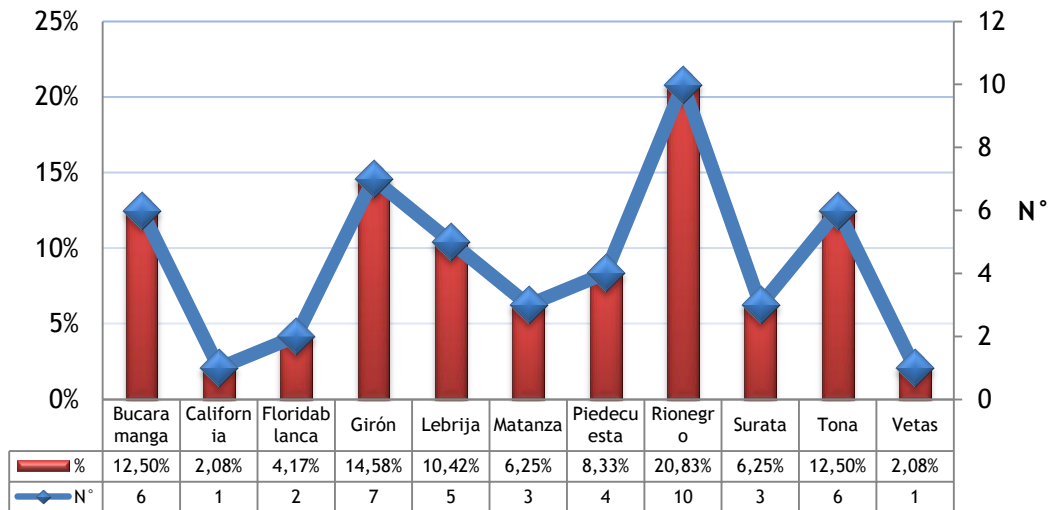


INFORME

CONTRATO No 10074 - 4
ESTUDIO DE ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO EN EL ÁREA DE JURISDICCIÓN DE LA CDMB

Concentración de las estaciones pluviométricas en los diferentes municipios del área de jurisdicción de la CDMB.



Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por el IDEAM 2016.

Consultor: **CABILDO VERDE SABANA DE TORRES**

Bucaramanga, Marzo de 2016

CONTRATO No 10074 - 4
ESTUDIO DE ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO EN EL ÁREA DE JURISDICCIÓN DE LA
CDMB

INFORME No 3

MODELO PLUVIÓMETRO QUE PERMITA CONOCER LA INCIDENCIA DEL CAMBIO
CLIMÁTICO FRENTE AL FENÓMENO DE LAS LLUVIAS EN EL ÁREA DE LA
JURISDICCIÓN DE LA CDMB.

Consultor: **CABILDO VERDE SABANA DE TORRES**

Bucaramanga, Marzo de 2016



Tabla de contenido

Introducción	17
Análisis Pluviométrico	18
Red pluviométrica	18
Período de análisis Pluviométrico	20
Metodología.....	23
Imputación de datos faltantes.....	25
Método multivariado de imputación de datos.....	27
Correlación Ortogonal.....	34
Criterio del valor medio	46
Resultados.....	48
Precipitaciones en los municipios de la jurisdicción de la CDMB.....	50
Municipio de Matanza	50
Municipio de Floridablanca	60
Municipio Piedecuesta	68
Municipio Rionegro	75
Municipio de Vetas	83
Municipio San Juan de Girón.....	90
Municipio Lebrija.....	103
Municipio Surata	119
Municipio Tona	131
Comparaciones entre estaciones observadas	154
Relación entre las precipitaciones y la ubicación geográfica	157
Variaciones observadas en las precipitaciones en el área jurisdicción de la CDMB.....	160
Influencia de El Niño y La Niña en el régimen de precipitaciones en las estaciones analizadas bajo la jurisdicción de la CDMB.....	165
Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año.....	172
Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Matanza.....	175

Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Floridablanca.....	176
Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Piedecuesta.	178
Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Rionegro.	178
Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Vetas.....	179
Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Lebrija.	180
Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Surata.	181
Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio San Juan de Girón.	183
Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Tona.....	184
Resumen gráfico de las precipitaciones en la jurisdicción de la CDMB bajo la influencia de los fenómenos El Niño y La Niña.	187
Conclusiones	204
Bibliografía.....	219
Anexos	220

Índice de tablas

Tabla 1.	Información cronológica suministrada por estaciones.....	21
Tabla 2.	Matriz de correlaciones bivariadas de Pearson para los valores de precipitaciones totales mensuales (mms) en las 17 estaciones homogéneas con información entre los años 1972 y 2015.....	26
Tabla 3.	Resumen de los modelos de regresión múltiples para la imputación de datos faltantes.....	29
Tabla 4.	Valores pronosticados para la estación Berlín [37015020] usando la ecuación de regresión.....	33
Tabla 5.	Valores pronosticados para la estación 23190350 usando la ecuación de regresión	34
Tabla 6.	Imputación de los datos de la estación Galvicia LA [23190400] a partir de la estación 23190300	38
Tabla 7.	Imputación de los datos de la estación Vetas-El Pozo [23190450] a partir de la estación Vivero Surata [23195090].....	38
Tabla 8.	Imputación de los datos de la estación 23190130 a partir de la estación 23190340	39
Tabla 9.	Imputación de los datos de la estación 23190200 a partir de la estación Vivero Surata [23195090]	40
Tabla 10.	Imputación de los datos de la estación Vetas-El Pozo [23190450] a partir de la estación Vivero Surata [23195090].....	41
Tabla 11.	Imputación de los datos de la estación Pantano EL [23190600] a partir de la estación 23190280	43
Tabla 12.	Imputación de los datos de la estación 23190280 a partir de la estación Pantano EL [23190600].....	44
Tabla 13.	Imputación de los datos de la estación Laguna LA [23190260] a partir de la estación Pantano EL [23190600].....	45
Tabla 14.	Imputación de los datos de la estación Piedecuesta GJA [23190700] a partir de la estación 23190280.....	46
Tabla 15.	Imputación de los datos de la estación Vivero Surata [23195090] a usando el criterio del valor medio.....	46
Tabla 16.	Resumen de las metodologías empleadas en la imputación de datos.	47
Tabla 17.	Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Matajira [23190340] ubicada en el municipio Matanza.	52
Tabla 18.	Percentiles para la de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Matajira [23190340] ubicada en el municipio Matanza.....	52

Tabla 19.	Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca.....	62
Tabla 20.	Percentiles de las precipitaciones totales mensuales en Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca, entre 1972 y 2015.....	63
Tabla 21.	Prueba de Duncan de las precipitaciones totales mensuales en Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca, entre 1972 y 2015.	64
Tabla 22.	Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta.....	70
Tabla 23.	Percentiles de las precipitaciones totales mensuales en Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta, entre 1972 y 2015.	70
Tabla 24.	Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro.....	77
Tabla 25.	Percentiles para la de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro.....	78
Tabla 26.	Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Vetas – El Pozo [23190450] ubicada en el municipio Vetas.....	84
Tabla 27.	Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Palo Gordo [23190280] ubicada en el municipio San Juan de Girón.....	91
Tabla 28.	Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón.....	97
Tabla 29.	Percentiles de las precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón, entre 1972 y 2015.	98
Tabla 30.	Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Laguna La [23190260] ubicada en el municipio Lebrija.....	105
Tabla 31.	Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Palmas [23190380] ubicada en el municipio Lebrija.....	112
Tabla 32.	Percentiles de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Palmas [23190380] ubicada en el municipio Lebrija.....	113

Tabla 33.	Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Vivero Surata [23195090] ubicada en el municipio Surata.....	120
Tabla 34.	Percentiles de las precipitaciones totales mensuales en Vivero Surata [23195090] ubicada en el municipio Surata, entre 1972 y 2015.....	121
Tabla 35.	Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Cachiri [23195200] ubicada en el municipio Surata.	126
Tabla 36.	Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Tona [23190130] ubicada en el municipio Tona.	133
Tabla 37.	Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Picacho El [23190300] ubicada en el municipio Tona.	139
Tabla 38.	Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Berlín [37015020] ubicada en el municipio Tona.	145
Tabla 39.	Percentiles de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Berlín [37015020] ubicada en el municipio Tona.	146
Tabla 40.	Comparación de las precipitaciones entre estaciones, usando Análisis de Varianza para medidas repetidas.	156
Tabla 41.	Precipitaciones acumuladas observadas y esperadas por décadas desde 1975 a 2024.	160
Tabla 42.	Precipitaciones acumuladas observadas y esperadas por décadas desde 1980 a 2019	163
Tabla 43.	Comparaciones de los niveles promedio de las precipitaciones bajo la presencia de los fenómenos El Niño y La Niña entre enero de 1972 y enero de 2016.	167
Tabla 44.	Comparaciones de los promedios de precipitaciones totales mensuales registrados por decenios entre 1980 y 2019, excluyendo las meses bajo influencia de los fenómenos El Niño y La Niña.	171
Tabla 45.	Comparación de las PTM medias entre los meses con $INO \leq -0.5$ (La Niña), INO entre -0.4 y 0.4 (Normal) y $INO \geq 0.5$ (El Niño), entre enero de 1972 y junio de 2015.	173
Tabla 46.	Promedio de PTM (mms) observada en los meses del año, en las diferentes estaciones en estudio en ausencia de los fenómenos El Niño y La Niña (Normal).	174
Tabla 47.	Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Matajira.	176
Tabla 48.	Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Galvicia.	176

Tabla 49.	Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Piedecuesta.....	178
Tabla 50.	Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Llano de Palma.....	179
Tabla 51.	Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Vetas-El Pozo.....	179
Tabla 52.	Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación La Laguna.	180
Tabla 53.	Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Palmas.	181
Tabla 54.	Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Vivero Surata.....	181
Tabla 55.	Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Cachiri.....	182
Tabla 56.	Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Palo Gordo.	183
Tabla 57.	Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Pantano El.....	183
Tabla 58.	Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Tona.	184
Tabla 59.	Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación El Picacho.	185
Tabla 60.	Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Berlín.....	186
Anexo 9.	Tabla 62. Comparaciones múltiples de las precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón, entre 1972 y 2015.....	246

Índice de figuras

Figura 1.	Concentración de las estaciones en los diferentes municipios del área de jurisdicción de la CDMB.	19
Figura 2.	Representación geográfica de las estaciones meteorológicas consideradas para la presente investigación.....	20
Figura 3.	Estaciones homogéneas espacialmente próximas, y altamente correlacionadas.....	27
Figura 4.	Gráfico de pronósticos estandarizados vs valores mensuales de precipitaciones observadas.....	32
Figura 5. .	Representación gráfica del TMP acumuladas de Galvicia LA [23190400] (Y) y 23190300 (X).	35
Figura 6.	Representación gráfica del TMP acumuladas de Vetas-El Pozo [23190450] (Y) y Vivero Surata [23195090] (X).	35
Figura 7.	Representación gráfica del TMP acumuladas de 23190130 (Y) y 23190340 (X).....	35
Figura 8.	Representación gráfica del TMP acumuladas de Cachiri [23195200] (Y) y Berlín [37015020] (X).	35
Figura 9.	Representación gráfica del TMP acumuladas de 23190300 (Y) y Berlín [37015020] (X).	36
Figura 10.	Representación gráfica del TMP acumuladas de Pantano EL [23190600] (Y) y 23190280 (X).....	36
Figura 11.	Representación gráfica del TMP acumuladas de 23190280 (Y) y Pantano EL [23190600] (X).....	36
Figura 12.	Representación gráfica del TMP acumuladas de Laguna LA [23190260] (Y) y Pantano EL [23190600] (X).	36
Figura 13.	Representación gráfica del TMP acumuladas de Piedecuesta GJA [23190700] (Y) y 23190280 (X).	36
Figura 14.	Municipio de Matanza resaltado dentro de la jurisdicción de la CDMB.....	51
Figura 15.	Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Matajira [23190340] ubicada en el municipio Matanza, entre 1972 y 2015.	54
Figura 16.	Precipitaciones totales mensuales en la estación Matajira [23190340] del municipio Matanza, entre enero-1972 y julio-015.	55
Figura 17.	Componentes clásicos de la serie de precipitaciones totales mensuales para la estación Matajira [23190340] del municipio Matanza, entre enero-1972 y julio-2015.....	56
Figura 18.	Diagnóstico gráfico para la serie de precipitaciones totales mensuales en la estación Matajira del Municipio Matanza, entre enero-1972 y julio-2015... 57	

Figura 19.	Diagnóstico del modelo ARMA(3,2)(2,0) _{x4} , para la serie	58
Figura 20.	Predicción de precipitaciones totales mensuales en la estación Matajira del Municipio Matanza, usando un modelo ARMA(3,2)(2,0) _{x4}	58
Figura 21.	Diagnóstico del modelo ARMA(3,2)(2,0) _{x4} , para la serie	59
Figura 22.	Predicción de precipitaciones totales mensuales en la estación Matajira del Municipio Matanza, usando un modelo BATS(.122,{0,0},0.875,{84})	60
Figura 23.	Municipio de Floridablanca resaltado dentro de la jurisdicción de la CDMB.	61
Figura 24.	Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca, entre 1972 y 2015.....	63
Figura 25.	Precipitaciones totales mensuales en la estación Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca, entre 1972 y 2015.	65
Figura 26.	Descomposición clásica de la serie de precipitaciones totales mensuales de la estación Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca, entre 1972 y 2015.	66
Figura 27.	Residuos del modelo BATS(0.091,{0,0},0.8,{84}) para la predicción de las precipitaciones totales mensuales en la estación Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca, entre 1972 y 2015.	67
Figura 28.	Predicción de las precipitaciones totales mensuales en la estación Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca, entre 1972 y 2015, usando un modelo BATS(0.091,{0,0},0.8,{84}).....	68
Figura 29.	Municipio de Piedecuesta resaltado dentro de la jurisdicción de la CDMB.	69
Figura 30.	Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta, entre 1972 y 2015.	71
Figura 31.	Precipitaciones totales mensuales en Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta, entre 1972 y 2015.	72
Figura 32.	Descomposición clásica de las precipitaciones totales mensuales en Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta, entre 1972 y 2015.	73
Figura 33.	Diagnóstico del modelo BATS(0.006,{0,0},1,{84}) para estimar las precipitaciones totales mensuales en Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta.....	74
Figura 34.	Pronóstico de las precipitaciones totales mensuales en Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta, usando el Modelo BATS(0.006,{0,0},1,{84}).....	75
Figura 35.	Municipio de Rionegro resaltado dentro de la jurisdicción de la CDMB.	76

Figura 36.	Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro, entre 1972 y 2015.79	
Figura 37.	Precipitaciones totales mensuales en la estación Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro, entre 1972 y 2015	80
Figura 38.	Descomposición clásica de la serie de precipitaciones totales mensuales en la estación Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro, entre 1972 y 2015	81
Figura 39.	Diagnóstico gráfico para la serie de precipitaciones totales mensuales en la estación Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro, entre 1972 y 2015	82
Figura 40.	Pronóstico para las precipitaciones totales mensuales de la estación Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro, entre 1972 y 2020, usando n modelo BATS.	83
Figura 41.	Municipio de Vetas resaltado dentro de la jurisdicción de la CDMB.	84
Figura 42.	Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Vetas – El Pozo [23190450] ubicada en el municipio Vetas, entre 1972 y 2015....	86
Figura 43.	Precipitaciones totales mensuales en Vetas – El Pozo [23190450] ubicada en el municipio Vetas, entre 1972 y 2015.....	87
Figura 44.	Descomposición clásica de la serie de precipitaciones totales mensuales de la estación Vetas – El Pozo [23190450] ubicada en el municipio Vetas, entre 1972 y 2015	88
Figura 45.	Diagnóstico gráficos de los residuos para el modelo BATS(0.165,{0,0},0.8,{72}) para estimar las precipitaciones totales mensuales de la estación Vetas – El Pozo [23190450].	89
Figura 46.	Pronósticos de precipitaciones totales mensuales de la estación Vetas – El Pozo [23190450], del municipio Vetas, usando el modelo BATS(0.165,{0,0},0.8,{72}).....	89
Figura 47.	Municipio San Juan de Girón resaltado dentro de la jurisdicción de la CDMB.	90
Figura 48.	Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Palo Gordo [23190280] ubicada en el municipio San Juan de Girón entre 1972 y 2015.....	93
Figura 49.	Componentes clásicos de la serie de precipitaciones totales mensuales para la estación Palo Gordo del Municipio San Juan de Girón, entre enero-1972 y julio-2015.....	94
Figura 50.	Residuos del modelo BATS(0.411,{0,0},0.961,{84}) ajustado para el pronóstico de las precipitaciones totales mensuales para la estación Palo Gordo del Municipio San Juan de Girón, entre enero-1972 y julio-2015....	95

Figura 51.	Pronóstico de las PTM (mms) de la estación Palo Gordo del Municipio San Juan de Girón, usando un modelo BATS(0.411,{0,0},0.961,{84}).....	96
Figura 52.	Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] y Palo Gordo [23190280], ubicadas en el municipio San Juan de Girón, entre 1972 y 2015.....	99
Figura 53.	Precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón, entre 1972 y 2015.....	100
Figura 54.	Descomposición clásica de la serie de precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón, entre 1972 y 2015.....	100
Figura 55.	Diagnóstico del modelo BATS(0.134,{0,0},1,{240}), para el pronóstico de las precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón	101
Figura 56.	Precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón, entre 1972 y 2020, usando el modelo BATS(0.134,{0,0},1,{240}).....	102
Figura 57.	Precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón, entre 1995 y 2025, usando el modelo BATS(0.134,{0,0},1,{24}).....	102
Figura 58.	Municipio Lebrija resaltado dentro de la jurisdicción de la CDMB.....	104
Figura 59.	Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en estación Laguna La [23190260] ubicada en el municipio Lebrija entre 1972 y 2015.....	106
Figura 60.	Precipitaciones totales mensuales en la estación Laguna La del Municipio Lebrija, entre enero-1972 y julio-2015.....	107
Figura 61.	Diagnóstico gráfico para la serie de precipitaciones totales mensuales en la estación La Laguna La del Municipio Tona, entre enero-1972 y julio-2015.....	108
Figura 62.	Componentes clásicos de la serie de precipitaciones totales mensuales para la estación La Laguna La del Municipio Tona, entre enero-1972 y julio-2015.....	110
Figura 63.	Residuos del modelo BATS(0.342, {0,0},1,{96}), para estimar las precipitaciones totales mensuales para la estación La Laguna La del Municipio Tona.....	111
Figura 64.	Pronóstico para las precipitaciones totales mensuales para la estación La Laguna La del Municipio Tona, usando el modelo BATS(0.342, {0,0},1,{96}).	111

Figura 65.	Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Palmas [23190380] ubicada en el municipio Lebrija entre 1972 y 2015.	114
Figura 66.	Precipitaciones totales mensuales en Palmas [23190380] ubicada en el municipio Lebrija entre 1972 y 2015.	115
Figura 67.	Descomposición clásica de la serie de precipitaciones totales mensuales en Palmas [23190380] ubicada en el municipio Lebrija entre 1972 y 2015. .	116
Figura 68.	Pronóstico del modelo TBATS (0.438, {0,0},0.93,{<36,6>}) sobre precipitaciones totales mensuales en Palmas [23190380] ubicada en el municipio Lebrija entre 1972 y 2015.	117
Figura 69.	Precipitaciones totales mensuales de las estaciones del municipio Lebrija.	118
Figura 70.	Municipio Surata resaltado dentro de la jurisdicción de la CDMB.	120
Figura 71.	Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Vivero Surata [23195090] ubicada en el municipio Surata.	122
Figura 72.	Descomposición clásica de la serie de precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Vivero Surata [23195090] ubicada en el municipio Surata.	123
Figura 73.	Diagnóstico de los residuos del modelo ajustado para predecir precipitaciones totales mensuales en la estación Vivero Surata [23195090] ubicada en el municipio Surata.	124
Figura 74.	Pronóstico de las precipitaciones totales mensuales en la estación Vivero Surata [23195090] ubicada en el municipio Surata, usando el modelo BATS(0.297,{0,0},0.8,{60}).	125
Figura 75 .	Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Cachiri [23195200] ubicada en el municipio Surata, entre 1972 y 2015.	127
Figura 76.	Descomposición clásica de la serie de precipitaciones totales mensuales en Cachiri [23195200] ubicada en el municipio Surata, entre 1972 y 2015. .	128
Figura 77.	Pronóstico de las precipitaciones totales mensuales en Cachiri [23195200] ubicada en el municipio Surata, usando el modelo BATS(0.229,{0,0},1,{48}).	129
Figura 78.	Distribución de las precipitaciones totales mensuales de las estaciones ubicadas en el municipio Surata.	130
Figura 79.	Municipio Tona resaltado dentro de la jurisdicción de la CDMB.	132
Figura 80.	Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en la estación Tona [23190130] ubicada en el municipio Tona, entre 1972 y 2015.	134

Figura 81.	Gráficos de diagnóstico para la serie de precipitaciones totales mensuales en la estación Tona del Municipio Tona, entre enero-1972 y julio-2015. . 135
Figura 82.	Pronóstico de las precipitaciones totales mensuales en la estación Tona del Municipio Tona, entre agosto de 2015 y julio-2015 137
Figura 83.	Pronóstico de las precipitaciones totales mensuales en la estación Tona del Municipio Tona, entre agosto de 2015 y julio-2015, usando un modelo AR(2,4) y un BATS(0,237,{0,1},1,{48}) 138
Figura 84.	Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Picacho El [23190300] ubicada en el municipio Tona, entre 1972 y 2015..... 140
Figura 85.	Precipitaciones totales mensuales para la estación el Picacho, del municipio Tona, entre enero de 1972 y julio de 2015. 141
Figura 86.	Componentes clásicos de la serie de precipitaciones totales mensuales para la estación Picacho [23190300] del Municipio Tona, entre enero-1972 y julio-2015 142
Figura 87.	Diagnóstico gráfico para la serie de precipitaciones totales mensuales en la estación La Picacho del Municipio Tona, entre enero-1972 y julio-2015. 143
Figura 88.	Diagnóstico del modelo AR(p=2, q=3)x12, para la serie..... 144
Figura 89.	Pronóstico para las precipitaciones totales mensuales en la estación Picacho del Municipio Tona, usando el modelo AR(p=2, q=3)x12..... 144
Figura 90.	Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Berlín [37015020] ubicada en el municipio Tona, entre 1972 y 2015..... 147
Figura 91.	Precipitaciones totales mensuales en Berlín [37015020] ubicada en el municipio Tona, entre 1972 y 2015. 148
Figura 92.	Descomposición clásica de la serie de las precipitaciones totales mensuales en Berlín [37015020] ubicada en el municipio Tona, entre 1972 y 2015..... 149
Figura 93.	Diagnóstico de los residuos para el modelo BATS(0.112,{1,2},0.956.{72}).usado en la estimación de las precipitaciones totales mensuales en Berlín [37015020] ubicada en el municipio Tona... 150
Figura 94.	Pronostico para las precipitaciones totales mensuales en Berlín [37015020], del municipio Tona, usando un modelo BATS(0.112,{1,2},0.956.{72}). ... 151
Figura 95.	Precipitaciones totales mensuales de las estaciones del municipio Tona. 152
Figura 96.	Total de precipitaciones acumuladas entre enero de 1972 y julio de 2015 en las diferentes estaciones..... 155
Figura 97.	Relación entre el promedio de PTM con la elevación de la estación. 157
Figura 98.	Relación entre PTM acumulada y la elevación de la estación 157
Figura 99.	Relación entre el promedio de PTM con la longitud de la estación..... 158

Figura 100.	Relación entre las PTM acumuladas con la longitud de la estación.	158
Figura 101.	Relación entre el promedio de las PTM con la latitud de la estación.	158
Figura 102.	Relación entre las PTM acumuladas con la latitud de la estación	158
Figura 103.	Dispersión de las MTP con relación a la latitud de las estaciones.....	159
Figura 104.	Dispersión de las MTP con relación a la longitud de las estaciones.....	159
Figura 105.	Dispersión de las MTP con relación a la elevación de las estaciones.	159
Figura 106.	Variaciones porcentuales de las precipitaciones acumuladas entre 1985-1994 en relación a 1975-1984.....	161
Figura 107.	Variaciones porcentuales de las precipitaciones acumuladas entre 1995-2004 en relación a 1975-1984.....	161
Figura 108.	Variaciones porcentuales de las precipitaciones acumuladas entre 2005-2014 en relación a 1975-1984.....	161
Figura 109.	Variaciones porcentuales de las precipitaciones acumuladas entre 2015-2024 en relación a 1975-1984.....	161
Figura 110.	Variaciones porcentuales de las precipitaciones acumuladas entre 1990-1999 en relación a 1980-1989.....	164
Figura 111.	Variaciones porcentuales de las precipitaciones acumuladas entre 2000-2009 en relación a 1980-1989.....	164
Figura 112.	Variaciones porcentuales de las precipitaciones acumuladas entre 2010-2019 en relación a 1980-1989.....	164
Figura 113.	el Índice Oceánico de <i>El Niño</i> entre 1970 y 2015.....	166
Figura 114.	Precipitaciones medias en los municipios de la Provincia de SOTO, Bajo la Influencia del fenómeno de La Niña, entre enero de 1972 y julio de 2015.	188
Figura 115.	Precipitaciones medias en los municipios de la Provincia de SOTO, en los meses sin influencia de La Niña y El Niño entre enero de 1972 y julio de 2015.....	189
Figura 116.	Precipitaciones medias en los municipios de la Provincia de SOTO, bajo influencia de El Niño entre enero de 1972 y julio de 2015.	190
Figura 117.	Precipitaciones medias en los municipios de la Provincia de SOTO, pronosticadas entre agosto de 2015 y diciembre de 2020.....	191
Figura 118.	Precipitaciones medias, meses de enero bajo diferentes condiciones. ...	192
Figura 119.	Precipitaciones medias en el mes de febrero bajo diferentes condiciones	193
Figura 120.	Precipitaciones medias en el mes de marzo bajo diferentes condiciones	194
Figura 121.	Precipitaciones medias en el mes de abril bajo diferentes condiciones...	195
Figura 122.	Precipitaciones medias en el mes de mayo bajo diferentes condiciones..	196
Figura 123.	Precipitaciones medias en el mes de junio bajo diferentes condiciones..	197

Figura 124.	Precipitaciones medias en el mes de julio bajo diferentes condiciones ...	198
Figura 125.	Precipitaciones medias en el mes de agosto bajo diferentes condiciones	199
Figura 126.	Precipitaciones medias en el mes de septiembre bajo diferentes condiciones	200
Figura 127.	Precipitaciones medias en el mes de octubre bajo diferentes condiciones	201
Figura 128.	Precipitaciones medias en el mes de noviembre bajo diferentes condiciones	202
Figura 129.	Precipitaciones medias en el mes de diciembre bajo diferentes condiciones	203



Introducción

Con el propósito de establecer las posibles variaciones pasadas y futuras de las precipitaciones en el área jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), se procedió al estudio de las precipitaciones totales mensuales de las estaciones meteorológicas localizadas en la región.

