.0 3	27.7 7	27.1 2	26.7 5	26.9 5
510202 17	27.0 6	27.2 9	27.3 7	27.4 1	27.4 0	27.5 0	27.7 3	28.0 4	27.7 8	27.1 3	26.7 6	26.9 6
510202 18	27.1 0	27.3 3	27.4 1	27.4 5	27.4 4	27.5 4	27.7 7	28.0 9	27.8 2	27.1 7	26.8 0	27.0 0
510202 19	26.9 9	27.2 2	27.3 0	27.3 4	27.3 3	27.4 3	27.6 5	27.9 7	27.7 0	27.0 5	26.6 9	26.8 9
510202 20	27.0 2	27.2 6	27.3 4	27.3 8	27.3 6	27.4 6	27.7 0	28.0 1	27.7 4	27.0 9	26.7 2	26.9 2
510202 21	27.0 4	27.2 8	27.3 6	27.4 0	27.3 9	27.4 9	27.7 2	28.0 3	27.7 6	27.1 1	26.7 5	26.9 5
510202 22	26.9 6	27.1 9	27.2 7	27.3 1	27.3 0	27.4 0	27.6 3	27.9 4	27.6 7	27.0 3	26.6 6	26.8 6
510202 23	26.0 4	26.2 6	26.3 4	26.3 8	26.3 7	26.4 5	26.6 5	26.9 5	26.7 2	26.1 1	25.7 6	25.9 4
510202 24	26.1 6	26.3 9	26.4 7	26.5 1	26.5 0	26.5 8	26.7 9	27.0 9	26.8 5	26.2 4	25.8 8	26.0 7
510202 25	26.5 2	26.7 5	26.8 3	26.8 7	26.8 6	26.9 5	27.1 7	27.4 7	27.2 2	26.5 9	26.2 4	26.4 3
510202 26	26.8 2	27.0 5	27.1 4	27.1 8	27.1 6	27.2 6	27.4 8	27.7 9	27.5 3	26.8 9	26.5 3	26.7 3
510202 27	27.0 8	27.3 1	27.3 9	27.4 3	27.4 2	27.5 2	27.7 5	28.0 7	27.8 0	27.1 5	26.7 8	26.9 8
CH	26.8 2	27.0 5	27.1 4	27.1 8	27.1 6	27.2 6	27.4 8	27.7 9	27.5 3	26.8 9	26.5 3	26.7 3

3.1.4.3 Humedad relativa.

La humedad relativa es la variable con la cual se mide la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera, posee relación con el comportamiento y distribución de las precipitaciones, la nubosidad y la radiación solar.

Análisis temporal.

Se presenta la variación mensual multianual del parámetro de humedad relativa (%), en la Tabla 20 y Figura 15.

Tabla 20. Media mensual multianual. Humedad relativa (%).

Código	En e	Fe b	Ma r	Abr	Ma y	Jun	Jul	Ag o	Se p	Oct	No v	Dic
MONOPAMBA	88.4	88.2	88.7	88.8	88.6	89.3	88.7	87.5	85.8	86.1	87.4	88.0
CCCP DL PACIFICO	87.7	87.3	86.3	86.6	87.2	86.5	85.0	84.5	84.0	85.7	86.6	86.9
AEROPUERTO ANTONIO NARINO	81.0	81.0	81.1	81.5	80.5	73.4	65.9	62.4	67.1	78.4	84.1	83.1
TAMINANGO	88.2	88.1	88.4	88.6	87.1	80.9	72.8	67.9	76.0	84.8	89.6	89.2
BOMBONA	81.0	80.2	80.6	80.9	80.3	75.1	67.4	64.3	68.6	77.9	82.6	82.3
TANAMA	82.5	82.2	82.8	82.9	82.4	80.0	76.0	73.0	75.8	80.4	83.0	82.8
SINDAGUA	80.3	80.5	80.9	80.1	79.9	78.0	75.5	73.8	72.8	77.4	81.9	80.8
BARBACOAS	88.3	87.6	87.9	87.9	88.6	86.8	86.0	85.7	85.6	87.1	88.1	87.1

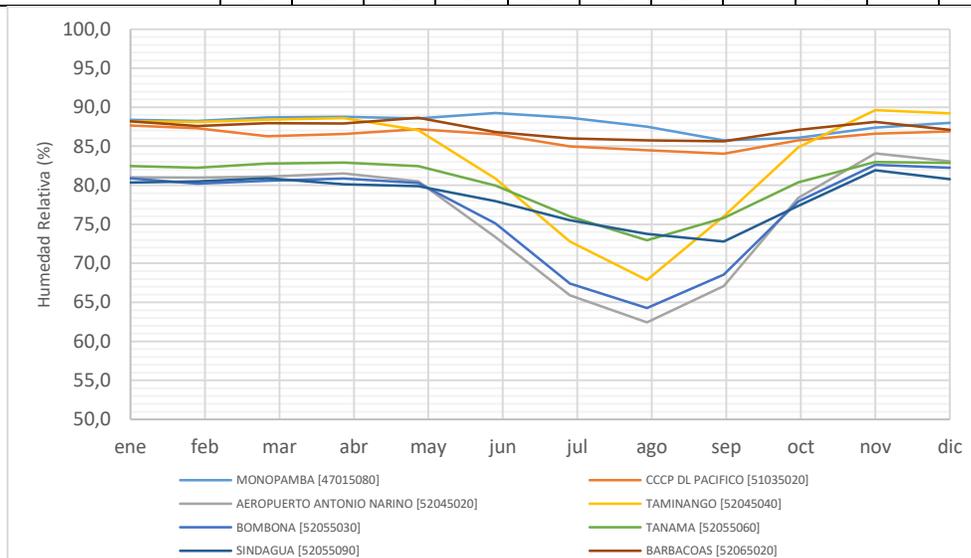


Figura 15. Distribución mensual multianual. Humedad relativa (%).

Distribución Espacial.

A continuación, se presenta la salida cartográfica que relaciona la variación anual de la humedad relativa en la cuenca, con rango conformado por valores entre los 83.2% a 86.2% y valor medio de 85.2%.

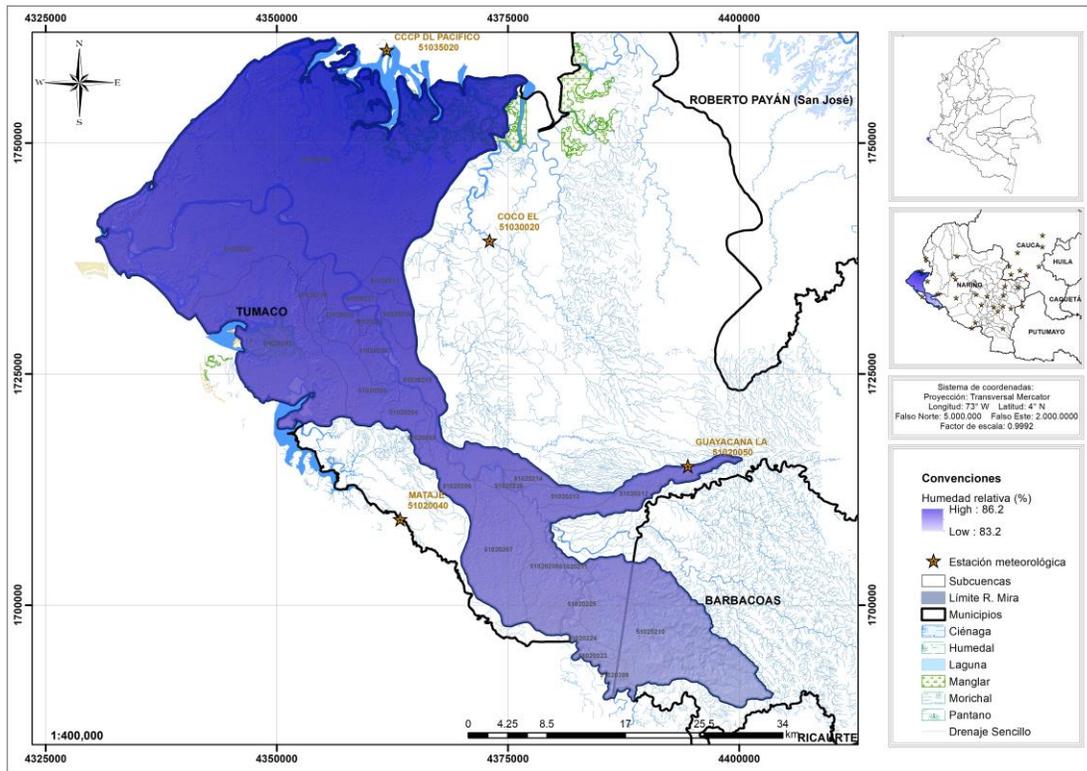


Figura 16. Variación espacial de Humedad Relativa media anual (%).

A continuación, se presentan las estadísticas zonales por subcuenca del valor medio de la humedad relativa, así como sus mínimos y máximos que comprenden el rango de variación espacial.

Tabla 21. Rangos y valores medios de Humedad Relativa por CH y SCH.

Código	HR Mín	HR Máx	HR Med
510202	83,3	86,2	85,2
51020201	85,2	85,9	85,5
51020202	84,9	85,6	85,3
51020203	84,9	85,4	85,1
51020204	84,8	85,1	85,0
51020205	84,7	85,0	84,9
51020206	84,4	85,0	84,7
51020207	84,0	84,6	84,3
51020208	83,9	84,7	84,2
51020209	83,5	83,8	83,7
51020210	83,3	84,2	83,8
51020211	84,1	84,4	84,2
51020212	84,4	84,6	84,5
51020213	84,4	84,6	84,5
51020214	84,5	84,6	84,6

Código	HR Mín	HR Máx	HR Med
51020215	84,6	85,5	85,0
51020216	85,3	85,5	85,4
51020217	85,5	85,7	85,6
51020218	85,3	86,2	85,9
51020219	85,3	85,7	85,5
51020220	85,3	85,7	85,5
51020221	85,3	85,5	85,4
51020222	85,1	85,4	85,3
51020223	83,7	83,8	83,8
51020224	83,7	84,0	83,8
51020225	83,9	84,1	84,0
51020226	84,5	84,6	84,6
51020227	85,5	85,6	85,5

Se incluyen los valores medios mensuales multianuales de humedad relativa correspondientes a cada una de las unidades de subcuenca (SCH) y la cuenca hidrográfica objeto de estudio (CH), observándose la similitud del régimen de las áreas respecto a las estaciones aferentes a la cuenca, donde la menor humedad relativa se frecuenta entre los meses de julio a septiembre.

Tabla 22. Humedad relativa media mensual multianual 1990-2018 (%) por SCH y CH.

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
51020201	87.2	86.8	86.1	86.3	86.8	85.6	83.7	82.9	82.9	85.2	86.5	86.5
51020202	87.0	86.6	86.0	86.2	86.6	85.2	83.2	82.2	82.4	85.0	86.4	86.4
51020203	86.9	86.5	86.0	86.1	86.5	85.0	82.9	81.9	82.2	84.9	86.4	86.3
51020204	86.8	86.3	85.9	86.1	86.4	84.8	82.6	81.5	82.0	84.8	86.4	86.2
51020205	86.7	86.2	85.9	86.0	86.3	84.6	82.3	81.2	81.7	84.7	86.3	86.2
51020206	86.5	86.1	85.8	86.0	86.2	84.4	82.0	80.8	81.5	84.5	86.3	86.1
51020207	86.2	85.8	85.6	85.8	86.0	83.9	81.3	80.0	80.8	84.2	86.2	85.9
51020208	86.1	85.7	85.6	85.7	85.9	83.8	81.1	79.7	80.6	84.1	86.2	85.8
51020209	85.7	85.3	85.3	85.4	85.5	83.1	80.1	78.6	79.8	83.6	85.9	85.5
51020210	85.8	85.4	85.4	85.5	85.6	83.2	80.3	78.8	79.9	83.7	86.0	85.6
51020211	86.1	85.7	85.6	85.7	85.9	83.7	81.0	79.7	80.6	84.1	86.2	85.8
51020212	86.3	85.9	85.8	85.9	86.1	84.0	81.5	80.2	81.1	84.4	86.3	85.9
51020213	86.4	85.9	85.8	85.9	86.1	84.1	81.6	80.3	81.1	84.4	86.3	86.0
51020214	86.4	86.0	85.8	85.9	86.2	84.2	81.8	80.6	81.3	84.5	86.3	86.0
51020215	86.7	86.3	85.9	86.1	86.4	84.8	82.5	81.5	81.9	84.7	86.4	86.2
51020216	87.1	86.7	86.1	86.3	86.7	85.4	83.4	82.5	82.7	85.1	86.5	86.5
51020217	87.2	86.8	86.1	86.3	86.8	85.7	83.8	83.0	83.0	85.3	86.5	86.6
51020218	87.5	87.1	86.2	86.5	87.0	86.1	84.4	83.8	83.5	85.5	86.6	86.7
51020219	87.2	86.8	86.1	86.3	86.7	85.6	83.6	82.8	82.8	85.2	86.5	86.5

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
51020220	87.2	86.7	86.1	86.3	86.7	85.5	83.6	82.7	82.8	85.2	86.5	86.5
51020221	87.1	86.7	86.1	86.3	86.7	85.4	83.5	82.6	82.7	85.1	86.5	86.5
51020222	87.0	86.6	86.0	86.2	86.6	85.2	83.1	82.2	82.4	85.0	86.4	86.4
51020223	85.8	85.4	85.4	85.5	85.6	83.2	80.3	78.8	79.9	83.7	86.0	85.6
51020224	85.9	85.4	85.4	85.5	85.6	83.3	80.5	79.0	80.1	83.8	86.0	85.6
51020225	86.0	85.6	85.5	85.6	85.7	83.5	80.7	79.3	80.3	83.9	86.1	85.7
51020226	86.4	86.0	85.8	85.9	86.2	84.2	81.8	80.6	81.3	84.4	86.3	86.0
51020227	87.2	86.8	86.1	86.3	86.8	85.6	83.6	82.8	82.9	85.2	86.5	86.5
CH	86.9	86.5	86.0	86.2	86.5	85.1	83.0	82.1	82.3	84.9	86.4	86.4

3.1.4.4 Brillo solar.

El brillo solar es el parámetro que mide la cantidad de insolación solar que recibe un área. La duración de brillo solar en horas representa el tiempo total durante el cual incide la luz solar directa sobre algún sitio, entre el alba y el atardecer.

Análisis temporal.

Se presenta a continuación, la variación intranual del parámetro de brillo solar, donde se identifican las horas de luz solar con relación inversa a la tendencia del régimen de precipitación.

Tabla 23. Media mensual multianual. Brillo solar (horas).

Código	En e	Feb	Mar	Abr	Ma y	Jun	Jul	Ag o	Se p	Oct	No v	Dic
MONOPAMB A	84. 0	60. 6	46. 5	53. 7	55. 7	46. 1	52. 7	55. 2	65. 9	79. 1	87. 4	81. 7
CCCP DL PACIFICO	116 .5	124 .2	148 .6	146 .6	122 .0	118 .4	134 .7	143 .0	108 .8	111 .5	104 .5	112 .7
OBONUCO	110 .5	89. 9	77. 1	86. 5	96. 2	106 .4	120 .0	120 .5	109 .4	105 .4	101 .7	104 .2
AEROPUERT O ANTONIO NARINO	165 .0	136 .5	127 .5	144 .1	154 .3	181 .1	202 .5	209 .6	175 .6	166 .2	147 .2	157 .4
BOMBONA	152 .0	123 .5	114 .6	125 .1	134 .9	156 .6	180 .1	187 .8	159 .5	149 .1	135 .0	142 .0
SINDAGUA	122 .4	103 .7	90. 9	101 .8	110 .8	129 .0	154 .3	159 .1	135 .3	125 .9	110 .7	113 .9
BARBACOAS	92. 2	86. 8	92. 3	107 .8	98. 4	93. 4	100 .3	97. 2	75. 1	76. 4	71. 9	83. 5

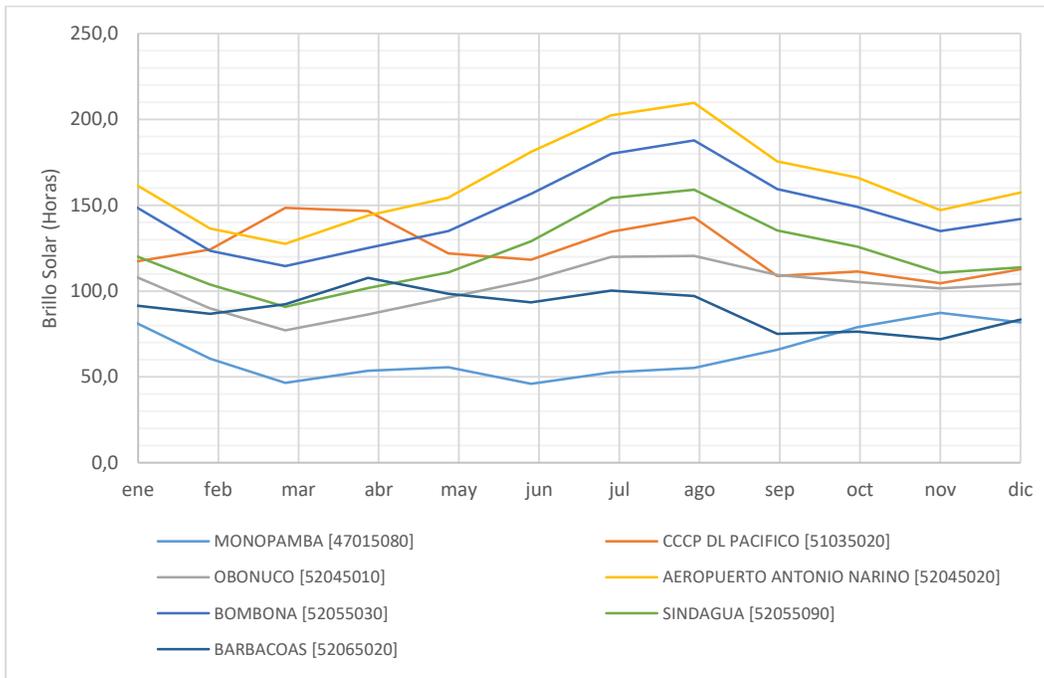


Figura 17. Distribución mensual multianual. Brillo solar (horas).

