



POMCA
RÍO SUCIO ALTO

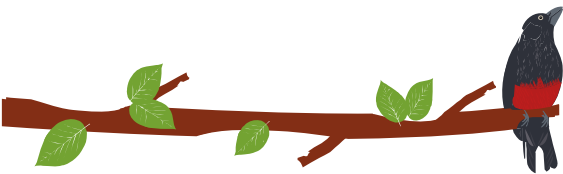


FASE DE DIAGNÓSTICO INFORME DE CLIMA

NOVIEMBRE DE 2019

CONTRATO No: 200-10-01-09-0240-2017

CONESTUDIOS S.A.S
NIT.811.044.748-1
PBX: 456 18 27
Carrera 46#45 #10. Oficinas 211-212. Bello, Antioquia



FASE DE DIAGNÓSTICO

TOMO I

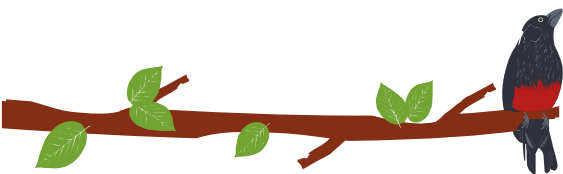
REGISTRO DE APROBACIÓN:

Versión N°	Elaboró:	Revisó: (Pendiente)	Aprobó: (Pendiente)	Fecha:
	CONESTUDIOS S.A.	CORPOURABA	Entidad: Funcionario: Cargo:	

REGISTRO DE MODIFICACIONES:

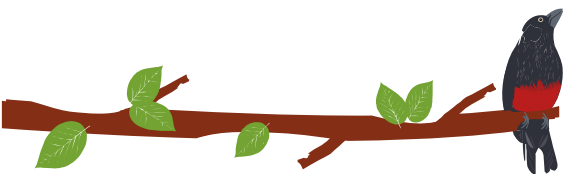
REVISIÓN		DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES
Número	Fecha	
1	00/00/2018	Ajustes de acuerdo a concepto técnico de CORPOURABA nº _____ del (dd/mm/aaaa) _____
2	00/00/2018	Ajustes de acuerdo a concepto técnico de CORPOURABA nº _____ del (dd/mm/aaaa) _____





Contenido

1	CLIMA	9
1.1	Información meteorológica original y tratada	10
1.1.1	Caracterización y localización Geográfica de la red Meteorológica.....	10
1.1.2	Análisis de consistencia de la información	14
1.2	Variabilidad climática	20
1.2.1	El Niño – Oscilación del Sur (ENSO)	21
1.2.2	Índices Océano Atmosféricos	27
1.3	Caracterización Espacio Temporal	30
1.3.1	Análisis Probabilístico	31
1.3.2	Caracterización Temporal.....	45
1.3.3	Caracterización Espacial.....	65
1.3.4	Análisis de eventos extremos de precipitación	79
1.3.5	Estimación de Curvas Intensidad – Frecuencia – Duración (IDF)	94
1.4	Cálculo del balance hídrico de largo plazo	97
1.4.1	Evapotranspiración Potencial (ETP)	102
1.4.2	Evapotranspiración Real (ETR).....	105
1.4.3	Déficit	107
1.4.4	Excesos	107
1.5	Clasificación climática de la cuenca	111
1.6	Estimación y especialización del índice de aridez	114
1.7	Conclusiones e identificación de necesidades de información	116



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución espacial Estaciones de la red nacional de monitoreo operada por IDEAM en el búfer 60 km. Elaboración propia.	12
Figura 2 Cantidad de estaciones por Categoría. Elaboración propia	13
Figura 3. Cantidad de estaciones por variable meteorológica. Elaboración propia	14
Figura 4. Porcentaje de valores anómalos identificados por estación y tipo de variable meteorológica. Elaboración propia.	15
Figura 5. Análisis de consistencia series meteorológica de resolución diaria. Elaboración propia.	16
Figura 6. Distribución espacial Estaciones Filtradas. Elaboración propia	17
Figura 7. Longitud de series por variable. Elaboración propia	18
Figura 8. Herramientas para el análisis de consistencia en la estación 11070010 Playa La Murry. Elaboración propia	19
Figura 9. Océano Pacífico tropical a nivel superficial y en profundidad sobre la región de desarrollo del ENSO. Elaboración propia a partir de http://www.wrh.noaa.gov/fgz/science/el_nino.php	22
Figura 10. El índice (ONI) Oceanic Niño Index (1950 - 2017). Elaboración propia a partir de http://ggweather.com/enso/oni.htm	23
Figura 11 Curva de diferencias integrales para la serie de precipitación 11110010. Elaboración propia.	24
Figura 12 Curva de diferencias integrales para la serie de temperatura media 11110020. Elaboración propia.	25
Figura 13 Curva de diferencias integrales para la serie de temperatura media 11110030. Elaboración propia	26
Figura 14 Curva de diferencias integrales para la serie de temperatura media 11075010. Elaboración propia	27
Figura 15 Matriz de correlación cruzada de los índices macroclimáticos y la serie de precipitación total mensual de la estación 11070010. Elaboración propia	29
Figura 16 Matriz de correlación cruzada de los índices macroclimáticos y la serie de temperatura media mensual de la estación 11075010. Elaboración propia	30
Figura 17 Prueba de aleatoriedad para los conjuntos estadísticos mensuales y anuales de la variable precipitación total. Elaboración propia	32
Figura 18 Prueba de tendencia Precipitación total. Elaboración propia	32
Figura 19 Prueba de aleatoriedad para los conjuntos estadísticos mensuales y anuales de la variable Temperatura media. Elaboración propia	34
Figura 20 Prueba de tendencia temperatura media. Elaboración propia	34
Figura 21 Prueba de aleatoriedad para los conjuntos estadísticos mensuales y anuales de la variable Temperatura máxima. Elaboración propia	36
Figura 22 Prueba de tendencia temperatura máxima. Elaboración propia	36



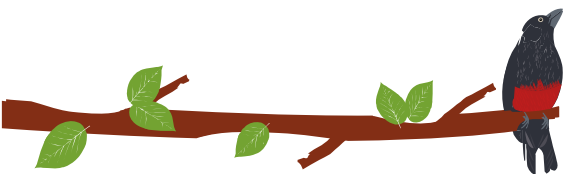


Figura 23 Prueba de aleatoriedad para los conjuntos estadísticos mensuales y anuales de la variable Temperatura mínima. Elaboración propia	38
Figura 24 Prueba de tendencia temperatura mínimo. Elaboración propia.....	38
Figura 25 Prueba de aleatoriedad para los conjuntos estadísticos mensuales y anuales de la variable Humedad Relativa. Elaboración propia	40
Figura 26 Prueba de tendencia Humedad Relativa. Elaboración propia	40
Figura 27 Prueba de aleatoriedad para los conjuntos estadísticos mensuales y anuales de la variable Brillo Solar. Elaboración propia.	42
Figura 28 Prueba de tendencia Brillo solar. Elaboración propia.....	42
Figura 29 Prueba de aleatoriedad para los conjuntos estadísticos mensuales y anuales de la variable Evaporación. Elaboración propia	44
Figura 30 Prueba de tendencia Evaporación. Elaboración propia	44
Figura 31 Estacionalidad de la precipitación total mensual multi-anual UAH-1 Rio Sucio Alto. Elaboración propia.....	46
Figura 32. Estacionalidad Temperatura superficial UAH-1 Rio Sucio Alto. Elaboración propia	49
Figura 33. Estacionalidad Humedad Relativa estación 11115020. Elaboración propia .	53
Figura 34. Estacionalidad Humedad Relativa estación 11115040. Elaboración propia .	54
Figura 35. Estacionalidad Brillo solar estación 11115020. Elaboración propia.....	55
Figura 36. Estacionalidad Brillo solar estación 11115040. Elaboración propia.....	56
Figura 37. Estacionalidad Brillo solar estación 26225040. Elaboración propia.....	57
Figura 38. Estacionalidad Evaporación estación 11115020. Elaboración propia	58
Figura 39. Estacionalidad Evaporación estación 26205080. Elaboración propia	59
Figura 40. Mosaico Rosa de vientos Estación 11075020. Elaboración propia	62
Figura 41 Mosaico Rosa de vientos Estación 26225030. Elaboración propia	64
Figura 42. Isoyetas de precipitación construidas a partir de 8 métodos de interpolación comúnmente usados para la variable de precipitación anual de largo plazo. Elaboración propia	66
Figura 43. Diagrama de coeficientes de correlación de Pearson (r^2) entre los valores observados en las estaciones y los residuales del campo interpolado de precipitación por cada método. Elaboración propia	67
Figura 44. Distribución temporal de los errores relativos absolutos medios (MARE) para la variable precipitación total mensual y anual de largo plazo. Elaboración propia	68
Figura 45. Diagrama de cajas de los errores máximos para cada método de interpolación. Elaboración propia	68
Figura 46 Campos interpolados Precipitación total mensual y anual, a nivel anual se observa valores de precipitación que oscilan en un rango de 1519.64 a 3048 mm/año, el sector que presenta las mayores valores se ubica en las UAH – 2 de la parte alta (0700, 0600 y 0500) los sectores con los registros más bajos se ubican en la parte media de la UAH-1, específicamente las Unidades (0300, 1800 y 0200)	71



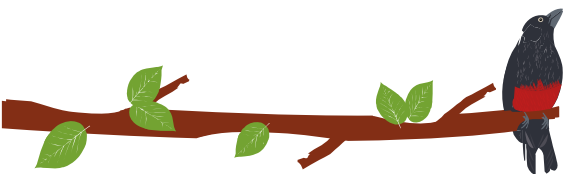


Figura 47. Campos de Temperatura media mensual y anual, se observa los valores de temperatura oscilan en un rango a nivel anual multianual de 6°C a 28.11°C, el sector con mayor temperatura se encuentra ubicado a la salida de la UAH-1.	72
Figura 48. Campos de Temperatura máxima mensual y anual, se observa los valores de temperatura oscilan en un rango a nivel anual multianual de 10°C a 36.72°C	73
Figura 49. Campos de Temperatura mínima mensual y anual, se observa los valores de temperatura oscilan en un rango a nivel anual multianual de 0.2°C a 23.13°C	74
Figura 50 Campos interpolados Precipitación total mensual y anual, a nivel anual se observa valores de precipitación que oscilan en un rango de 1519.64 a 3048 mm/año, el sector que presenta las mayores valores se ubica en las UAH – 2 de la parte alta (0700, 0600 y 0500) los sectores con los registros más bajos se ubican en la parte media de la UAH-1, específicamente las Unidades (0300, 1800 y 0200)	75
Figura 51. Campos de Temperatura media mensual y anual, se observa los valores de temperatura oscilan en un rango a nivel anual multianual de 6°C a 28.11°C, el sector con mayor temperatura se encuentra ubicado a la salida de la UAH-1.	76
Figura 52. Campos de Temperatura máxima mensual y anual, se observa los valores de temperatura oscilan en un rango a nivel anual multianual de 10°C a 36.72°C	77
Figura 53. Campos de Temperatura mínima mensual y anual, se observa los valores de temperatura oscilan en un rango a nivel anual multianual de 0.2°C a 23.13°C	78
Figura 54. Distribución espacial de la precipitación anual a diferentes periodos de retorno. Elaboración propia	94
Figura 55. Ubicación de la red de estaciones automáticas para la construcción de las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia. Elaboración propia	96
Figura 56. Curva I-D-F estación Hacienda Cotove. Elaboración propia	97
Figura 57. Capacidad máxima de almacenamiento del suelo. Elaboración propia.....	101
Figura 58. Campos de Evapotranspiración Potencial a nivel mensual y anual. Elaboración propia	104
Figura 59. Campos de Evapotranspiración Real a nivel mensual y anual, debido a que la ETP no supera la precipitación, los valores de ETR no pueden ser superiores a los de la ETP, siendo iguales.	106
Figura 60. Campos de Excesos a nivel mensual y anual, se observan excesos de agua en un rango de 1021.2 mm a 2744. 5 mm al año, los sectores que presentan los mayores excesos correspondes a las UAH -2 (0700, 0600, 0500) ubicadas en la parte alta de la UAH-1 RSA.	110
Figura 61. Clasificación climática Caldas- Lang. Elaboración propia.	113
Figura 62. Distribución espacial del índice de aridez UAH – Río Sudio Alto. Elaboración propia	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen Análisis de consistencia	20
Tabla 2 Índices Océano Atmosféricos	28



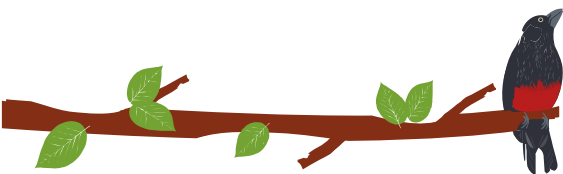


Tabla 3. Resumen de los ajustes de la función de distribución teórica en los conjuntos mensuales y anuales. Precipitación Total.	33
Tabla 4. Resumen de los ajustes de la función de distribución teórica en los conjuntos mensuales y anuales. Temperatura Media.....	35
Tabla 5. Resumen de los ajustes de la función de distribución teórica en los conjuntos mensuales y anuales. Temperatura Máximo.....	37
Tabla 6. Resumen de los ajustes de la función de distribución teórica en los conjuntos mensuales y anuales. Temperatura Mínima.....	39
Tabla 7. Resumen de los ajustes de la función de distribución teórica en los conjuntos mensuales y anuales. Humedad Relativa.	41
Tabla 8. Resumen de los ajustes de la función de distribución teórica en los conjuntos mensuales y anuales. Brillo Solar	43
Tabla 9. Resumen de los ajustes de la función de distribución teórica en los conjuntos mensuales y anuales. Evaporación.....	45
Tabla 10. Estacionalidad Precipitación UAH-1 Río Sucio Alto	46
Tabla 11. Estacionalidad Precipitación UAH-2 Río Sucio Alto	47
Tabla 12. Estacionalidad Temperatura Media UAH-2 Río Sucio Alto	49
Tabla 13. Estacionalidad Temperatura máxima UAH-2 Río Sucio Alto	50
Tabla 14. Estacionalidad Temperatura mínima UAH-2 Río Sucio Alto	51
Tabla 15. Estacionalidad Temperatura Media UAH-3 Río Sucio Alto	51
Tabla 16. Estacionalidad Temperatura máxima UAH-3 Río Sucio Alto	52
Tabla 17. Estacionalidad Temperatura mínima UAH-3 Río Sucio Alto	52
Tabla 18. Estacionalidad valores de humedad Relativa Estación 11115020.....	53
Tabla 19. Estacionalidad valores de humedad Relativa Estación 11115040.....	54
Tabla 20. Estacionalidad valores de Brillo solar Estación 11115020	54
Tabla 21. Estacionalidad valores de Brillo Solar Estación 11115040.....	55
Tabla 22. Estacionalidad valores de humedad Relativa Estación 26225040.....	56
Tabla 23. Estacionalidad valores de evaporación Estación 11115020	57
Tabla 24. Estacionalidad valores de Evaporación Estación 26205080	58
Tabla 25. Categorías de dirección del viento.....	59
Tabla 26. Métodos de interpolación seleccionados para cada periodo de retorno.	79
Tabla 27. Precipitación – Periodo de retorno 2 años – UAH-1	79
Tabla 28. Precipitación – Periodo de retorno 2 años – UAH-2	80
Tabla 29. Precipitación – Periodo de retorno 2 años – UAH-3	80
Tabla 30. Precipitación – Periodo de retorno 5 años – UAH-1	81
Tabla 31. Precipitación – Periodo de retorno 5 años – UAH-2	82
Tabla 32. Precipitación – Periodo de retorno 5 años – UAH-3	82



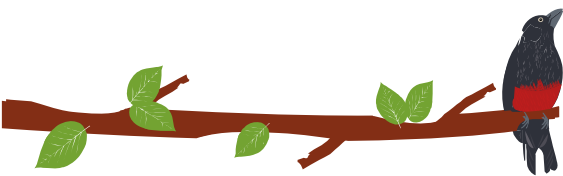
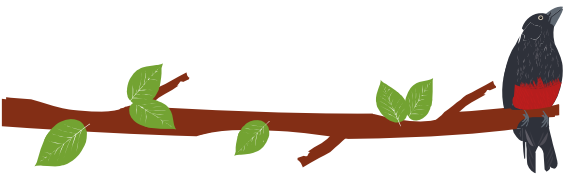


Tabla 33. Precipitación – Periodo de retorno 10 años – UAH-1	83
Tabla 34. Precipitación – Periodo de retorno 10 años – UAH-2	83
Tabla 35. Precipitación – Periodo de retorno 10 años – UAH-3	84
Tabla 36. Precipitación – Periodo de retorno 15 años – UAH-1	84
Tabla 37. Precipitación – Periodo de retorno 15 años – UAH-2	84
Tabla 38. Precipitación – Periodo de retorno 15 años – UAH-3	85
Tabla 39. Precipitación – Periodo de retorno 20 años – UAH-1	85
Tabla 40. Precipitación – Periodo de retorno 20 años – UAH-2	85
Tabla 41. Precipitación – Periodo de retorno 20 años – UAH-3	86
Tabla 42. Precipitación – Periodo de retorno 25 años – UAH-1	87
Tabla 43. Precipitación – Periodo de retorno 25 años – UAH-2	87
Tabla 44. Precipitación – Periodo de retorno 25 años – UAH-3	88
Tabla 45. Precipitación – Periodo de retorno 30 años – UAH-1	88
Tabla 46. Precipitación – Periodo de retorno 30 años – UAH-2	88
Tabla 47. Precipitación – Periodo de retorno 30 años – UAH-3	89
Tabla 48. Precipitación – Periodo de retorno 50 años – UAH-1	89
Tabla 49. Precipitación – Periodo de retorno 50 años – UAH-2	90
Tabla 50. Precipitación – Periodo de retorno 50 años – UAH-3	90
Tabla 51. Precipitación – Periodo de retorno 100 años – UAH-1	91
Tabla 52. Precipitación – Periodo de retorno 100 años – UAH-2	91
Tabla 53. Precipitación – Periodo de retorno 100 años – UAH-3	92
Tabla 54. Precipitación – Periodo de retorno 500 años – UAH-1	92
Tabla 55. Precipitación – Periodo de retorno 500 años – UAH-2	92
Tabla 56. Precipitación – Periodo de retorno 500 años – UAH-3	93
Tabla 57. Promedio Evapotranspiración Potencial por UHN-1	102
Tabla 58. Promedio Evapotranspiración Potencial por UHN-2	102
Tabla 59. Promedio Evapotranspiración Potencial por UHN-3	103
Tabla 60. Promedio Excesos por UHN-1	107
Tabla 61. Promedio Excesos por UHN-2	107
Tabla 62. Promedio Excesos por UHN-3	108
Tabla 63. Clasificación climática Lang.	111
Tabla 64. Clasificación climática Caldas.	111
Tabla 65. Clasificación climática Caldas – Lang.	111





1 CLIMA

El siguiente documento comprende el análisis de series de tiempo climatológicas de resolución mensual provenientes de estaciones meteorológicas administradas por el IDEAM. Luego, se plantea un análisis de la distribución espacio – temporal de siete variables climáticas en el dominio de la cuenca Río Sucio Alto (1111-01) y sus respectivas Unidades de Análisis Hidrográfica (UAH) niveles 2 y 3. Se incluye además la determinación de las zonas climáticas y el índice de aridez.

La caracterización del régimen climático de la cuenca es de gran importancia para determinar la posibilidad de desarrollar cualquier tipo de actividad en el territorio, de tal manera que sea la base para realizar cada labor de forma exitosa, teniendo en cuenta el efecto que el clima tiene sobre ella.

Las principales variables que describen el clima en la cuenca en ordenación y que fueron objeto de caracterización son: temperatura superficial media, mínima y máxima absoluta, precipitación total media, humedad relativa, viento (dirección y velocidad), brillo solar y evaporación total

La variabilidad climática se abordó con la identificación de las anomalías de variables como precipitación y temperatura para condiciones interanuales y su correlación lineal con Índices Océano Atmosféricos (IOA), identificando periodos con déficit y excesos extremos en la cuenca en ordenación. Los lineamientos metodológicos seguidos fueron los presentados en el ENA 2014 (IDEAM, 2015), orientado a identificar la variabilidad climática a escala interanual.

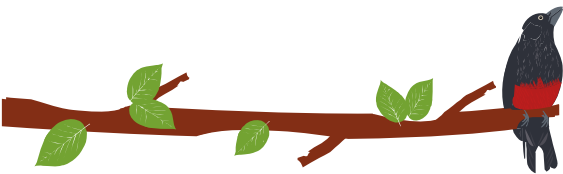
La zonificación climática se realizó siguiendo la metodología propuesta para Colombia de Caldas Lang, teniendo en cuenta la especialización de la variable temperatura y el modelo de elevación digital de la zona, se determinaron para todas las Unidades de análisis Hidrológico los pisos climáticos que van desde Paramo Alto Húmedo a Cálido Húmedo en los sectores más bajos.

Mediante la especialización de las variables climatológicas se obtuvo el balance hídrico a largo plazo y con los productos Evapotranspiración Potencial y Evapotranspiración real, se obtiene el índice de aridez para toda la zona de estudio, mostrando el potencial climático de las Unidades de Análisis Hidrológico nivel 1, nivel 2 y nivel 3.

La ventana temporal seleccionada para el análisis de las series de datos en las diferentes variables comprende los años de 1980 a 2017, los productos cartográficos que se generan en el presente documento se encuentran en el sistema de coordenadas EPSG 3115 Magna Colombia Oeste.

A continuación, se presenta el desarrollo del componente climático según los requerimientos del anexo técnico emitidos por el Fondo Adaptación y lo establecido por el MADR (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).





1.1 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA ORIGINAL Y TRATADA

En este numeral se describe la información meteorológica base utilizada para la realización de la presente caracterización climática. Se incluye en este capítulo la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo, series históricas de registro, y describe el tratamiento y filtrado de datos realizados para proceder con los análisis que se describen posteriormente.

1.1.1 Caracterización y localización Geográfica de la red Meteorológica

Para realizar la caracterización de la red meteorológica que se empleará en los diferentes cálculos climatológicos e hidrológicos en el ordenamiento, se realiza una selección de estaciones cercanas a la subcuenca hidrográfica Río Sucio Alto (1111-01, en adelante UAH-N1 o RSA), proveniente del catálogo de estaciones del IDEAM. Mediante el software QGIS (Team QGIS Development, 2016) se genera una ventana de análisis a partir de un búfer de 60 km a la UAH-N1 con el fin de mantener información que cumpla con diferentes criterios de completitud y consistencia que más adelante son descritos. En la Figura Conclusión

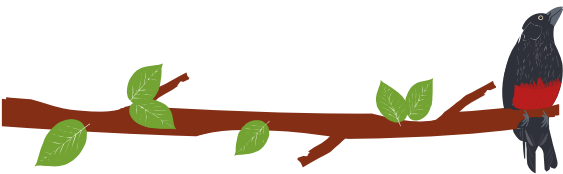
La evaluación de los resultados del monitoreo realizado en las épocas climáticas contrastantes arrojó que los parámetros de Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto, DQO, DBO y Conductividad Eléctrica se encuentran dentro de los límites establecidos en la normatividad colombiana. Mientras que los SST y las coliformes fecales presentaron valores que exceden los máximos aceptables por mucho, en algunas estaciones de monitoreo, estando fuertemente afectados por los procesos hidrodinámicos del sistema según las condiciones del afluente en el momento de la toma de la muestra y las dinámicas sociales que se presentan en inmediaciones del afluente.

Pese a que no hay un límite establecido para el Nitrógeno y el Fósforo total, es necesario prestar atención a estas variables y el impacto que podría generar si se disparan las concentraciones de Nitrógeno y Fósforo total. En la información recopilada durante las campañas de monitoreo, principalmente en la realizada en la temporada seca, se presentan altos niveles de concentración de estos compuestos, que pueden estar ingresando al sistema por escorrentía o por infiltración, procedentes de los agroquímicos de los cultivos, que se convierten en un contaminante potencial del agua por catalizar procesos como la eutrofización.

Al comparar los resultados obtenidos en las campañas de muestreo con los objetivos trazados por CORPOURABA en la resolución 01502 de 2007 Por la cual se establecen los objetivos de calidad para la cuenca de los Ríos Sucio y Mutatá en los municipios de Cañasgordas, Uramita, Dabeiba y Mutatá, sólo las variables Temperatura del agua, SST y coliformes fecales tuvieron estaciones que incumplían los valores propuestos en los objetivos de calidad, notándose principalmente para la época seca en la Temperatura y para la época húmeda en los SST y las coliformes fecales. Para efectos prácticos se asumieron los mismos objetivos para los municipios de Frontino y Abriaquí.

Los resultados del ICA con cinco (5), seis (6) y siete (7) variables presentaron la estación AB-Q-TE-D con la mejor calidad del agua, siendo la estación de la red complementaria ubicada a mayor altura en unos 1664 m.s.n.m, también se puede observar como las





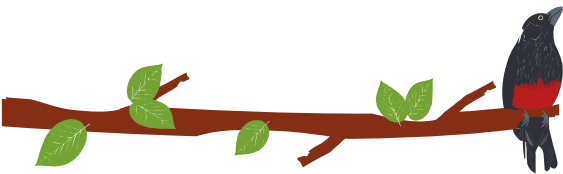
estaciones ubicadas en la parte más baja de la cuenca presentan los ICA más bajo en las dos temporadas climáticas.

Es importante resaltar el efecto que tiene incorporar una y luego otra variable al cálculo del ICA, en el detrimento de la calidad del agua reportada, porque se evidencia que se puede estar sobrestimando la calidad del recurso si únicamente se considera el ICA de cinco (5) variables. Al contrastar el ICA de seis (6) variables con el ICA de cinco (5) variables es posible observar un valor más bajo del indicador, y a su vez el ICA de siete (7) variables tiene una decaída respecto al ICA de seis (6) variables. Las notorias diferencias entre los indicadores para cinco, seis y siete variables, además de estar influenciadas porque se consideran las condiciones de otras variables como la relación entre el Nitrógeno total y el Fósforo total, o las coliformes fecales, también se ven influenciadas por la distribución de pesos de ponderación entre las variables, dándole importancias diferentes a una variable en el cálculo del ICA con cinco, seis o siete variables.

Finalmente, el cambio en el régimen de lluvias provoca cambios en las propiedades fisicoquímicas de los cuerpos de agua, reflejados en el cambio de calidades del agua en una misma estación para las dos temporadas climáticas contrastantes. Sin embargo, hay que mencionar que los monitoreos no fueron realizados exactamente en el mismo lugar en las dos campañas de monitoreo, lo que puede favorecer un cambio en la calidad registrada entre temporadas climáticas.

La Figura 1 presenta la distribución espacial de las estaciones seleccionadas en primera instancia bajo el filtrado espacial del búfer de 60 km.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO FASE DE DIAGNÓSTICO

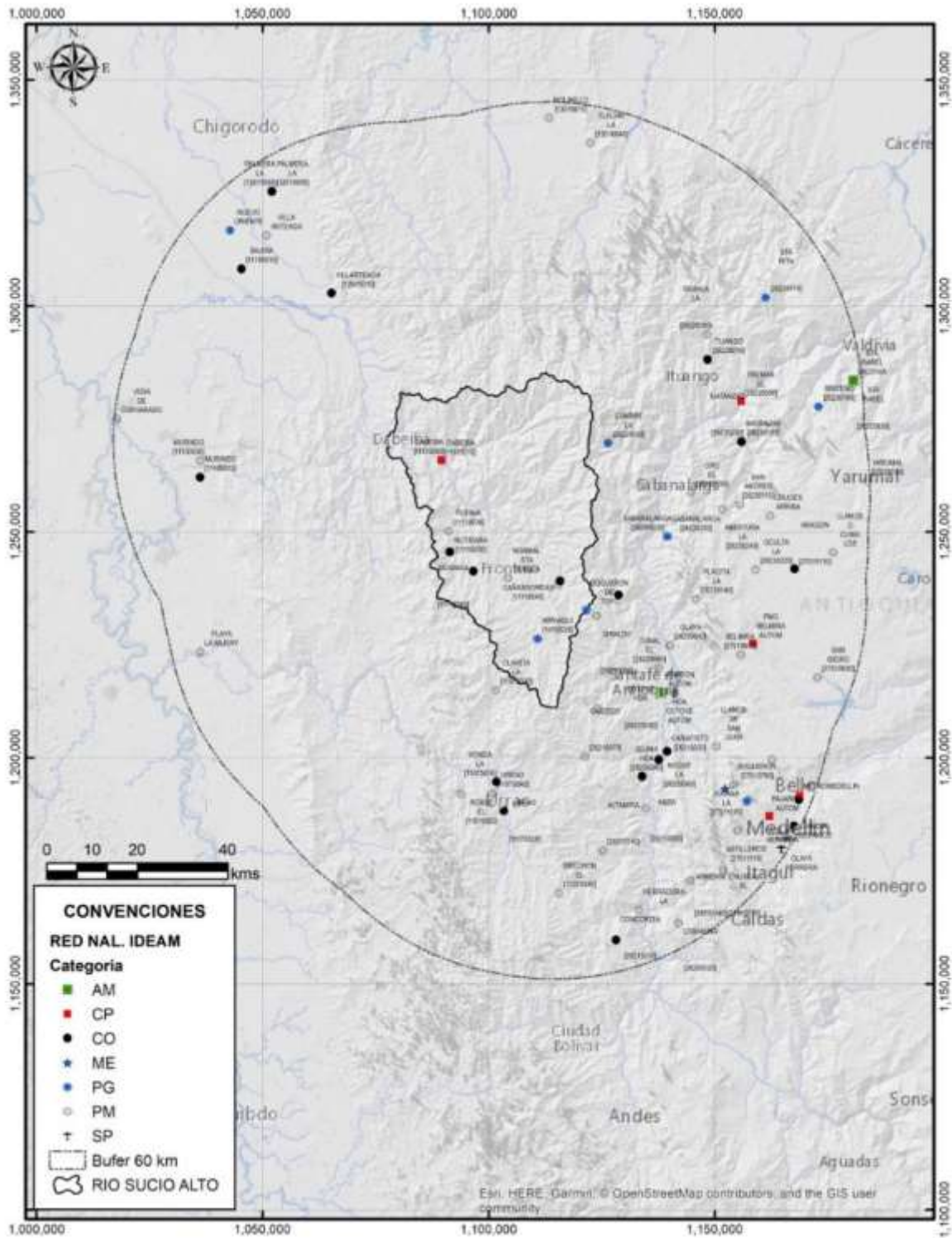
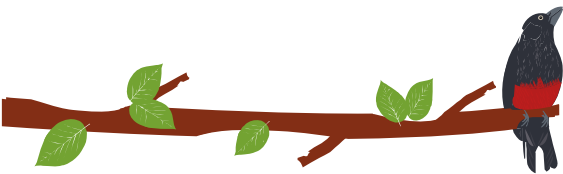


Figura 1. Distribución espacial Estaciones de la red nacional de monitoreo operada por IDEAM en el búfer 60 km. Elaboración propia.





La Figura 2 muestra la cantidad de estaciones por categoría presentes en la ventana de observación (búfer 60 km). En la misma figura, se observa que las estaciones con mayor densidad o presencia en las ventanas de observación son las pluviométricas (PM) y climatológicas ordinarias (CO) con más de 50 puntos de monitoreo. Posteriormente se encuentran las pluviográficas (PG), las climatológicas principales (CP), las agrometeorológicas (AM), las meteorológicas especiales (ME) y las sinópticas principales (SP).

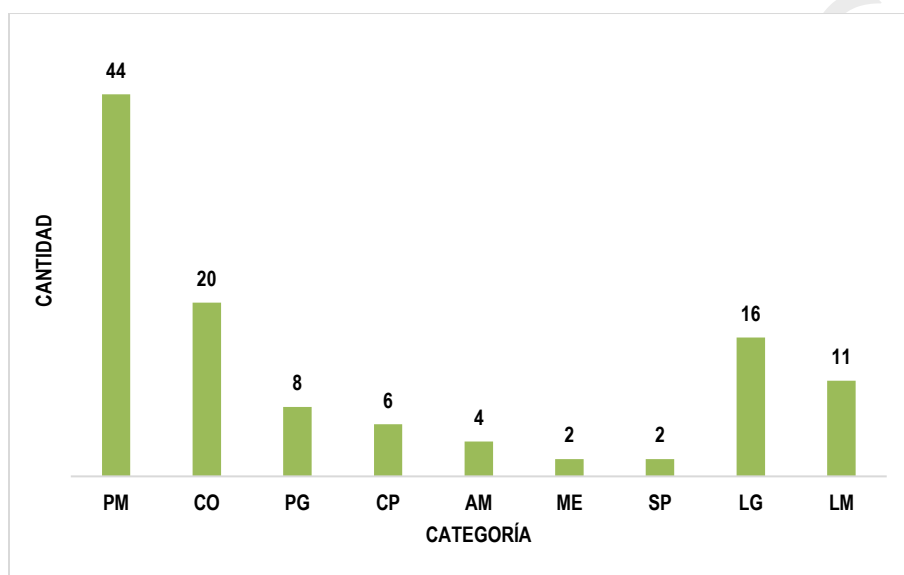


Figura 2 Cantidad de estaciones por Categoría. Elaboración propia

Cada una de las estaciones puede, o no, registrar el comportamiento de diferentes variables hidrometeorológicas. Las variables de interés que determinan principalmente el comportamiento climático son:

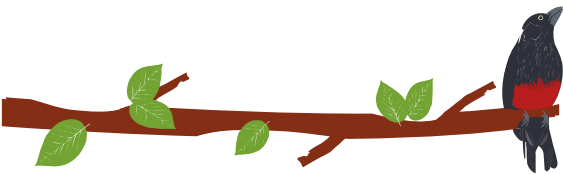
Precipitación (PT): Luego de una acumulación de vapor de agua en la atmosfera la descarga de esta se traduce en la deposición del agua en contacto con la tierra, que puede darse en estado líquido o solido en el caso del granizo, esta variable es medida en milímetros (IDEAM, 2014).

Brillo solar (BS): El brillo solar se trata de la incidencia directa del sol sobre la tierra y su duración. Este se analiza por regiones y es sobre estas unidades que tiene una influencia importante en el clima (ETESA, 2009), se mide mediante el heliógrafo y resulta en la cantidad de horas de dicha incidencia directa (Heinrich, Pacheco, Solera, & Alfaro, 2013).

Evaporación (EV): Esta hace referencia al paso del agua en estado líquido a gaseoso por efecto de la energía solar, se mide medida mediante evaporímetros o taques de evaporación, es reportada en centímetros evaporados (UNAD, n.d.)

Temperatura mínima, media y máxima (TS 8, TS 1 y TS 2): Se refiere a la intensidad relativa del calor, con la propiedad de transferir dicha energía calórica a otros cuerpos.





Se mide en tres escalas, centígrada, Fahrenheit y Kelvin. La temperatura del aire se reporta en grados centígrados (Dominguez, 2015b)

Humedad relativa (HR): En términos prácticos la humedad relativa corresponde al vapor de agua que está en la atmosfera y es absorbido por el aire según las condiciones ambientales y la cantidad de saturación.

Velocidad y dirección del viento: esta variable se divide en dos elementos, el movimiento de la masa de aire que depende de las diferencias de presión atmosférica y la dirección de la magnitud en los diferentes puntos cardinales.

A continuación, se presenta la cantidad de estaciones que se registran para cada una de las variables de interés mencionadas anteriormente.

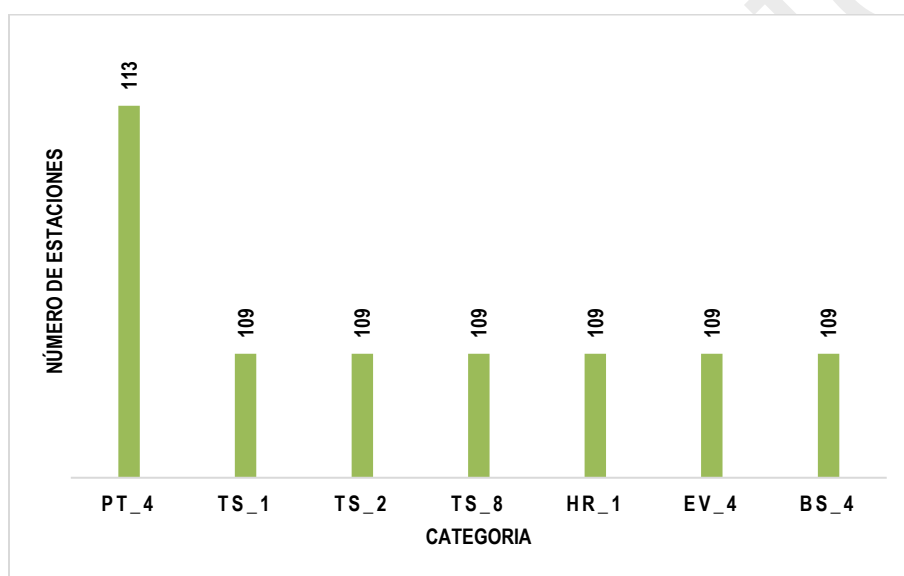


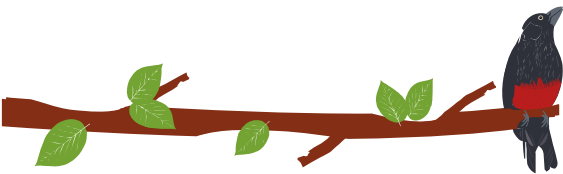
Figura 3. Cantidad de estaciones por variable meteorológica. Elaboración propia

Al identificar las estaciones que registran el comportamiento climático de la zona, se consultó la base de datos del IDEAM desde donde se obtuvieron las series de tiempo a resolución diaria. La información obtenida desde la fuente oficial presentó deficiencias en cuanto a consistencia, homogeneidad y datos anómalos por cual se aplicaron las pruebas que se describen a continuación.

1.1.2 Análisis de consistencia de la información

Teniendo en cuenta la Guía de Prácticas Hidrológicas de la OMM No 168 (WMO, 2011) y los estándares de calidad aplicables para Colombia, se realizó el análisis de consistencia de la información a series a una resolución mensual para las variables en estudio (temperatura máxima, mínima, media, precipitación total, brillo solar, evaporación y humedad relativa), el procedimiento aplicado propende por la obtención de la mejor calidad en la información y de esta manera la reducción de la incertidumbre en la caracterización climatológica y posterior, hidrológica.





Análisis de consistencia: Posterior al análisis de datos anómalos, se aplicó un test de completitud de los datos, donde se considera la longitud esperada y observada de la serie. De acuerdo con los términos, el periodo efectivo de registro de la serie no puede ser inferior a 15 años. Adicionalmente, se incluyó un criterio de consistencia consistente en un porcentaje de datos faltantes inferior al 20 %. Para aprobar el análisis de completitud la serie debe cumplir con los dos criterios simultáneamente.

Identificación de valores Anómalos: se aplicó la metodología de las desviaciones absolutas en términos de medianas (MADs, Median Absolute Deviations) (Leys, Ley, Klein, Bernard, & Licata, 2013; Rosenmai, 2013; Rousseeuw & Croux, 1993) en donde se busca identificar el número de desviaciones en términos de las medianas por derecha y por izquierda (cubriendo de esta forma distribuciones asimétricas) para cada conjunto estadístico (conjuntos de los días julianos).

En la siguiente figura se presenta el porcentaje de valores identificados y removidos como valores anómalos en las diferentes variables en estudio.

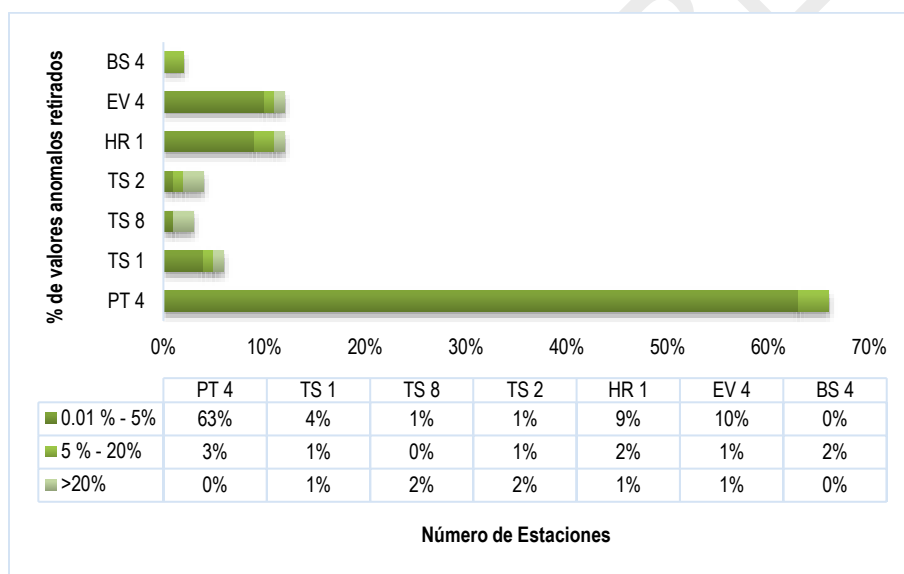


Figura 4. Porcentaje de valores anómalos identificados por estación y tipo de variable meteorológica.
Elaboración propia.

En la Figura 5 se presenta la cantidad de estaciones que se rechazaron debido a los criterios de completitud evaluados en resolución diaria.

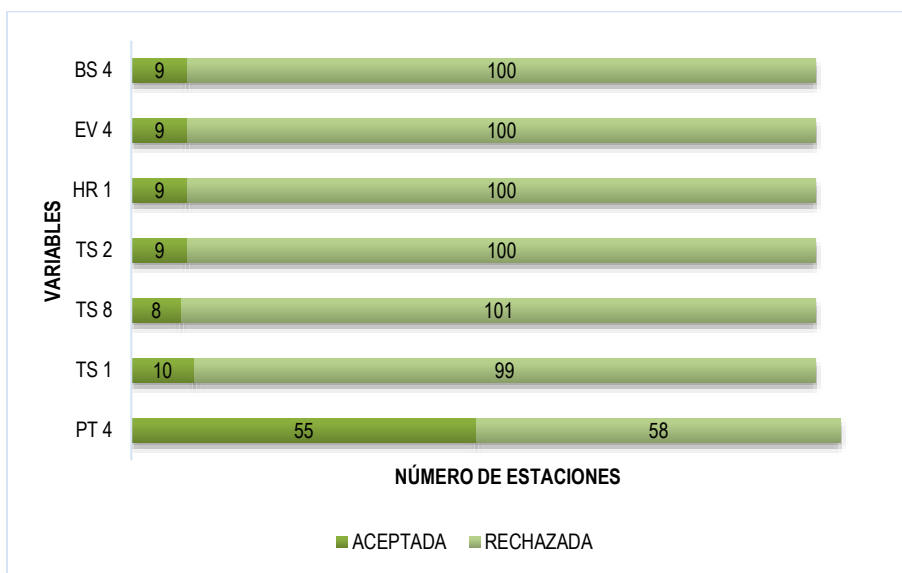
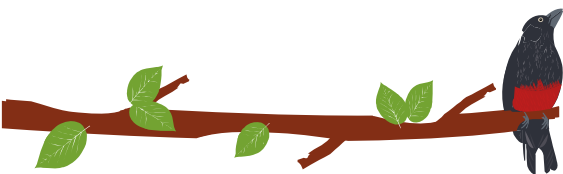


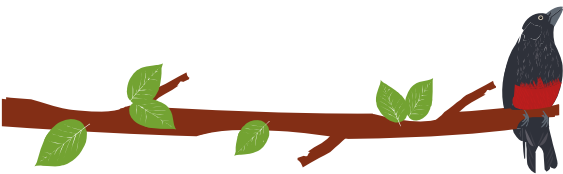
Figura 5. Análisis de consistencia series meteorológica de resolución diaria. Elaboración propia.

Se observa gran cantidad de estaciones que fueron rechazadas debido a la falta de información continua, es necesario aclarar que para la debida caracterización climatología es necesario información consistente con registros continuos que superen más de los 15 años de información.

. Análisis de consistencia series meteorológica de resolución diaria, se observa gran cantidad de estaciones que fueron rechazadas debido a la falta de información continua, es necesario aclarar que para la debida caracterización climatología es necesario información consistente con registros continuos que superen más de los 15 años de información.

Finalmente, en la Figura 6 se presenta la distribución espacial de las estaciones que aprueban los criterios de consistencia enunciados. Se obtuvo un total de 48 estaciones de las cuales tan solo 7 estaciones se encuentran dentro de la UAH Rio Sucio Alto, evidenciando falencias en el monitoreo hidrometeorológico, a partir de esta información se procedió a la agregación de la información a una escala mensual. Balance hídrico de largo plazo





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO FASE DE DIAGNÓSTICO

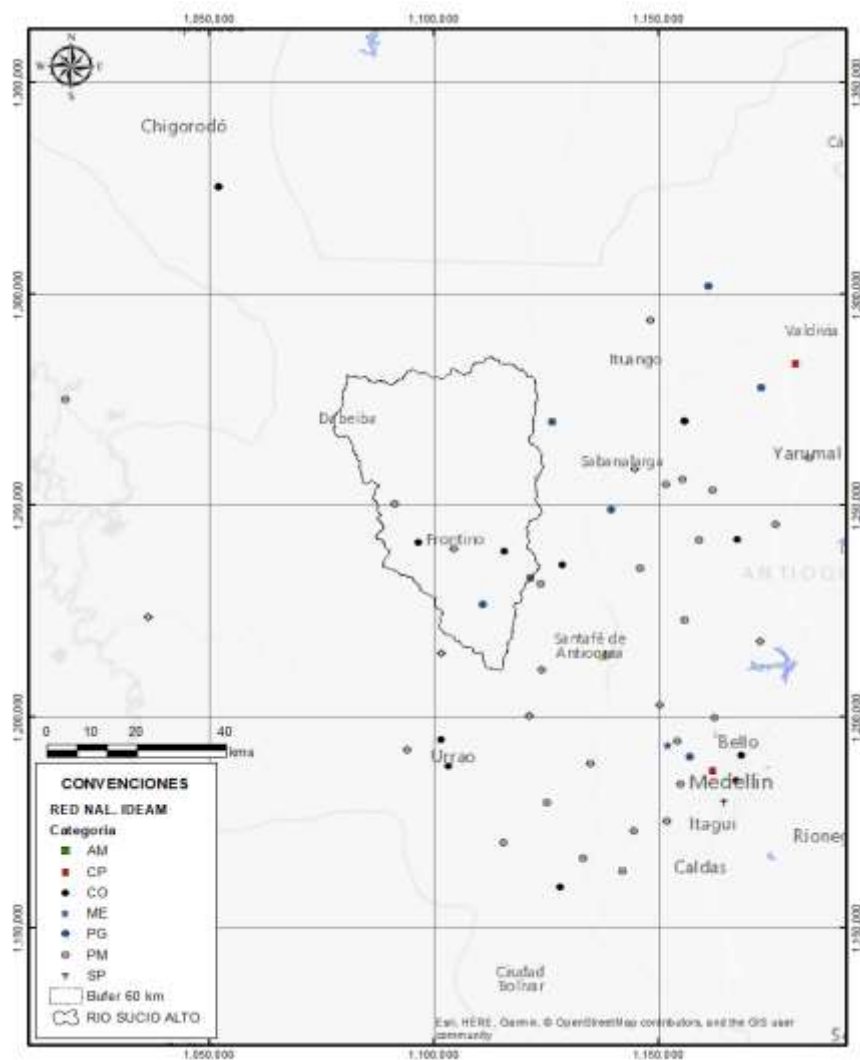


Figura 6. Distribución espacial Estaciones Filtradas. Elaboración propia

En la Figura 7 se presenta el resultado del análisis de consistencia para todas las variables en estudio, se observa que la mayoría de las variables contiene series con datos entre 16 a 20 años, en la variable precipitación encontramos series con registros de más de 20 años, aproximadamente un total de 70 estaciones.

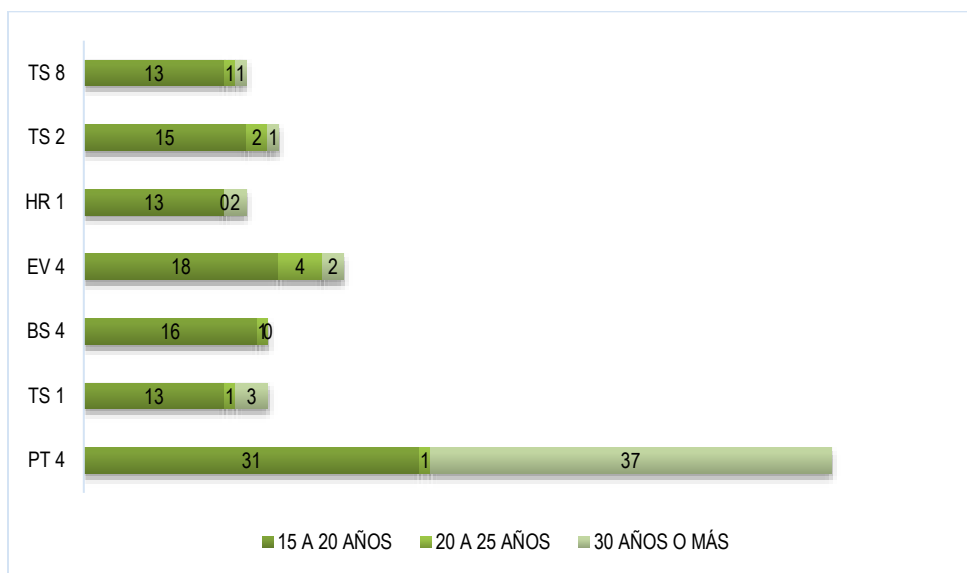
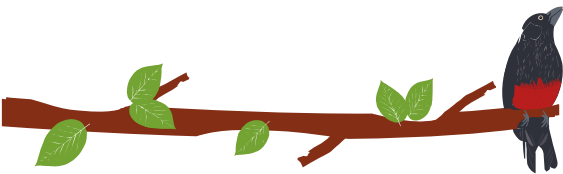
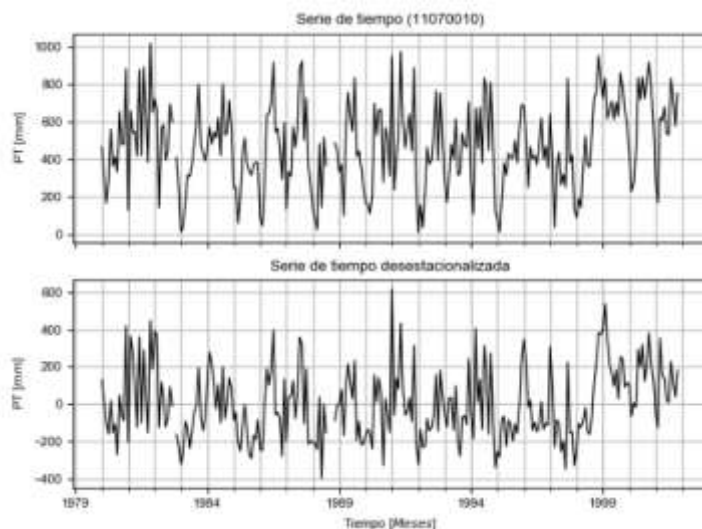
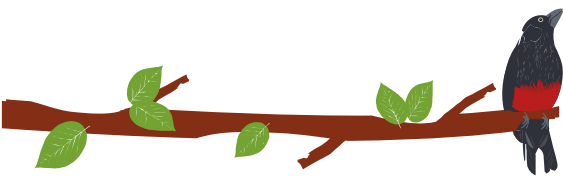


Figura 7. Longitud de series por variable. Elaboración propia

Las estaciones que se presentan todas cuentan con más de 15 años como requisito según la Guía de POMCAS, la variable precipitación es la que cuentan con una mayor longitud de registros.