Partiendo de 48 estaciones con información en rangos de tiempo variables, valores perdidos e información de variables diferentes, suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), se procedió al estudio de las precipitaciones totales mensuales (mms), encontrando 17 estaciones con información entre enero de 1972 y julio de 2015.

Posterior a la verificación de los métodos disponibles para la imputación de datos con las características de series mensuales de precipitaciones (alta variabilidad), se logró la imputación de los valores perdidos para 14 estaciones, las que finalmente fueron consideradas para la presente investigación.

Los métodos de imputación de datos utilizados fueron de tipo estadístico, como el método multivariante (regresión lineal múltiple), correlaciones ortogonales, y en pocos y pocos datos el método del valor medio (por considerarlo poco apropiado para este tipo de datos).

El análisis de las precipitaciones por estaciones consistió de dos etapas: 1) descripción de las precipitaciones de forma mensual y global, y 2) el estudio y pronóstico de las series de tiempo de las precipitaciones usando métodos estocásticos y dinámicos, con mejores resultados para el segundo método.

Finalmente se mostraron comparaciones de las precipitaciones totales mensuales entre las estaciones estudiadas, incorporado las variaciones en el Índice Oceánico del Niño (INO por sus siglas en inglés) por considerarlo una variante de la influencia del cambio climático sobre las precipitaciones.

Análisis Pluviométrico

Para verificar la información pluviométrica suministrada, en las zonas adyacentes a la Meseta de Bucaramanga se procedió a la explorar y completar de las series de las diferentes estaciones pluviométricas, considerando un periodo de tiempo no inferior a 30 años, lo cual permitirá posteriormente un análisis climático de los datos.

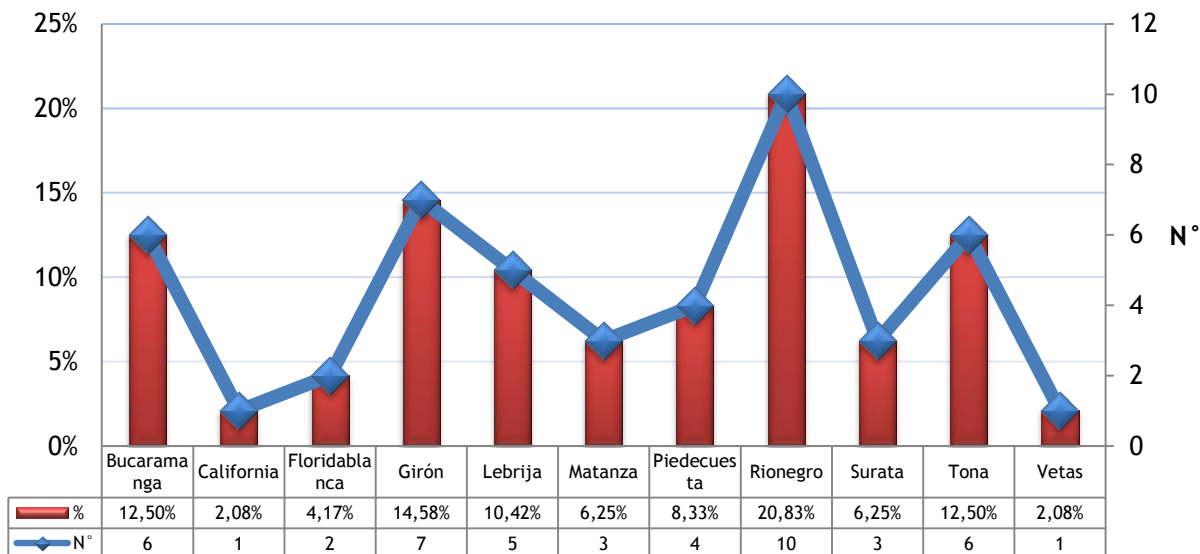
El registro histórico sobre pluviometría suministrado, tiene varias falencias entre las cuales destacan: diferentes períodos de observación, número insuficiente de años observados (series temporales muy cortas), valores perdidos y presencia de valores atípicos. La imputación de datos se logró mediante el uso de diversas técnicas estadísticas, en función de la naturaleza propia de los datos cronológicos, entre las cuales se encuentran en análisis correlaciones de Pearson, modelos de regresión lineal múltiple (RLM), Correlaciones ortogonales, y en pocos casos el método del valor medio.

Red pluviométrica

Para esta investigación, se contó con información de precipitaciones mensuales en 48 estaciones, ubicadas en el área jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

La información fue registrada y suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). El registro de información se llevó a cabo mediante 48 estaciones, de las cuales 6 son Climáticas Ordinarias (CO), 5 Climáticas Principales (CP), 6 Pluviográficas (PG), 29 Pluviométricas (PM), una Sinóptica Principal (SP) y una Sinóptica Secundaria (SS), ubicadas en los alrededores de la meseta de Bucaramanga. Adicionalmente se observó que las estaciones estuvieron presentes principalmente en los Municipios de Rionegro (10), Girón (7), Bucaramanga (6) y Tona (6) como se aprecia en la figura 1.

Figura 1. Concentración de las estaciones en los diferentes municipios del área de jurisdicción de la CDMB.



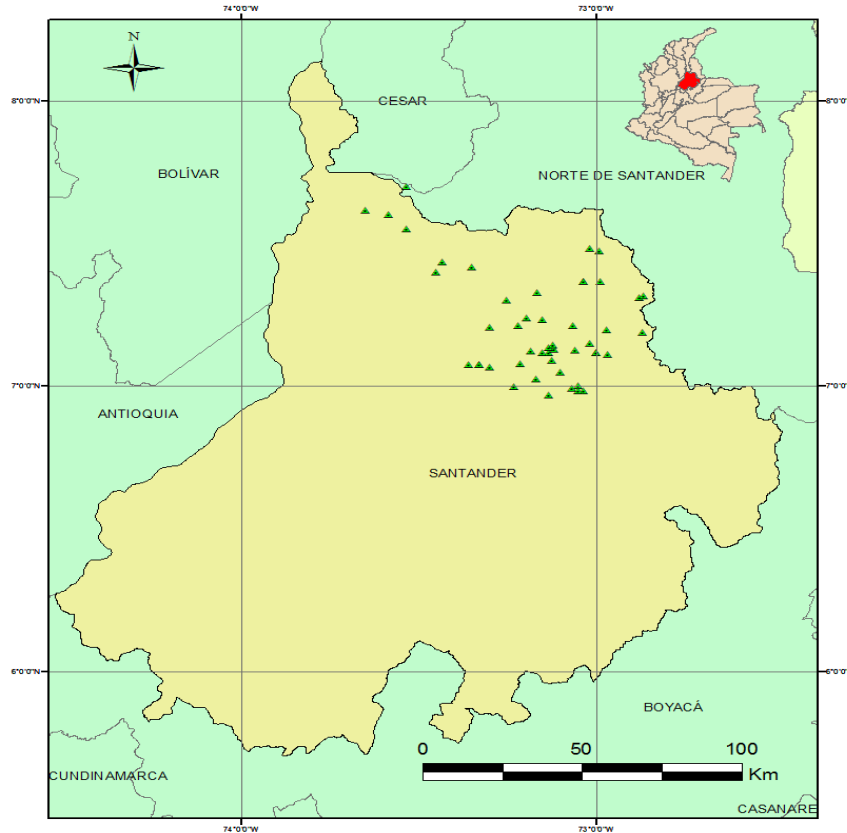
Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por el IDEAM 2016.

California y Vetas fueron los únicos municipios que mostraron la presencia de una única estación pluviométrica.

En la figura 2 se observa la distribución geográfica de las estaciones, dentro del departamento de Santander, de donde se extrajo la información para esta investigación.

Del total de 48 estaciones con información sobre precipitaciones, 46 (95.8%) pertenecen al IDEAM, mientras que las estaciones Matanza [23190370] y Parroquia La [24060010] son registradas por CVM e ICEL respectivamente, pero se encuentran reconocidas e indexadas por el IDEAM.

Figura 2. Representación geográfica de las estaciones meteorológicas consideradas para la presente investigación.



Fuente: elaboración propia

Período de análisis Pluviométrico

Para identificar un período común de registro de la información de pluviosidad, se procedió a tabular la información disponible por estación, la cual se presenta a continuación:

Tabla 1. Información cronológica suministrada por estaciones.

Código	Estación		Pluviometría				Nubosidad			
	Tipo de estación	Municipio	Obs.	Inicio	Fin	Duración	Obs.	inicio	Fin	Duración
20190160	PM	California	X	Ago-58	Jul-72	14				
23190100	PM	Piedecuesta	X	Mar-58	Ago-71	13				
23190120	PM	Matanza	X	Jul-56	Sept-71	15				
23190130	PM	Tona	X	Jun-58	Jul-15	57	X	Mar-96	Dic-00	4
23190200	PM	Surata	X	Nov-59	May-72	13				
23190240	PM	Rionegro	X	Ene-68	Jul-77	9				
23190250	PM	Rionegro	X	Nov-65	Nov-77	12				
23190260	PM	Lebrija	X	Jun-67	Jul-15	48	X	Ene-96	Dic-00	4
23190270	PM	Floridablanca	X	Jul-67	Ago-73	6				
23190280	PM	Girón	X	Jun-67	Jul-15	48	X	Mar-96	Dic-00	4
23190300	PM	Tona	X	Jul-67	May-15	48	X	Mar-96	Sept-00	4
23190310	PM	Rionegro	X	Sept-67	Sept-71	4				
23190330	PM	Piedecuesta	X	Nov-67	Sept-71	4				
23190340	PM	Matanza	X	Nov-67	Ago-15	48	X	Abr-96	Dic-00	4
23190350	PM	Rionegro	X	Nov-67	Jul-15	48	X	Abr-96	Dic-00	4
23190360	PM	Rionegro	X	Nov-67	Jul-15	48	X	Ene-83	Dic-00	17
23190370	PM	Matanza	X	Nov-67	Dic-69	2	X	Nov-67	Dic-69	2
23190380	PM	Lebrija	X	Nov-67	Jul-15	48	X	Oct-96	Dic-00	4
23190400	PM	Floridablanca	X	Ene-68	Jul-15	47	X	Jul-96	Dic-00	4
23190430	PG	Piedecuesta	X	Ene-69	Sept-71	2				
23190410	PM	Tona	X	Jul-68	Oct-71	3				
23190440	PM	Lebrija	X	May-71	Jul-15	44	X	Ene-96	Dic-99	3
23190450	PM	Vetas	X	May-71	Jul-15	44	X	Mar-96	Abr-00	4
23190460	PM	Rionegro	X	May-71	Sept-12	41	X	Mar-96	Dic-00	4
23190470	PM	Rionegro	X	Jul-71	Jul-78	7				
23190550	PM	Rionegro	X	Ene-81	Dic-81	1				
23190570	PM	Rionegro	X	Mar-80	Jul-92	12				
23190590	PG	Bucaramanga	X	Ene-78	Jul-15	37	X	Jun-96	Dic-00	4
23190600	PM	Girón	X	Nov-67	Jul-15	48	X	Mar-96	Dic-00	4
23190690	PM	Tona	X	Nov-67	Ago-69	2				

Código	Estación		Pluviometría				Nubosidad			
	Tipo de estación	Municipio	Obs.	Inicio	Fin	Duración	Obs.	inicio	Fin	Duración
23190700	PG	Piedecuesta	X	Ago-70	May-15	45	X	Jun-96	Dic-00	4
23190800	PM	Bucaramanga	X	Jul-84	Ene-89	5				
23190830	PG	Bucaramanga	X	Nov-96	Jun-15	19	X	Ene-99	Dic-00	1
23195030	SS	Bucaramanga	X	Jun-41	Jul-74	33				
23195040	CP	Bucaramanga	X	Ene-57	Mar-03	46				
23195050	CP	Bucaramanga	X	Ago-68	Jun-71	3				
23195060	CO	Tona	X	Nov-68	Dic-78	10				
23195070	CO	Rionegro	X	Sept-65	Mar-69	4				
23195080	CO	Lebrija	X	May-68	Dic-79	11				
23195090	CO	Surata	X	Sept-68	Dic-14	46				
23195110*	CO	Girón	X	Oct-71	Sept-15	44	X	Oct-71	Sept-15	44
23195130	SP	Lebrija	X	Ago-74	Oct-15	41				
23195200	CO	Surata	X	Jun-71	Ago-15	44				
24060010	PG	Girón	X	Oct-59	May-65	6				
24060070	PG	Girón	X	Ene-61	Feb-11	50				
24065020	CP	Girón	X	Nov-74	Jun-81	7				
24065030	CP	Girón	X	Abr-96	Ago-10	14				
37015020	CP	Tona	X	Sept-69	Jul-15	46				

* En esta estación se tiene información de evaporación, humedad, punto de rocío medio, temperatura media, temperatura máxima, temperatura mínima y tensión de vapor.

Fuente: elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM.

De la tabla anterior se pueden resaltar los siguientes aspectos:

- Sólo la estación Llano Grande [23195110] presentó información de múltiples variables climáticas, con periodos de observación similares en las variables de precipitaciones, temperatura, nubosidad, humedad relativa media (%), punto de rocío medio (oC) y tensión de vapor (Mb).
- La serie de nubosidad sólo aparece 18 estaciones, con información mayoritariamente entre 1996 y 2000 (77,78%) con sólo 4 años aproximadamente de observación, dos estaciones con 2 años de registro, una estación con

22

información entre el 1983 y el 2000 y sólo una estación con información desde octubre de 1971 hasta julio de 2015.

- De las 48 estaciones, considerando el período entre enero de 1972 y julio de 2015, una estación presentan información completa sobre precipitaciones totales mensuales, 9 estaciones tienen entre uno y diez valores perdidos, 3 estaciones presentan entre 10 y 20 datos faltantes. Las restantes 35 estaciones presentan entre 75 y 490 valores perdidos, por lo que se descartan para el análisis ya que no es posible imputar las series de datos.
- Las estaciones Vivero Surata [23195090], Palo Grande [23195110], Portachuelo [23190360] y Naranjo EL [23190440] tienen entre 34 y 47 valores perdidos, y serán incluidas en los análisis de imputación de datos para estudiar la posibilidad de su completación.

De lo anterior, el período de estudio a considerar es enero 1972 a julio de 2015, lo cual implica un período de análisis de 42 años y 7 meses y la variable a ser analizada será las precipitaciones totales mensuales recolectadas en el periodo de estudio de forma mensual por cada estación.

Metodología

Para describir la información del total mensual de precipitaciones (PTM) se utilizaron gráficos de línea con tendencia, diagramas de cajas o bigotes, histogramas, gráficos de probabilidad normal, diagramas de dispersión y medidas de tendencia central y variabilidad (media, medianas y desviación estándar (DE), rango y coeficiente de variación).

Para describir las relaciones entre estaciones sobre PTM, se emplearon matrices de diagramas de dispersión, tablas de correlaciones lineales de Pearson, gráficas doble acumuladas. La imputación de los datos se realizó mediante regresión lineal simple y múltiple (RLM), para los casos los que las estaciones presentaron altas correlaciones con estaciones cercanas, que permitieron un modelo con ajuste adecuado sobre la serie a

imputar. El procesamiento de los datos para esta técnica se llevó a cabo en software libre R-Project.

Las correlaciones ortogonales, se utilizaron para imputar a la estación “Y” cuando los incrementos proporcionales con la estación base “X”, mostraron una tendencia lineal en las gráficas de Doble Acumulación. El procesamiento de esta metodología de imputación se realizó con el apoyo de una herramienta online (de libre acceso) denominada HIDROVLAB.

El método de imputación del valor medio fue usado para las estaciones en que, a pesar de los procedimientos anteriores, aun presentaban valores perdidos. Este método es recomendable en los casos de baja variabilidad, sin embargo en las precipitaciones totales mensuales se observaron valores atípicos, por lo que se procedió a sustituir el valor perdido por la mediana correspondiente al mes a ser imputado, ya que es una medida más estable ante la presencia de valores alejados.

Para identificar los meses con mayor presencia de precipitaciones, se utilizaron pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la verificación de la normalidad, requisito para aplicar Análisis de varianza (ANOVA), para comparación de promedios entre los meses del año, en cada estación en estudio. Las comparaciones a posteriori se hicieron usando el método de Duncan en el caso de varianzas homogéneas, y T3 de Dunett para varianzas desiguales, supuesto que se verificó con el estadístico de Levene.

Para el análisis preliminar de las series de tiempo, se graficaron los datos con gráficos de líneas, correlograma simple y correlograma parcial, gráfico de distribución normal Q-Q Plot, correlograma acumulado y el periodograma, todos ellos, gráficos clásicamente utilizados para el análisis gráfico de series de tiempo (Norman, 2006), que permitirán la identificación del modelo potencial a ser estimado.

Os modelos de series de tiempo considerados en esta investigación van desde modelos estructurales, pasan por modelos de regresión de tipo estocásticos, hasta la aplicación de modelos de series de tiempo dinámicos (BATS y TBAST), con ajuste por el Método de

Máxima Verosimilitud (MLE por sus siglas en inglés) y métodos Bayesianos (Rodríguez Ravines, 2007).

Se examinó la adecuación de cada modelo propuesto en la explicación de las observaciones, a través de los estadísticos Ljung-Box, para determinar la ausencia de autocorrelación de los residuos, el test de Dickey-Fuller para el estudio de raíces unitarias, y el R^2 para establecer el porcentaje de varianza explicada por los modelos, el diagnóstico gráfico de series de tiempo sobre los residuos, y pruebas auxiliares, tales como comparación de promedios y varianza en grupo independientes, tales como t de Student y Levene respectivamente.

Para estabilizar la volatilidad (variabilidad de las precipitaciones totales mensuales), en el caso en donde se presentó este fenómeno, se aplicaron transformaciones de Box-Cox, para estabilizar la varianza y normalizar la distribución de los datos, mejorando así el ajuste de los modelos estimados.

Los análisis relacionados con las series de tiempo y las comparaciones se procesaron usando software libre R-Project versión R-3.1.3.

Finalmente algunos resultados fueron mostrados usando diagramas de mapa, para representar la provincia de Soto. El mapa en formato digital fue suministrado por la CDMB y el procesamiento de las estadísticas descriptivas sobre el mismo se hizo en el software libre de QGIS Desktop 2.14.0.

Imputación de datos faltantes

Para la presente investigación, numerosas estaciones presentaron ausencia de información, en algunos casos, demasiados datos faltantes, por lo que previo al análisis climático, se procedió a la completación de las series.

Para la selección de las estaciones apropiadas para imputar los datos, se procedió a detectar las estaciones mejor correlacionadas y más próximas espacialmente.

Tabla 2. Matriz de correlaciones bivariadas de Pearson para los valores de precipitaciones totales mensuales (mms) en las 17 estaciones homogéneas con información entre los años 1972 y 2015.

	Est23190300	Est23190340	Est23190360	Est23190400	Est23190440	Est23190450	Est23190600	Est23190700	Est23195090	Est23195110	Est23195200	Est23190130	Est23190260	Est23190280	Est23190350	Est23190380	
Est23190340	,674																
Est23190360	,425	,623															
Est23190400	,613	,618	,524														
Est23190440	,531	,576	,630	,488													
Est23190450	,749	,648	,442	,512	,506												
Est23190600	,496	,543	,498	,501	,515	,460											
Est23190700	,383	,526	,537	,516	,455	,398	,582										
Est23195090	,759	,720	,535	,578	,592	,752	,525	,475									
Est23195110	,464	,476	,429	,456	,436	,403	,695	,539	,469								
Est23195200	,769	,677	,453	,579	,514	,764	,512	,454	,856	,438							
Est23190130	,638	,680	,554	,507	,568	,651	,449	,455	,762	,412	,680						
Est23190260	,457	,499	,539	,458	,544	,395	,620	,495	,499	,610	,458	,466					
Est23190280	,390	,425	,386	,423	,382	,375	,655	,573	,384	,624	,393	,320	,530				
Est23190350	,399	,586	,745	,478	,645	,432	,561	,488	,513	,455	,469	,524	,543	,429			
Est23190380	,391	,514	,669	,433	,646	,387	,505	,421	,485	,442	,394	,447	,515	,383	,770		
Est37015020	,805	,596	,340	,576	,453	,789	,485	,393	,730	,442	,813	,596	,434	,379	,378	,340	

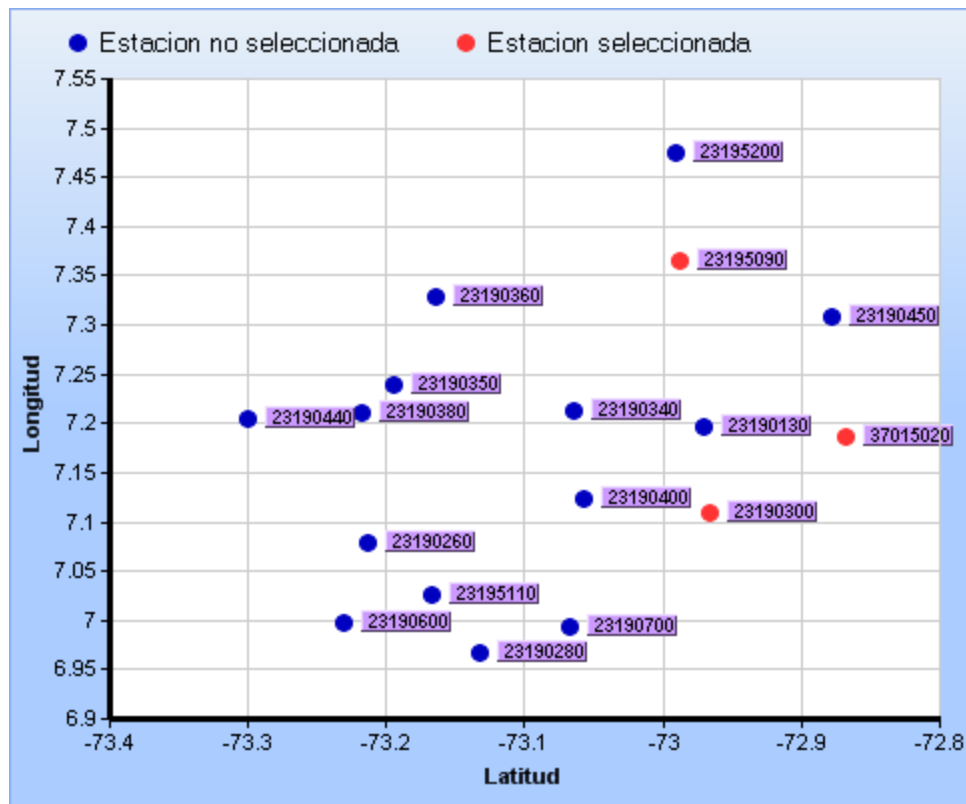
** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2, se observan las estaciones más correlacionadas, con índices de correlación lineal de Pearson superiores a 0.8, entre las cuales destaca la estación de Berlín [37015020] y su relación con Picacho El [23190300] y Cachira Cachiri [23195200], las cuales presentan elevación sobre los 1000msnm, en forma similar, la relación entre las

precipitaciones observadas entre la estación Vivero Surata [23195090] y Cachiri [23195200] es muy fuerte (casi perfecta). Las estaciones Galvicia LA [23190400], 23190440, Piedecuesta GJA [23190700], Laguna LA [23190260] y Palo Gordo [23190280] presentaron correlaciones inferiores a 0.7, con las demás estaciones en estudio. En la figura 3 se muestra la disposición de las estaciones geográficamente, en un plano que representa la latitud y la longitud.