Distribución espacial.

A continuación, se presenta la salida cartográfica que relaciona la variación anual del brillo solar en la cuenca, con rango conformado por valores entre las 1281.6 horas hasta las 1490.8 horas al año, y valor medio de 1423.9 horas.

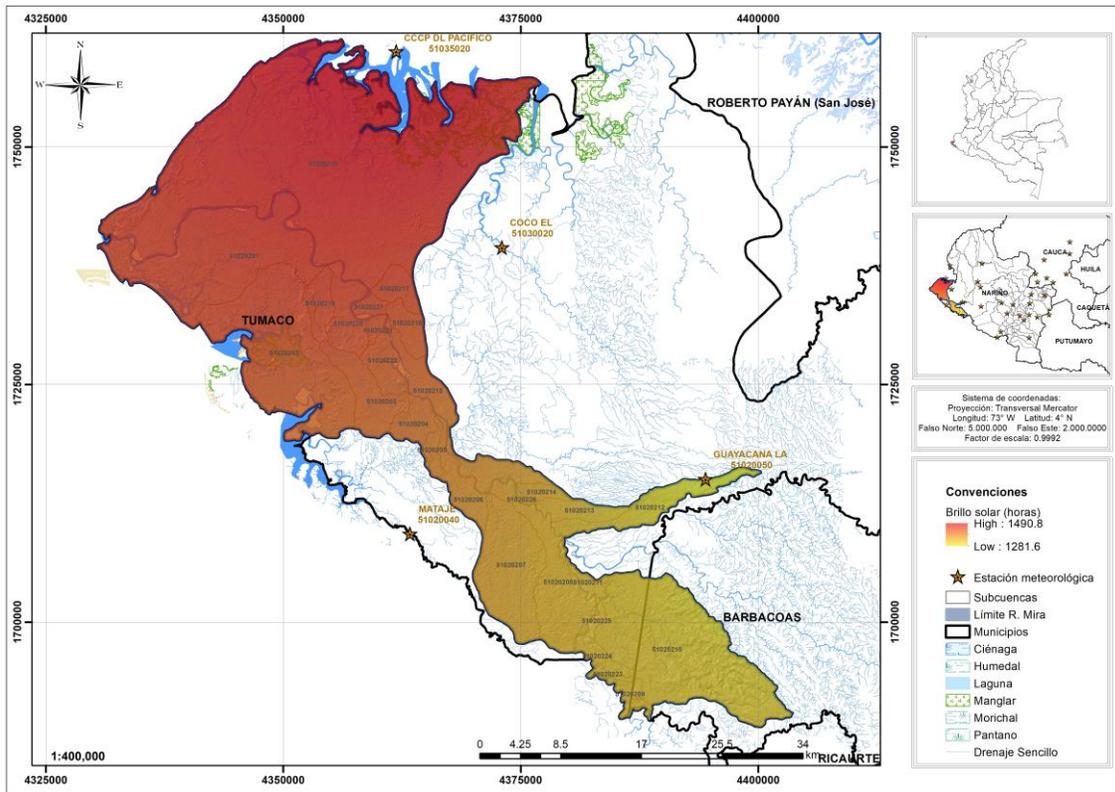


Figura 18. Variación espacial del Brillo Solar medio anual (horas).

A continuación, se presentan las estadísticas zonales por subcuenca del valor medio de brillo solar, así como sus mínimos y máximos que comprenden el rango de variación espacial.

Tabla 24. Rangos y valores medios de Brillo Solar por CH y SCH.

Código	BS Mín	BS Máx	BS Med
510202	1281,6	1490,8	1423,9
51020201	1437,6	1469,2	1451,6
51020202	1412,3	1454,4	1433,3
51020203	1406,6	1435,5	1418,5
51020204	1392,9	1412,5	1404,2
51020205	1389,2	1402,4	1395,3
51020206	1372,7	1402,4	1384,0
51020207	1357,5	1376,6	1365,4
51020208	1346,5	1376,7	1356,8
51020209	1345,0	1352,3	1348,3
51020210	1325,8	1349,4	1337,6
51020211	1343,2	1355,1	1348,9
51020212	1281,6	1357,7	1325,7
51020213	1333,9	1363,3	1350,6
51020214	1350,5	1370,5	1362,1

Código	BS Mín	BS Máx	BS Med
51020215	1358,6	1437,5	1396,6
51020216	1419,6	1441,0	1430,5
51020217	1432,7	1451,8	1443,8
51020218	1444,1	1490,8	1471,1
51020219	1434,9	1454,7	1444,9
51020220	1428,4	1455,7	1441,1
51020221	1430,6	1438,6	1435,1
51020222	1412,5	1433,4	1423,4
51020223	1345,7	1350,8	1348,6
51020224	1345,8	1352,9	1349,4
51020225	1345,7	1351,2	1347,9
51020226	1362,1	1370,5	1366,7
51020227	1437,6	1445,9	1441,3

Se presentan los valores medios mensuales multianuales de brillo solar calculados para cada una de las unidades de subcuenca (SCH) y la cuenca hidrográfica objeto de estudio (CH), observándose la similitud del régimen de las áreas respecto a las estaciones aferentes a la cuenca, donde el mayor brillo solar se frecuenta entre julio y septiembre.

Tabla 25. Brillo solar medio mensual multianual 1990-2018 (horas) por SCH y CH.

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
51020201	115.5	118.9	137.9	138.9	119.0	117.1	132.7	139.7	108.2	109.9	102.9	111.0
51020202	115.0	116.5	133.2	135.5	117.6	116.4	131.8	138.1	107.7	109.1	102.1	110.1
51020203	114.5	114.8	130.0	133.2	116.6	115.8	130.9	136.7	107.1	108.3	101.3	109.3
51020204	114.0	113.1	126.8	130.8	115.6	115.2	130.1	135.4	106.6	107.5	100.5	108.6
51020205	113.8	111.9	124.5	129.2	114.9	114.9	129.6	134.7	106.4	107.1	100.1	108.2
51020206	113.5	110.4	121.5	127.0	114.1	114.5	129.0	133.7	106.2	106.7	99.7	107.7
51020207	113.3	107.6	115.6	122.7	112.5	114.0	128.4	132.3	106.3	106.3	99.2	107.1
51020208	113.1	106.5	113.6	121.2	111.9	113.7	127.9	131.6	106.1	105.9	98.8	106.7
51020209	113.8	104.3	108.0	116.9	110.6	114.0	128.3	131.5	107.6	106.8	99.5	107.0
51020210	112.9	103.6	107.3	116.5	110.2	113.3	127.3	130.2	106.3	105.5	98.4	106.1
51020211	112.7	105.8	112.3	120.3	111.4	113.3	127.3	130.8	105.5	105.3	98.2	106.1
51020212	110.8	104.3	111.1	119.7	110.5	111.6	124.9	127.8	102.7	102.6	95.8	104.1
51020213	112.1	106.7	114.9	122.3	111.9	112.9	126.8	130.5	104.5	104.6	97.6	105.8
51020214	112.5	108.1	117.5	124.1	112.7	113.4	127.5	131.5	105.0	105.2	98.3	106.4
51020215	113.6	112.3	125.5	129.9	115.1	114.8	129.5	134.6	106.1	107.0	100.0	108.1
51020216	114.6	116.6	133.9	136.0	117.7	116.1	131.3	137.6	107.0	108.5	101.5	109.7
51020217	115.0	118.3	137.2	138.4	118.6	116.5	132.0	138.8	107.4	109.1	102.2	110.3
51020218	115.9	121.6	143.5	143.0	120.6	117.6	133.6	141.2	108.3	110.5	103.6	111.7
51020219	115.2	118.2	136.8	138.1	118.6	116.7	132.3	139.0	107.7	109.4	102.4	110.5
51020220	115.1	117.8	136.0	137.5	118.3	116.5	132.0	138.6	107.5	109.2	102.2	110.3
51020221	114.8	117.1	134.7	136.6	117.9	116.3	131.6	138.1	107.3	108.8	101.9	110.0
51020222	114.5	115.6	131.7	134.4	117.1	115.9	131.0	137.1	107.0	108.3	101.4	109.5
51020223	113.6	104.6	108.8	117.5	110.8	113.9	128.1	131.4	107.2	106.5	99.3	106.9

51020224	113.4	104.9	109.7	118.2	111.0	113.8	128.0	131.4	106.9	106.3	99.1	106.8
51020225	113.0	105.2	110.6	119.0	111.1	113.5	127.6	131.0	106.2	105.7	98.6	106.4
51020226	112.8	108.5	118.0	124.5	112.9	113.7	127.9	132.0	105.3	105.6	98.6	106.7
51020227	115.0	117.9	136.3	137.7	118.4	116.5	132.0	138.6	107.4	109.1	102.1	110.3
CH	114.7	115.4	131.2	134.0	117.0	116.0	131.2	137.3	107.4	108.6	101.6	109.6

3.1.4.5 Evapotranspiración Potencial ETP.

La Evapotranspiración Potencial (ETP), es calculada a partir de la metodología propuesta por Penman-Monteith, donde se combina el balance energético con el método de la transferencia de masa, derivando una ecuación para calcular la evaporación de una superficie abierta de agua a partir de datos climáticos estándar de brillo solar, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.

Distribución Espacial.

La espacialización de la ETP es realizada a partir de las variables climatológicas de insumo interpoladas en toda la longitud diaria 1990-2018 para cada una de las unidades de SCH y CH. A continuación, se presenta la salida cartográfica que relaciona la variación anual del ETP en la cuenca, con rango conformado por valores entre las 1352.9 mm hasta las 1392.8 mm al año, y valor medio anual de 1383.1 milímetros.

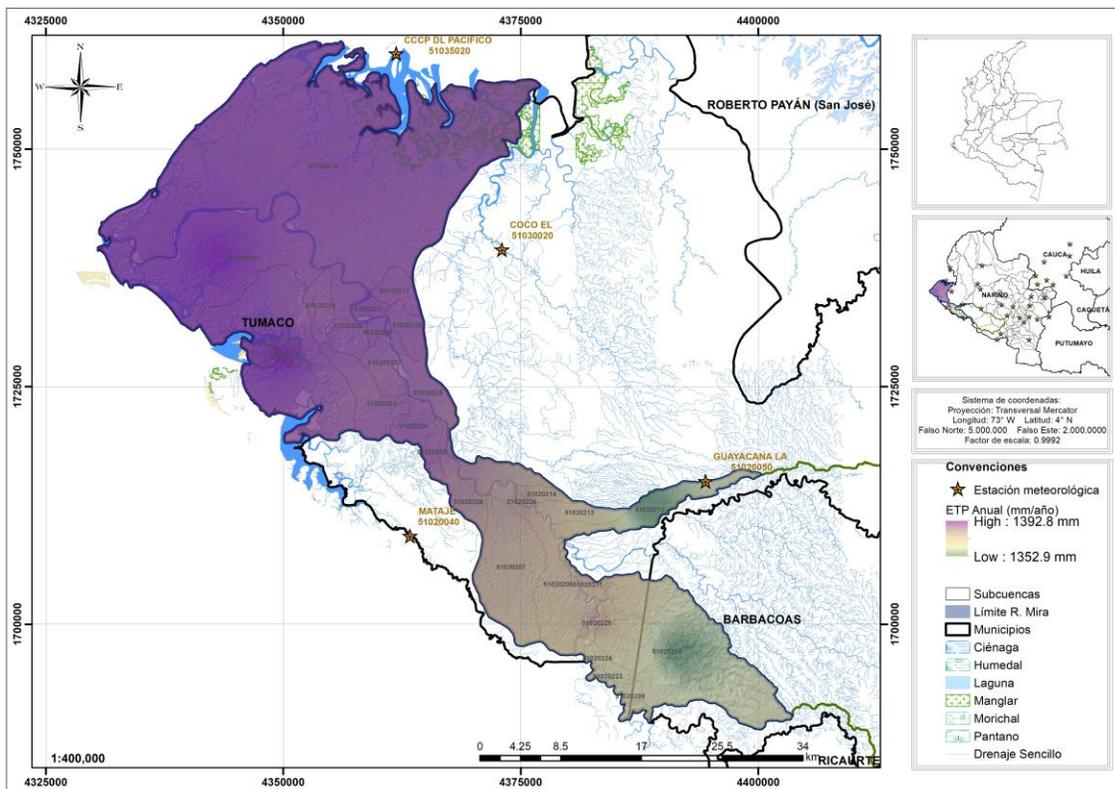


Figura 19. Distribución espacial de la Evapotranspiración Potencial ETP media anual (mm).

Se incluyen en la siguiente tabla, los valores medios anuales y mensuales multianuales de Evapotranspiración Potencial estimados para las 27 subcuencas (SCH) y la cuenca hidrográfica (CH) objeto de ordenación, los cuales representan la distribución espacial del parámetro en cuestión.

Tabla 26. Evapotranspiración Potencial ETP anual y mensual multianual (mm)
SCH y CH.

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media anual
5102020 1	111. 6	109. 6	125. 8	120. 5	112. 6	108. 6	120. 3	129. 0	120. 6	117. 5	106. 6	109. 9	1392. 6
5102020 2	111. 8	109. 3	124. 7	119. 7	112. 5	109. 0	120. 9	129. 6	121. 2	117. 6	106. 5	109. 9	1392. 8
5102020 3	111. 4	108. 7	123. 5	118. 8	112. 0	108. 9	120. 7	129. 4	121. 0	117. 2	106. 0	109. 5	1386. 9
5102020 4	111. 7	108. 6	122. 9	118. 5	112. 1	109. 2	121. 3	129. 9	121. 4	117. 4	106. 0	109. 6	1388. 5
5102020 5	111. 7	108. 3	122. 2	118. 0	112. 0	109. 4	121. 5	130. 1	121. 7	117. 4	105. 8	109. 5	1387. 7
5102020 6	111. 6	107. 9	121. 2	117. 3	111. 7	109. 4	121. 6	130. 2	121. 8	117. 2	105. 5	109. 3	1384. 6
5102020 7	111. 2	106. 8	119. 1	115. 6	110. 9	109. 3	121. 7	130. 3	122. 0	116. 8	104. 8	108. 6	1377. 1
5102020 8	111. 2	106. 6	118. 5	115. 2	110. 8	109. 3	121. 8	130. 4	122. 1	116. 7	104. 7	108. 5	1375. 7
5102020 9	110. 7	105. 4	116. 1	113. 3	109. 9	109. 1	122. 0	130. 8	122. 5	116. 4	103. 9	107. 8	1367. 8
5102021 0	109. 6	104. 4	115. 0	112. 3	108. 8	108. 0	120. 6	129. 1	121. 0	115. 1	102. 9	106. 8	1353. 7
5102021 1	111. 3	106. 7	118. 4	115. 2	110. 9	109. 5	122. 0	130. 6	122. 2	116. 8	104. 7	108. 7	1377. 1
5102021 2	109. 5	105. 0	116. 6	113. 7	109. 2	107. 6	119. 5	127. 6	119. 6	114. 6	102. 9	107. 0	1352. 9
5102021 3	110. 9	106. 6	118. 8	115. 5	110. 7	108. 9	121. 1	129. 5	121. 2	116. 2	104. 4	108. 4	1372. 2
5102021 4	111. 2	107. 1	119. 8	116. 3	111. 1	109. 1	121. 2	129. 7	121. 4	116. 6	104. 9	108. 8	1377. 2
5102021 5	111. 5	108. 3	122. 4	118. 1	111. 9	109. 1	121. 1	129. 6	121. 2	117. 1	105. 7	109. 4	1385. 4
5102021 6	111. 4	109. 1	124. 6	119. 7	112. 3	108. 6	120. 3	128. 9	120. 5	117. 2	106. 2	109. 6	1388. 4
5102021 7	111. 3	109. 3	125. 4	120. 2	112. 3	108. 3	119. 9	128. 4	120. 1	117. 1	106. 3	109. 7	1388. 4
5102021 8	111. 2	109. 9	127. 1	121. 3	112. 6	107. 9	119. 2	127. 8	119. 5	117. 1	106. 7	109. 8	1389. 9
5102021 9	111. 2	109. 2	125. 2	119. 9	112. 2	108. 3	119. 9	128. 5	120. 2	117. 1	106. 2	109. 6	1387. 6

5102022 0	111. 4	109. 2	125. 1	119. 9	112. 3	108. 5	120. 1	128. 7	120. 4	117. 2	106. 3	109. 6	1388. 7
5102022 1	111. 4	109. 2	124. 9	119. 8	112. 3	108. 6	120. 3	128. 9	120. 5	117. 2	106. 3	109. 7	1389. 1
5102022 2	111. 4	108. 8	123. 9	119. 1	112. 1	108. 7	120. 5	129. 0	120. 7	117. 1	106. 0	109. 5	1386. 6
5102022 3	110. 6	105. 4	116. 3	113. 3	109. 8	108. 9	121. 7	130. 4	122. 1	116. 2	103. 8	107. 7	1366. 1
5102022 4	110. 8	105. 7	116. 8	113. 8	110. 1	109. 1	121. 8	130. 5	122. 2	116. 4	104. 1	108. 0	1369. 1
5102022 5	111. 5	106. 6	118. 0	114. 9	110. 9	109. 8	122. 5	131. 1	122. 7	117. 0	104. 8	108. 7	1378. 5
5102022 6	111. 5	107. 5	120. 3	116. 7	111. 5	109. 4	121. 7	130. 2	121. 8	117. 0	105. 2	109. 1	1382. 0
5102022 7	111. 4	109. 4	125. 3	120. 1	112. 4	108. 5	120. 2	128. 8	120. 4	117. 3	106. 4	109. 8	1390. 0
CH	111. 1	108. 4	123. 4	118. 6	111. 8	108. 4	120. 2	128. 8	120. 5	116. 9	105. 8	109. 2	1383. 1

3.1.4.6 Evapotranspiración Real ETR.

El método utilizado para el cálculo de la Evapotranspiración Real (ETR), fue el descrito por (Budyko, 1974), el cual representa la ETR en función de variables climatológicas tales como la ETP y la precipitación (P).