El conjunto de herramientas para el análisis de consistencia lo complementan la visualización de las series de tiempo absolutas y desestacionalizada, la curva de masa simple y los diagramas de cajas o bigotes. A manera de ejemplo, a continuación, se presenta la estación 11070010. Los resultados para la totalidad del conjunto de estaciones se presentan en el **Anexo 1 análisis de consistencia y tratamiento de la información.**





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO FASE DE DIAGNÓSTICO

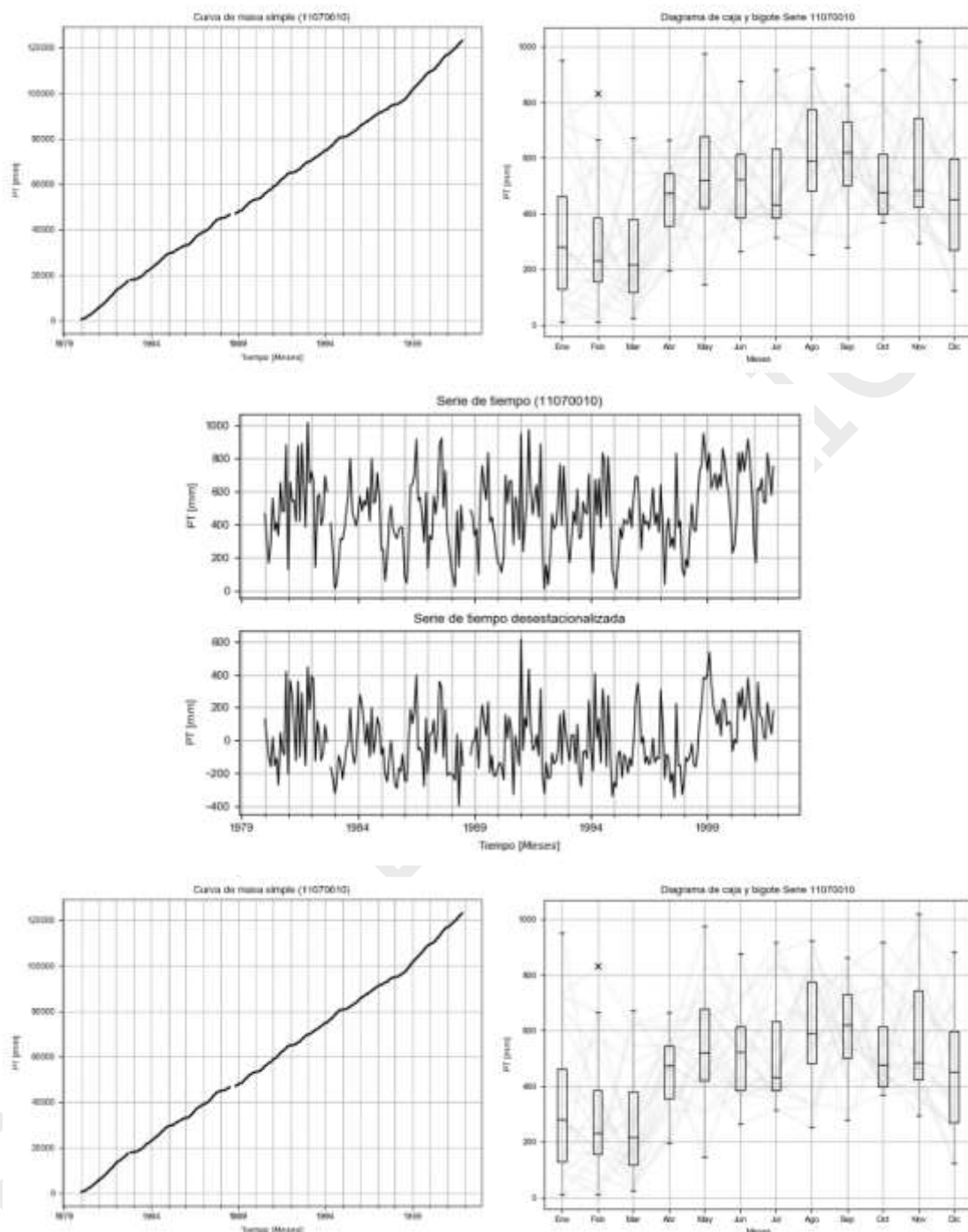
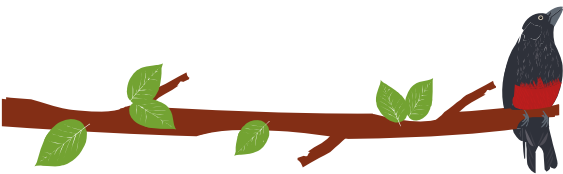


Figura 8. Herramientas para el análisis de consistencia en la estación 11070010 Playa La Murry. Elaboración propia

En la Figura 8 se observa que la serie de precipitación no evidencia ningún tipo de tendencia significativa, adicionalmente, la curva de masas simple presenta un cambio significativo en la pendiente entre 1998 y 1999 cambio que se confirma en la gráfica de la serie desestacionalizada. Por otra parte, en el diagrama de bigotes se identifica un





potencial dato anómalo en el mes de febrero, aunque a escala diaria se identificaron y removieron los valores anómalos más representativos.

A continuación, se presenta el resumen del análisis de consistencia para cada una de las variables en estudio, en relación con el tamaño del registro potencial y el porcentaje de datos faltantes, a partir del primer filtro presentado anteriormente se obtuvieron estaciones cuyos registros fueran superior a 15 años de datos a nivel mensual.

1.1.2.1 Resumen análisis de consistencia

Para la variable precipitación se obtuvieron 48 estaciones las cuales en promedio tienen 33 años potenciales de datos, la estación con menos registros cuenta con 17 años y la mayor con un total de 38 años continuos, el mayor porcentaje de datos faltantes es de 40% pero no representa inconsistencia de información ya que todas las estaciones presentaron series con una longitud de más de 15 años.

En la Tabla 1 se presentan el resumen del análisis de consistencia para todas las variables en estudio, con las longitudes potenciales en años y el porcentaje de datos faltantes.

Tabla 1 Resumen Análisis de consistencia

Variable	Total Estaciones	Periodo de registro potencial (años)			% Faltantes		
		Promedio	Min	Max	Promedio	Min	Max
PT_1	48	33	17	38	3%	0%	40%
TS_1	10	33	21	38	6%	1%	12%
TS_2	9	36	27	38	19%	1%	34%
TS_8	9	36	31	38	14%	3%	33%
BS_4	8	34	28	36	20%	11%	33%
HR_1	9	36	32	38	13%	4%	19%
EV_4	9	29	19	38	17%	5%	31%

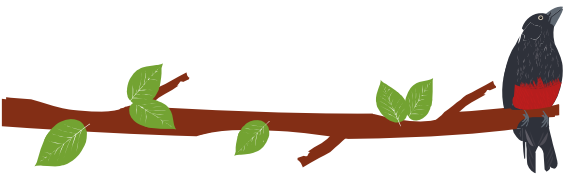
Fuente: Elaboración propia.

En las demás variables se observa que la longitud promedio de los registros se encuentra por encima de los 29 años, algunas series cuentan con más de 38 años de registros y las que menos cuentan con información tienen más de 17 años. En cuanto al porcentaje de datos faltantes en promedio para todas las variables las series cuentan aproximadamente con menos del 20 % de faltantes lo cual no compromete la longitud potencial de los registros que se emplearon.

1.2 VARIABILIDAD CLIMÁTICA

De acuerdo con (Pabón C, 2011), la variabilidad climática se define como las fluctuaciones del clima en diferentes escalas temporales como meses, años o decenios, registrando valores por encima o por debajo de las condiciones normales. Esta diferencia es perturbada cuando cada una de esas fluctuaciones en sus respectivas escalas de





tiempo, (intraestacional, interanual, inter-decadal y secular), interactúan entre sí de manera que intensifican o debilitan los parámetros meteorológicos.

Para Colombia, la variabilidad climática está condicionada por procesos geofísicos desde la escala horaria hasta la escala interanual, entre ellos el ciclo diurno de temperaturas, las ondas tropicales del este, el ciclo semi-anual debido al paso de la ZCIT, El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), y la Oscilación Inter Decadal del Pacífico (Poveda, 2004).

Con el fin de establecer la afectación de fenómenos regionales como el Niño sobre el régimen climático de la cuenca, se determinó el grado de asociación lineal entre los distintos índices que monitorean las oscilaciones en el clima a nivel global y regional (NOAA¹), con series de precipitación y temperatura lo suficientemente representativas del territorio. Así como, la identificación de periodos extremos con base en la anomalía de las series (diferencia entre el valor registrado de la variable y su promedio anual).

La identificación de la variabilidad climática y los fenómenos macroclimáticos se abordó desde un análisis de teleconexiones, el cual consiste en una serie de correlaciones cruzadas entre las series de precipitación y las de temperatura media, a resolución mensual, contra los índices océano- atmosféricos.

1.2.1 El Niño – Oscilación del Sur (ENSO)

Los fenómenos ENSO, son impulsados por el desplazamiento de masas de aguas cálidas o frías en el océano pacífico ecuatorial y subtropical, entre las costas occidentales de Suramérica y el continente asiático (ver Figura 9). La fase fría del ENSO, corresponde al fenómeno La Niña, fase que se presenta frente a las costas suramericanas, intensificando los vientos alisios, la corriente ecuatorial y subsecuente intensificación de la corriente fría de Humboldt, por tanto, se intensifica la surgencia (up-welling), emerge la termoclina y, en consecuencia, aumenta la concentración de nutrientes en las aguas de las costas suramericanas.

Bajo este escenario, ahora las aguas cálidas se concentrarán cerca de las costas asiáticas y en Oceanía, haciendo que se robustezca el sistema de baja presión que fortalece la circulación zonal de Walker, que finalmente, después de un largo recorrido, favorece la precipitación sobre el territorio colombiano.

¹ <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/>



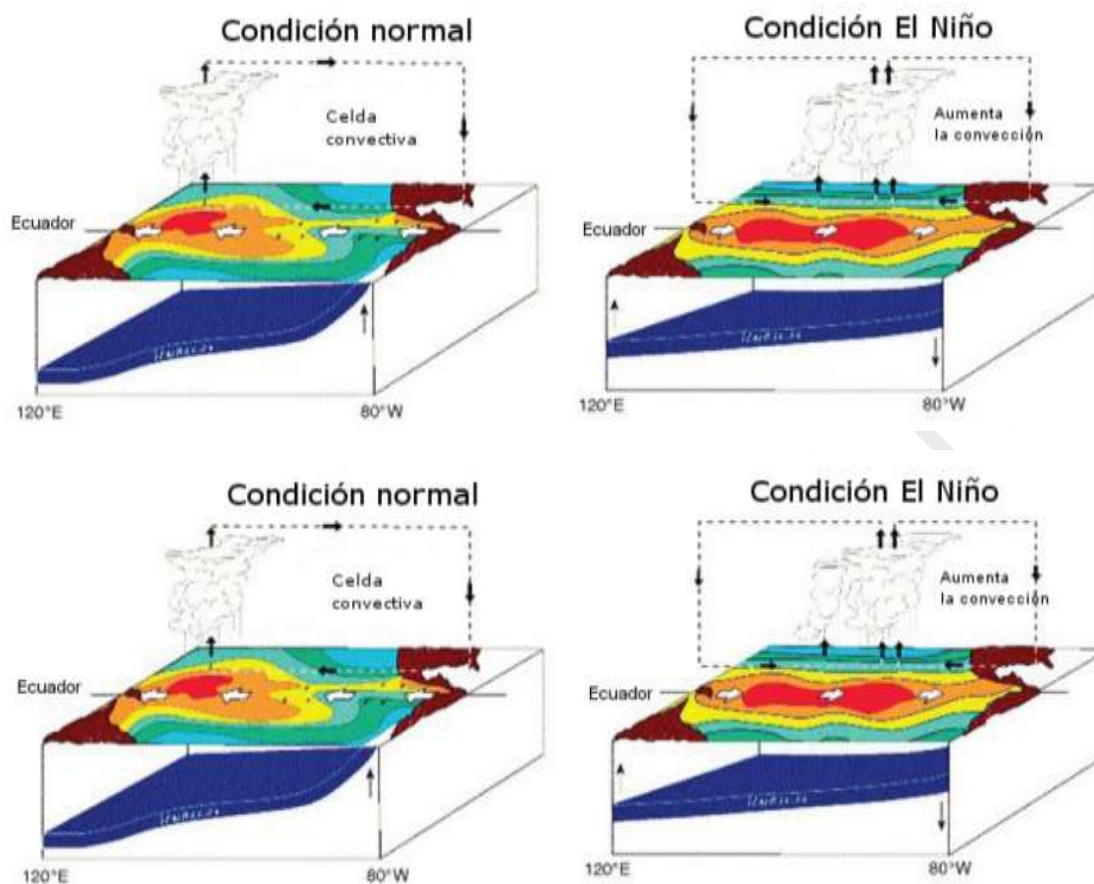
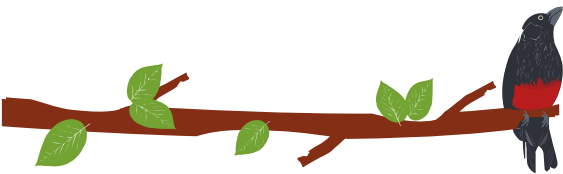
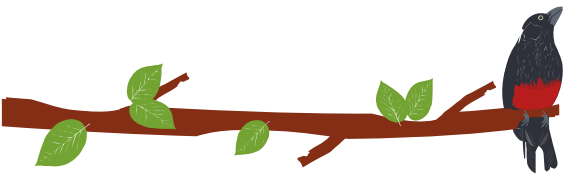


Figura 9. Océano Pacífico tropical a nivel superficial y en profundidad sobre la región de desarrollo del ENSO. Elaboración propia a partir de http://www.wrh.noaa.gov/fgz/science/el_nino.php.

Uno de los indicadores que caracterizan el evento ENSO es el denominado índice ONI (Índice Oceánico El Niño). El ONI se basa en la desviación de la temperatura superficial del mar (SST) con respecto al promedio en la parte central del Pacífico tropical y es la magnitud utilizada para monitorear, evaluar y pronosticar un evento ENSO.

Se calcula como la media móvil de 3 meses consecutivos, de las anomalías de la (SST) en la región Niño 3, 4 (centro del Pacífico). Un evento El Niño se caracteriza por ONI positivos mayores o iguales a $+0,5^{\circ}\text{C}$. El evento La Niña se caracteriza por ONI negativos menores o iguales a $-0,5^{\circ}\text{C}$. Para ser catalogado como un período Niño o Niña, es necesario que el ONI alcance valores superiores a estos rangos, durante al menos 5 períodos consecutivos de 3 meses. El Centro de investigación internacional Golden Gate Weather Services, proponen una categorización del ONI de acuerdo con su intensidad, como se presenta en la Figura 10.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO

FASE DE DIAGNÓSTICO

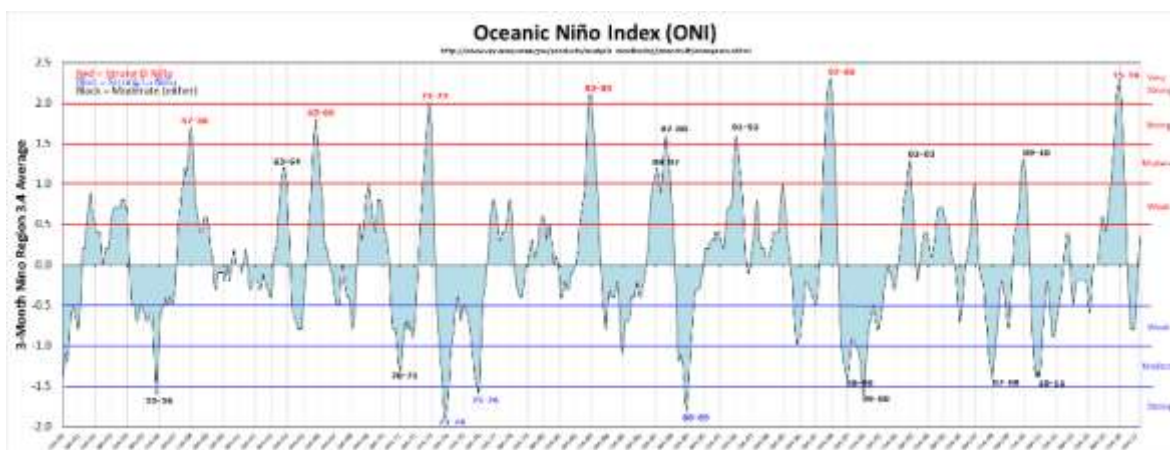


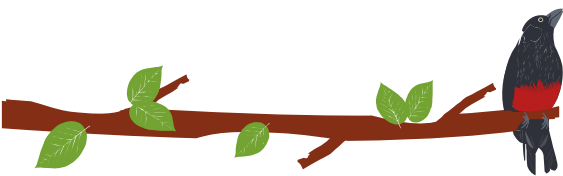
Figura 10. El índice (ONI) Oceanic Niño Index (1950 - 2017). Elaboración propia a partir de <http://ggweather.com/enso/oni.htm>.

Los efectos producidos por este tipo de fluctuaciones climáticas en la cuenca se manifiestan por el cambio de humedad, la evaporación, la precipitación y variaciones en los regímenes de vientos. Una lectura de la Figura 10 con efectos en el territorio nacional, se interpretan con la influencia del fenómeno El Niño, ocurrido a partir del segundo semestre de 2009, el cual se prolongó hasta el primer semestre de 2010 y que posteriormente cambió de fase y se transformó en un evento frío La Niña, la cual se prolongó hasta los inicios del año 2012.

A continuación, se presenta el análisis de curvas de diferencias integrales (CDI) para la variable precipitación en relación con el índice Oceánico Niño, en las estaciones ubicadas dentro de la Unidad de Análisis Hidrológico (UAH) (11110010, 11110020, 11110030 y 11115020)

En la siguiente figura se presenta la curva de diferencias integrales (CDI), las cuales identifican los ciclos de baja y alta humedad en las series en estudio, como ejemplo se presenta la CDI para la serie 11110010, así mismo se incluye el ONI con el fin de relacionar las CDI con la presentación de fenómenos recurrentes como el niño, se puede observar en la serie de precipitación predomina un periodo de baja humedad, en los años de 2004 a 2014, los periodos de baja humedad no coinciden con periodos donde se evidencia eventos extremos de variabilidad climática.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

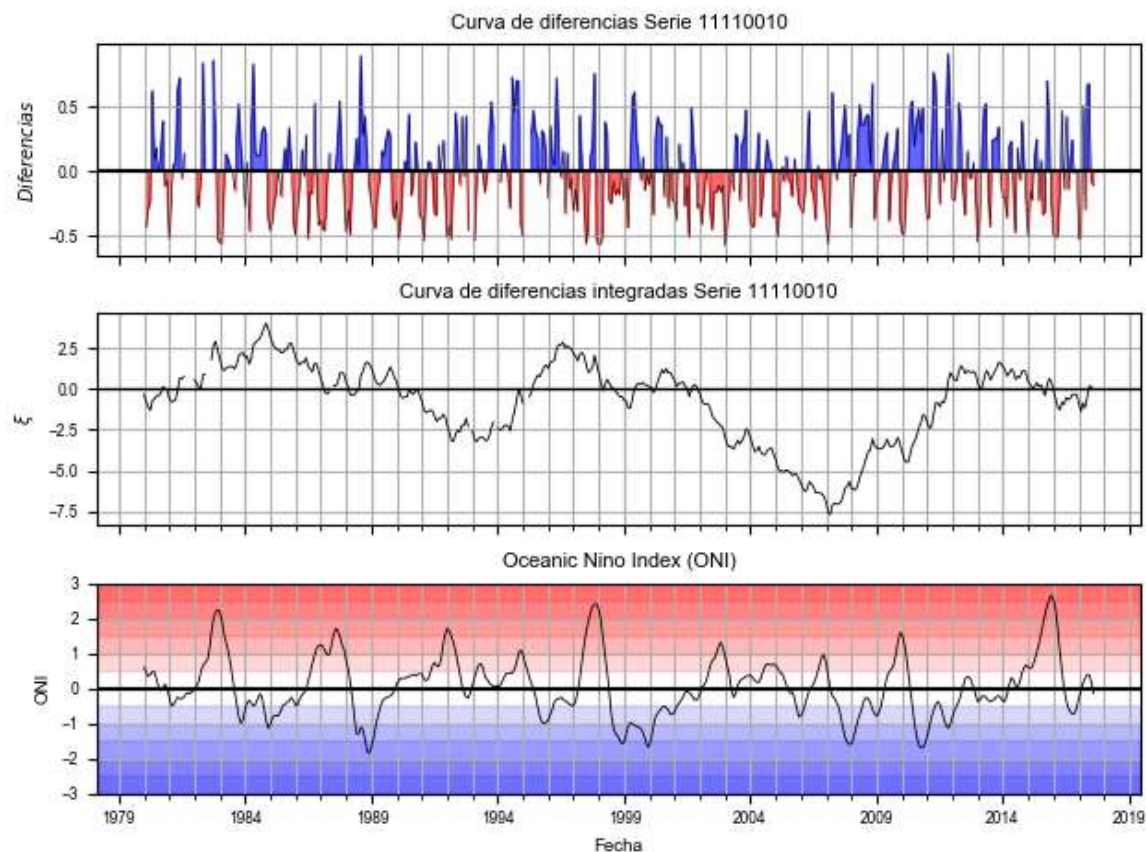
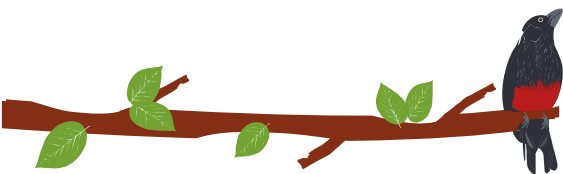


Figura 11 Curva de diferencias integrales para la serie de precipitación 11110010. Elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta la curva de diferencias integrales y su relación con el índice oceánico Niño para la estación 11110020, se presenta en gran proporción periodos de baja humedad desde 1984 a 2010, que no coinciden de forma significativa con periodos donde se evidenciaron eventos extremos de variabilidad climática.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

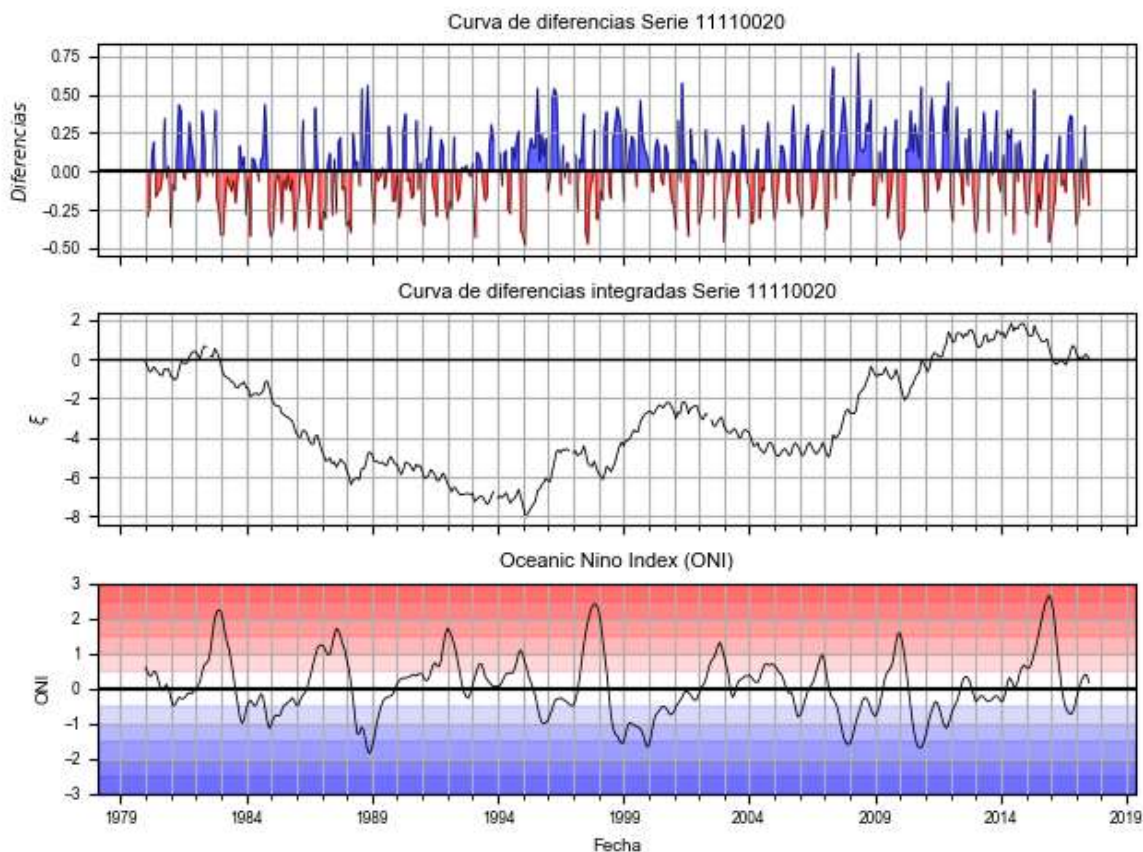
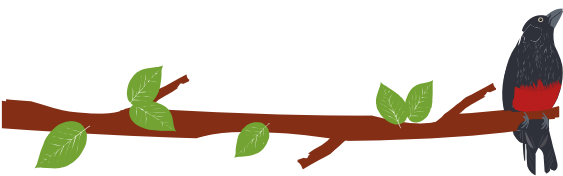


Figura 12 Curva de diferencias integrales para la serie de temperatura media 11110020. Elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta la curva de diferencias integrales (CDI), las cuales identifican los ciclos de baja y alta humedad en las series en estudio, se presenta la CDI para la serie correspondiente a la estación 11110030, se puede observar en la serie de precipitación predomina un periodo de alta humedad a diferencia de las dos series presentadas anteriormente, todo el registro de datos presenta de alta humedad desde 1980 a 2015 coincide con algunos periodos donde se presenta eventos de variabilidad climática extrema como en 1997 y 2011.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

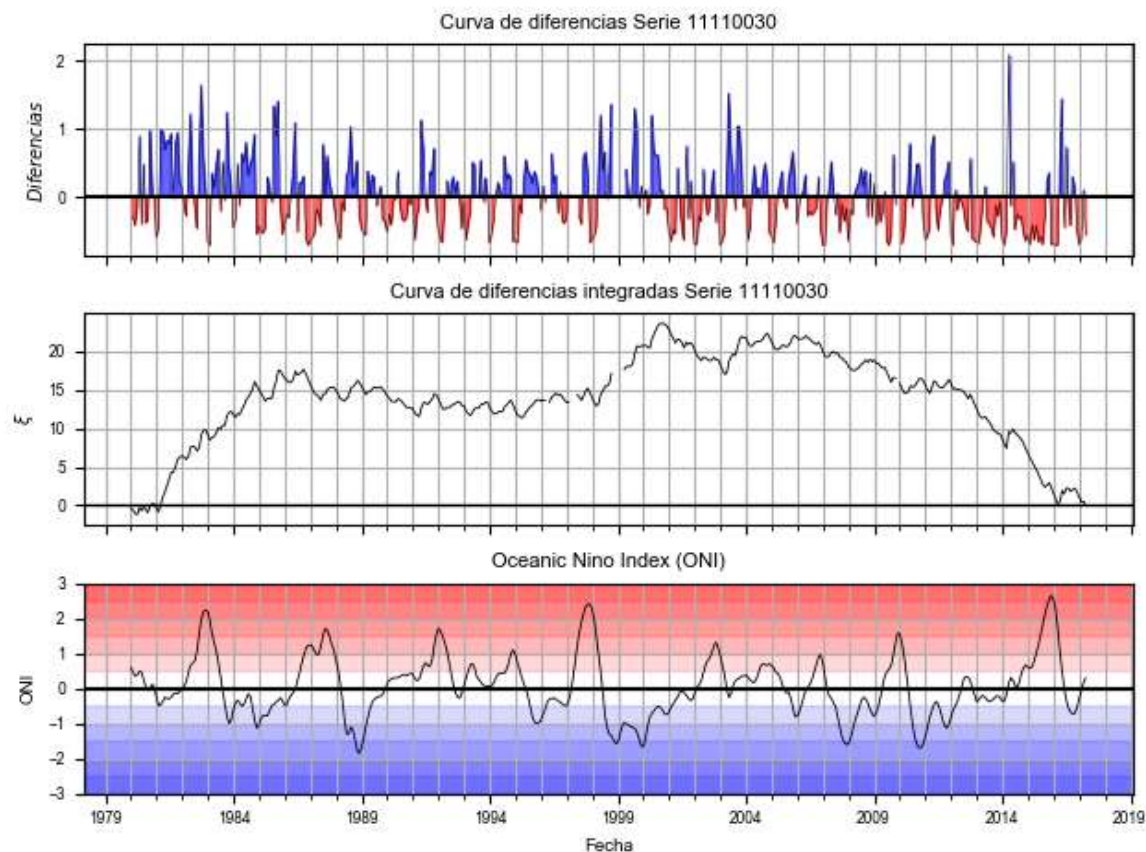


Figura 13 Curva de diferencias integrales para la serie de temperatura media 11110030. Elaboración propia

En la siguiente figura se presenta la curva de diferencias integrales (CDI), las cuales identifican los ciclos de baja y alta humedad en las series en estudio, se puede observar en la serie de precipitación predomina un periodo de baja humedad, en los años de 1994 a 2000, los periodos de baja humedad coinciden con periodos donde se evidencia eventos extremos de variabilidad climática.

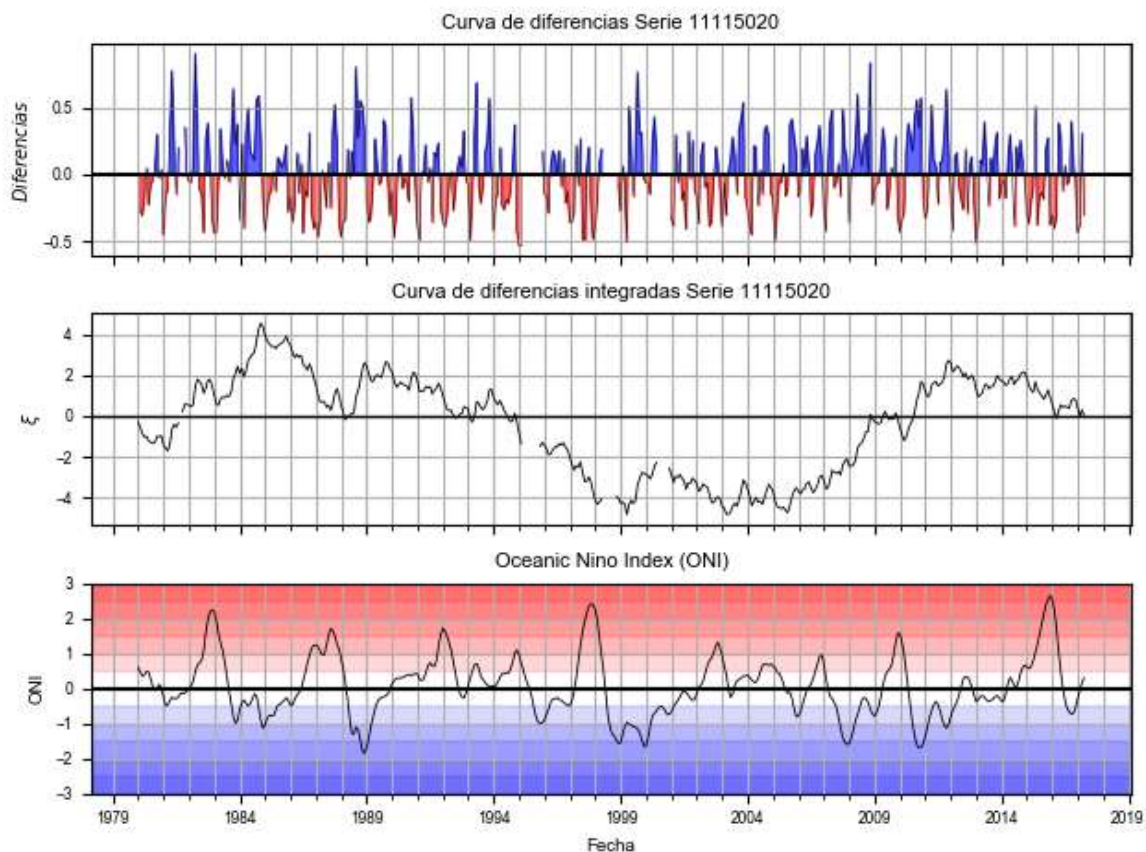
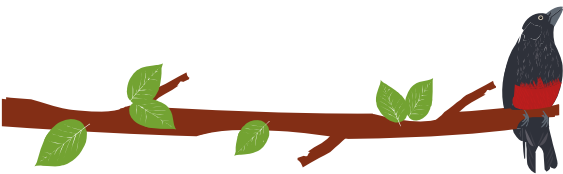


Figura 14 Curva de diferencias integrales para la serie de temperatura media 11075010. Elaboración propia

1.2.2 Índices Océano Atmosféricos

Estos índices pueden dividirse entre los que representan las Teleconexiones climáticas, la Temperatura Superficial del Océano Pacífico (SST Pacífico) y la atmósfera sobre éste, especialmente en la franja tropical, y los representativos de la Temperatura Superficial del Océano Atlántico (SST Atlántico) y su atmósfera, así como los que monitorean el ENSO en el pacífico tropical, los cuales han sido divididos en un número de zonas llamadas Niño 1, 2, 3, 4, y 3.4 (el cual es un traslape de las regiones 3 y 4).

El Centro de Predicciones Climáticas (CPC - The Climate Prediction Center) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration), ha generado información semanal de estos índices a partir de 1990 y mensual desde 1950, mientras la División de Ciencias Físicas (PSD - Physical Sciences Division) de la NOAA, tiene información mensual de las regiones conjuntas Niño 1 y 2 desde 1948 (Niño 1 + 2).

En la Tabla 2 se describen los índices Océano Atmosféricos objeto de los análisis de este POMCA.



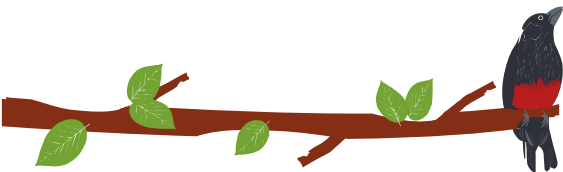


Tabla 2 Índices Océano Atmosféricos

ACRÓNIMO	ÍNDICE	DESCRIPCIÓN
PNA	Patrón del Pacífico y América del Norte	Patrón de variación de baja frecuencia en la circulación atmosférica y tele-conexión sobre el Pacífico Norte y América del Norte
WP	Índice del Pacífico Oeste	Cambios en la locación e intensidad de la corriente de chorro del Pacífico Norte
NAO	Oscilación del Atlántico Norte	Cambios en la intensidad y posición de la corriente de chorro del Atlántico Norte, de la trayectoria de las tormentas y con el transporte de calor y humedad sobre el Atlántico Norte
PDO	Oscilación Decadal del Pacífico	Variabilidad interanual e inter-decadal del Pacífico Norte
SOI	Índice de la Oscilación del Sur	Variabilidad interanual de la posición geográfica e intensidad de los centros de baja y alta presión sobre el Pacífico Sur Ecuatorial (ENSO).
QBO	Oscilación bienal	Oscilación bianual de los vientos zonales en la estratósfera sobre el ecuador
MEI	Índice Multivariado del ENSO	Variabilidad interanual del ENSO sobre el Pacífico Tropical
Niño 1+2	Índices del ENSO	Efectos de la variabilidad interanual del ENSO sobre la TSM en distintas regiones del Pacífico Tropical.
Niño 3		
Niño 4		
Niño 3.4		
Best	Serie bivariado del ENSO	Variabilidad interanual de los procesos oceánicos y atmosféricos relacionados al ENSO sobre el Pacífico Sur Ecuatorial
ONI	Índice de la Oscilación del Norte	Eventos climáticos tropicales (ENSO) y extra tropicales sobre el Pacífico Norte
TNI	Índice Trans-Niño	Evolución del ENSO en el Pacífico Tropical.
WHWP	Alberca Cálida Occidental	Anomalías de la TSM de la región del Pacífico Oriental Tropical, Golfo de México y Mar Caribe con TSM > 28,5°C
TNA	Índice del Atlántico Norte/Sur tropical	Variabilidad de la TSM en la parte tropical del Atlántico Norte/Sur
TSA		
AMO	Oscilación Multi-decadal del Atlántico	Variabilidad decadal de la TSM en el Atlántico Norte

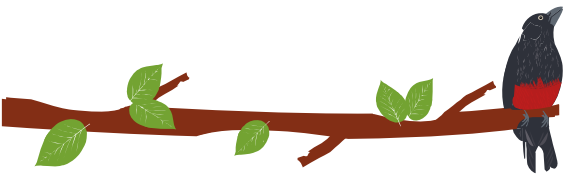
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados del análisis de variabilidad climática y tele-conexiones para las variables temperatura media y precipitación total mensual de las estaciones ubicadas en la unidad RSA.

1.2.2.1 Teleconexiones y Precipitación Total Mensual

En la Figura 15 se muestra las teleconexiones encontradas para una estación (11070010) como ejemplo del análisis, las demás se adjuntan en el en el *Anexo 1 análisis de consistencia y tratamiento de la información*. Los números al interior de las celdas muestran las relaciones significativas y la variación de rojo a azul, siendo rojo las correlaciones inversas y la azul, las directas. El eje de las ordenadas representa los índices océano- atmosféricos y el eje de las abscisas representa los rezagos temporales.





Los índices que presentan relaciones significativas a lo largo de la estación son Niño 1 y Niño 3 para los rezagos 1, 16,17 y 18.

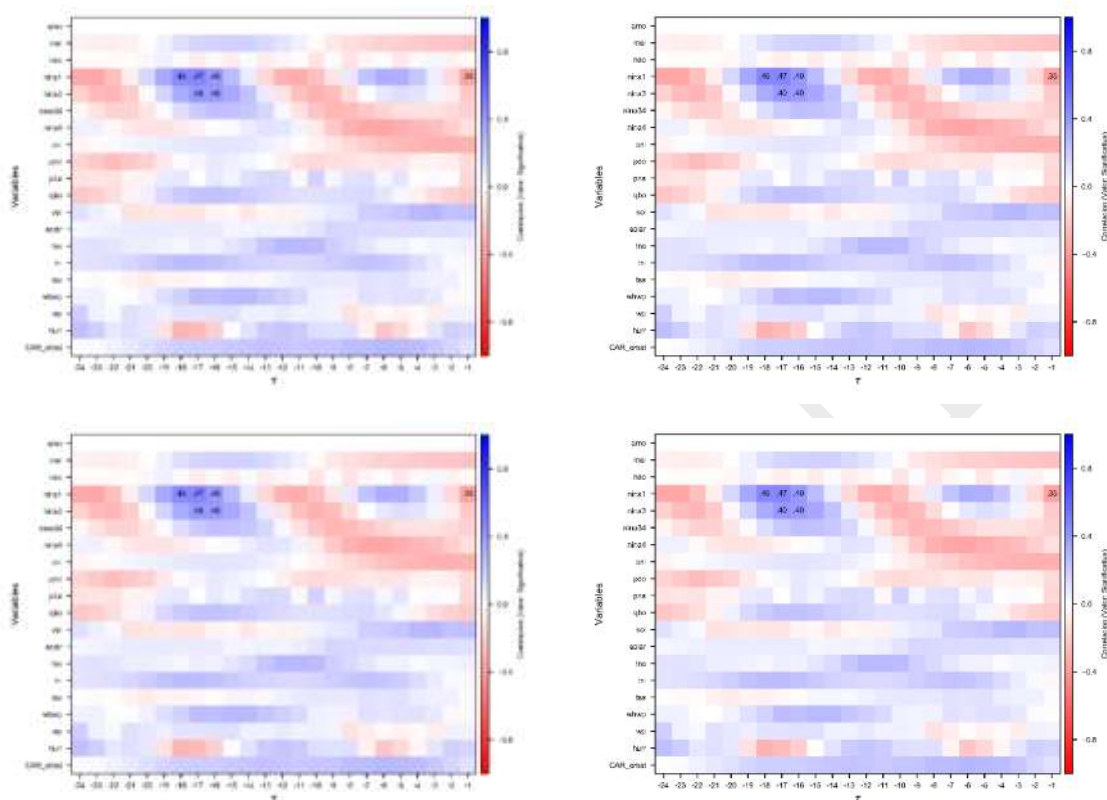


Figura 15 Matriz de correlación cruzada de los índices macroclimáticos y la serie de precipitación total mensual de la estación 11070010. Elaboración propia

A la izquierda, el análisis de correlación con los datos de precipitación absoluta y a la derecha el mismo análisis versus las anomalías de precipitación de la misma estación.

1.2.2.2 Teleconexiones y Temperatura Media Mensual

En la Figura 16 se muestra las teleconexiones encontradas para una estación (11075010) como ejemplo del análisis, las demás se presentan en el *Anexo 1 análisis de consistencia y tratamiento de la información*. Los números al interior de las celdas muestran las relaciones significativas y la variación de rojo a azul, siendo rojo las correlaciones inversas y la azul, las directas. El eje de las abscisas contiene los índices océano- atmosféricos y el de las ordenadas presenta los rezagos temporales.

Los índices que presentan relaciones significativas a lo largo de la estación son MEI, Niño 3-4, Niño 1 + 2 y SOI para los rezagos temporales 1,2,3, 4, 20 y 21 con correlaciones directas.



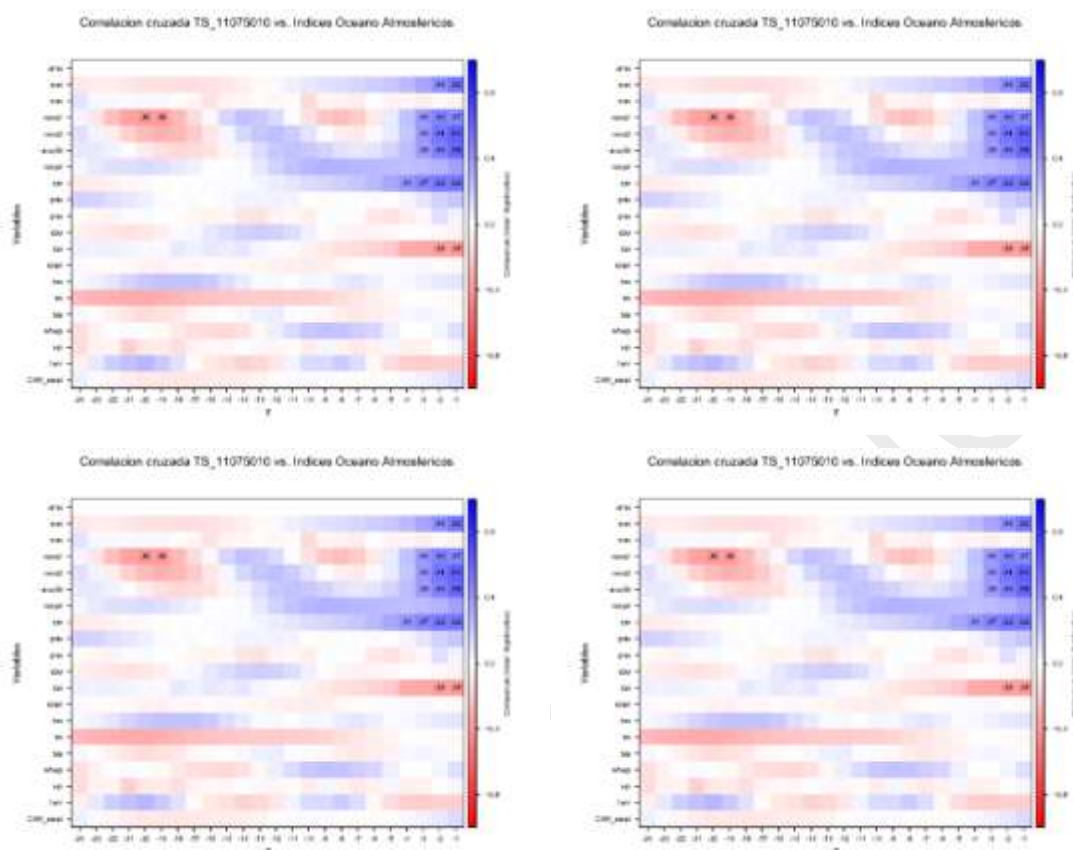
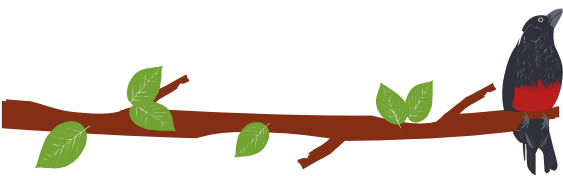


Figura 16 Matriz de correlación cruzada de los índices macroclimáticos y la serie de temperatura media mensual de la estación 11075010. Elaboración propia

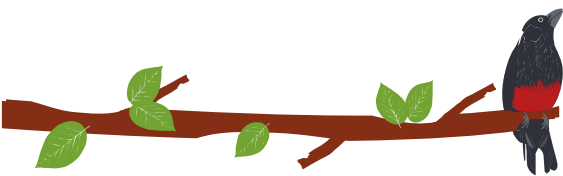
A la izquierda, el análisis de correlación con los datos de temperatura absoluta y a la derecha el mismo análisis versus las anomalías de temperatura de la misma estación.

1.3 CARACTERIZACIÓN ESPACIO TEMPORAL

Este ítem abarca la caracterización (temporal y espacial) del clima en la cuenca del Río Sucio Alto en un contexto regional, bajo un enfoque probabilístico lo cual implica el estudio de las variables aleatorias de acuerdo con la axiomática de Kolmogorov, en la cual es necesario demostrar la aleatoriedad de las variables en estudio: precipitación media anual y mensual; temperatura media, máxima y mínima mensual y anual; evapotranspiración potencial y real anual y mensual. Se presenta el ajuste a funciones de distribución de probabilidad, la estimación de los momentos estadísticos, la estacionalidad en las diferentes unidades de análisis hidrológico (UAH), el análisis de eventos extremos, la estimación de curvas de intensidad duración frecuencia – IDF, la espacialización de variables climáticas y el comportamiento de los vientos mediante gráfico de tipo rosa de vientos. Lo anterior se desarrolló empleando los siguientes pasos metodológicos:

Aleatoriedad: Se implementó la prueba de rachas, esta prueba permite identificar conjuntos estadísticos, en este caso grupos mensuales (ene, feb, ..., dic), que no siguen ninguna tendencia, ciclo, estacionalidad o algún tipo de estructura. La aprobación de





este test permite la aplicación de enfoques estocásticos en la caracterización y, de esta forma obtener los momentos estadísticos que configuran la caracterización probabilística de una serie de tiempo. Si el conjunto estadístico resulta no aleatorio debe prestarse especial atención a dichas series en la aplicación de la prueba de ajuste. Ya que puede presentarse ajustes inconsistentes y en consecuencia no pueda ser hallado el valor esperado. Los resultados completos de esta prueba pueden ser consultados en el Anexo 1 análisis de consistencia y tratamiento de la información

Tendencia: La prueba de tendencia se realizó mediante la prueba de Mann-Kendall, para determinar cambios en la estructura de la serie para todos los conjuntos estadísticos.

Ajuste Funciones de probabilidad empíricas: La prueba de ajuste pretende confirmar o refutar si la distribución empírica, es decir de los datos observados, se ajusta a una distribución teórica. Esta prueba solo se aplica a conjuntos estadísticos aleatorios, por lo que la prueba de rachas es indispensable. Para aquellos conjuntos en donde la variable no tuvo un comportamiento aleatorio, se realiza de igual manera el ajuste, con especial cuidado en los desempeños de los ajustes obtenidos. En la hidroclimatología se consideran doce distribuciones teóricas, seleccionadas por su buen ajuste a este tipo de variables. De manera que cada conjunto estadístico pasa por 12 pruebas para seleccionar la distribución mejor ajustada. Se utiliza la prueba de hipótesis de Kolmogorov y los criterios de selección, error medio y máximo, de la distribución para el caso en el que varias distribuciones pasen la prueba.

Estimación de momentos estadísticos: Al tener la variable ajustada a una distribución teórica se puede hacer una aproximación de magnitudes con sus probabilidades. Además, permite obtener unos parámetros de comportamiento mucho más cercanos a lo observado, conocidos como momentos estadísticos.

A continuación, se presentan los resultados del tratamiento para cada una de las variables en estudio.

1.3.1 Análisis Probabilístico

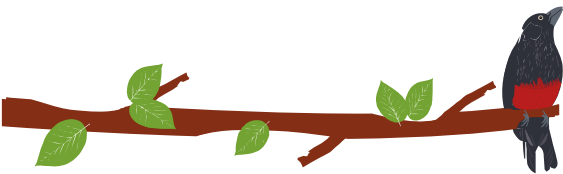
1.3.1.1 Precipitación Total

Se presentan a continuación el tratamiento de la información como conjunto aleatorio para las diferentes series de datos de precipitación.

1.3.1.1.1 Aleatoriedad

La Figura 17 presenta el mosaico del comportamiento temporal de la prueba de aleatoriedad. Para la mayoría de los casos se acepta la prueba, por lo que se puede seguir con la prueba de ajuste y se tiene especial cuidado donde no se cumple.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO FASE DE DIAGNÓSTICO

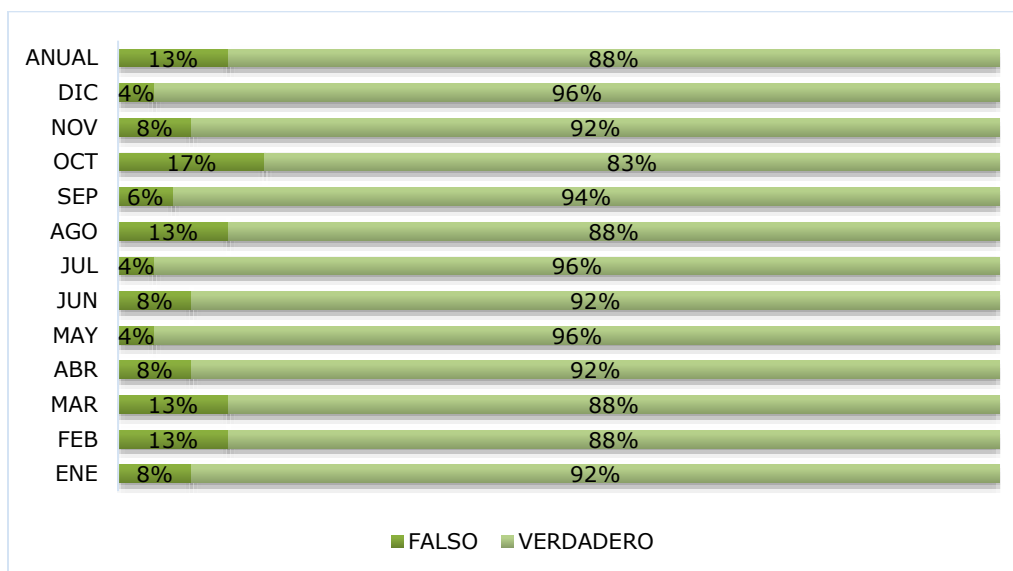


Figura 17 Prueba de aleatoriedad para los conjuntos estadísticos mensuales y anuales de la variable precipitación total. Elaboración propia

En general, se observa que más del 90% de los conjuntos de las estaciones aprueban el test de aleatoriedad a excepción del conjunto estadístico de octubre en donde el porcentaje de rechazo de la prueba es del 17%.

1.3.1.1.2 Tendencia

Entre las estaciones de la variable precipitación se pueden observar series de estaciones, sin tendencia, tendencia creciente y tendencia decreciente, en orden de ocurrencia. La Figura 18 presenta la cantidad de estaciones por tendencia, siendo la categoría sin tendencia o neutra la predominante, oscila entre 70 y 90% de las estaciones.

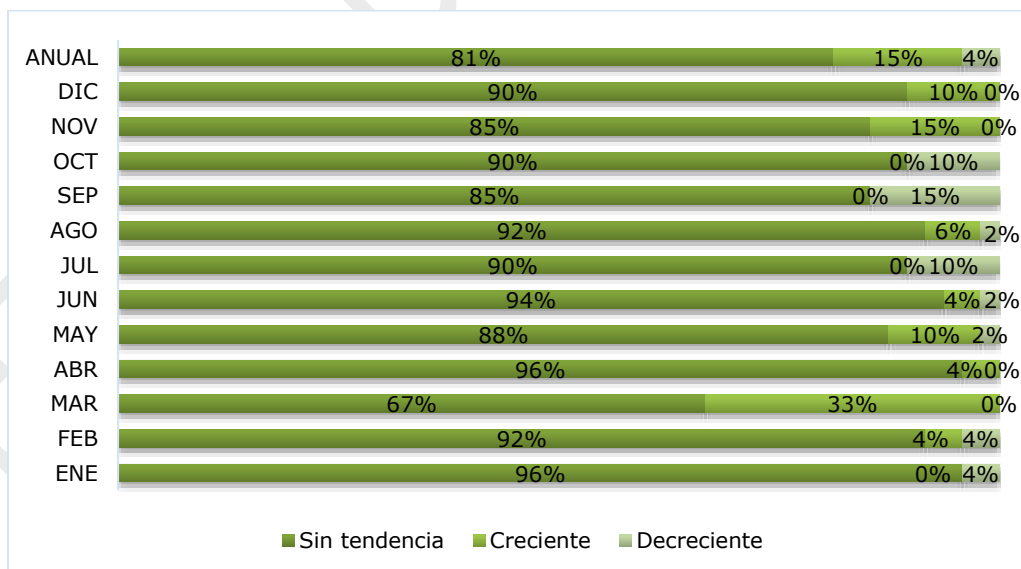
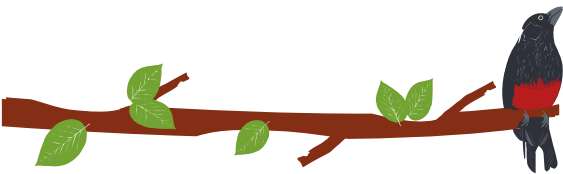


Figura 18 Prueba de tendencia Precipitación total. Elaboración propia





Se observa en general que la mayoría de los conjuntos estadísticos, no tienen ningún tipo de tendencia, en algunos casos la tendencia es decreciente, a nivel anual predomina la no tendencia, en segundo lugar, tendencias crecientes y por último decrecientes.

1.3.1.1.3 Ajuste Funciones de Probabilidad

Los resultados de los ajustes de las funciones empíricas de distribución para la variable precipitación total de las estaciones en la SZH 1111 (estaciones 11110010, 11110020, 11110030, 11110110, 11115020, 11115040) indican que en la escala mensual las funciones de mayor representatividad en la zona son la generalizada de extremos, log-Gamma y Gumbel con asimetría derecha con cerca del 75% de los ajustes. En la escala anual, las funciones con mayor frecuencia son Gamma y log -Gamma, indicando cambios en los patrones de variabilidad en las diferentes escalas temporales.

Tabla 3. Resumen de los ajustes de la función de distribución teórica en los conjuntos mensuales y anuales. Precipitación Total.