Figura 3. Estaciones homogéneas espacialmente próximas, y altamente correlacionadas.



Fuente: Elaboración propia en el sistema online HIDROVLAB.

Método multivariado de imputación de datos.

Según Barrera (2004), el método multivariado puede ser usado en series homogéneas con bajos niveles de autocorrelación. Este método consiste en detectar las estaciones mayormente relacionadas (correlaciones lineales altas) con la serie a ser completada. Consta de dos etapas: 1) el análisis de las correlaciones lineales entre estaciones y, 2) la verificación de un adecuado ajuste del modelo de regresión lineal a los datos de la serie a imputar.

Es necesario adicionalmente verificar algunos supuestos fundamentales como son la relación lineal entre la variable dependiente (y =serie a imputar) y las variables o series regresoras o independientes (X_i =series bases), asumir que las variables independientes no son aleatorias, los errores o residuos del modelo tienen media igual a cero y varianza igual a 1, homoscedasticidad o varianza homogénea, ausencia de multicolinealidad y no autocorrelación entre los residuos.

La pertinencia del modelo estimado y la verificación de los supuestos de la regresión lineal múltiple, se llevó a cabo mediante pruebas específicas para tal propósito, las cuales se mencionan a continuación:

- *Adecuación del modelo ajustado:* prueba de Bondad de ajuste y prueba t de Student para el contraste de los parámetros del modelo.
- *Normalidad de los residuos:* histograma, gráfico de probabilidad normal y pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov.
- *No autocorrelación:* hace referencia a los efectos de la inercia de una observación a otra que puede indicar la no independencia entre los residuos. Para el diagnóstico de la autocorrelación se utiliza la prueba Durbin-Watson, la cual contrasta la hipótesis nula de no autocorrelación; con valores menores a 1.18 se rechaza la hipótesis nula, con valores mayores a 1.4 no se rechaza, y entre 1.18 y 1.4 no es concluyente la prueba.
- *Homoscedasticidad:* gráficos de pronósticos tipificados vs la variable dependiente (estación a ser analizada).

- No multicolinealidad: principalmente estudiada para tres o más variables explicativas. El diagnóstico se hace a través del factor de inflación de varianzas (FIV) cuando supere el valor 10.

En principio se procedió a verificar las relaciones lineales entre las variables, usando matrices de gráficos de dispersión, adicionalmente a un análisis previo de las correlaciones de Pearson (ver tabla 2).

Se verificó a través de matrices de diagramas de dispersión que las relaciones entre las estaciones comparadas son lineales, en mayor o menor grado (relaciones lineales fuertes y débiles).

En el anexo 1 se presenta la matriz de diagramas de dispersión del total mensual de precipitaciones (TMP), para las 17 estaciones en forma conjunta, en el cual se pueden apreciar las relaciones entre todas las estaciones, sin embargo las relaciones que realmente interesan son las descritas en la tabla 3, en donde se muestran los resultados de las regresiones múltiples, realizadas para la imputación de datos.

Tabla 3. Resumen de los modelos de regresión múltiples para la imputación de datos faltantes.

Estación en análisis	Estaciones base	t de Student		R ²	D-W	FIV
		β	p			
23190300	Constante	18,170	,000	67,70%	1,427	
	37015020	1,235	,000			
	23195090	,409	,000			
	23195200	,043	,526			
23190360	Constante	52,578	,000	56,20%	1,854	
	23190350	,553	,000			
	23190380	,157	,003			
	23195130	,333	,000			
23190440	Constante	1,597	,844	58,40%	1,894	
	23190380	,321	,000			
	23190130	,179	,001			
	23190360	,213	,001			

Estación en análisis	Estaciones base	t de Student		R ²	D-W	FIV	
		β	p				
		23190300	,220	,000		1,785	
		23190260	,196	,007		1,639	
		23190350	,183	,020		3,342	
23190450	Constante		1,419	,626			
		23195200	,774	,000	68,90%	1,484	2,851
		37015020	,273	,000			3,391
		23195090	,078	,082			4,395
23190600	Constante		-3,486	,343			
		23195110	0,317	,000			2,08
		23190280	0,214	,000			1,898
		23190350	0,107	,000	64,10%	1,421	1,66
		23195200	0,102	,000			1,491
		23190260	0,137	,000			1,934
		23190700	0,067	,007			1,892
23190700	Constante		22,940	,000			
		23190600	,207	,002			2,515
		23190360	,209	,000	50,20%	1,706	1,648
		23190280	,322	,000			1,910
		23190130	,098	,002			1,568
		23195110	,150	,042			2,186
23195090	Constante		11,153	,000			
		23195200	0,503	,000	80,4%	1,890	2,806
		23190130	0,213	,000			2,012
		23190450	0,146	,000			2,629
23190130	Constante		9,152	,142			
		23195090	,859	,000	61,30%	2,108	2,088
		23190340	,380	,000			2,088
23190260	Constante		16,282	,000			
		23190600	,514	,000	45,10%	1,87	1,336
		23190360	,212	,000			1,336
23190280	Constante		4,849	,261			
		23190600	,364	,000	51%	1,698	2,214
		23190700	,199	,000			1,609

Estación en análisis	Estaciones base	t de Student		R ²	D-W	FIV
		β	p			
	23195110	,326	,000			2,042
23190350	(Constante)	10,715	,014			
	23190380	,424	,000	65,3%	1,929	1,938
	23190360	,338	,000			1,93
23190380	Constante	6,717	,169			
	23190350	,699	,000	62,50%	2,114	1,552
	23190440	,167	,000			1,552
37015020	(Constante)	9,428	,000			
	23195200	,268	,000	74,30%	1,81	2,444
	23190300	,194	,000			2,444

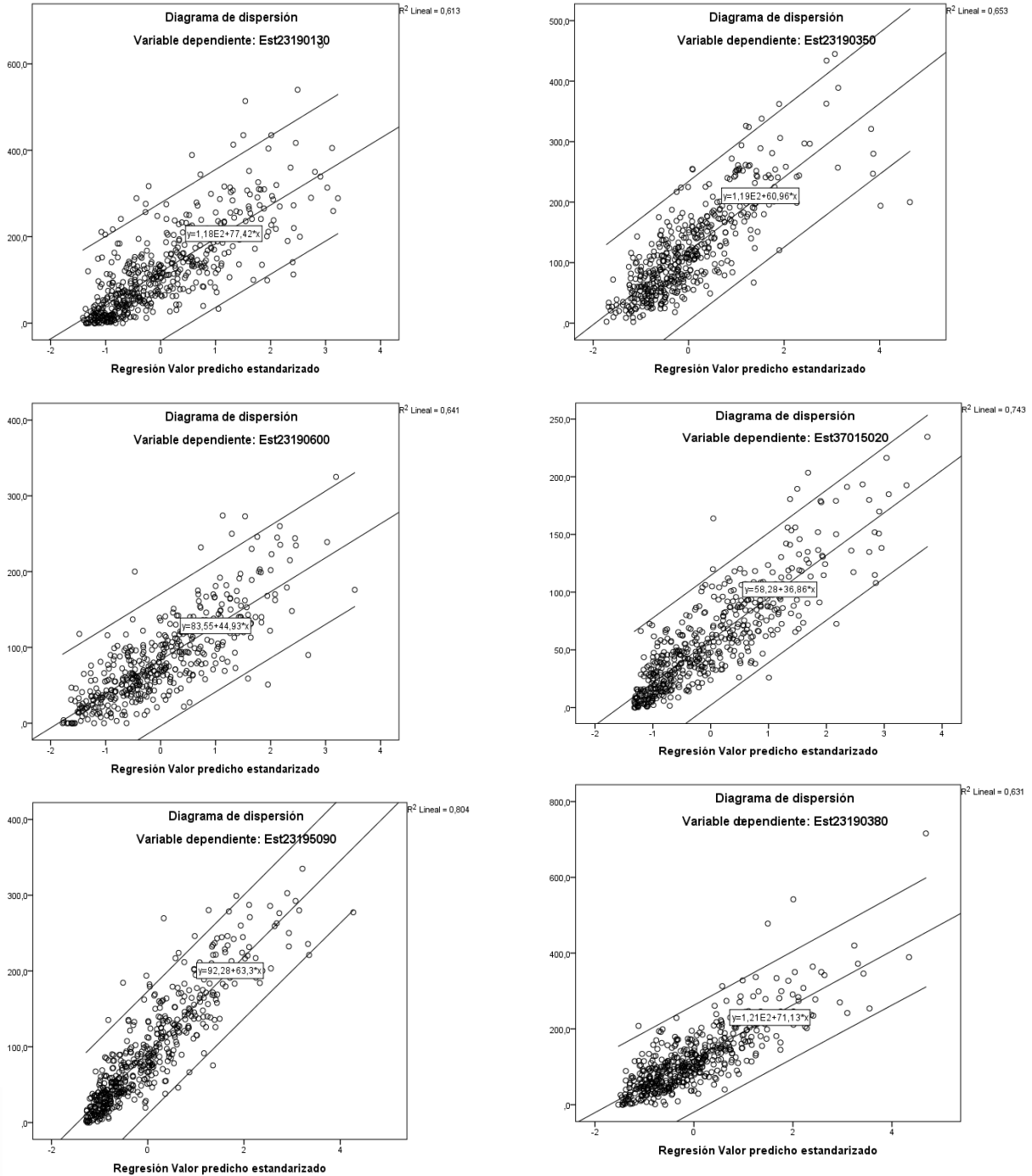
Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Al evaluar las correlaciones, se identificaron las estaciones que potencialmente servirían como potenciales predictores. Al correr los modelos se encontraron estaciones que resultaron significativas (para la prueba t de Student sobre los parámetros) en los modelos propuestos. Los porcentajes de varianza explicada variaron entre 61.9% y el 80.4%, excepto en las estaciones Laguna LA [23190260], Piedecuesta GJA [23190700] y Palo Gordo [23190280] las cuales mostraron 45.1%, 50.2% y 51% de la variabilidad total explicada por los modelos respectivos.

Al estudiar el cumplimiento de los supuestos restantes (multicolinealidad, autocorrelación y homogeneidad de varianza), se observó, en primer lugar, que la prueba Durbin Watson (D-W>1.4) no rechazó la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación, lo que permite afirmar que para todos los modelos de regresión ajustados, este supuesto se cumple.

En ningunos de los modelos ajustados se encontraron valores del FIV superiores o próximos a 10. Lo cual indica ausencia de multicolinealidad o correlaciones muy elevadas entre las estaciones utilizadas como variables predictoras.

Figura 4. Gráfico de pronósticos estandarizados vs valores mensuales de precipitaciones observadas.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En las gráficas anteriores se observa la tendencia de dispersión alrededor de las observaciones predichas y las observadas alrededor de la línea de regresión, es una banda equivalente al gráfico de residuos. Interesa ver una dispersión similar en ambos lados de la curva y que se mantenga constante para todas las estimaciones, y es lo que se presenta en los gráficos anteriores y los demás modelos de regresión.

La imputación de los datos se logró mediante la aplicación de la recta de regresión:

$$y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_{it}$$

Donde, k es el número de estaciones significativas en la regresión, β_0 es la constante de la recta, β_i el cambio de y_t para cada incremento unitario de x_{it} , y este último valor es la observación en el tiempo t para la estación i .

La sustitución de los valores perdidos en la estación Vivero Surata [23195090], se realizó como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4. Valores pronosticados para la estación Berlín [37015020] usando la ecuación de regresión.

Estación	valor perdido	Estaciones asociadas		valor pronosticado
		Cachiri [23195200]	Picacho [23190300]	
Berlín [37015020]	Ene-87	13	30	18,29403
	Nov-98	52,8	88	40,22988

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

A continuación se muestra la imputación de los valores perdidos de la estación Llano de Palmas [23190350] a partir de la recta de regresión, que combina los valores pluviométricos mensuales de las estaciones Palmas [23190380] y Portachuelo [23190360].

Tabla 5. Valores pronosticados para la estación Llano de Palmas [23190350] usando la ecuación de regresión

Estación	valor perdido	Estaciones asociadas		Valores pronosticados
		Palmas [23190380]	Portachuelo [23190360]	
Llano de Palmas [23190350]	Ene-08	128,5	189,4	129,27462
	Ago-01	8	76	39,8247
	Jun-01	47	41	44,51129
	Nov-03	716	433,1	460,76148

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

De forma similar, se logró la imputación de las estaciones Vivero Surata [23195090] (88,24%), Pantano EL [23190600] (41,2%), Palmas [23190380] (87,5%) y Tona [23190130] (88,9%).

El método de regresión múltiple no permitió la imputación de todas las estaciones por lo que se procedió a utilizar otras metodologías.

Correlación Ortogonal

Esta metodología realiza el “análisis de series de datos de precipitación mensual comparando los datos de la estación a rellenar con datos de otras estaciones mediante el gráfico de series temporales, cronograma de los datos de precipitación, ubicación de cada una de las estaciones y comprobando la homogeneidad de las estaciones mediante las curvas de doble masa; para luego, realizar el relleno de datos de precipitaciones por CORRELACIÓN ORTOGONAL” (Pontificia Universidad del Ecuador, Universidad Nacional de Chimborazo, Universidad Técnica Particular de Loja y CEDIA, 2016)

Para el completado de datos se procede inicialmente con la verificación de la estabilidad de la serie en el tiempo, y su relación con la serie base del análisis a partir del método de curvas de doble acumulación.

Para el análisis de doble acumulado, se representan gráficamente las series acumuladas (serie con mayor número de observaciones –serie base- que sirvieron para completar la serie con datos faltantes), lo cual se muestra a continuación:

Figura 5. . Representación gráfica del TMP acumuladas de Galvicia LA [23190400] (Y) y Picacho [23190300] (X).

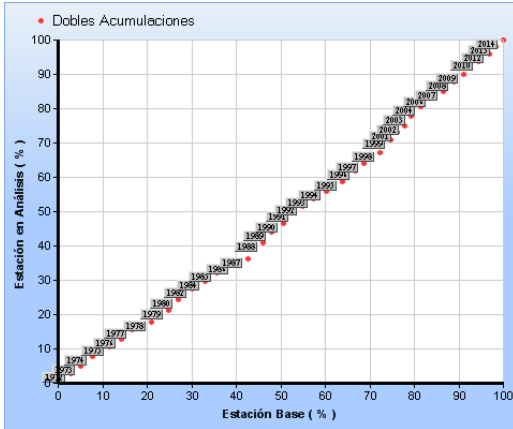


Figura 7. Representación gráfica del TMP acumuladas de Tona [23190130] (Y) y Matajira [23190340] (X).

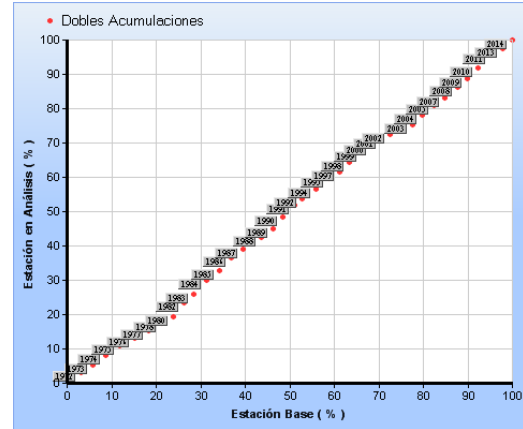


Figura 6. Representación gráfica del TMP acumuladas de Vetas-El Pozo [23190450] (Y) y Vivero Surata [23195090] (X).

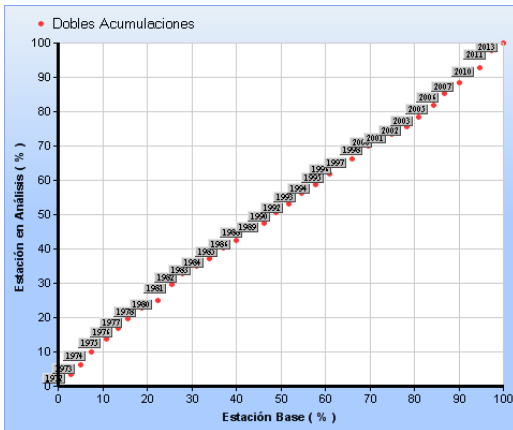


Figura 8. Representación gráfica del TMP acumuladas de Cachiri [23195200] (Y) y Berlín [37015020] (X).

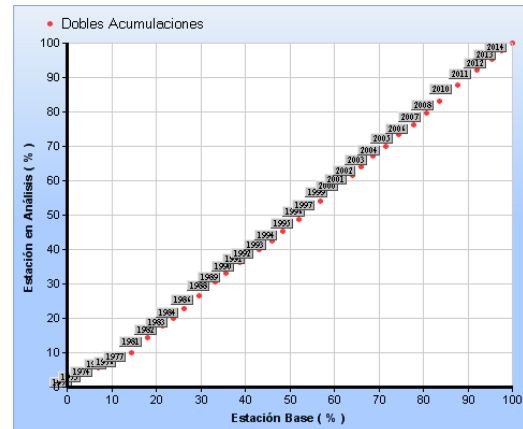


Figura 9. Representación gráfica del TMP acumuladas de Picacho [23190300] (Y) y Berlín [37015020] (X).

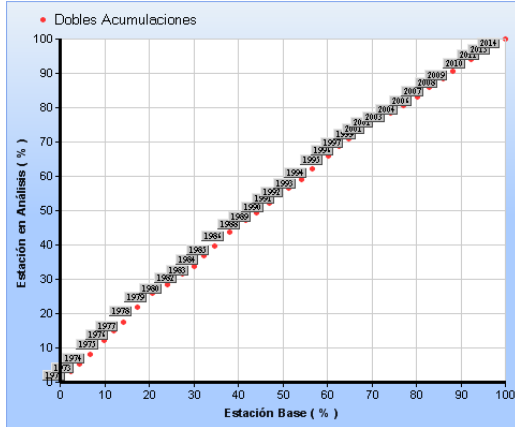


Figura 10. Representación gráfica del TMP acumuladas de Pantano EL [23190600] (Y) y Palo Gordo [23190280] (X).

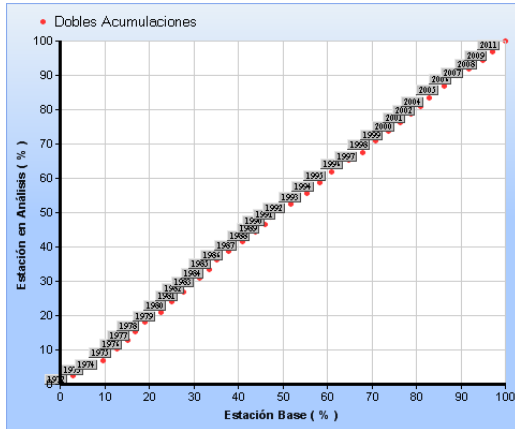


Figura 11. Representación gráfica del TMP acumuladas de Palo Gordo [23190280] (Y) y Pantano EL [23190600] (X).

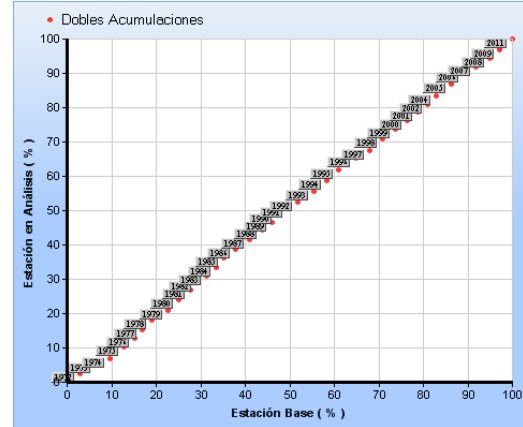
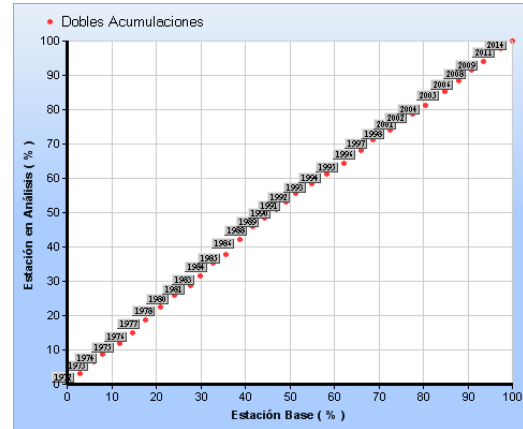
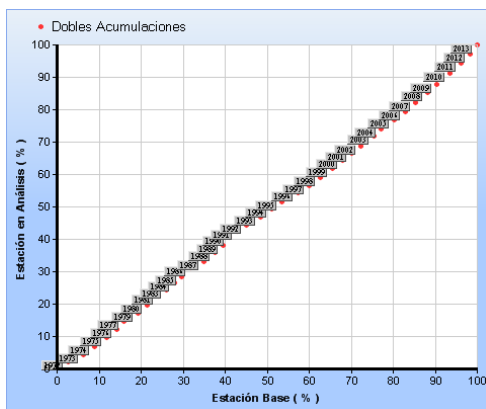


Figura 12. Representación gráfica del TMP acumuladas de Laguna LA [23190260] (Y) y Pantano EL [23190600] (X).



Fuente: Elaboración propia en HIDROVLAB, a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Figura 13. Representación gráfica del TMP acumuladas de Piedecuesta GJA [23190700] (Y) y Palo Gordo [23190280] (X).



Fuente: Elaboración propia en HIDROVLAB, a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En las figuras 5 a 14, las estaciones más próximas geográficamente, y con los mayores coeficiente de correlación lineal de Pearson (ver tabla 2) fueron presentadas en la curva doble acumulada, observando entre ellas una tendencia lineal muy fuerte, con pocos saltos en los incrementos proporcionales entre las variables seleccionadas como base y predictoras. A partir de estos resultados se procedió al cálculo de las ecuaciones ortogonales para la imputación de los datos faltantes, siguiendo el procedimiento mencionado a continuación para cada estación mencionada:

Resultados del Análisis de CORRELACIÓN ORTOGONAL para Galvicia LA [23190400] (Y) y Picacho [23190300] (X).

Media de la Estación base: 129.023517786561
 Media de la Estación en Análisis: 155.906719367589
 Varianza de la Estación base: 9331.44211489791
 Varianza de la Estación en Análisis: 6965.57876907935
 Covarianza: 4942.68557320064
 Coeficiente λ : 13230.78040907

Pendiente de la recta (m): 0.78891085350734

Coeficiente de Correlación de Pearson: 0.613069903966898

Ecuación 1 tramo recto.

Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es mayor que la media (X_m):

$$y = 54.1186658280734 + 0.78891085350734 * x$$

Ecuación 2 tramo parabólico.

Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es menor que la media (Xm):

$$y = 1.20835892589365x^2 - 0.652877912846879x$$

Tabla 6. Imputación de los datos de la estación Galvicia LA [23190400] a partir de la estación Picacho [23190300]

<i>Estación</i>	<i>valor perdido</i>	<i>valor pronosticado</i>
Galvicia LA [23190400]	may-83	235,6
	jun-83	157,5

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se siguió un procedimiento similar para cada una de las series que mostraron correlaciones altas con las estaciones próximas geográficamente.

Resultados del Análisis de CORRELACIÓN ORTOGONAL para Vetas-El Pozo [23190450] (Y) y Vivero Surata [23195090] (X).

Media de la Estación base: 58.2425531914893

Media de la Estación en Análisis: 78.5301740812379

Varianza de la Estación base: 1777.29571340384

Varianza de la Estación en Análisis: 4399.60187482463

Covarianza: 2195.02979916869

Coefficiente λ : 5645.25895920176

Pendiente de la recta (m): 1.76214612086943

Coefficiente de Correlación de Pearson: 0.784971491819148

Ecuación 1 tramo recto.

Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es mayor que la media (Xm):

$$y = -24.1017150946767 + 1.76214612086943 * x$$

Ecuación 2 tramo parabólico.

Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es menor que la media (Xm):

$$y = 1.34832986842193x^2 - 1.30691024662372x$$

Tabla 7. Imputación de los datos de la estación Vetas-El Pozo [23190450] a partir de la estación Vivero Surata [23195090]

<i>Estación</i>	<i>valor perdido</i>	<i>valor pronosticado</i>
-----------------	----------------------	---------------------------

Vetas-El Pozo [23190450]	Oct-87	357,2
	Oct-91	80,4
	Mar-99	14,5
	Dic-09	2,8

Fuente: Elaboración propia.

Resultados del Análisis de CORRELACIÓN ORTOGONAL para Tona [23190130] (Y) y Matajira [23190340] (X).

Media de la Estación base: 79.4186770428015
 Media de la Estación en Análisis: 118.307392996109
 Varianza de la Estación base: 3475.12544883344
 Varianza de la Estación en Análisis: 9728.2292449545
 Covarianza: 3687.01248837984
 Coeficiente λ : 11435.8668198806
 Pendiente de la recta (m): 2.1591305687563

Coeficiente de Correlación de Pearson: 0.634121483719653

Ecuación 1 tramo recto.

Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es mayor que la media (X_m):
 $y = -53.1679003371885 + 2.1591305687563 * x$

Ecuación 2 tramo parabólico.

Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es menor que la media (X_m):
 $y = 1.48966713374423x^2 + 1.44940471589072x$

Tabla 8. Imputación de los datos de la estación Tona [23190130] a partir de la estación Matajira [23190340]

<i>Estación</i>	<i>valor perdido</i>	<i>valor pronosticado</i>
Tona [23190130]	Dic-79	102,6

Fuente: Elaboración propia.

Resultados del Análisis de CORRELACIÓN ORTOGONAL para Cachiri [23195200] (Y) y Berlín [37015020] (X).

Media de la Estación base: 58.06796875
 Media de la Estación en Análisis: 86.5658203124999
 Varianza de la Estación base: 1813.41057556152
 Varianza de la Estación en Análisis: 5918.08072628022
 Covarianza: 2641.94912002564

Coefficiente λ : 7211.18649098284
Pendiente de la recta (m): 2.04310365953184

Coefficiente de Correlación de Pearson: 0.806465763030692

Ecuación 1 tramo recto.

Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es mayor que la media (X_m):

$$y = -32.0730591422056 + 2.04310365953184 * x$$

Ecuación 2 tramo parabólico.

Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es menor que la media (X_m):

$$y = 1.4907671505644x^2 + 1.37050488317933x$$

Tabla 9. Imputación de los datos de la estación Cachiri [23195200] a partir de la estación Vivero Surata [23195090]

Estación	valor perdido	valor pronosticado
Cachiri [23195200]	Abr-1978	207,6
	Abr-1980	173,5
	Ene-1980	22,6
	Feb-1979	33,3
	Feb-1980	302,8
	Mar-1980	65,7
	Nov-2009	66,3
	Sept-1980	157,5
	Sept-1985	83

Fuente: Elaboración propia.

Resultados del Análisis de CORRELACIÓN ORTOGONAL para Picacho [23190300] (Y) y Berlín [37015020] (X).

Media de la Estación base: 57.3148221343873
Media de la Estación en Análisis: 129.503754940711
Varianza de la Estación base: 1786.66893050196
Varianza de la Estación en Análisis: 9328.66518352888
Covarianza: 3222.99759256511
Coefficiente λ : 10518.3263228639

Pendiente de la recta (m): 2.70917279383154

Coeficiente de Correlación de Pearson: 0.789456464761907

Ecuación 1 tramo recto.

Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es mayor que la media (Xm):

$$y = -25.7720018690646 + 2.70917279383154 * x$$

Ecuación 2 tramo parabólico.

Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es menor que la media (Xm):

$$y = 2.25951595273316x^2 + 1.199005827135x$$

Tabla 10. Imputación de los datos de la estación Picacho [23190300] a partir de la estación Berlín [37015020]

<i>Estación</i>	<i>valor perdido</i>	<i>valor pronosticado</i>
	Sept-1981	263,6
	Oct-2000	132
	Ago-2005	84,6
	Abr-2011	475,2
	Ago-2011	294,2
	Dic-2011	68
	Jul-2011	89
Picacho [23190300]	Jun-2011	271,2
	Mar-2011	214,5
	May-2011	434,5
	Nov-2011	232,4
	Oct-2011	213,7
	Sept-2011	209,4
	Jul-2015	163,1

Estación	valor perdido	valor pronosticado
	Jun-2015	217,5
	Sept-1981	263,6
	Oct-2000	132
	Ago-2005	84,6
	Abr-2011	475,2
	Ago-2011	294,2
	Dic-2011	68
	Jul-2011	89
	Jun-2011	271,2
	Mar-2011	214,5
	May-2011	434,5
	Nov-2011	232,4
	Oct-2011	213,7
	Sept-2011	209,4
	Jul-2015	163,1
	Jun-2015	217,5

Fuente: Elaboración propia.

Resultados del Análisis de CORRELACIÓN ORTOGONAL para Pantano EL [23190600] (Y) y Palo Gordo [23190280] (X).

Media de la Estación base: 85.9940476190476
 Media de la Estación en Análisis: 83.3668650793652
 Varianza de la Estación base: 3739.55913123582
 Varianza de la Estación en Análisis: 3098.10582668021
 Covarianza: 2255.22123133976
 Coeficiente λ : 5696.74564406483
 Pendiente de la recta (m): 0.86784679286932

Coeficiente de Correlación de Pearson: 0.662568561153843

Ecuación 1 tramo recto.

Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es mayor que la media (X_m):

$$y = 8.73720664732311 + 0.86784679286932 * x$$

Ecuación 2 tramo parabólico.

Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es menor que la media (X_m):

$$y = 0.969449251286312x^2 + 0.895195691489595x$$

Tabla 11. Imputación de los datos de la estación Pantano EL [23190600] a partir de la estación Palo Gordo [23190280]

<i>Estación</i>	<i>valor perdido</i>	<i>valor pronosticado</i>
Pantano EI [23190600]	Jun-2012	56,8
	Sept-2012	63,1
	Jul-2013	58,6
	Ago-2012	125
	Jul-2012	60,4
	May-2012	99
	Nov-2012	46,7
	Dic-2012	21,6
	Oct-2012	139,8
	Abr-2012	119

Fuente: Elaboración propia.

Resultados del Análisis de CORRELACIÓN ORTOGONAL para Palo Gordo [23190280] (Y) y Pantano EL [23190600] (X).

Media de la Estación base: 83.3668650793652

Media de la Estación en Análisis: 85.9940476190476

Varianza de la Estación base: 3098.10582668021

Varianza de la Estación en Análisis: 3739.55913123582

Covarianza: 2255.22123133976

Coefficiente λ : 5696.74564406483

Pendiente de la recta (m): 1.15227711644097

Coefficiente de Correlación de Pearson: 0.662568561153843

Ecuación 1 tramo recto.

Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es mayor que la media (X_m):
 $y = -10.0676832813263 + 1.15227711644097 * x$

Ecuación 2 tramo parabólico.
 Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es menor que la media (X_m):
 $y = 1.03151351004001x^2 + 1.11707418780804x$

Tabla 12. Imputación de los datos de la estación Palo Gordo [23190280] a partir de la estación Pantano EL [23190600]

Estación	valor perdido	valor pronosticado
Palo Gordo [23190280]	Ene-2014	13,6
	Feb-2014	23,4

Fuente: Elaboración propia.

Resultados del Análisis de CORRELACIÓN ORTOGONAL para Laguna LA [23190260] (Y) y Pantano EL [23190600] (X).

Media de la Estación base: 83.1203557312254
 Media de la Estación en Análisis: 95.698023715415
 Varianza de la Estación base: 3101.27241173116
 Varianza de la Estación en Análisis: 3730.47497633145
 Covarianza: 2151.95494141449
 Coeficiente λ : 5590.7033509707
 Pendiente de la recta (m): 1.15682298515192

Coeficiente de Correlación de Pearson: 0.632675694058874

Ecuación 1 tramo recto.
 Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es mayor que la media (X_m):
 $y = -0.457514328471007 + 1.15682298515192 * x$

Ecuación 2 tramo parabólico.
 Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es menor que la media (X_m):
 $y = 1.15131874585403x^2 + 1.00478081271387x$

Tabla 13. Imputación de los datos de la estación Laguna LA [23190260] a partir de la estación Pantano EL [23190600]

Estación	valor perdido	valor pronosticado
Laguna LA [23190260]	Jun-2000	24
	Jul-2000	22,9
	Dic-1979	60,9
	Dic-1999	95,6
	Mar-2000	70,1
	Abr-2000	100,5
	Jun-2007	64,4
	Ene-2000	109,4
	Abr-1987	121
	Abr-1982	124,5
	Feb-2000	177,7
	May-2000	106

Fuente: Elaboración propia.

Resultados del Análisis de CORRELACIÓN ORTOGONAL para Piedecuesta GJA [23190700] (Y) y Palo Gordo [23190280] (X).

Media de la Estación base: 86.60546875
 Media de la Estación en Análisis: 127.521484375
 Varianza de la Estación base: 3730.12329040527
 Varianza de la Estación en Análisis: 5203.44571029664
 Covarianza: 2527.58667938232
 Coeficiente λ : 7099.53290459121
 Pendiente de la recta (m): 1.33305403200231

Coeficiente de Correlación de Pearson: 0.573718627437957

Ecuación 1 tramo recto.

Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es mayor que la media (X_m):
 $y = 12.0717150643626 + 1.33305403200231 * x$

Ecuación 2 tramo parabólico.

Se utiliza para rellenar valores de Y cuando X es menor que la media (X_m):
 $y = 1.47244147760588x^0.905335833224278$

Tabla 14. Imputación de los datos de la estación Piedecuesta GJA [23190700] a partir de la estación Palo Gordo [23190280]

<i>Estación</i>	<i>valor perdido</i>	<i>valor pronosticado</i>
Piedecuesta GJA [23190700]	Mar-1982	70,5
	Ene-1982	30,8
	Jun-2015	9,6
	Jul-2015	66,2
	Feb-1982	80,4
	Jul-1982	138,7
	Jun-1978	33,8
	May-1982	166,7
	Abr-1982	164

Fuente: Elaboración propia.

Criterio del valor medio

Para imputar los cuatro valores restantes de la serie de pluviometría total mensual en la estación Vivero Surata [23195090], se utilizó el *criterio del valor medio* (Barrera Escobar, 2004), con la particularidad de la presencia de valores alejados o atípicos que alteran la media aritmética, por lo que el reemplazo se hizo por la mediana de PTM para el meses en consideración de la estación Vivero Surata [23195090].

Tabla 15. Imputación de los datos de la estación Vivero Surata [23195090] a usando el criterio del valor medio.

<i>Estación</i>	<i>valor perdido</i>	<i>valor pronosticado</i>
Vivero Surata [23195090]	Dic-2009	55

Dic-1979	55
Feb-1979	42,7
Nov-2009	131,1

Fuente: Elaboración propia.

Un procedimiento similar se llevó a cabo para un valor del mes de junio de 1978 en la estación Palmas [23190380], el cual no fue imputado mediante el modelo de regresión ajustado por ausencia de la observación en las estaciones bases.

La estación Llano Grande [23195110], además de información sobre precipitaciones, también recolectó información de evaporación, humedad, punto de rocío medio, temperatura media, temperatura máxima, temperatura mínima y tensión de vapor, con la particularidad que las variables con altos niveles de correlaciones tienen una baja tasa de coincidencia de valores observados con los valores perdidos de la serie a completar (TMP).

Las estaciones Portachuelo [23190360] y Naranjo EL [23190440] se descartan para el análisis por presentar bajas correlaciones con las otras estaciones observadas y bajas tasas de concordancia o coincidencia.

Tabla 16. Resumen de las metodologías empleadas en la imputación de datos.

<i>Estación</i>	<i>Perdidos</i>	<i>Imputados por RLM</i>	<i>Correlación Ortogonal</i>	<i>Criterio de valor medio</i>
Tona [23190130]	9	8 (88,9%)	1 (11,1%)	
Laguna La [23190260]	12		12 (100%)	
Palo Gordo [23190280]	2		2 (100%)	
Picacho El [23190300]	15		15 (100%)	
Matajira [23190340]	0	-	-	

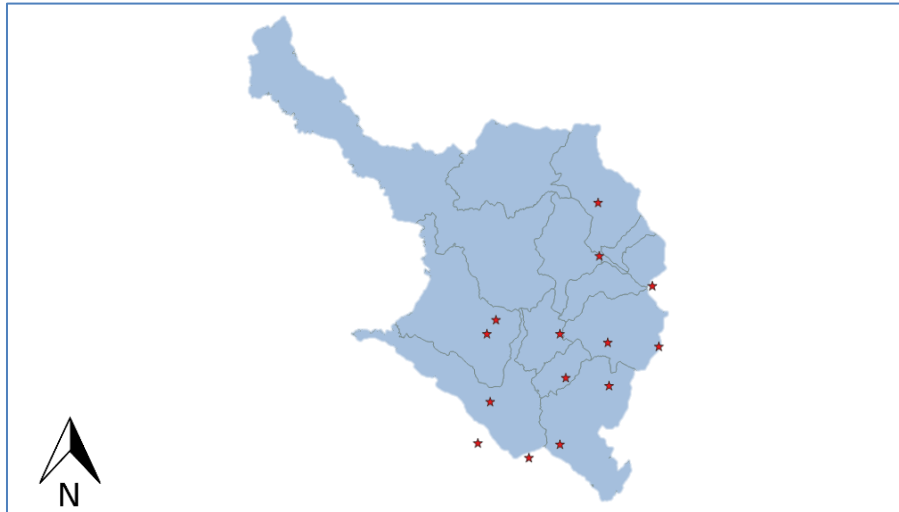
<i>Estación</i>	<i>Perdidos</i>	<i>Imputados por RLM</i>	<i>Correlación Ortogonal</i>	<i>Criterio de valor medio</i>
<i>Llano De Palmas [23190350]</i>	4	4 (100%)		
<i>Palmas [23190380]</i>	8	7 (87,5%)		1 (12,5%)
<i>Galvicia La [23190400]</i>	2		2 (100%)	
<i>Vetas-El Pozo [23190450]</i>	4		4 (100%)	
<i>Pantano El [23190600]</i>	17	7 (41,2%)	10 (58,8%)	
<i>Piedecuesta Gja [23190700]</i>	9		9 (100%)	
<i>Vivero Surata [23195090]</i>	34	30 (88,24%)		4 (11,76%)
<i>Cachiri [23195200]</i>	9		9 (100%)	
<i>Berlin [37015020]</i>	2	2 (100%)		

RLM: regresión lineal múltiple

Fuente: Elaboración propia.

En municipio con la el mayor número de estaciones incluidas en el estudio fue Tona, con tres estaciones, seguido de Girón, Lebrija y Surata, con dos estaciones cada uno. Los municipios de Floridablanca, Piedecuesta, Matanza, Rionegro y Vetas están representados por una estación cada uno. Los municipios de Bucaramanga y California no presentan información completa en el periodo de estudio, mientras que El Playón y Charta no tienen registros de precipitaciones que se encuentre avalado por el IDEAM.

Figura 14. Estaciones incorporadas en el estudio, en la Provincia de Soto, Santander.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observa que los municipios sin representación son 4, Bucaramanga, California, Charta y El Playón. Bucaramanga tienen estaciones muy próximas que permitirán verificar la estructura pluviométrica en sus cercanías.

Resultados

Los resultados se muestran por municipios pertenecientes a la jurisdicción de la CDMB (excepto Bucaramanga, El Playón, California y Charta), dentro de los cuales se puede contar con información de una, dos y hasta tres estaciones pluviométricas.

Dentro de cada estación se describen las precipitaciones totales mensuales, con el propósito de conocer el comportamiento estacional general, las variaciones de las precipitaciones entre los meses del año, y las diferencias significativas entre éstos. Posteriormente se describen las series de tiempo, el ajuste al modelo propuesto y patrón de los pronósticos.

Las precipitaciones se comparan por décadas entre 1972 y 2019, considerando los pronósticos en base a los modelos propuestos, y finalmente se estudia la influencia de las alteraciones del Índice Oceánico del Niño (INO) sobre los niveles de precipitaciones en las diferentes estaciones, y durante los Meses del año.

Precipitaciones en los municipios de la jurisdicción de la CDMB.

Municipio de Matanza

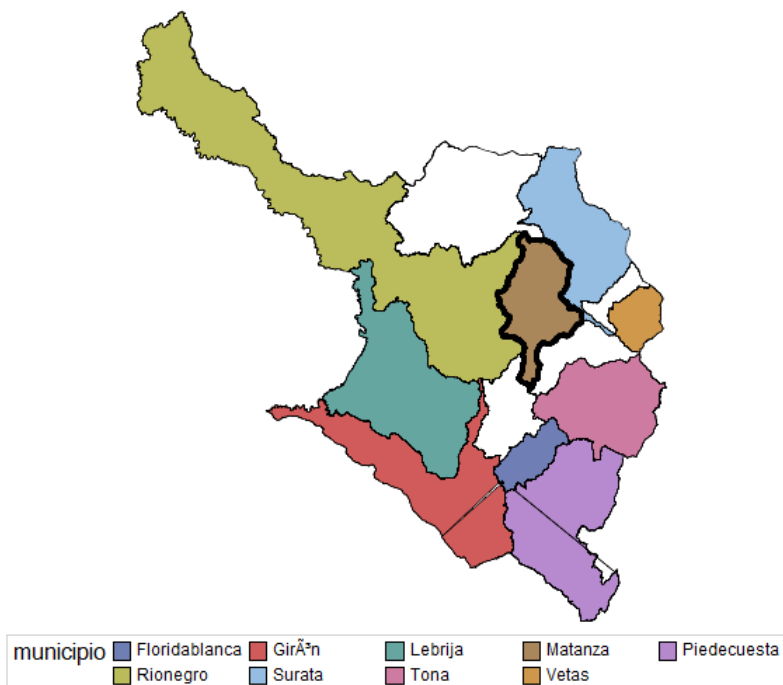
El municipio de Matanza se encuentra dentro de la Provincia de Soto, entre los municipios de El Playón (norte), Surata (Oriente), Charta (Oriente) y Rionegro (Occidente) y Bucaramanga (Sur).

Es una zona montañosa, con una elevación en la cabecera del municipio de 1550msnm, su extensión total es de 24.707Ha.

Según la información suministrada por el IDEAM, en este municipio tres estaciones han registrado información sobre la pluviometría, pero sólo la estación Matajira [23190340], ubicada a 996 msnm, reúne las condiciones para ser incorporada en el estudio.

Las cuatro áreas del mapa que se encuentran en blanco (ver figura 15), hacen referencia a los municipios que pertenecen a la jurisdicción de la CDMB que no se encuentran representadas dentro de esta investigación, por falta de información sobre precipitaciones dentro del periodo de estudio.

Figura 15. Municipio de Matanza resaltado dentro de la jurisdicción de la CDMB.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por la CDMB.

Estación Matajira [23190340] ubicada en el municipio Matanza.

En la estación Matajira [23190340] del municipio Matanza se observó alta variabilidad de las precipitaciones en los meses de junio y julio con coeficientes de variación (CV) superiores al 100%, enero y diciembre tienen en promedio las precipitaciones más bajas con 40,5mms y 44,3 mms respectivamente. Los valores promedio más elevados se presentaron en los meses de octubre, abril, mayo y noviembre todos con valores superiores a 100mms. Los meses con PTM menores fueron enero y diciembre.

Tabla 17. Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Matajira [23190340] ubicada en el municipio Matanza.

Mes	Media	Mediana	±DE	CV%	Mínimo	Máximo	Suma	Percentil 05	Percentil 95
Ene	40,5	40,4	27,4	68%	0	102	1783,6	3,0	93,9
Feb	62,7	61,3	53,9	88%	0	284,3	2759,9	3,1	139,7
Mar	86,3	83,2	56,3	68%	5,6	215,7	3796,2	14,5	182,5
Abr	113,2	102,2	63,1	62%	24,9	280,7	4982,6	35,1	238,0
Mayo	111,0	106,9	43,3	41%	24,1	209,7	4885,3	36,0	185,4
Jun	61,1	45,6	80,0	176%	11,1	536	2687,2	15,0	121,0
Jul	38,3	28,5	35,2	124%	10,7	233	1683,2	13,0	71,3
Ago.	62,8	64,4	35,2	55%	7,5	157	2698,6	9,7	128,0
Sept	91,1	86,7	43,7	50%	22,3	209,2	3919,2	26,7	163,5
Oct	141,7	136,0	53,9	40%	41,9	303	6092,9	84,0	230,5
Nov	101,4	104,0	49,2	47%	25	189	4360,6	32,0	175,4
Dic	44,3	39,3	32,1	82%	2	159	1903,1	10,1	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En la tabla 18 se presentan los percentiles de las precipitaciones totales de la estación Matajira. 68.8mms de PTM fue la mediana para la estación en los años observados, y el 90% de las precipitaciones mensuales estuvo por debajo de 158,64mms, lo cual en otras estaciones puede representar el promedio, esto posiciona a la estación Matajira entre las estaciones con bajos niveles de precipitaciones.

Tabla 18. Percentiles para la de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Matajira [23190340] ubicada en el municipio Matanza.

Percentiles	PTM (mms)
10	17,76
20	26,98
30	41,72
40	53,88

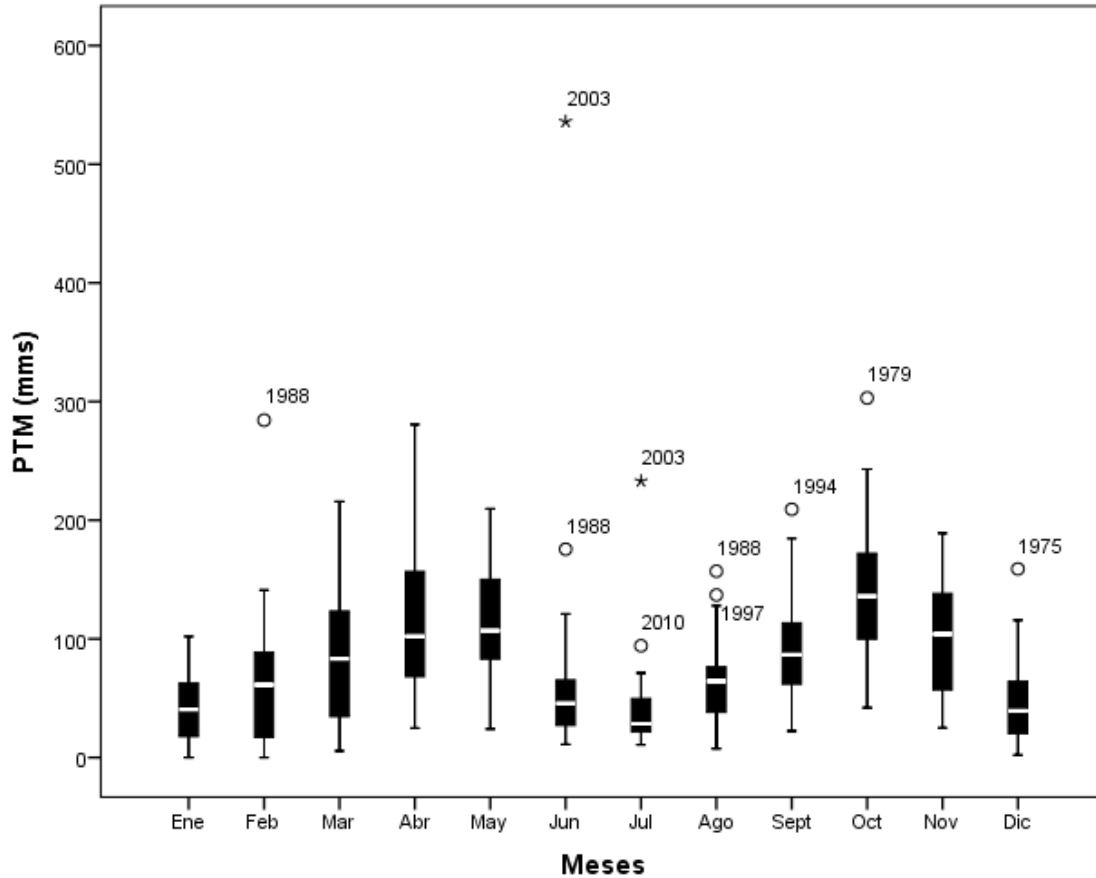
50	68,8
60	82,88
70	101,52
80	121,7
90	158,64

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En la figura siguiente, se presenta el comportamiento de las PTM, éstas presentan valores muy extremos e inusuales en los meses de junio y julio del año 2003, con precipitaciones superiores a 500mms y a los 250mms, respectivamente. El mes de febrero presenta un valor alejado de precipitaciones para el año 1988. Aunque en general, las precipitaciones en esta estación son bajas, hay una marcada diferencia entre las estaciones de lluvia y de sequía, con valores ligeramente mayores en los meses de abril y mayo en relación a octubre y noviembre.

Para establecer similitudes en los niveles pluviométricos entre los diferentes meses del año, se utilizó un análisis de varianza, para la comparación de promedios (la normalidad de las precipitaciones totales por mes se verifica en el anexo 1). Los resultados de ANOVA, afirman que hay diferencias estadísticamente significativas entre los niveles promedio de pluviosidad total entre los meses del año ($F_{(11;511)} = 19,095$; $p = 0,000$), lo cual se afirma con una confianza del 99%.