Distribución espacial.

La espacialización de la ETR es realizada a partir de las variables climatológicas de insumo (ETP y P), interpoladas en toda la longitud diaria desde 01/01/1990 hasta 31/12/2018, para cada una de las unidades de SCH y CH. A continuación, se presenta la salida cartográfica que relaciona la variación anual del ETR en la cuenca, con rango conformado por valores entre las 1235.5 mm hasta las 1284.0 mm al año, y valor medio anual de 1259.7 milímetros.

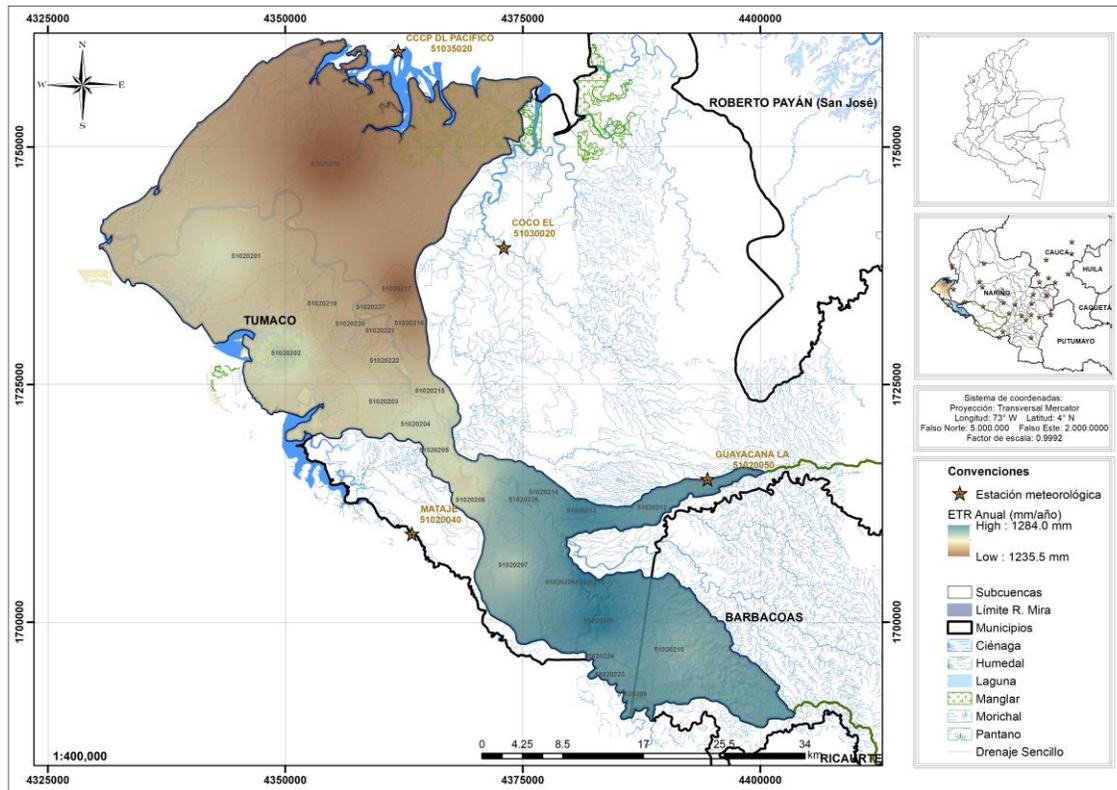


Figura 20. Distribución espacial de la Evapotranspiración Real ETR media anual (mm).

Adicionalmente, se presenta en la siguiente tabla, los valores medios anuales de Evapotranspiración Real (ETR) estimados para las 27 subcuencas (SCH) y la Cuenca Hidrográfica (CH) objeto de ordenación, los cuales representan la distribución espacial del parámetro en cuestión.

Tabla 27. Evapotranspiración Real ETR media anual (mm) por SCH y CH.

Código	Nombre	ETR
51020201	Directos R. Mayo entre Quebrada Huevo Hondo y Río Patía (md)	1259.2
51020202	Quebrada Huevo Hondo	1262.7
51020203	Zanjón La Aguada	1257.8
51020204	Quebrada Charguayaco	1260.2
51020205	Quebrada Santana	1259.1
51020206	Quebrada La Fragua	1257.1
51020207	Quebrada de Cusillo	1264.0
51020208	Quebrada Los Molinos	1274.2
51020209	Río Tajumbina	1275.4
51020210	Directos R. Mayo entre Cuenca Alta y Río Tajumbina (md)	1269.2

Código	Nombre	ETR
51020211	Directos R. Mayo entre Cuenca Alta y Quebrada La Honda - La Cruz, Nariño (mi)	1282.7
51020212	Quebrada La Honda - La Cruz, Nariño	1274.5
51020213	Quebrada San Gerardo	1279.7
51020214	Quebrada Francia	1274.1
51020215	Quebrada Las Palmas	1261.8
51020216	Quebrada de Bateros	1245.8
51020217	Quebrada La Chorrera - San Pablo, Nariño	1237.6
51020218	Quebrada El Lindero	1235.5
51020219	Directos R. Mayo entre Quebrada El Lindero y Quebrada Angostura Honda (mi)	1252.0
51020220	Quebrada Angostura Honda	1251.5
51020221	Directos R. Mayo entre Quebrada Angostura Honda y Quebrada La Honda - Florencia, Cauca (mi)	1250.6
51020222	Quebrada La Honda - Florencia, Cauca	1254.5
51020223	Directos R. Mayo entre Quebrada La Honda - Florencia, Cauca y Quebrada El Rubí (mi)	1273.3
51020224	Quebrada El Rubí	1274.9
51020225	Quebrada de Palo Verde	1284.0
51020226	Quebrada El Palenque	1272.2
51020227	Quebrada las Cañadas	1248.5
CH	Quebrada La Honda - Mercaderes, Cauca	1259.7

3.1.4.7 Balance hídrico de largo plazo.

El balance hídrico de largo plazo estima la respuesta hidrológica en un área de cuenca determinada a partir de los atributos estadísticos del estado del tiempo en escala anual.

Distribución espacial.

La espacialización del balance hídrico de largo plazo, es realizado a partir de la interpolación diaria de las variables climatológicas de insumo (P, ETR) desde el 01/01/1990 hasta 31/12/2018. El balance hídrico es expresado en términos de su escurrimiento (mm/año) y en caudal medio anual (m³/s), el cual se calcula al multiplicar el escurrimiento por la extensión superficial de cada una de las unidades de SCH y CH.

A continuación, se presenta la distribución espacial del escurrimiento, así como sus respectivos valores medios anuales para las unidades hidrográficas de interés.

Tabla 28. Balance hídrico de largo plazo en términos de escurrimiento (mm) por SCH y CH.

Código	Nombre	Escurr.
51020201	Directos R. Mayo entre Quebrada Hueco Hondo y Río Patía (md)	2396.1
51020202	Quebrada Hueco Hondo	2477.0
51020203	Zanjón La Aguada	2488.1
51020204	Quebrada Charguayaco	2527.6
51020205	Quebrada Santana	2535.6
51020206	Quebrada La Fragua	2564.9
51020207	Quebrada de Cusillo	2892.6
51020208	Quebrada Los Molinos	3274.2
51020209	Río Tajumbina	3622.7
51020210	Directos R. Mayo entre Cuenca Alta y Río Tajumbina (md)	3977.4
51020211	Directos R. Mayo entre Cuenca Alta y Quebrada La Honda - La Cruz, Nariño (mi)	3596.0
51020212	Quebrada La Honda - La Cruz, Nariño	4418.4
51020213	Quebrada San Gerardo	3663.9
51020214	Quebrada Francia	3222.0
51020215	Quebrada Las Palmas	2615.6
51020216	Quebrada de Bateros	2235.3
51020217	Quebrada La Chorrera - San Pablo, Nariño	2107.6
51020218	Quebrada El Lindero	2010.4
51020219	Directos R. Mayo entre Quebrada El Lindero y Quebrada Angostura Honda (mi)	2341.6
51020220	Quebrada Angostura Honda	2319.7
51020221	Directos R. Mayo entre Quebrada Angostura Honda y Quebrada La Honda - Florencia, Cauca (mi)	2301.1
51020222	Quebrada La Honda - Florencia, Cauca	2417.7
51020223	Directos R. Mayo entre Quebrada La Honda - Florencia, Cauca y Quebrada El Rubí (mi)	3593.9
51020224	Quebrada El Rubí	3549.2
51020225	Quebrada de Palo Verde	3594.1
51020226	Quebrada El Palenque	3009.4
51020227	Quebrada las Cañadas	2249.9
CH	Quebrada La Honda - Mercaderes, Cauca	2589.4

La cuenca hidrográfica objeto de estudio, presenta valores de Escurrimiento (mm/año) estimado a partir del balance hídrico de largo plazo, con fluctuación entre 2010.4 mm hasta los 4418.5 mm, estableciéndose un valor medio de 2589.4 mm/año.

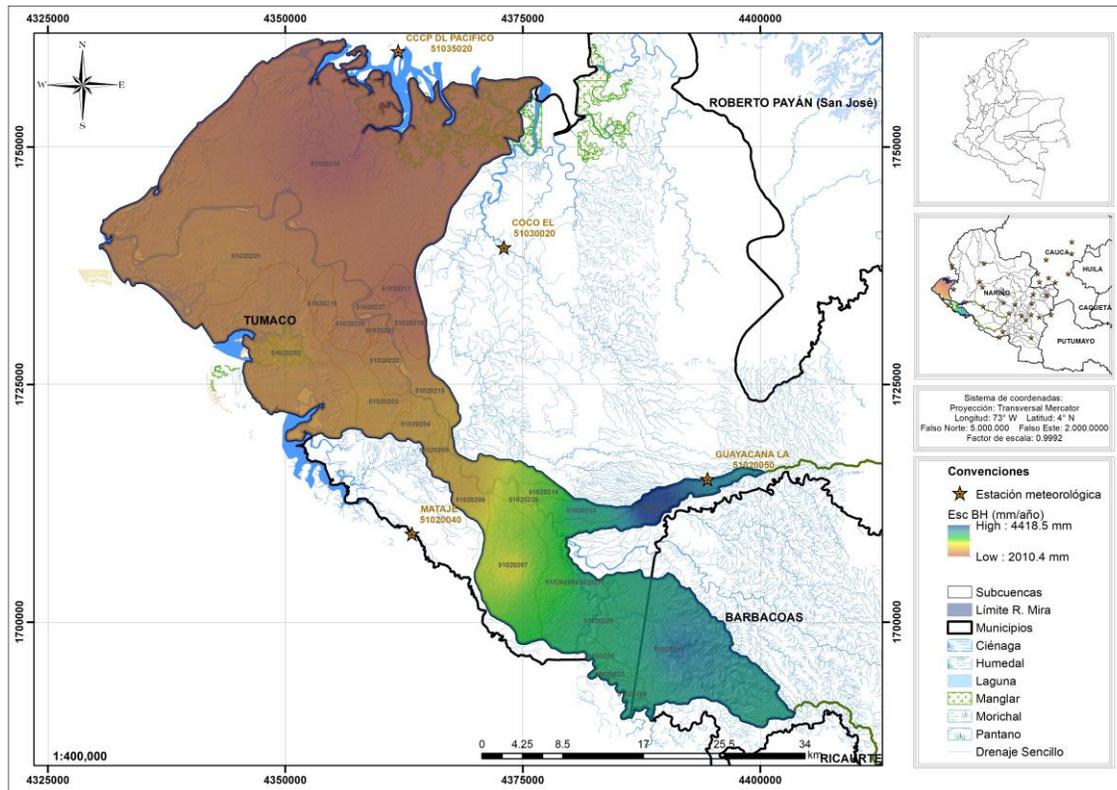


Figura 21. Balance hídrico de largo plazo en términos de escurrimiento (mm/año) por SCH y CH.

Adicionalmente, se incluyen la gráfica y tabla que relaciona los valores anuales de caudal (m3/s) estimados para las subcuencas y cuenca hidrográfica.

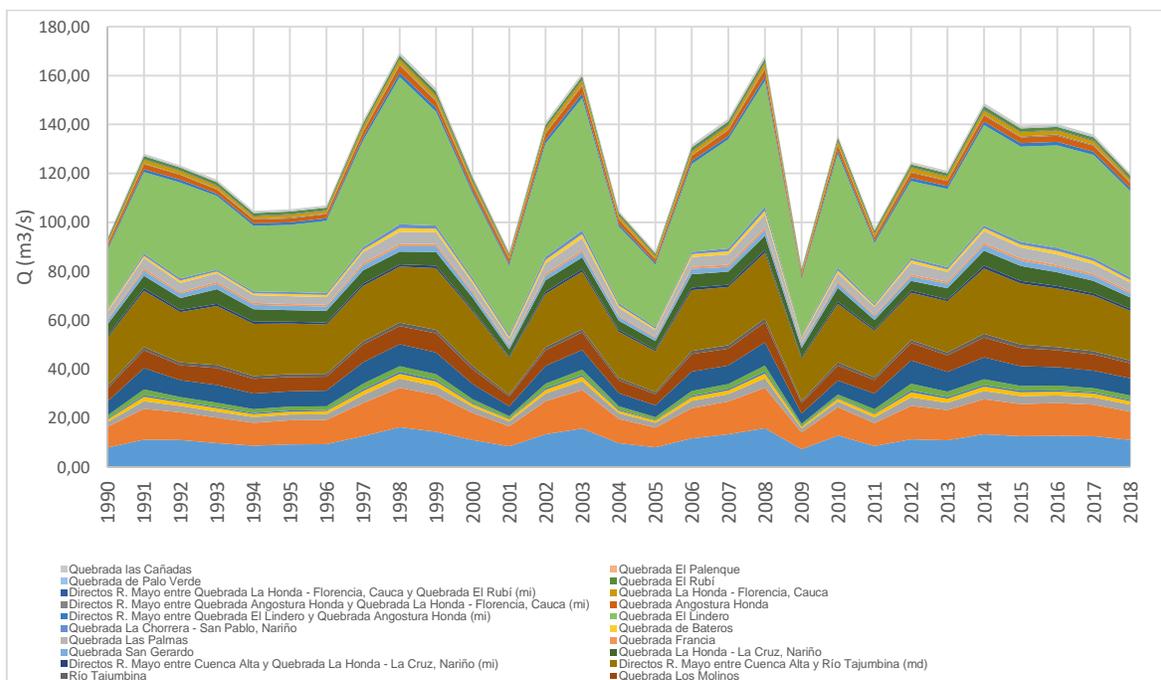


Figura 22. Variación temporal del balance hídrico en términos de caudal (m³/s) por SCH y CH.

Tabla 29. Balance hídrico de largo plazo en términos de caudal (m³/s) por SCH y CH.