PDF	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Mensual	Anual
gengamma	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	2,4%	0,0%
lognorm	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	0,0%
powerlaw	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	14,3%
loggamma	0,0%	0,0%	1,2%	2,4%	0,0%	2,4%	3,6%	2,4%	1,2%	3,6%	3,6%	2,4%	22,6%	28,6%
expon	1,2%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,6%	0,0%
norm	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,6%	3,6%	0,0%	1,2%	1,2%	9,5%	0,0%
gamma	1,2%	0,0%	1,2%	0,0%	0,0%	1,2%	1,2%	0,0%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	6,0%	28,6%
gumbel_l	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	0,0%	2,4%	14,3%
genextreme	1,2%	6,0%	3,6%	2,4%	2,4%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	2,4%	1,2%	1,2%	25,0%	0,0%
gumbel_r	3,6%	0,0%	2,4%	3,6%	3,6%	0,0%	1,2%	1,2%	1,2%	2,4%	1,2%	2,4%	21,4%	14,3%
nakagami	0,0%	1,2%	0,0%	2,4%	2,4%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%	0,0%

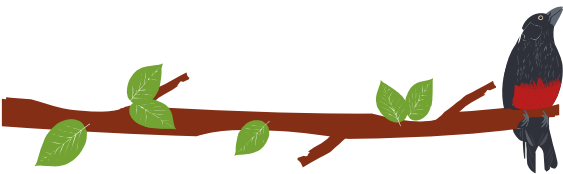
Fuente: Elaboración propia.

1.3.1.2 Temperatura Media

1.3.1.2.1 Aleatoriedad

Se observa en la siguiente Figura 19 que en la mayoría de los meses más del 50 % de las estaciones pasan la prueba de aleatoriedad, algunos meses presentan una no aleatoriedad en más del 40% del total del conjunto estadístico.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO FASE DE DIAGNÓSTICO

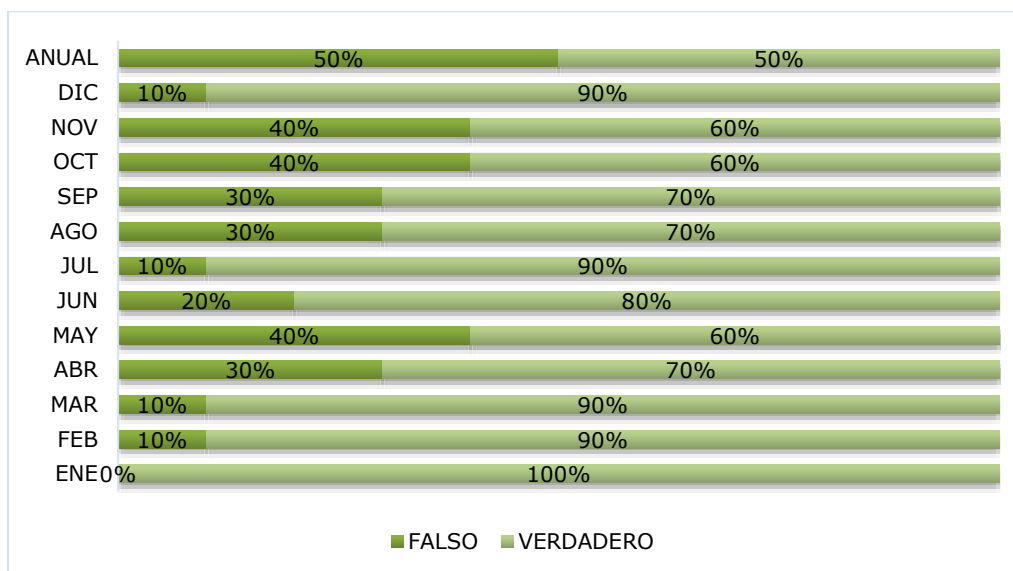


Figura 19 Prueba de aleatoriedad para los conjuntos estadísticos mensuales y anuales de la variable Temperatura media. Elaboración propia

En general, se observa que más del 60% de los conjuntos de las estaciones aprueban el test de aleatoriedad a excepción de algunos conjuntos estadísticos en donde el porcentaje de rechazo de la prueba es del 30%.

1.3.1.2.2 Tendencia

Entre las estaciones de la variable temperatura media se pueden observar series de estaciones, sin tendencia, tendencia creciente y tendencia decreciente, en orden de ocurrencia. La Figura 20 presenta la cantidad de estaciones por tendencia, siendo la categoría sin tendencia o neutra la predominante, oscila entre 40 y 60% de las estaciones.

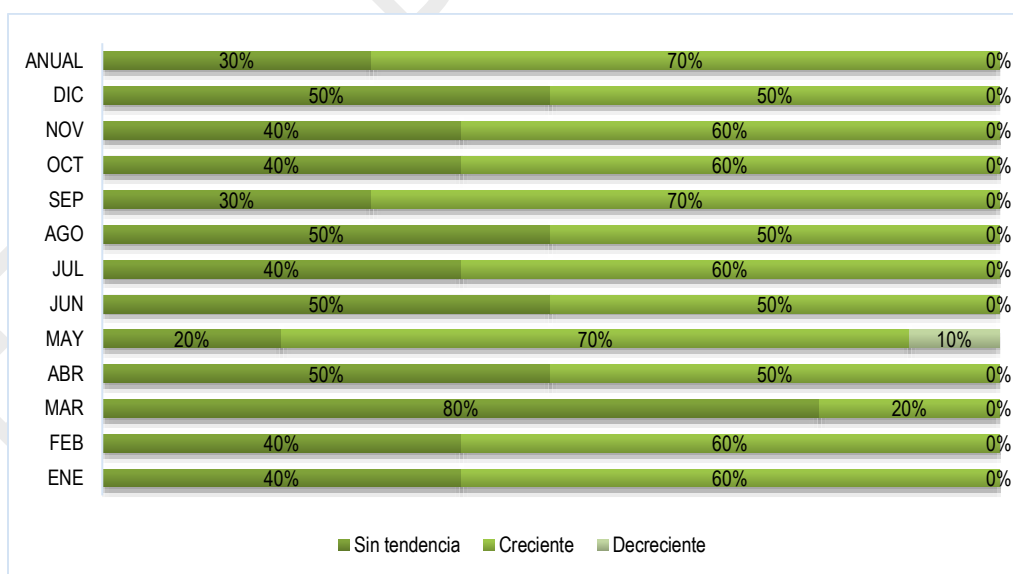
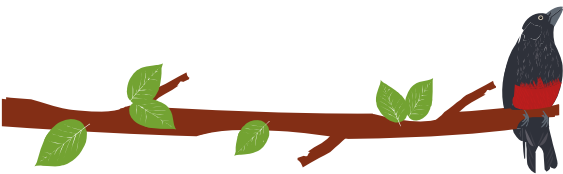


Figura 20 Prueba de tendencia temperatura media. Elaboración propia





Se observa en general que la mayoría de los conjuntos estadísticos el 50 % no tiene tendencia y el otro 50 % se reparte entre tendencia creciente y decreciente

Los resultados de este análisis indican tendencia creciente significativa de la temperatura media anual en más del 50% de las estaciones en la zona de influencia climática de la cuenca. Lo anterior refuerza los escenarios del calentamiento global y el cambio climático. Esto implica cambios en los procesos del ciclo hidrológico en la cuenca aumentando las tasas de extracción del sistema por evapotranspiración y, por lo tanto, potenciales cambios en los escurrimientos superficiales.

1.3.1.2.3 Ajuste Funciones de Probabilidad

Los resultados de los ajustes de las funciones empíricas de distribución para la variable Temperatura media de las estaciones en la SZH 1111 (estaciones 11115020, 11115040, 11075010 y 11075010) indican que en la escala mensual las funciones de mayor representatividad en la zona son la log-gamma, Función generalizada de extremos y la distribución normal con cerca del 70% de los ajustes. En la escala anual, las funciones con mayor frecuencia son Gumbel con asimetría a la izquierda, Gumbel con asimetría a la derecha, función generalizada extrema y la distribución log -Gamma, indicando cambios en los patrones de variabilidad, en la Tabla 4 se presenta el resumen de las distribuciones que tuvieron mayores ajustes en las diferentes estaciones

Tabla 4. Resumen de los ajustes de la función de distribución teórica en los conjuntos mensuales y anuales. Temperatura Media.

PDF	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Mensual	Anual
gengamma	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	0,0%	0,0%	2,1%	0,0%
lognorm	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	0,0%	2,1%	0,0%
powerlaw	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
loggamma	4,2%	4,2%	0,0%	0,0%	2,1%	2,1%	2,1%	4,2%	0,0%	0,0%	6,3%	4,2%	29,2%	25,0%
expon	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
norm	0,0%	0,0%	2,1%	2,1%	0,0%	0,0%	2,1%	2,1%	4,2%	2,1%	0,0%	2,1%	16,7%	0,0%
gamma	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	0,0%
gumbel_l	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	2,1%	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	0,0%	0,0%	6,3%	25,0%
genextreme	2,1%	0,0%	2,1%	4,2%	2,1%	4,2%	0,0%	0,0%	2,1%	2,1%	0,0%	2,1%	20,8%	25,0%
gumbel_r	0,0%	2,1%	4,2%	2,1%	2,1%	0,0%	2,1%	2,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	14,6%	25,0%
nakagami	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	0,0%

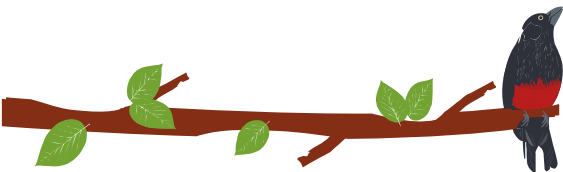
Fuente: Elaboración propia.

1.3.1.3 Temperatura máxima

1.3.1.3.1 Aleatoriedad

Se observa en la siguiente figura que en la mayoría de los meses más del 50 % de las estaciones pasan la prueba de aleatoriedad, en los meses de septiembre, noviembre y diciembre más del 20 % de los conjuntos no son aleatorios.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

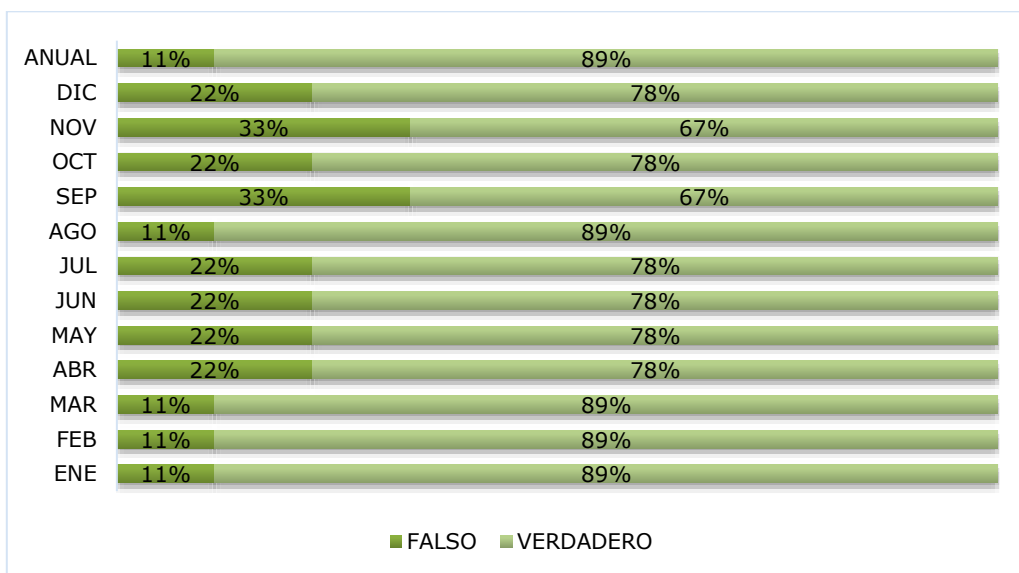


Figura 21 Prueba de aleatoriedad para los conjuntos estadísticos mensuales y anuales de la variable Temperatura máxima. Elaboración propia

En general, se observa que más del 80% de los conjuntos de las estaciones aprueban el test de aleatoriedad a excepción de algunos conjuntos estadísticos en donde el porcentaje de rechazo de la prueba es del 20%.

1.3.1.3.2 Tendencia

Entre las estaciones de la variable temperatura máxima se pueden observar series de estaciones, sin tendencia, tendencia creciente y tendencia decreciente, en orden de ocurrencia. La Figura 22 presenta la cantidad de estaciones por tendencia, siendo la categoría sin tendencia o neutra la predominante.

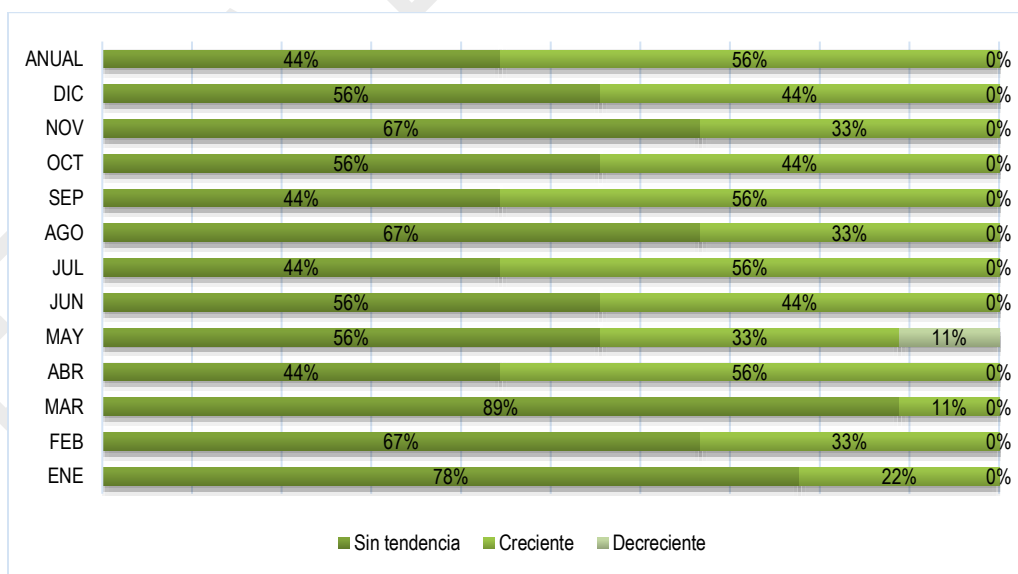
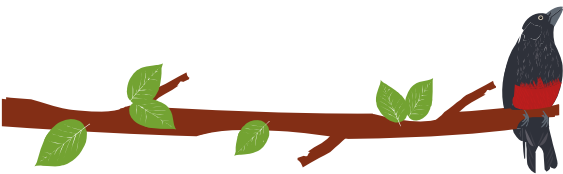


Figura 22 Prueba de tendencia temperatura máxima. Elaboración propia





Se observa en general que la mayoría de los conjuntos estadísticos el 60 % no tiene tendencia y el otro 40 % se reparte entre tendencia creciente y decreciente.

Los resultados de este análisis indican tendencia creciente significativa de la temperatura máxima anual en más del 50% de las estaciones en la zona de influencia climática de la cuenca. Lo anterior refuerza los escenarios del calentamiento global y el cambio climático. Esto implica cambios en los procesos del ciclo hidrológico en la cuenca aumentando las tasas de extracción del sistema por evapotranspiración y, por lo tanto, potenciales cambios en los escurrimientos superficiales.

1.3.1.3.3 Ajuste Funciones de Probabilidad

Los resultados de los ajustes de las funciones empíricas de distribución para la variable Temperatura máxima de las estaciones en la SZH 1111 (estaciones 11115020, 11115040 y 11075020) indican que en la escala mensual las funciones de mayor representatividad en la zona son la log-gamma, Función generalizada de extremos y la distribución Gumbel con asimetría a la derecha con cerca del 60% de los ajustes. En la escala anual, las funciones con mayor frecuencia son Gumbel con asimetría a la izquierda y la distribución log -Gamma, en la Tabla 5 se presenta el resumen de las distribuciones que tuvieron mayores ajustes en las diferentes estaciones

Tabla 5 Resumen de los ajustes de la función de distribución teórica en los conjuntos mensuales y anuales. Temperatura Máximo.

PDF	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Mensual	Anual
gengamma	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
lognorm	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%
powerlaw	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
loggamma	0,0%	2,8%	2,8%	0,0%	0,0%	5,6%	2,8%	2,8%	8,3%	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	33,3%
expon	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
norm	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	5,6%	2,8%	16,7%	0,0%
gamma	5,6%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	8,3%	0,0%
gumbel_l	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	5,6%	66,7%
genextreme	2,8%	0,0%	5,6%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	16,7%	0,0%
gumbel_r	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	2,8%	2,8%	0,0%	2,8%	0,0%	5,6%	16,7%	0,0%
nakagami	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

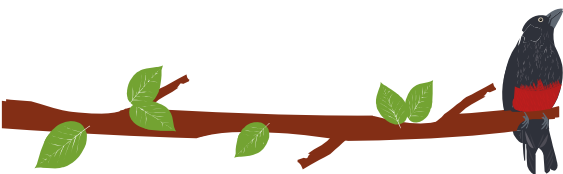
Fuente: Elaboración propia.

1.3.1.4 Temperatura mínima

1.3.1.4.1 Aleatoriedad

La Figura 23 se presenta el mosaico del comportamiento temporal de la prueba de aleatoriedad. El comportamiento es similar a las variables temperatura máxima y temperatura media, la mayoría de los meses más del 50 % de las estaciones pasan la prueba de aleatoriedad.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

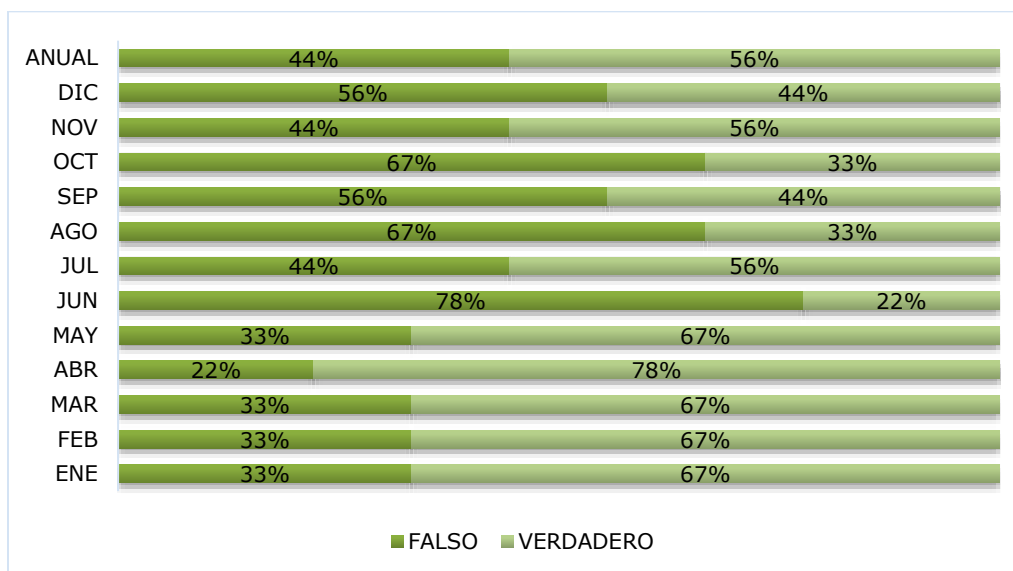


Figura 23 Prueba de aleatoriedad para los conjuntos estadísticos mensuales y anuales de la variable Temperatura mínima. Elaboración propia

En general, se observa que más del 60% de los conjuntos de las estaciones aprueban el test de aleatoriedad a excepción de algunos conjuntos estadísticos en donde el porcentaje de rechazo de la prueba es del 30%.

1.3.1.4.2 Tendencia

Se pueden observar series de estaciones, sin tendencia, tendencia creciente y tendencia decreciente, en orden de ocurrencia. La Figura 24 presenta la cantidad de estaciones por tendencia, siendo la categoría sin tendencia o neutra la predominante.

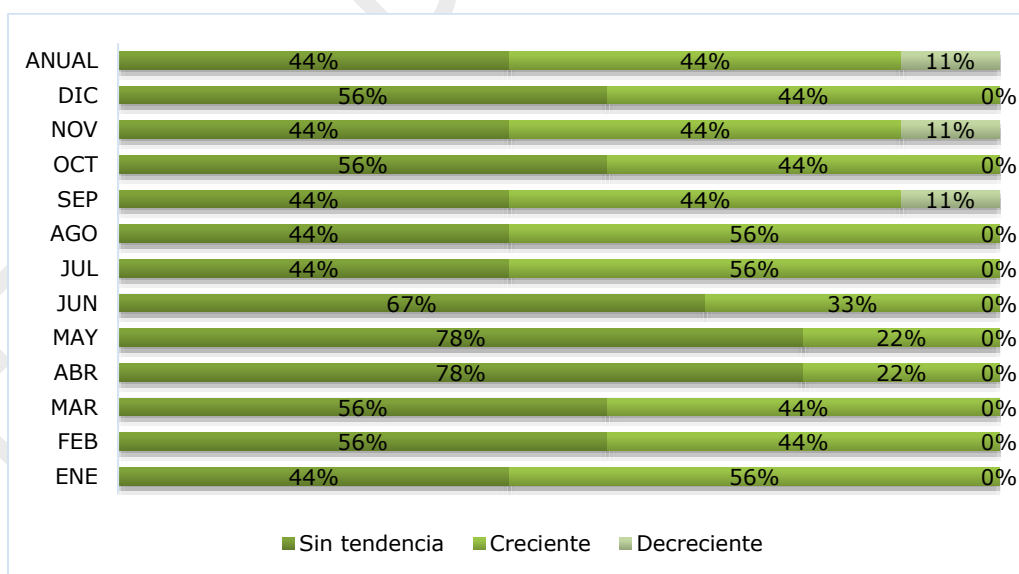
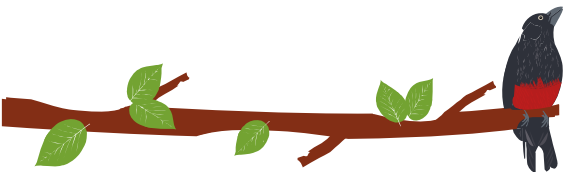


Figura 24 Prueba de tendencia temperatura mínimo. Elaboración propia





Se observa en general que la mayoría de los conjuntos estadísticos el 50% no tiene tendencia y el otro 50% se reparte entre tendencia creciente y decreciente.

Los resultados de este análisis indican tendencia creciente significativa de la temperatura mínima anual en alrededor del 40% de las estaciones en la zona de influencia climática de la cuenca. Paralelamente, se presentan tendencias decrecientes significativas en la temperatura mínima lo cual junto con los incrementos en las temperaturas medias y máximas implica un cambio positivo en la variabilidad de la temperatura (aumento de la variabilidad), esto es, eventos más extremos de mayor intensidad.

1.3.1.4.3 Ajustes funciones de Probabilidad

Los resultados de los ajustes de las funciones empíricas de distribución para la variable Temperatura mínima de las estaciones en la SZH 1111 (estaciones 11115020, 11115040 y 11075020) las distribuciones que tuvieron un mayor ajuste a nivel mensual en los diferentes conjuntos estadísticos corresponden log – gamma, Gumbel asimetría a la izquierda, log-normal y función generalizada gamma, a partir de las distribuciones determinadas se calcularon los diferentes momentos estadísticos los cuales permitirán la generación de los campos y el posterior análisis espacial de la variable, en la Tabla 6 se presenta el resumen de las distribuciones que tuvieron mayores ajustes en las diferentes estaciones.

Tabla 6. Resumen de los ajustes de la función de distribución teórica en los conjuntos mensuales y anuales. Temperatura Mínima.

PDF	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Mensual	Anual
gengamma	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	2,8%	8,3%	33,3%
lognorm	0,0%	2,8%	2,8%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	8,3%	0,0%
powerlaw	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	8,3%	0,0%
loggamma	0,0%	2,8%	2,8%	0,0%	0,0%	5,6%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	5,6%	0,0%	19,4%	0,0%
expon	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
norm	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
gamma	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%
gumbel_l	2,8%	2,8%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	2,8%	2,8%	2,8%	0,0%	0,0%	2,8%	19,4%	66,7%
genextreme	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
gumbel_r	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
nakagami	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

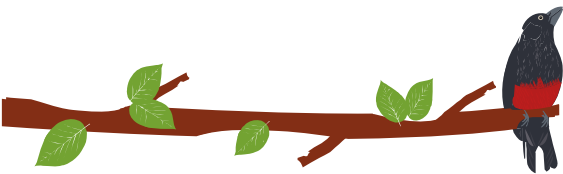
Fuente: Elaboración propia.

1.3.1.5 Humedad Relativa

1.3.1.5.1 Aleatoriedad

En la Figura 25 se evidencia que la mayoría de las estaciones en todos los meses presentan conjuntos estadísticos aleatorios, con excepción del mes de octubre donde el 70% de las estaciones presenta que no son aleatorios, estos valores serán observados en detalle en el proceso de ajuste a una función de distribución de probabilidad teórica.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

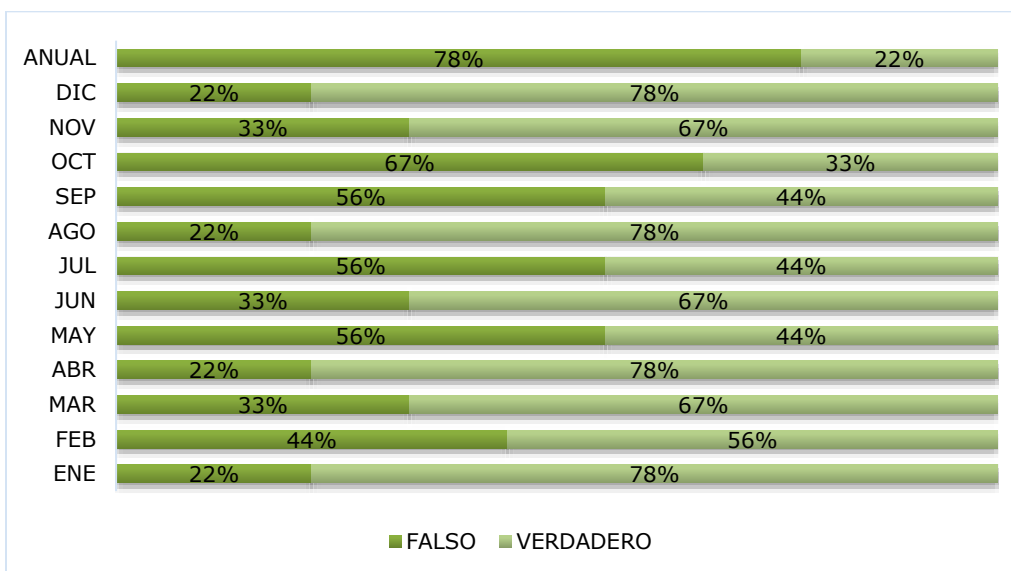


Figura 25 Prueba de aleatoriedad para los conjuntos estadísticos mensuales y anuales de la variable Humedad Relativa. Elaboración propia

En general, se observa que más del 70% de los conjuntos de las estaciones aprueban el test de aleatoriedad a excepción de algunos conjuntos estadísticos en donde el porcentaje de rechazo de la prueba es del 20% en el peor de los casos.

1.3.1.5.2 Tendencia

Entre las estaciones de la variable Humedad Relativa se pueden observar series de estaciones, sin tendencia, tendencia creciente y tendencia decreciente, en orden de ocurrencia. La Figura 26 presenta la cantidad de estaciones por tendencia, siendo la categoría sin tendencia o neutra la predominante.

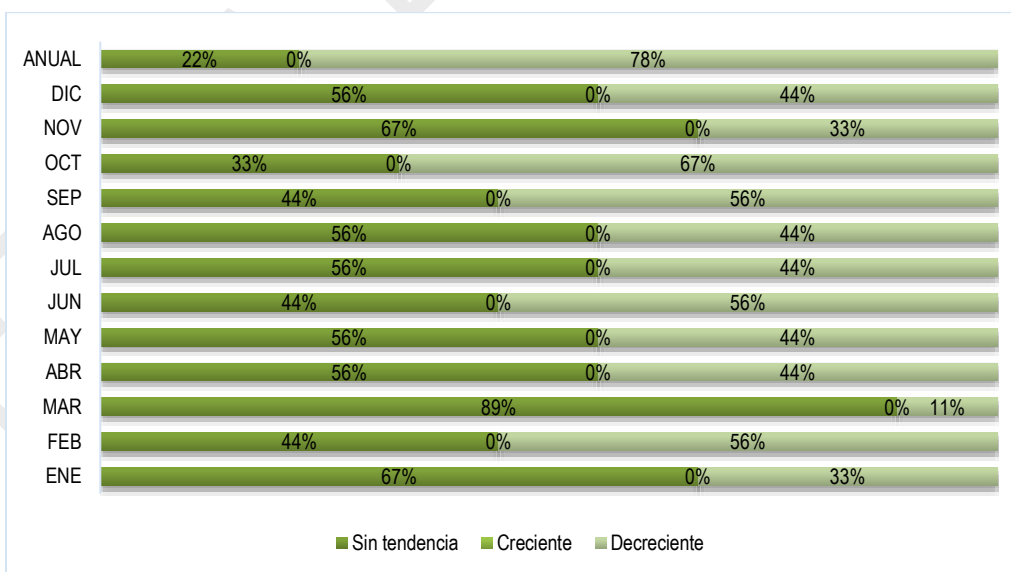
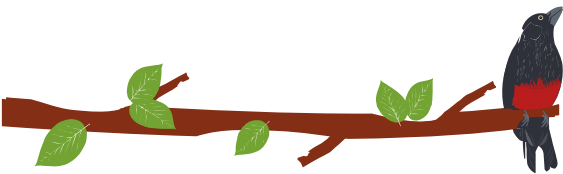


Figura 26 Prueba de tendencia Humedad Relativa. Elaboración propia





Se observa en general que la mayoría de los conjuntos estadísticos el 60 % no tiene tendencia y el otro 40 % se reparte entre tendencia creciente y decreciente. A nivel anual la variable tiene tendencia decreciente en un 70%.

1.3.1.5.3 Ajuste Funciones de Probabilidad

Los resultados de los ajustes de las funciones empíricas de distribución para la variable Humedad Relativa de las estaciones en la SZH 1111 (estaciones 11115020, 11115040 y 11075020) indican que en la escala mensual las funciones de mayor representatividad en la zona son la log-gamma, Función generalizada de extremos y la distribución normal con cerca del 70% de los ajustes. En la escala anual, las funciones con mayor frecuencia son generalizada de extremos, log -Gamma y la distribución potencial, en la Tabla 7 se presenta el resumen de las distribuciones que tuvieron mayores ajustes en las diferentes estaciones.

Tabla 7 Resumen de los ajustes de la función de distribución teórica en los conjuntos mensuales y anuales. Humedad Relativa.

PDF	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Mensual	Anual
gengamma	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
lognorm	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	8,3%	0,0%
powerlaw	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%
loggamma	2,8%	2,8%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	2,8%	2,8%	0,0%	2,8%	19,4%	33,3%
expon	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
norm	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	0,0%	0,0%	5,6%	2,8%	22,2%	0,0%
gamma	0,0%	2,8%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,6%	0,0%
gumbel_l	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	2,8%	0,0%	8,3%	0,0%
genextreme	2,8%	2,8%	0,0%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	0,0%	0,0%	25,0%	33,3%
gumbel_r	2,8%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	8,3%	0,0%
nakagami	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%

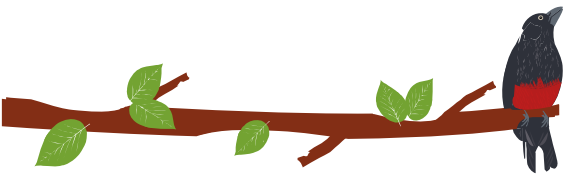
Fuente: Elaboración propia.

1.3.1.6 Brillo Solar

1.3.1.6.1 Aleatoriedad

En la Figura 27 se presenta que para la variable brillo solar, la mayoría de las estaciones pasan la prueba de rachas, exceptuando algunos meses como marzo, julio, agosto y noviembre donde tan solo el 30% no pasan la prueba de aleatoriedad.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

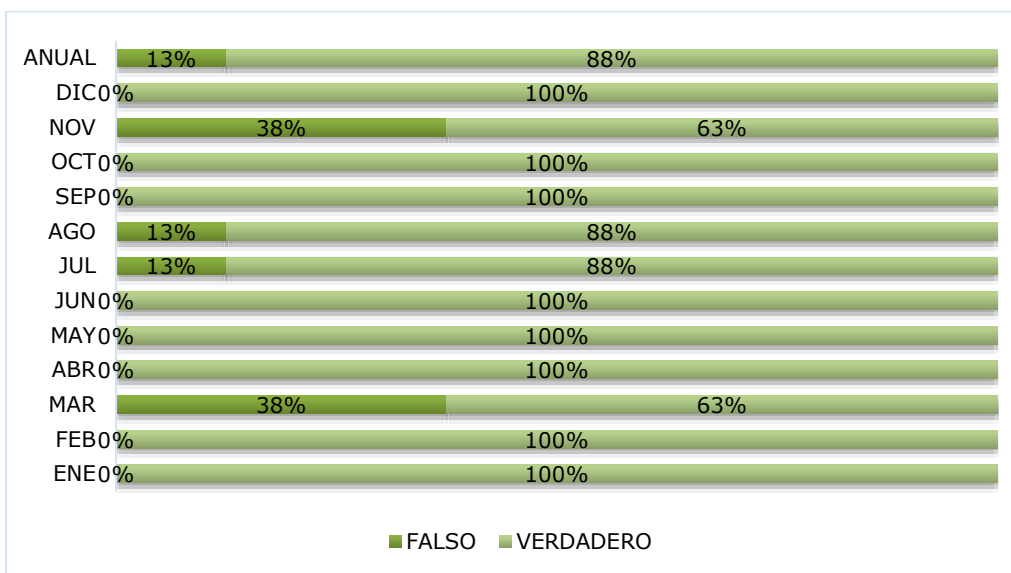


Figura 27 Prueba de aleatoriedad para los conjuntos estadísticos mensuales y anuales de la variable Brillo Solar. Elaboración propia.

En general, se observa que más del 90% de los conjuntos de las estaciones aprueban el test de aleatoriedad a excepción de algunos conjuntos estadísticos en donde el porcentaje de rechazo de la prueba es del 30% en el peor de los casos.

1.3.1.6.2 Tendencia

Entre las estaciones de la variable Brillo Solar se pueden observar series de estaciones, sin tendencia, tendencia creciente y tendencia decreciente, en orden de ocurrencia. La Figura 28 presenta la cantidad de estaciones por tendencia, siendo la categoría sin tendencia o neutra la predominante.

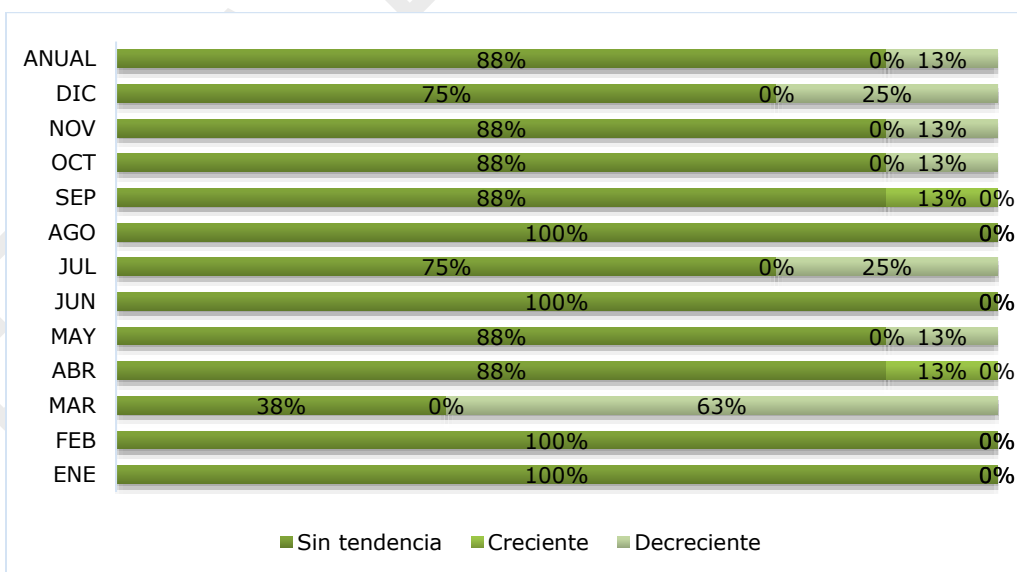
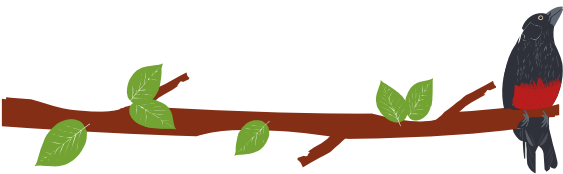


Figura 28 Prueba de tendencia Brillo solar. Elaboración propia





Se observa en general que la mayoría de los conjuntos estadísticos más del 88 % no tiene tendencia, en algunos casos se observan tendencias decrecientes del 25 % o del 13% crecientes.

1.3.1.6.3 Ajuste Funciones de Probabilidad

Los resultados de los ajustes de las funciones empíricas de distribución para la variable brillo solar de las estaciones en la SZH 1111 (estaciones 11115020, 11115040 y 11075020) indican que en la escala mensual las funciones de mayor representatividad en la zona son la Función generalizada de extremos, Gumbel asimetría izquierda y la distribución log-gamma con cerca del 80% de los ajustes. En la escala anual, las funciones con mayor frecuencia son Gumbel asimetría a la izquierda y la distribución potencial, en la Tabla 8 se presenta el resumen de las distribuciones que tuvieron mayores ajustes en las diferentes estaciones.

Tabla 8. Resumen de los ajustes de la función de distribución teórica en los conjuntos mensuales y anuales. Brillo Solar

PDF	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Mensual	Anual
gengamma	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
lognorm	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
powerlaw	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%
loggamma	2,8%	2,8%	2,8%	5,6%	2,8%	2,8%	5,6%	2,8%	2,8%	8,3%	0,0%	0,0%	38,9%	0,0%
expon	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
norm	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	8,3%	0,0%
gamma	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	2,8%	0,0%
gumbel_l	2,8%	5,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	5,6%	2,8%	0,0%	5,6%	2,8%	27,8%	66,7%
genextreme	2,8%	0,0%	5,6%	0,0%	2,8%	2,8%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	2,8%	0,0%	19,4%	0,0%
gumbel_r	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%
nakagami	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

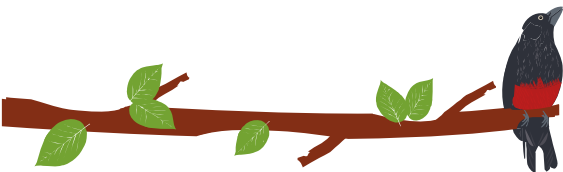
Fuente: Elaboración propia.

1.3.1.7 Evaporación

1.3.1.7.1 Aleatoriedad

En la Figura 29 se presenta que para la variable evaporación, la mayoría de las estaciones pasan la prueba de rachas, exceptuando algunos meses donde tan solo el 22% de las estaciones no pasan la prueba de aleatoriedad.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

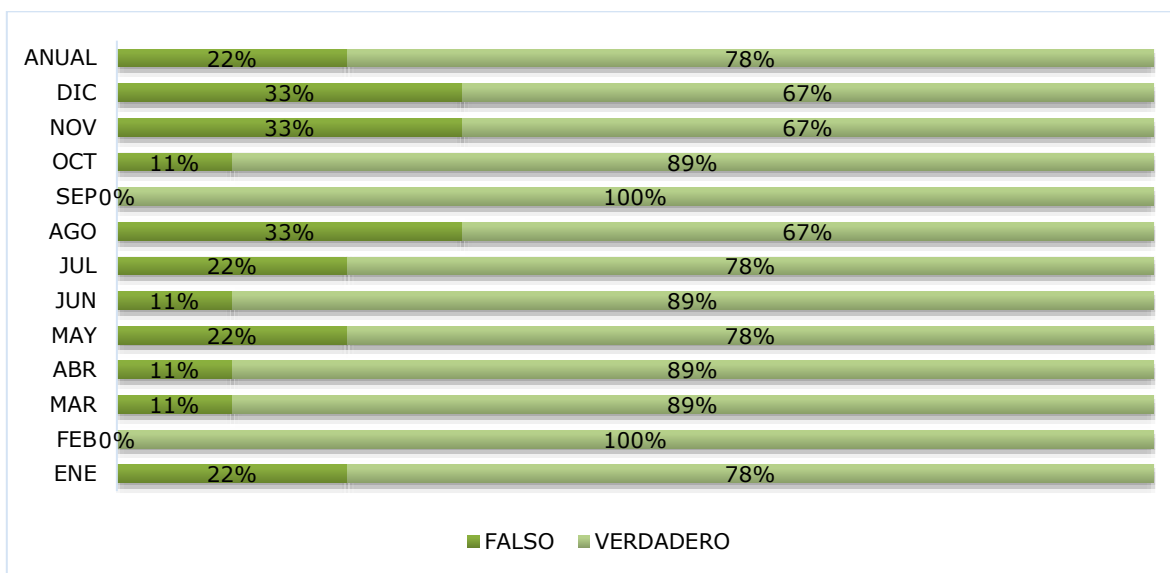


Figura 29 Prueba de aleatoriedad para los conjuntos estadísticos mensuales y anuales de la variable Evaporación. Elaboración propia

En general, se observa que más del 80% de los conjuntos de las estaciones aprueban el test de aleatoriedad a excepción de algunos conjuntos estadísticos en donde el porcentaje de rechazo de la prueba es del 20% en el peor de los casos.

1.3.1.7.2 Tendencia

Entre las estaciones de la variable evaporación se pueden observar series de estaciones, sin tendencia, tendencia creciente y tendencia decreciente, en orden de ocurrencia. La Figura 30 presenta la cantidad de estaciones por tendencia, siendo la categoría sin tendencia o neutra la predominante, oscila entre 80 y 90% de las estaciones.

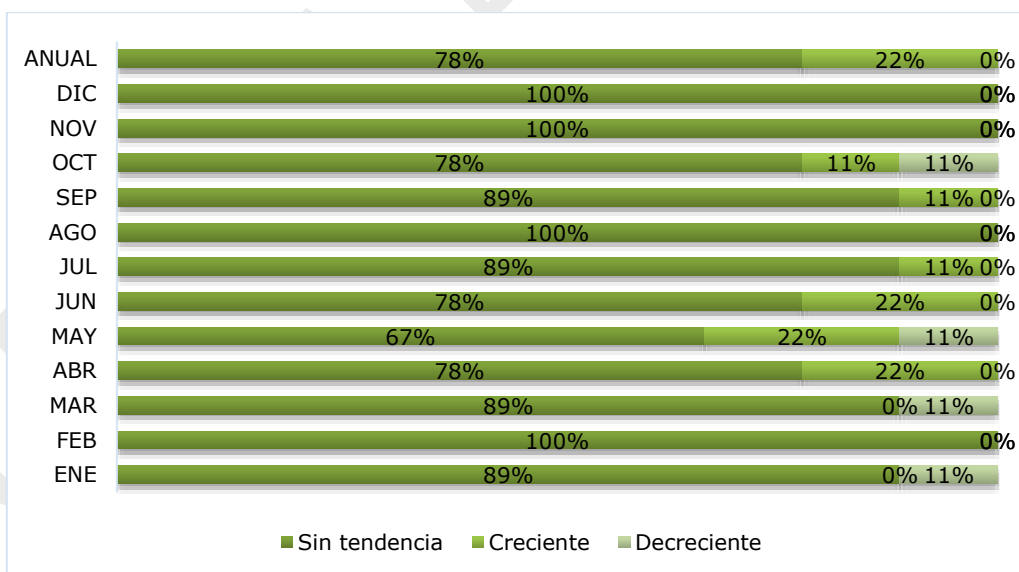
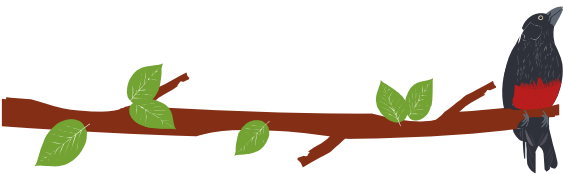


Figura 30 Prueba de tendencia Evaporación. Elaboración propia





Se observa en general que la mayoría de los conjuntos estadísticos más del 80 % no tiene tendencia, se observa tendencias crecientes hasta del 22% para los meses de abril, mayo y junio.

1.3.1.7.3 Ajuste Funciones de Probabilidad

Los resultados de los ajustes de las funciones empíricas de distribución para la variable evaporación de las estaciones en la SZH 1111 (estaciones 11115020 y 11075020) las distribuciones que tuvieron un mayor ajuste a nivel mensual en los diferentes conjuntos estadísticos corresponden a log – gamma, Gumbel asimetría a la izquierda y función generalizada de extremos, en la Tabla 9 se presenta el resumen de las distribuciones que tuvieron mayores ajustes en las diferentes estaciones.

Tabla 9. Resumen de los ajustes de la función de distribución teórica en los conjuntos mensuales y anuales. Evaporación

PDF	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Mensual	Anual
gengamma	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
lognorm	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
powerlaw	0,0%	4,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,2%	0,0%
loggamma	0,0%	4,2%	4,2%	0,0%	4,2%	0,0%	8,3%	4,2%	0,0%	4,2%	0,0%	0,0%	29,2%	0,0%
expon	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
norm	0,0%	0,0%	0,0%	4,2%	4,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	8,3%	0,0%	16,7%	0,0%
gamma	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,2%	4,2%	0,0%
gumbel_l	4,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	8,3%	0,0%	4,2%	8,3%	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	100,0%
genextreme	4,2%	0,0%	4,2%	4,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,2%	16,7%	0,0%
gumbel_r	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
nakagami	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,2%	0,0%	0,0%	4,2%	0,0%

Fuente: Elaboración propia.

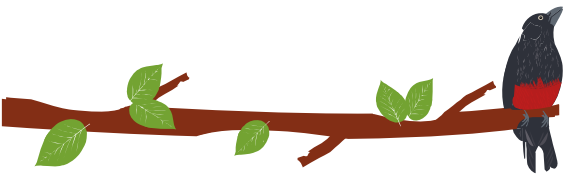
1.3.2 Caracterización Temporal

El primer momento estadístico, también conocido como valor esperado o esperanza matemática, es el valor de tendencia central de las variables aleatorias. Para variables discretas, este resulta ser análogo al promedio ponderado, mientras que, para variables continuas, tal como las distribuciones a las que se ajustan las variables de este estudio, se describe con la siguiente ecuación (Ross, 2007):

$$E[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)dx$$

Así pues, el valor esperado representa la magnitud con mayor probabilidad de ocurrencia para cada conjunto estadístico, es decir para cada mes en cada una de las series analizadas. Este valor comprende el componente estacional, aquel que dentro del modelo conceptual propuesto representa parcialmente el patrón principal y el conjunto de los valores esperados para cada mes, se conoce como estacionalidad. Una vez obtenidos los valores esperados para cada uno de los meses de cada una de las estaciones, se procede a realizar una interpolación que permita espacializar la variable, obteniendo un campo con valores estimados para aquellos lugares que no llevan un registro. En el *Anexo 2 Caracterización Espacio - Temporal*, se presentan los resultados de los valores esperados para cada variable





Finalmente, el valor estacional promedio para cada una de las UHN-2 y la subzona hidrográfica en su totalidad, se obtiene mediante la utilización de la herramienta Estadísticas de zona del software QGIS (Team QGIS Development, 2016).

La estacionalidad se puede entender a través de las fluctuaciones presentes en los sistemas hidroclimáticos que se reflejan en repeticiones en un periodo menor o igual a un año y que pueden ser fácilmente estimadas. La rotación de la tierra sobre sí misma, así como su traslación alrededor del sol y la inclinación de su eje, son algunos de los elementos que explican este componente. A continuación, se presentarán los análisis de la estacionalidad de cada una de las variables de estudio mediante gráficos que evidencia la variación anual a lo largo de los meses, y tablas que permiten ver los valores de estos.

1.3.2.1 Precipitación Total

A continuación, se presenta el análisis de estacionalidad en la variable precipitación total para las diferentes Unidades de Análisis Hidrológico (UAH-1, UAH-2, UAH-3), se pretende determinar el régimen climatológico en el tiempo en cada uno de los lugares de interés.

1.3.2.1.1 UAH-1 Cuenca Río Sucio Alto (RSA)

Se presenta en la Figura 31 el comportamiento estacional de la variable Precipitación total a nivel multianual, los valores que se presentan para la cuenca en estudio están en el rango de los 77 a 282 mm/mes, se observa dos picos altos en los meses de mayo y octubre con valores aproximadamente de 282 y 272 mm al mes.

Tabla 10. Estacionalidad Precipitación UAH-1 Río Sucio Alto

UAH-1	En e	Fe b	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anua l
1111-010000	77.3	82.9	126.0	224.2	282.0	220.9	187.0	189.0	226.6	272.2	225.1	136.9	2244.7

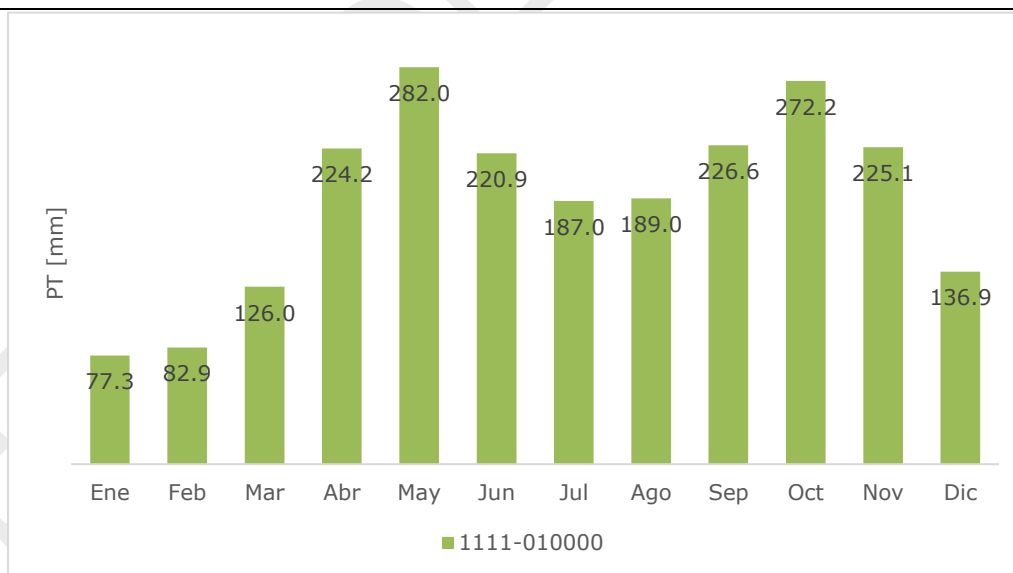
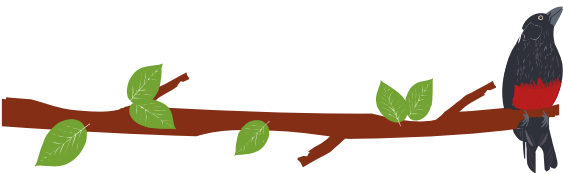


Figura 31 Estacionalidad de la precipitación total mensual multi-anual UAH-1 Río Sucio Alto. Elaboración propia





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

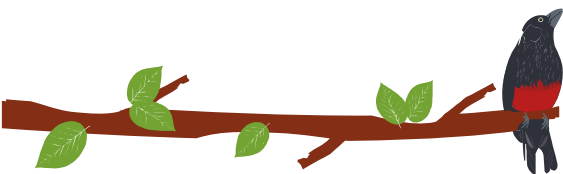
1.3.2.1.2 UAH-2 Cuencas Nivel 02

En las UAH-2 el análisis de estacionalidad presenta que en la mayoría de los casos predominan dos picos en el año, representados en el mes de mayo y octubre, por otra parte, el mes que presenta las menores precipitación corresponde al mes de enero en todas las Unidades, los valores oscilan entre los 60 mm en el peor de los casos y más de 300 mm, a nivel mensual.