Figura 16. Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Matajira [23190340] ubicada en el municipio Matanza, entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

A través de pruebas de comparaciones a posteriori o comparaciones múltiples, se lograron identificar los meses con niveles medios de precipitaciones totales mensuales similares estadísticamente. Asumiendo varianzas desiguales ($Levene = 3,793; p = 0.000$),

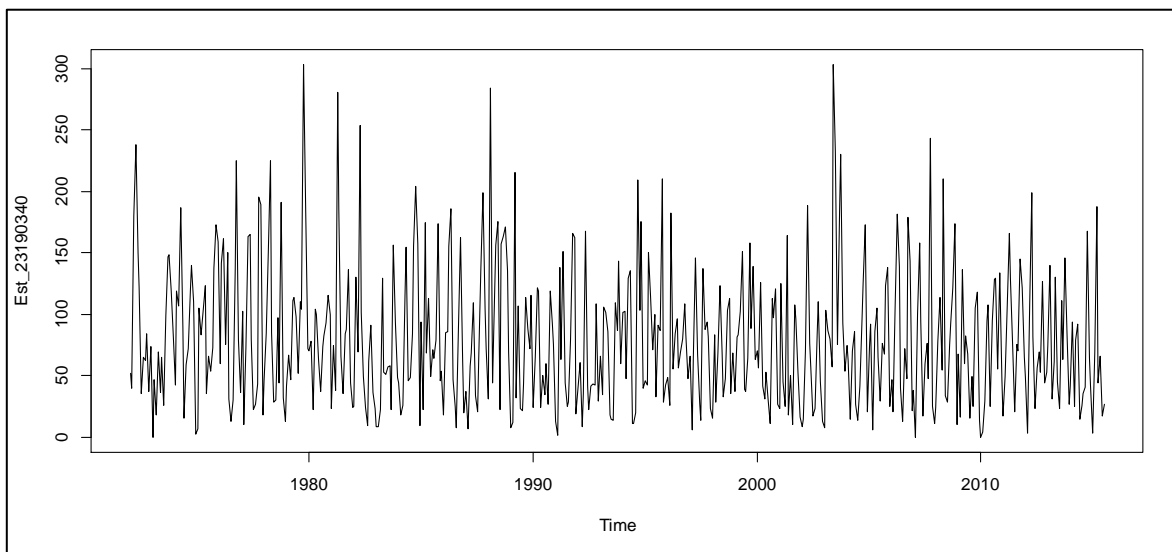
Los meses en los que existen en promedio diferencias significativas, se pueden detallar en el anexo 5, mediante la prueba de Dunnett (varianzas heterogéneas $Levene = 3,793; p < 0,001$). Por ejemplo, el mes de enero presenta diferencias estadísticamente significativas en el promedio de precipitaciones respecto a los meses de marzo, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre, los cuales como se observa en la figura anterior

son los meses con mayores precipitaciones en ésta estación afirmación que se hace con una confianza del 95%.

Serie de tiempo estación Matajira [23190340] ubicada en el municipio Matanza, entre 1972 y 2015.

Las precipitaciones totales mensuales en Matajira, del municipio Matanza, mostraron variaciones en cuanto a los máximos mensuales registrados; en los primeros 13 años, la variabilidad y el promedio de la serie se mostraron más elevados que en el resto del periodo observado.

Figura 17. Precipitaciones totales mensuales en la estación Matajira [23190340] del municipio Matanza, entre enero-1972 y julio-015.

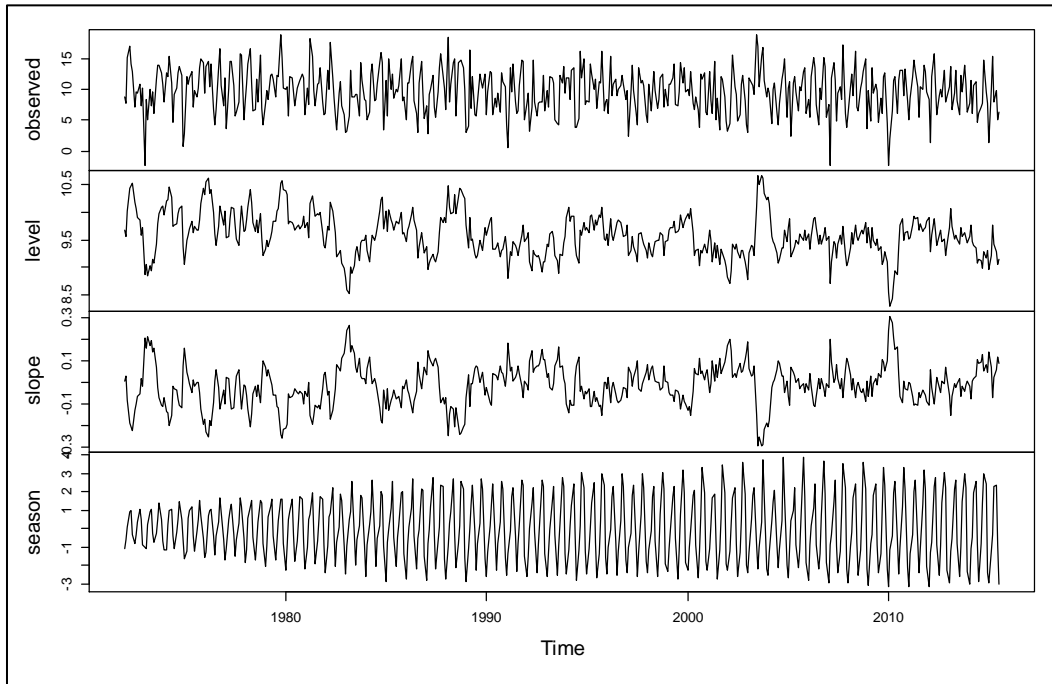


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Según la prueba t de Student, el promedio entre los períodos 1972-1985 y 1986-2015 presentan diferencias marginalmente significativas ($t_{(521)} = 1,88$; $p = 0,061$), con promedios de 85,69mms ($DE=\pm 59,4mms$) y 75,84mms ($DE=\pm 54,1mms$) respectivamente, y con varianzas homogéneas.

Esta serie, muestra ligeras variaciones en la estacionalidad de los primeros 15 años, que a partir de aproximadamente 1985 logra una estacionalidad relativamente homogénea, como se aprecia en la figura 17.

Figura 18. Componentes clásicos de la serie de precipitaciones totales mensuales para la estación Matajira [23190340] del municipio Matanza, entre enero-1972 y julio-2015.

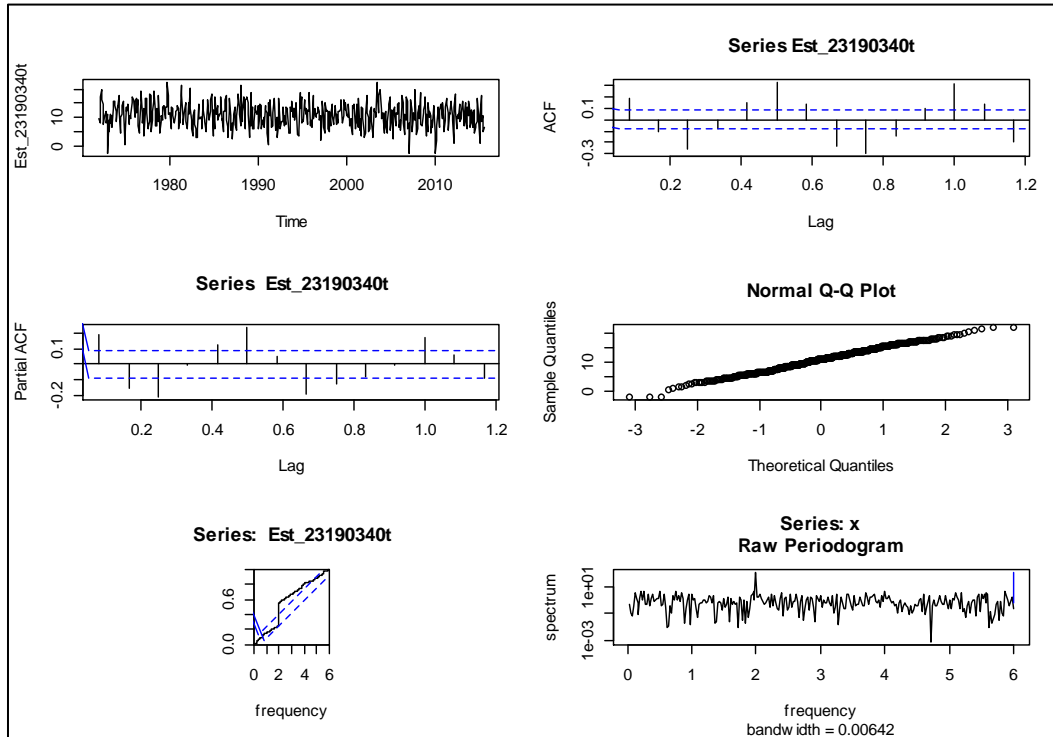


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

No se observa una presencia de tendencia en las precipitaciones totales mensuales, pero sí, una fluctuación de periodos cortos en el nivel de la serie, con mayor variabilidad en los primeros años de estudio.

Para mejorar la serie de predicciones y regularizar las fluctuaciones en el nivel y variabilidad de la serie para su estudio, se procedió a transformar la serie utilizando Box-Cox, con lambda apropiado para normalizar los datos en cuanto a la distribución de probabilidad.

Figura 19. Diagnóstico gráfico para la serie de precipitaciones totales mensuales en la estación Matajira del Municipio Matanza, entre enero-1972 y julio-2015.



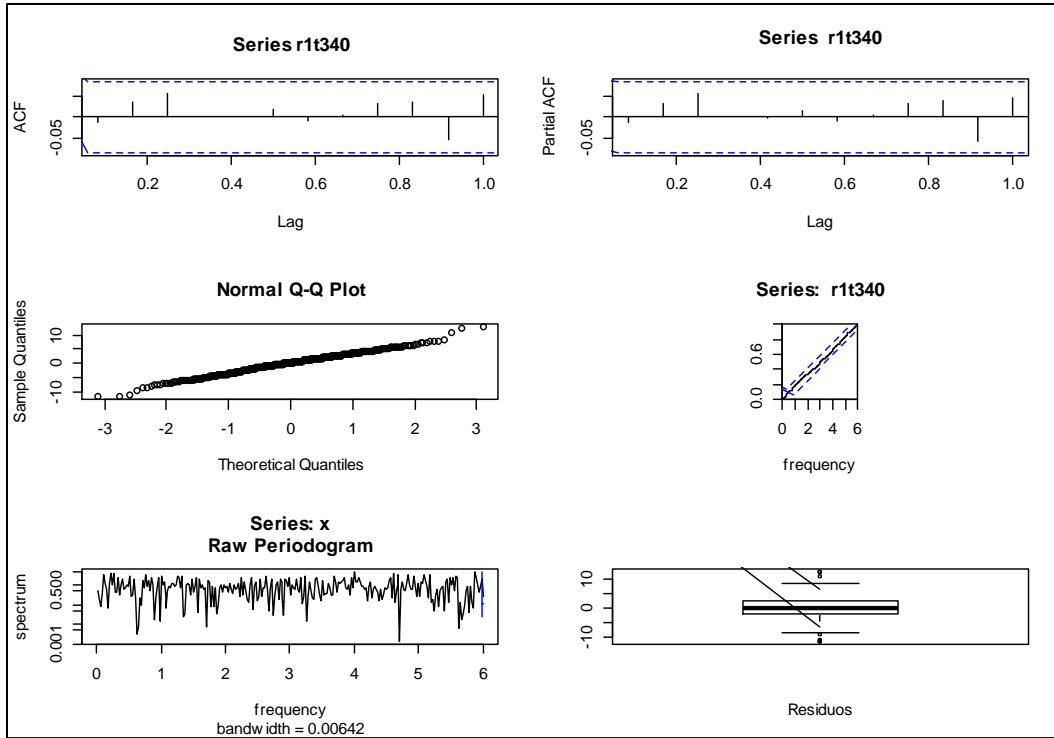
Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

La transformación mostró un comportamiento más regular del nivel medio, así como de la variabilidad a lo largo del tiempo, de igual forma la distribución de los datos transformados alcanzó la normalidad, como se aprecia en la Q-Q Plot de la figura anterior.

Bajo la transformación, el test de Dickey-Fuller Aumentado revela estacionariedad de la serie ($DFA_8 = -8,558$; $p = 0,01$), lo cual se afirma con un 95% de confianza.

Según lo revelado en el análisis gráfico de la serie de tiempo, y entre los modelos considerados, el mejor ajuste fue para un modelo $ARMA(3,2)(2,0)_{x4}$ es cual generó residuos sin correlaciones entre los retardos, con media cero, y distribuidos aproximadamente normal ($W = 0,994$; $p = 0,03689$).

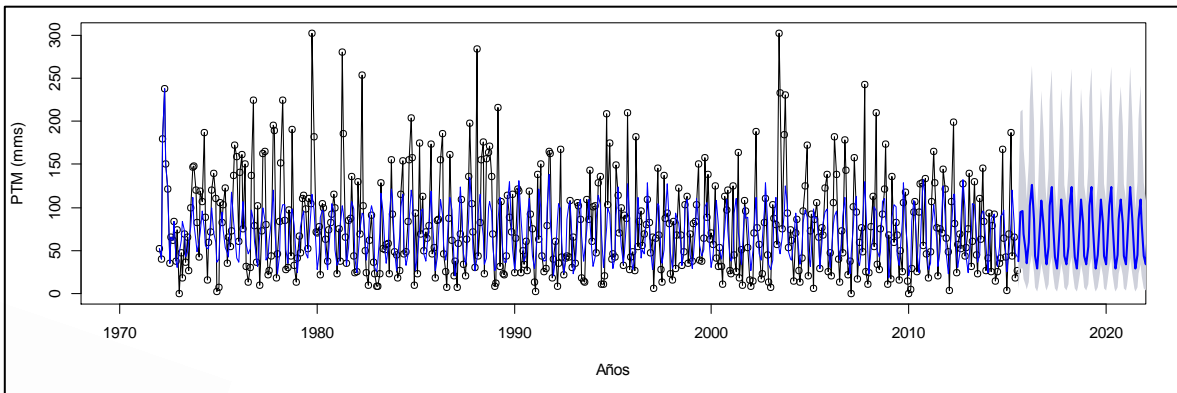
Figura 20. Diagnóstico del modelo ARMA(3,2)(2,0)_{x4}, para la serie



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

El ajuste global del modelo fue del 62% de la variabilidad, estimando de forma aproximada el comportamiento de las precipitaciones, y la tendencia de la serie.

Figura 21. Predicción de precipitaciones totales mensuales en la estación Matajira del Municipio Matanza, usando un modelo ARMA(3,2)(2,0)_{x4}.



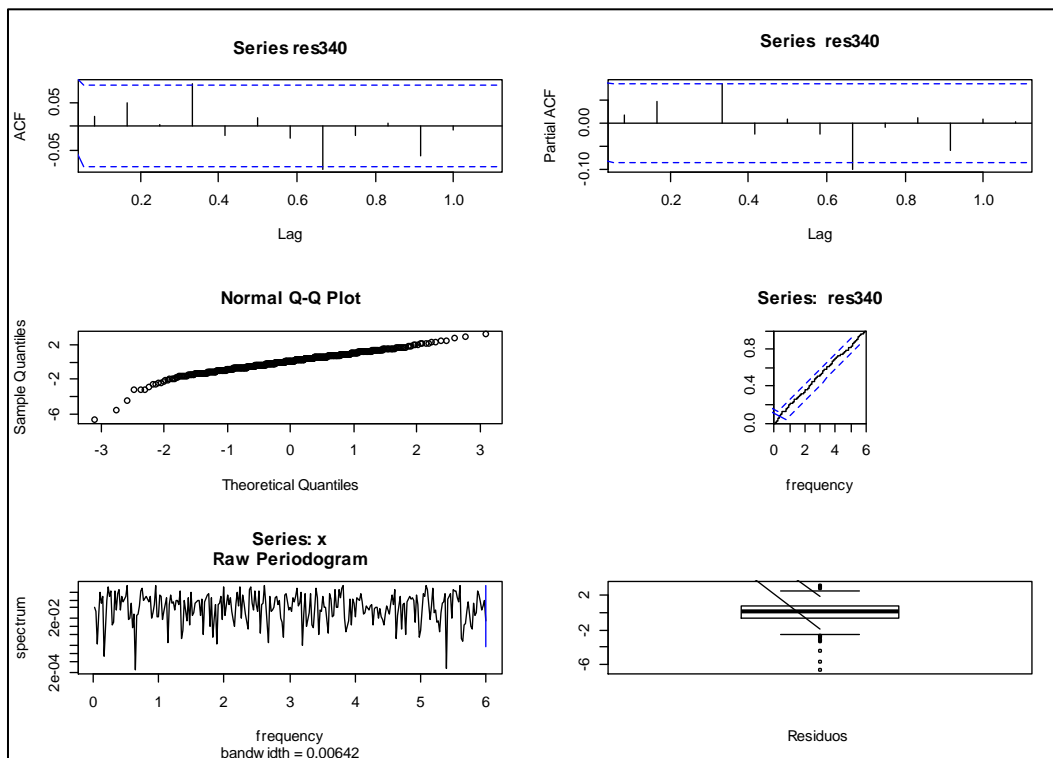
Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

El comportamiento de la serie estimada sobre la original, se puede considerar bueno, aunque no detecta los cambios bruscos en los niveles de precipitaciones totales mensuales en la estación Matajira.

En función de lo anterior, se procedió a verificar la capacidad de ajuste de un modelo dinámico tipo BATS, con ajuste de tendencia, 5 estados, transformación de Box-Cox, periodos cíclicos a 7 años, en la variabilidad de las precipitaciones.

Como consecuencia, los residuos del modelo presentaros las características deseables como se observa en la siguiente figura:

Figura 22. Diagnóstico del modelo ARMA(3,2)(2,0)_{x4}, para la serie

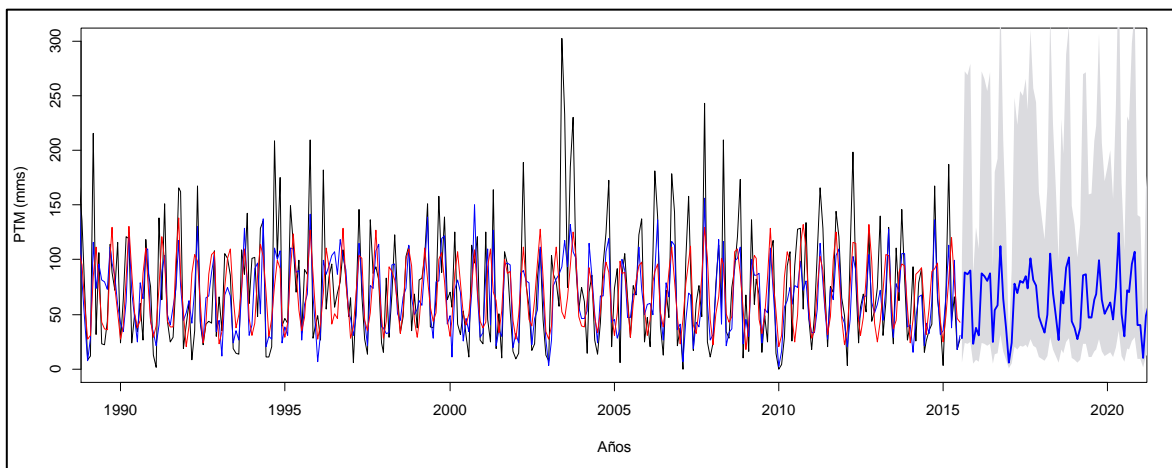


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Al sobreponer las series ajustadas por el modelo ARMA(línea roja) y por el método de BATS (línea azul) en la gráfica siguiente, se aprecia que ambos métodos logran un buen ajuste de la tendencia de las precipitaciones, sin embargo, el modelo BATS estima con mayor precisión las fluctuaciones de las precipitaciones totales mensuales.

Al comparar el pronóstico de las precipitaciones futuras, se observa que las fluctuaciones en la figura 21, sigue un esquema rígido que no refleja la realidad, mientras que el modelo dinámico (BATS) permiten un pronóstico más adaptado a las fluctuaciones observadas históricamente en la serie de estudio.

Figura 23. Predicción de precipitaciones totales mensuales en la estación Matajira del Municipio Matanza, usando un modelo BATS(.122,{0,0},0.875,{84})



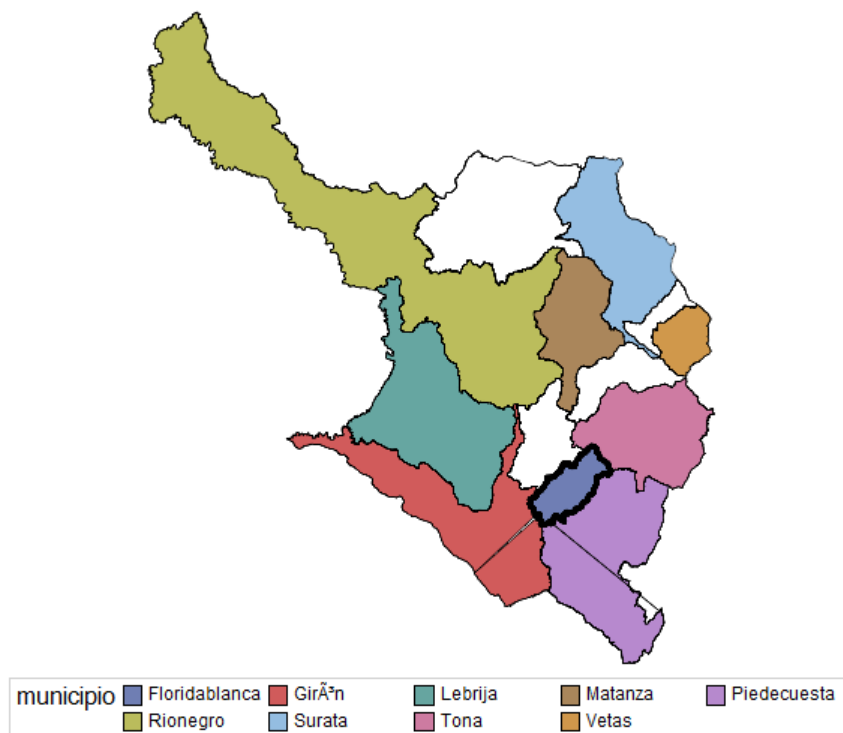
Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Municipio de Floridablanca

Es un municipio densamente poblado, con grandes reservas hídricas y microfaunas. Se encuentra ubicado al sureste del municipio de Bucaramanga, con el 97.5% de población urbana (Censo de Población y Vivienda 2005) y altura media de 925msnm.

Según el IDEAM, dos estaciones pluviométricas se encuentran indexadas, una ubicada a 820msnm y la otra a 1779msnm. La primera estación sólo contó con 6 años de registro, por lo que fue descartada para la investigación.

Figura 24. Municipio de Floridablanca resaltado dentro de la jurisdicción de la CDMB.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por la CDMB.

Estación Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca.

La estación de Galvicia [23190400] del municipio Floridablanca presenta precipitaciones mensuales que van desde 0,9mms en el mes de febrero, hasta máximas de 517mms en el mes de octubre. En promedio el mes con mayores precipitaciones es octubre con 229,8mms seguido de mayo con 205mms. Los promedios más bajos se presentan en los meses de diciembre y enero con 89,1mms y 96,6mms respectivamente. Las variaciones más altas se registran en el mes diciembre con un coeficiente de variación de 104% (ver tabla 19).

Tabla 19. Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca.

Mes	Media	Mediana	±DE	CV%	Mínimo	Máximo	Suma	Percentil 05	Percentil 95
Ene	96,6	93,5	63,8	68%	1,1	340	4251,0	11,3	201,0
Feb	117,4	103,5	75,7	73%	0,9	318,9	5163,5	10,7	240,0
Mar	149,1	133,0	78,7	59%	12	343,2	6559,3	51,2	276,0
Abr	174,2	167,8	75,5	45%	58	400,4	7664,2	76	323,4
Mayo	205,0	197,6	67,6	34%	68	444	9017,9	128,3	330,0
Jun	163,0	141,2	71,2	50%	76	347	7171,6	85	320,0
Jul	145,9	145,8	51,9	36%	56,9	284	6417,6	67,8	240,0
Ago.	161,5	137,0	77,5	57%	54	455	6944,9	70	271,8
Sept	180,8	161,9	81,4	50%	57,9	431	7776,3	72	320,6
Oct	229,8	217,0	88,7	41%	75	517	9881,3	120	398,3
Nov	179,6	167,0	89,1	53%	66	455,7	7722,6	72	390,0
Dic	89,1	65,0	67,3	104%	8,7	289	3831,9	15	226,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

La tabla 20 presenta los percentiles del promedio mensual de precipitaciones registradas en la estación de Galvicia, entre enero de 1972 y julio de 2015, el 90% de las precipitaciones mensuales estuvo por debajo de 262,96mms.