Código	Nombre	Q BHI
51020201	Directos R. Mayo entre Quebrada Hueco Hondo y Río Patía (md)	11.43
51020202	Quebrada Hueco Hondo	11.88
51020203	Zanjón La Aguada	2.81
51020204	Quebrada Charguayaco	1.47
51020205	Quebrada Santana	0.54
51020206	Quebrada La Fragua	1.82
51020207	Quebrada de Cusillo	7.14
51020208	Quebrada Los Molinos	6.41
51020209	Río Tajumbina	1.23
51020210	Directos R. Mayo entre Cuenca Alta y Río Tajumbina (md)	21.83
51020211	Directos R. Mayo entre Cuenca Alta y Quebrada La Honda - La Cruz, Nariño (mi)	0.90
51020212	Quebrada La Honda - La Cruz, Nariño	4.87
51020213	Quebrada San Gerardo	1.90
51020214	Quebrada Francia	0.78
51020215	Quebrada Las Palmas	3.81
51020216	Quebrada de Bateros	1.09
51020217	Quebrada La Chorrera - San Pablo, Nariño	0.99
51020218	Quebrada El Lindero	36.88

Código	Nombre	Q BHI
51020219	Directos R. Mayo entre Quebrada El Lindero y Quebrada Angostura Honda (mi)	1.23
51020220	Quebrada Angostura Honda	2.07
51020221	Directos R. Mayo entre Quebrada Angostura Honda y Quebrada La Honda - Florencia, Cauca (mi)	0.34
51020222	Quebrada La Honda - Florencia, Cauca	1.45
51020223	Directos R. Mayo entre Quebrada La Honda - Florencia, Cauca y Quebrada El Rubí (mi)	0.29
51020224	Quebrada El Rubí	1.11
51020225	Quebrada de Palo Verde	0.38
51020226	Quebrada El Palenque	0.16
51020227	Quebrada las Cañadas	0.48
510202	CH	124.96

3.1.5 Índice de Aridez (IA).

El índice de aridez (IA) determina de forma cualitativa, las zonas con excedentes o déficit de aguas, en donde la dinámica del clima, sostiene determinada disponibilidad de agua en el suelo y subsuelo, asociada al desarrollo y permanencia de coberturas en la superficie terrestre.

Distribución espacial.

La espacialización del Índice de Aridez, es realizada a partir de la interpolación diaria de las variables climatológicas de insumo (ETP, ETR) desde el 01/01/1990 hasta 31/12/2018, asociadas a cada una de las superficies de Subcuenca y Cuenca Hidrográfica. A continuación, se presenta la variación espacial I del índice de aridez en la cuenca, con rango conformado entre los 0.06 hasta los 0.11, valor medio de 0.089 (altos excedentes de agua).

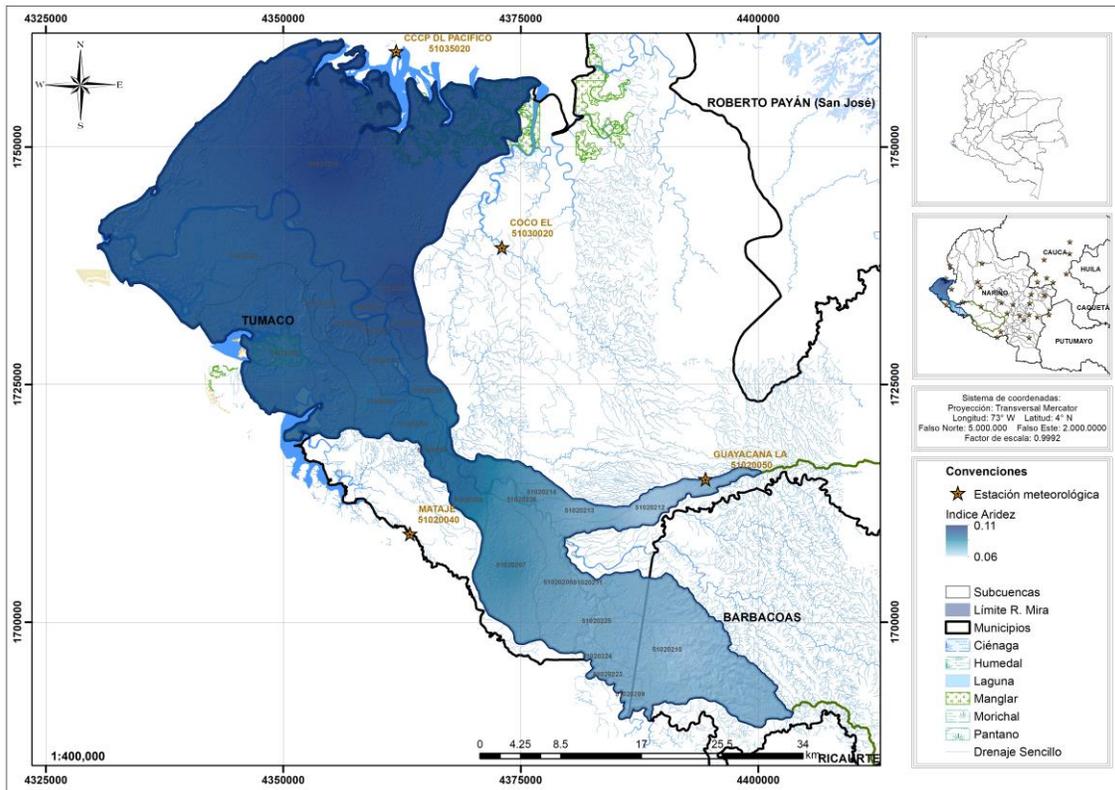


Figura 23. Distribución espacial del Índice de Aridez en la cuenca hidrográfica.

Adicionalmente, se presenta en la siguiente tabla, los valores medios anuales del Índice (IA), estimados para las 27 Subcuencas (SCH) y la Cuenca Hidrográfica (CH) objeto de ordenación, los cuales representan la distribución espacial del parámetro en cuestión.

Tabla 30. Índice de Aridez (IA) estimados a nivel de SCH y CH

Código	Nombre	IA
51020201	Directos R. Mayo entre Quebrada Hueco Hondo y Río Patía (md)	0.096
51020202	Quebrada Hueco Hondo	0.093
51020203	Zanjón La Aguada	0.093
51020204	Quebrada Charguayaco	0.092
51020205	Quebrada Santana	0.093
51020206	Quebrada La Fragua	0.092
51020207	Quebrada de Cusillo	0.082
51020208	Quebrada Los Molinos	0.074
51020209	Río Tajumbina	0.068
51020210	Directos R. Mayo entre Cuenca Alta y Río Tajumbina (md)	0.062
51020211	Directos R. Mayo entre Cuenca Alta y Quebrada La Honda - La Cruz, Nariño (mi)	0.068
51020212	Quebrada La Honda - La Cruz, Nariño	0.058

51020213	Quebrada San Gerardo	0.067
51020214	Quebrada Francia	0.075
51020215	Quebrada Las Palmas	0.089
51020216	Quebrada de Bateros	0.103
51020217	Quebrada La Chorrera - San Pablo, Nariño	0.108
51020218	Quebrada El Lindero	0.111
51020219	Directos R. Mayo entre Quebrada El Lindero y Quebrada Angostura Honda (mi)	0.098
51020220	Quebrada Angostura Honda	0.099
51020221	Directos R. Mayo entre Quebrada Angostura Honda y Quebrada La Honda - Florencia, Cauca (mi)	0.100
51020222	Quebrada La Honda - Florencia, Cauca	0.095
51020223	Directos R. Mayo entre Quebrada La Honda - Florencia, Cauca y Quebrada El Rubí (mi)	0.068
51020224	Quebrada El Rubí	0.069
51020225	Quebrada de Palo Verde	0.068
51020226	Quebrada El Palenque	0.079
51020227	Quebrada las Cañadas	0.102
CH	Quebrada La Honda - Mercaderes, Cauca	0.089

3.1.6 Clasificación climática.

La cuenca hidrográfica del río Mira, se encuentra caracterizada principalmente por tener un clima *Cálido Húmedo* (76.55%), seguido por la clasificación de *Cálido Superhúmedo* (22.45%), especialmente por la alta pluviosidad marcada al sureste de la cuenca objeto de ordenación. En la parte alta de la unidad, específicamente en la subcuenca de La Quebrada Quejuambí (51020210), se observa una pequeña proporción en *Templado Superhúmedo* con 1.6272 km² que corresponde al 0.11% del área total de la cuenca. Adicionalmente, en la zona norte, muy cercana al centro urbano de Tumaco, se establece la clasificación de *Cálido Semihúmedo* con una distribución del 0.89%. En la Figura 24 y Tabla 20 se presenta la distribución espacial y porcentual de la clasificación de Caldas Lang para la cuenca.

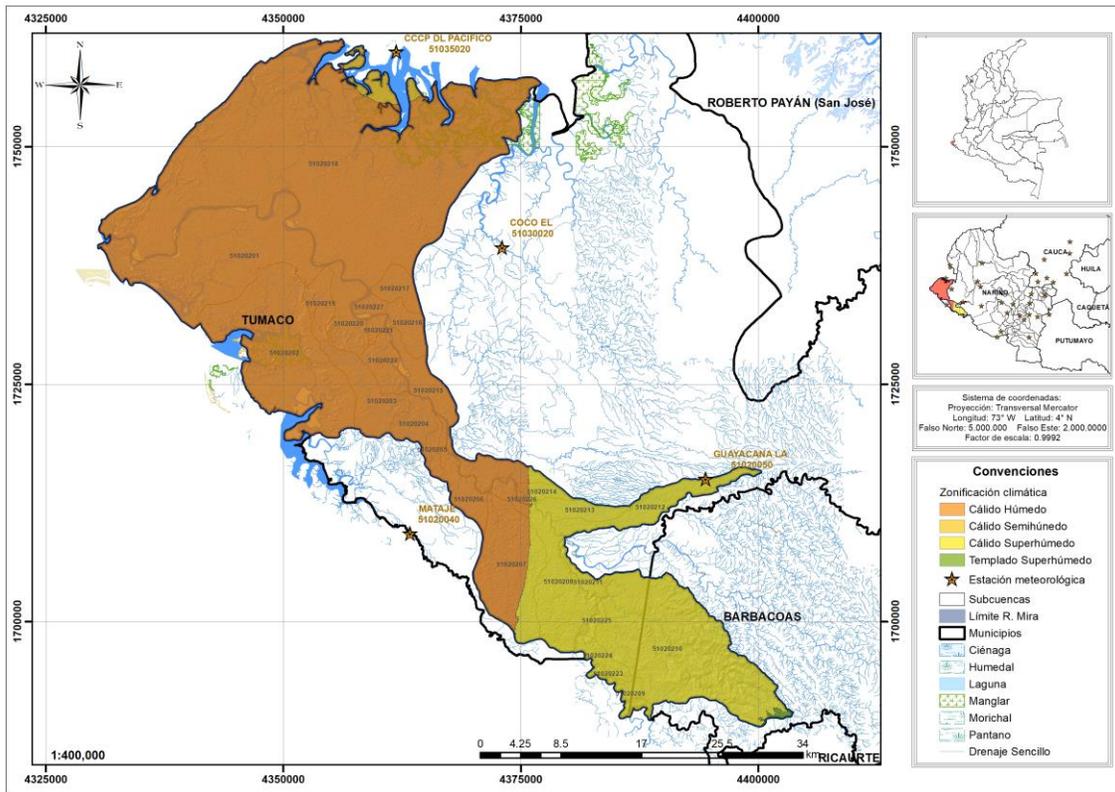


Figura 24. Clasificación climática Caldas Lang. Cuenca del río Mira.

Tabla 31. Distribución de la zonificación climática en la cuenca del río Mira.

Z_CLIMAT	Área (km2)	Distribución
Cálido Húmedo	1165.0476	76.55%
Cálido Semihúmedo	13.5174	0.89%
Cálido Superhúmedo	341.6996	22.45%
Templado Superhúmedo	1.6272	0.11%

A nivel de subcuencas, la mayoría se encuentran principalmente en clasificación de *Cálido Húmedo*, con la diferencia de las unidades de Directos río Mira entre Quebrada La Isla - Quebrada La Honda (md), Directos río Mira entre Río San Juan - Quebrada La Isla (mi), Quebrada Quejuambí, Directos río Mira entre Quebrada Quejuambí - Río Güiza (mi), Quebrada Pianulpí, Quebrada Chinguirito, Quebrada La Chorrera, Quebrada La Isla, Directos río Mira entre Quebrada Mogui - Quebrada Quejuambí (mi), y la Quebrada Mogui; las cuales se zonifican dentro de *Cálido Superhúmedo* coincidiendo dichas unidades con la localización al sureste de la cuenca. Es de resaltar, que La Quebrada Quejuambí, también caracteriza una pequeña proporción de su superficie (0.94%) en *Templado Superhúmedo*,

presentándose únicamente en dicha subcuenca. A continuación (Figura 25), se incluye la distribución porcentual de la zonificación de Caldas Lang por subcuenca.

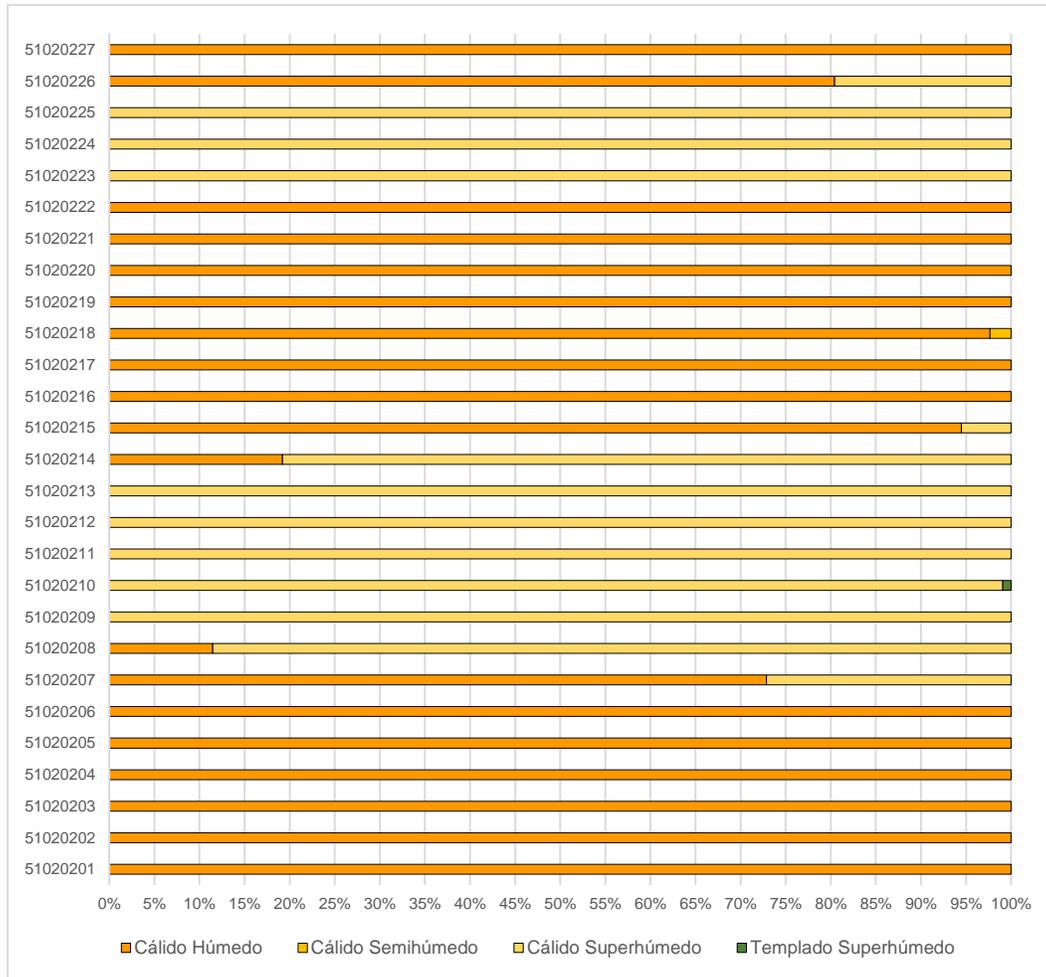


Figura 25. Distribución porcentual de la zonificación climática a nivel de subcuencas.

Tabla 32. Extensión superficial de la zonificación a nivel de cuenca y subcuencas.