Tabla 11. Estacionalidad Precipitación UAH-2 Rio Sucio Alto

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-0100	83.6	70.2	107.1	187.7	268.4	231.0	208.8	200.3	214.4	248.3	201.2	141.1	2152.1
1111-01-0200	68.6	58.9	97.5	174.7	248.9	209.7	183.7	175.2	195.9	234.1	183.6	119.6	1948.4
1111-01-0300	54.8	47.4	87.2	155.5	225.0	190.3	155.5	153.6	172.4	214.9	168.6	99.5	1736.1
1111-01-0400	83.5	84.4	124.1	212.2	283.1	243.0	197.1	206.5	217.9	256.1	229.3	145.8	2294.0
1111-01-0500	82.8	94.5	135.5	235.6	304.2	253.2	201.3	216.7	232.2	273.9	247.4	152.2	2440.7
1111-01-0600	76.6	98.8	141.7	252.1	312.9	242.5	191.7	218.1	248.9	301.5	264.9	151.4	2508.3
1111-01-0700	96.1	109.4	165.0	261.5	288.6	205.1	157.6	186.5	232.2	303.9	271.1	165.2	2441.1
1111-01-0800	84.5	87.7	138.0	233.7	273.1	191.9	156.9	181.6	232.8	315.1	272.7	139.7	2280.7
1111-01-0900	68.9	79.7	126.9	225.6	270.2	202.9	165.6	179.6	233.9	276.1	234.7	128.4	2188.2
1111-01-1000	66.9	78.9	124.0	227.6	273.8	209.0	174.5	176.1	232.1	268.2	218.0	122.5	2165.5
1111-01-1100	73.3	87.0	130.9	245.4	292.7	223.9	191.7	182.2	242.4	277.0	219.7	128.5	2284.7
1111-01-1200	75.1	85.7	126.6	241.5	297.8	230.8	202.2	186.6	240.3	275.6	215.6	131.0	2299.6
1111-01-1300	76.4	84.6	121.9	236.9	300.7	237.2	215.5	195.5	241.7	274.2	211.0	133.8	2315.1
1111-01-1400	75.3	74.8	112.0	211.8	285.2	232.4	211.2	193.9	225.8	259.5	201.6	133.3	2203.1
1111-01-1500	78.6	74.3	111.0	206.6	284.9	236.3	216.8	199.9	224.9	258.1	202.0	138.2	2215.9
1111-01-1600	81.4	73.2	109.9	200.2	281.4	237.1	217.5	202.4	222.1	255.3	202.1	141.2	2208.1
1111-01-1700	94.4	82.5	117.8	210.3	299.8	257.9	242.6	226.4	237.6	267.2	216.6	161.0	2389.3





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-1800	52.0	50.6	90.6	167.0	235.2	193.9	157.8	155.8	180.9	223.1	174.2	99.1	1790.4
1111-01-1900	58.4	67.4	105.6	196.8	268.9	222.1	177.9	184.2	206.3	245.7	204.1	116.1	2064.5
1111-01-2000	61.4	73.0	114.8	212.2	274.5	216.0	174.6	183.4	220.8	262.9	218.4	121.4	2139.4
1111-01-2100	63.9	73.5	116.1	215.9	273.6	213.2	176.7	177.0	222.3	261.7	212.2	120.5	2127.6
1111-01-2200	64.2	71.1	112.6	211.3	271.9	213.8	180.4	174.6	218.1	256.5	203.7	118.7	2096.5
1111-01-2300	60.0	61.9	102.4	191.3	256.8	206.3	173.9	167.5	202.4	242.1	189.4	111.4	1967.9
1111-01-2400	59.9	56.4	96.2	177.4	246.4	202.0	171.8	164.4	192.7	232.7	180.4	109.2	1891.9
1111-01-2500	68.5	67.2	106.1	198.3	268.2	218.0	191.7	179.2	211.7	248.5	193.3	122.3	2067.6
1111-01-2600	88.3	76.4	112.5	200.2	284.8	244.0	225.2	212.2	226.4	258.1	208.5	150.2	2269.3

Fuente: Elaboración propia

Los valores oscilan en un rango de 60 mm a más de 300 mm al mes. A continuación, se presenta el comportamiento estacional de forma gráfica de las diferentes UAH-3, se mantiene una concordancia espacial de aguas arriba a aguas abajo de la cuenca en la ubicación de las figuras.

1.3.2.2 Temperatura Superficial

A continuación, se presenta el análisis de estacionalidad para las variables temperatura máxima, media y mínima en las diferentes Unidades de análisis Hidrológico (UAH-1, UAH-2, UAH-3), se pretende determinar el régimen climatológico en el tiempo en cada uno de los lugares de interés.

1.3.2.2.1 UAH-1 Cuenca Río Sucio Alto (RSA)

Se presenta en la Figura 32 se presenta el comportamiento temporal de las variables temperatura media, máxima y mínima a nivel multianual, los valores que se presentan para la cuenca en estudio están en el rango de los 6 a 28°C para valores medios, el comportamiento estacional presenta un pico representativo en el año, los mayores valores se presentan en los meses de junio y julio en cuanto a valores medios, los meses que registran las menores temperaturas corresponden a octubre y noviembre con valores de 18.5 y 18.4.

La temperatura en la zona a nivel anual multianual oscila en un rango de 13.2°C a 25.4 °C, siendo el valor normal de 25.4°C en el año.



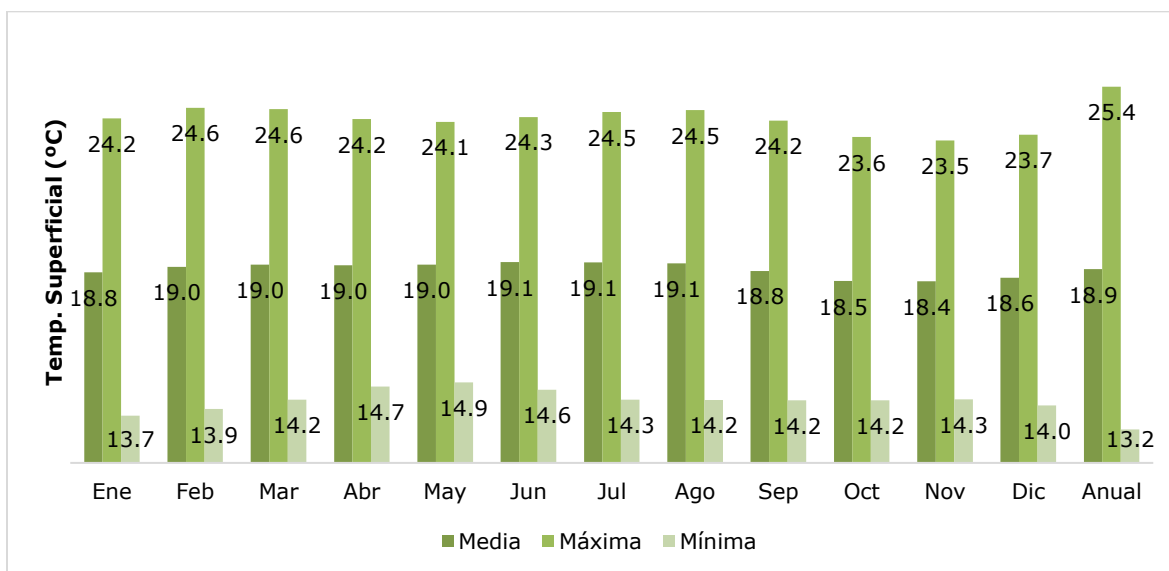
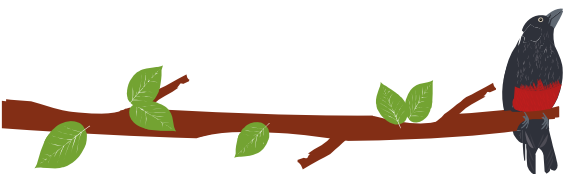


Figura 32. Estacionalidad Temperatura superficial UAH-1 Rio Sucio Alto. Elaboración propia

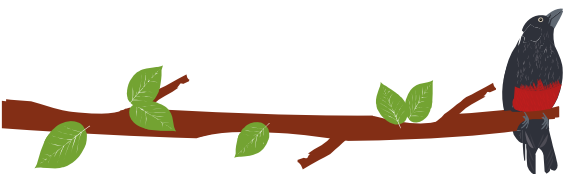
1.3.2.2.2 UAH-2 Cuencas nivel 2

Se presenta el análisis de estacionalidad en las UAH-2 para las tres variables en estudio, se observa en la mayoría de los casos predomina un solo pico en el año, representados en los meses de junio y julio, donde los valores de temperatura alcanzan más de los 20°C en algunas Unidades por otra parte los meses que presentan los menores valores corresponden a noviembre y octubre.

Tabla 12. Estacionalidad Temperatura Media UAH-2 Rio Sucio Alto

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111010800	18.2	18.4	18.4	18.4	18.5	18.6	18.5	18.5	18.2	17.9	17.9	18.0	18.28
1111010700	15.6	15.8	15.9	15.9	16.1	16.1	16.0	15.9	15.7	15.4	15.3	15.5	15.77
1111010600	19.5	19.7	19.8	19.8	19.8	19.9	19.9	19.9	19.6	19.2	19.2	19.3	19.65
1111010400	18.3	18.5	18.6	18.6	18.6	18.7	18.7	18.6	18.4	18.0	18.0	18.1	18.42
1111010500	18.7	18.9	19.0	19.0	19.0	19.1	19.1	19.0	18.8	18.4	18.4	18.5	18.82
1111010900	18.7	18.9	19.0	18.9	19.0	19.1	19.1	19.0	18.7	18.4	18.4	18.5	18.80
1111011900	20.2	20.4	20.5	20.4	20.4	20.5	20.5	20.5	20.2	19.8	19.8	20.0	20.27
1111012000	22.4	22.6	22.7	22.6	22.5	22.7	22.8	22.8	22.5	22.0	22.1	22.2	22.50
1111011800	22.3	22.6	22.6	22.5	22.5	22.6	22.7	22.7	22.4	21.9	22.0	22.1	22.40
1111010300	21.0	21.2	21.3	21.2	21.1	21.3	21.3	21.3	21.0	20.6	20.6	20.7	21.04
1111011000	18.3	18.5	18.6	18.5	18.6	18.7	18.6	18.6	18.3	18.0	18.0	18.1	18.39
1111012100	21.6	21.9	22.0	21.9	21.8	22.0	22.0	22.0	21.7	21.3	21.3	21.4	21.73
1111012200	20.3	20.5	20.6	20.6	20.5	20.7	20.7	20.7	20.4	20.0	20.0	20.1	20.42
1111012300	20.3	20.5	20.6	20.6	20.5	20.7	20.7	20.7	20.4	20.0	20.0	20.1	20.42
1111012400	22.6	22.8	22.9	22.8	22.7	22.9	23.0	23.0	22.6	22.2	22.3	22.3	22.67
1111011100	16.9	17.1	17.2	17.2	17.3	17.3	17.3	17.2	17.0	16.7	16.6	16.8	17.03
1111010100	23.5	23.8	23.8	23.7	23.6	23.8	23.9	23.9	23.5	23.1	23.2	23.2	23.58
1111010200	23.0	23.2	23.3	23.2	23.1	23.3	23.4	23.3	23.0	22.6	22.6	22.7	23.05
1111012600	24.4	24.6	24.7	24.6	24.4	24.7	24.8	24.8	24.4	24.0	24.0	24.1	24.45
1111012500	21.4	21.6	21.7	21.6	21.6	21.7	21.8	21.8	21.4	21.0	21.1	21.2	21.49





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111011200	17.5	17.6	17.7	17.7	17.8	17.9	17.8	17.8	17.5	17.2	17.2	17.3	17.58
1111011600	20.8	21.0	21.1	21.0	21.0	21.2	21.2	21.2	20.9	20.5	20.5	20.6	20.90
1111011700	21.8	22.0	22.1	22.0	22.0	22.1	22.2	22.2	21.8	21.4	21.5	21.6	21.89
1111011400	17.8	18.0	18.1	18.1	18.1	18.2	18.2	18.1	17.9	17.5	17.5	17.7	17.94
1111011500	18.5	18.7	18.8	18.8	18.8	18.9	18.9	18.9	18.6	18.2	18.2	18.3	18.64
1111011300	15.8	16.0	16.1	16.1	16.2	16.2	16.2	16.1	15.9	15.6	15.5	15.7	15.96

Fuente: Elaboración propia

El comportamiento de los máximos refleja la misma tendencia en la cual se presentan picos significativos en los meses de julio y agosto con temperaturas por encima de los 20°C.

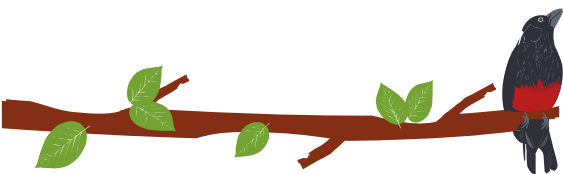
Tabla 13. Estacionalidad Temperatura máxima UAH-2 Río Sucio Alto

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111010800	23.5	23.9	23.9	23.5	23.5	23.6	23.8	23.9	23.5	22.9	22.8	23.0	23.48
1111010700	20.6	20.9	20.8	20.6	20.7	20.9	20.9	21.0	20.6	20.1	20.0	20.2	20.60
1111010600	25.1	25.6	25.5	25.1	25.0	25.1	25.4	25.4	25.0	24.4	24.3	24.5	25.04
1111010400	23.7	24.1	24.0	23.7	23.6	23.8	23.9	24.0	23.6	23.1	23.0	23.2	23.63
1111010500	24.2	24.6	24.5	24.2	24.1	24.2	24.4	24.5	24.1	23.5	23.4	23.6	24.10
1111010900	24.2	24.5	24.5	24.1	24.0	24.2	24.4	24.5	24.1	23.5	23.4	23.6	24.07
1111011900	25.9	26.3	26.3	25.8	25.7	25.8	26.1	26.1	25.8	25.1	25.0	25.2	25.75
1111012000	28.5	29.0	29.0	28.4	28.1	28.3	28.6	28.7	28.3	27.6	27.4	27.7	28.30
1111011800	28.4	28.9	28.9	28.3	28.0	28.2	28.5	28.6	28.2	27.5	27.3	27.6	28.19
1111010300	26.8	27.2	27.2	26.7	26.5	26.7	27.0	27.0	26.6	26.0	25.8	26.1	26.63
1111011000	23.7	24.0	24.0	23.7	23.6	23.8	23.9	24.0	23.6	23.0	22.9	23.1	23.60
1111012100	27.6	28.1	28.0	27.5	27.3	27.4	27.7	27.8	27.4	26.8	26.6	26.8	27.42
1111012200	26.0	26.5	26.4	26.0	25.8	26.0	26.2	26.3	25.9	25.3	25.2	25.4	25.92
1111012300	26.1	26.5	26.4	26.0	25.8	26.0	26.2	26.3	25.9	25.3	25.2	25.4	25.92
1111012400	28.7	29.2	29.2	28.6	28.3	28.5	28.8	28.9	28.5	27.8	27.6	27.9	28.50
1111011100	22.1	22.4	22.3	22.1	22.1	22.3	22.3	22.4	22.1	21.5	21.4	21.6	22.05
1111010100	29.8	30.3	30.3	29.7	29.3	29.5	29.9	30.0	29.5	28.8	28.6	28.9	29.54
1111010200	29.1	29.7	29.6	29.1	28.7	28.9	29.3	29.3	28.9	28.2	28.0	28.3	28.93
1111012600	30.8	31.4	31.3	30.7	30.3	30.4	30.9	31.0	30.5	29.8	29.6	29.8	30.53
1111012500	27.3	27.8	27.7	27.2	27.0	27.2	27.5	27.5	27.1	26.5	26.3	26.6	27.14
1111011200	22.7	23.1	23.0	22.7	22.7	22.9	23.0	23.0	22.7	22.1	22.0	22.2	22.67
1111011600	26.6	27.1	27.0	26.6	26.4	26.5	26.8	26.9	26.5	25.8	25.7	25.9	26.48
1111011700	27.8	28.3	28.2	27.7	27.5	27.6	27.9	28.0	27.6	27.0	26.8	27.0	27.61
1111011400	23.1	23.5	23.4	23.1	23.1	23.3	23.4	23.5	23.1	22.5	22.4	22.6	23.09
1111011500	24.0	24.3	24.3	24.0	23.9	24.0	24.2	24.3	23.9	23.3	23.2	23.4	23.89
1111011300	20.8	21.1	21.0	20.8	20.9	21.1	21.1	21.2	20.8	20.3	20.3	20.4	20.82

Fuente: Elaboración propia

Los valores mínimos de temperatura evidencias rangos de 10°C a 15 °C en el periodo de alta temperatura en los meses de abril, mayo y junio, a nivel anual el mayor valor que se presenta en esta variable corresponde a 17°C





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

Tabla 14. Estacionalidad Temperatura mínima UAH-2 Río Sucio Alto

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111010800	13.1	13.3	13.6	14.1	14.3	14.0	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.4	13.7
1111010700	10.4	10.6	11.1	11.7	12.0	11.6	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	10.8	11.2
1111010600	14.5	14.7	15.0	15.4	15.6	15.3	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	14.8	15.0
1111010400	13.2	13.4	13.8	14.3	14.5	14.2	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.6	13.8
1111010500	13.6	13.9	14.2	14.7	14.8	14.6	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.0	14.2
1111010900	13.6	13.8	14.2	14.6	14.8	14.5	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.0	14.2
1111011900	15.2	15.4	15.7	16.0	16.1	15.9	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.5	15.6
1111012000	17.5	17.8	17.9	18.2	18.2	18.1	17.8	17.8	17.7	17.8	17.8	17.8	17.8
1111011800	17.4	17.7	17.8	18.1	18.1	18.0	17.7	17.7	17.6	17.7	17.7	17.7	17.8
1111010300	16.0	16.2	16.5	16.8	16.8	16.7	16.4	16.4	16.3	16.3	16.4	16.3	16.4
1111011000	13.2	13.4	13.8	14.2	14.4	14.1	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.5	13.8
1111012100	16.7	16.9	17.2	17.4	17.5	17.3	17.0	17.0	17.0	17.0	17.1	17.0	17.1
1111012200	15.3	15.6	15.8	16.2	16.3	16.1	15.8	15.8	15.7	15.7	15.8	15.6	15.8
1111012300	15.3	15.6	15.8	16.2	16.3	16.1	15.8	15.8	15.7	15.7	15.8	15.6	15.8
1111012400	17.7	17.9	18.1	18.3	18.3	18.2	18.0	18.0	17.9	17.9	18.0	18.0	18.0
1111011100	11.7	12.0	12.4	13.0	13.2	12.8	12.5	12.4	12.5	12.4	12.4	12.2	12.5
1111010100	18.6	18.9	19.0	19.2	19.2	19.1	18.8	18.9	18.8	18.8	18.9	18.9	18.9
1111010200	18.1	18.3	18.5	18.7	18.7	18.6	18.3	18.3	18.2	18.3	18.4	18.3	18.4
1111012600	19.6	19.8	19.9	20.0	19.9	19.9	19.7	19.7	19.6	19.7	19.7	19.8	19.8
1111012500	16.4	16.7	16.9	17.2	17.2	17.1	16.8	16.8	16.7	16.8	16.8	16.7	16.9
1111011200	12.3	12.5	12.9	13.5	13.7	13.4	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	12.7	13.0
1111011600	15.8	16.1	16.3	16.6	16.7	16.5	16.2	16.2	16.2	16.2	16.3	16.1	16.3
1111011700	16.9	17.1	17.3	17.6	17.6	17.5	17.2	17.2	17.1	17.2	17.2	17.2	17.3
1111011400	12.7	12.9	13.3	13.8	14.0	13.7	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.1	13.3
1111011500	13.4	13.7	14.0	14.5	14.7	14.4	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	13.8	14.0
1111011300	10.6	10.8	11.3	11.9	12.2	11.8	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.0	11.4

Fuente: Elaboración propia

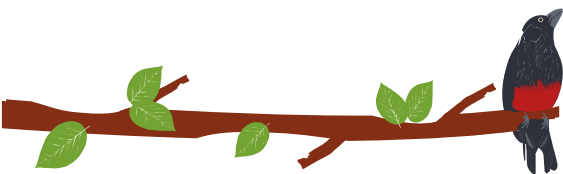
1.3.2.2.3 UAH-3 Nivel 03 Microcuencas Abastecedoras

En las unidades de análisis hidrológico nivel 3, cuencas abastecedoras se observa la misma tendencia, en la cual en la mayoría de los casos se presenta un pico representativo en la mitad de año, los valores más bajos se presentan en el mes de octubre.

Tabla 15. Estacionalidad Temperatura Media UAH-3 Río Sucio Alto

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-23-01	18.7	18.9	19.0	19.0	19.0	19.1	19.1	19.0	18.8	18.4	18.4	18.5	18.8
1111-01-16-01	19.6	19.8	19.9	19.9	19.9	20.0	20.0	20.0	19.7	19.3	19.3	19.4	19.7
1111-01-09-01	17.7	17.9	17.9	17.9	18.0	18.1	18.0	18.0	17.7	17.4	17.4	17.5	17.8
1111-01-08-02	17.3	17.5	17.6	17.6	17.7	17.7	17.7	17.6	17.4	17.1	17.0	17.2	17.5
1111-01-08-01	17.9	18.1	18.2	18.1	18.2	18.3	18.2	18.2	17.9	17.6	17.6	17.7	18.0
1111-01-07-02	14.4	14.6	14.7	14.7	14.9	14.9	14.8	14.7	14.5	14.2	14.1	14.3	14.6





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-07-01	14.7	14.9	15.0	15.0	15.2	15.1	15.1	15.0	14.8	14.5	14.4	14.6	14.9
1111-01-06-02	18.4	18.6	18.7	18.7	18.7	18.8	18.8	18.7	18.5	18.1	18.1	18.2	18.5
1111-01-06-01	15.1	15.3	15.3	15.4	15.5	15.5	15.4	15.4	15.2	14.9	14.8	15.0	15.3
1111-01-04-01	16.1	16.3	16.4	16.4	16.5	16.5	16.5	16.4	16.2	15.9	15.8	16.0	16.3
1111-01-02-01	21.3	21.5	21.6	21.5	21.5	21.6	21.7	21.6	21.3	20.9	21.0	21.0	21.4

Fuente: Elaboración propia

Los valores de temperatura media oscilan en un rango de 14°C a 20°C al mes, a nivel anual se observa que el máximo valor que se identifica corresponde a 21.4°C en los sectores bajos de la UAH-1 RSA

Tabla 16. Estacionalidad Temperatura máxima UAH-3 Río Sucio Alto

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-23-01	24.2	24.5	24.5	24.1	24.0	24.2	24.4	24.5	24.1	23.5	23.4	23.6	25.29
1111-01-16-01	25.2	25.6	25.6	25.2	25.1	25.2	25.4	25.5	25.1	24.5	24.4	24.6	26.41
1111-01-09-01	23.0	23.3	23.3	23.0	22.9	23.1	23.2	23.3	22.9	22.4	22.3	22.5	24.04
1111-01-08-02	22.6	22.9	22.8	22.6	22.5	22.7	22.8	22.9	22.5	22.0	21.9	22.1	23.62
1111-01-08-01	23.2	23.6	23.5	23.2	23.1	23.3	23.5	23.5	23.2	22.6	22.5	22.7	24.29
1111-01-07-02	19.2	19.4	19.3	19.2	19.3	19.6	19.5	19.6	19.2	18.8	18.7	18.9	20.07
1111-01-07-01	19.5	19.8	19.7	19.6	19.7	19.9	19.8	19.9	19.6	19.1	19.0	19.2	20.43
1111-01-06-02	23.8	24.2	24.1	23.8	23.7	23.9	24.0	24.1	23.7	23.2	23.1	23.3	24.92
1111-01-06-01	20.0	20.2	20.2	20.0	20.1	20.3	20.3	20.4	20.0	19.5	19.5	19.6	20.90
1111-01-04-01	21.2	21.5	21.4	21.2	21.2	21.4	21.5	21.5	21.2	20.7	20.6	20.8	22.16
1111-01-02-01	27.2	27.6	27.6	27.1	26.9	27.0	27.3	27.4	27.0	26.4	26.2	26.4	28.44

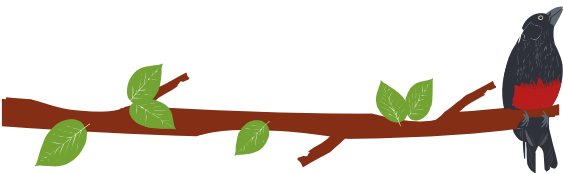
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 16 se presenta los valores de estacionalidad para la variable temperatura máxima, donde se observa los valores oscilan en un rango de 19°C a 28°C al mes, el máximo valor a nivel anual lo presenta la unidad de nivel 3 1111-01-02-01 con 28.44°C

Tabla 17. Estacionalidad Temperatura mínima UAH-3 Río Sucio Alto

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-23-01	13.6	13.9	14.2	14.7	14.8	14.5	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.0	13.12
1111-01-16-01	14.6	14.8	15.1	15.5	15.6	15.4	15.1	15.1	15.0	15.1	15.1	14.9	14.10
1111-01-09-01	12.5	12.8	13.1	13.7	13.9	13.6	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	12.9	12.03
1111-01-08-02	12.2	12.4	12.8	13.4	13.6	13.2	12.9	12.8	12.9	12.8	12.9	12.6	11.66
1111-01-08-01	12.8	13.0	13.3	13.9	14.1	13.8	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.1	12.24
1111-01-07-02	9.1	9.4	9.8	10.6	10.9	10.5	10.1	10.0	10.1	10.0	10.0	9.6	8.55
1111-01-07-01	9.4	9.7	10.1	10.9	11.2	10.8	10.3	10.3	10.4	10.3	10.3	9.9	8.86





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

1111-01-06-02	13.3	13.5	13.9	14.4	14.5	14.3	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.7	12.80
1111-01-06-01	9.9	10.1	10.5	11.2	11.6	11.1	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.3	9.28
1111-01-04-01	10.9	11.2	11.6	12.2	12.5	12.1	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.4	10.38
1111-01-02-01	16.3	16.6	16.8	17.1	17.1	17.0	16.7	16.7	16.6	16.7	16.7	16.6	15.88

Fuente: Elaboración propia

Para la temperatura mínima se observan en la Tabla 17 valores que oscilan en un rango de 9°C a 17°C al mes.

1.3.2.3 Humedad Relativa

En el caso de la variable humedad Relativa debido a la poca disponibilidad de información y a los resultados arrojados en las pruebas de consistencia y tratamiento de la información, no fue posible generar campos interpolados que nos proporcionaran el análisis en toda el área de la cuenca, por tal motivo se procede a realizar el análisis en ciertas estaciones las cuales cumplieron los criterios presentados anteriormente.

1.3.2.3.1 Estación 11115020

Se observa para la variable Humedad relativa dos picos representativos en el año, el primero en el mes de mayo y el segundo siendo el más fuerte en el mes de noviembre, los valores oscilan en un rango de 83 a 46.6%, siendo febrero el mes que registra los menores valores.

Tabla 18. Estacionalidad valores de humedad Relativa Estación 11115020

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
11115020	84.7	83.8	83.8	85.2	86.1	85.8	84.9	84.7	85.1	86.3	86.6	85.7	84.9

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Figura 33 se presenta gráficamente lo mencionado anteriormente, evidenciando el comportamiento en el tiempo de la variable en estudio.

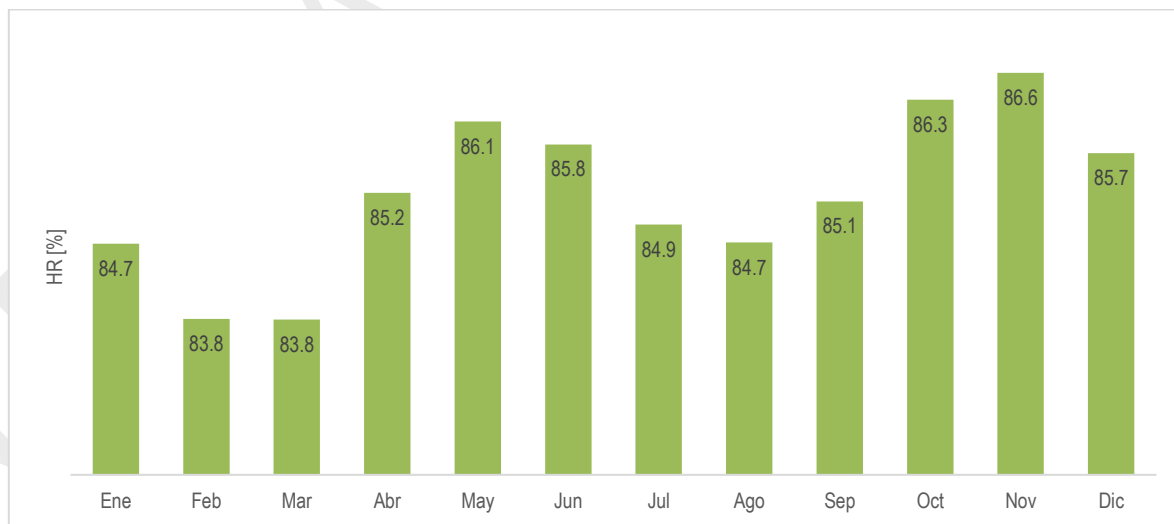
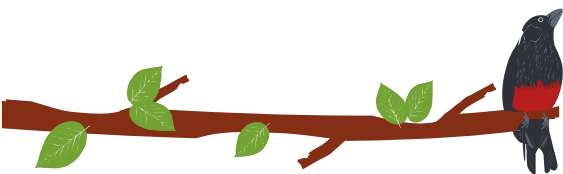


Figura 33. Estacionalidad Humedad Relativa estación 11115020. Elaboración propia





1.3.2.3.2 Estación 11115040

Se observa para la variable Humedad relativa dos picos representativos en el año, el primero en el mes de mayo y el segundo siendo el más fuerte en el mes de noviembre, los valores oscilan en un rango de 85 a 87.6%, siendo febrero el mes que registra los menores valores.

Tabla 19. Estacionalidad valores de humedad Relativa Estación 11115040

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
11115040	85.9	85.9	85.2	86.5	87.3	87.4	86.8	86.7	87.5	87.4	87.6	87.1	86.5

A continuación, en la Figura 34 se presenta gráficamente lo mencionado anteriormente, evidenciando el comportamiento en el tiempo de la variable en estudio.

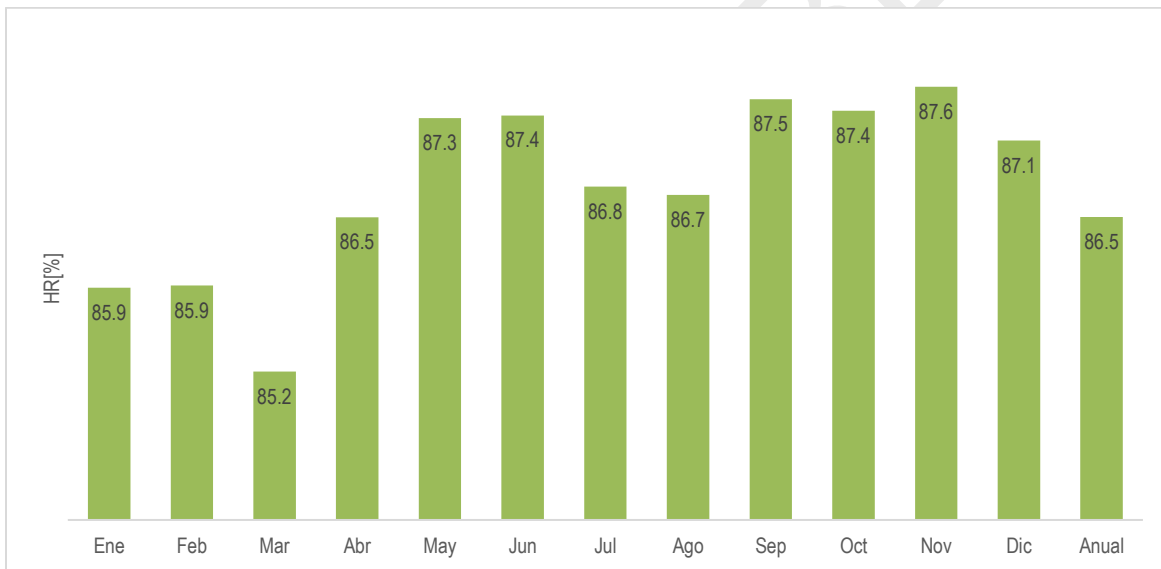


Figura 34. Estacionalidad Humedad Relativa estación 11115040. Elaboración propia

1.3.2.4 Brillo Solar

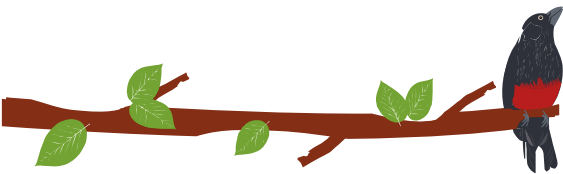
De igual forma en la variable Brillo solar por la poca disponibilidad de información y los resultados arrojados en las pruebas de consistencia y tratamiento de la información, tampoco fue posible generar campos interpolados que nos proporcionaran el análisis en toda el área de la cuenca, por tal motivo se procede a realizar el análisis en ciertas estaciones las cuales cumplieron los criterios presentados anteriormente.

1.3.2.4.1 Estación 11115020

Se observa para la variable Brillo solar dos picos representativos en el año, el primero en el mes de enero y el segundo en el mes de julio, los valores oscilan en un rango de 100 a 164 horas, siendo abril el mes que registra los menores valores.

Tabla 20. Estacionalidad valores de Brillo solar Estación 11115020





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111502	164.0	142.2	142.2	107.9	112.1	129.3	146.7	137.2	119.0	111.4	118.4	134.9	1577.8

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Figura 35 se presenta gráficamente lo mencionado anteriormente, evidenciando el comportamiento en el tiempo de la variable en estudio.

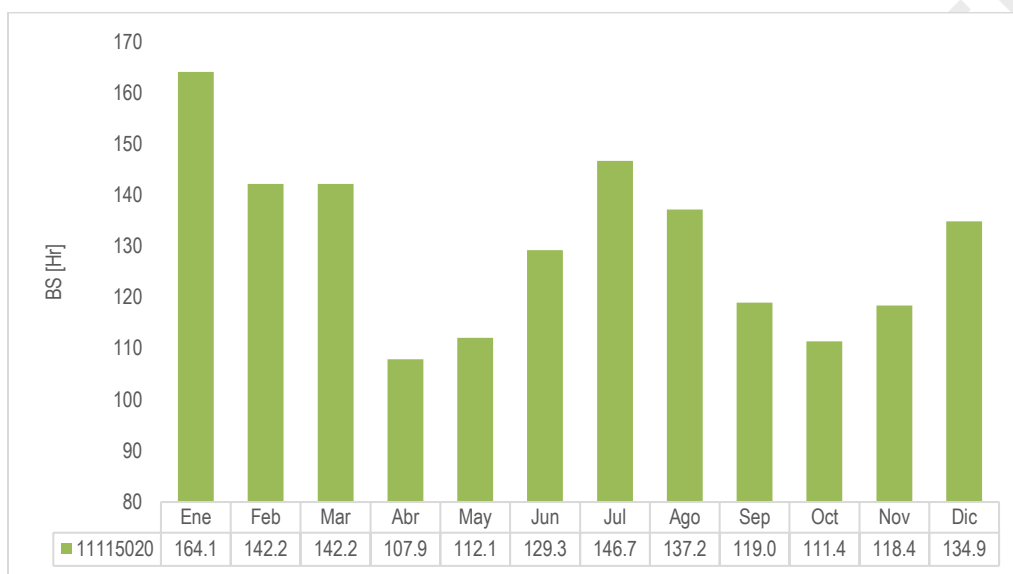


Figura 35. Estacionalidad Brillo solar estación 11115020. Elaboración propia

1.3.2.4.2 Estación 11115040

Se observa para la variable Brillo solar dos picos representativos en el año, el primero en el mes de enero y el segundo en el mes de diciembre, los valores oscilan en un rango de 100 a 159 horas, siendo abril el mes que registra los menores valores.

Tabla 21. Estacionalidad valores de Brillo Solar Estación 11115040

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
11115040	159.4	135.6	128.4	97.5	103.0	119.2	140.0	130.6	107.0	113.8	120.0	146.1	1464.9

A continuación, en la Figura 36 se presenta gráficamente lo mencionado anteriormente, evidenciando el comportamiento en el tiempo de la variable en estudio.



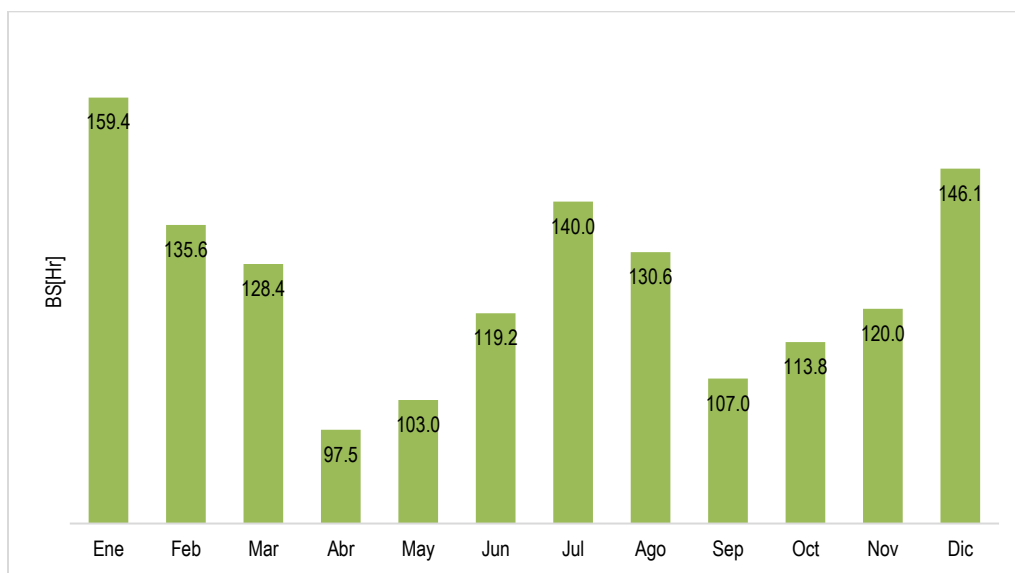
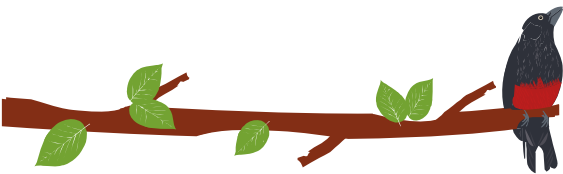


Figura 36. Estacionalidad Brillo solar estación 11115040. Elaboración propia

1.3.2.4.3 Estación 26225040

Se observa para la variable Brillo solar de igual forma que en las anteriores estaciones se presentan dos picos representativos en el año, el primero en el mes de enero y segundo en el mes de agosto, los valores oscilan en un rango de 100 a 159 horas, siendo abril el mes que registra los menores valores.

Tabla 22. Estacionalidad valores de humedad Relativa Estación 26225040

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
26225040	132.4	113.0	111.1	85.2	92.5	94.4	123.1	131.7	103.2	85.7	84.6	94.1	1193.0

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Figura 37 se presenta gráficamente lo mencionado anteriormente, evidenciando el comportamiento en el tiempo de la variable en estudio.



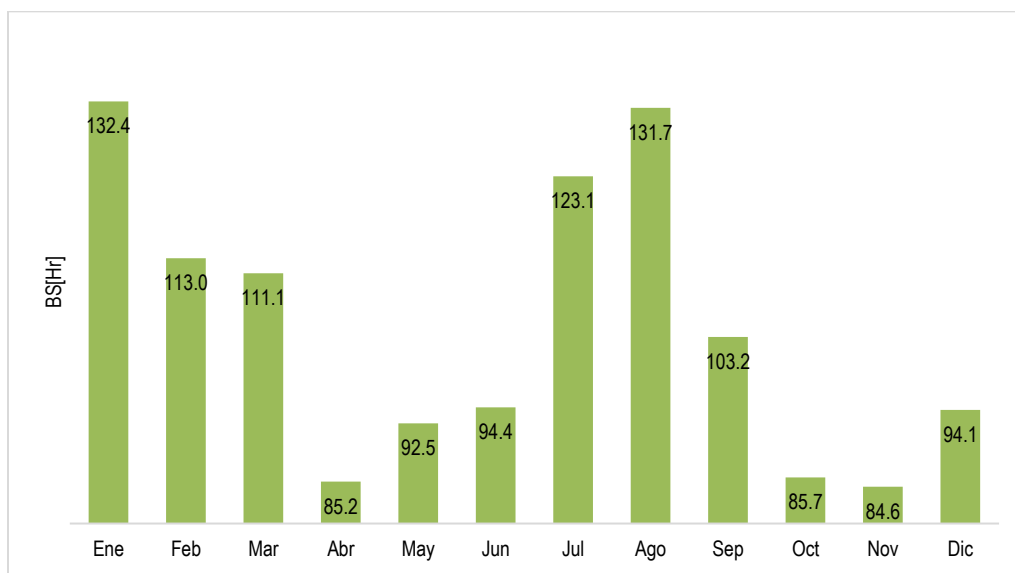
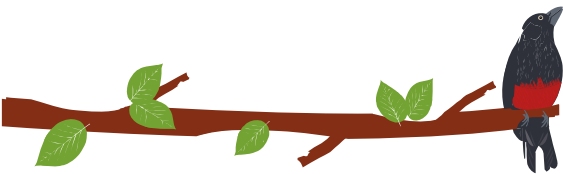


Figura 37. Estacionalidad Brillo solar estación 26225040. Elaboración propia

1.3.2.5 Evaporación

En la Variable Evaporación por la poca disponibilidad de información y los resultados arrojados en las pruebas de consistencia y tratamiento de la información, tampoco fue posible generar campos interpolados que nos proporcionaran el análisis en toda el área de la cuenca, por tal motivo se procede a realizar el análisis en ciertas estaciones las cuales cumplieron los criterios presentados anteriormente.

1.3.2.5.1 Estación 11115020

Se observa para la variable evaporación en la estación 11115020 dos picos representativos en el año, el primero en el mes de marzo y el segundo siendo el más alto con 128.7 mm/mes en agosto, el menor valor de evaporación se registra en el mes de noviembre con 104.7 mm/mes.

Tabla 23. Estacionalidad valores de evaporación Estación 11115020

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
11115020	125.1	114.7	128.4	109.6	110.7	113.9	126.1	128.7	115.4	110.2	104.7	112.7	1381.4

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Figura 38 se presenta gráficamente lo mencionado anteriormente, evidenciando el comportamiento en el tiempo de la variable en estudio.



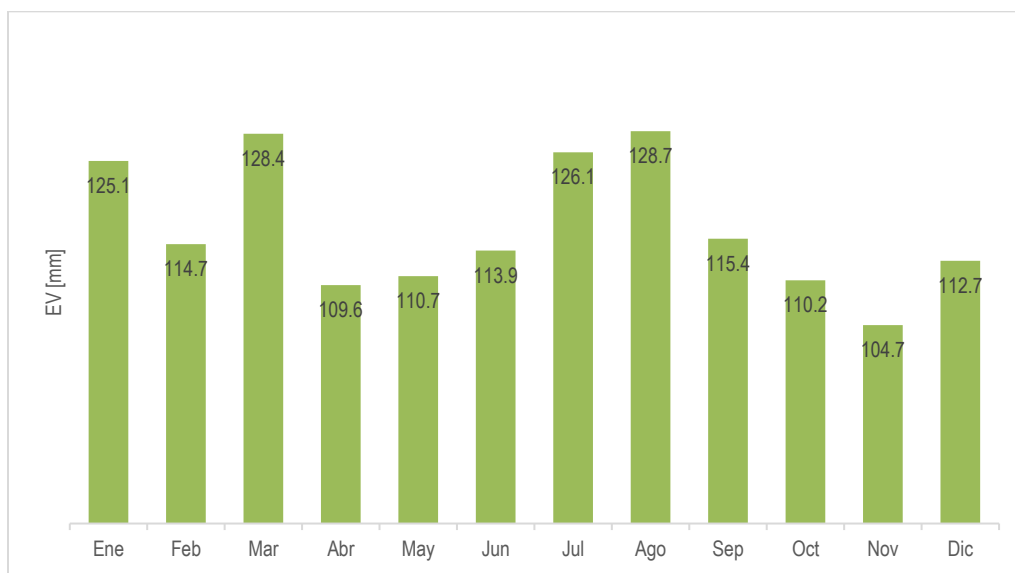
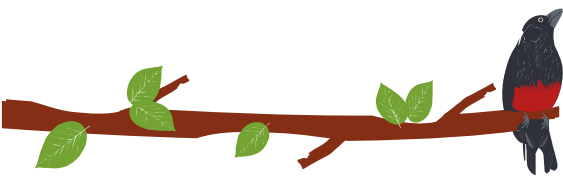


Figura 38. Estacionalidad Evaporación estación 11115020. Elaboración propia

1.3.2.5.2 Estación 26205080

Se observa para la variable evaporación en la estación 26205080 dos picos representativos en el año, el primero en el mes de marzo y el segundo siendo el más alto con 126.5 mm/mes en agosto, el menor valor de evaporación se registra en el mes de noviembre con 94.6 mm/mes.

Tabla 24. Estacionalidad valores de Evaporación Estación 26205080

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
26205080	114.9	110.0	120.6	104.2	107.2	107.0	123.1	126.5	113.7	106.8	94.6	96.4	1312.1

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Figura 39 se presenta gráficamente lo mencionado anteriormente, evidenciando el comportamiento en el tiempo de la variable en estudio.



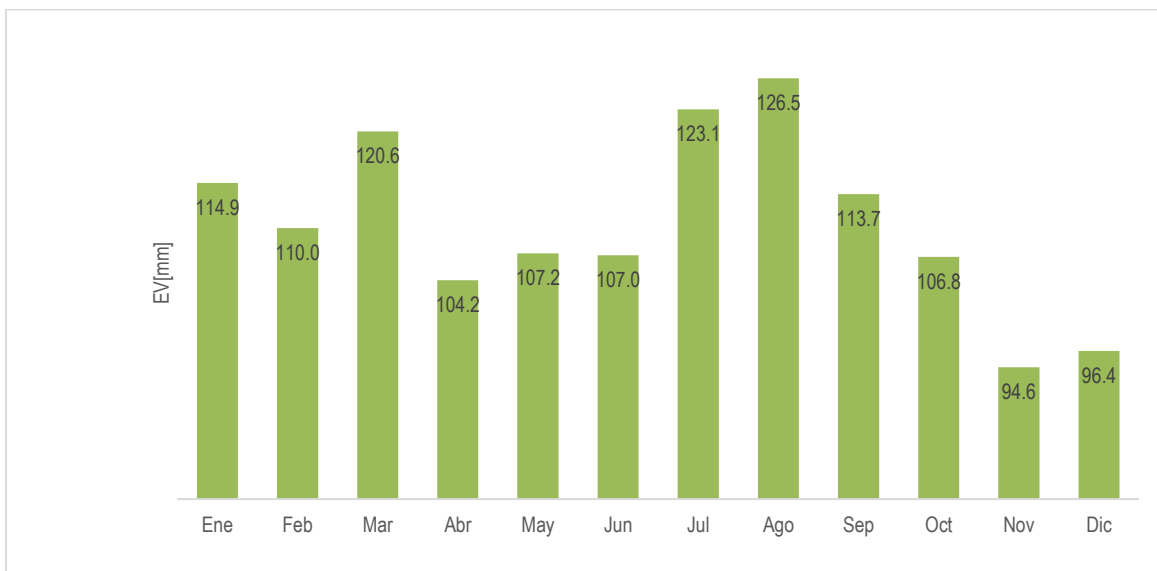
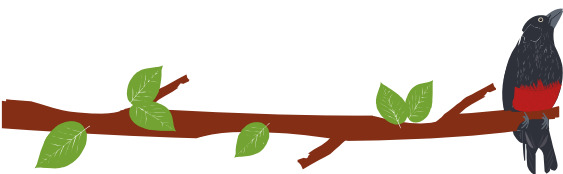


Figura 39. Estacionalidad Evaporación estación 26205080. Elaboración propia

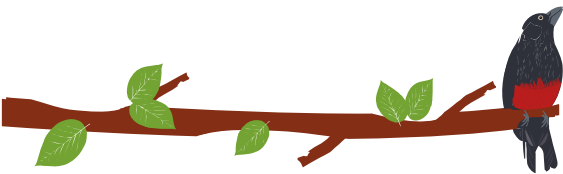
1.3.2.6 Velocidad y dirección del viento

Las variables velocidad y dirección del viento son circulares, por tanto, su tratamiento es independiente del explicado para todas las demás variables. Estas variables no pueden ser interpoladas ni tratadas de la misma manera que las anteriores. A continuación, se presentan las rosas de los vientos para 2 estaciones aledañas a la subzona hidrográfica de interés. El campo viento, es una de las variables climáticas con mayor dificultad de modelación y tratamiento, debido a las variaciones diurnas y locales (IDEAM & UPME, 2006). Es medido mediante anemógrafos, los cuales miden y grafican continuamente las características vectoriales del viento, velocidad y dirección. Por un lado, la velocidad del viento es entendida como el desplazamiento del aire en un tiempo determinado, mientras que la dirección del mismo se define como la orientación del vector del viento en la horizontal expresada en grados, contados a partir del norte geográfico y en el sentido de las manecillas del reloj (IDEAM & UPME, 2006). La representación gráfica de la velocidad y dirección es la rosa de los vientos, donde se representa la dirección predominante de las diferentes velocidades del viento de un lugar en particular. Ésta divide los 360° en ocho sectores, tal como se muestra en la Figura 40 y Figura 41.

Tabla 25. Categorías de dirección del viento.

1	ABREVIATURA	2	DIRECCIÓN	3	GRADOS (desde)	4	GRADOS (hasta)
5	N	6	Norte	7	337.6	8	22.5
9	NE	10	Noreste	11	22.6	12	67.5
13	E	14	Este	15	67.6	16	112.5
17	SE	18	Sureste	19	112.6	20	157.5
21	S	22	Sur	23	157.6	24	202.5
25	SW	26	Suroeste	27	202.6	28	247.5





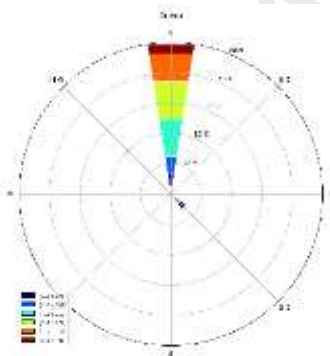
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

1 ABREVIATURA	2 DIRECCIÓN	3 GRADOS (desde)	4 GRADOS (hasta)
29 W	30 Oeste	31 247.6	32 292.5
33 NW	34 Noroeste	35 292.6	36 337.5
37 -	38 Calma	39 -	40 -
41 -	42 Variable	43 -	44 -
45 ABREVIATURA	46 DIRECCIÓN	47 GRADOS (desde)	48 GRADOS (hasta)
49 N	50 Norte	51 337.6	52 22.5
53 NE	54 Noreste	55 22.6	56 67.5
57 E	58 Este	59 67.6	60 112.5
61 SE	62 Sureste	63 112.6	64 157.5
65 S	66 Sur	67 157.6	68 202.5
69 SW	70 Suroeste	71 202.6	72 247.5
73 W	74 Oeste	75 247.6	76 292.5
77 NW	78 Noroeste	79 292.6	80 337.5
81 -	82 Calma	83 -	84 -
85 -	86 Variable	87 -	88 -

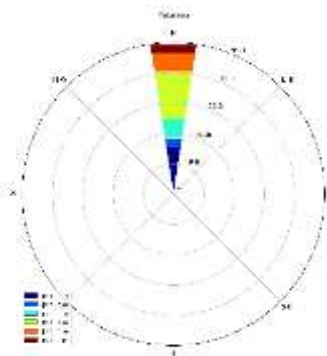
Fuente: Elaboración propia a partir de (IDEAM & UPME, 2006)

Se presenta a continuación el mosaico de rosas de viento de la estación 11075020, se evidencia la tendencia en cuanto al comportamiento de la dirección del viento, en todo al año predomina la dirección de norte a sur, las velocidades oscilan entre los 0.3 y más de 2.3m/s, en color azul se presentan las menores velocidades y en color más oscuro las más altas.