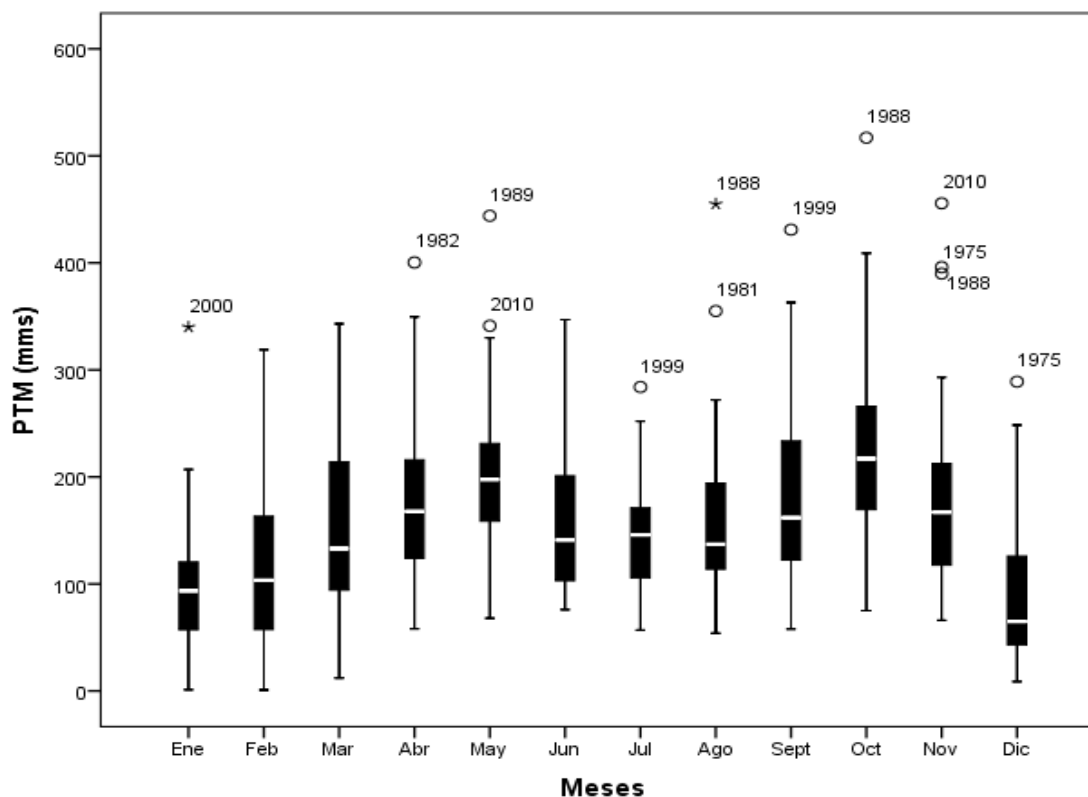
La figura 25 presenta el comportamiento mensual de las precipitaciones en la estación de Galvicia, a simple vista podemos decir que se presenta un comportamiento cíclico, los valores atípicos se presentaron en enero del año 2000 con valores superiores a los 300mms y agosto de 1988 con cercanos a los 500mms.

Tabla 20. Percentiles de las precipitaciones totales mensuales en Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca, entre 1972 y 2015.

Percentiles	PTM (mms)
10	58,8
20	88
30	107
40	128,18
50	145
60	167
70	193,68
80	220,2
90	262,96

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Figura 25. Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca, entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Al comparar los promedios observados de las PTM entre los meses del año, se encontró diferencia estadísticamente significativa, lo cual se afirma con una confianza del 99% ($F_{(11;511)} = 13,484; p = 0,000$).

Mediante las pruebas de comparaciones a posteriori (varianzas homogéneas *Levene* = 1,38; $p = 0,178$), se puede observar diferencias significativas entre diciembre y enero en relación a los meses restantes del año, excepto febrero que tiene un promedio similar de PTM.

Tabla 21. Prueba de Duncan de las precipitaciones totales mensuales en Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca, entre 1972 y 2015.

month	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
Dic	43	89,114				
Ene	44	96,614				
Feb	44	117,352	117,352			
Jul	44		145,855	145,855		
Mar	44		149,075	149,075		
Ago.	43			161,509		
Duncan ^{a,b} Jun	44			162,991		
Abr	44			174,186	174,186	
Nov	43			179,595	179,595	
Sept	43			180,844	180,844	
Mayo	44				204,952	204,952
Oct	43					229,798
Sig.		0,096	0,06	0,059	0,079	0,121

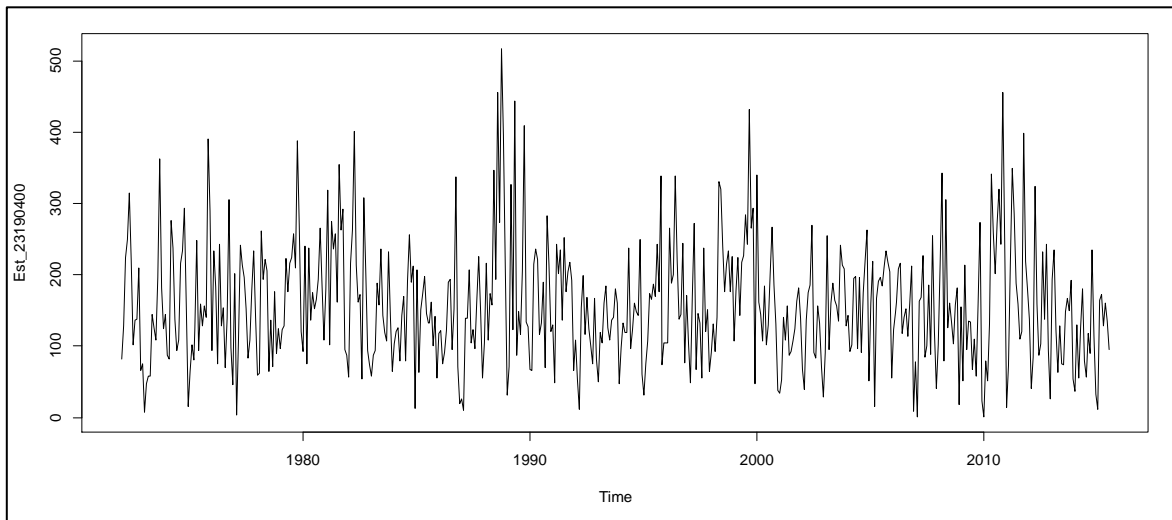
Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

El mes de octubre de octubre, presentó el mayor promedio de precipitaciones, el cual no difiere al observado en mayo, pero es significativamente mayor a lo observado con los demás meses del año. Los meses de marzo, abril, junio, julio, agosto, septiembre y noviembre presentaron promedio de precipitaciones totales mensuales, similares entre sí, lo cual se afirma con una confianza del 95%.

Series de tiempo en la Estación Vetas–El Pozo [23190450] ubicada en el municipio Vetas.

Las precipitaciones totales mensuales en la estación Vetas–El Pozo, presentó fluctuaciones en el nivel medio y la variabilidad de las mismas a lo largo del tiempo.

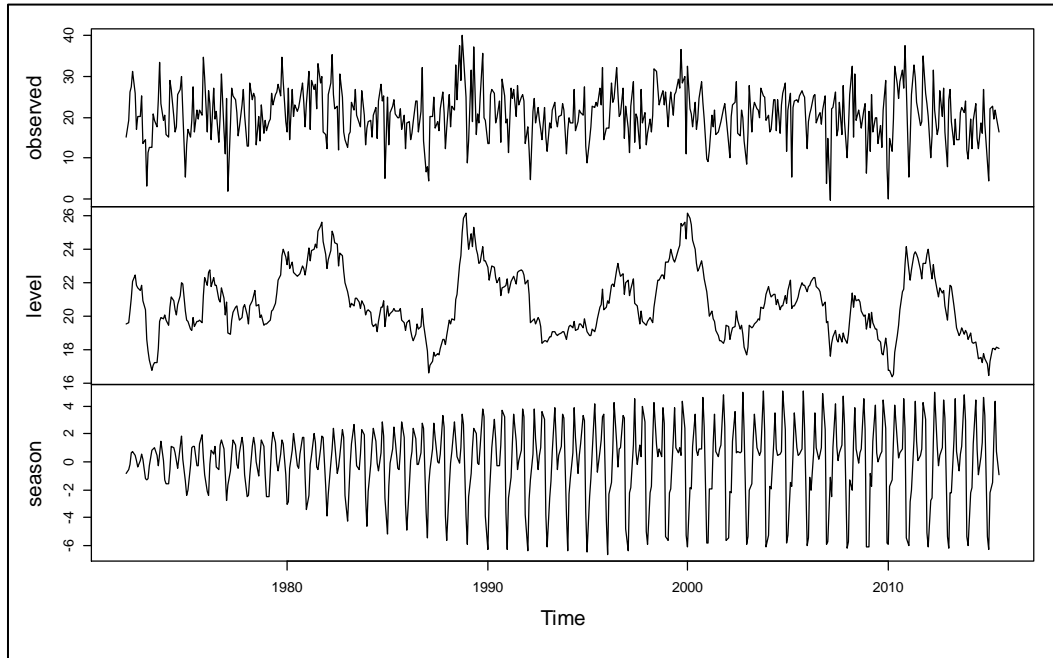
Figura 26. Precipitaciones totales mensuales en la estación Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca, entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Al descomponer la serie, se observa mucha variabilidad en las observaciones, acompañado de cambios en el nivel de la serie con un comportamiento cíclico de aproximadamente 8 o 9 años de diferencia, en los cuales se incrementa rápidamente el nivel, y decrece de forma lenta.

Figura 27. Descomposición clásica de la serie de precipitaciones totales mensuales de la estación Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca, entre 1972 y 2015.



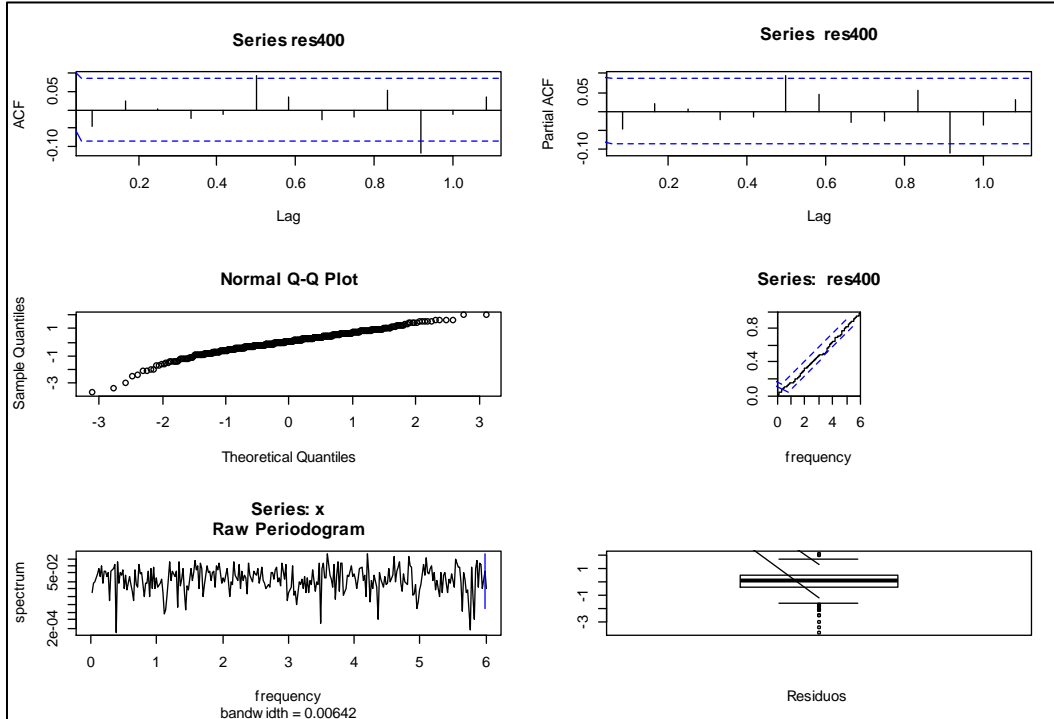
Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

La estacionalidad muestra un comportamiento variante en los primeros 18 años observados, y a partir de 1990 la estacionalidad se comporta de forma regular.

Para este tipo de comportamientos, los modelos dinámicos presentan mejor capacidad de ajuste a la serie, por lo que se procedió al análisis de la serie mediante modelos BATS y TBATS, considerando errores ARIMA, los ciclos, la tendencia o cambios en los niveles de medios y 1 a 6 estados para el ajuste del modelo y una transformación de Box-Cox para estabilizar la serie en relación a la variabilidad.

Se ajustó un modelo BATS, que ajustó satisfactoriamente sobre la tendencia de los datos. Los residuos generados por el modelo siguen una distribución normal (ver figura 28), con ausencia de autocorrelación en los residuos ($\chi^2_{(20)} = 21,63; p = 0,361$).

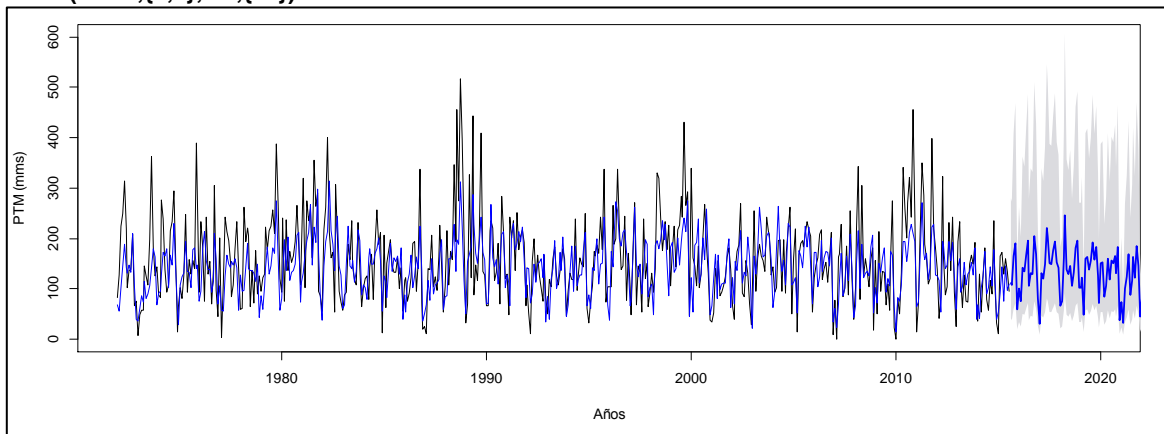
Figura 28. Residuos del modelo BATS(0.091,{0,0},0.8,{84}) para la predicción de las precipitaciones totales mensuales en la estación Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca, entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

No hay presencia de errores con autocorrelación parcial o simple que resulten significativas, y la distribución de los errores presenta una ligera asimetría negativa, con valores pronosticados que no alcanzan los máximos de precipitaciones observados en la serie. (ver figura 29).

Figura 29. Predicción de las precipitaciones totales mensuales en la estación Galvicia [23190400] ubicada en el municipio Floridablanca, entre 1972 y 2015, usando un modelo BATS(0.091,{0,0},0.8,{84}).



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

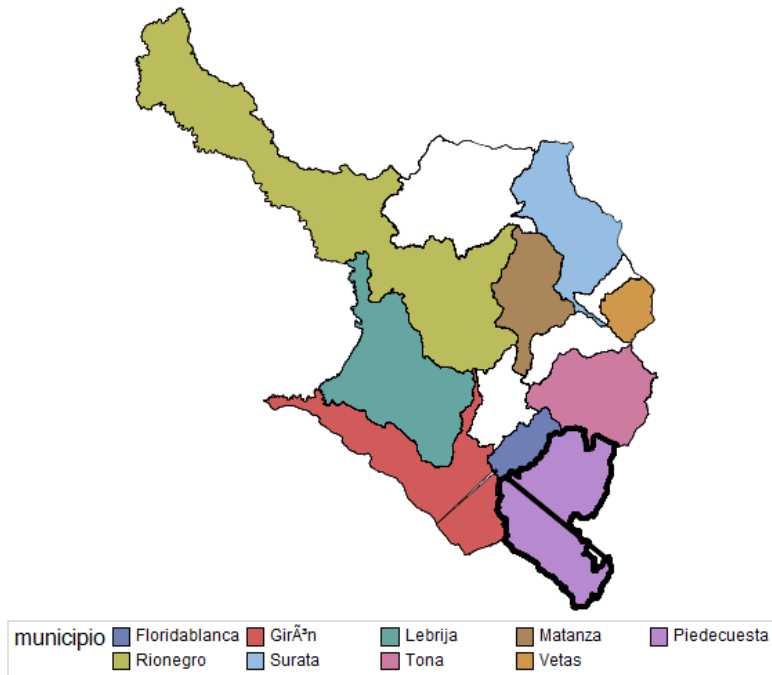
El ajuste de la serie estimada sobre la observada fue de 94,3%, lo cual se evidencia en la figura anterior. Las proyecciones de las precipitaciones totales mensuales presentan un comportamiento cíclico, con ligero incremento en los niveles para los años 2017-2018 y disminución para el año 2020, en relación a los años antes mencionados.

Municipio Piedecuesta

El municipio de Piedecuesta cuenta con una extensión de 48.277,66Ha, en las cuales se pueden apreciar valles, colinas, mesetas, acompañados de una gran variedad climática, pasando por el sol de pescadero hasta la neblina del páramo de Juan Rodríguez.

Limita geográficamente con los municipios de Tona, Floridablanca y Bucaramanga por el Norte; por el Sur con Guaca, Cepitá, Aratocha y Los Santos; por el Occidente con Girón y por el Oriente con Santa Bárbara.

Figura 30. Municipio de Piedecuesta resaltado dentro de la jurisdicción de la CDMB.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por la CDMB.

Según el IDEAM, 4 estaciones han registrado información sobre precipitaciones en este municipio, todas ubicadas alrededor de los 1000msnm, sin embargo, tres de ellas han registrado información hasta 1971, y sólo una dentro del periodo de estudio.

Estación Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta.

La estación Piedecuesta Gja [23190700] se encuentra ubicada en el municipio Piedecuesta. En la tabla 22, podemos ver que no existen variaciones muy altas en las precipitaciones registradas en esta estación, todas los coeficientes de variación se encuentran por debajo de 87%, el promedio más alto se presenta en el mes de octubre con 187,6mms seguido por marzo con 169,4mms, los promedios más bajos son diciembre y enero con 76,5mms y 87,7mms respectivamente. Los mínimos valores se observan en enero y febrero con 5,6mms y 4,5mms respectivamente.

Tabla 22. Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta..

Mes	Media	Mediana	±DE	CV%	Mínimo	Máximo	Suma	Percentil 05	Percentil 95
Ene	87,7	85,2	54,1	63%	5,6	259,9	3856,8	16,7	170,4
Feb	121,2	99,1	80,2	81%	4,5	400,3	5330,6	31,9	266,9
Mar	169,4	163,4	94,5	58%	16,1	479,9	7452,6	44,5	341,7
Abr	144,8	144,8	63,9	44%	34,4	355,1	6369,0	46,5	251,9
Mayo	165,9	158,9	61,1	38%	53	347,9	7301,5	64,6	254,5
Jun	93,3	81,2	52,4	65%	9,6	202,9	4106,0	30,2	196,0
Jul	93,9	90,6	42,3	47%	31,3	181,8	4129,6	33,9	159,8
Ago.	102,3	92,0	46,4	50%	26,4	230,8	4396,9	44	191,4
Sept	131,5	125,3	61,8	49%	24	389,5	5653,2	67,6	204,2
Oct	187,6	178,0	74,9	42%	44,5	395,1	8067,4	88	312,3
Nov	148,6	151,7	64,5	43%	30,5	355,1	6391,4	61,7	230,5
Dic	76,5	55,8	48,3	87%	13,2	244	3287,9	26,7	163,5

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En la tabla 23 podemos ver que el 90% de las PTM está por debajo 223,38mms. Y un 10% de los meses monitoreados registran valores inferiores a 44,86mms.

Tabla 23. Percentiles de las precipitaciones totales mensuales en Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta, entre 1972 y 2015.

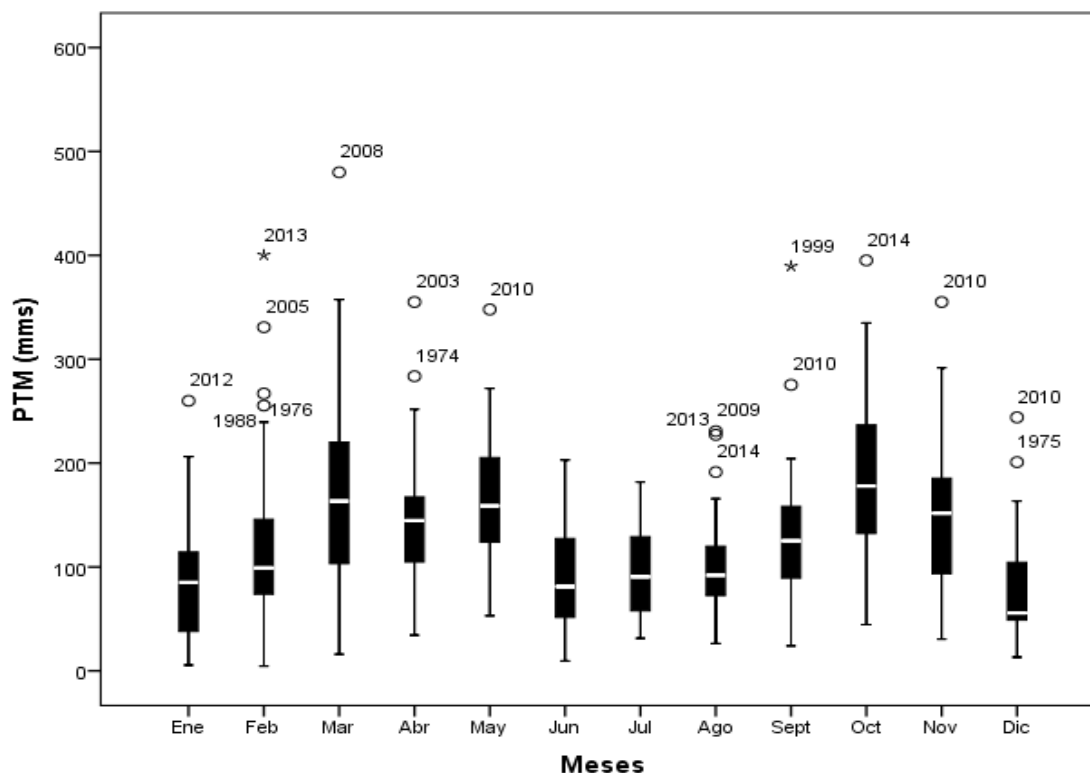
Percentiles	PTM (mms)
10	44,86
20	65,28
30	81,4
40	98,68

Percentiles	PTM (mms)
50	117,8
60	134,94
70	155,18
80	178,32
90	223,38

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

La figura 31 muestra valores extremos o inusuales en el mes de febrero en el año 2013, y septiembre de 1999. El máximo valor se presentó en marzo de 2008 con valores cercanos a los 500mms. El comportamiento parece seguir un ciclo, con menores precipitaciones en enero, febrero, junio, julio, agosto, septiembre y diciembre.

Figura 31. Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta, entre 1972 y 2015.



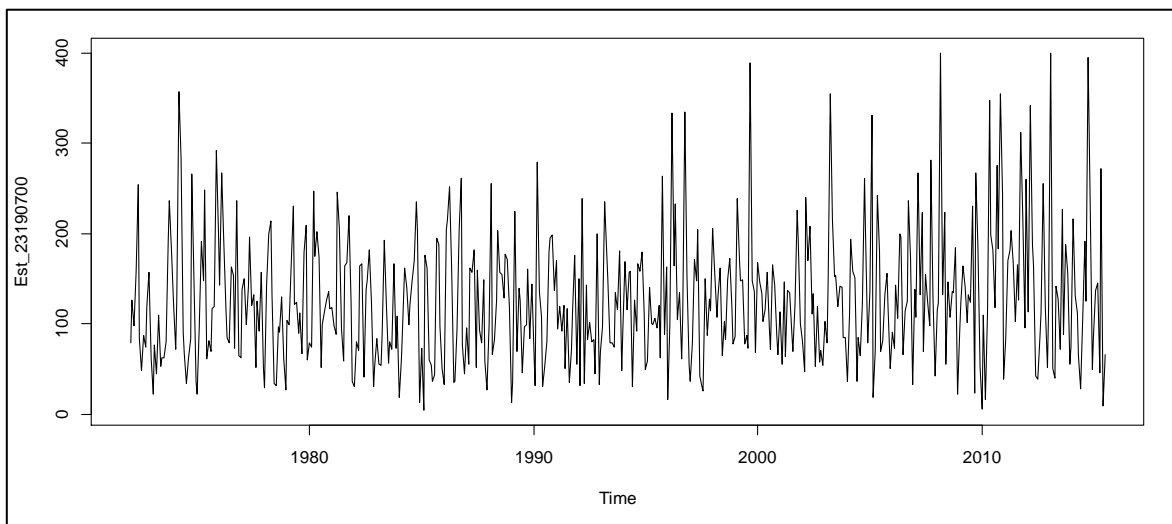
Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Al comparar los promedios observados en la estación Piedecuesta de las PTM entre los meses del año, se encontró diferencia estadísticamente significativa, lo cual se afirma con una confianza del 99% ($F_{(11;511)} = 2,989; p = 0,000$).

Mediante las pruebas de comparaciones a posteriori (varianzas heterogéneas *Levene* = 2,989; $p = 0,001$), se observó promedios iguales en los meses de enero, febrero, junio, julio, agosto, y diciembre, conclusión a la que se llega con un 95% de confianza (ver anexo 9 para ampliar la información).

Serie de tiempo estación Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta.