Código SCH	Área (km ²)				Área Subtotal (km ²)
	Cálido Húmedo	Cálido Semihúmedo	Cálido Superhúmedo	Templado Superhúmedo	
5102001	150.4682	0.0000	0.0000	0.0000	150.4682
5102002	151.2083	0.0000	0.0000	0.0000	151.2083
5102003	35.5807	0.0000	0.0000	0.0000	35.5807
5102004	18.2927	0.0000	0.0000	0.0000	18.2927
5102005	6.7350	0.0000	0.0000	0.0000	6.7350
5102006	22.4234	0.0000	0.0000	0.0000	22.4234
5102007	56.7165	0.0000	21.1138	0.0000	77.8304
5102008	7.0723	0.0000	54.6963	0.0000	61.7687
5102009	0.0000	0.0000	10.6977	0.0000	10.6977
5102010	0.0000	0.0000	171.4696	1.6272	173.0967

51020211	0.0000	0.0000	7.8979	0.0000	7.8979
51020212	0.0000	0.0000	34.7325	0.0000	34.7325
51020213	0.0000	0.0000	16.3174	0.0000	16.3174
51020214	1.4709	0.0000	6.1891	0.0000	7.6600
51020215	43.3411	0.0000	2.5353	0.0000	45.8763
51020216	15.3897	0.0000	0.0000	0.0000	15.3897
51020217	14.8315	0.0000	0.0000	0.0000	14.8315
51020218	565.0189	13.5174	0.0000	0.0000	578.5363
51020219	16.5673	0.0000	0.0000	0.0000	16.5673
51020220	28.1686	0.0000	0.0000	0.0000	28.1686
51020221	4.7033	0.0000	0.0000	0.0000	4.7033
51020222	18.9490	0.0000	0.0000	0.0000	18.9490
51020223	0.0000	0.0000	2.5204	0.0000	2.5204
51020224	0.0000	0.0000	9.8539	0.0000	9.8539
51020225	0.0000	0.0000	3.3558	0.0000	3.3558
51020226	1.3156	0.0000	0.3198	0.0000	1.6354
51020227	6.7947	0.0000	0.0000	0.0000	6.7947
Cuenca	1165.0476	13.5174	341.6996	1.6272	1521.8917

3.1.7 Precipitación máxima en 24 horas.

Después de calcular las frecuencias máximas de ocurrencia por ambos métodos, se realiza una prueba de bondad de ajuste que consiste en comprobar gráfica y estadísticamente si la frecuencia de la serie analizada converge en una determinada función de probabilidad teórica seleccionada. Esto permite con las pruebas estadísticas, reducir la incertidumbre al suponer que una variable aleatoria se distribuya según cierta función de probabilidad. Entre las pruebas de bondad de ajuste más utilizadas se encuentra el estadístico de Chi Cuadrado, el cual es considerado como una prueba no paramétrica que mide las diferencias entre una distribución observada clasificada en categorías y otra teórica determinada mediante la distribución seleccionada, indicando la medida de las diferencias existentes entre ambas. Para aceptarse la distribución se debe cumplir.

$$\frac{\sum_{i=1}^k (\theta_i - \varepsilon_i)^2}{\varepsilon_i} < \chi_{1-\alpha}^2$$

Donde $\chi_{1-\alpha}^2$ es el valor de una variable aleatoria con distribución Chi Cuadrado para $k - 1 - n$ grados de libertad y un nivel de significancia $1-\alpha$, k es el número de intervalos y n es el número de parámetros empleados por la función de distribución. θ_i, ε_i son la frecuencia absoluta observada y la frecuencia teórica en el intervalo i , respectivamente. La frecuencia teórica en el intervalo ε_i es.

$$\varepsilon_i = n[F(S_i) - F(I_i)]$$

Donde $F(S_i)$ y $F(I_i)$ son la función de distribución de probabilidades en el límite superior e inferior del intervalo i respectivamente, y n es el tamaño de la muestra.

Tabla 33. Precipitación máxima en 24 h. para diferentes Periodos de retorno (Tr).

Tr Años	JUNIN [5102 0010]	MATAJE [5102 0040]	GUAYACAN A LA [51020 050]	COC O EL [5103 0020]	CCC P DL PACI FICO [5103 5020]	GUAC HAVE S [52050 050]	CUM BAL [5205 0110]	CHIL ES [5205 0130]	SAN DE EL [5206 0050]	BARB ACOA S [52065 020]	MAG UI [5207 0010]	SALA HONDA [52090 010]	SAN JOSE DE TAPA JE [5302 0020]
2	140.7	130.0	134.7	115.7	126.8	57.1	38.7	39.8	112.8	148.1	112.4	140.0	139.2
2.33	144.6	134.2	136.9	119.0	133.4	60.1	40.5	42.1	116.0	152.9	124.3	143.7	143.6
5	162.1	146.1	147.7	131.8	157.7	73.2	48.9	53.3	129.3	173.7	170.0	155.9	158.7
10	176.8	151.0	157.7	140.4	172.8	83.9	56.5	63.7	139.1	190.6	199.2	162.5	167.7
15	185.3	152.7	163.8	144.8	179.9	90.0	61.1	70.1	144.3	200.1	212.8	165.3	171.8
20	191.4	153.5	168.2	147.7	184.3	94.2	64.5	74.8	147.8	206.8	221.2	167.0	174.4
25	196.0	154.1	171.7	149.8	187.5	97.5	67.1	78.6	150.5	212.0	227.1	168.1	176.2
30	199.9	154.4	174.6	151.5	190.0	100.1	69.3	81.8	152.7	216.1	231.6	169.0	177.6
50	210.8	155.1	183.1	155.9	196.2	107.5	75.8	91.2	158.5	227.8	242.6	171.1	181.0
100	225.9	155.6	195.2	161.4	203.3	117.4	85.1	105.0	166.1	243.6	254.7	173.3	185.0
200	241.6	155.7	208.1	166.5	209.3	127.3	95.1	120.3	173.5	259.2	264.0	174.9	188.2

En la Figura 26, se puede percibir la persistencia de la precipitación máxima para diferentes periodos de retorno, asociados a las funciones de densidad de probabilidad, donde 11 de las 13 estaciones evaluadas, contrastan mejor con FDP de Log Pearson Tipo III.

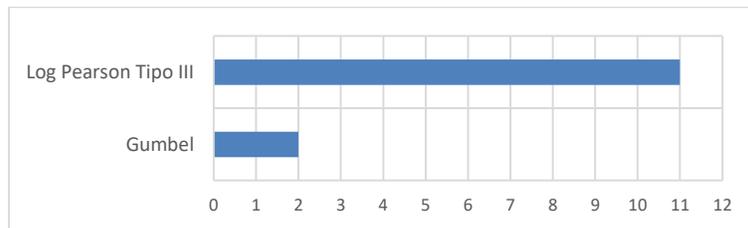
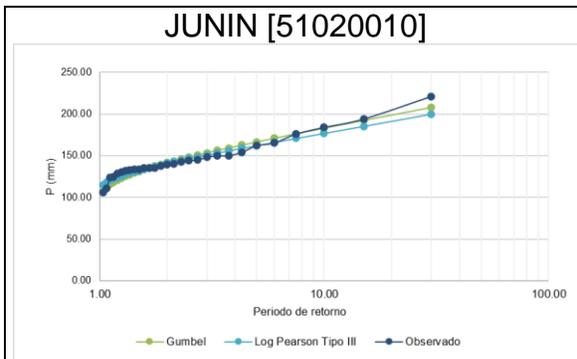


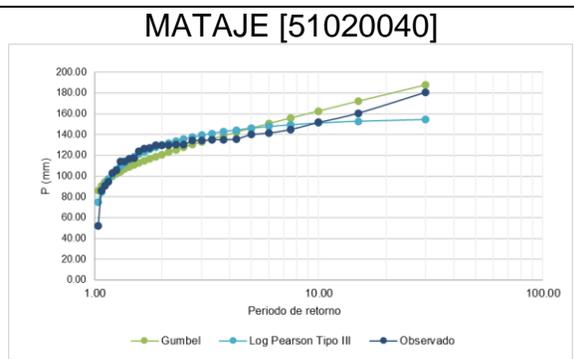
Figura 26. Distribuciones de probabilidad por estaciones.

Los registros de mayor magnitud para los periodos de retorno de 2.33, 5 y 10 años corresponde a la estación Barbacoas [52065020] con valores iguales a 152.9, 173.7 y 199.2. La estación Magui [52070010] presenta valores máximos de 254.7 y 264 para periodos de retorno de 100 y 200 años respectivamente. Los registros de menor magnitud para un periodo de retorno de 2.33, 5, 10, 100 y 200 años se presentan en la estación Cumbal [52050110] con valores 40.5, 48.9, 56.5, 85.1 y 95.1 respectivamente.

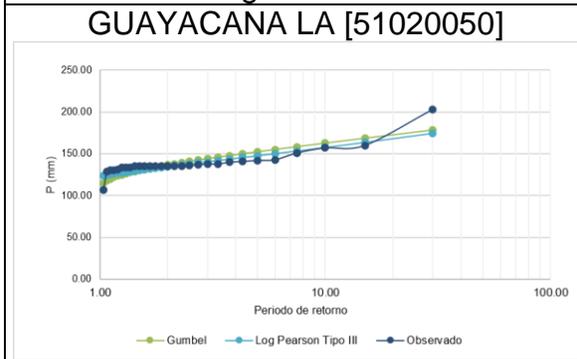
A continuación, se presenta la selección de las Funciones de Densidad de Probabilidad (FDP) Log-Pearson Tipo III y Gumbel para cada estación.



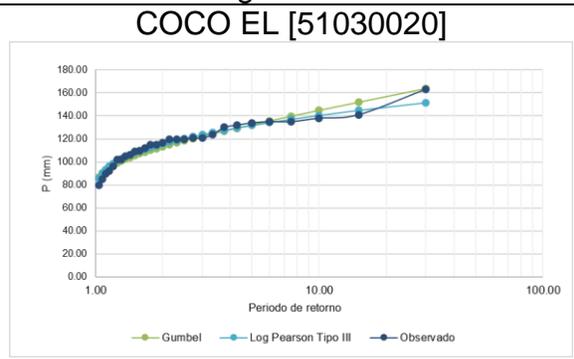
Log Pearson



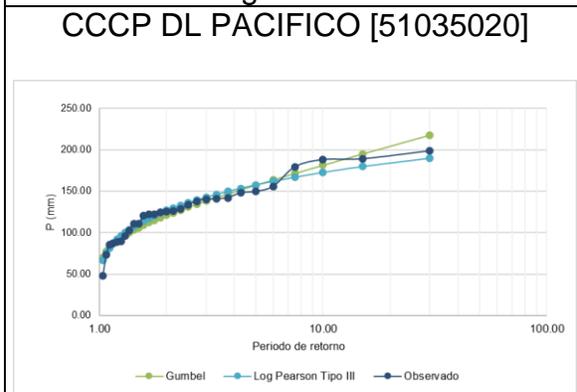
Log Pearson



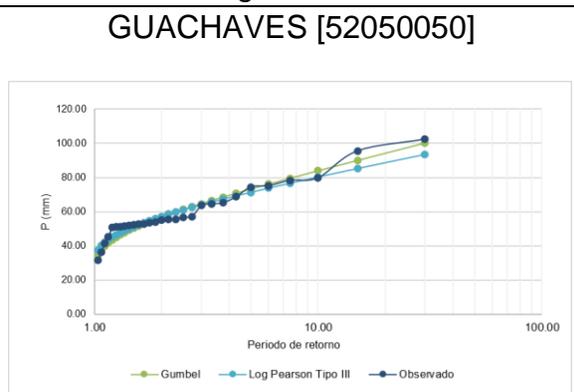
Log Pearson



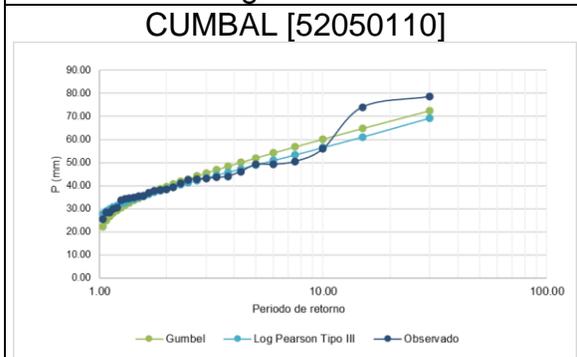
Log Pearson



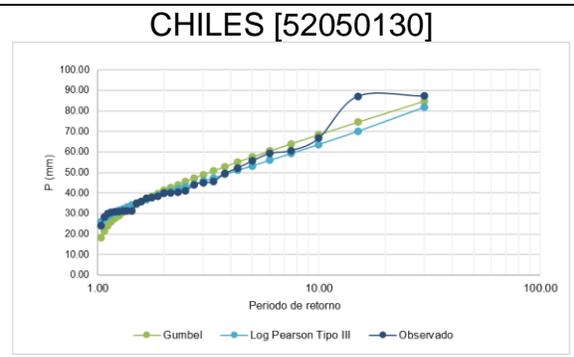
Log Pearson



Gumbel



Log Pearson



Log Pearson

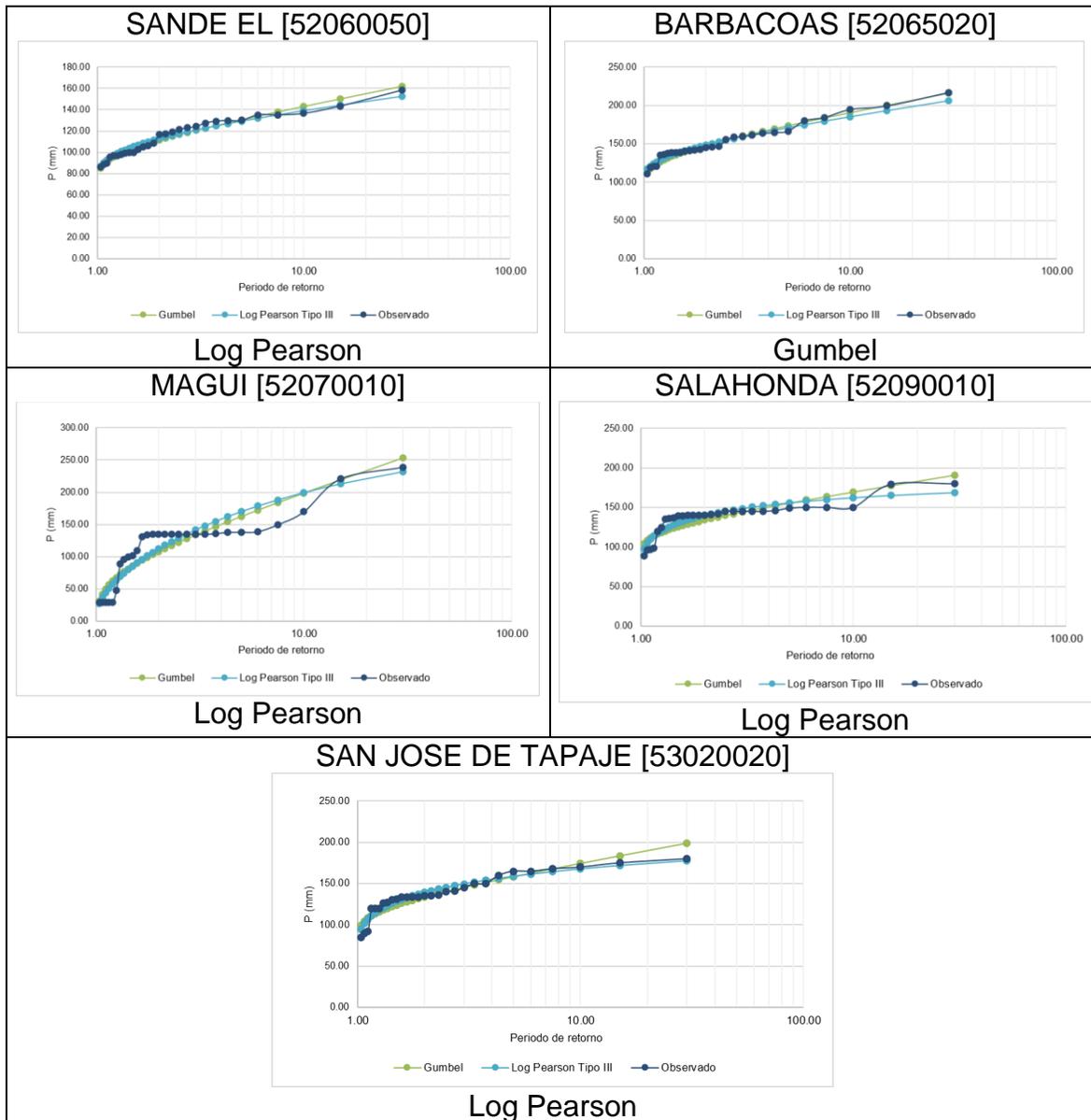


Figura 27. Resultados por Funciones de Distribución de Probabilidad (FDP).

3.1.8 Curvas Intensidad, duración y frecuencia (IDF).

La metodología empleada para la construcción de curvas IDF consiste en la aplicación de una ecuación sintética general, la cual se constituye mediante la correlación entre la precipitación máxima en 24 horas y la curvas IDF considerando diversos modelos empíricos para diferentes regiones de Colombia. La ecuación general se presenta a continuación.

$$I = a * \left(\frac{T^b}{(t/60)^c} \right) * M^d$$

Donde,

I: Intensidad de precipitación, mm/h.

T: Periodo de retorno, años.

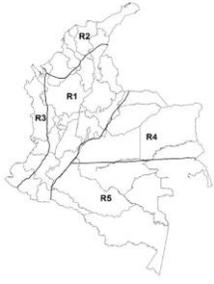
t: Duración de la lluvia, minutos.

M: Promedio de la precipitación máxima anual en 24 horas (mm).

La zona de estudio se encuentra localizada dentro de la región Pacífico (R3), donde se relacionan los coeficientes *a*, *b*, *c* y *d* para dicha región ya mencionada.

Tabla 34. Parámetros Curvas IDF para la Región Pacífico.
Fuente: (Vargas M. & Díaz-Granados, 1998).

Región	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.5	0.1
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.2
Orinoquia (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42



Por lo tanto, la expresión más representativa para la zona de estudio, que incorpora los parámetros de la región es la siguiente.

$$I = 13,92 * \left(\frac{T^{0.19}}{(t/60)^{0.58}} \right) * M^{0.2}$$

A continuación, se incluyen las curvas sintéticas de las estaciones aferentes a la cuenca, con registros de precipitación máxima en 24h para la ventana temporal comprendida entre los años 1990 y 2018.