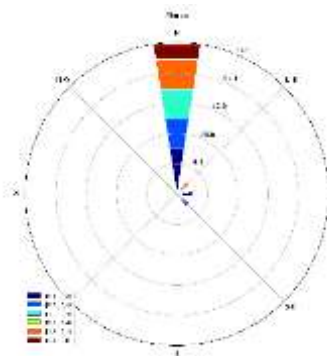
Enero



Febrero



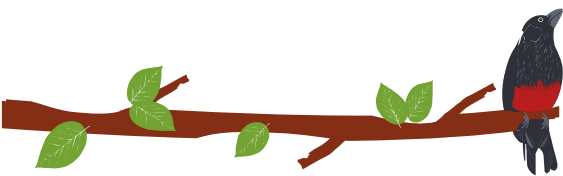
Marzo



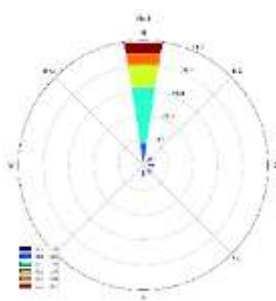
Abril

Mayo

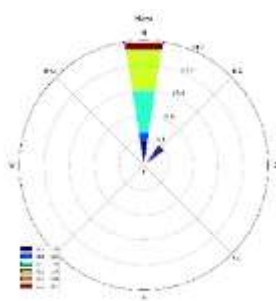
Junio



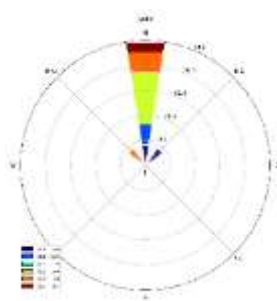
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO



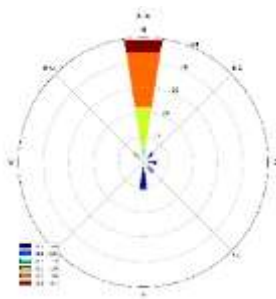
Julio



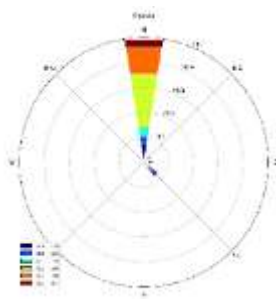
Agosto



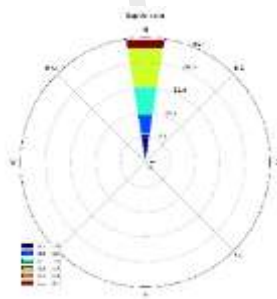
Septiembre



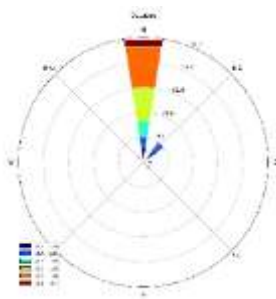
Octubre



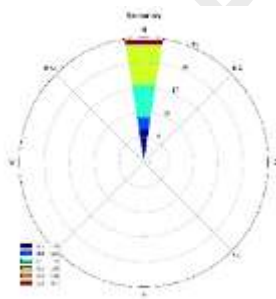
Noviembre



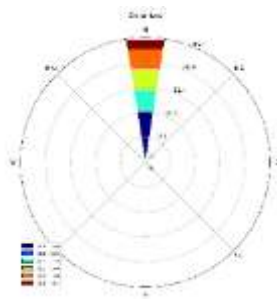
Diciembre



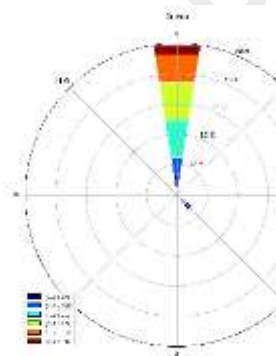
Enero



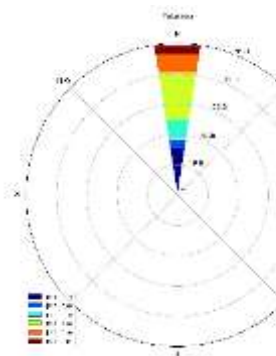
Febrero



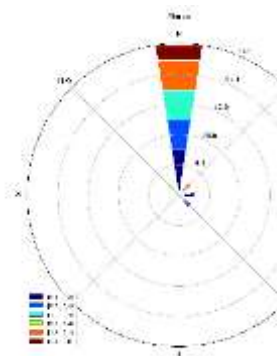
Marzo



Abril

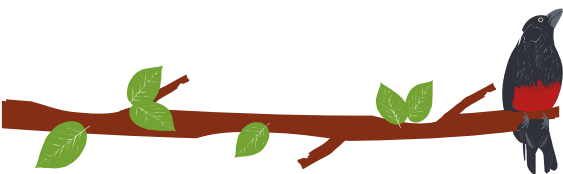


Mayo



Junio





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

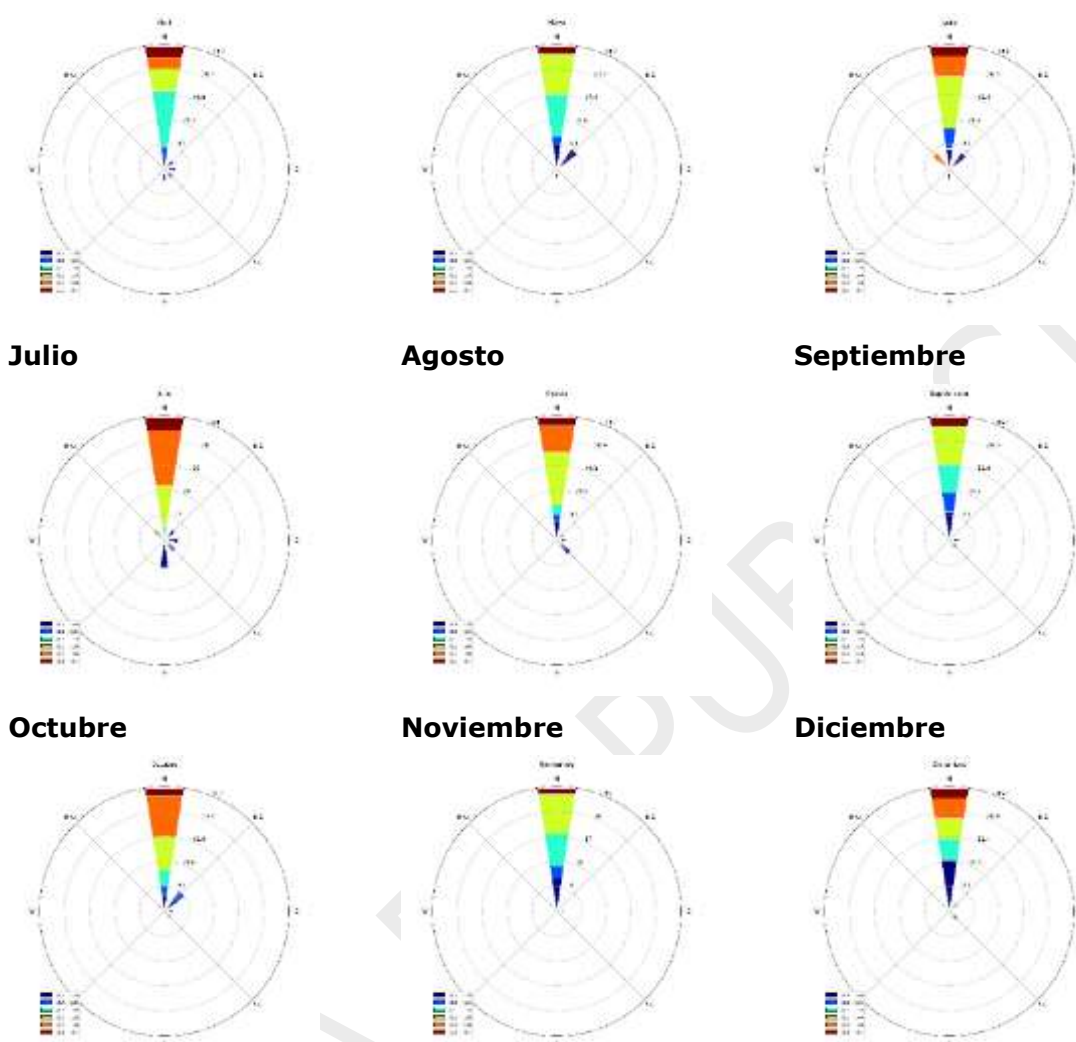


Figura 40. Mosaico Rosa de vientos Estación 11075020. Elaboración propia

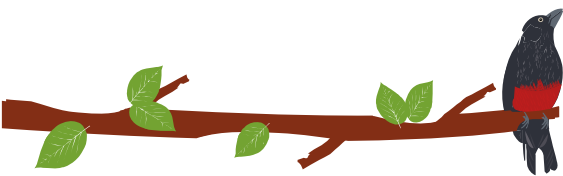
Se presenta a continuación el mosaico de rosas de viento de la estación 26225030, en el primer trimestre del año predomina la dirección Norte- sur, en el segundo y tercer trimestre del año predominan la dirección Noreste a suroeste, en los meses de octubre y noviembre la dirección del viento cambia siendo representativa sureste a noroeste, en el mes de diciembre el comportamiento vuelve a ser del noreste al suroeste, las velocidades oscilan en un rango de 0.3 a 1.3 m/s.

Enero

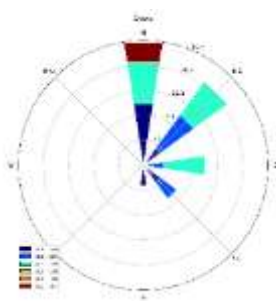
Febrero

Marzo

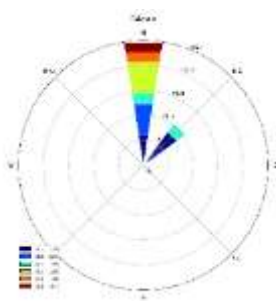




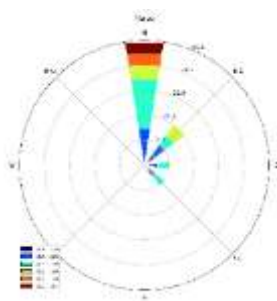
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO FASE DE DIAGNÓSTICO



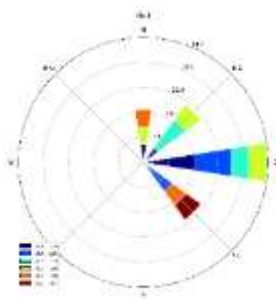
Abril



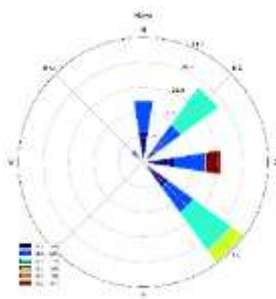
Mayo



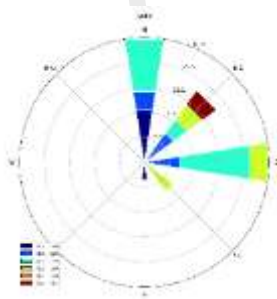
Junio



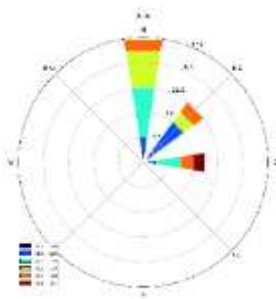
Julio



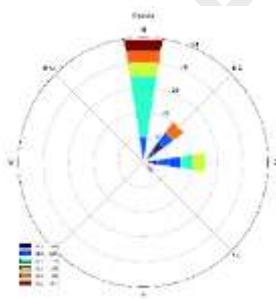
Agosto



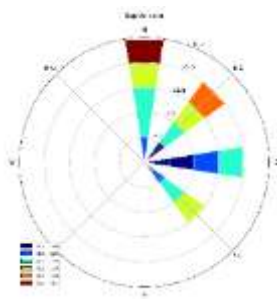
Septiembre



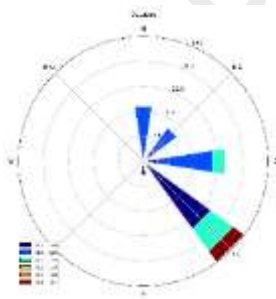
Octubre



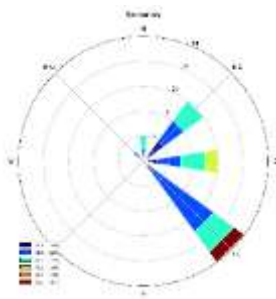
Noviembre



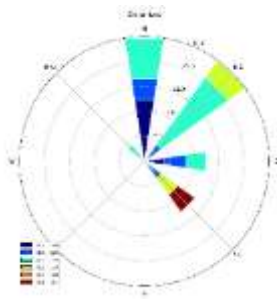
Diciembre



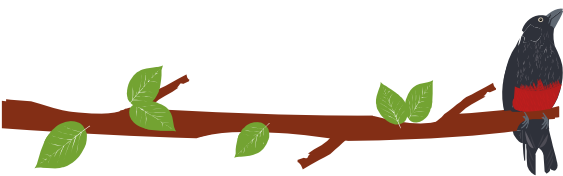
Enero



Febrero



Marzo



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

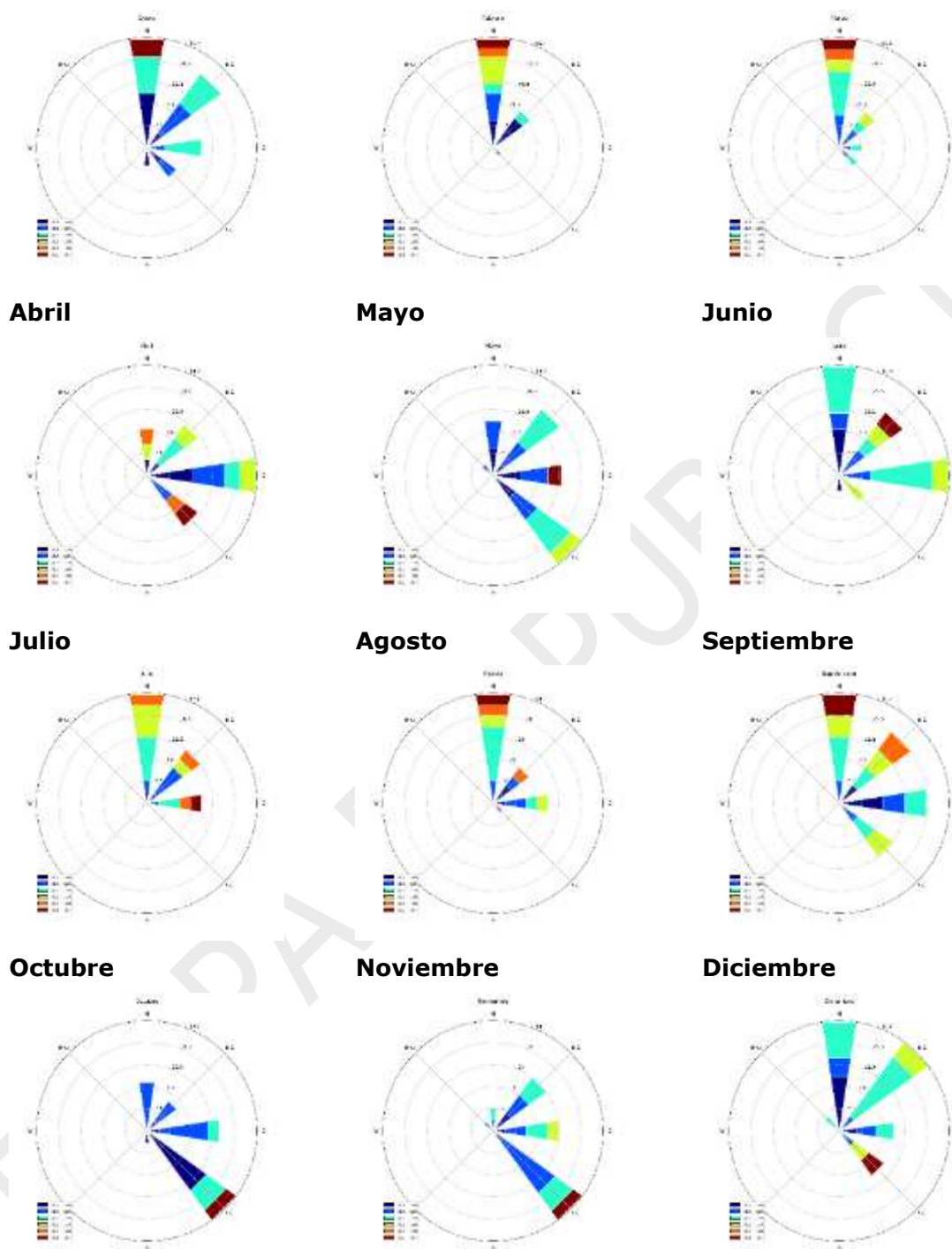
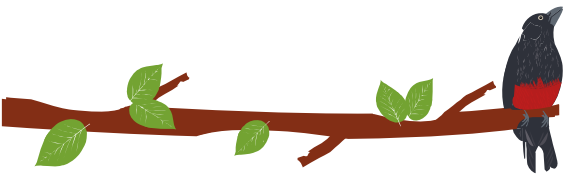


Figura 41 Mosaico Rosa de vientos Estación 26225030. Elaboración propia



1.3.3 Caracterización Espacial

La caracterización espacial del clima se realiza mediante la interpolación del primer momento estadístico (también conocido como valor esperado) de cada una de las estaciones para cada mes. Para revisar la metodología de estimación del valor esperado revisar el subcapítulo 1.3.1 *Estacionalidad*.

La interpolación es un método de espacialización de las variables a partir de la información ubicada en varios puntos de un dominio espacial amplio. Consiste en estimar el valor de los puntos del dominio en donde no se cuenta con información. En este caso el dominio espacial es la subzona hidrográfica de interés (Río Sucio Alto) y la información para realizar dicho proceso es el valor esperado en cada uno de los puntos de las estaciones utilizadas. Para llevar a cabo la espacialización de las variables se utilizan ya sea métodos de interpolación "convencionales" o isotermas para la temperatura.

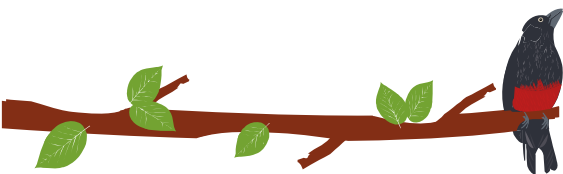
En el caso de la variable precipitación se empleó la metodología de interpolación, para las variables de temperatura media, mínima y máxima se empleó la metodología de espacialización mediante regresiones lineales entre la elevación y el primer momento estadístico.

1.3.3.1 Interpolación

Debido a la disponibilidad de información y según los resultados arrojados en las pruebas de consistencia y tratamiento de la información, Para la variable Precipitación se realizaron interpolaciones para cada mes con 8 métodos diferentes. Los métodos utilizados fueron el de distancia inversa, vecino natural, Kriging lineal, vecino más cercano, mínima curvatura, función de base radial, método de Shepard modificado y triangulación con interpolación lineal. Se eligió el método de interpolación con menores errores a partir del análisis de validación cruzada de Jack-Knife, empleando las métricas de desempleo: Error máximo, coeficiente de correlación R^2 y el Error Medio Absoluto Relativo (MARE por sus siglas en inglés).

En la siguiente figura se presentan las isoyetas generadas para el valor anual total mediante cada uno de los métodos mencionados anteriormente, en ella se observa la consistencia de los campos generados mediante cada método, la capacidad de extrapolación y los valores que toma el dominio espacial.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

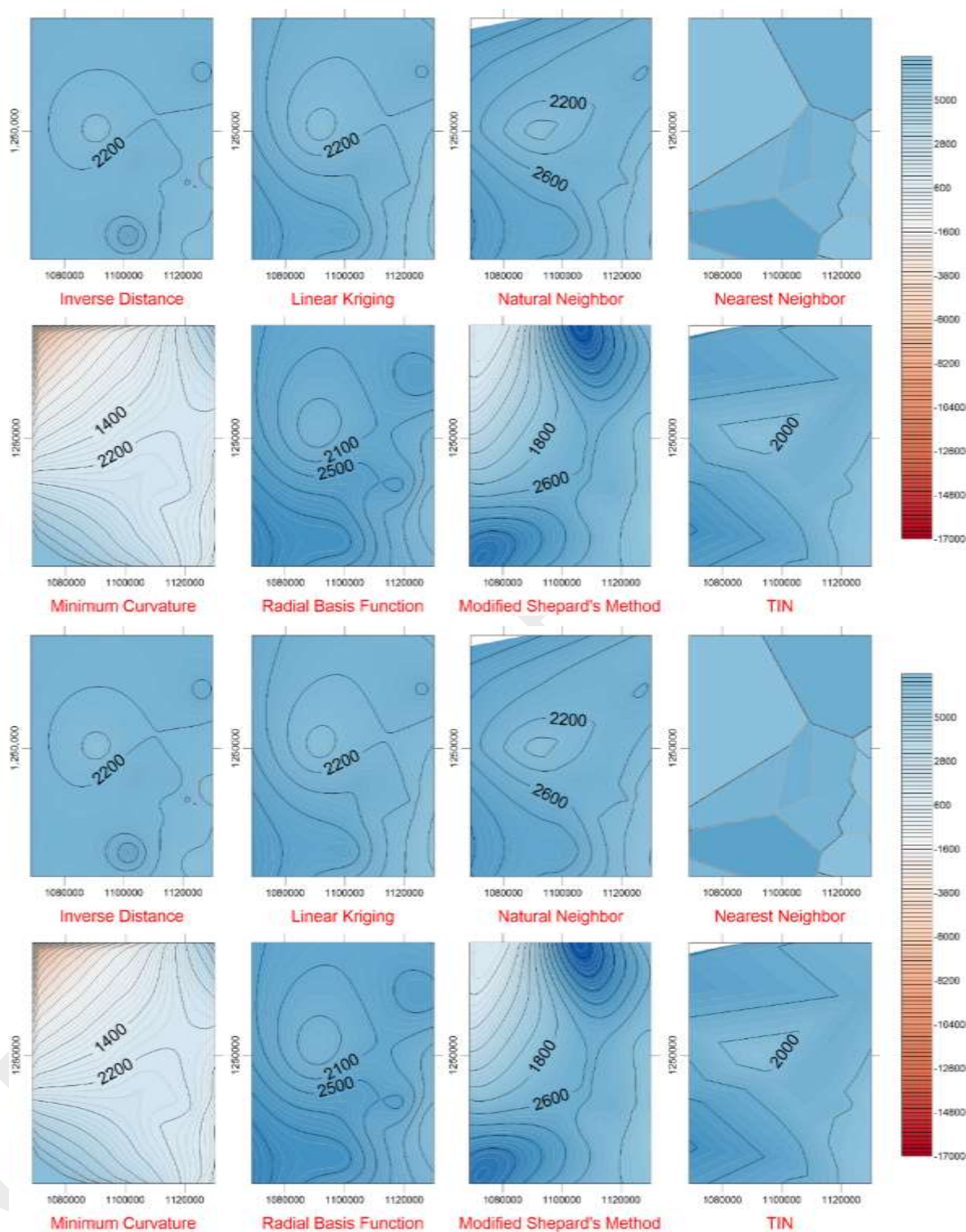
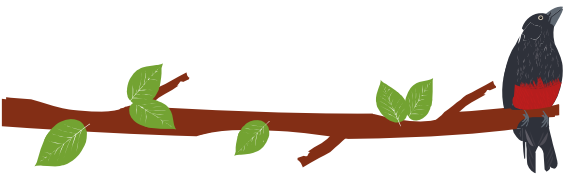


Figura 42. Isoyetas de precipitación construidas a partir de 8 métodos de interpolación comúnmente usados para la variable de precipitación anual de largo plazo. Elaboración propia





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO FASE DE DIAGNÓSTICO

Se presenta la validación de las metodologías para la variable precipitación mediante las tres métricas de desempeño mencionadas, adicional a esto se realizará una inspección visual de los campos determinado su coherencia.

A continuación, se presenta los valores de coeficiente de correlación para cada uno de los métodos mencionados anteriormente en la interpolación de la variable precipitación, los valores más cercanos a 1, sugieren el caso ideal de interpolación donde los valores simulados se aproximan a los valores observados empleados en la interpolación.

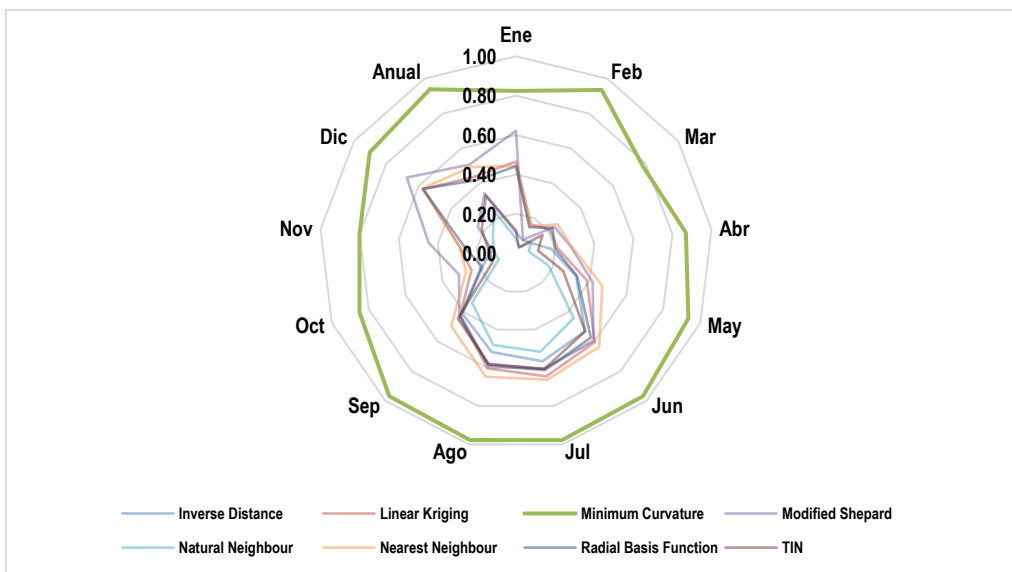


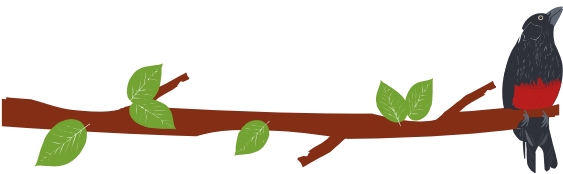
Figura 43. Diagrama de coeficientes de correlación de Pearson (r^2) entre los valores observados en las estaciones y los residuales del campo interpolado de precipitación por cada método. Elaboración propia

Los mejores resultados los presenta la metodología de Mínima Curvatura.

Se observa de la Figura 43, la metodología que presenta los mejores resultados corresponde a "Minimum Curvature", en segundo lugar "Modified Shepard" y en tercer lugar "Nearest Neighbour", las demás metodologías presentan resultados similares con coeficientes de correlación entre 0.3 y 0.5 en la mayoría de los meses.

El siguiente diagrama presenta los resultados del Error medio Absoluto relativo (Mare) para cada uno de los meses y el valor anual, la métrica presenta el porcentaje de error de los valores interpolados respecto a los valores observados para cada uno de los métodos evaluados, se observa que el método que presenta los mejores resultados corresponde a "Minimum Curvature" en segundo lugar "Linear Kriging" y en tercer lugar "Radial Basis Function".





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO FASE DE DIAGNÓSTICO

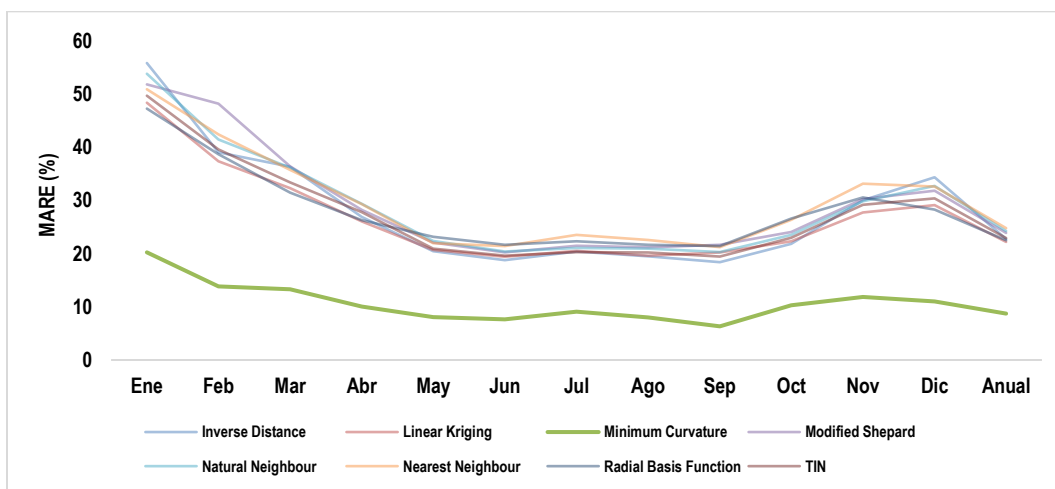


Figura 44. Distribución temporal de los errores relativos absolutos medios (MARE) para la variable precipitación total mensual y anual de largo plazo. Elaboración propia

A continuación, se presenta la métrica de desempeño de Error Máximo, la metodología que presenta los mejores resultados corresponde a "Minimum Curvature" en segundo lugar "TIN" y en tercer lugar "Linear Kriging".

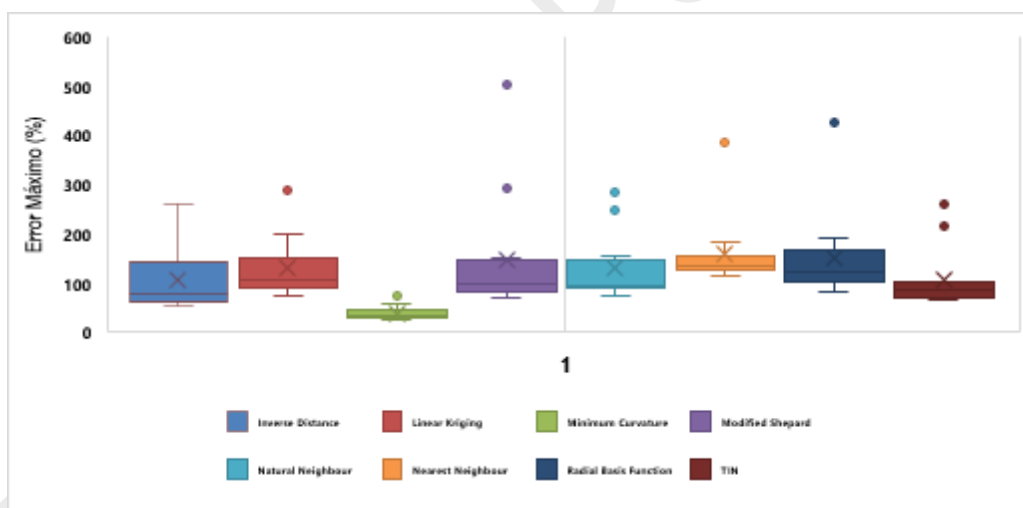
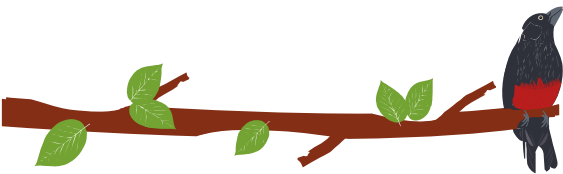


Figura 45. Diagrama de cajas de los errores máximos para cada método de interpolación. Elaboración propia

Por último, se realizó una inspección visual de los campos interpolados que presentaban mejores resultados en las diferentes métricas de desempeño, se encontró que los métodos: "Minimum Curvature" y "Modified Shepard" presentaban valores negativos lo cual es incoherente con la naturaleza de la variable, esto debido a que en su estructura matemática las metodologías no tienen la capacidad de generar información (extrapolar) fuera del dominio de construido por los datos de entrada, de tal manera la metodología que presento los mejores resultados en la inspección visual y en las métricas de desempeño corresponde al método "Linear Kriging".





1.3.3.2 Isotermas

Por otro lado, la interpolación de las variables temperatura media, mínima y máxima se realizaron isotermas mediante regresiones lineales del valor a interpolar contra la elevación de las estaciones que los registran, obedeciendo el sentido físico de la temperatura en función de la altitud. El régimen de la temperatura del aire en nuestro país está determinado por la ubicación geográfica de Colombia en el mundo y las particularidades fisiográficas de su territorio; el primer factor influye ante todo sobre la aptitud anual de la temperatura del aire, mientras que el segundo lo hace sobre la variabilidad espacial de la misma. En esta región el régimen de temperatura del aire se particulariza por los pisos térmicos, que consiste en la disminución de la temperatura a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar. Dicho gradiente de temperatura es a menudo considerado de tipo lineal, y puede ser estimado aplicando una regresión a los datos observados y su respectiva altura sobre el nivel del mar. La siguiente ecuación representa la regresión utilizada para estimar los gradientes regionales de temperatura.

$$T = f(Z) = b + mZ$$

Donde:

m Gradiente de temperatura (°C/m.s.n.m)

b Temperatura base (°C)

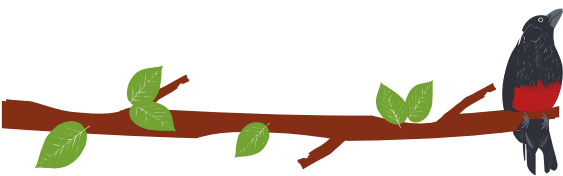
Z Altura sobre el nivel del mar de la estación (m.s.n.m)

Para la generación de las isotermas, se valida el método utilizando el p valor de cada uno de los coeficientes de la regresión, el valor F de la regresión, el R^2 (mayor a 0.6) y los intervalos de confianza de los coeficientes A y B presentes en la ecuación $Y = AX + B$, en donde A representa la pendiente, B el valor del intercepto y X el valor de temperatura a utilizar. Estas y otras estadísticas se presentan a continuación para la validación de este método de espacialización de las variables. Todas las regresiones realizadas, satisfacen los criterios estadísticos de valides y cumplen con los criterios requeridos por los investigadores para ser consideradas satisfactorias. Para las isotermas realizadas en el presente estudio (temperatura media, mínima y máxima) las regresiones fueron estadísticamente válidas para todos los casos con estadísticos de F y P para cada coeficiente significativamente menores a 0,05 y R^2 superiores a 90 para todos los meses, es decir, que las isotermas generadas tienen valides estadística.

1.3.3.3 Distribución espacial de la climatología.

A continuación, se presentan los campos para las variables climatológicas mencionadas anteriormente. En la Figura 50, se presenta el comportamiento a nivel espacial para la variable precipitación total, según la escala de colores el color rojo representa los valores más bajos de precipitación y el azul los sectores que presentan los mayores volúmenes de precipitación, en este sentido se observa que los meses que registran mayores precipitaciones en todo su territorio corresponden a mayo y septiembre, los meses con los menores valores son enero y febrero, hacia la parte baja de la cuenca se observa en la mayoría de los meses los mayores volúmenes de precipitación, los valores oscilan en un rango de 58 mm a 352 mm, el mes que registra mayor precipitación corresponde a





noviembre en el cual se presentan 352 mm en sectores específicos que no abarcan todo el territorio.

En la Figura 51 se observa el comportamiento a nivel espacial de la variable temperatura media, esta variable depende su comportamiento directamente de la elevación, por tal motivo se observa en los sectores más altos de la cuenca temperaturas mucho menores y en los sectores más bajos aumentos significativos, es una representación lineal entre la temperatura y la altitud sobre el nivel del mar, se observa en color azul los valores más bajos y en color rojos los más altos, los valores oscilan en un rango de 6°C a 28°C, los valores más altos se presentan en los meses de junio y julio.

En la Figura 52 se observa el comportamiento a nivel espacial de la variable temperatura máxima, se observa en color morado los valores más bajos y en color café los más altos, los valores oscilan en un rango de 10°C a 35°C, los valores más altos se presentan en los meses de enero, febrero marzo, junio y julio, con máximos por encima de los 34°C.

En la Figura 53 se observa el comportamiento a nivel espacial de la variable temperatura mínima, se observa en color verde los valores más bajos y en color café los más altos, los valores oscilan en un rango de 1°C a 23°C.



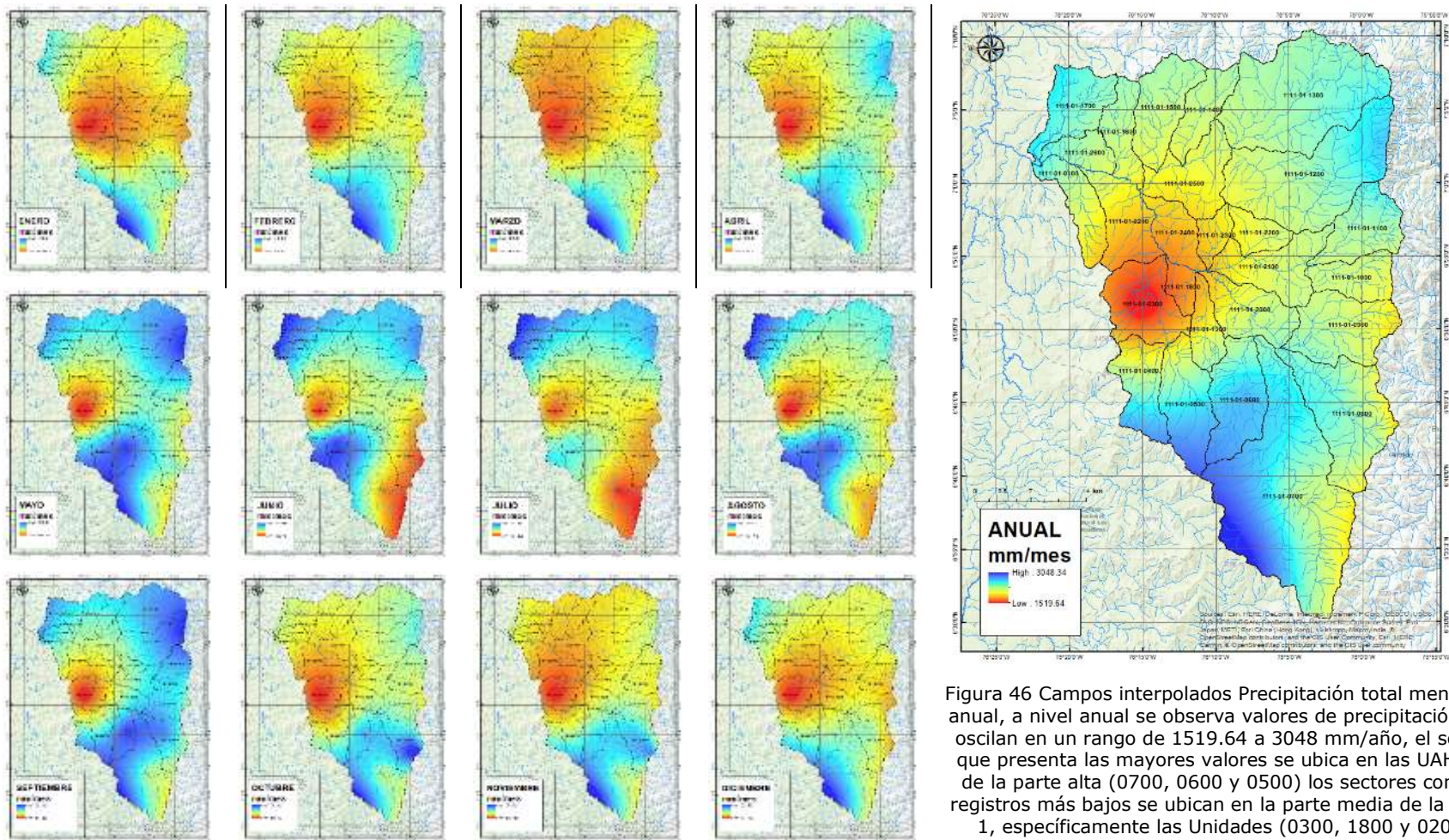
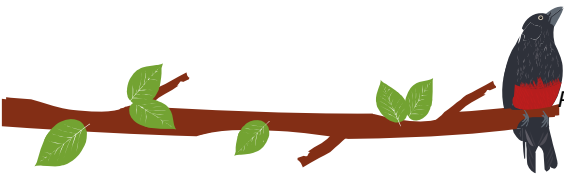


Figura 46 Campos interpolados Precipitación total mensual y anual, a nivel anual se observa valores de precipitación que oscilan en un rango de 1519.64 a 3048 mm/año, el sector que presenta las mayores valores se ubica en las UAH - 2 de la parte alta (0700, 0600 y 0500) los sectores con los registros más bajos se ubican en la parte media de la UAH-1, específicamente las Unidades (0300, 1800 y 0200)



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO FASE DE DIAGNÓSTICO

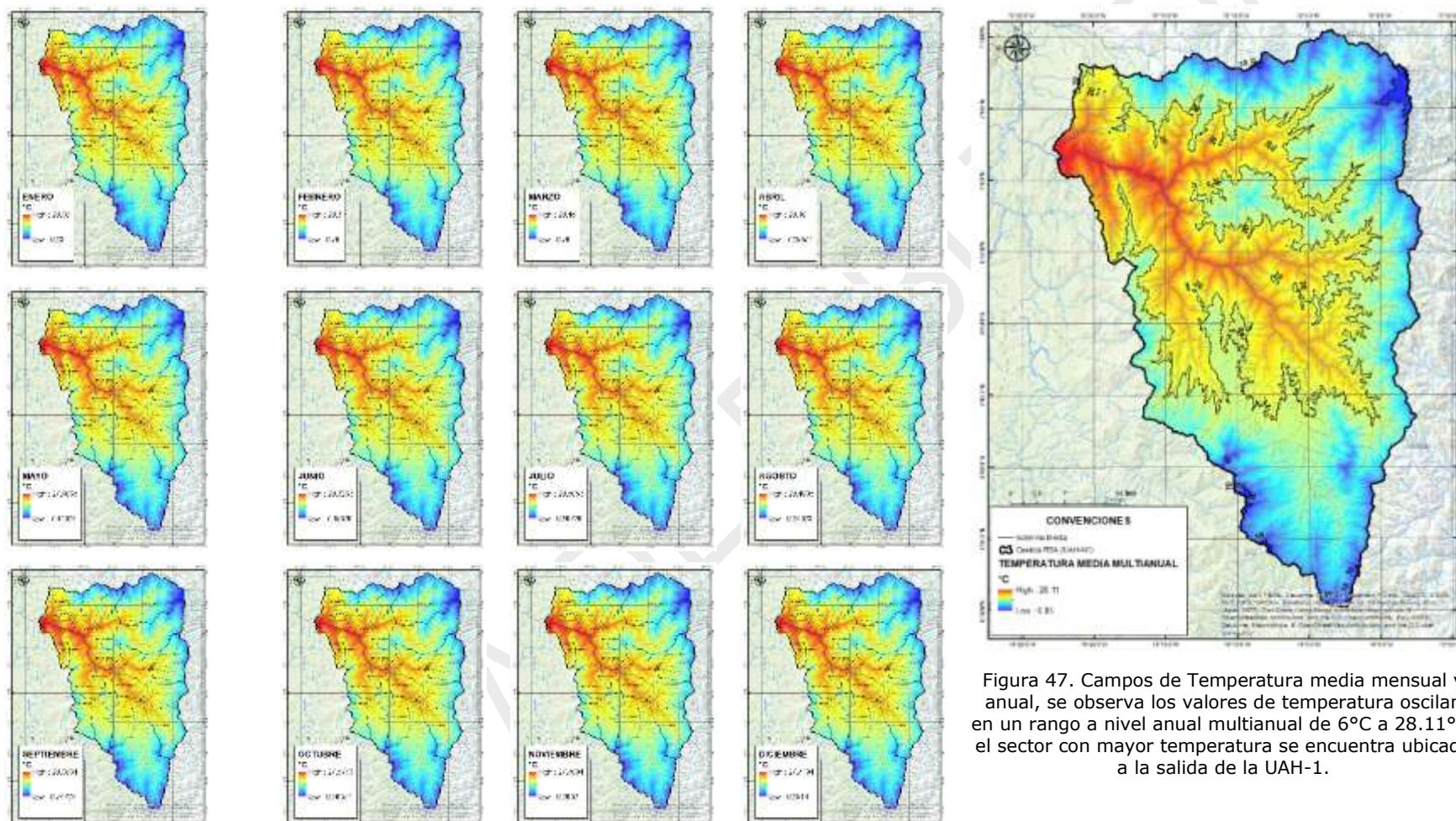
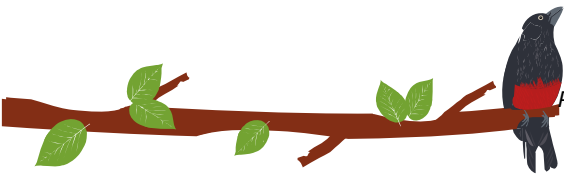


Figura 47. Campos de Temperatura media mensual y anual, se observa los valores de temperatura oscilan en un rango a nivel anual multianual de 6°C a 28.11°C, el sector con mayor temperatura se encuentra ubicado a la salida de la UAH-1.



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO

FASE DE DIAGNÓSTICO

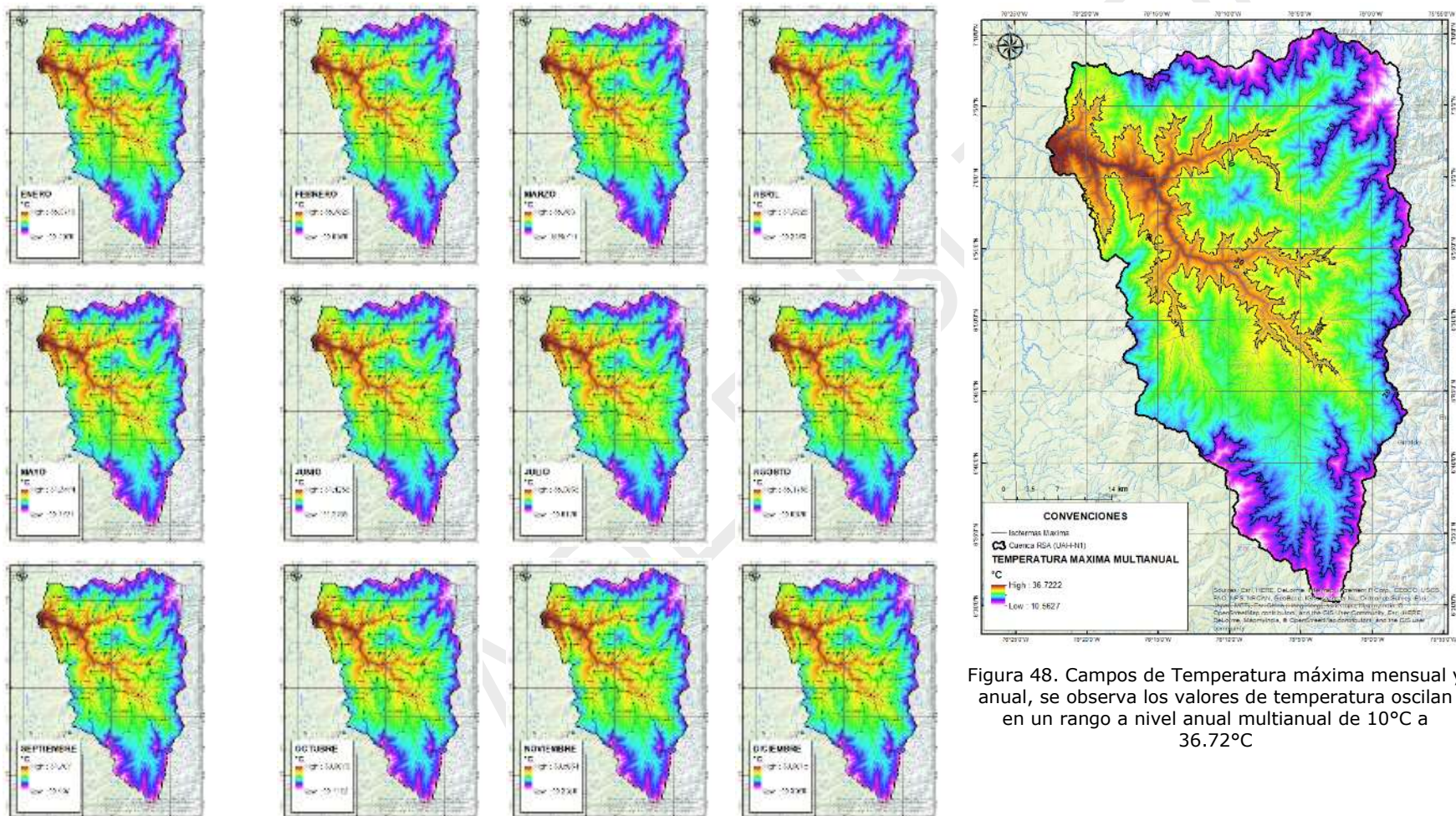
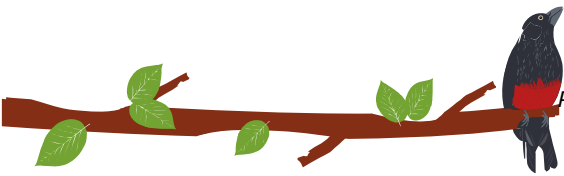


Figura 48. Campos de Temperatura máxima mensual y anual, se observa los valores de temperatura oscilan en un rango a nivel anual multianual de 10°C a 36.72°C



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO

FASE DE DIAGNÓSTICO

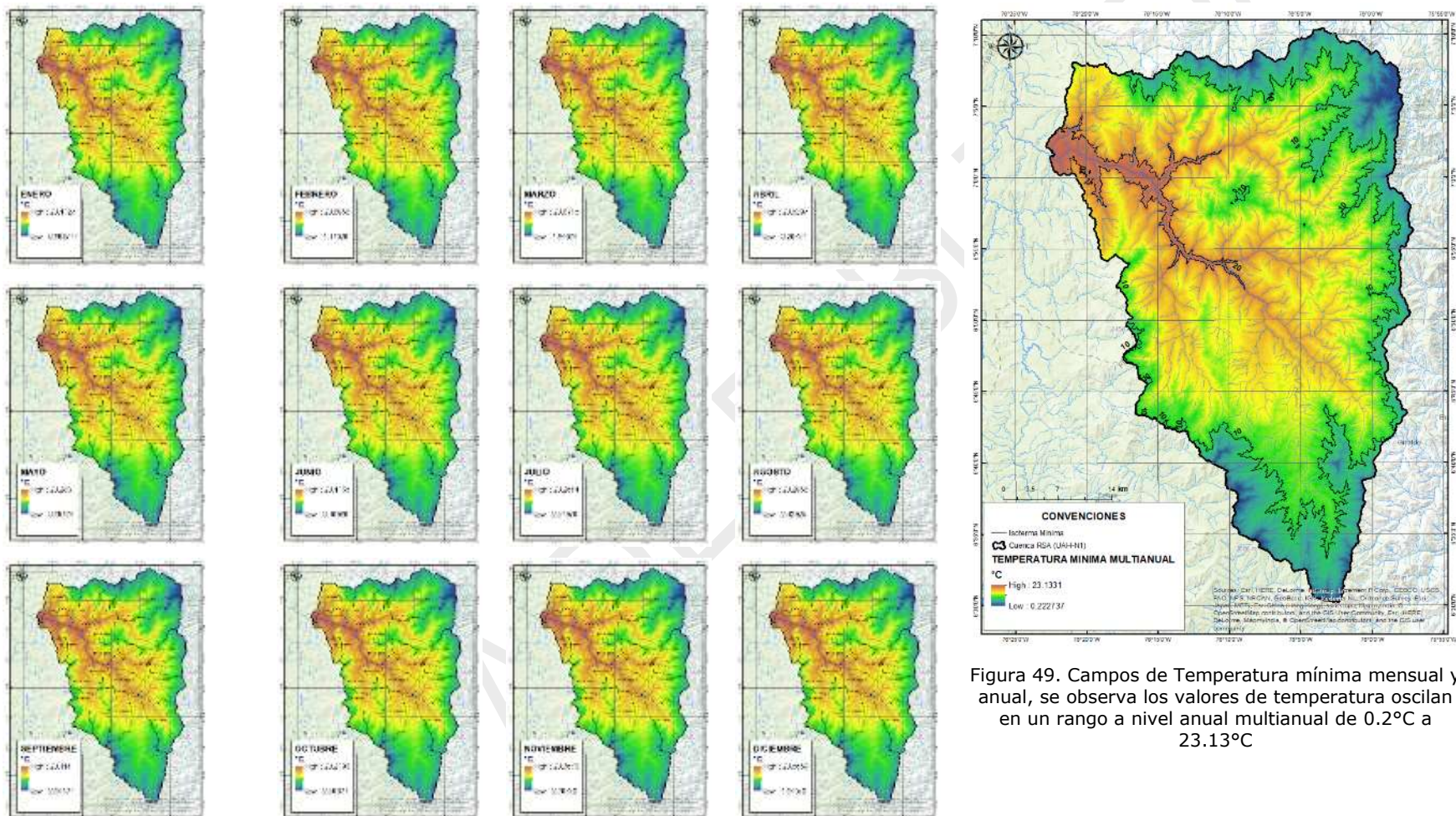
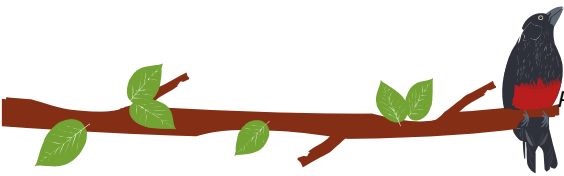


Figura 49. Campos de Temperatura mínima mensual y anual, se observa los valores de temperatura oscilan en un rango a nivel anual multianual de 0.2°C a 23.13°C



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO

FASE DE DIAGNÓSTICO

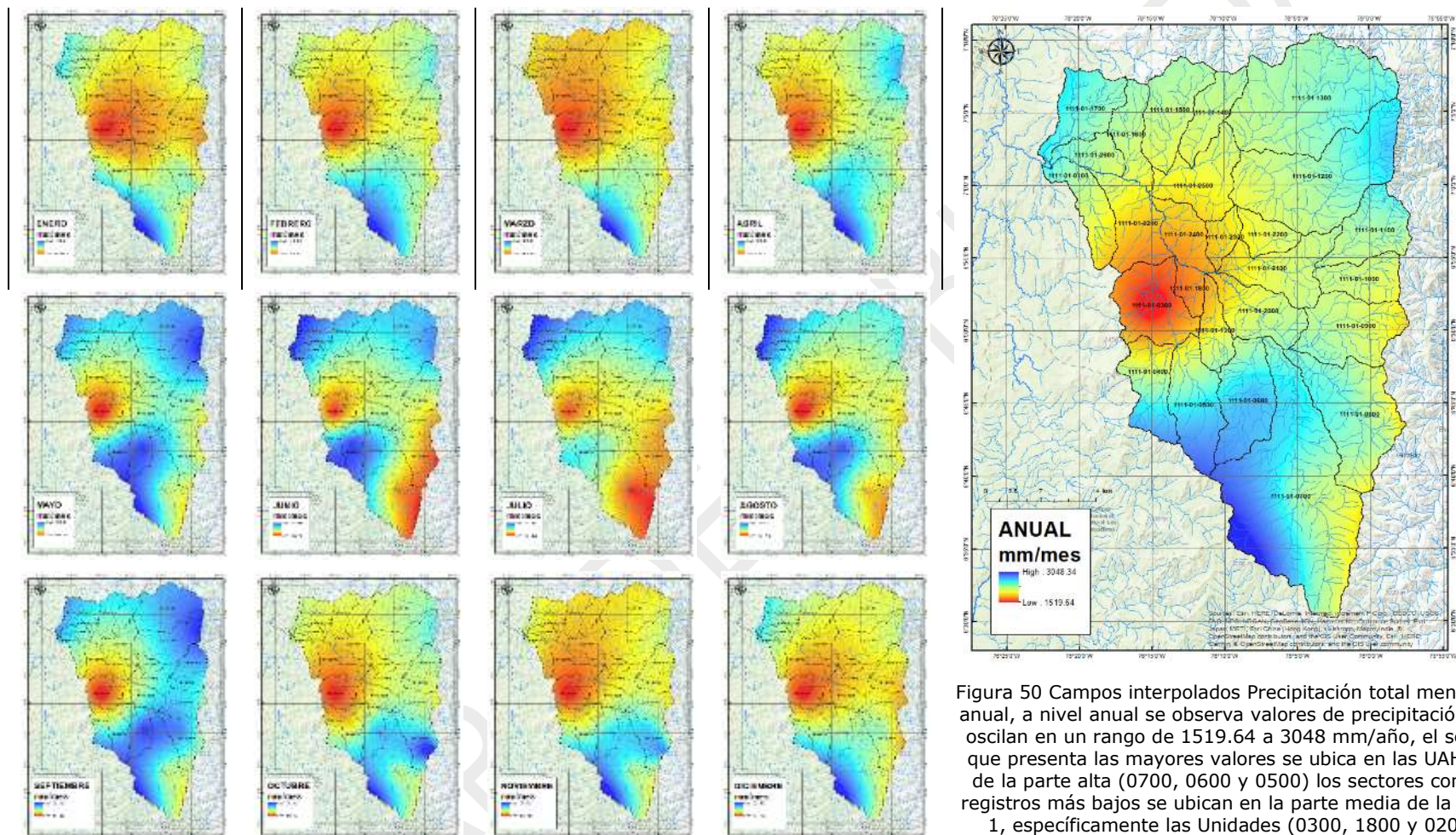
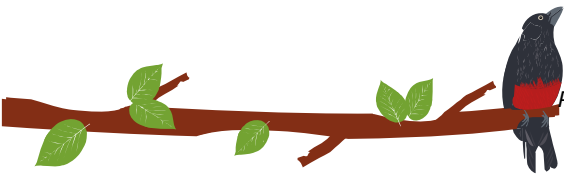


Figura 50 Campos interpolados Precipitación total mensual y anual, a nivel anual se observa valores de precipitación que oscilan en un rango de 1519.64 a 3048 mm/año, el sector que presenta las mayores valores se ubica en las UAH – 2 de la parte alta (0700, 0600 y 0500) los sectores con los registros más bajos se ubican en la parte media de la UAH-1, específicamente las Unidades (0300, 1800 y 0200)



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO FASE DE DIAGNÓSTICO

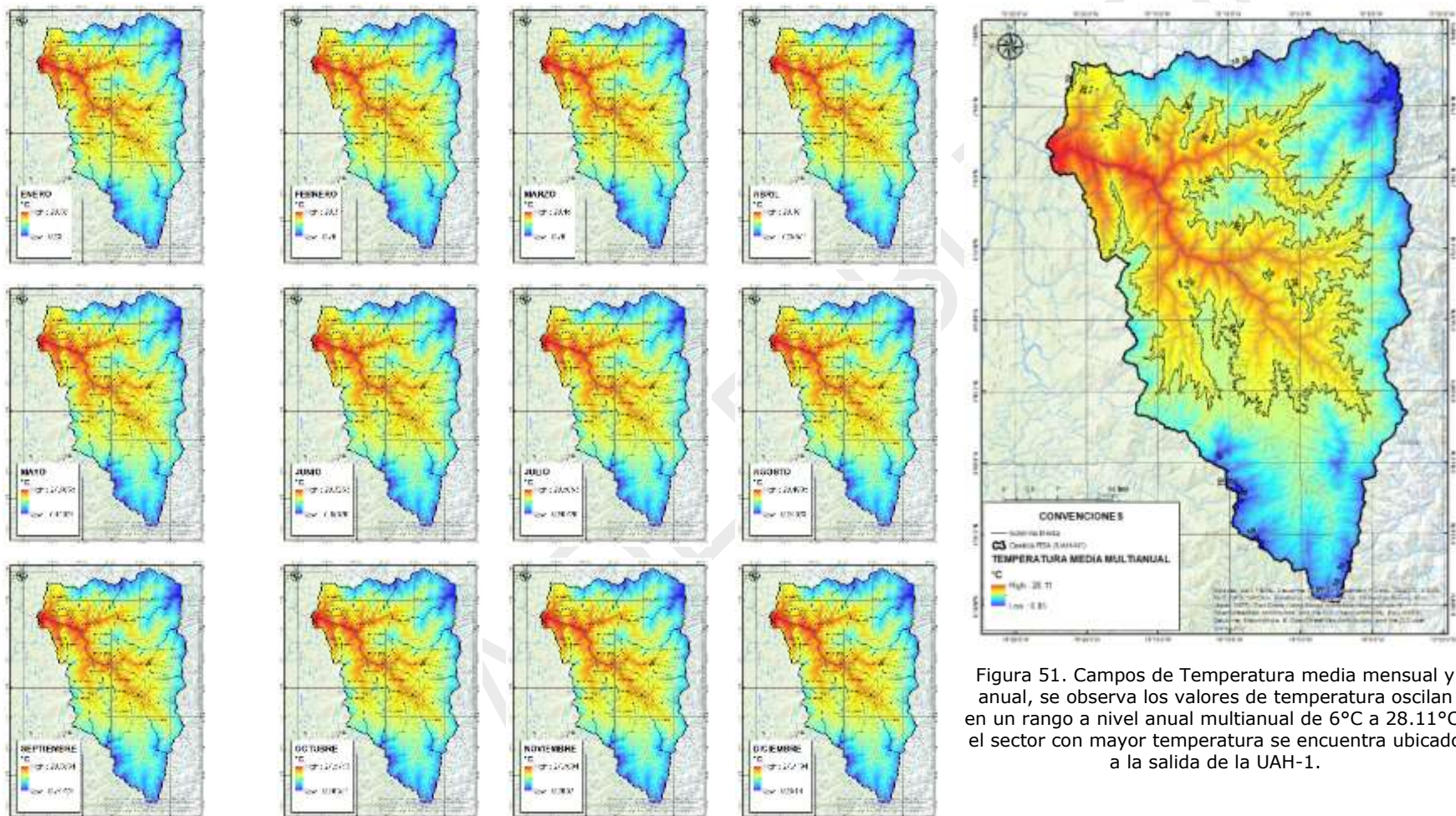
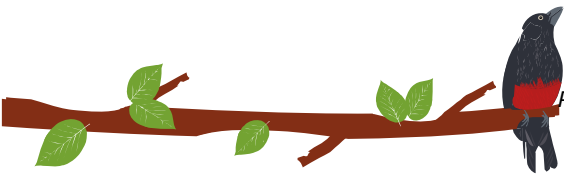


Figura 51. Campos de Temperatura media mensual y anual, se observa los valores de temperatura oscilan en un rango a nivel anual multianual de 6°C a 28.11°C, el sector con mayor temperatura se encuentra ubicado a la salida de la UAH-1.