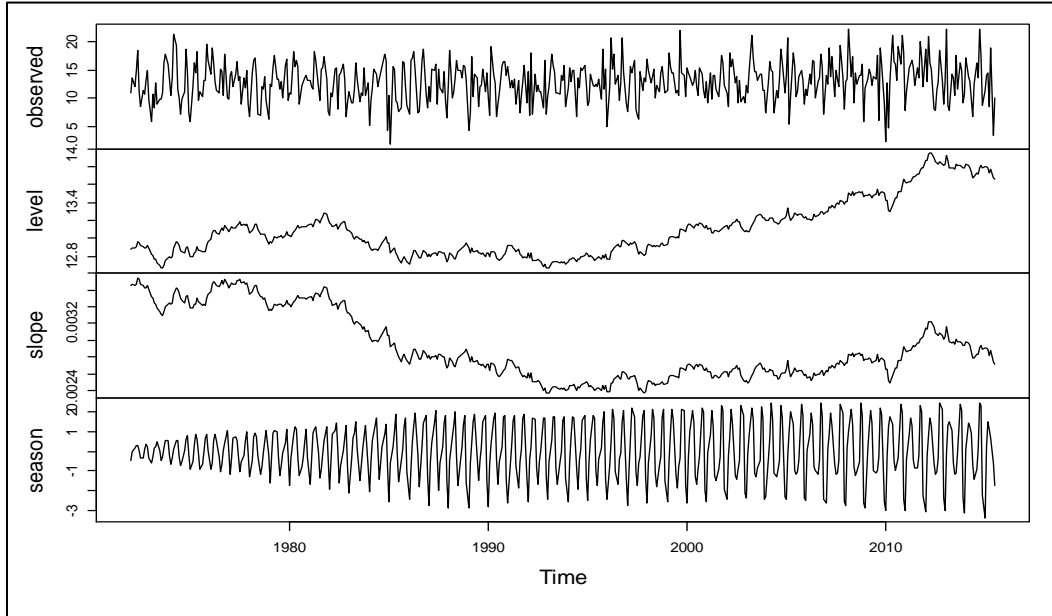
Figura 32. Precipitaciones totales mensuales en Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta, entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Las precipitaciones en la estación Piedecuesta presentaron una alta variabilidad a partir de mediados de los 90's. Con ligeros cambios en la tendencia de la serie y pequeños cambios de nivel.

Figura 33. Descomposición clásica de las precipitaciones totales mensuales en Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta, entre 1972 y 2015.

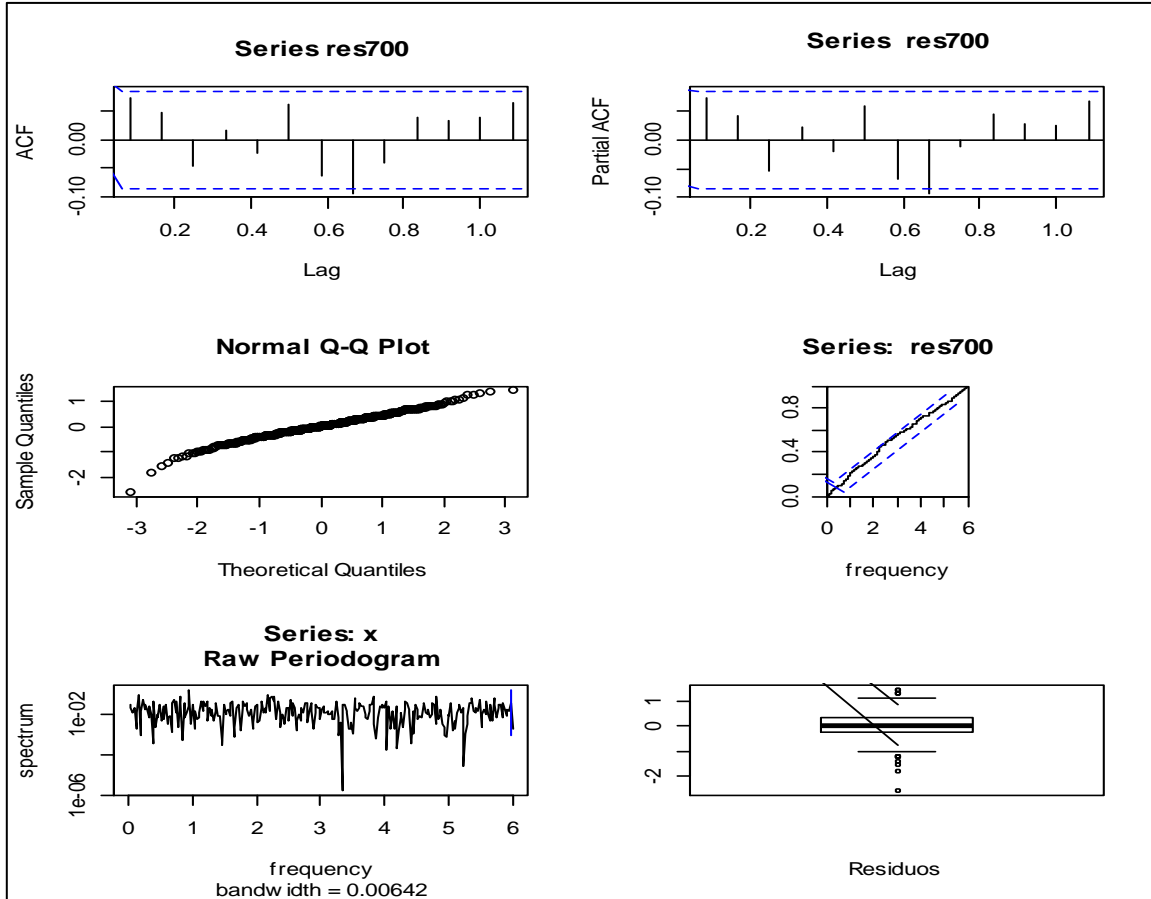


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En la descomposición clásica se ve en primer lugar, que la variabilidad se mantiene similar a lo largo del tiempo, con cambios en el nivel de precipitación a partir de 1990, en donde se observa un incremento sostenido hasta 2010, en donde comienza a decaer.

La estacionalidad muestra variaciones hasta mediados de los 80's, en donde se regulariza por los siguientes 20 años, y se modifica nuevamente.

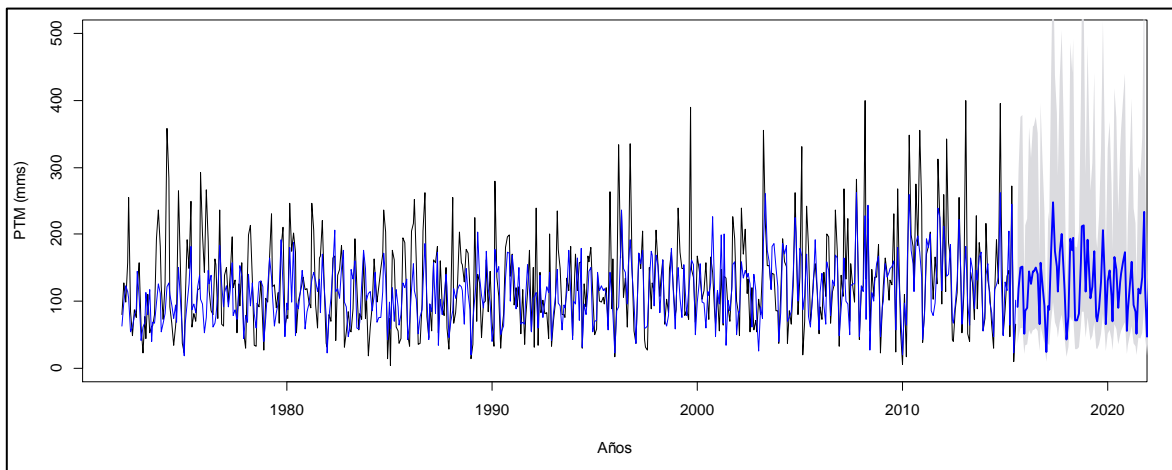
Figura 34. Diagnóstico del modelo BATS(0.006,{0,0},1,{84}) para estimar las precipitaciones totales mensuales en Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Los residuos del modelo ajustado muestran el comportamiento esperado, con valores atípicos en los residuos, del lado izquierdo de la distribución. El test de Ljung-Box rechazó la hipótesis nula de autocorrelación entre los residuos ($\chi^2_{(20)} = 28,87; p = 0,09$).

Figura 35. Pronóstico de las precipitaciones totales mensuales en Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta, usando el Modelo BATS(0.006,{0,0},1,{84})



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Los valores pronosticados por el modelo, mostraron un buen ajuste a la serie de datos observada, subestimando los valores de las precipitaciones en donde se presentaron variaciones atípicas. El pronóstico muestra un patrón cíclico como el observado en la serie histórica de las precipitaciones.

Municipio Rionegro

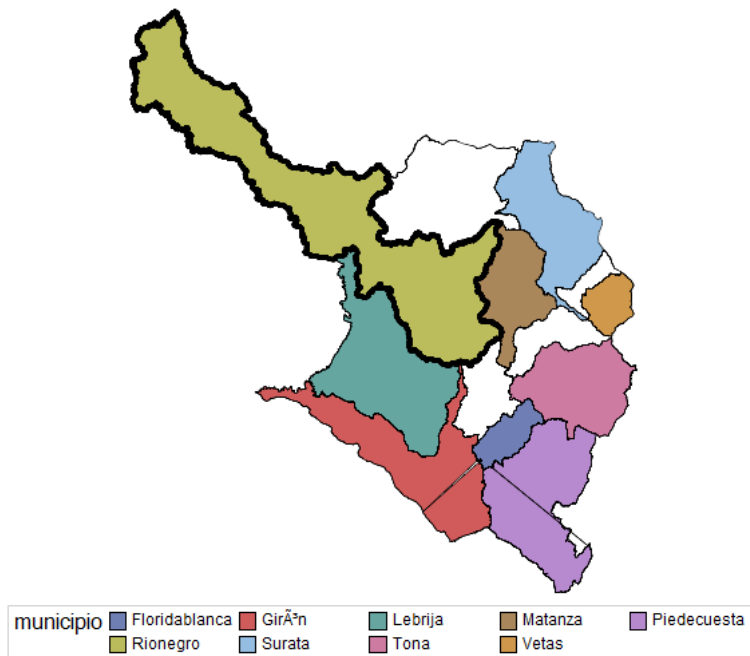
El municipio cuenta con importante capa vegetal que varía entre las zonas altas, medias y bajas. Limita por el Norte con el departamento del Norte de Santander, El Cesar y con el municipio El Playón; por el Occidente con los municipios Puerto Wilches y Sabana de Torres; por el Sur con Lebrija, Girón y Bucaramanga y por el Oriente con los municipios de Matanza y Surata.

Es el municipio de mayor extensión (128.465,06Ha), y su elevación media es de 590msnm.

En el municipio fueron instaladas 10 estaciones pluviométricas, de las cuales entre los 80msnm y los 2200msnm. Entre las cuales, dos mostraron registros dentro del periodo de estudio: Llano de Palma [23190350] y Portachuelo [23190360], la segunda estación debió

ser eliminada por la falta de correlación entre las estaciones para imputar los valores ausentes (más de 40).

Figura 36. Municipio de Rionegro resaltado dentro de la jurisdicción de la CDMB.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por la CDMB.

En la figura anterior se resalta la ubicación geográfica del municipio de Rionegro, el cual presenta la mayor extensión de terreno dentro de la provincia.

Estación Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro.

En la estación de Llano de Palmas [23190350] del municipio Rionegro el 90% de las precipitaciones mensuales observadas entre enero del año 1972 y julio del año 2015 se encuentra por debajo de 240mms (ver tabla 24). Las precipitaciones acumuladas más altas en el periodo de estudio se registran en el mes de octubre con un total de 8766,7mms, seguido por el mes de noviembre con 7873mms por el contrario los meses

con los registros acumulados más bajos fueron junio y julio con 3383mms y 3222,8mms respectivamente.

Los meses que presentaron las precipitaciones más bajas en el periodo estudiado fueron enero y diciembre con 2,3mms y 2mms respectivamente.

Por otra parte el mes con el mayor coeficiente de variación es diciembre con 106%.

Tabla 24. Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro.

Mes	Media	Mediana	±DE	CV%	Mínimo	Máximo	Suma	Percentil 05	Percentil 95
Ene	78,9	73,1	48,7	67%	2,3	205	3469,5	10,2	169,0
Feb	119,9	103,5	80,3	78%	18,9	357,8	5273,9	27,7	289,0
Mar	143,3	133,8	84,2	63%	24	434	6303,7	33,0	280,0
Abr	151,5	145,2	69,6	48%	27,6	294	6665,3	58,0	255,0
Mayo	129,3	128,7	56,2	44%	29,4	242	5690,6	31,8	216,0
Jun	76,9	76,9	44,6	58%	10	197	3383,1	16,0	162,0
Jul	73,2	63,0	42,2	67%	9	225,4	3222,8	30,0	146,0
Ago.	90,2	77,6	44,3	57%	23	219,8	3880,0	39,8	167,0
Sept	122,5	123,0	58,3	47%	24,5	261	5269,2	35,5	244,6
Oct	203,9	194,5	95,4	49%	33	476	8766,7	78,0	395,0
Nov	183,1	162,0	96,4	59%	25	460,8	7873,2	52,8	362,2
Dic	95,7	69,8	74,1	106%	2	362,7	4117,2	20,0	225,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

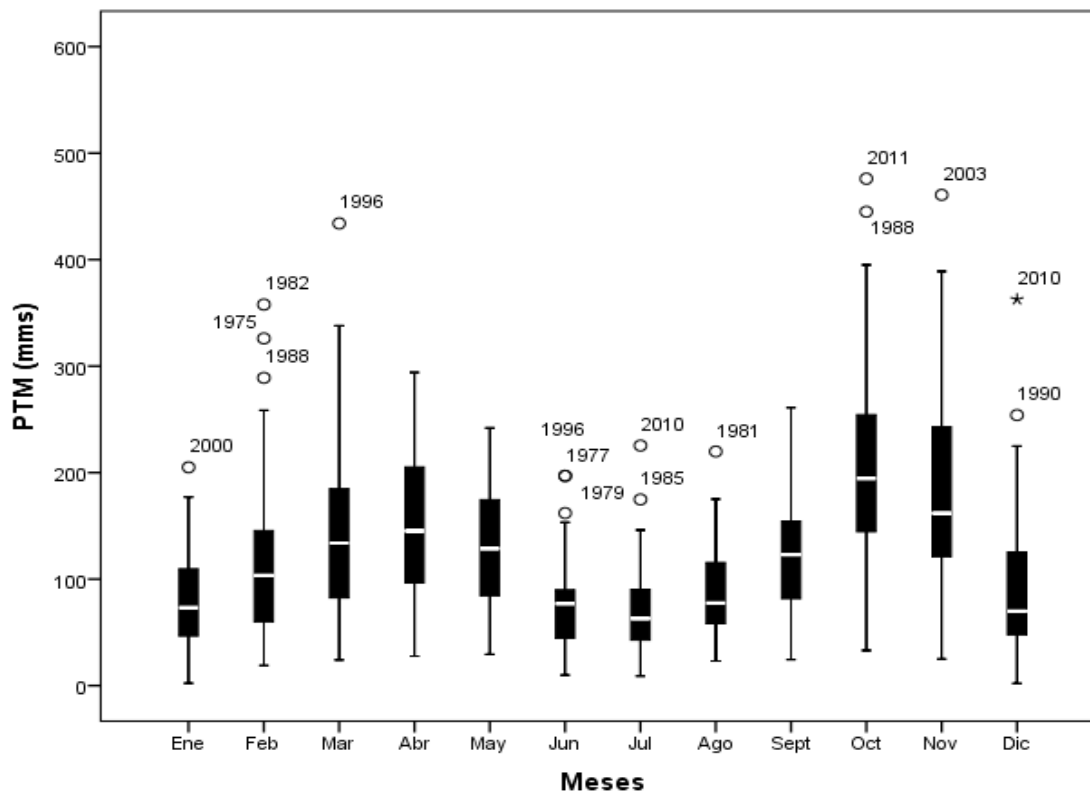
Tabla 25. Percentiles para la de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro.

Percentiles	PTM (mms)
10	37
20	55
30	71,66
40	86,64
50	108
60	124,52
70	151
80	180
90	240

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En la figura 37 se ilustra el comportamiento de los meses estudiados, los niveles de precipitaciones más elevados se presentaron en el mes de octubre con valores atípicos en los años 2011 y 1988, al igual que el mes de noviembre en el año 2003 con valores cercanos a los 500mms. Se observa un comportamiento estacional, con mayor pluviosidad en marzo, abril, octubre y noviembre.

Figura 37. Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro, entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

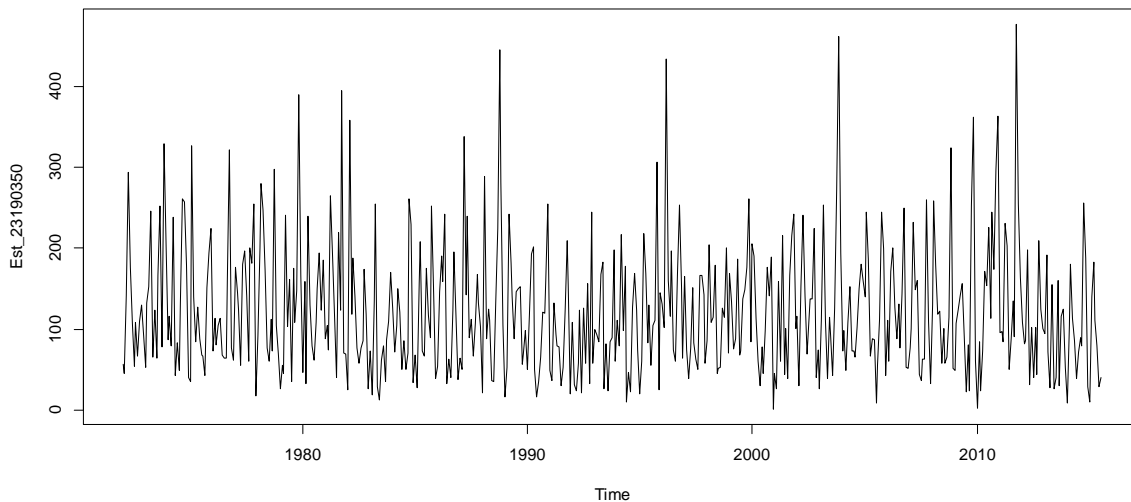
Para establecer similitudes en los niveles pluviométricos entre los diferentes meses del año, se utilizó un análisis de varianza, para la comparación de promedios (la normalidad de las precipitaciones totales por mes se verifica en el anexo 4). Los resultados del análisis de varianza, afirman que hay diferencias estadísticamente significativas entre los niveles promedio de pluviosidad total entre los meses del año ($F_{(11;511)} = 16,49; p = 0,000$), lo cual se afirma con una confianza del 99%.

Recurriendo a pruebas de comparaciones a posteriori, se lograron identificar los meses con niveles medios de precipitaciones totales mensuales similares estadísticamente. Asumiendo varianzas desiguales ($Levene = 5,618; p = 0.000$), como ejemplo en el mes de enero no se evidenció diferencias estadísticamente significativas con los promedio de

febrero, junio, julio y diciembre afirmación que se hace con un 99% de confianza, para mayor información consultar (ver anexo 6).

Serie de tiempo estación Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro

Figura 38. Precipitaciones totales mensuales en la estación Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro, entre 1972 y 2015

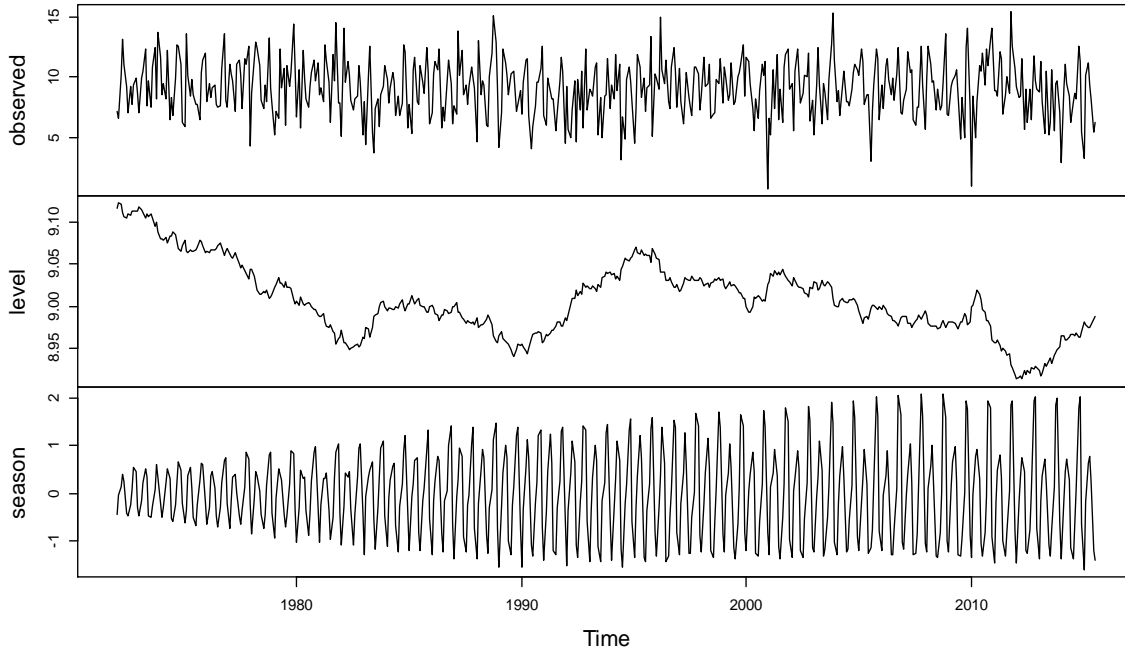


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Se observa un comportamiento repetitivo o cíclico, con presencia de fuertes precipitaciones en los años 1981, 1988, 1996, 2003 y 2011, con apariciones entre 7 y ocho años de diferencia del fenómeno. La variabilidad se ve afectada por la presencia de estos valores escasos y alejados del promedio que no muestra variaciones importantes aparentemente.

Al verificar la descomposición de la serie, se observa la aparición de tres ciclos al final de la serie, de igual forma, la estacionalidad sufre modificaciones a lo largo del tiempo, comenzando con niveles de precipitaciones similares en los dos meses lluviosos del años (abril, octubre) lo cual se mantiene aproximadamente igual hasta 1980, en donde se empieza a incrementar la estacionalidad y a cambiar de forma.

Figura 39. Descomposición clásica de la serie de precipitaciones totales mensuales en la estación Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro, entre 1972 y 2015

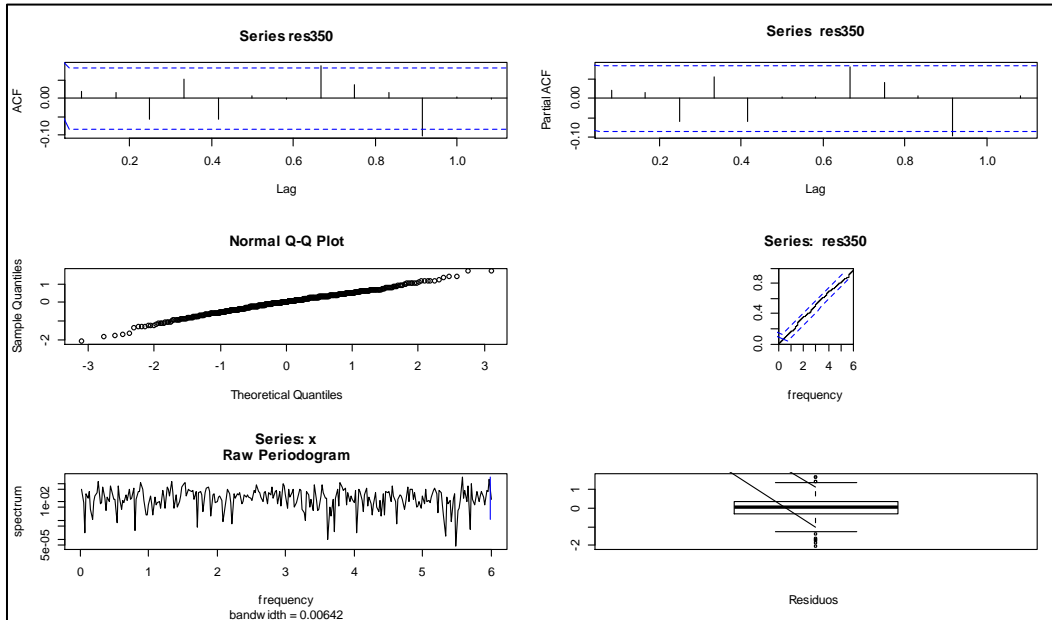


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Por su parte, el nivel de las precipitaciones totales mensuales sufrió un decrecimiento entre los años 1972 a 1988, en donde comenzó fluctuar entre ligeras subidas y bajadas hasta 1989, en donde se incrementó hasta 1995, en donde siguió decreciendo lentamente hasta 2012, a partir de donde muestra un incremento sostenido en el nivel de precipitaciones.