Tabla 35. Valores de IDF. Estación Junin.

Duración de la Lluvia (min)	JUNIN [51020010]											
	I (mm/h)											
	2 Años	2.33 Años	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años	25 Años	30 Años	50 Años	100 Años	200 Años	
10	121.5	125.1	144.6	165.0	178.2	188.2	196.4	203.3	224.0	255.5	291.5	
15	96.1	98.9	114.3	130.4	140.9	148.8	155.2	160.7	177.1	202.0	230.4	
20	81.3	83.7	96.8	110.4	119.2	125.9	131.4	136.0	149.9	170.9	195.0	
30	64.3	66.1	76.5	87.2	94.2	99.5	103.8	107.5	118.5	135.1	154.1	
45	50.8	52.3	60.5	69.0	74.5	78.7	82.1	85.0	93.6	106.8	121.8	
60	43.0	44.3	51.2	58.4	63.0	66.6	69.5	71.9	79.2	90.4	103.1	
90	34.0	35.0	40.4	46.1	49.8	52.6	54.9	56.8	62.6	71.4	81.5	
120	28.8	29.6	34.2	39.0	42.2	44.5	46.5	48.1	53.0	60.5	69.0	
150	25.3	26.0	30.1	34.3	37.0	39.1	40.8	42.3	46.6	53.1	60.6	
180	22.7	23.4	27.1	30.9	33.3	35.2	36.7	38.0	41.9	47.8	54.5	
240	19.2	19.8	22.9	26.1	28.2	29.8	31.1	32.2	35.5	40.5	46.1	
300	16.9	17.4	20.1	22.9	24.8	26.2	27.3	28.3	31.2	35.5	40.5	
360	15.2	15.7	18.1	20.6	22.3	23.6	24.6	25.4	28.0	32.0	36.5	

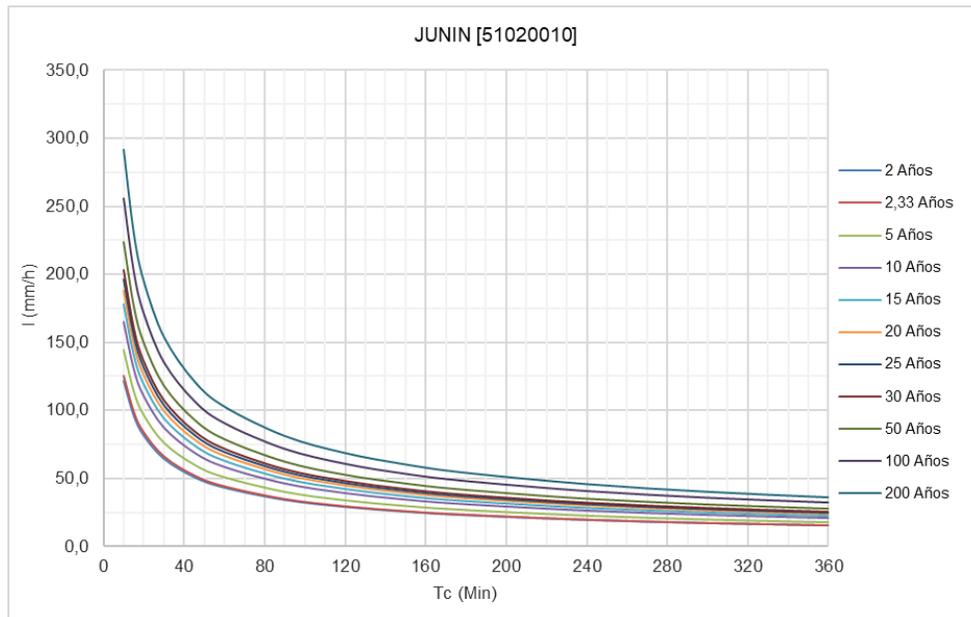


Figura 28. Curvas IDF. Estación Junin.

Tabla 36. Valores de IDF. Estación Mataje.

Duración de la Lluvia (min)	MATAJE [51020040]											
	I (mm/h)											
	2 Años	2.33 Años	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años	25 Años	30 Años	50 Años	100 Años	200 Años	
10	117.8	121.3	140.3	160.0	172.8	182.5	190.4	197.1	217.2	247.8	282.7	
15	93.1	95.9	110.9	126.5	136.6	144.3	150.5	155.8	171.7	195.9	223.4	
20	78.8	81.2	93.8	107.0	115.6	122.1	127.4	131.9	145.3	165.8	189.1	
30	62.3	64.1	74.2	84.6	91.4	96.5	100.7	104.2	114.9	131.0	149.5	
45	49.3	50.7	58.6	66.9	72.2	76.3	79.6	82.4	90.8	103.6	118.2	
60	41.7	42.9	49.6	56.6	61.1	64.6	67.4	69.7	76.8	87.7	100.0	
90	32.9	33.9	39.2	44.7	48.3	51.0	53.2	55.1	60.7	69.3	79.0	
120	27.9	28.7	33.2	37.9	40.9	43.2	45.1	46.6	51.4	58.6	66.9	
150	24.5	25.2	29.2	33.3	35.9	37.9	39.6	41.0	45.2	51.5	58.8	
180	22.0	22.7	26.2	29.9	32.3	34.1	35.6	36.9	40.6	46.4	52.9	
240	18.7	19.2	22.2	25.3	27.4	28.9	30.1	31.2	34.4	39.2	44.7	
300	16.4	16.9	19.5	22.3	24.0	25.4	26.5	27.4	30.2	34.5	39.3	
360	14.7	15.2	17.5	20.0	21.6	22.8	23.8	24.7	27.2	31.0	35.4	

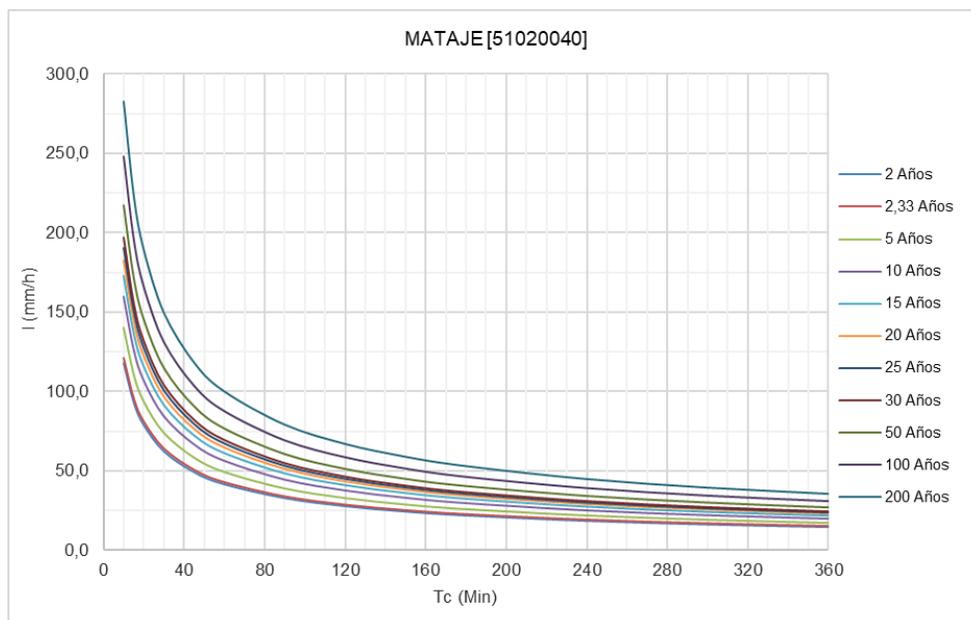


Figura 29. Curvas IDF. Estación Mataje.

Tabla 37. Valores de IDF. Estación Guayacana La.

Duración de la Lluvia (min)	GUAYACANA LA [51020050]											
	I (mm/h)											
	2 Años	2.33 Años	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años	25 Años	30 Años	50 Años	100 Años	200 Años	
10	120.4	124.0	143.3	163.5	176.6	186.5	194.6	201.5	222.0	253.2	288.9	
15	95.2	98.0	113.3	129.2	139.6	147.4	153.8	159.2	175.5	200.2	228.4	
20	80.6	82.9	95.9	109.4	118.1	124.8	130.2	134.8	148.5	169.4	193.3	
30	63.7	65.6	75.8	86.5	93.4	98.6	102.9	106.5	117.4	133.9	152.8	
45	50.3	51.8	59.9	68.3	73.8	78.0	81.3	84.2	92.8	105.8	120.7	
60	42.6	43.9	50.7	57.8	62.5	66.0	68.8	71.3	78.5	89.6	102.2	
90	33.7	34.7	40.1	45.7	49.4	52.2	54.4	56.3	62.1	70.8	80.8	
120	28.5	29.3	33.9	38.7	41.8	44.1	46.0	47.7	52.5	59.9	68.4	
150	25.0	25.8	29.8	34.0	36.7	38.8	40.5	41.9	46.2	52.7	60.1	
180	22.5	23.2	26.8	30.6	33.0	34.9	36.4	37.7	41.5	47.4	54.0	
240	19.1	19.6	22.7	25.9	28.0	29.5	30.8	31.9	35.1	40.1	45.7	
300	16.7	17.2	19.9	22.7	24.6	25.9	27.1	28.0	30.9	35.2	40.2	
360	15.1	15.5	17.9	20.5	22.1	23.3	24.3	25.2	27.8	31.7	36.1	

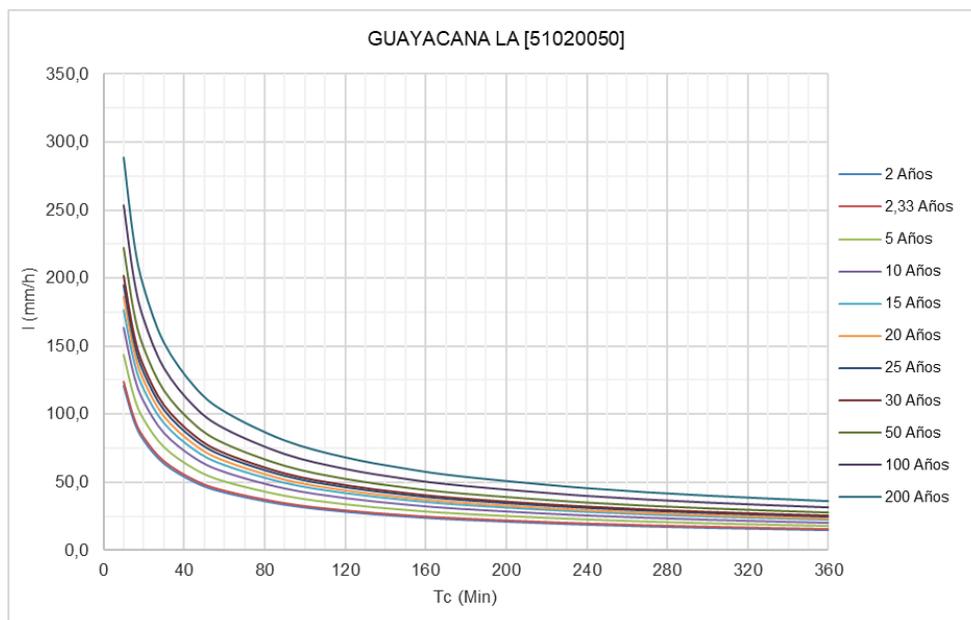


Figura 30. Curvas IDF. Estación Guayacana La.

Tabla 38. Valores de IDF. Estación Coco El.

Duración de la Lluvia (min)	COCO EL [51030020]											
	I (mm/h)											
	2 Años	2.33 Años	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años	25 Años	30 Años	50 Años	100 Años	200 Años	
10	116.2	119.6	138.3	157.8	170.4	180.0	187.8	194.4	214.2	244.3	278.7	
15	91.8	94.6	109.3	124.7	134.7	142.3	148.4	153.6	169.3	193.1	220.3	
20	77.7	80.0	92.5	105.5	114.0	120.4	125.6	130.0	143.3	163.5	186.5	
30	61.4	63.3	73.1	83.4	90.1	95.2	99.3	102.8	113.3	129.2	147.4	
45	48.6	50.0	57.8	65.9	71.2	75.2	78.5	81.2	89.5	102.1	116.5	
60	41.1	42.3	48.9	55.8	60.3	63.7	66.4	68.8	75.8	86.4	98.6	
90	32.5	33.4	38.7	44.1	47.6	50.3	52.5	54.3	59.9	68.3	77.9	
120	27.5	28.3	32.7	37.3	40.3	42.6	44.4	46.0	50.7	57.8	66.0	
150	24.2	24.9	28.8	32.8	35.4	37.4	39.0	40.4	44.5	50.8	58.0	
180	21.7	22.4	25.9	29.5	31.9	33.7	35.1	36.4	40.1	45.7	52.1	
240	18.4	18.9	21.9	25.0	27.0	28.5	29.7	30.8	33.9	38.7	44.1	
300	16.2	16.6	19.2	21.9	23.7	25.0	26.1	27.0	29.8	34.0	38.8	
360	14.5	15.0	17.3	19.7	21.3	22.5	23.5	24.3	26.8	30.6	34.9	

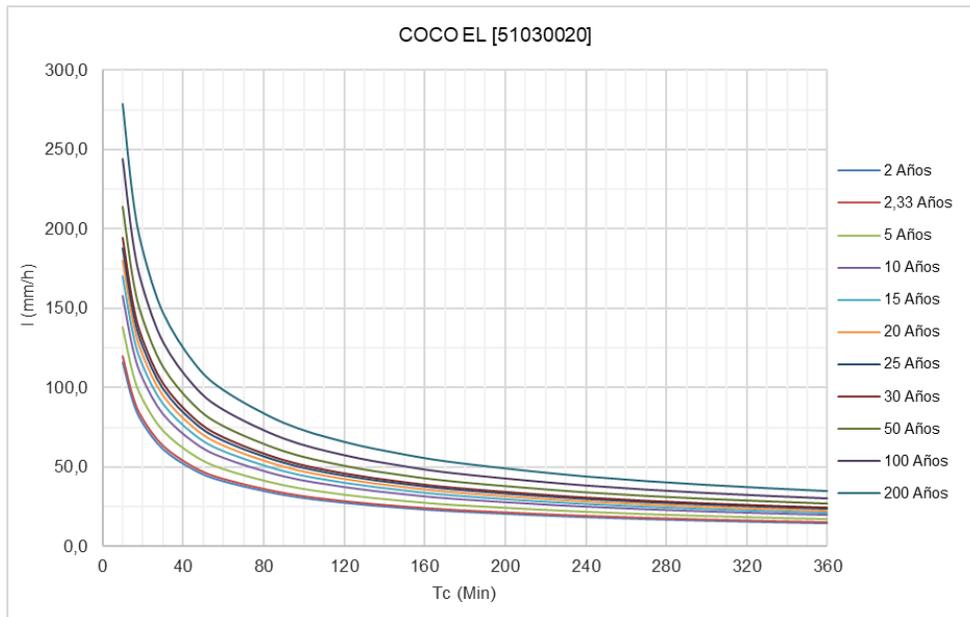


Figura 31. Curvas IDF. Estación Coco El.

Tabla 39. Valores de IDF. Estación CCCP DL Pacifico.

Duración de la Lluvia (min)	CCCP DL PACIFICO [51035020]										
	I (mm/h)										
	2 Años	2.33 Años	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años	25 Años	30 Años	50 Años	100 Años	200 Años
10	118.2	121.7	140.7	160.5	173.3	183.0	191.0	197.7	217.9	248.5	283.5
15	93.4	96.2	111.2	126.8	137.0	144.7	150.9	156.3	172.2	196.4	224.1
20	79.1	81.4	94.1	107.3	115.9	122.4	127.8	132.3	145.7	166.2	189.7
30	62.5	64.3	74.4	84.8	91.6	96.8	101.0	104.5	115.2	131.4	149.9
45	49.4	50.8	58.8	67.1	72.4	76.5	79.8	82.6	91.1	103.9	118.5
60	41.8	43.0	49.8	56.8	61.3	64.7	67.6	69.9	77.1	87.9	100.3
90	33.0	34.0	39.3	44.9	48.5	51.2	53.4	55.3	60.9	69.5	79.3
120	28.0	28.8	33.3	38.0	41.0	43.3	45.2	46.8	51.6	58.8	67.1
150	24.6	25.3	29.2	33.4	36.0	38.1	39.7	41.1	45.3	51.7	58.9
180	22.1	22.8	26.3	30.0	32.4	34.2	35.7	37.0	40.7	46.5	53.0
240	18.7	19.3	22.3	25.4	27.4	29.0	30.2	31.3	34.5	39.3	44.9
300	16.4	16.9	19.6	22.3	24.1	25.5	26.6	27.5	30.3	34.6	39.4
360	14.8	15.2	17.6	20.1	21.7	22.9	23.9	24.7	27.3	31.1	35.5

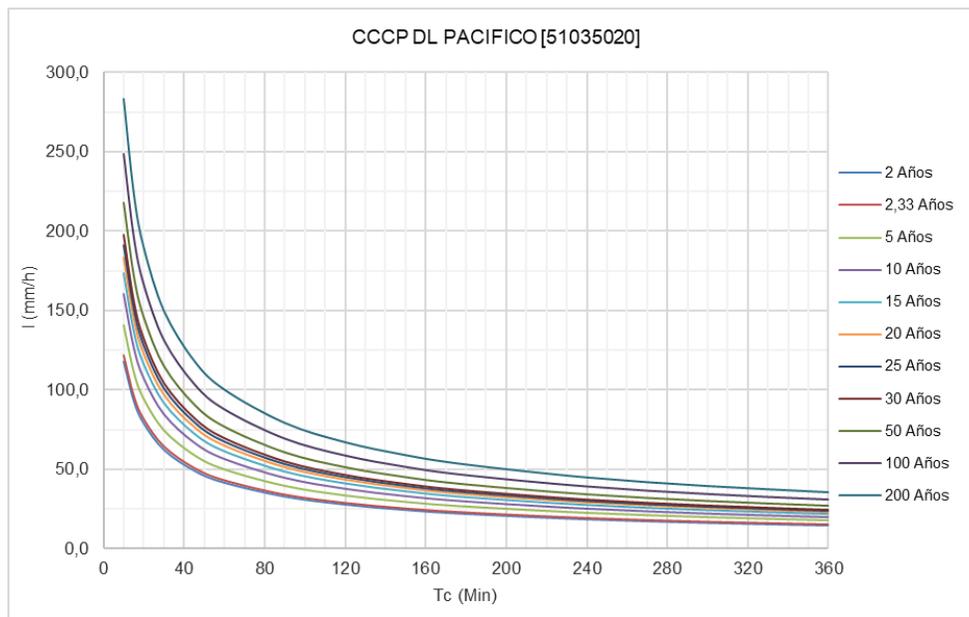


Figura 32. Curvas IDF. Estación CCCP DL Pacifico.