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO

FASE DE DIAGNÓSTICO

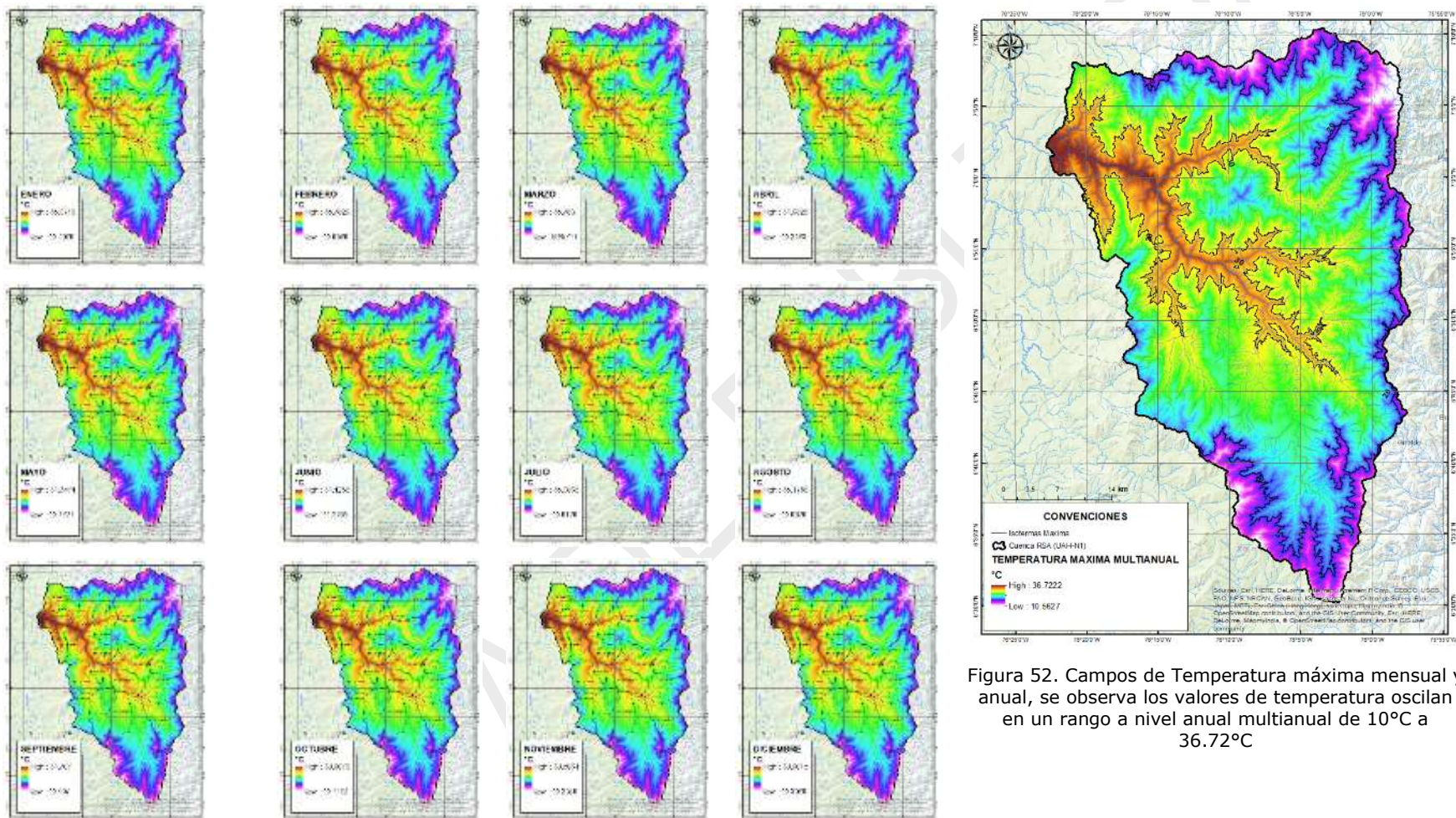
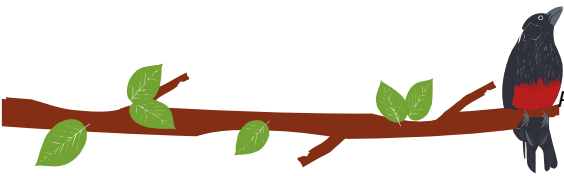


Figura 52. Campos de Temperatura máxima mensual y anual, se observa los valores de temperatura oscilan en un rango a nivel anual multianual de 10°C a 36.72°C



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO

FASE DE DIAGNÓSTICO

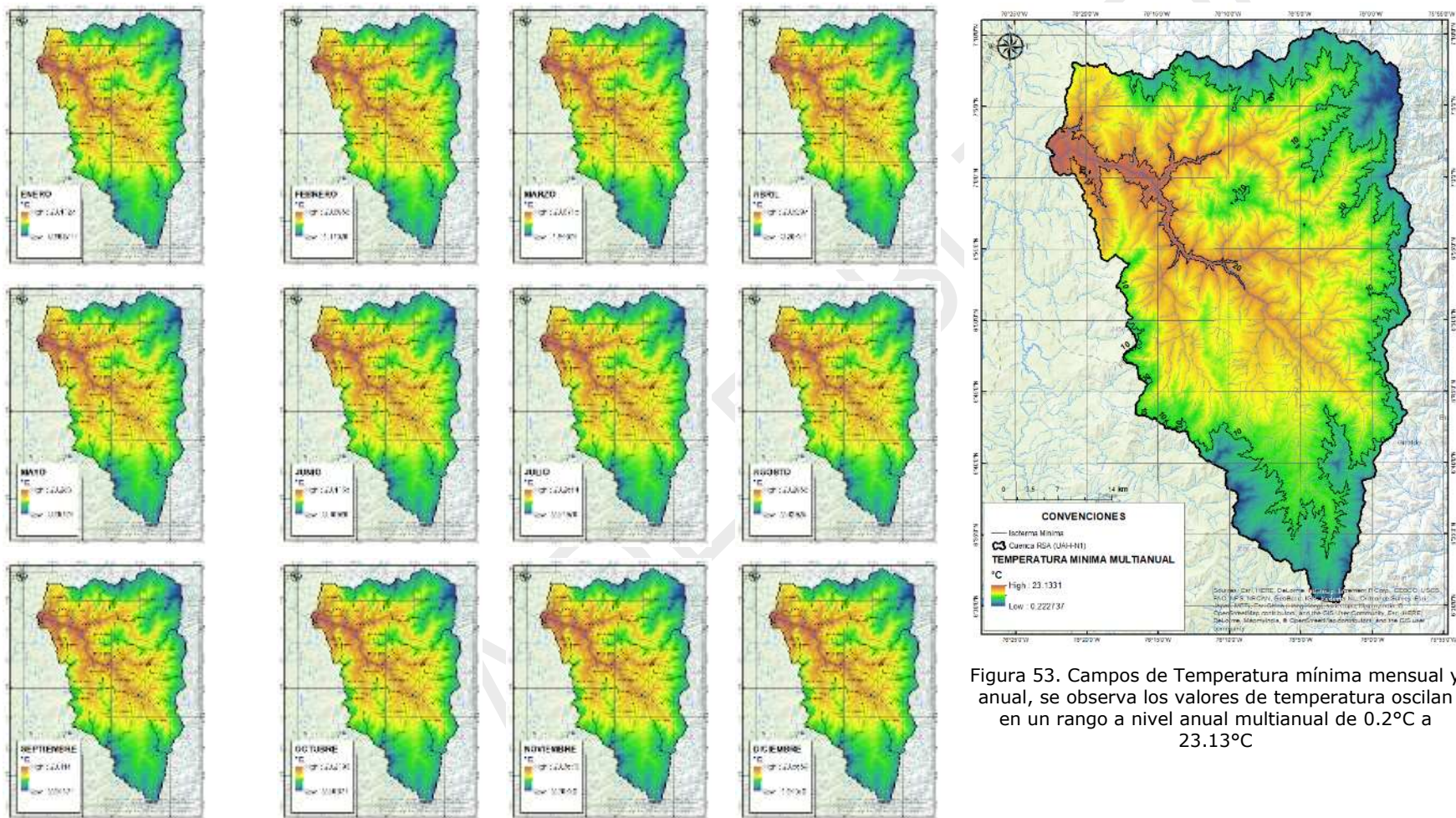
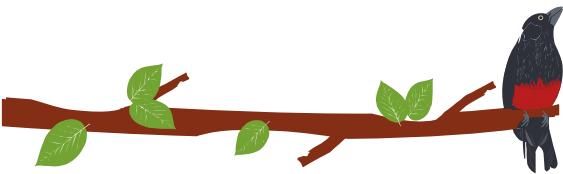


Figura 53. Campos de Temperatura mínima mensual y anual, se observa los valores de temperatura oscilan en un rango a nivel anual multianual de 0.2°C a 23.13°C



1.3.4 Análisis de eventos extremos de precipitación

El análisis de eventos extremos de precipitación se realiza obteniendo los campos interpolados de los valores de los percentiles correspondientes a los periodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 100 y 500 años. Para obtener los percentiles correspondientes se busca el inverso del tiempo de retorno de esta forma:

$$\text{Percentil} = \frac{1}{\text{Tiempo de retorno}}$$

Tabla 26. Métodos de interpolación seleccionados para cada periodo de retorno.

Periodo de retorno (Años)	Método de interpolación
2	Kriging lineal
5	Kriging lineal
10	Kriging lineal
15	Kriging lineal
20	Kriging lineal
25	Kriging lineal
30	Kriging lineal
50	Kriging lineal
100	Kriging lineal
500	Kriging lineal

Fuente: Elaboración propia

A continuación, desde el numeral 1.3.4.1 al numeral 1.3.4.9, se presenta la estadística zonal para los análisis de precipitación asociada a diferentes periodos de retorno, se obtuvo para cada una de las Unidades de análisis Hidrológico a una resolución mensual, En la Figura 54 se muestran el comportamiento espacial para los periodos de retorno a nivel anual. Los demás análisis se presentan en el *Anexo 2 Caracterización Espacio - Temporal*, Cabe aclarar que al interpolar los valores de los percentiles de cada una de las estaciones se asume que existiría sincronía en cada uno de estos eventos.

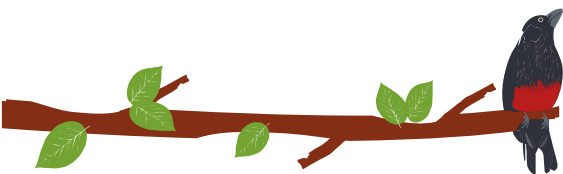
1.3.4.1 Periodo de retorno 2 años

A continuación, el análisis de precipitación asociada a un periodo de retorno de 2 años para cada una de las Unidades de análisis Hidrológico (UAH-1, UAH-2 y UAH-3).

Tabla 27. Precipitación – Periodo de retorno 2 años – UAH-1

UAH-1	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-010000	68.26	67.24	111.29	213.14	271.42	217.30	191.22	183.83	227.51	268.59	221.66	134.19	2227.00





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

Tabla 28. Precipitación – Periodo de retorno 2 años – UAH-2

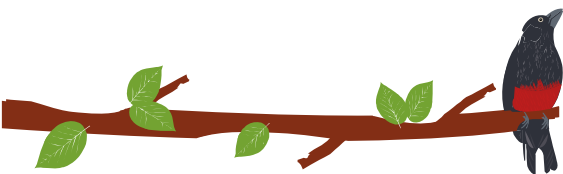
UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-0100	68.61	48.40	84.30	173.09	253.26	222.64	202.89	190.56	214.99	234.23	201.51	137.45	2147.03
1111-01-0200	55.70	40.79	79.33	160.56	234.54	205.08	178.51	164.81	197.38	221.48	183.82	117.99	1946.41
1111-01-0300	41.91	31.15	76.46	143.08	210.48	190.16	146.61	142.71	173.01	202.40	168.55	98.31	1729.32
1111-01-0400	70.69	63.32	113.80	202.47	269.88	240.34	193.11	201.69	216.60	249.71	226.02	138.70	2251.16
1111-01-0500	72.37	70.91	125.43	225.82	291.22	247.44	202.86	214.85	230.10	273.39	243.54	144.83	2380.88
1111-01-0600	67.44	72.62	130.04	242.21	298.83	232.15	192.77	216.66	247.46	302.31	258.87	148.56	2441.28
1111-01-0700	82.81	92.82	160.53	255.89	276.21	199.98	154.74	177.73	223.21	304.86	264.33	159.08	2388.46
1111-01-0800	68.04	74.56	125.55	231.50	267.77	195.06	160.32	180.87	224.54	309.40	265.92	131.53	2293.98
1111-01-0900	63.75	67.06	114.89	218.82	261.48	205.29	173.83	179.86	235.81	275.85	231.70	125.26	2180.19
1111-01-1000	64.15	69.88	111.48	217.62	267.38	210.41	186.15	176.12	237.09	268.46	213.66	122.13	2160.36
1111-01-1100	72.09	80.88	116.92	232.92	288.22	224.92	207.77	181.93	250.73	278.06	213.39	130.44	2282.05
1111-01-1200	72.64	77.46	109.72	227.29	291.39	230.12	217.39	183.63	248.83	274.85	210.05	132.97	2296.69
1111-01-1300	72.80	74.42	101.76	222.49	294.38	233.86	230.78	191.62	249.73	273.18	206.69	133.90	2315.22
1111-01-1400	67.59	58.62	89.19	196.68	274.38	225.46	219.53	187.40	230.05	254.18	200.84	131.51	2201.25
1111-01-1500	68.92	55.27	86.11	191.15	272.70	227.15	222.82	192.64	227.75	251.06	202.53	135.10	2212.99
1111-01-1600	69.60	52.13	84.44	184.52	267.68	226.88	219.77	194.30	223.73	245.88	203.23	137.48	2203.88
1111-01-1700	80.47	56.61	86.82	193.72	284.91	242.59	244.89	218.82	237.60	257.12	218.94	154.65	2381.12
1111-01-1800	41.74	34.45	78.97	154.12	221.55	193.03	154.05	147.01	182.73	213.98	173.99	98.67	1780.09
1111-01-1900	49.96	46.78	93.44	184.57	255.82	218.14	179.49	180.85	207.99	242.09	202.72	113.46	2029.85
1111-01-2000	54.75	54.69	101.65	201.09	262.22	213.12	178.54	180.75	223.90	260.60	216.15	120.40	2111.61
1111-01-2100	58.97	59.93	102.20	204.10	263.44	212.47	184.20	173.94	227.21	259.50	209.39	120.71	2114.11
1111-01-2200	58.92	58.22	97.46	198.22	261.71	212.63	187.85	170.09	223.37	253.11	201.04	119.49	2087.55
1111-01-2300	52.32	47.36	87.43	177.78	244.89	204.51	176.51	160.57	206.30	235.62	188.18	111.77	1960.53
1111-01-2400	49.87	40.73	80.81	163.55	233.21	199.57	170.32	155.35	195.36	223.30	180.05	108.97	1888.10
1111-01-2500	60.15	51.86	87.10	183.69	256.46	213.67	195.97	171.75	215.64	241.45	192.40	121.78	2064.71
1111-01-2600	74.34	52.95	85.65	184.42	269.97	232.38	224.27	203.72	227.01	246.47	209.74	145.48	2263.16

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Precipitación – Periodo de retorno 2 años – UAH-3

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-02-01	66.33	47.82	83.08	173.59	253.58	220.20	202.91	186.17	213.98	234.83	198.19	133.59	2122.00
1111-01-04-01	73.69	65.08	114.44	203.57	271.96	244.32	196.82	206.36	219.94	250.07	228.58	142.52	2285.52
1111-01-06-01	85.43	92.36	159.90	266.02	302.01	231.35	183.19	210.18	244.34	314.47	278.60	169.40	2570.66
1111-01-06-02	76.75	83.60	146.24	257.11	303.27	232.07	188.38	216.11	248.22	312.68	272.23	160.86	2528.95
1111-01-07-01	72.36	83.77	139.44	226.97	252.21	178.00	135.61	155.97	198.35	283.64	236.87	141.21	2153.44
1111-01-07-02	73.07	84.39	139.98	228.59	254.34	180.00	137.04	157.86	200.01	286.13	239.96	142.52	2174.38
1111-01-08-01	76.66	81.99	137.66	245.87	276.59	205.00	162.84	187.55	237.46	317.37	283.08	147.26	2407.89
1111-01-08-02	74.10	81.68	135.24	242.80	275.90	198.58	159.50	183.30	226.96	322.13	281.85	142.07	2385.78





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-09-01	63.65	67.65	113.15	217.48	262.31	206.45	177.55	177.52	235.85	272.08	224.40	123.43	2163.97
1111-01-16-01	71.38	53.31	84.88	187.10	271.63	229.70	225.09	198.36	226.77	248.68	205.72	140.09	2236.38
1111-01-23-01	53.03	47.45	86.81	177.33	245.16	204.88	178.14	160.78	206.49	235.20	187.58	112.53	1964.65

Fuente: Elaboración propia

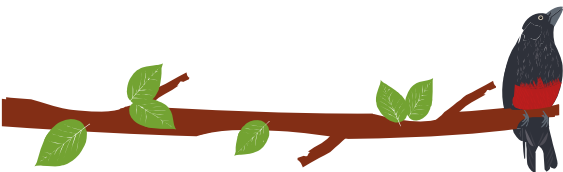
1.3.4.2 Periodo de retorno 5 años

A continuación, el análisis de precipitación asociada a un periodo de retorno de 5 años para cada una de las Unidades de análisis Hidrológico (UAH-1, UAH-2 y UAH-3).

Tabla 30. Precipitación – Periodo de retorno 5 años – UAH-1

UAH-1	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-010000	122.07	126.50	179.02	289.41	351.76	291.24	254.12	267.97	296.02	340.17	295.12	200.84	2606.46





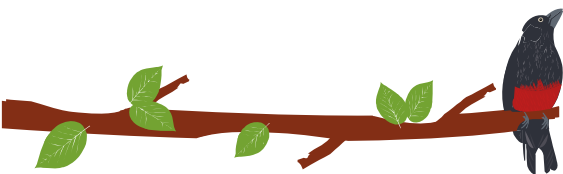
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

Tabla 31. Precipitación – Periodo de retorno 5 años – UAH-2

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-0100	135.62	104.39	149.57	256.28	344.65	308.65	278.64	284.37	286.80	322.27	274.16	210.54	2586.51
1111-01-0200	112.21	91.42	138.64	238.04	320.63	281.31	249.50	251.42	266.57	305.01	251.75	180.57	2332.60
1111-01-0300	87.04	79.39	127.69	211.41	293.16	256.35	217.70	220.73	240.22	281.70	229.82	150.57	2110.85
1111-01-0400	125.44	131.83	178.39	271.76	355.00	315.94	269.17	283.44	284.38	322.53	292.17	207.32	2787.13
1111-01-0500	123.47	145.84	194.35	295.20	376.53	328.61	277.18	296.97	297.18	339.66	311.77	214.81	2916.95
1111-01-0600	118.18	152.07	204.21	317.96	392.20	323.44	271.30	305.84	321.93	373.20	341.82	217.66	2906.30
1111-01-0700	142.99	162.70	232.34	330.50	359.48	279.48	219.05	266.61	297.63	367.74	346.71	236.28	2850.09
1111-01-0800	119.38	131.97	195.20	305.70	348.96	258.92	213.32	257.78	308.20	382.82	351.07	204.66	2620.13
1111-01-0900	105.81	121.81	179.16	291.29	338.97	267.71	228.50	256.58	304.48	337.12	303.27	187.13	2486.74
1111-01-1000	106.11	122.40	176.62	289.94	337.40	270.60	238.66	251.31	300.22	330.97	283.39	180.18	2446.29
1111-01-1100	119.08	135.65	187.72	308.78	354.99	285.17	258.98	259.28	311.44	343.98	286.01	189.68	2566.20
1111-01-1200	125.08	133.45	181.80	306.22	362.10	295.23	271.37	265.25	310.82	345.11	283.39	194.35	2598.97
1111-01-1300	128.66	129.07	173.82	301.98	364.57	303.33	284.97	275.71	311.47	344.11	279.01	198.36	2622.60
1111-01-1400	126.08	111.86	157.32	277.73	353.42	303.72	280.29	275.04	295.13	330.26	271.06	199.01	2550.25
1111-01-1500	130.83	109.03	154.29	274.12	355.53	310.86	286.79	283.24	294.47	329.96	273.06	206.28	2588.41
1111-01-1600	134.29	106.69	152.09	268.79	354.49	313.94	287.93	287.17	292.42	328.27	274.44	210.90	2606.47
1111-01-1700	154.50	115.40	159.59	283.97	377.26	341.52	316.96	318.89	308.66	343.12	293.46	238.78	2835.06
1111-01-1800	83.65	83.93	132.41	223.02	302.69	259.68	221.57	224.16	248.55	289.32	235.90	149.87	2134.30
1111-01-1900	90.73	108.13	153.60	252.79	338.29	291.49	248.79	258.40	272.72	311.14	266.35	169.63	2436.22
1111-01-2000	97.53	115.46	165.53	273.67	346.04	286.07	244.77	260.93	291.72	329.57	286.73	178.45	2471.54
1111-01-2100	103.47	115.91	166.84	278.01	341.63	279.63	244.18	253.06	292.61	327.90	279.34	178.38	2437.02
1111-01-2200	105.61	112.34	161.90	273.20	339.02	279.96	247.55	250.08	287.97	323.87	270.24	177.02	2407.63
1111-01-2300	98.85	98.90	147.64	251.59	324.53	273.13	239.74	240.78	271.75	309.75	254.80	167.67	2293.91
1111-01-2400	98.58	90.20	138.56	237.59	315.01	269.84	236.61	236.93	262.04	301.26	245.70	165.39	2236.27
1111-01-2500	113.97	103.71	150.96	261.82	336.69	287.35	258.93	256.41	281.43	318.30	261.06	183.79	2409.90
1111-01-2600	144.30	110.10	154.85	271.17	361.20	324.24	297.26	300.31	298.02	332.90	283.23	223.53	2702.73

Tabla 32. Precipitación – Periodo de retorno 5 años – UAH-3

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-02-01	130.69	102.23	147.91	256.19	342.71	304.64	275.49	278.40	284.37	320.50	269.54	204.67	2539.09
1111-01-04-01	130.97	134.54	179.90	273.47	357.86	320.24	274.30	289.14	288.22	324.50	295.59	212.87	2834.61
1111-01-06-01	145.65	173.00	236.46	341.28	393.50	320.17	258.45	302.40	319.54	381.35	362.75	248.18	3088.47
1111-01-06-02	132.23	165.04	222.47	332.48	396.32	323.33	265.56	307.47	323.19	381.43	356.84	235.31	3015.97
1111-01-07-01	122.50	141.87	202.21	290.45	321.40	243.55	184.39	236.99	261.49	340.57	308.21	212.41	2477.99
1111-01-07-02	123.13	143.04	203.44	291.48	324.01	245.01	185.41	238.72	263.24	343.22	311.38	214.07	2492.62
1111-01-08-01	129.90	144.50	209.92	319.20	362.64	270.86	216.86	268.11	317.53	384.57	366.38	223.51	2750.01
1111-01-08-02	129.04	142.85	208.32	315.69	359.18	263.25	211.83	261.64	311.04	395.04	368.90	219.03	2717.20
1111-01-09-01	105.24	121.03	177.34	289.71	336.81	267.30	230.87	253.30	302.29	333.22	294.80	183.58	2459.39
1111-01-16-01	137.30	108.38	153.53	272.28	358.72	318.43	293.12	292.17	295.50	331.08	277.34	215.09	2643.04



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-23-01	100.57	98.65	147.25	251.73	324.85	273.94	241.33	241.56	272.00	309.96	254.37	169.02	2298.21

Fuente: Elaboración propia

1.3.4.3 Periodo de retorno 10 años

A continuación, el análisis de precipitación asociada a un periodo de retorno de 10 años para cada una de las Unidades de análisis Hidrológico (UAH-1, UAH-2 y UAH-3).

Tabla 33. Precipitación – Periodo de retorno 10 años – UAH-1

UAH-1	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-010000	153.48	165.49	225.46	337.60	400.00	331.14	286.79	315.71	332.17	380.62	335.33	234.94	2808.93

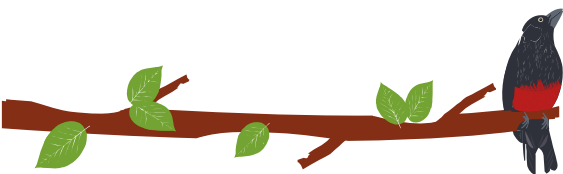
Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Precipitación – Periodo de retorno 10 años – UAH-2

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-0100	180.49	140.84	200.50	310.41	403.88	359.78	325.04	339.58	324.50	379.06	312.57	250.16	2820.90
1111-01-0200	149.81	124.35	183.17	289.18	376.38	324.43	292.67	303.99	302.29	358.31	287.31	212.98	2538.73
1111-01-0300	119.32	112.67	162.53	256.31	346.59	291.05	262.25	269.54	275.11	332.69	261.90	178.47	2301.35
1111-01-0400	162.41	181.37	219.71	314.52	406.87	357.35	313.02	329.05	321.25	365.93	329.21	248.44	3026.70
1111-01-0500	155.96	201.11	237.99	338.22	427.12	373.97	316.24	341.11	334.06	375.25	349.78	256.75	3163.33
1111-01-0600	148.33	210.81	251.96	364.01	446.99	374.56	312.21	353.45	362.08	409.99	387.93	255.52	3173.49
1111-01-0700	180.86	210.05	273.05	373.27	410.37	323.28	255.14	319.14	343.10	400.25	394.41	280.48	3114.35
1111-01-0800	152.18	170.74	240.64	345.95	390.12	286.41	239.14	298.48	357.12	425.54	400.48	247.06	2788.86
1111-01-0900	129.44	158.90	222.06	333.81	382.56	294.43	252.82	296.83	340.04	369.46	342.02	218.30	2652.90
1111-01-1000	126.32	155.89	220.27	334.81	376.46	298.32	260.96	291.03	331.54	363.75	321.48	206.20	2598.98
1111-01-1100	138.74	168.06	235.37	357.59	391.88	314.39	279.60	300.32	339.98	378.13	326.19	213.05	2716.66
1111-01-1200	148.71	166.29	232.24	358.42	403.03	328.92	294.75	310.39	339.76	382.90	323.65	218.80	2760.03
1111-01-1300	155.10	161.06	226.56	355.22	405.80	341.87	308.49	322.70	340.49	382.52	318.30	225.97	2785.61
1111-01-1400	158.94	144.51	210.09	332.41	402.68	349.28	310.84	325.74	327.47	374.43	307.92	231.58	2737.86
1111-01-1500	167.54	142.51	208.59	330.08	408.00	361.00	320.35	335.88	328.38	376.79	309.69	242.44	2790.76
1111-01-1600	174.63	141.22	206.50	325.24	410.17	366.63	325.75	341.40	327.95	378.62	311.33	249.47	2823.64
1111-01-1700	201.63	152.93	220.73	344.19	436.88	404.18	356.96	376.12	346.35	395.92	331.84	285.29	3080.68
1111-01-1800	111.67	118.06	169.21	268.76	354.12	294.27	261.15	271.37	281.94	335.67	267.95	175.88	2315.55
1111-01-1900	116.46	152.88	194.25	297.40	388.08	330.65	285.39	301.85	305.47	350.21	299.73	200.12	2633.99
1111-01-2000	122.56	158.30	209.04	319.66	395.93	322.95	278.49	305.30	325.53	367.55	324.05	207.41	2667.71
1111-01-2100	127.36	152.85	211.33	325.42	387.92	312.68	273.35	297.14	324.61	365.59	316.61	204.75	2611.96
1111-01-2200	130.60	147.05	207.12	322.36	385.54	314.20	277.15	295.67	319.36	363.74	307.03	202.66	2580.02
1111-01-2300	126.32	132.54	190.49	300.55	373.98	309.06	273.94	288.22	304.14	353.56	289.71	193.85	2471.97
1111-01-2400	129.49	122.55	180.39	286.89	367.07	307.69	274.92	286.44	295.69	349.25	279.88	192.99	2421.86
1111-01-2500	145.40	136.25	198.70	314.11	387.01	328.38	292.70	306.30	314.18	364.05	297.08	213.28	2595.48
1111-01-2600	189.49	146.75	211.01	328.52	420.09	380.64	339.52	356.29	335.32	387.05	321.53	265.88	2939.47

Fuente: Elaboración propia





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

Tabla 35. Precipitación – Periodo de retorno 10 años – UAH-3

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-02-01	172.83	137.30	198.70	310.59	400.33	354.69	318.76	332.91	321.02	374.86	306.93	242.44	2762.74
1111-01-04-01	169.85	184.59	221.93	316.22	410.20	361.87	319.57	334.98	325.27	369.57	333.37	255.14	3078.54
1111-01-06-01	182.86	230.54	281.76	384.92	448.78	369.71	299.61	354.13	364.10	415.53	410.98	292.85	3376.13
1111-01-06-02	165.85	224.37	269.50	377.08	451.51	374.52	306.55	357.17	365.75	416.63	404.56	276.76	3294.52
1111-01-07-01	155.37	179.70	237.51	327.72	362.70	279.03	210.89	284.46	300.81	371.83	348.69	252.51	2660.74
1111-01-07-02	155.98	181.28	239.33	328.16	365.25	279.61	211.39	285.77	302.80	374.61	351.75	254.09	2670.41
1111-01-08-01	164.37	186.66	256.66	358.30	409.12	297.50	243.42	310.95	363.34	421.59	412.51	266.38	2932.46
1111-01-08-02	164.66	183.75	255.35	354.41	401.67	290.60	237.77	303.52	361.39	437.04	418.88	263.36	2888.08
1111-01-09-01	127.35	156.42	220.29	332.94	378.59	293.68	253.98	293.13	336.19	365.36	333.00	212.63	2618.17
1111-01-16-01	178.23	143.18	209.22	329.41	414.57	372.61	330.50	346.71	331.13	381.23	314.37	254.71	2862.58
1111-01-23-01	128.65	131.80	190.59	301.18	374.50	310.40	275.63	289.46	304.45	354.33	289.36	195.46	2476.77

Fuente: Elaboración propia

1.3.4.4 Periodo de retorno 15 años

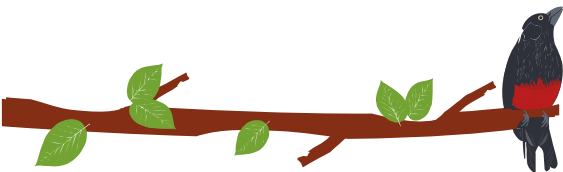
A continuación, el análisis de precipitación asociada a un periodo de retorno de 15 años para cada una de las Unidades de análisis Hidrológico (UAH-1, UAH-2 y UAH-3).

Tabla 36. Precipitación – Periodo de retorno 15 años – UAH-1

UAH-1	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-010000	169.86	186.72	250.06	363.88	425.53	351.18	303.25	340.37	350.24	401.55	355.61	251.66	2909.48

Tabla 37. Precipitación – Periodo de retorno 15 años – UAH-2

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-0100	205.48	160.20	225.51	340.47	436.57	386.72	350.23	368.77	343.29	410.30	331.67	270.28	2937.72
1111-01-0200	170.66	141.72	205.90	317.70	407.12	346.62	316.07	332.18	319.89	387.52	304.86	229.02	2641.70
1111-01-0300	137.62	130.60	181.62	281.25	375.96	308.21	286.56	296.09	292.27	360.74	277.73	192.42	2392.04
1111-01-0400	182.88	209.36	242.29	337.66	434.37	378.27	335.99	352.55	339.90	388.91	348.20	270.22	3129.24
1111-01-0500	173.43	232.76	261.90	361.46	453.44	397.00	335.74	363.32	352.81	393.09	369.20	278.95	3271.09
1111-01-0600	163.95	244.49	278.28	388.49	475.26	400.37	332.42	377.22	382.26	428.08	411.40	274.66	3311.42
1111-01-0700	201.08	236.41	294.11	395.44	437.56	345.49	273.71	346.79	367.53	416.28	419.32	303.33	3249.97
1111-01-0800	169.85	192.49	265.70	366.21	410.08	298.58	251.45	318.67	382.68	447.94	426.32	269.07	2872.46
1111-01-0900	141.59	179.72	246.06	356.11	404.60	306.19	263.95	316.73	357.56	385.51	361.44	233.25	2736.70
1111-01-1000	135.86	174.16	244.66	359.02	396.18	311.11	271.05	310.76	346.66	379.98	340.57	217.84	2675.25
1111-01-1100	147.14	185.07	261.88	384.42	410.49	328.25	288.78	320.75	353.41	394.95	346.37	222.59	2791.45
1111-01-1200	159.38	183.28	259.71	387.47	424.30	345.47	305.70	333.38	353.31	401.96	343.79	228.98	2840.42
1111-01-1300	167.50	177.62	254.32	385.05	427.48	361.50	319.52	346.74	354.16	401.98	337.87	238.26	2866.72
1111-01-1400	175.91	161.56	236.70	363.15	429.35	373.05	326.20	352.19	343.15	397.62	326.04	247.20	2831.96
1111-01-1500	187.00	160.07	235.28	361.56	436.64	387.51	337.51	363.41	345.02	401.64	327.65	260.29	2892.37
1111-01-1600	196.48	159.42	232.92	356.93	440.76	394.62	345.55	369.88	345.54	405.69	329.44	268.83	2932.70



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-1700	227.41	172.86	249.23	378.00	469.73	438.11	377.87	405.87	365.28	424.34	350.68	309.27	3204.06
1111-01-1800	127.16	136.55	189.55	294.24	382.06	311.25	282.18	296.74	298.14	360.68	283.62	188.54	2403.40
1111-01-1900	130.28	178.12	217.04	322.04	414.28	350.06	303.79	324.18	321.33	370.41	316.17	215.52	2725.63
1111-01-2000	135.59	182.25	233.41	344.69	421.96	340.73	295.16	327.91	341.78	386.90	342.48	221.31	2766.52
1111-01-2100	139.32	172.96	236.05	351.39	412.08	328.43	287.59	319.69	339.88	384.81	335.05	216.75	2700.03
1111-01-2200	143.12	165.60	231.90	349.58	410.12	330.85	291.85	319.28	334.30	384.33	325.20	214.18	2666.57
1111-01-2300	140.76	150.48	213.71	327.82	400.58	326.79	291.60	313.27	319.70	376.76	306.84	206.03	2560.94
1111-01-2400	146.27	139.68	202.62	314.42	395.48	326.67	295.27	312.94	312.02	375.16	296.64	206.20	2514.52
1111-01-2500	161.90	153.30	223.47	343.40	414.29	349.32	310.16	332.60	330.03	388.37	314.79	227.22	2688.62
1111-01-2600	214.33	166.18	237.89	360.58	452.55	410.78	361.99	385.62	353.94	416.48	340.42	287.46	3058.16

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Precipitación – Periodo de retorno 15 años – UAH-3

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-02-01	196.10	155.82	223.72	340.95	432.09	381.02	342.04	361.75	339.20	404.57	325.42	261.43	2874.67
1111-01-04-01	191.45	212.85	244.84	339.28	437.97	382.93	343.45	358.54	344.01	393.60	352.82	277.55	3182.37
1111-01-06-01	202.57	263.21	305.81	407.62	477.91	394.80	320.49	380.68	387.67	432.19	435.99	315.82	3521.02
1111-01-06-02	183.47	258.27	294.97	400.50	480.24	400.41	326.99	382.23	387.75	433.80	429.07	297.88	3437.69
1111-01-07-01	173.35	200.38	255.62	347.28	384.81	296.92	224.26	309.26	322.09	387.86	369.62	273.16	2754.78
1111-01-07-02	173.97	202.18	257.79	347.34	387.25	296.90	224.41	310.26	324.24	390.70	372.58	274.63	2761.63
1111-01-08-01	183.15	210.21	282.38	377.79	432.37	308.78	256.12	332.25	387.02	440.47	436.04	288.20	3024.14
1111-01-08-02	183.97	206.52	281.12	373.67	422.43	302.54	250.21	324.41	387.97	458.98	444.90	286.29	2972.63
1111-01-09-01	138.42	176.10	244.33	355.84	399.70	305.38	264.45	312.84	352.77	381.29	352.14	226.23	2697.82
1111-01-16-01	200.38	161.52	236.07	361.51	445.25	401.49	349.98	375.30	348.79	408.14	332.54	274.65	2972.85
1111-01-23-01	143.42	149.40	213.93	328.76	401.28	328.49	293.39	314.80	320.05	377.88	306.54	207.76	2566.14

Fuente: Elaboración propia

1.3.4.5 Periodo de retorno 20 años

A continuación, el análisis de precipitación asociada a un periodo de retorno de 20 años para cada una de las Unidades de análisis Hidrológico (UAH-1, UAH-2 y UAH-3).

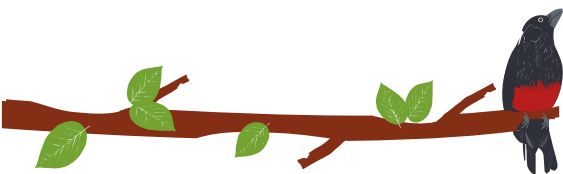
Tabla 39. Precipitación – Periodo de retorno 20 años – UAH-1

UAH-1	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-010000	181.31	201.79	267.74	382.62	443.44	364.85	314.55	357.46	362.54	416.07	369.46	262.98	2977.67

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Precipitación – Periodo de retorno 20 años – UAH-2

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-0100	223.49	173.71	243.62	362.16	460.03	405.56	368.18	389.30	356.05	432.67	344.62	284.14	3016.92
1111-01-0200	185.67	153.77	222.37	338.30	429.17	361.96	332.73	352.13	331.77	408.41	316.69	239.92	2711.61



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

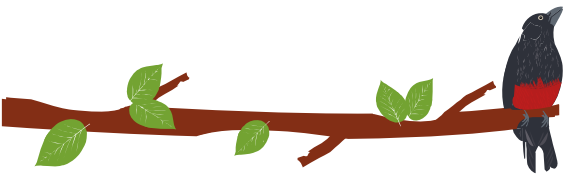
UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-0300	150.90	143.19	195.41	299.23	396.98	319.80	303.91	315.01	303.84	380.83	288.42	201.93	2452.12
1111-01-0400	197.55	229.58	258.44	354.12	453.66	392.57	352.05	368.85	352.68	405.03	361.30	285.50	3193.11
1111-01-0500	185.75	255.80	278.98	377.95	471.67	412.78	349.02	378.49	365.69	405.25	382.58	294.53	3339.33
1111-01-0600	174.75	269.03	297.15	405.69	494.75	417.98	346.07	393.38	396.02	440.27	427.52	287.76	3407.30
1111-01-0700	215.30	255.36	308.71	410.81	456.74	360.72	286.55	366.13	384.82	427.12	436.68	319.14	3343.49
1111-01-0800	182.33	208.22	283.65	380.03	423.48	306.38	259.62	332.34	400.48	463.61	444.34	284.35	2929.12
1111-01-0900	150.04	194.79	263.39	371.67	419.63	313.68	271.19	330.17	369.37	396.37	374.65	243.20	2794.00
1111-01-1000	142.22	187.20	262.28	376.17	409.63	319.46	277.58	324.12	356.75	390.96	353.54	225.30	2727.10
1111-01-1100	152.43	196.96	281.03	403.61	423.18	337.44	294.70	334.61	362.25	406.31	360.10	228.40	2842.14
1111-01-1200	166.35	195.01	279.61	408.41	439.06	356.63	312.98	349.18	362.21	415.00	357.44	235.29	2895.01
1111-01-1300	175.77	189.07	274.44	406.62	442.64	374.99	326.83	363.30	363.18	415.33	351.12	246.24	2921.66
1111-01-1400	187.76	173.37	256.02	385.44	448.29	389.59	336.76	370.60	353.64	413.84	338.23	257.71	2895.97
1111-01-1500	200.74	172.26	254.67	384.40	457.08	406.08	349.40	382.62	356.23	419.12	339.72	272.47	2961.51
1111-01-1600	212.06	172.07	252.10	379.91	462.65	414.27	359.42	389.80	357.45	424.87	341.62	282.12	3006.94
1111-01-1700	245.87	186.81	269.91	402.52	493.29	462.17	392.50	426.58	378.22	444.48	363.36	325.95	3288.05
1111-01-1800	138.26	149.57	204.29	312.61	401.92	322.67	297.01	314.69	308.96	378.42	294.13	197.05	2462.26
1111-01-1900	140.04	196.32	233.53	339.71	432.56	363.20	316.38	339.61	331.90	384.42	327.24	226.08	2785.77
1111-01-2000	144.66	199.47	251.07	362.49	440.04	352.59	306.47	343.46	352.57	400.22	354.90	230.56	2834.26
1111-01-2100	147.53	187.23	253.97	369.94	428.88	338.89	297.21	335.23	349.99	398.04	347.48	224.53	2760.25
1111-01-2200	151.72	178.63	249.88	369.13	427.32	342.01	301.87	335.65	344.19	398.62	337.43	221.61	2725.63
1111-01-2300	150.90	163.04	230.55	347.47	419.40	338.78	303.89	330.83	330.04	393.06	318.35	214.03	2621.47
1111-01-2400	158.24	151.61	218.74	334.29	415.73	339.60	309.63	331.65	322.95	393.55	307.89	215.01	2577.49
1111-01-2500	173.50	165.13	241.45	364.59	433.68	363.73	322.32	351.03	340.61	405.49	326.70	236.50	2752.05
1111-01-2600	232.16	179.74	257.38	383.79	475.82	432.01	377.86	406.14	366.61	437.42	353.18	302.37	3138.87

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Precipitación – Periodo de retorno 20 años – UAH-3

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-02-01	212.82	168.72	241.85	362.88	454.87	399.42	358.56	382.04	351.52	425.78	337.91	274.47	2950.71
1111-01-04-01	206.95	233.25	261.24	355.67	457.46	397.33	360.19	374.86	356.85	410.53	366.26	293.29	3246.79
1111-01-06-01	216.37	286.91	322.71	423.41	498.25	411.95	334.82	399.00	404.20	443.36	453.35	331.67	3620.22
1111-01-06-02	195.73	282.93	313.05	416.85	500.15	418.09	340.87	399.37	403.00	445.30	445.99	312.38	3536.88
1111-01-07-01	186.17	215.09	268.11	360.94	400.49	309.15	233.40	326.51	337.23	398.94	384.13	287.44	2819.76
1111-01-07-02	186.81	217.07	270.55	360.71	402.82	308.66	233.27	327.26	339.49	401.82	387.00	288.80	2824.57
1111-01-08-01	196.52	227.18	300.79	391.00	448.20	315.80	264.54	346.69	403.40	453.45	452.22	303.17	3086.73
1111-01-08-02	197.66	222.91	299.52	386.73	436.43	310.11	258.46	338.59	406.56	474.28	463.01	302.16	3029.89
1111-01-09-01	146.01	190.28	261.70	371.91	414.08	312.87	271.23	326.17	363.91	392.06	365.14	235.17	2752.12
1111-01-16-01	216.16	174.28	255.57	384.78	467.21	421.81	363.60	395.26	360.76	427.18	344.75	288.39	3047.92
1111-01-23-01	153.81	161.69	230.86	348.65	420.24	340.75	305.77	332.57	330.43	394.44	318.07	215.85	2626.98





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

1.3.4.6

1.3.4.7 Periodo de retorno 25 años

A continuación, el análisis de precipitación asociada a un periodo de retorno de 25 años para cada una de las Unidades de análisis Hidrológico (UAH-1, UAH-2 y UAH-3).