Tabla 40. Valores de IDF. Estación Guachaves.

Duración de la Lluvia (min)	GUACHAVES [52050050]											
	I (mm/h)											
	2 Años	2.33 Años	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años	25 Años	30 Años	50 Años	100 Años	200 Años	
10	101.6	104.6	121.0	138.0	149.1	157.4	164.2	170.0	187.4	213.7	243.8	
15	80.3	82.7	95.6	109.1	117.8	124.4	129.8	134.4	148.1	168.9	192.7	
20	68.0	70.0	80.9	92.3	99.7	105.3	109.9	113.7	125.3	143.0	163.1	
30	53.7	55.3	64.0	73.0	78.8	83.2	86.8	89.9	99.1	113.0	128.9	
45	42.5	43.7	50.6	57.7	62.3	65.8	68.6	71.1	78.3	89.3	101.9	
60	36.0	37.0	42.8	48.8	52.7	55.7	58.1	60.1	66.3	75.6	86.2	
90	28.4	29.3	33.8	38.6	41.7	44.0	45.9	47.5	52.4	59.8	68.2	
120	24.1	24.8	28.6	32.7	35.3	37.3	38.9	40.2	44.3	50.6	57.7	
150	21.1	21.8	25.2	28.7	31.0	32.7	34.1	35.4	39.0	44.4	50.7	
180	19.0	19.6	22.6	25.8	27.9	29.4	30.7	31.8	35.0	40.0	45.6	
240	16.1	16.6	19.1	21.8	23.6	24.9	26.0	26.9	29.7	33.8	38.6	
300	14.1	14.6	16.8	19.2	20.7	21.9	22.8	23.6	26.1	29.7	33.9	
360	12.7	13.1	15.1	17.3	18.6	19.7	20.6	21.3	23.4	26.7	30.5	

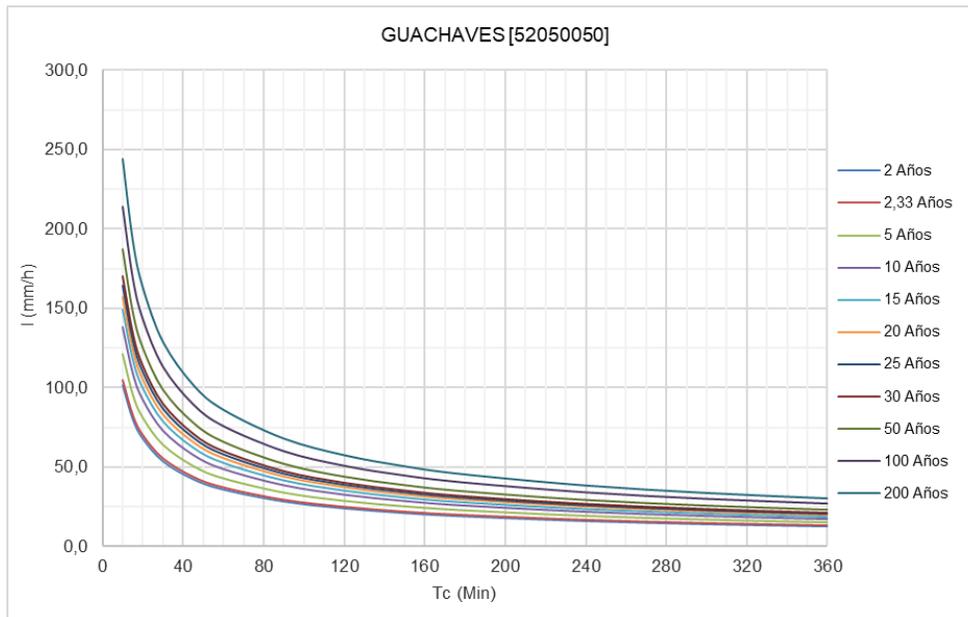


Figura 33. Curvas IDF. Estación Guachaves.

Tabla 41. Valores de IDF. Estación Cumbal.

Duración de la Lluvia (min)	CUMBAL [52050110]										
	I (mm/h)										
	2 Años	2.33 Años	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años	25 Años	30 Años	50 Años	100 Años	200 Años
10	94.6	97.3	112.5	128.4	138.7	146.5	152.8	158.2	174.3	198.9	226.8
15	74.7	76.9	89.0	101.5	109.6	115.8	120.8	125.0	137.8	157.2	179.3
20	63.3	65.1	75.3	85.9	92.8	98.0	102.2	105.8	116.6	133.0	151.8
30	50.0	51.5	59.5	67.9	73.3	77.4	80.8	83.6	92.2	105.1	119.9
45	39.5	40.7	47.0	53.7	58.0	61.2	63.9	66.1	72.9	83.1	94.8
60	33.5	34.4	39.8	45.4	49.1	51.8	54.1	56.0	61.7	70.3	80.2
90	26.4	27.2	31.5	35.9	38.8	41.0	42.7	44.2	48.7	55.6	63.4
120	22.4	23.0	26.6	30.4	32.8	34.7	36.2	37.4	41.2	47.1	53.7
150	19.7	20.2	23.4	26.7	28.8	30.5	31.8	32.9	36.2	41.3	47.2
180	17.7	18.2	21.1	24.0	25.9	27.4	28.6	29.6	32.6	37.2	42.4
240	15.0	15.4	17.8	20.3	22.0	23.2	24.2	25.0	27.6	31.5	35.9
300	13.2	13.5	15.7	17.9	19.3	20.4	21.3	22.0	24.2	27.7	31.5
360	11.8	12.2	14.1	16.1	17.4	18.3	19.1	19.8	21.8	24.9	28.4

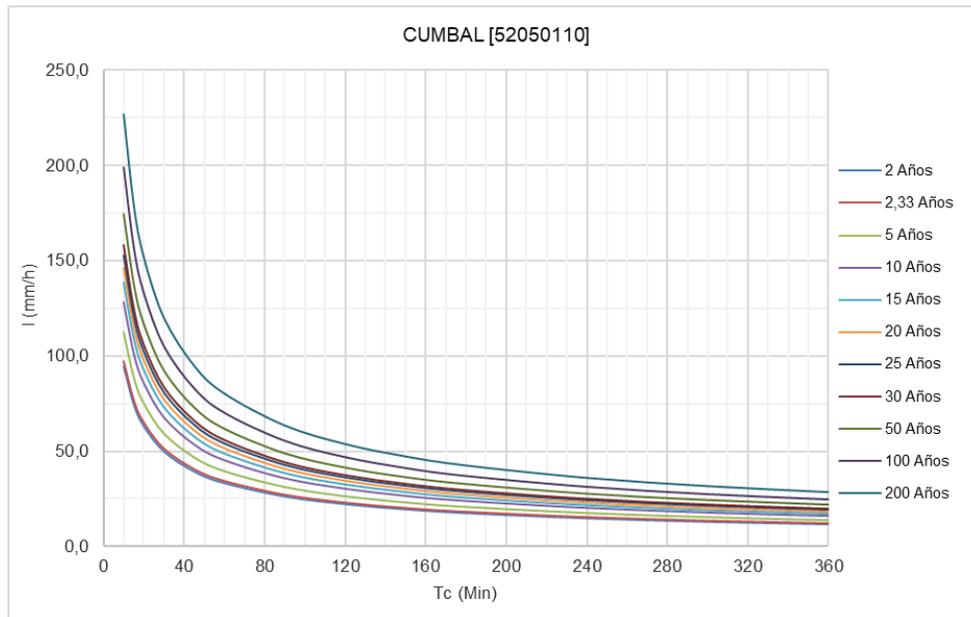


Figura 34. Curvas IDF. Estación Cumbal.

Tabla 42. Valores de IDF. Estación Chiles.

Duración de la Lluvia (min)	CHILES [52050130]										
	I (mm/h)										
	2 Años	2.33 Años	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años	25 Años	30 Años	50 Años	100 Años	200 Años
10	95.6	98.4	113.7	129.8	140.1	148.0	154.4	159.9	176.2	201.0	229.3
15	75.5	77.8	89.9	102.6	110.8	117.0	122.1	126.4	139.2	158.8	181.2
20	63.9	65.8	76.1	86.8	93.8	99.0	103.3	106.9	117.8	134.4	153.4
30	50.5	52.0	60.1	68.6	74.1	78.3	81.7	84.5	93.2	106.3	121.2
45	39.9	41.1	47.5	54.2	58.6	61.9	64.5	66.8	73.6	84.0	95.8
60	33.8	34.8	40.2	45.9	49.6	52.4	54.6	56.6	62.3	71.1	81.1
90	26.7	27.5	31.8	36.3	39.2	41.4	43.2	44.7	49.3	56.2	64.1
120	22.6	23.3	26.9	30.7	33.2	35.0	36.5	37.8	41.7	47.6	54.2
150	19.9	20.5	23.6	27.0	29.1	30.8	32.1	33.2	36.6	41.8	47.7
180	17.9	18.4	21.3	24.3	26.2	27.7	28.9	29.9	33.0	37.6	42.9
240	15.1	15.6	18.0	20.5	22.2	23.4	24.4	25.3	27.9	31.8	36.3
300	13.3	13.7	15.8	18.0	19.5	20.6	21.5	22.2	24.5	28.0	31.9
360	12.0	12.3	14.2	16.2	17.5	18.5	19.3	20.0	22.0	25.1	28.7

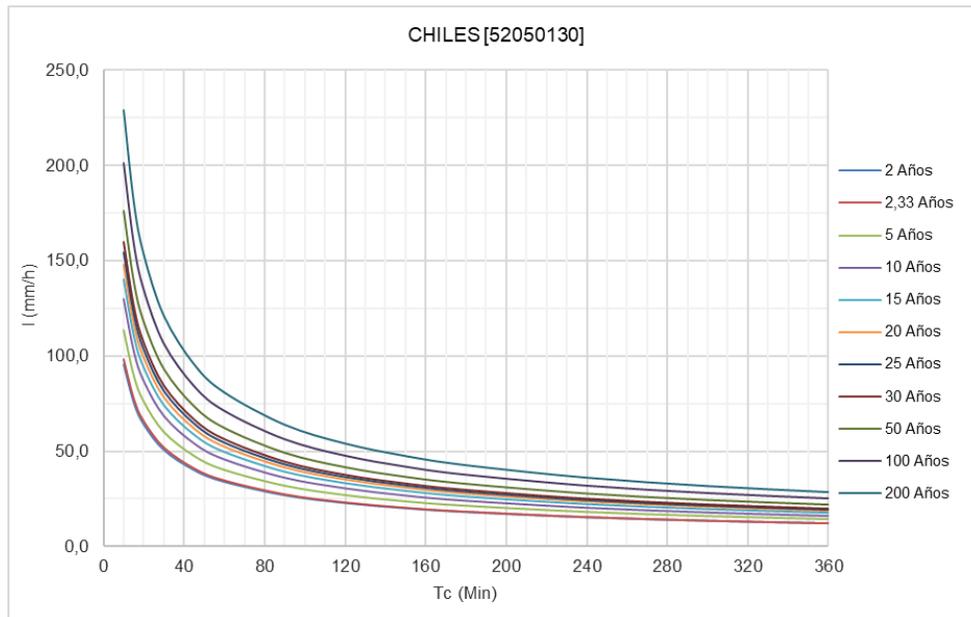


Figura 35. Curvas IDF. Estación Chiles.

Tabla 43. Valores de IDF. Estación Sande El.

Duración de la Lluvia (min)	SANDE EL [52060050]											
	I (mm/h)											
	2 Años	2.33 Años	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años	25 Años	30 Años	50 Años	100 Años	200 Años	
10	115.9	119.3	137.9	157.3	169.9	179.4	187.2	193.8	213.6	243.6	277.9	
15	91.6	94.3	109.0	124.3	134.3	141.8	148.0	153.2	168.8	192.6	219.7	
20	77.5	79.8	92.2	105.2	113.7	120.0	125.2	129.7	142.9	163.0	185.9	
30	61.3	63.1	72.9	83.2	89.8	94.9	99.0	102.5	112.9	128.8	147.0	
45	48.4	49.9	57.6	65.7	71.0	75.0	78.2	81.0	89.3	101.8	116.2	
60	41.0	42.2	48.8	55.6	60.1	63.5	66.2	68.6	75.5	86.2	98.3	
90	32.4	33.3	38.6	44.0	47.5	50.2	52.3	54.2	59.7	68.1	77.7	
120	27.4	28.2	32.6	37.2	40.2	42.5	44.3	45.9	50.5	57.7	65.8	
150	24.1	24.8	28.7	32.7	35.3	37.3	38.9	40.3	44.4	50.7	57.8	
180	21.7	22.3	25.8	29.4	31.8	33.6	35.0	36.3	39.9	45.6	52.0	
240	18.3	18.9	21.8	24.9	26.9	28.4	29.6	30.7	33.8	38.6	44.0	
300	16.1	16.6	19.2	21.9	23.6	25.0	26.0	27.0	29.7	33.9	38.7	
360	14.5	14.9	17.3	19.7	21.3	22.5	23.4	24.3	26.7	30.5	34.8	

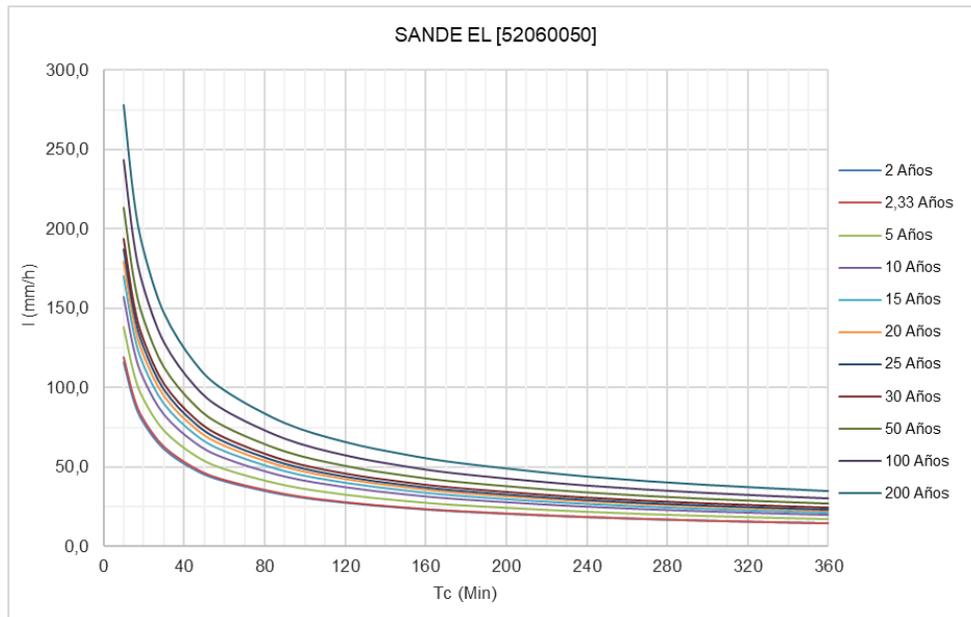


Figura 36. Curvas IDF. Estación Sande El.

Tabla 44. Valores de IDF. Estación Barbacoas.

Duración de la Lluvia (min)	BARBACOAS [52065020]											
	I (mm/h)											
	2 Años	2.33 Años	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años	25 Años	30 Años	50 Años	100 Años	200 Años	
10	122.6	126.2	145.9	166.5	179.8	189.9	198.1	205.1	226.0	257.8	294.1	
15	96.9	99.8	115.3	131.6	142.1	150.1	156.6	162.1	178.6	203.8	232.5	
20	82.0	84.4	97.6	111.4	120.3	127.0	132.5	137.2	151.2	172.5	196.7	
30	64.8	66.7	77.2	88.0	95.1	100.4	104.8	108.4	119.5	136.3	155.5	
45	51.2	52.8	61.0	69.6	75.1	79.4	82.8	85.7	94.5	107.8	122.9	
60	43.4	44.6	51.6	58.9	63.6	67.2	70.1	72.5	79.9	91.2	104.0	
90	34.3	35.3	40.8	46.5	50.3	53.1	55.4	57.3	63.2	72.1	82.2	
120	29.0	29.9	34.5	39.4	42.5	44.9	46.9	48.5	53.5	61.0	69.6	
150	25.5	26.2	30.3	34.6	37.4	39.5	41.2	42.6	47.0	53.6	61.1	
180	22.9	23.6	27.3	31.1	33.6	35.5	37.1	38.4	42.3	48.2	55.0	
240	19.4	20.0	23.1	26.3	28.5	30.1	31.4	32.5	35.8	40.8	46.6	
300	17.1	17.6	20.3	23.2	25.0	26.4	27.6	28.5	31.4	35.9	40.9	
360	15.3	15.8	18.3	20.8	22.5	23.8	24.8	25.7	28.3	32.3	36.8	

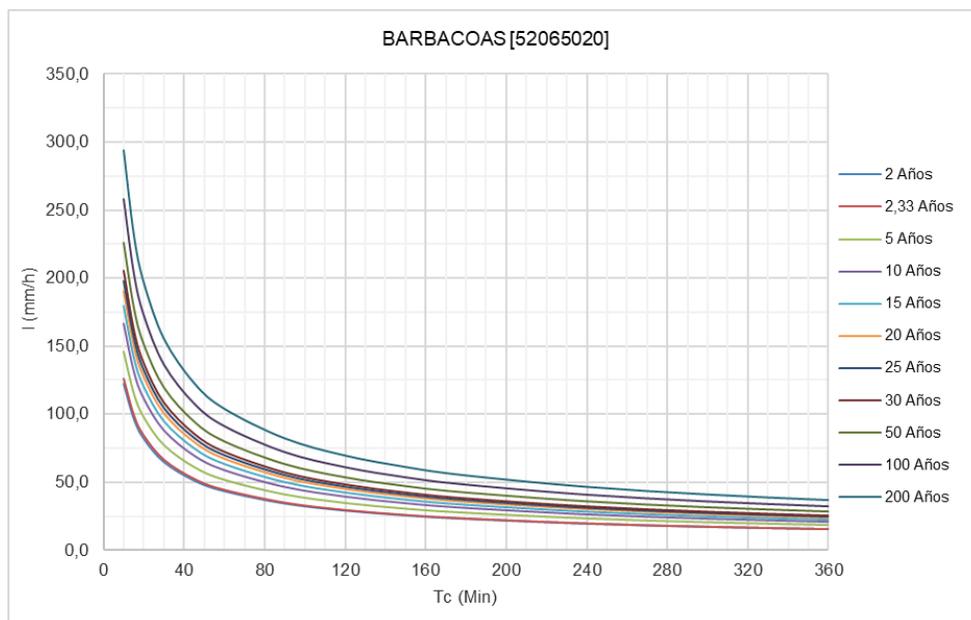


Figura 37. Curvas IDF. Estación Barbacoas.

Tabla 45. Valores de IDF. Estación Magui.

Duración de la Lluvia (min)	MAGUI [52070010]										
	I (mm/h)										
	2 Años	2.33 Años	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años	25 Años	30 Años	50 Años	100 Años	200 Años
10	116.2	119.6	138.3	157.7	170.4	179.9	187.7	194.3	214.1	244.3	278.7
15	91.8	94.5	109.3	124.7	134.7	142.2	148.4	153.6	169.3	193.1	220.3
20	77.7	80.0	92.5	105.5	114.0	120.4	125.6	130.0	143.3	163.4	186.4
30	61.4	63.2	73.1	83.4	90.1	95.1	99.3	102.8	113.2	129.2	147.4
45	48.6	50.0	57.8	65.9	71.2	75.2	78.5	81.2	89.5	102.1	116.5
60	41.1	42.3	48.9	55.8	60.3	63.6	66.4	68.7	75.8	86.4	98.6
90	32.5	33.4	38.7	44.1	47.6	50.3	52.5	54.3	59.9	68.3	77.9
120	27.5	28.3	32.7	37.3	40.3	42.6	44.4	46.0	50.7	57.8	65.9
150	24.2	24.9	28.7	32.8	35.4	37.4	39.0	40.4	44.5	50.8	57.9
180	21.7	22.4	25.9	29.5	31.9	33.7	35.1	36.4	40.1	45.7	52.1
240	18.4	18.9	21.9	25.0	27.0	28.5	29.7	30.8	33.9	38.7	44.1
300	16.2	16.6	19.2	21.9	23.7	25.0	26.1	27.0	29.8	34.0	38.8
360	14.5	15.0	17.3	19.7	21.3	22.5	23.5	24.3	26.8	30.6	34.9

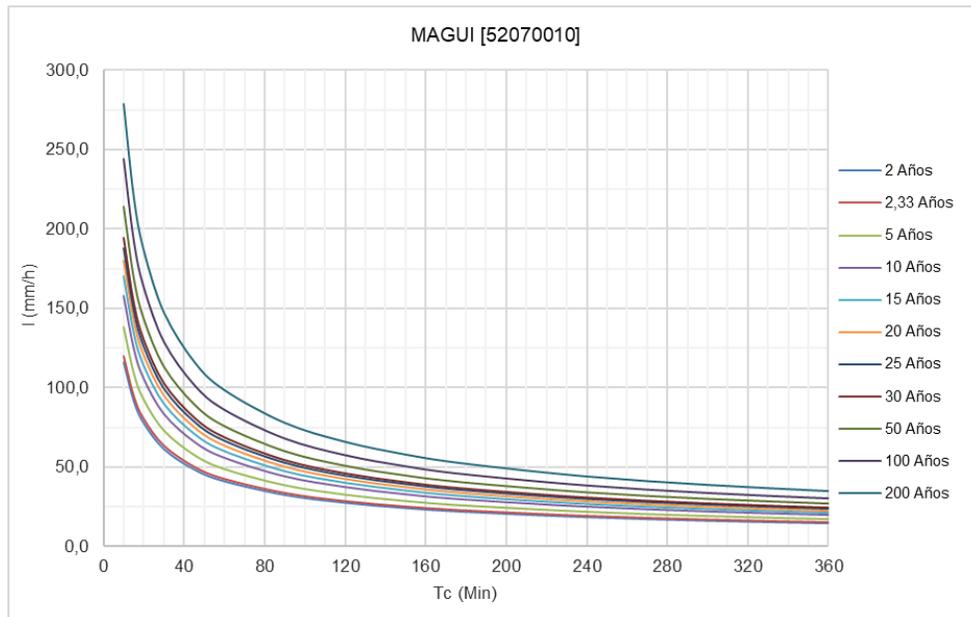


Figura 38. Curvas IDF. Estación Magui.

Tabla 46. Valores de IDF. Estación Salahonda.

Duración de la Lluvia (min)	SALAHONDA [52090010]											
	I (mm/h)											
	2 Años	2.33 Años	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años	25 Años	30 Años	50 Años	100 Años	200 Años	
10	120.2	123.7	143.0	163.1	176.2	186.1	194.2	201.0	221.5	252.7	288.2	
15	95.0	97.8	113.0	128.9	139.3	147.1	153.5	158.9	175.1	199.7	227.8	
20	80.4	82.7	95.7	109.1	117.9	124.5	129.9	134.5	148.2	169.0	192.8	
30	63.5	65.4	75.6	86.3	93.2	98.4	102.7	106.3	117.1	133.6	152.4	
45	50.2	51.7	59.8	68.2	73.6	77.8	81.2	84.0	92.6	105.6	120.5	
60	42.5	43.8	50.6	57.7	62.3	65.8	68.7	71.1	78.3	89.4	102.0	
90	33.6	34.6	40.0	45.6	49.3	52.0	54.3	56.2	61.9	70.6	80.6	
120	28.4	29.3	33.8	38.6	41.7	44.0	45.9	47.6	52.4	59.8	68.2	
150	25.0	25.7	29.7	33.9	36.6	38.7	40.4	41.8	46.0	52.5	59.9	
180	22.5	23.1	26.7	30.5	33.0	34.8	36.3	37.6	41.4	47.3	53.9	
240	19.0	19.6	22.6	25.8	27.9	29.5	30.7	31.8	35.1	40.0	45.6	
300	16.7	17.2	19.9	22.7	24.5	25.9	27.0	28.0	30.8	35.1	40.1	
360	15.0	15.5	17.9	20.4	22.0	23.3	24.3	25.2	27.7	31.6	36.1	

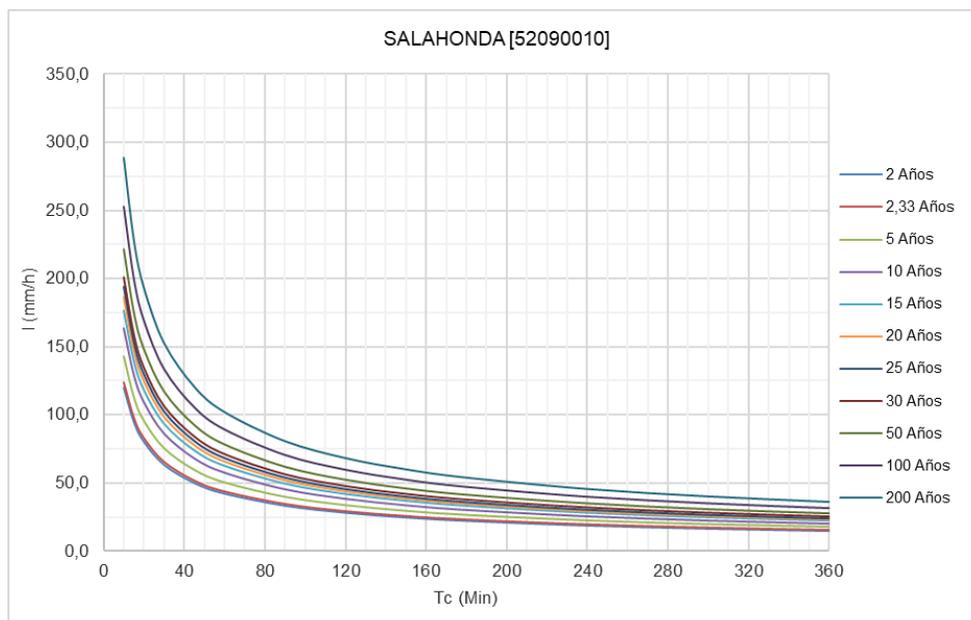


Figura 39. Curvas IDF. Estación Salahonda.

Tabla 47. Valores de IDF. Estación San José de Tapaje.

Duración de la Lluvia (min)	SAN JOSE DE TAPAJE [53020020]											
	I (mm/h)											
	2 Años	2.33 Años	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años	25 Años	30 Años	50 Años	100 Años	200 Años	
10	120.2	123.7	143.1	163.2	176.3	186.2	194.2	201.1	221.6	252.8	288.4	
15	95.0	97.8	113.1	129.0	139.3	147.2	153.5	158.9	175.1	199.8	227.9	
20	80.4	82.8	95.7	109.2	117.9	124.5	129.9	134.5	148.2	169.1	192.9	
30	63.6	65.4	75.6	86.3	93.2	98.4	102.7	106.3	117.2	133.7	152.5	
45	50.2	51.7	59.8	68.2	73.7	77.8	81.2	84.0	92.6	105.6	120.5	
60	42.5	43.8	50.6	57.7	62.4	65.9	68.7	71.1	78.4	89.4	102.0	
90	33.6	34.6	40.0	45.6	49.3	52.1	54.3	56.2	62.0	70.7	80.6	
120	28.4	29.3	33.9	38.6	41.7	44.1	46.0	47.6	52.4	59.8	68.2	
150	25.0	25.7	29.7	33.9	36.6	38.7	40.4	41.8	46.1	52.6	59.9	
180	22.5	23.1	26.8	30.5	33.0	34.8	36.3	37.6	41.4	47.3	53.9	
240	19.0	19.6	22.6	25.8	27.9	29.5	30.7	31.8	35.1	40.0	45.6	
300	16.7	17.2	19.9	22.7	24.5	25.9	27.0	28.0	30.8	35.2	40.1	
360	15.0	15.5	17.9	20.4	22.1	23.3	24.3	25.2	27.7	31.6	36.1	

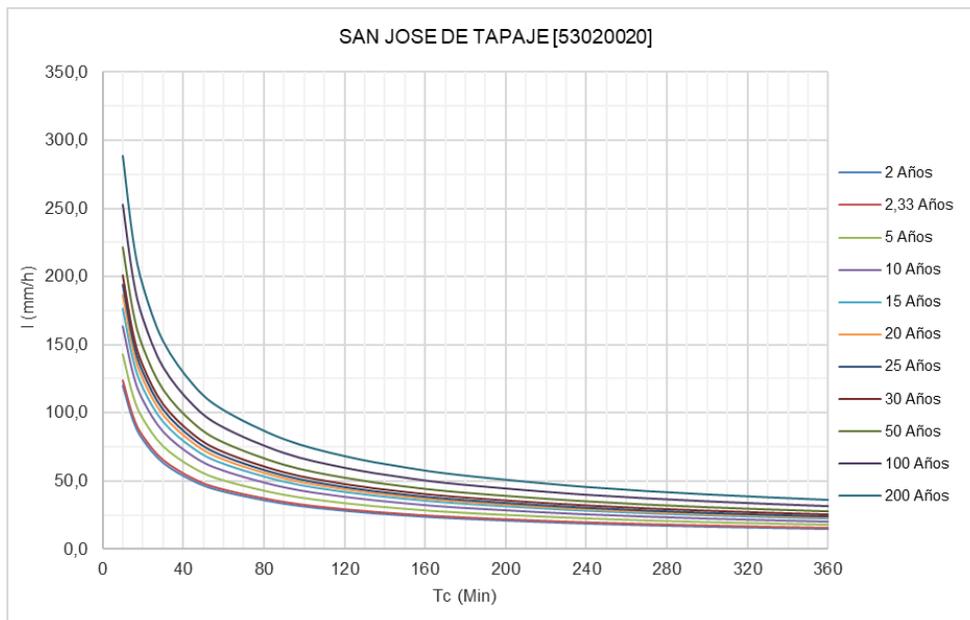


Figura 40. Curvas IDF. Estación San José de Tapaje.

4 BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio Mijares, F. J. (2018). *Fundamentos de hidrología de superficie*. México: Limusa.
- Budyko, M. (1974). *Climate and Life*. Academic Press. 508. New York: Academic Press.
- Chow, V. T. (1993). *Hidrología Aplicada*. Bogotá, Colombia: McGraw Hill.
- FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. *Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, 56. Roma, Italia.
- Ibáñez Ascensio, S. M. (2004). *Morfología de las cuencas hidrográficas*.
- IDEAM. (2013). Lineamientos conceptuales y metodológicos para la Evaluación Regional del Agua. Bogotá, Colombia.
- IDEAM. (2013). Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Bogotá, Colombia.
- IDEAM. (2018). Estudio Nacional del Agua. Bogotá, Colombia.
- Maidment, D. R. (1993). *Handbook of Hydrology*. New York: Mc Graw Hill.
- Maribel Rivas, A. C. (2009). Determinación de niveles de potencialidad. *Revista Forestal Venezolana*, 36-38.
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas*. Bogotá.
- Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la ingeniería* (Segunda ed.). Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Montealegre Bocanegra, J. E. (2009). Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala. Bogotá: Subdirección de Meteorología, IDEAM.
- Morton, F. I. (1983). Operational estimates of areal evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology: I the problem. *Journal of Hydrology*, 66, 1-76.
- Ochoa, T. (2011). *Hidráulica de Ríos y Procesos Morfológicos*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
- OMM. (2011). *Guía de Prácticas Climatológicas* (Primera ed.). Ginebra, Suiza.
- OMM. (2011). *Guía de Prácticas Hidrológicas* (Sexta ed., Vol. II). Ginebra, Suiza.
- OMM. (2018). *Guía de Prácticas Climatológicas*. Ginebra, Suiza.
- Oudin, L., Hervieu, F., Claude, M., Perrin, C., Andréassian, V., Anctil, F., & Loumagne, C. (2005). Which potential ETP input for a lumped rainfall-runoff model Part II. Towards a simple and efficient potential evapotranspiration model for rainfall-runoff modelling. *Journal of Hydrology*(303), 290-306.



Fase de Diagnostico
POMCA Mira

- Stedinger, J., Vogel, R., & Foufoula-Georgiou, E. (1993). Frequency analysis of extreme events. En D. Maidment, *Handbook of Hydrology*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Vargas M., R., & Díaz-Granados, M. (1998). *Curvas sintéticas regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia*. Bogotá.
- Veléz Upegui, J. J., & Botero Gutiérrez, A. (2011). Estimación del tiempo de concentración y tiempo de rezago en la cuenca experimental urbana de la quebrada San Luis, Manizales. *Dyna*(165), 58-71.