Tabla 42. Precipitación – Periodo de retorno 25 años – UAH-1

UAH-1	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-010000	189.81	213.07	281.10	396.71	456.74	374.83	322.83	370.06	371.49	426.79	379.56	271.21	3027.22

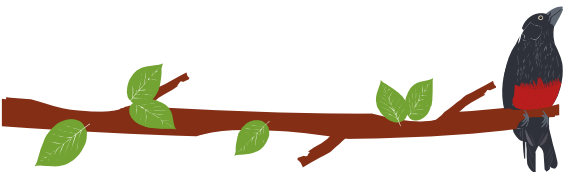
Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Precipitación – Periodo de retorno 25 años – UAH-2

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-0100	237.13	183.70	257.36	378.61	477.74	419.53	381.67	404.59	365.34	449.53	354.02	294.33	3074.39
1111-01-0200	197.02	162.64	234.88	353.91	445.80	373.23	345.25	367.04	340.36	424.13	325.25	247.87	2762.38
1111-01-0300	160.98	152.52	205.85	312.83	412.82	328.19	316.97	329.23	312.20	395.98	296.14	208.86	2495.10
1111-01-0400	208.58	244.89	270.60	366.48	467.98	403.01	363.97	380.89	362.03	417.02	370.93	296.86	3236.96
1111-01-0500	194.93	273.32	291.84	390.30	485.09	424.31	358.68	389.57	375.13	414.10	392.39	306.12	3386.83
1111-01-0600	182.69	287.70	311.39	418.49	509.06	430.80	355.97	405.12	406.05	449.07	439.31	297.34	3478.28
1111-01-0700	225.86	269.66	319.47	422.14	471.05	371.88	296.00	380.47	397.75	434.96	449.53	330.78	3412.17
1111-01-0800	191.65	220.15	297.17	390.10	433.14	311.84	265.45	342.25	413.64	475.22	457.69	295.62	2970.27
1111-01-0900	156.28	206.23	276.52	383.19	430.56	318.91	276.30	339.90	377.90	404.25	384.25	250.33	2835.86
1111-01-1000	146.81	197.01	275.63	389.01	419.41	325.38	282.18	333.81	364.00	398.92	362.97	230.54	2764.81
1111-01-1100	156.11	205.77	295.55	418.06	432.43	344.02	298.85	344.67	368.54	414.52	370.07	232.32	2878.92
1111-01-1200	171.31	203.63	294.71	424.25	449.96	364.70	318.20	360.75	368.53	424.53	367.34	239.61	2934.68
1111-01-1300	181.76	197.50	289.74	422.98	453.88	384.88	332.08	375.45	369.60	425.10	360.71	251.91	2961.49
1111-01-1400	196.57	182.05	270.72	402.37	462.49	401.81	344.52	384.22	361.20	425.88	347.02	265.34	2942.51
1111-01-1500	211.04	181.24	269.42	401.76	472.45	419.86	358.19	396.85	364.35	432.14	348.42	281.40	3011.80
1111-01-1600	223.78	181.40	266.67	397.37	479.14	428.87	369.74	404.58	366.09	439.21	350.40	291.90	3060.93
1111-01-1700	259.80	197.13	285.63	421.17	511.07	480.16	403.37	441.90	387.66	459.55	372.52	338.33	3349.15
1111-01-1800	146.64	159.26	215.47	326.50	416.82	330.92	308.08	328.11	316.74	391.71	301.70	203.20	2504.72
1111-01-1900	147.33	210.07	246.04	353.04	446.08	372.71	325.59	350.95	339.49	394.75	335.24	233.80	2828.66
1111-01-2000	151.38	212.45	264.49	375.84	453.36	361.11	314.69	354.85	360.29	409.98	363.88	237.21	2883.92
1111-01-2100	153.56	197.90	267.58	383.89	441.27	346.38	304.19	346.63	357.20	407.76	356.46	230.02	2804.27
1111-01-2200	158.05	188.29	263.54	383.90	440.08	350.05	309.20	347.72	351.24	409.16	346.26	226.84	2768.71
1111-01-2300	158.47	172.34	243.36	362.34	433.45	347.47	312.99	343.87	337.45	405.20	326.64	219.74	2665.54
1111-01-2400	167.24	160.41	230.99	349.36	430.95	349.03	320.35	345.62	330.81	407.33	316.00	221.35	2623.27
1111-01-2500	182.16	173.83	255.12	380.66	448.22	374.30	331.33	364.71	348.22	418.25	335.28	243.18	2798.21
1111-01-2600	245.61	189.76	272.20	401.41	493.37	447.82	389.72	421.36	375.84	453.14	362.41	313.38	3197.54

Fuente: Elaboración propia





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

Tabla 44. Precipitación – Periodo de retorno 25 años – UAH-3

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-02-01	225.45	178.24	255.63	379.53	472.06	413.05	370.95	397.15	360.46	441.73	346.95	284.04	3005.96
1111-01-04-01	218.63	248.69	273.59	367.97	471.94	407.85	372.64	386.90	366.24	423.14	376.15	304.98	3290.88
1111-01-06-01	226.60	304.91	335.28	435.06	513.31	424.46	345.30	412.46	416.50	451.39	466.16	343.31	3692.85
1111-01-06-02	204.78	301.68	326.60	428.95	514.82	430.98	350.96	411.87	414.24	453.58	458.43	323.01	3610.12
1111-01-07-01	195.79	226.13	277.28	371.07	412.25	318.09	240.06	339.25	348.58	407.10	394.82	297.96	2867.54
1111-01-07-02	196.45	228.23	279.92	370.60	414.48	317.23	239.72	339.80	350.94	410.01	397.62	299.21	2870.82
1111-01-08-01	206.55	240.02	314.66	400.60	459.73	320.63	270.55	357.17	415.47	462.98	464.09	314.12	3132.41
1111-01-08-02	207.90	235.29	313.36	396.20	446.58	315.37	264.37	348.88	420.35	485.61	476.39	313.84	3071.45
1111-01-09-01	151.59	201.02	274.87	383.85	424.54	318.11	276.00	335.82	371.94	399.87	374.59	241.52	2791.68
1111-01-16-01	228.04	183.69	270.39	402.48	483.76	436.94	373.72	410.07	369.46	441.42	353.56	298.50	3102.52
1111-01-23-01	161.56	170.77	243.73	363.71	434.41	349.64	314.94	345.77	337.87	406.78	326.38	221.62	2671.28

Fuente: Elaboración propia

1.3.4.8 Periodo de retorno 30 años

A continuación, el análisis de precipitación asociada a un periodo de retorno de 30 años para cada una de las Unidades de análisis Hidrológico (UAH-1, UAH-2 y UAH-3).

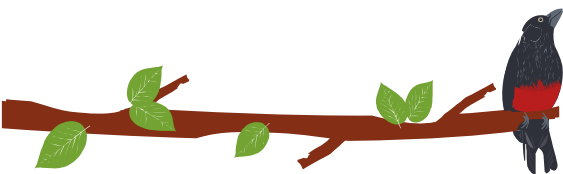
Tabla 45. Precipitación – Periodo de retorno 30 años – UAH-1

UAH-1	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-010000	197.01	222.67	292.55	408.74	468.00	383.17	329.78	380.66	378.96	435.81	387.99	278.07	3068.48

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. Precipitación – Periodo de retorno 30 años – UAH-2

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-0100	248.84	192.12	269.18	392.75	492.90	431.33	393.20	417.57	373.07	463.95	361.83	302.90	3122.14
1111-01-0200	206.76	170.10	245.64	367.34	460.03	382.70	355.94	379.73	347.49	437.58	332.34	254.50	2804.60
1111-01-0300	169.64	160.40	214.82	324.50	426.35	335.16	328.13	341.36	319.12	408.93	302.55	214.63	2530.46
1111-01-0400	218.01	258.01	281.01	377.03	480.10	411.72	374.04	391.03	369.85	427.17	379.00	306.47	3271.99
1111-01-0500	202.72	288.40	302.82	400.82	496.36	433.95	366.74	398.83	383.03	421.47	400.61	315.93	3425.22
1111-01-0600	189.35	303.77	323.57	429.33	521.05	441.49	364.18	414.90	414.42	456.36	449.18	305.34	3538.28
1111-01-0700	234.81	281.90	328.53	431.68	483.20	381.22	303.94	392.59	408.75	441.48	460.38	340.57	3469.80
1111-01-0800	199.56	230.41	308.74	398.51	441.16	316.26	270.26	350.48	424.73	485.03	468.96	305.11	3004.50
1111-01-0900	161.56	216.08	287.80	392.92	439.67	323.13	280.47	347.97	384.98	410.80	392.25	256.21	2870.83
1111-01-1000	150.62	205.39	287.10	399.93	427.57	330.23	285.93	341.86	369.97	405.53	370.81	234.78	2796.22
1111-01-1100	159.09	213.21	308.03	430.42	440.14	349.43	302.23	353.04	373.68	421.34	378.36	235.42	2909.50
1111-01-1200	175.41	210.87	307.71	437.85	459.13	371.41	322.52	370.43	373.69	432.50	375.56	243.07	2967.69
1111-01-1300	186.75	204.58	302.89	437.05	463.38	393.16	336.41	385.63	374.86	433.29	368.67	256.59	2994.56
1111-01-1400	204.06	189.34	283.37	416.94	474.58	412.11	351.04	395.70	367.44	436.06	354.29	271.72	2981.24



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-1500	219.82	188.78	282.11	416.71	485.57	431.52	365.60	408.85	371.07	443.18	355.61	288.90	3053.66
1111-01-1600	233.81	189.24	279.22	412.41	493.25	441.24	378.48	417.09	373.28	451.41	357.67	300.12	3105.88
1111-01-1700	271.73	205.84	299.16	437.24	526.28	495.46	412.58	454.83	395.55	472.38	380.11	348.79	3400.02
1111-01-1800	153.81	167.46	225.10	338.42	429.51	337.75	317.48	339.51	323.16	403.03	307.95	208.29	2539.88
1111-01-1900	153.52	221.85	256.81	364.44	457.48	380.61	333.29	360.47	345.75	403.45	341.86	240.27	2863.96
1111-01-2000	157.05	223.56	276.03	387.23	464.57	368.14	321.54	364.39	366.63	418.16	371.32	242.69	2925.57
1111-01-2100	158.63	206.98	279.30	395.81	451.70	352.55	310.00	356.19	363.12	415.90	363.90	234.49	2841.08
1111-01-2200	163.38	196.47	275.29	396.55	450.87	356.71	315.33	357.88	357.03	418.03	353.57	231.09	2804.67
1111-01-2300	164.90	180.18	254.38	375.09	445.39	354.69	320.68	354.90	343.54	415.48	333.49	224.43	2702.27
1111-01-2400	174.94	167.81	241.53	362.29	443.93	356.89	329.47	357.49	337.29	419.06	322.70	226.61	2661.38
1111-01-2500	189.53	181.13	266.89	394.47	460.60	383.16	338.95	376.28	354.49	429.08	342.38	248.72	2836.66
1111-01-2600	257.15	198.21	284.94	416.59	508.39	461.22	399.80	434.24	383.53	466.55	370.06	322.65	3246.36

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47. Precipitación – Periodo de retorno 30 años – UAH-3

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-02-01	236.29	186.24	267.48	393.85	486.77	424.57	381.52	409.96	367.90	455.36	354.45	292.07	3051.92
1111-01-04-01	228.61	261.93	284.15	378.47	484.18	416.63	383.18	397.06	374.10	433.84	384.46	314.89	3326.00
1111-01-06-01	235.24	320.37	345.94	444.88	526.03	434.91	354.07	423.77	426.91	458.03	476.95	353.08	3753.71
1111-01-06-02	212.40	317.81	338.14	439.17	527.15	441.73	359.36	422.32	423.69	460.43	468.86	331.90	3671.89
1111-01-07-01	204.00	235.52	284.98	379.63	422.27	325.55	245.63	349.99	358.27	413.96	403.82	306.79	2907.66
1111-01-07-02	204.67	237.74	287.80	378.95	424.42	324.37	245.09	350.36	360.70	416.90	406.55	307.96	2909.63
1111-01-08-01	215.09	251.03	326.53	408.58	469.36	324.49	275.49	365.87	425.60	470.96	474.04	323.27	3170.54
1111-01-08-02	216.61	245.90	325.17	404.07	455.02	319.62	269.22	357.44	432.01	495.17	487.68	323.66	3106.01
1111-01-09-01	156.28	210.24	286.18	393.96	433.25	322.36	279.89	343.82	378.58	406.35	382.45	246.73	2824.68
1111-01-16-01	238.20	191.61	283.14	417.72	497.90	449.75	382.29	422.57	376.69	453.52	360.85	307.02	3147.98
1111-01-23-01	168.15	178.42	254.81	376.63	446.47	357.05	322.70	356.95	343.98	417.24	333.25	226.37	2708.21

Fuente: Elaboración propia

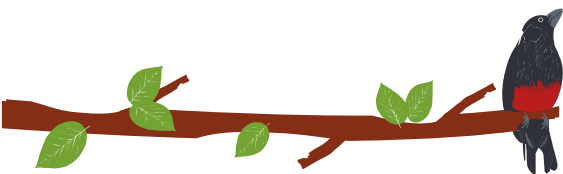
1.3.4.9 Periodo de retorno 50 años

A continuación, el análisis de precipitación asociada a un periodo de retorno de 50 años para cada una de las Unidades de análisis Hidrológico (UAH-1, UAH-2 y UAH-3).

Tabla 48. Precipitación – Periodo de retorno 50 años – UAH-1

UAH-1	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-010000	215.32	247.16	322.13	439.66	496.54	403.88	347.18	407.28	397.46	458.51	408.87	295.13	3170.50

Fuente: Elaboración propia



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

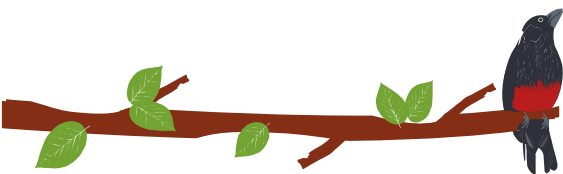
Tabla 49. Precipitación – Periodo de retorno 50 años – UAH-2

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-0100	279.16	213.25	299.87	429.48	532.01	461.15	422.81	450.64	392.19	501.08	381.10	324.43	3239.70
1111-01-0200	231.96	188.71	273.57	402.19	496.74	406.42	383.40	412.17	365.01	472.17	349.74	271.01	2908.65
1111-01-0300	192.11	180.25	238.07	354.70	461.21	352.29	356.83	372.53	336.10	442.32	318.28	228.97	2616.42
1111-01-0400	242.22	291.91	307.79	404.13	510.77	433.33	399.55	416.61	389.30	452.92	399.22	330.86	3353.68
1111-01-0500	222.49	327.56	331.08	427.75	524.61	457.87	386.72	421.83	402.73	439.73	421.15	340.82	3516.60
1111-01-0600	206.03	345.52	354.98	456.82	550.94	467.93	384.39	439.06	435.16	474.24	473.76	325.22	3690.39
1111-01-0700	257.48	313.43	351.28	455.65	514.15	404.50	323.86	423.25	436.87	457.52	487.74	365.10	3613.95
1111-01-0800	219.70	257.03	338.52	419.34	460.87	326.82	281.89	370.74	452.68	509.87	497.41	328.95	3089.03
1111-01-0900	174.95	241.69	317.03	417.46	462.17	333.17	290.45	367.80	402.33	426.94	411.99	270.53	2957.76
1111-01-1000	160.06	226.97	316.85	427.82	447.70	341.93	294.92	361.68	384.50	421.81	390.14	244.87	2873.87
1111-01-1100	166.22	232.03	340.37	462.23	459.21	362.59	310.32	373.67	386.06	438.09	398.80	242.51	2984.88
1111-01-1200	185.46	228.94	341.44	473.02	482.18	387.90	333.11	394.58	386.10	452.33	395.76	251.21	3049.16
1111-01-1300	199.20	222.32	337.09	473.55	487.42	413.82	347.01	411.04	387.56	453.71	388.18	268.08	3075.90
1111-01-1400	223.19	207.56	316.29	454.85	505.55	438.06	367.42	424.64	382.70	461.86	372.05	287.66	3076.79
1111-01-1500	242.38	207.65	315.14	455.64	519.27	461.01	384.32	439.18	387.61	471.28	373.17	307.77	3156.96
1111-01-1600	259.68	208.88	311.85	451.56	529.57	472.58	400.73	448.74	391.01	482.61	375.45	320.86	3216.82
1111-01-1700	302.56	227.75	334.34	479.14	565.50	534.51	435.97	487.46	415.15	505.16	398.69	375.39	3525.60
1111-01-1800	172.30	188.18	250.08	369.26	461.99	354.51	341.48	368.64	338.78	432.01	323.20	220.83	2626.23
1111-01-1900	169.29	252.21	284.74	393.82	486.21	400.05	352.47	384.33	360.94	425.33	358.06	256.43	2950.18
1111-01-2000	171.42	252.15	306.01	416.38	492.68	385.30	338.51	388.19	381.99	438.61	389.53	256.07	3029.92
1111-01-2100	171.41	230.12	309.72	426.44	477.89	367.57	324.39	380.06	377.42	436.27	382.11	245.21	2932.78
1111-01-2200	176.83	217.11	305.85	429.19	478.14	373.04	330.64	383.39	370.99	440.35	371.44	241.29	2893.96
1111-01-2300	181.33	199.92	283.02	408.10	475.84	372.46	340.14	382.86	358.31	441.62	350.21	235.83	2793.24
1111-01-2400	194.76	186.34	268.92	395.83	477.25	376.38	352.76	387.74	353.11	449.11	339.07	239.51	2755.53
1111-01-2500	208.40	199.37	297.48	430.34	492.32	405.29	358.28	405.59	369.79	456.64	359.72	262.37	2931.68
1111-01-2600	286.98	219.42	318.07	456.09	547.12	495.28	425.56	466.88	402.57	500.93	388.85	346.09	3366.82

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50. Precipitación – Periodo de retorno 50 años – UAH-3

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-02-01	264.32	206.29	298.26	431.09	524.69	453.66	408.60	442.58	386.26	490.38	372.87	312.23	3165.21
1111-01-04-01	254.29	296.11	311.36	405.42	515.20	438.44	409.93	422.67	393.64	461.06	405.29	340.03	3407.54
1111-01-06-01	257.06	360.47	373.03	469.60	558.09	460.82	375.94	452.09	453.31	474.22	504.07	377.51	3905.94
1111-01-06-02	231.55	359.70	367.70	464.96	558.06	468.35	380.10	448.26	447.44	477.13	494.97	354.05	3827.90
1111-01-07-01	225.03	259.55	304.23	401.25	448.03	344.12	259.42	377.02	383.12	431.21	426.42	328.96	3008.13
1111-01-07-02	225.78	262.07	307.52	400.03	449.91	342.06	258.37	376.89	385.75	434.21	428.97	329.85	3006.71
1111-01-08-01	236.96	279.47	357.07	428.26	493.23	333.50	287.42	387.32	451.01	490.91	498.89	346.01	3265.22
1111-01-08-02	238.81	273.30	355.50	423.47	475.90	329.63	280.97	378.56	461.46	519.34	516.13	348.27	3191.28
1111-01-09-01	168.09	234.15	315.50	419.60	454.76	332.47	289.17	363.50	394.83	422.32	401.85	259.32	2906.47



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-16-01	264.40	211.44	316.32	457.43	534.33	482.28	404.06	454.22	394.55	484.44	378.67	328.52	3260.17
1111-01-23-01	185.01	197.64	283.60	410.09	477.24	375.32	342.35	385.29	358.82	443.86	350.01	237.92	2799.64

Fuente: Elaboración propia

1.3.4.10 Período de retorno 100 años

A continuación, el análisis de precipitación asociada a un periodo de retorno de 100 años para cada una de las Unidades de análisis Hidrológico (UAH-1, UAH-2 y UAH-3).

Tabla 51. Precipitación – Periodo de retorno 100 años – UAH-1

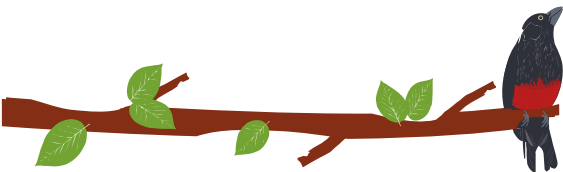
UAH-1	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-010000	239.93	280.11	362.70	481.77	534.58	430.66	369.96	442.28	421.26	488.44	435.72	317.29	3301.57

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Precipitación – Periodo de retorno 100 años – UAH-2

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-0100	320.94	240.94	342.27	480.40	585.54	500.68	463.15	495.11	416.71	551.76	405.67	352.85	3389.19
1111-01-0200	266.64	212.88	312.19	450.41	546.94	437.43	420.81	455.98	387.25	519.34	371.74	292.50	3041.19
1111-01-0300	223.05	206.39	270.10	396.26	508.74	374.05	395.95	414.94	357.57	487.94	338.19	247.46	2724.03
1111-01-0400	275.09	338.29	344.36	441.01	551.54	461.17	433.52	450.50	414.51	487.27	425.62	363.41	3450.58
1111-01-0500	248.89	381.59	369.61	464.19	561.50	488.72	412.47	451.60	428.34	463.17	447.90	374.08	3629.03
1111-01-0600	227.80	403.15	397.95	493.48	589.71	501.81	410.09	470.00	461.84	496.83	505.62	350.94	3894.12
1111-01-0700	287.64	356.46	381.22	487.16	555.72	434.79	349.96	463.96	474.81	477.96	523.97	397.24	3802.23
1111-01-0800	246.72	293.84	379.13	446.13	486.01	339.72	296.36	396.50	489.57	542.89	535.14	360.32	3197.26
1111-01-0900	192.86	277.26	357.31	449.94	490.88	345.34	302.65	392.93	424.29	447.49	437.22	288.47	3070.19
1111-01-1000	172.36	256.47	357.84	465.44	473.43	356.43	305.93	386.90	402.66	442.54	414.78	257.13	2973.43
1111-01-1100	175.10	257.03	384.96	505.61	483.64	379.06	320.21	399.98	401.26	459.37	424.83	250.66	3081.01
1111-01-1200	198.48	252.45	388.07	521.38	512.49	408.88	346.59	425.91	401.29	478.03	421.34	261.04	3153.26
1111-01-1300	215.70	245.54	384.40	524.00	519.35	440.67	360.46	444.11	403.22	480.29	412.84	283.07	3179.12
1111-01-1400	249.20	231.22	361.90	507.44	547.45	472.29	389.02	462.87	401.89	496.25	394.33	308.70	3198.64
1111-01-1500	273.22	232.20	360.90	509.75	565.11	500.20	409.18	479.36	408.61	508.94	395.21	332.88	3288.71
1111-01-1600	295.19	234.48	357.04	505.99	579.14	514.33	430.59	490.90	413.67	524.72	397.82	348.44	3358.39
1111-01-1700	344.96	256.55	383.05	537.54	619.16	587.03	467.32	530.71	440.49	549.42	422.16	411.15	3685.93
1111-01-1800	197.59	215.61	284.61	411.62	505.92	375.71	373.81	407.87	358.28	471.22	342.30	236.82	2736.17
1111-01-1900	190.49	293.60	323.33	433.95	524.08	424.75	377.41	415.53	379.86	454.14	378.49	277.51	3060.08
1111-01-2000	190.59	291.06	347.46	455.83	529.48	406.87	360.36	419.09	400.99	465.26	412.48	272.92	3167.08
1111-01-2100	188.39	261.21	351.81	468.09	512.27	386.38	342.94	411.15	395.05	462.85	405.04	258.39	3051.91
1111-01-2200	194.80	244.43	348.14	473.91	514.30	393.70	350.65	416.89	388.19	469.77	393.89	253.88	3009.28
1111-01-2300	203.60	225.87	322.67	453.48	516.76	395.14	366.07	420.09	376.63	476.62	371.15	250.18	2910.27
1111-01-2400	221.88	210.48	306.81	442.08	522.48	401.46	384.21	428.44	372.92	489.78	359.59	255.99	2876.05





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-2500	234.08	223.05	339.85	479.94	535.23	434.12	384.09	444.61	388.95	493.62	381.48	280.00	3053.25
1111-01-2600	328.01	247.20	363.90	511.02	600.09	540.78	460.34	510.43	427.05	547.57	412.66	377.30	3520.43

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Precipitación – Periodo de retorno 100 años – UAH-3

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-02-01	302.89	232.43	340.83	482.74	576.56	492.19	445.37	486.36	409.73	538.04	396.22	338.83	3309.55
1111-01-04-01	289.21	342.89	348.50	442.13	556.46	466.57	445.68	456.62	418.97	497.49	432.57	373.59	3503.51
1111-01-06-01	285.94	415.65	409.26	502.19	600.48	494.17	404.31	489.13	488.54	494.53	539.76	409.38	4105.46
1111-01-06-02	256.71	417.47	407.71	499.11	598.49	502.52	406.65	481.75	478.63	498.08	529.08	382.79	4035.54
1111-01-07-01	253.52	291.94	329.35	429.96	483.14	368.15	277.19	412.63	416.90	453.91	456.16	358.03	3139.47
1111-01-07-02	254.39	294.87	333.31	427.93	484.59	364.82	275.37	411.74	419.78	456.99	458.42	358.47	3133.46
1111-01-08-01	266.55	318.44	398.73	453.37	524.02	344.17	302.15	414.62	484.26	516.92	531.24	375.39	3387.41
1111-01-08-02	268.68	310.78	396.73	448.20	502.79	341.68	295.49	405.51	500.52	551.41	553.75	380.48	3300.29
1111-01-09-01	183.79	267.24	355.91	453.76	482.19	344.78	300.48	388.47	415.29	442.64	426.60	274.91	3011.73
1111-01-16-01	300.35	237.32	362.28	512.66	584.06	525.70	433.21	496.30	417.41	526.12	401.10	357.22	3403.34
1111-01-23-01	207.88	222.80	323.47	456.15	518.68	398.70	368.60	423.06	377.26	479.54	370.99	252.50	2917.15

Fuente: Elaboración propia

1.3.4.11

1.3.4.12 Periodo de retorno 500 años

A continuación, el análisis de precipitación asociada a un periodo de retorno de 500 años para cada una de las Unidades de análisis Hidrológico (UAH-1, UAH-2 y UAH-3).

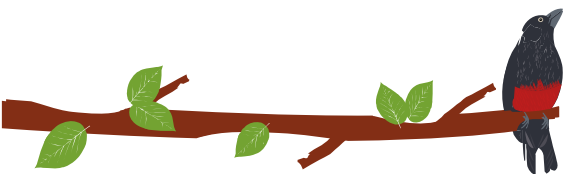
Tabla 54. Precipitación – Periodo de retorno 500 años – UAH-1

UAH-1	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-010000	295.25	353.50	455.99	577.83	618.29	487.04	419.02	517.73	470.89	553.34	491.46	364.92	3574.88

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55. Precipitación – Periodo de retorno 500 años – UAH-2

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-0100	417.79	299.75	440.80	600.25	708.30	586.94	555.08	594.74	467.56	667.48	456.05	415.10	3693.53
1111-01-0200	346.98	263.41	401.98	563.25	661.88	503.71	506.08	554.62	432.55	626.93	416.17	338.61	3311.67
1111-01-0300	294.50	262.45	344.24	492.39	617.15	418.40	485.21	511.39	400.96	592.28	378.52	286.31	2940.08
1111-01-0400	349.34	444.26	427.89	525.12	640.84	519.21	508.38	524.76	467.63	563.01	481.98	435.53	3635.18
1111-01-0500	307.05	506.45	457.43	546.38	639.96	553.10	466.31	514.28	482.53	511.80	504.72	447.91	3857.78
1111-01-0600	274.09	536.42	496.39	574.25	671.17	571.67	462.61	533.85	517.36	542.45	572.68	405.03	4350.67
1111-01-0700	353.76	454.31	445.89	555.17	648.48	499.17	406.03	553.14	560.10	519.86	603.00	466.08	4204.24
1111-01-0800	306.76	379.75	471.69	501.86	538.01	365.02	324.87	449.05	569.58	615.40	617.57	427.95	3421.23
1111-01-0900	232.93	361.46	450.49	520.64	549.55	368.91	326.23	443.90	468.70	489.60	489.06	324.44	3306.46



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-1000	199.25	324.75	452.77	549.73	526.11	385.19	327.40	438.38	438.60	484.99	465.09	280.76	3179.51
1111-01-1100	193.72	312.08	488.23	604.54	533.99	412.03	339.49	453.93	430.53	502.75	477.84	265.41	3278.12
1111-01-1200	227.08	302.07	496.45	633.15	577.73	451.90	374.59	492.04	430.37	532.30	472.94	280.85	3367.23
1111-01-1300	252.98	295.21	494.57	641.63	589.32	497.55	388.16	514.16	433.67	536.76	462.35	316.95	3388.41
1111-01-1400	309.08	280.72	468.31	630.95	641.86	546.45	436.12	545.90	440.46	572.07	438.65	355.88	3447.58
1111-01-1500	344.51	283.64	467.69	637.31	669.20	586.04	463.99	567.12	451.47	592.73	439.09	389.43	3557.95
1111-01-1600	377.43	288.24	462.41	634.52	692.30	606.09	497.33	583.75	460.36	619.37	442.64	410.10	3647.93
1111-01-1700	443.28	317.90	496.62	676.30	742.05	704.16	537.15	625.38	493.76	648.88	469.48	492.05	4014.27
1111-01-1800	255.57	274.96	364.89	509.33	604.79	418.61	446.38	495.69	396.84	559.69	380.20	269.92	2963.34
1111-01-1900	237.78	387.53	412.97	525.57	605.87	475.09	430.36	482.27	417.03	516.50	419.48	322.78	3292.75
1111-01-2000	233.07	379.28	443.89	544.72	608.00	450.22	406.11	484.41	437.89	522.00	458.52	307.09	3465.43
1111-01-2100	226.23	330.35	449.72	562.74	585.95	424.06	381.96	477.12	429.09	519.61	450.91	284.33	3304.91
1111-01-2200	235.20	303.58	446.63	576.64	593.18	435.71	393.66	488.99	421.42	533.57	438.59	279.03	3251.30
1111-01-2300	254.39	281.31	415.06	558.34	607.94	441.75	423.45	501.98	412.46	554.35	412.63	279.61	3154.31
1111-01-2400	284.33	261.29	395.05	549.55	624.88	453.76	455.09	519.32	412.34	581.57	400.38	290.46	3124.72
1111-01-2500	293.08	272.50	438.61	595.76	631.91	495.42	441.47	530.43	427.09	576.05	424.74	317.93	3303.35
1111-01-2600	423.11	306.13	470.65	640.94	721.36	641.25	538.76	606.76	478.04	653.13	460.93	446.88	3834.46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56. Precipitación – Periodo de retorno 500 años – UAH-3

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-02-01	392.27	287.51	439.90	604.33	695.36	576.20	528.83	584.12	458.12	646.43	443.60	397.17	3604.10
1111-01-04-01	368.33	449.71	433.39	525.92	646.96	525.32	524.86	531.19	472.34	578.31	491.03	448.01	3683.80
1111-01-06-01	348.75	542.78	489.58	572.81	692.46	563.58	464.25	568.45	566.29	534.98	616.85	477.27	4537.41
1111-01-06-02	310.78	550.91	497.99	573.53	684.71	573.20	461.43	551.87	545.83	539.83	601.79	443.46	4495.72
1111-01-07-01	317.74	364.13	382.93	492.88	563.52	418.72	314.19	489.57	493.71	503.13	520.38	420.50	3419.89
1111-01-07-02	319.01	368.02	388.45	488.86	563.82	412.28	310.44	486.73	497.07	506.34	521.86	419.69	3403.58
1111-01-08-01	333.12	407.65	493.76	504.89	588.59	364.19	330.72	470.45	555.40	572.30	599.96	436.82	3643.34
1111-01-08-02	335.23	396.42	490.19	498.86	559.38	364.63	323.73	460.79	585.77	621.61	635.57	449.38	3525.25
1111-01-09-01	218.76	345.16	449.48	528.95	538.18	368.65	322.26	439.19	456.33	484.19	477.27	305.69	3231.07
1111-01-16-01	383.63	291.73	469.45	643.24	697.59	621.40	498.20	588.73	464.64	619.67	446.00	421.65	3696.12
1111-01-23-01	260.15	276.23	416.36	562.78	611.28	447.01	426.82	506.28	413.42	558.96	412.57	282.57	3161.50

Fuente: Elaboración propia



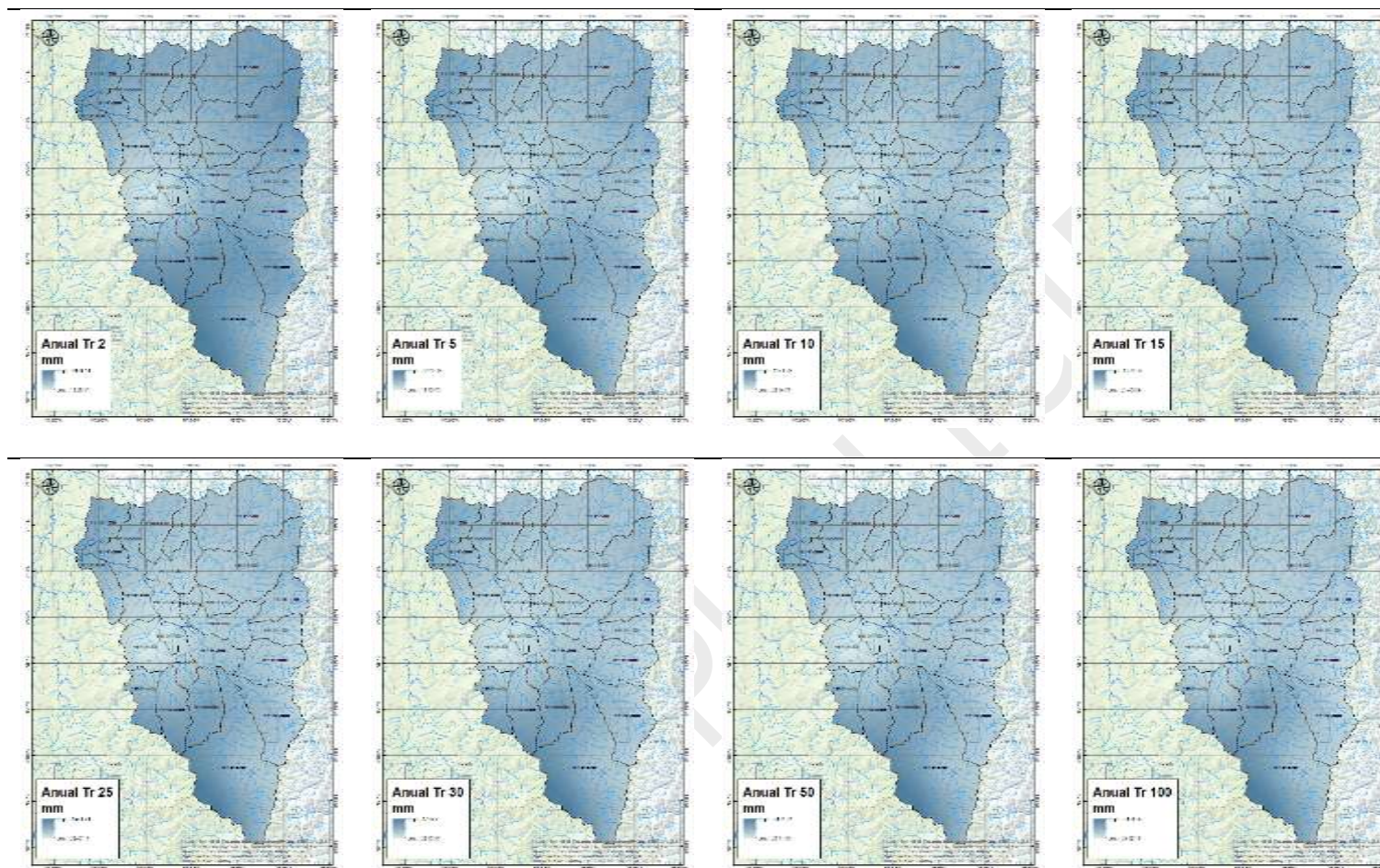
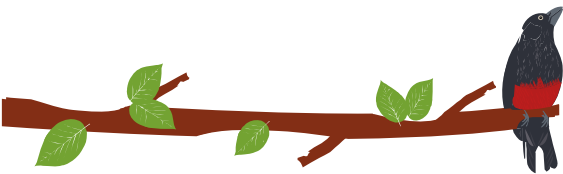
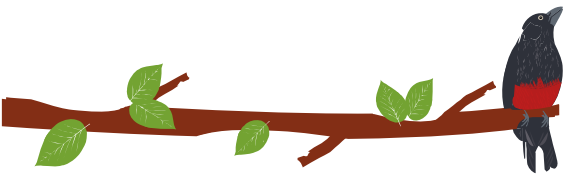


Figura 54. Distribución espacial de la precipitación anual a diferentes periodos de retorno. Elaboración propia

1.3.5 Estimación de Curvas Intensidad – Frecuencia – Duración (IDF)

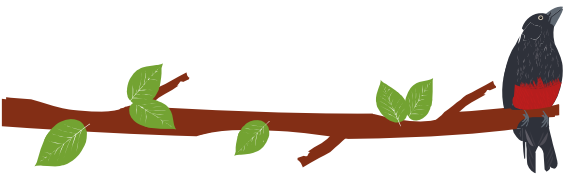
La Curva Intensidad Duración Frecuencia, representa la intensidad (I) o magnitud de una lluvia fuerte expresada en milímetros por hora, para una duración (D) determinada que usualmente puede ser 30, 60, 90, 120 o 360 minutos y que se estima tiene una probabilidad de ocurrencia, o frecuencia (F) expresada en años, lo que también se conoce como periodo de retorno ([IDEAM sitio web](#)). La construcción de curvas IDF, de gran importancia para la gestión del riesgo en cuencas no instrumentadas, de forma clásica requiere de información de pluviógrafos para la zona de estudio dado que las condiciones de precipitación en las altas escalas temporales que se requiere pueden obedecer a condiciones muy específicas del sitio (orografía, fenómenos locales, etc.). De esta forma, se procedió a la construcción de las curvas IDF a partir de información del IDEAM, de su sistema de información del recurso hídrico SIRH (Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2014) y de la red de monitoreo automática con información de precipitación de alta resolución temporal (10 minutos)



para una ventana espacial que abarca un radio de 60 km alrededor de la UAH Río Sucio Alto (enfoque regional).

En general, la construcción de curvas IDF consiste en la construcción de grupos estadísticos que representan eventos de precipitación de igual duración (10, 20, 30, 180 minutos) a los cuales se les ajusta una función de distribución de probabilidad empírica para caracterizar los conjuntos. Posteriormente, se extraen los parámetros de la función de distribución para caracterizar la intensidad del evento de una duración determinada para un periodo de retorno específico.

Para la determinación de las IDF fue necesario emplear estaciones climatológicas automáticas, que contaran con registros de resolución horaria, a continuación, se presenta en la Figura 55 la ubicación espacial de las estaciones disponibles para el análisis en la UAH Río Sucio Alto.



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO FASE DE DIAGNÓSTICO

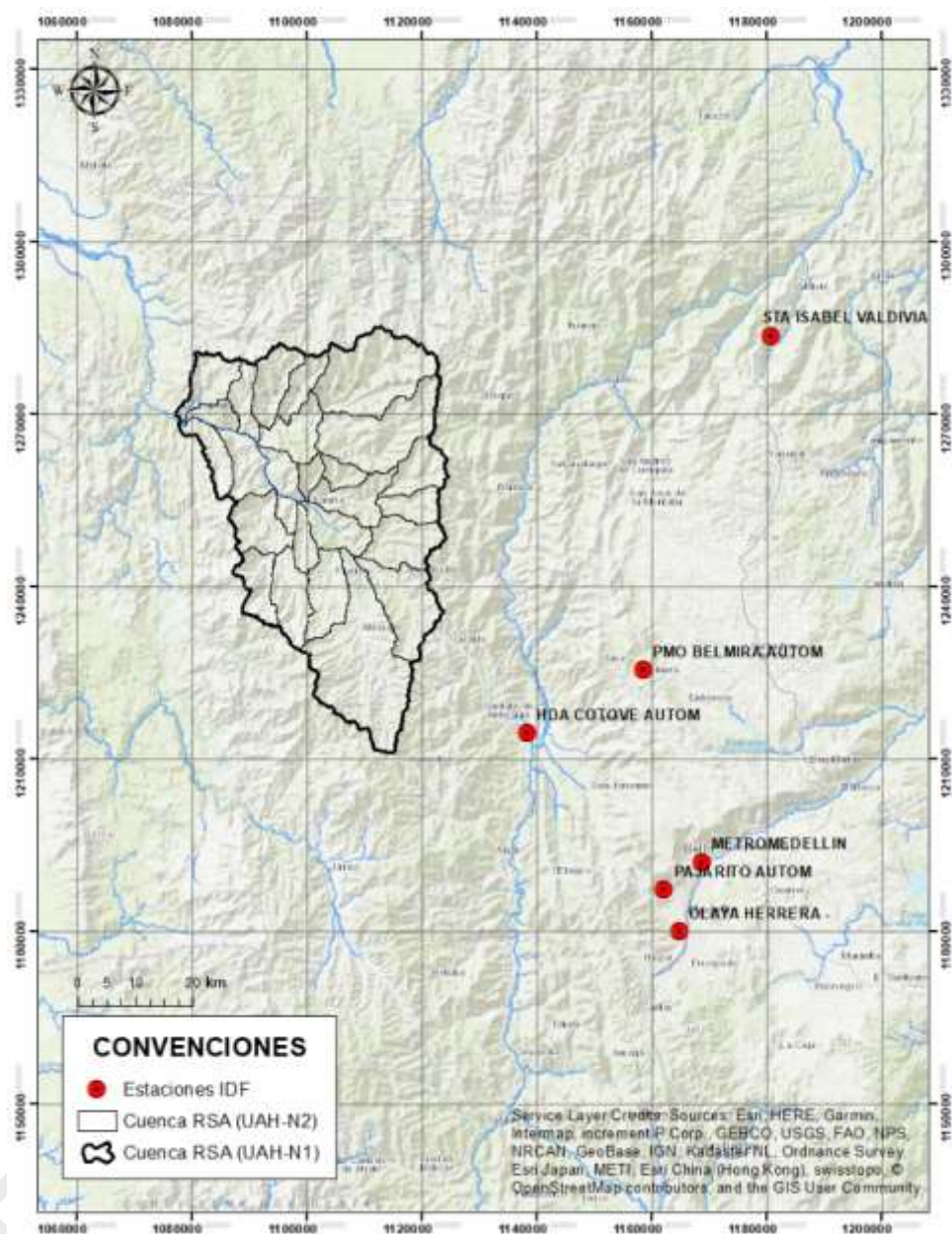


Figura 55. Ubicación de la red de estaciones automáticas para la construcción de las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia. Elaboración propia

Los resultados de las curvas IDF se presentan a continuación, para la reconstrucción de las intensidades bajo distintos periodos de retorno y duraciones se debe hacer uso de los coeficientes y la ecuación en la Figura 56.

De acuerdo con la distribución espacial de las estaciones y la cuenca en análisis, se definió involucrar solo la información de la estación Hacienda Cotove dada su cercanía a la unidad de análisis y, por lo tanto, puede reflejar las condiciones de la cuenca Río Suction Alto.



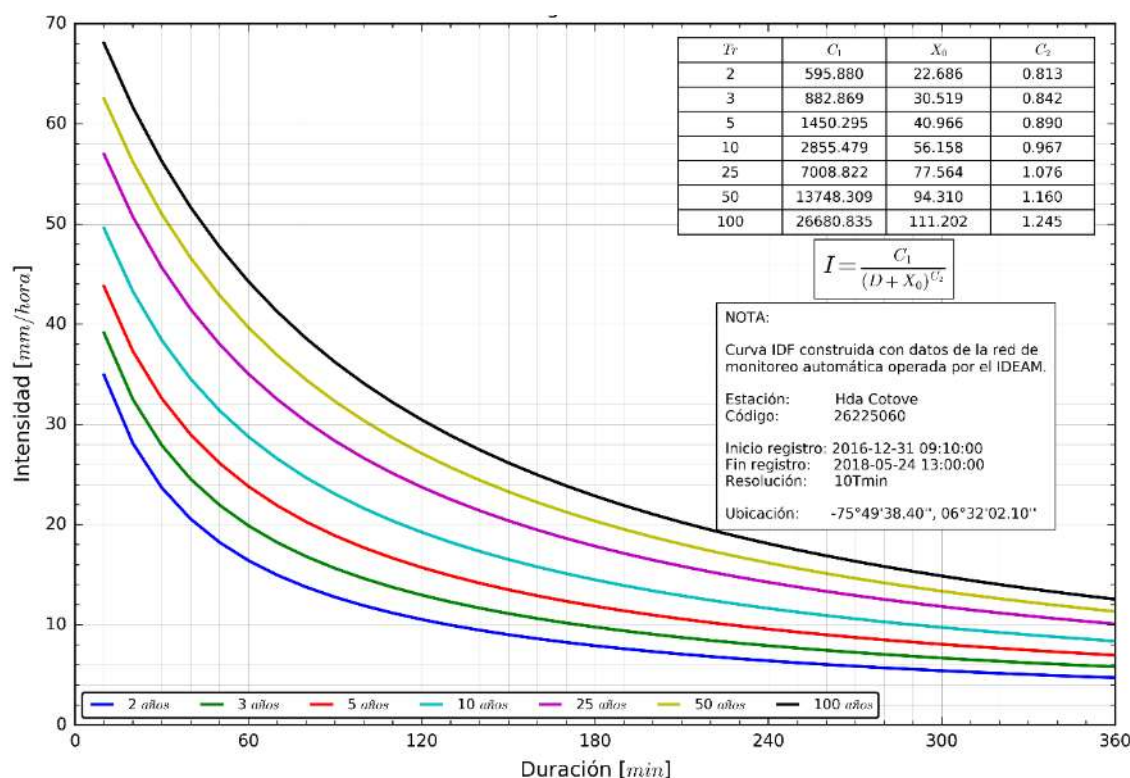
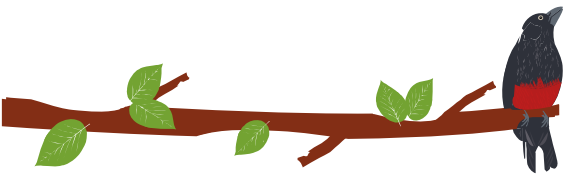


Figura 56. Curva I-D-F estación Hacienda Cotove. Elaboración propia

1.4 CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO DE LARGO PLAZO

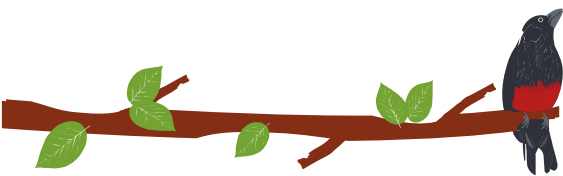
El balance hídrico es una herramienta que permite estimar las ganancias de agua por lluvia o riego y las pérdidas por evaporación, escorrentía, drenaje profundo y la variación del almacenamiento de agua en el suelo. Conocer el balance hídrico de un área permite determinar, la disponibilidad del recurso hídrico y la magnitud macroclimática de los períodos con exceso o deficiencia de agua en una unidad de trabajo sometida a estudios agroclimáticos e hidroclimáticos. Existen diversos métodos para estimar estas variables de interés hidroclimático. Entre ellos se encuentra el método de Thornthwaite el cual emplearemos en el presente trabajo (García & Montoya, 1972).

El enfoque utilizado aquí para la construcción del balance hídrico es un modelo dinámico y distribuido en el espacio dado que las entradas climáticas y la capa de capacidad máxima de almacenamiento en suelo corresponden a datos espacialmente distribuidos como ya se ha explicado en los numerales anteriores. Una vez sea calculado el balance hídrico y, por lo tanto, cada uno de los componentes es posible realizar estadística zonal para agregar los resultados espaciales y caracterizar de forma aglutinada cada una de las UHN-1, UHN-2 y UHN-3

Los términos y conceptos involucrados en el balance hídrico se definen a continuación:

- Almacenamiento de agua útil (A): existe cuando la precipitación $P > E_p$, quedando una reserva de humedad que se acumula mes a mes y no puede ser superior a la





capacidad del campo o cantidad máxima de agua que puede soportar el suelo en consideración.

- Exceso (E): existe si la precipitación es mayor que la evapotranspiración potencial y si hay un excedente de agua, una vez completado el almacenaje en el suelo. A la suma de los excesos producidos mes a mes durante todo el año se le denomina exceso anual E .
- Déficit (D): cuando la precipitación es menor que la evapotranspiración potencial, se evapora y transpira toda el agua precipitada. La cantidad que hace falta para completar el total de E_p se toma del almacenamiento y si, aun así, no se completa el valor de E_p el faltante se considera como déficit.
- Evapotranspiración real (E_r): es la evapotranspiración que realmente, según el método, ocurre en función del agua disponible ($P + A$). Máximo puede ser igual a la potencial.

Los métodos de cálculo para cada uno de los componen del balance hídrico descrito atrás se describen a continuación:

- Calculo del almacenaje de agua útil (A)
- Se verifica si la precipitación es mayor o menor a la evapotranspiración potencial en el período considerado. Se busca el mes en el que la diferencia se hace máxima y se adopta $A = 0$ o $A = CMA$, según sea $P > E_p$ o $P < E_p$, respectivamente. En el ejemplo: $P = 986$, $E_p = 656$, el mes en el que la diferencia es mayor es noviembre, al que se adjudica

$$A = \text{capacidad máxima de almacenamiento del suelo (CMA)}.$$

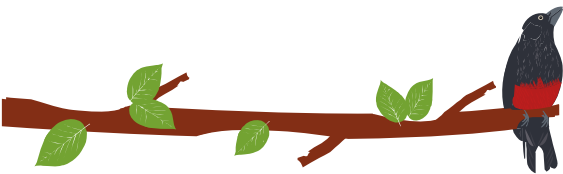
- El cálculo del almacenaje de agua útil de los meses calendario siguientes, es el resultado de la suma del almacenaje del mes anterior más la precipitación del mes en cuestión, constituyen el agua disponible; la diferencia entre esta (agua disponible) y la evapotranspiración potencial nos determina el almacenaje:

$$\text{Agua disponible} = A_{i-1} + P_i$$

$$\text{Almacenaje} = (A_{i-1} + P_i) - E_p$$

- Realizar una prueba preliminar de cálculo del balance hídrico supone conseguir un valor de arranque para el almacenaje A consistente, el valor de A correspondiente al mes fijado como inicial debe ser el mes más seco o el más lluvioso, o sea 0 ó la CMA en mm: "se suponen como límites". En caso de no ser así, se parte del último valor calculado y se realiza nuevamente toda la operación y así sucesivamente hasta que haya plena coincidencia





- Si $A_i > CMA$, entonces $A_i = CMA$; el excedente de CMA es el exceso de agua de ese mes E_i ; la deficiencia de ese mes, obviamente, $D_i = 0$,
- Si $CMA > A$, el exceso y la deficiencia de ese mes son iguales a cero,
- Si $A_i < 0$, la deficiencia $D_i = (P_i - E_{pi})$ si $P < E_{pi}$

$$D_i = E_{pi} - (P_i + A_i - 1), \text{ si } (P_i + A_i) < E_{pi}.$$

- Cálculo de la variación de almacenamiento de agua útil (ΔA): es igual a la diferencia entre el valor de almacenamiento de agua útil del mes considerado y el mes anterior.
- Cálculo de la evapotranspiración real:

$$\text{Si } P > E_p \Rightarrow E_r = E_p$$

$$\text{Si } P < E_p \Rightarrow E_r = P + |\Delta A|$$

- Comprobación del balance: para los valores anuales debe cumplirse la siguiente relación:

$$P + D = E_p + E$$

- Evapotranspiración potencial (ETP): Teniendo en cuenta la practicidad del método de Thornthwaite, y la disponibilidad de información adicional para la aplicación de otros métodos de estimación de esta variable, se construyeron los campos de ETP con el método propuesto por (Thornthwaite, 1948).

$$ETP_i = K_i * 16 \left[\frac{10 * T_i}{I_j} \right]^{a_j}$$

$$I_j = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1.514}$$

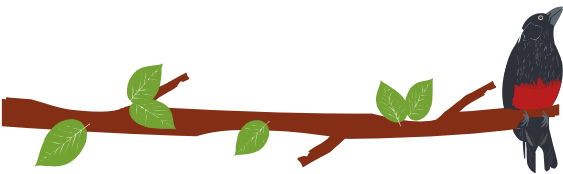
$$a_j = 675x10^{-9} \cdot I_j^3 - 771x10^{-7} \cdot I_j^2 + 179x10^{-4} \cdot I_j + 0.49239$$

$$K_i = \frac{N_i}{12} * \frac{d}{30}$$

Donde ETP_i , es la evapotranspiración potencial en mm mes^{-1} , K_i , es un factor de corrección mensual en función del número de días y la latitud de la estación donde se estima el parámetro (adimensional), T_i , es la temperatura media mensual del aire en $^{\circ}\text{C}$, I_j , es el índice de calor anual, a_j , es el exponente en función de I_j , N , es el número máximo promedio de horas de sol en horas día^{-1} y d es número de días del mes.

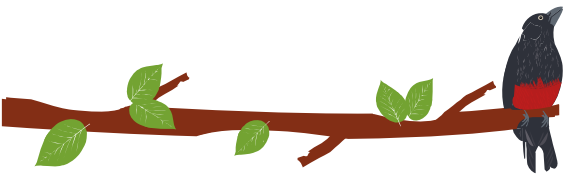
El modelo de Thornthwaite, se trata de un modelo de temperatura empírico el cual fue desarrollado con base en mediciones de temperatura y su correlación con datos de





lisímetros y balances hídricos del suelo en cuencas pequeñas de los Estados Unidos. El método tiene restricciones en su uso para zonas áridas, pues no tiene en cuenta la radiación neta, factor importante en el fenómeno estudiado (Marín Valencia, 2010). La metodología propuesta por Thornthwaite es quizá una de la más difundidas y utilizadas a nivel mundial debido a la reducida cantidad de parámetros que involucra (solo temperatura) y la facilidad de acceder a este para el cálculo de ETP.

A continuación, en la Figura 57 se presenta la estimación de la capacidad máxima de almacenamiento del suelo, necesaria para involucrar la capa del suelo en el balance hídrico, esta variable fue determinada a partir del estudio departamental de suelos de Antioquía disponible a escala 1:100.000. En la estimación, se ponderaron criterios relacionados con la textura de las unidades de suelo, drenaje, profundidad y litología las cuales mediante criterio experto arrojaron unas capacidades de almacenamiento de hasta 150 mm.



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO FASE DE DIAGNÓSTICO

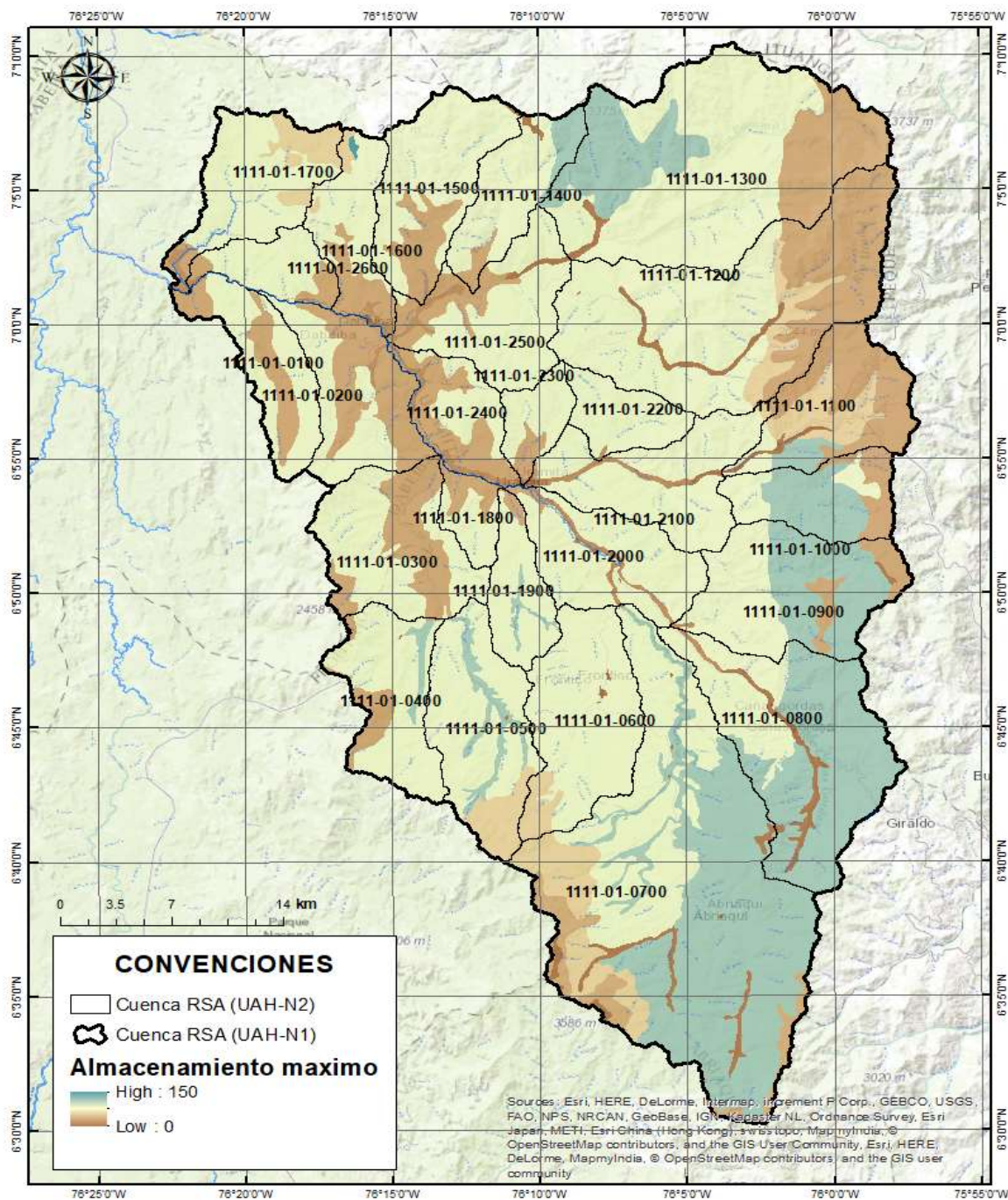
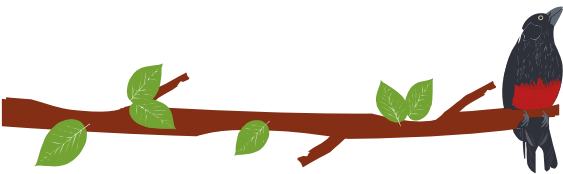


Figura 57. Capacidad máxima de almacenamiento del suelo. Elaboración propia.

Se presentan a continuación los resultados del balance hídrico de largo plazo para las diferentes Unidades de análisis Hidrológico (UAH-1, UAH-2, UAH-3). Las variables de estado son la evapotranspiración potencial, evapotranspiración real, los déficit y excesos, las demás variables (almacenamiento, cambio en el almacenamiento, almacenamiento potencial, etc) se presentan en el *Anexo 3 balance Hídrico largo plazo*





1.4.1 Evapotranspiración Potencial (ETP)

Se presentan los resultados para cada una de las Unidades Hidrológicas mediante el proceso de estadística zonal donde se obtiene el valor medio de la variable en estudio en este caso Evapotranspiración Potencial que compren el área de cada unidad de análisis.

1.4.1.1 UAH-1 Cuenca Río Sucio Alto

Se observa para la variable ETP dos picos en el año, uno en el mes de enero y otro en el mes de julio, lo cual coincide con el comportamiento de la temperatura en toda el área que comprende la unidad hidrológica, se observan valores en un rango de 20 a 33 mm/mes de evapotranspiración potencial.

Tabla 57. Promedio Evapotranspiración Potencial por UHN-1

UAH-1	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-010000	32.63	28.98	28.50	21.17	22.52	25.88	30.05	27.99	23.19	21.77	23.42	27.57	313.67

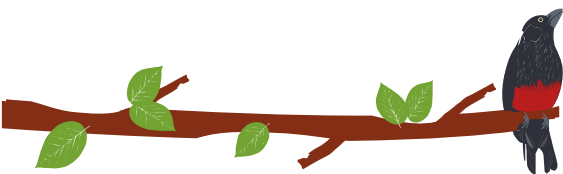
Fuente: Elaboración propia

1.4.1.2 UAH-2 Nivel 2

En las unidades de análisis hidrológico nivel 2, se observa la misma tendencia, en la cual se presentan dos picos en el año que coinciden con el comportamiento de la temperatura, los valores oscilan entre los 19 a 45 mm/mes.

Tabla 58. Promedio Evapotranspiración Potencial por UHN-2

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111010800	30.6	27.1	26.6	19.9	21.2	24.3	28.1	26.2	21.7	20.5	22.0	25.9	294.1
1111010700	27.0	23.8	23.4	17.6	18.9	21.5	24.7	23.0	19.2	18.2	19.5	23.0	259.8
1111010600	32.6	29.0	28.5	21.2	22.5	25.9	30.0	28.0	23.2	21.8	23.4	27.6	313.7
1111010400	30.3	26.9	26.4	19.7	21.0	24.1	27.9	25.9	21.6	20.3	21.8	25.7	291.6
1111010500	31.1	27.6	27.1	20.2	21.5	24.7	28.6	26.6	22.1	20.8	22.4	26.3	299.0
1111010900	31.4	27.8	27.4	20.4	21.7	24.9	28.8	26.9	22.3	21.0	22.6	26.6	301.7
1111011900	33.7	30.0	29.5	21.9	23.2	26.7	31.1	29.0	24.0	22.5	24.2	28.5	324.3
1111012000	39.9	35.6	35.0	25.8	27.2	31.6	36.9	34.4	28.3	26.4	28.5	33.5	383.2
1111011800	40.0	35.7	35.1	25.9	27.3	31.7	37.0	34.5	28.4	26.4	28.6	33.5	383.9
1111010300	36.2	32.2	31.7	23.4	24.8	28.7	33.4	31.1	25.7	24.0	25.9	30.5	347.7
1111011000	30.5	27.0	26.6	19.8	21.1	24.2	28.0	26.1	21.7	20.4	21.9	25.9	293.2
1111012100	37.7	33.6	33.1	24.4	25.8	29.9	34.9	32.5	26.8	25.0	27.0	31.7	362.4
1111012200	34.3	30.5	30.0	22.2	23.6	27.2	31.6	29.5	24.4	22.9	24.6	29.0	329.8
1111012300	34.6	30.8	30.3	22.4	23.8	27.4	31.9	29.7	24.6	23.0	24.8	29.2	332.6
1111012400	41.2	36.8	36.3	26.7	28.1	32.7	38.2	35.6	29.3	27.2	29.4	34.5	396.0
1111011100	28.7	25.3	24.9	18.6	20.0	22.7	26.3	24.5	20.4	19.3	20.6	24.4	275.7
1111010100	45.4	40.7	40.0	29.3	30.7	35.9	42.2	39.3	32.2	29.8	32.3	37.8	435.7
1111010200	43.2	38.6	38.0	27.9	29.3	34.2	40.1	37.4	30.6	28.4	30.8	36.1	414.7



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111012600	49.1	44.1	43.4	31.7	33.1	38.9	45.8	42.7	34.8	32.1	34.9	40.8	471.5
1111012500	38.0	33.8	33.3	24.6	26.0	30.1	35.1	32.7	27.0	25.1	27.2	31.9	364.7
1111011200	29.6	26.2	25.8	19.2	20.6	23.5	27.2	25.3	21.0	19.9	21.3	25.1	284.6
1111011600	37.8	33.7	33.2	24.5	25.8	29.9	35.0	32.6	26.8	25.0	27.0	31.7	363.0
1111011700	39.2	35.0	34.5	25.4	26.8	31.1	36.3	33.8	27.8	25.9	28.0	32.9	376.8
1111011400	30.7	27.2	26.8	20.0	21.3	24.4	28.2	26.3	21.8	20.6	22.1	26.0	295.5
1111011500	32.1	28.5	28.0	20.8	22.2	25.4	29.5	27.5	22.8	21.4	23.0	27.1	308.2
1111011300	27.4	24.2	23.8	17.9	19.2	21.8	25.1	23.4	19.5	18.5	19.8	23.3	263.8

Fuente: Elaboración propia

1.4.1.3 UAH-3 Microcuencas Abastecedoras

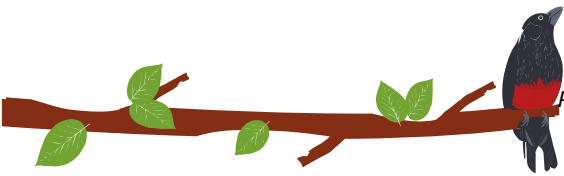
Para el caso de las unidades de análisis hidrológico nivel 3 – cuencas abastecedoras, se mantiene la tendencia, en la cual se presentan dos picos en el año que coinciden con el comportamiento de la temperatura en los meses de enero y julio, los valores oscilan entre los 15 a 36 mm/mes.

Tabla 59. Promedio Evapotranspiración Potencial por UHN-3

UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1111-01-23-01	30.8	27.3	26.8	20.0	21.3	24.4	28.3	26.3	21.9	20.6	22.1	26.1	295.8
1111-01-16-01	34.0	30.2	29.7	22.0	23.4	26.9	31.3	29.2	24.1	22.6	24.4	28.6	326.4
1111-01-09-01	29.0	25.6	25.2	18.8	20.1	23.0	26.6	24.7	20.6	19.5	20.9	24.6	278.5
1111-01-08-02	28.6	25.3	24.9	18.6	19.9	22.7	26.3	24.5	20.4	19.3	20.6	24.3	275.5
1111-01-08-01	29.5	26.1	25.7	19.2	20.5	23.4	27.1	25.2	21.0	19.8	21.2	25.0	283.6
1111-01-07-02	25.2	22.2	21.8	16.4	17.7	20.0	23.0	21.4	17.9	17.0	18.2	21.5	242.4
1111-01-07-01	25.4	22.4	22.0	16.6	17.9	20.2	23.3	21.6	18.1	17.2	18.4	21.7	244.9
1111-01-06-02	30.1	26.6	26.2	19.5	20.8	23.8	27.6	25.7	21.4	20.2	21.6	25.5	289.0
1111-01-06-01	25.8	22.8	22.4	16.8	18.1	20.5	23.6	22.0	18.4	17.5	18.7	22.1	248.8
1111-01-04-01	26.9	23.8	23.4	17.5	18.8	21.4	24.7	23.0	19.2	18.2	19.4	23.0	259.2
1111-01-02-01	36.4	32.4	31.8	23.6	24.9	28.8	33.6	31.3	25.8	24.2	26.1	30.6	349.3

Fuente: Elaboración propia





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO

FASE DE DIAGNÓSTICO

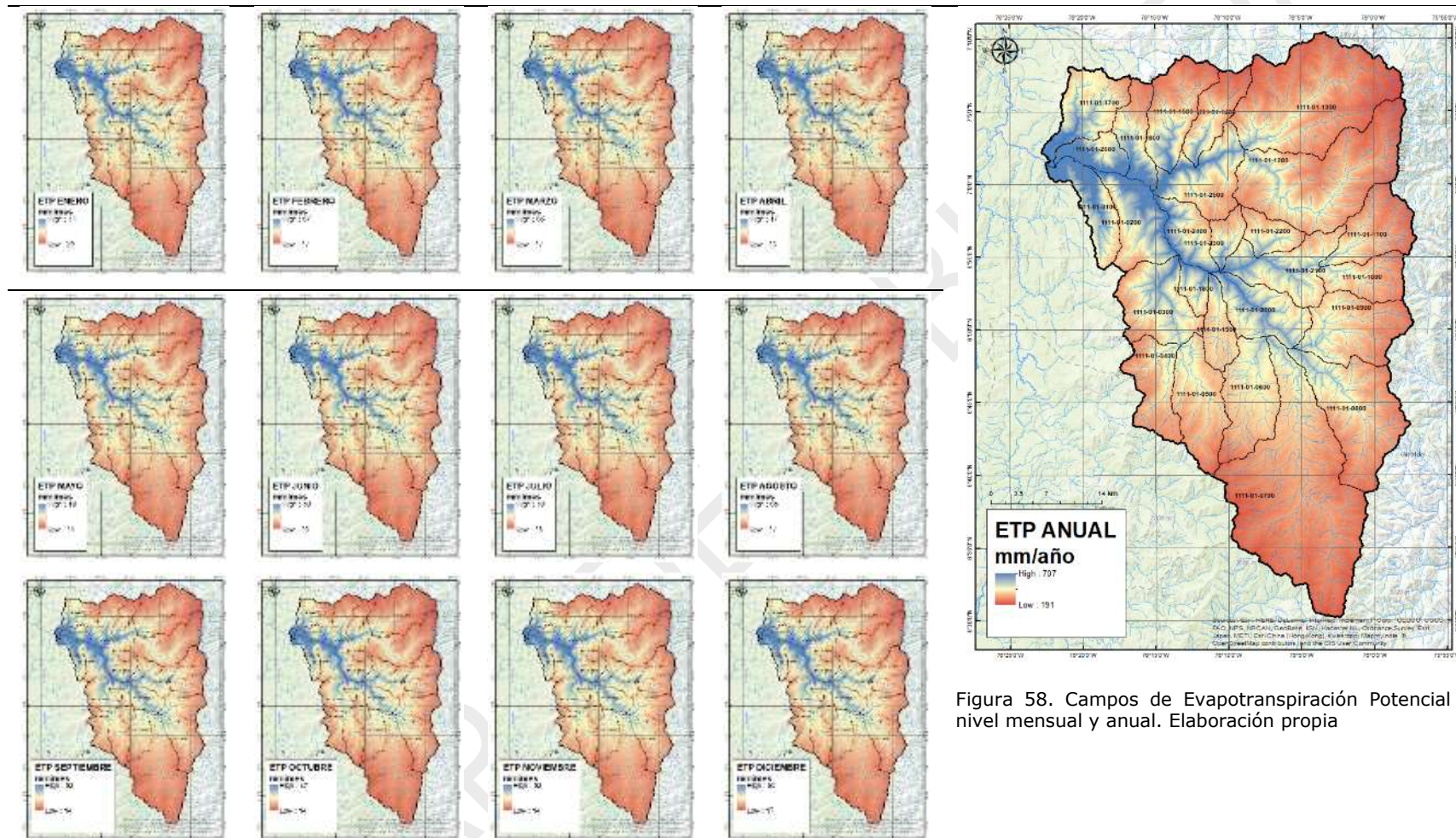
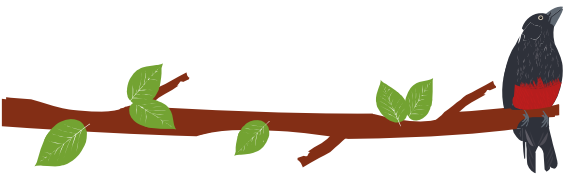


Figura 58. Campos de Evapotranspiración Potencial a nivel mensual y anual. Elaboración propia

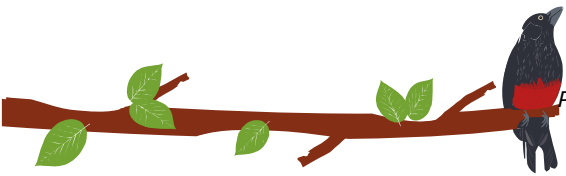


se observa los sectores que presentan mayor evapotranspiración coinciden con los de mayor temperatura, los valores oscilan en un rango de 191 a 707 mm/año

1.4.2 Evapotranspiración Real (ETR)

Para el caso de la variable evapotranspiración real, debido a los altos volúmenes de precipitación que se presentan en la cuenca, acorde a la metodología presentada anteriormente los valores de ETR depende totalmente de la disponibilidad de agua y no puede ser superior a la evapotranspiración potencial, de tal forma que para las UAH nivel 1, nivel 2 y nivel 3 los valores son idénticos a los prestados en el numeral 1.4.1 de Evapotranspiración Potencial.

En la siguiente figura se presenta la distribución espacial de la variable evapotranspiración real, evidenciando las mayores pérdidas en los sectores más bajos de la cuenca donde se presentan las mayores temperaturas, la variable es inversamente proporcional a la temperatura que se presenta anteriormente.



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO

FASE DE DIAGNÓSTICO

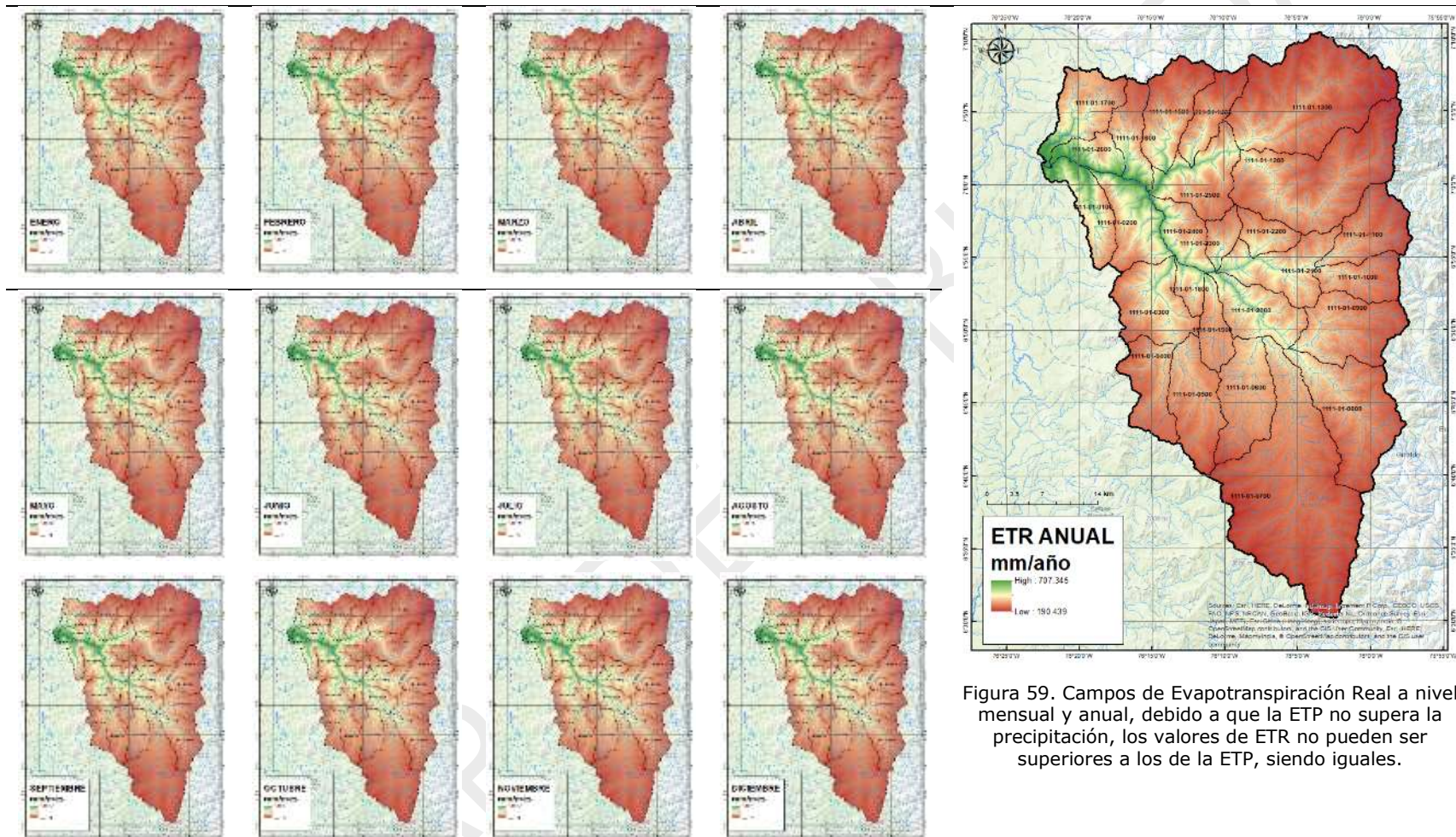
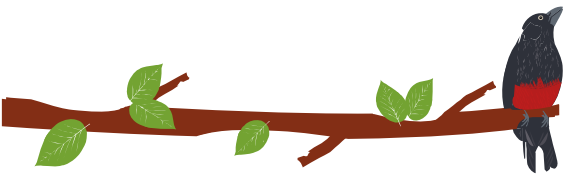


Figura 59. Campos de Evapotranspiración Real a nivel mensual y anual, debido a que la ETP no supera la precipitación, los valores de ETR no pueden ser superiores a los de la ETP, siendo iguales.



1.4.3 Déficit

El déficit se presenta cuando la precipitación es menor que la evapotranspiración potencial, se evapora y transpira toda el agua disponible, para esta cuenca no se presentan valores de déficit, los volúmenes de precipitación superan considerablemente la evapotranspiración, y por el contrario se generan altos excedentes los cuales se presentan en el siguiente numeral.

1.4.4 Excesos

Se presentan los resultados para cada una de las Unidades Hidrológicas mediante el proceso de estadística zonal donde se obtiene el valor medio de la variable en estudio en este caso Excesos que compren el área de cada unidad de análisis.

Para la verificación del balance hídrico se empleó la estación hidrológica Dabeiba Automática, con el fin de comprar los excesos generados con los caudales transformados en lámina de agua, el resultado de la verificación arroja que aproximadamente el balance genera un 17% de sobre estimación en relación con los valores observados, se realizó una confirmación de los valores de brillo solar para la corrección de la evapotranspiración potencial, lo cual indica que la sobreestimación en el balance hídrico puede sugerir aportes considerables de acuíferos de más o menos 300 mm/año

1.4.4.1 UAH-1 Cuenca Rio Sucio Alto

En la Tabla 60 se observa la estadística zonal para la unidad de análisis hidrológico nivel 1, se presentan excesos en todos los meses, siendo los de mayor valor los meses de junio y noviembre, los valores oscilan en un rango de 40 a 250 mm/mes, esto quiere decir que los volúmenes de precipitación son mayores a la evapotranspiración real.

Tabla 60. Promedio Excesos por UHN-1

UAH-1	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1111-010000	44.66	44.66	45.98	97.17	203.04	259.46	195.06	156.90	160.97	203.43	250.42	201.70

Fuente: Elaboración propia

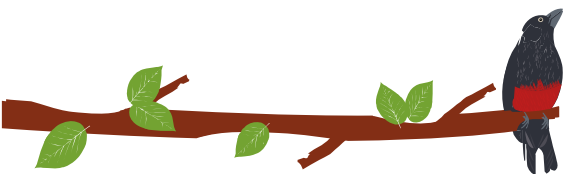
1.4.4.2 UAH-2 Nivel 2

En la Tabla 61 se observa la estadística zonal para las unidades de análisis hidrológico nivel 2, se presentan excesos en todos los meses, siendo los de mayor valor los meses de junio y noviembre en la mayoría de los casos, los valores oscilan en un rango de 40 a 300 mm/mes, esto quiere decir que los volúmenes de precipitación son mayores a la evapotranspiración real.

Tabla 61. Promedio Excesos por UHN-2

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1111-01-0100	38.25	38.25	15.51	67.01	158.35	237.69	195.10	166.66	161.01	182.19	218.57	168.93
1111-01-0200	25.42	25.42	4.51	58.74	146.82	219.65	175.53	143.62	137.89	165.32	205.72	152.86
1111-01-0300	18.62	18.62	1.78	49.34	132.03	200.16	161.60	122.07	122.47	146.69	190.90	142.70
1111-01-0400	53.23	53.23	51.05	97.70	192.55	262.07	218.95	169.24	180.57	196.32	235.78	207.57
1111-01-0500	51.70	51.70	61.35	108.44	215.46	282.72	228.57	172.76	190.04	210.07	253.05	225.03
1111-01-0600	44.02	44.02	66.53	113.26	230.97	290.39	216.58	161.70	190.09	225.73	279.75	241.44
1111-01-0700	69.10	69.10	85.04	141.56	243.89	269.67	183.68	132.92	163.52	213.01	285.70	251.61
1111-01-0800	53.95	53.95	58.07	111.39	213.82	251.85	167.67	128.76	155.40	210.99	294.59	250.70





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

UAH-2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1111-01-0900	37.56	37.56	38.15	99.55	205.24	248.48	178.02	136.76	152.72	211.57	255.13	212.14
1111-01-1000	36.40	36.40	35.61	97.40	207.79	252.69	184.76	146.47	150.02	210.38	247.78	196.05
1111-01-1100	44.62	44.62	58.79	105.94	226.79	272.75	201.12	165.39	157.76	221.96	257.70	199.06
1111-01-1200	45.47	45.47	55.21	100.85	222.30	277.20	207.37	175.03	161.34	219.30	255.70	194.31
1111-01-1300	48.97	48.97	57.81	98.08	219.01	281.52	215.46	190.35	172.16	222.21	255.73	191.22
1111-01-1400	44.58	44.58	41.69	85.21	191.79	263.86	207.98	182.91	167.58	203.91	238.96	179.48
1111-01-1500	46.55	46.55	42.75	82.99	185.79	262.79	210.90	187.32	172.37	202.15	236.66	178.98
1111-01-1600	43.61	43.61	34.09	76.74	175.72	255.56	207.14	182.57	169.89	195.32	230.26	175.10
1111-01-1700	55.16	55.16	46.41	83.32	184.89	273.07	226.81	206.29	192.57	209.78	241.30	188.54
1111-01-1800	12.02	12.02	0.00	50.63	141.14	207.98	162.21	120.79	121.28	152.52	196.69	145.60
1111-01-1900	24.64	24.64	13.33	75.78	174.99	245.73	195.36	146.87	155.28	182.34	223.26	179.89
1111-01-2000	21.52	21.52	13.43	79.45	186.38	247.23	184.40	137.65	149.01	192.46	236.57	189.93
1111-01-2100	26.20	26.20	19.39	82.99	191.45	247.77	183.31	141.82	144.52	195.54	236.71	185.22
1111-01-2200	29.87	29.87	18.90	82.56	189.05	248.29	186.59	148.73	145.16	193.66	233.68	179.03
1111-01-2300	25.38	25.38	6.09	72.10	168.87	233.04	178.88	141.94	137.78	177.81	219.02	164.60
1111-01-2400	18.62	18.62	2.05	59.31	150.68	218.32	169.32	133.58	128.74	163.39	205.51	150.90
1111-01-2500	30.52	30.52	13.78	72.84	173.71	242.24	187.89	156.63	146.50	184.76	223.38	166.13
1111-01-2600	39.22	39.22	20.17	69.03	168.47	251.68	205.18	179.49	169.58	191.58	226.05	173.60

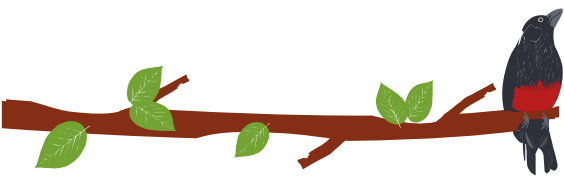
Fuente: Elaboración propia

1.4.4.3 UAH-3 Microcuencas Abastecedoras

En la Tabla 62 se observa la estadística zonal para las unidades de análisis hidrológico nivel 3 correspondiente a las cuencas abastecedoras, se presentan excesos en todos los meses, siendo los de mayor valor los meses de junio y noviembre en la mayoría de los casos, los valores oscilan en un rango de 40 a 300 mm/mes, esto quiere decir que los volúmenes de precipitación son mayores a la evapotranspiración real. En las unidades hidrológicas 23-01 y 16-01 se presentan mayores excesos en el mes de marzo con valores por encima de los 270 mm/mes.

Tabla 62. Promedio Excesos por UHN-3

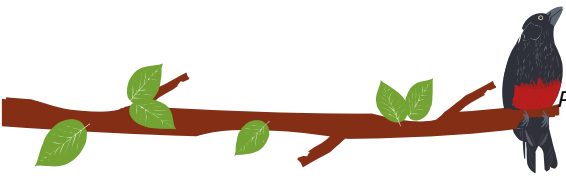
UAH-3	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1111-01-02-01	43.59	43.59	22.48	73.99	164.95	243.24	199.57	172.70	164.35	186.99	223.16	171.57
1111-01-04-01	60.26	60.26	62.56	101.87	195.63	266.31	225.41	177.11	188.22	201.84	239.38	212.85
1111-01-06-01	71.19	71.19	92.26	144.16	256.14	298.26	218.49	161.46	193.74	232.51	295.08	266.93
1111-01-06-02	57.23	57.23	82.11	129.40	245.93	296.65	217.76	161.08	193.49	231.09	290.83	257.21
1111-01-07-01	60.73	60.73	73.55	121.29	216.30	243.14	159.71	113.37	142.32	190.69	267.66	222.87
1111-01-07-02	61.77	61.77	74.46	122.29	217.70	245.26	161.27	114.59	144.00	192.59	270.27	225.91
1111-01-08-01	61.58	61.58	70.43	123.97	227.95	264.24	177.43	132.10	163.57	222.28	299.80	265.65
1111-01-08-02	63.64	63.64	69.85	122.59	225.19	261.56	172.09	130.20	160.44	216.22	307.67	267.40
1111-01-09-01	38.73	38.73	30.92	100.11	206.54	250.09	181.08	141.33	152.55	212.13	252.64	206.87
1111-01-16-01	49.21	49.21	40.61	81.65	180.91	261.94	213.80	190.78	177.11	201.15	235.13	180.05
1111-01-23-01	30.08	30.08	7.09	75.46	171.07	235.80	182.50	147.21	141.67	180.69	221.33	166.60



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

Fuente: Elaboración propia

EN ETAPA DE PUBLICIDAD



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO

FASE DE DIAGNÓSTICO

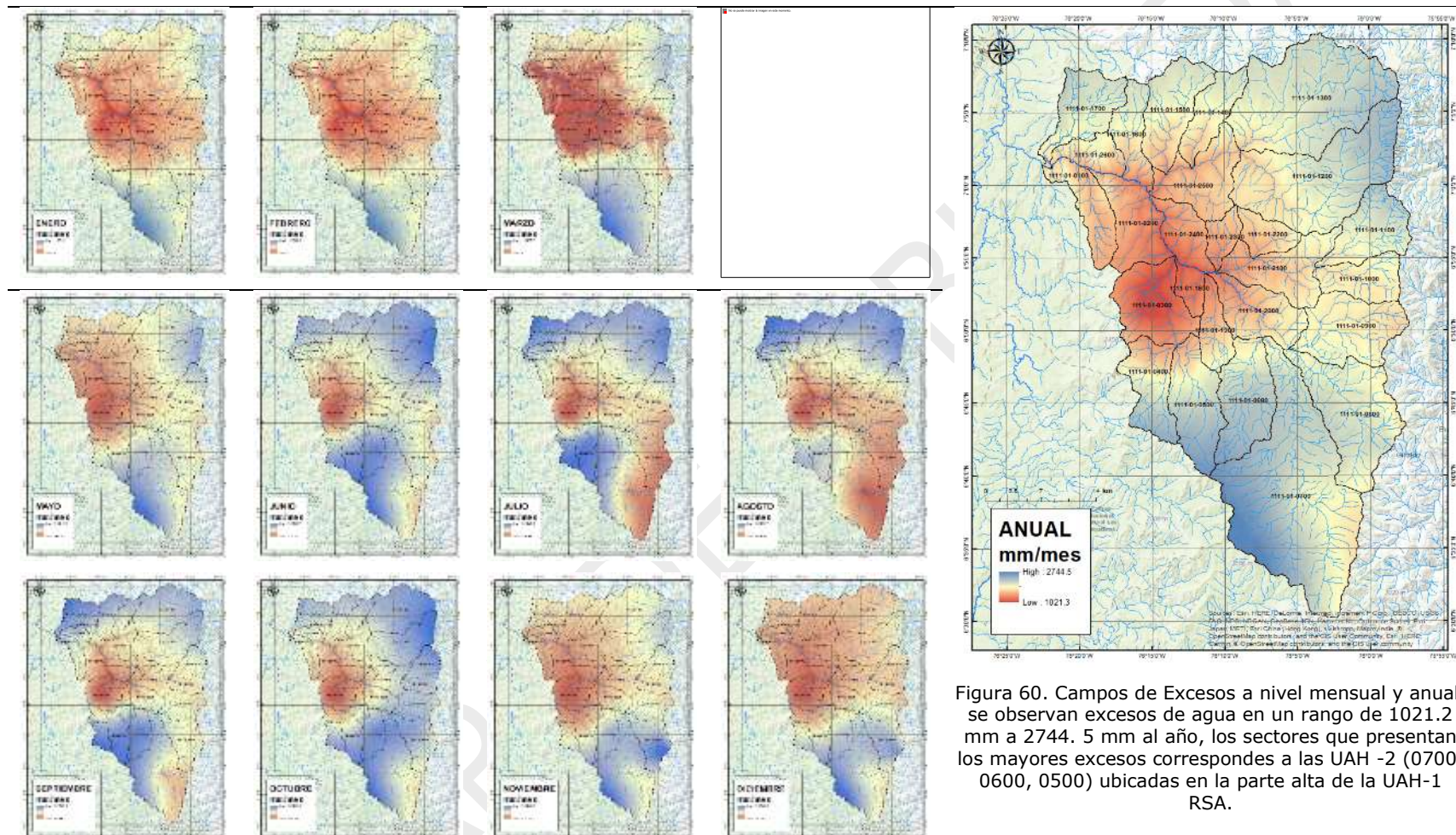


Figura 60. Campos de Excesos a nivel mensual y anual, se observan excesos de agua en un rango de 1021.2 mm a 2744. 5 mm al año, los sectores que presentan los mayores excesos corresponden a las UAH -2 (0700, 0600, 0500) ubicadas en la parte alta de la UAH-1 RSA.

1.5 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE LA CUENCA

La clasificación climática de Caldas-Lang fue establecida por Caldas y aplicada al trópico americano basándose en la variación de la temperatura con la altitud (gradiente térmico vertical). Por su parte, Lang fijó los límites de su clasificación teniendo en cuenta una sencilla relación entre la precipitación y la temperatura. Ninguno de los dos sistemas, separadamente tiene aplicabilidad o funcionalidad aceptable, por lo cual, Schaufelberger en 1962, unificó los dos modelos e implementó el sistema de clasificación climática de Caldas-Lang que, por lo mismo, utiliza el gradiente térmico vertical, que indica los pisos térmicos y la efectividad de la precipitación que muestra la humedad, obteniendo así 30 tipos de clima matemáticamente definidos. Tomado de Boada (Boada, 2011).

La clasificación de Lang, por un lado, considera la precipitación anual en mm (P) y la temperatura media anual en °C (T). Estas dos variables se relacionan mediante el factor de Lang (Cociente entre P y T) dando lugar a seis tipos de clima (Tabla 63):

Tabla 63. Clasificación climática Lang.

Factor de Lang	Clase de clima	Símbolo
0 a 20.0	Desértico	D
20.1 a 40.0	Árido	A
40.1 a 60.0	Semiarido	Sa
60.1 a 100.0	Semihúmedo	Sh
100.1 a 160.0	Húmedo	H
Mayor a 160.0	Superhúmedo	SH

Fuente: Elaboración propia. Modificado de Boada (2011)

La clasificación de Caldas, por otro lado, considera la relación entre la temperatura y la altitud así (Tabla 64):

Tabla 64. Clasificación climática Caldas.

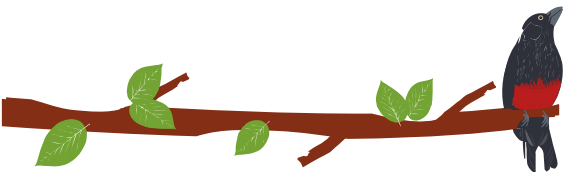
Piso térmico	Símbolo	Rango de altura (msnm)	Temperatura (°C)
Cálido	C	0 a 1000	$T \geq 24$
Templado	T	1001 a 2000	$24 > T \geq 17.5$
Frío	F	2001 a 3000	$17.5 > T \geq 12$
Muy Frío	MF	3001 a 3700	$12 > T \geq 7$
Extremadamente Frío	EF	3701 a 4200	$T < 7$

Fuente: Elaboración propia. Modificado de Boada (2011)

Así pues, la clasificación climática conocida como Caldas – Lang, combina estas dos clasificaciones de manera sencilla para ofrecer como resultado los siguientes 30 tipos climáticos (Tabla 65).

Tabla 65. Clasificación climática Caldas – Lang.

Tipo climático	Símbolo	Tipo climático	Símbolo
Cálido Super húmedo	CSH	Frío Super húmedo	FSH



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

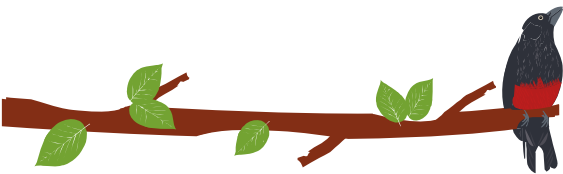
Cálido húmedo	CH	Frío Húmedo	FH
Cálido Semihúmedo	CSH	Frío Semihúmedo	FSh
Cálido Semiárido	CSa	Frío Semiárido	FSa
Cálido Árido	CA	Frío Árido	FA
Cálido Desértico	CD	Frío Desértico	FD
Templado Super húmedo	TSH	Páramo bajo Super húmedo	PBSH
Templado Húmedo	TH	Páramo bajo Húmedo	PBH
Templado Semihúmedo	TSh	Páramo bajo Semihúmedo	PBSH
Templado Semiárido	TSa	Páramo bajo Semiárido	PbSa
Templado Árido	TA	Páramo alto Super húmedo	PASH
Templado Desértico	TD	Páramo alto Húmedo	PAH

Fuente: Elaboración propia. Modificado de Boada (2011)

Así pues, se aplicaron estos dos criterios de clasificación utilizando el modelo de elevación digital y los campos de precipitación media anual y temperatura media anual. De esta forma se obtienen los valores que permiten ser reclasificados según los criterios correspondientes.

A continuación, en la Figura 61 se presenta la clasificación climática para la UAH Rio Sucio Alto, los pisos que cuentan con una mayor área en todo el territorio corresponden a Frío Húmedo, Templado Semi-Húmedo, Templado Húmedo y Cálido Semi-Húmedo.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO FASE DE DIAGNÓSTICO

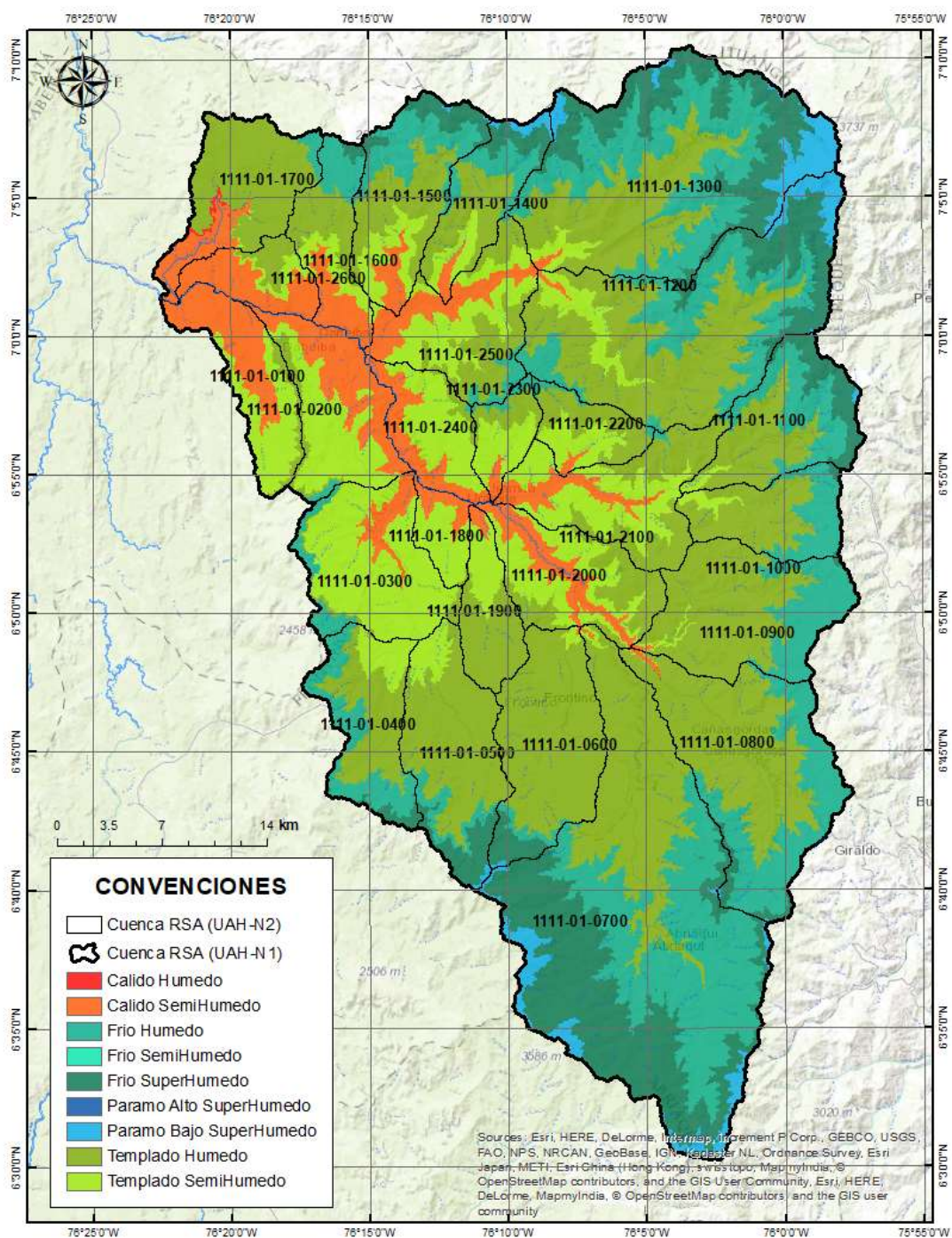
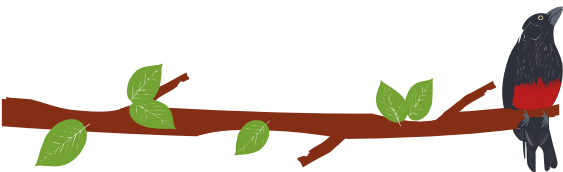


Figura 61. Clasificación climática Caldas- Lang. Elaboración propia.



1.6 ESTIMACIÓN Y ESPECIALIZACIÓN DEL ÍNDICE DE ARIDEZ

El índice de aridez se evalúa a partir de la relación entre la diferencia de la evapotranspiración potencial y real, y, la evapotranspiración en un periodo determinado y permite evaluar la suficiencia o insuficiencia de la precipitación para los requerimientos de los ecosistemas (IDEAM, 2010).

Como resultado se identifican áreas deficitarias o excedentes de agua, utilizando la siguiente ecuación.

$$I = \frac{(ETP - ETR)}{ETP}$$

En donde:

ETP = evapotranspiración potencial media (mm/año),

ETR = evapotranspiración real media (mm/año) derivada del balance hídrico de largo plazo.

Mediante la ecuación ya descrita se obtienen valores entre los rangos mencionados en la siguiente tabla correspondientes a una clasificación de aridez.

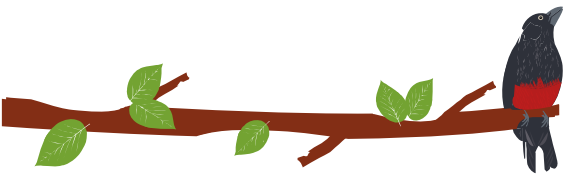
Tabla 66. Categorías del índice de aridez.

Valor	Clasificación
< 0.15	Altos excedentes de agua
0.15- 0.19	Excedentes de agua
0.20-0.29	Moderado y excedentes de agua
0.30-0.39	Moderado
0.40-0.49	Moderado y deficitario de agua
0.50-0.59	Deficitario de agua
> 0.60	Altamente deficitario de agua

Fuente: Elaboración propia a partir de (IDEAM, 2014a)

Se presenta en la Figura 62 la distribución espacial del índice de aridez se observa que el resultado en toda la cuenca sugiere un valor inferior al 0.15, esto quiere decir que la cuenca tiene altos excedentes de agua, la condición se presenta en todo el territorio que comprende la Unidad de Análisis Hidrológico Río Sucio Alto.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

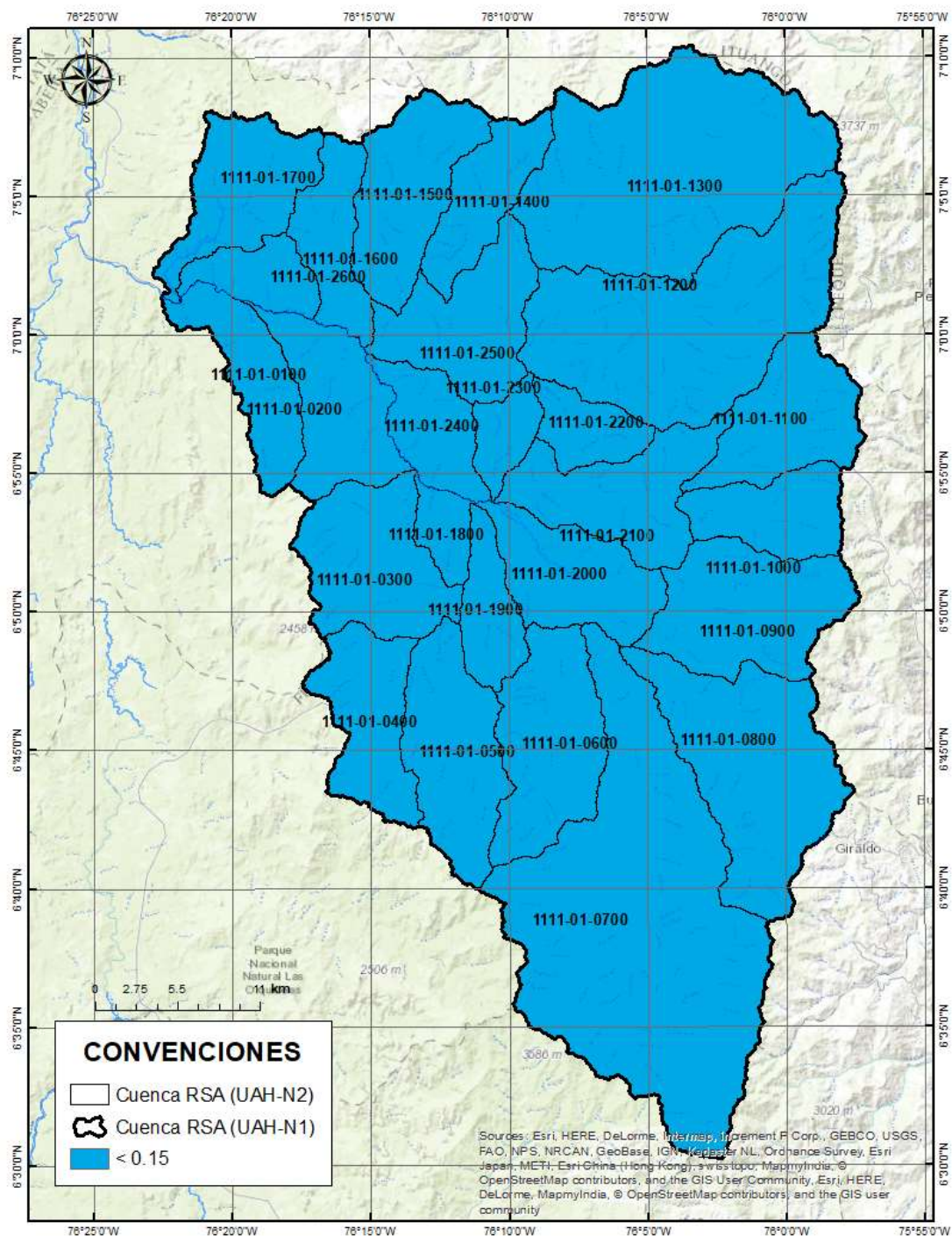
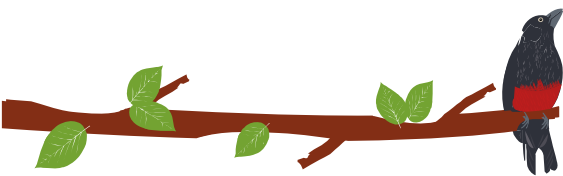


Figura 62. Distribución espacial del índice de aridez UAH – Río Sucio Alto. Elaboración propia





1.7 CONCLUSIONES E IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES DE INFORMACIÓN

Una vez desarrollado el capítulo de caracterización climática de la cuenca de río Sucio Alto y sus unidades de análisis, se destaca los altos volúmenes de precipitación en la zona, no existen correlaciones estadísticamente significativas entre las variables temperatura y precipitación con el ONI y se presentan ciclos de alta humedad en todo el territorio según lo evidenciado por las curvas de diferencias integrales.

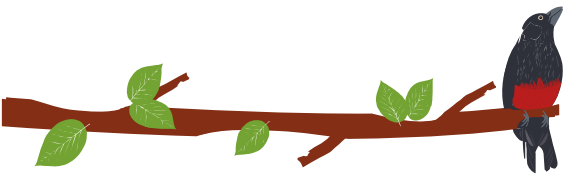
Las estaciones ubicadas al interior de la cuenca RSA (cuyos códigos inician con 1111-x...) presentaron correlaciones significativas con los índices Niño 3-4 y Niño 1+2 en la variable precipitación, y, para la temperatura se incluyen como teleconexiones significativas los índices MEI y SOI. Los rezagos con significancia plantean el potencial uso de estos macro-indicadores en modelos pronóstico de mediano y largo plazo.

Para la ventana temporal de análisis comprendida entre 1980 y 2017, las variables con un relativo mejor monitoreo son la precipitación total y la temperatura, sin embargo, para las variables como brillo solar, humedad relativa, evaporación y velocidad y dirección del viento la red de monitoreo presenta una baja densidad y registros intermitentes e inconsistentes lo cual dificultó el análisis de este componente.

En términos generales el clima en la región se describe así:

- **Precipitación:** el régimen pluviométrico presenta dos periodos de máxima humedad en el año, la primera en el mes de mayo y, la segunda en el mes de octubre, el mes que presenta los menores registros de precipitación corresponde a enero. Las lluvias a nivel anual oscilan en un rango de 1500 mm a 3000 mm, los sectores que presentan mayor pluviosidad corresponden al sector suroccidental de la UAH-RSA.
- **Temperatura:** la temperatura media oscila entre los 6°C a 28°C en las UAH-RSA, en cuanto a la temperatura máxima, a nivel anual se alcanzan valores de 36°C, y en cuanto a los valores mínimos absolutos, el menor valor registrado corresponde a 1°C. Un aspecto relevante en el análisis es la identificación de tendencias crecientes en las temperaturas medias y máximas y decrecientes en las mínimas (a escala anual) ratificando el fenómeno del calentamiento global y el aumento en la variabilidad de la temperatura infiriendo según los resultados, valores mínimos más bajos y máximos de mayor intensidad.
- **Humedad relativa:** Los valores promedios anuales de la humedad relativa oscilan entre el 70 al 80% en las diversas estaciones analizadas.
- **Brillo solar:** Los meses de enero y febrero son los más iluminados en el año, el valor medio es de 164 horas/mes o 5.4 horas día para este bimestre; el máximo valor registrado ha sido 10 h/día de sol. Sin embargo, los valores de brillo son bajos de acuerdo con la disponibilidad potencial de horas luz en estas latitudes. Lo anterior favorece la disminución de las tasas de evapotranspiración aumentando los procesos de escurrimiento superficial y sub-superficial.
- **Velocidad y dirección del viento:** El viento proviene predominantemente del Norte y Sur, las velocidades del viento en su mayoría se encuentran en el rango de los 0.3 a 2.3 m/s.
- **Evapotranspiración Potencial (ETP):** la evapotranspiración potencial fue determinada por el método de Thornthwaite corregido. La corrección se realizó por la posición (latitud) y la cantidad de horas luz a nivel mensual (extrapolada a horas/día), los valores que se obtuvieron oscilan en un rango de 250 a 480 mm/año, siendo los





sectores más bajos en la cuenca los que mayores extracciones al sistema hidrológico presentan.

- **Evapotranspiración Real (ETR):** Del balance hidrológico mensual fue posible obtener la evapotranspiración real según la metodología presentada. La ETR es función de la precipitación y la capacidad de almacenamiento del suelo. Los resultados indican que la ETR es igual a la ETP como consecuencia de los altos volúmenes de precipitación que superan las pérdidas por evapotranspiración potencial.
- **Clasificación Climática:** los pisos climáticos que cuentan con una mayor representatividad en la cuenca RSA son Frio Húmedo, Templado Semi-Húmedo, Templado Húmedo y Cálido Semi-Húmedo.
- **Índice de Aridez:** acorde con los resultados de la caracterización climática y el balance hídrico, la cuenca en toda su extensión presenta altos excedentes de agua dado su alta precipitación y bajas extracciones.

En cuanto a las necesidades de información, todas se sintetizan en la falta latente de estaciones de medición meteorológicas dentro de la cuenca en ordenación. Solo se cuentan con 3 estaciones de monitoreo.

La recomendación derivada de este análisis es el diseño y puesta en marcha de una red local de medición climatológica que responda a las condiciones de variabilidad hidrológica detectadas en la formulación de las unidades de análisis (cuencas nivel 2) y, por lo tanto, a las nuevas condiciones de ordenamiento, en donde se realice monitoreo a variables tales como: la precipitación (a escalas sub-horarias inclusive dada la tendencia a eventos torrenciales), temperatura, humedad relativa, radiación solar, brillo solar, evaporación y velocidad y dirección del viento a escala diaria.