Debido a la variabilidad en la serie, falta de estacionalidad constante, y el cambio de nivel de la serie, se aplicó la metodología BATS y TBAST, con transformación de Box-Cox y la incorporación de ciclos a 8 años, con lo cual se encontraron los siguientes resultados:

Figura 40. Diagnóstico gráfico para la serie de precipitaciones totales mensuales en la estación Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro, entre 1972 y 2015

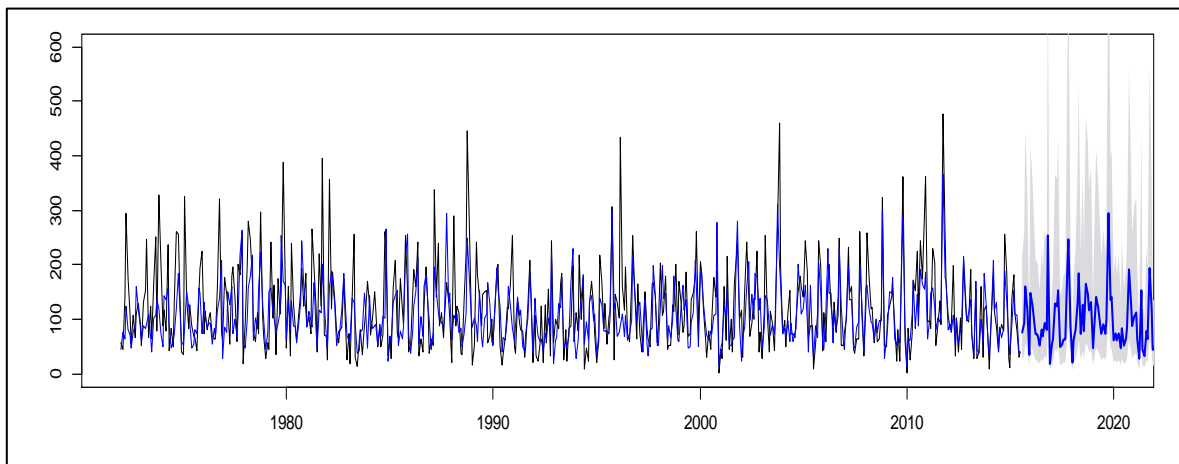


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Los residuos resultantes del modelo $BATS(0.01, \{0,0\}, 0.809, \{96\})$, presentó residuos aproximadamente normales, con media igual a cero, y algunos valores alejados en ambos extremos. No se mostraron rezagos significativos ($\chi^2_{(20)} = 19,84; p = 0,47$), ni indicios de información que pueda seguir siendo explicada por el modelo.

El porcentaje de ajuste global del modelo a los datos fue del 97,3%, lo cual indica un muy buen ajuste del modelo a los datos, lo cual se puede confirmar en el gráfico siguiente, en el cual se proyectan las estimaciones para los meses observados, y los pronósticos para los próximos 4 años.

Figura 41. Pronóstico para las precipitaciones totales mensuales de la estación Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro, entre 1972 y 2020, usando n modelo BATS.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

La figura anterior, muestra presencia de precipitaciones altas para el año 2019, como consecuencia de la repetición de los ciclos observados en la serie histórica, para los últimos años.

Municipio de Vetas

El municipio de Vetas tiene una extensión de 9235,95Ha. Su altura media es de 3350msnm, lo que le da el privilegio de ser el municipio más alto de Colombia y su temperatura oscila entre 6 y 11 grados centígrados en la zona alta y entre 12 y 17°C e la parte baja.

Limita con el departamento de Norte de Santander y el municipio California por el Este, por el Sur con Tona, Charta y California, y por el Oeste con el municipio de Surata.

En el municipio solo se tiene una estación pluviométrica indexada por el IDEAM, la cual está ubicada a 3220msnm, y fue incluida en el presente estudio, y es descrita a continuación.

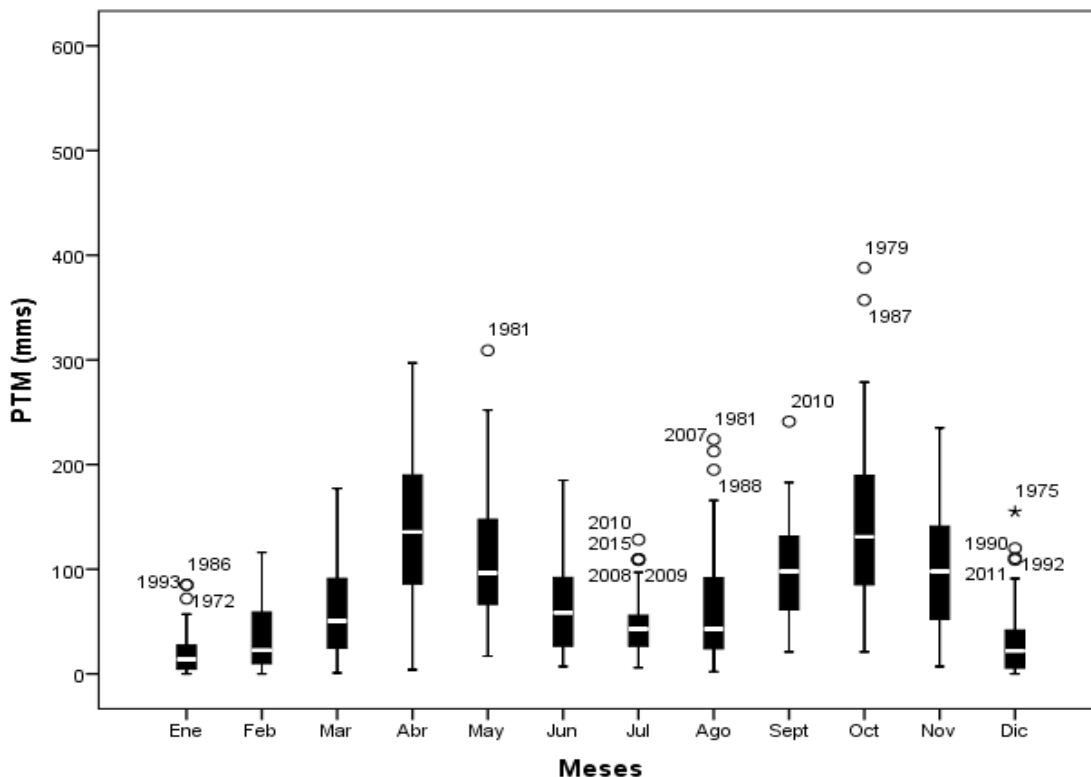
Como se observa en la figura 42, Vetas es el municipio co la menor extensión territorial entre los municipios incluidos en la presente investigación.

Mar	63,9	50,5	50,2	99%	1	177,2	2811,1	6	166,0
Abr	143,8	135,5	83,9	62%	4	297	6328,0	21	290,0
Mayo	115,5	96,5	65,6	68%	17	309	5083,7	42	234,9
Jun	68,0	58,5	44,3	76%	7	185	2994,0	16	151,0
Jul	46,3	43,0	28,8	67%	6	128,3	2036,2	12	109,6
Ago.	66,2	43,0	57,7	134%	2	224	2848,7	10	195,0
Sept	101,4	98,0	47,2	48%	21	241,1	4360,1	29	172,9
Oct	143,5	131,0	79,2	60%	21	388	6169,0	34	278,8
Nov	103,9	98,0	64,4	66%	7	235	4466,5	12	215,0
Dic	35,2	22,0	37,9	172%	0	155	1512,4	0	110,7

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

La figura 43 muestra el comportamiento de la pluviosidad en la estación Vetas en el periodo estudiado. El mes que presentó valores atípicos es diciembre del año 1975, éste registro es completamente inusual e inesperado en esta época. Los máximos valores de pluviosidad se presentaron en octubre para los años de 1979 y 1987.

Figura 43. Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Vetas – El Pozo [23190450] ubicada en el municipio Vetas, entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Al comparar los promedios observados de las PTM entre los meses del año, se encontró diferencia estadísticamente significativa, lo cual se afirma con una confianza del 99% ($F_{(11;511)} = 25,854 ; p = 0,000$). Mediante las pruebas de comparaciones a posteriori (varianzas heterogéneas Levene=9,996; $p=0,000$).

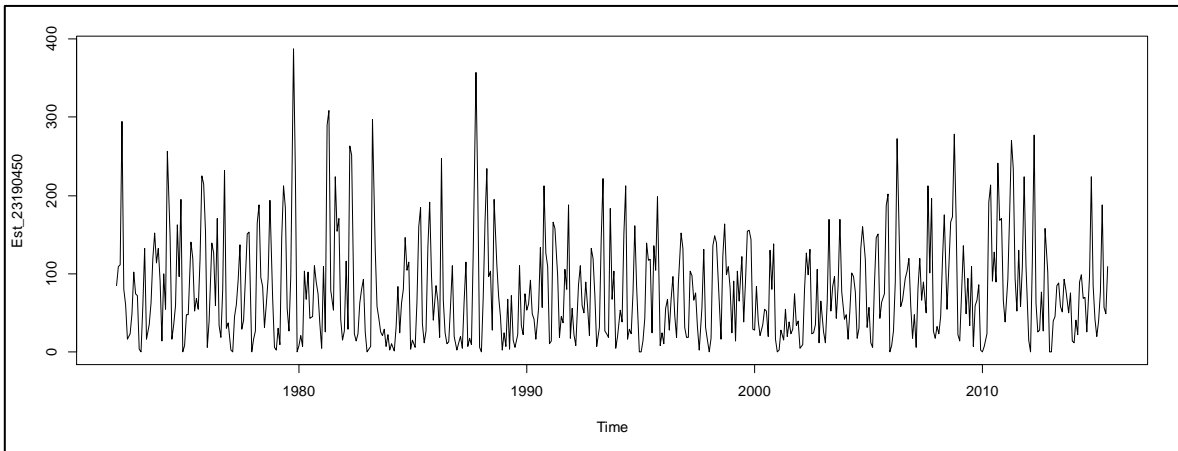
Con un nivel de confianza del 95% podemos afirmar que el mes de enero difieren en promedio de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre.

Si observamos lo que ocurre en el mes de junio podemos concluir que en promedio difiere de los meses de enero, febrero, abril, mayo, octubre y diciembre conclusión a la que se llega con un nivel de significación del 5% (ver anexo 8).

Serie de tiempo para la Estación Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón.

Para la estación Pantano, las precipitaciones registraron ligeras variaciones en el nivel de la serie, con mayor variabilidad en los primeros y últimos años observados, y menor variabilidad entre 1990 y 2005 aproximadamente.

Figura 44. Precipitaciones totales mensuales en Vetás – El Pozo [23190450] ubicada en el municipio Vetás, entre 1972 y 2015

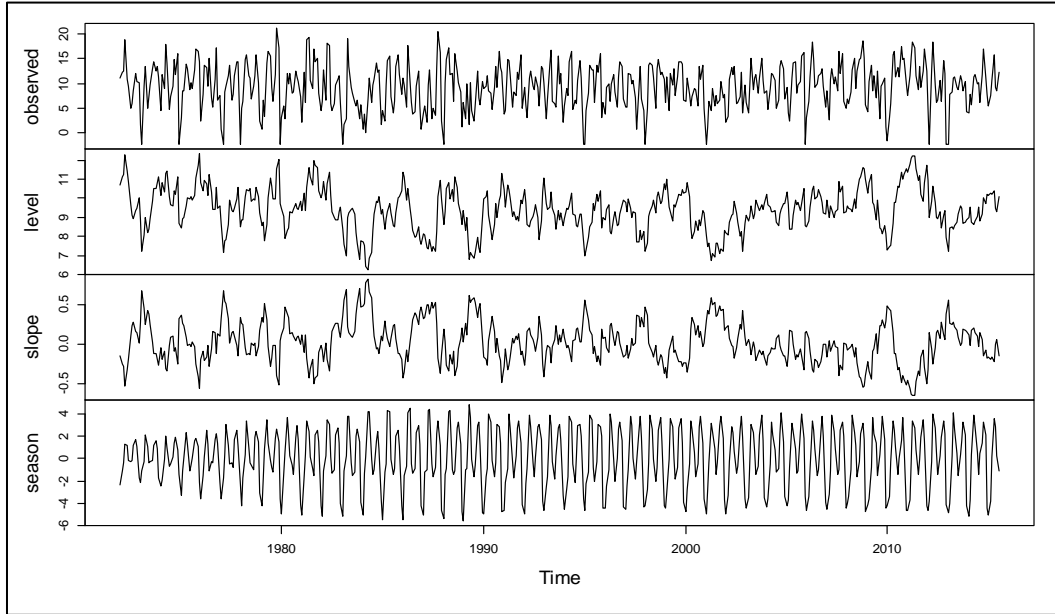


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Al descomponer la serie, se observa ausencia de tendencia, con variaciones en periodos cortos del nivel de la serie, que fluctúan alrededor de un punto medio.

La estacionalidad se muestra muy regular entre 1980 a 2015. Como en las series de precipitaciones antes estudiadas, el comportamiento estacional de la serie previo a 1980 es poco consistente con lo observado en el resto de la serie.

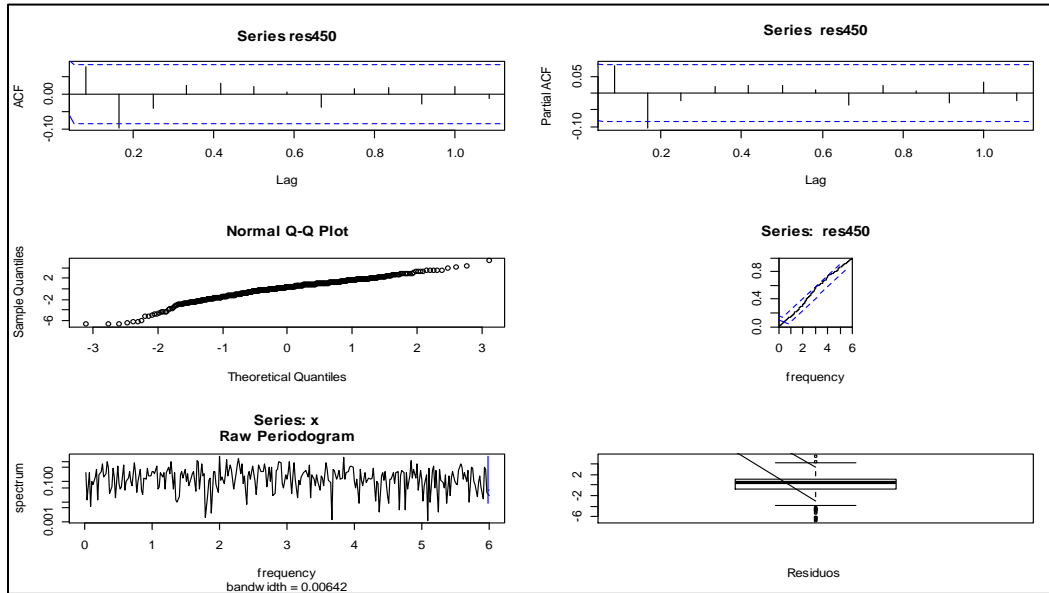
Figura 45. Descomposición clásica de la serie de precipitaciones totales mensuales de la estación Vetas – El Pozo [23190450] ubicada en el municipio Vetas, entre 1972 y 2015



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Para la estimación del modelo apropiado, para el pronóstico de precipitaciones totales mensuales, se pasó por el ajuste de modelos ARMA sobre la serie original y bajo la transformación de Box-Cox, hasta llegar al modelo BATS, el cual presentó el mejor ajuste y mejores pronósticos.

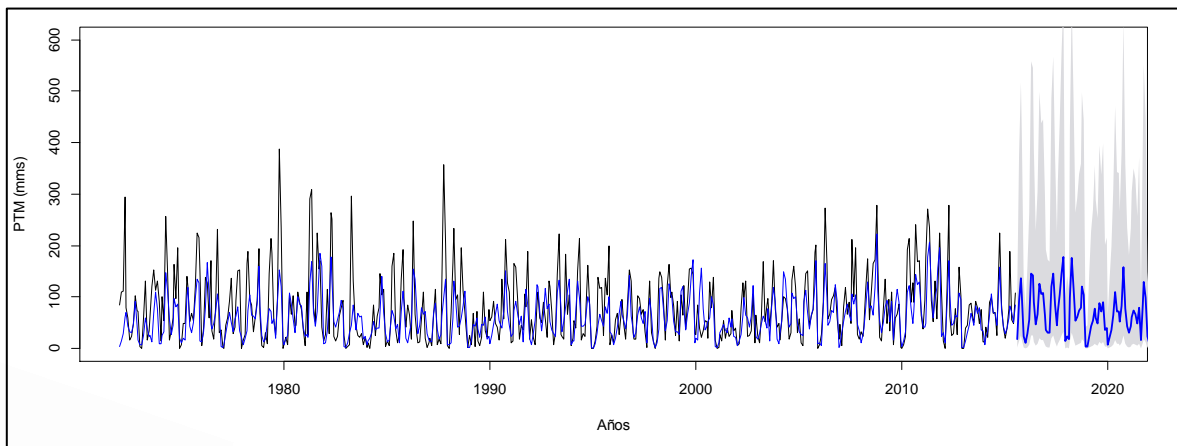
Figura 46. Diagnóstico gráfico de los residuos para el modelo $BATS(0.165, \{0,0\}, 0.8, \{72\})$ para estimar las precipitaciones totales mensuales de la estación Vetas – El Pozo [23190450].



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

El test de Ljung-Box indicó ausencia de autocorrelación entre los residuos ($\chi^2_{(20)} = 18,466$; $p = 0,557$). La distribución de los residuos se mostró simétrica con valores alejados en ambos extremos de la distribución, con curtosis mayor a la de una distribución normal.

Figura 47. Pronósticos de precipitaciones totales mensuales de la estación Vetas – El Pozo [23190450], del municipio Vetas, usando el modelo $BATS(0.165, \{0,0\}, 0.8, \{72\})$



Según el IDEAM, existen 7 estaciones pluviométricas en el municipio, de las cuales una pertenece a ICEL, y las restantes al IDEAM. De las 7 estaciones, 3 mostraron información entre el periodo de estudio: Palo Gordo [23190280], Pantano El [23190600] Y Llano Grande [23195110]. Esta última fue descartada por presentar valores faltantes que no fueron imputados a través de los métodos descritos en la metodología, por tratarse de más de 40 valores.

Estación Palo Gordo [23190280] ubicada en el municipio San Juan de Girón.

La estación Palo Gordo [23190280] del municipio de Girón, mostró niveles de precipitaciones promedio mensuales que oscilan entre 36,4mms y 126mms en los meses de diciembre y octubre, respectivamente.

En los meses de enero, febrero, agosto, septiembre y diciembre las precipitaciones mínimas observadas fueron cero mms.

En los meses de enero, febrero y diciembre se presentaron las precipitaciones más dispersas en relación a los años observados, con valores muy extremos en febrero y abril de 2005 y 1979 respectivamente.

Tabla 27. Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Palo Gordo [23190280] ubicada en el municipio San Juan de Girón.

Mes	Media	Mediana	±DE	CV%	Mínimo	Máximo	Suma	Percentil 05	Percentil 95
Ene	44,7	30,0	39,6	132%	0	143	1966,6	2	122,0
Feb	73,9	59,5	71,4	120%	0	450	3249,4	8	153,0
Mar	99,0	91,5	62,1	68%	10	293	4357,0	26	208,0
Abr	104,6	90,0	70,9	79%	14	436	4602,1	25	177,0
Mayo	116,7	112,5	53,2	47%	20	264	5134,0	43	201,0
Jun	76,1	67,0	47,5	71%	5	195	3349,0	13	174,0
Jul	78,3	60,5	54,3	90%	10	212	3443,4	15	211,0

Mes	Media	Mediana	±DE	CV%	Mínimo	Máximo	Suma	Percentil 05	Percentil 95
Ago.	85,4	75,0	49,7	66%	0	202	3673,5	12	160,0
Sept	96,7	86,0	66,9	78%	0	262	4159,0	12	222,0
Oct	126,0	125,0	48,9	39%	38	235	5419,0	56	210,0
Nov	92,3	80,0	60,2	75%	12	277	3968,0	28	200,0
Dic	36,4	30,0	34,1	114%	0	183	1565,0	0	97,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Los meses de abril, mayo y octubre registraron los promedios más altos, sin perder de vista que en general, el 90% de los meses en estudio entre 1972 y 2015 presentan precipitaciones inferiores a los 167,6mms.

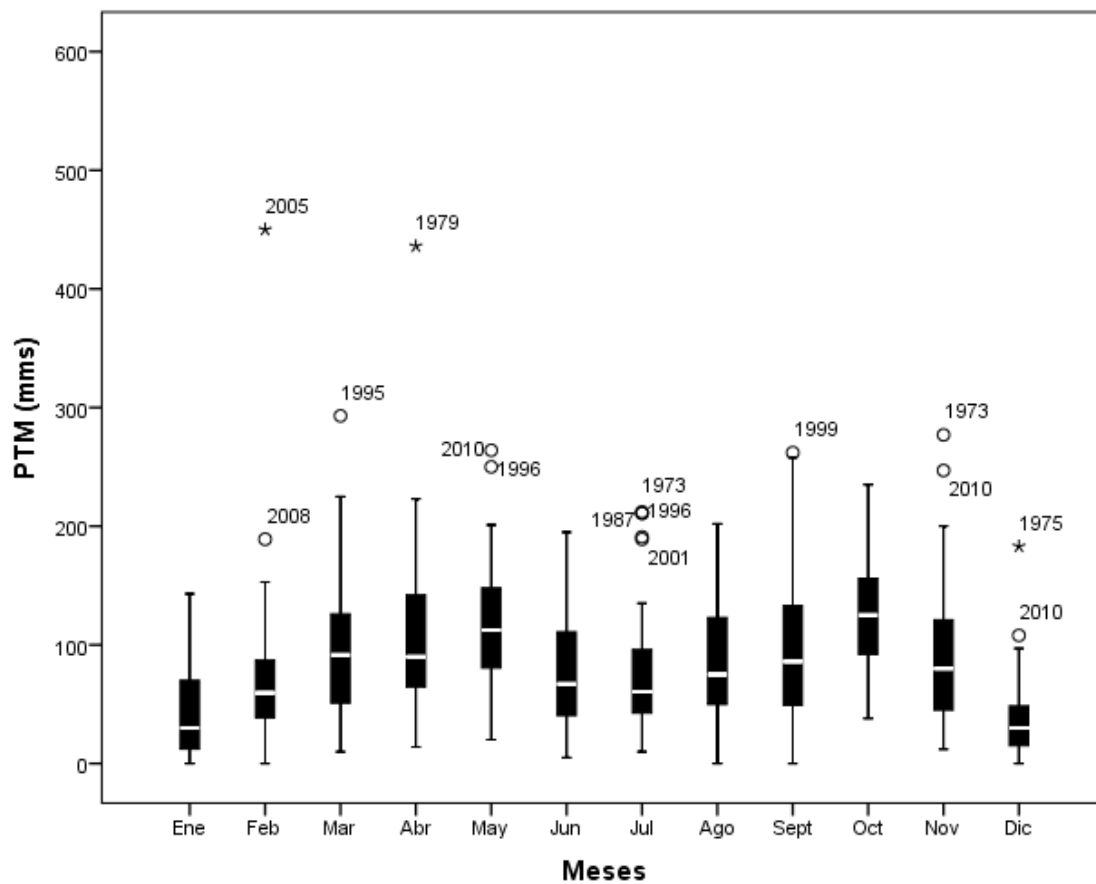
Al comparar los promedios observados de las PTM entre los meses del año, se encontró diferencia estadísticamente significativa, lo cual se afirma con una confianza del 99% ($F_{(11;511)} = 9,651; p = 0,000$).

Mediante las pruebas de comparaciones a posteriori (varianzas heterogéneas *Levene* = 1,877; $p = 0,040$), se observó promedios iguales en los meses de enero, febrero, junio, julio y diciembre. Julio por su parte sólo mostró diferencias significativas con octubre y diciembre, siendo el primero el promedio más bajo del grupo y el segundo mes el de mayores precipitaciones.

Como se observa en la figura 49, los meses muestran comportamientos promedio muy similares entre ellos, destacando que solo los meses de enero, octubre y diciembre muestran diferencias significativas con los demás meses, ya sean con promedios más altos (octubre) o con promedios inferiores a los demás meses. En los meses restantes no existen diferencias significativas, ya que en promedio no difieren significativamente con los meses de mayor pluviosidad ni con los meses de menor nivel pluviométrico.

En la gráfica de bigotes que se muestra a continuación, permite observar que las precipitaciones para esta estación, en general, tienen un valor intermedio en relación a las demás estaciones en estudio. Con poca variabilidad entre los meses de la estación lluviosa y los meses que comprenden la estación seca, con presencia reiterada de valores extremos y muy extremos en la parte superior de todos los meses, excepto en enero, junio, agosto y octubre.

Figura 49. Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Palo Gordo [23190280] ubicada en el municipio San Juan de Girón entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

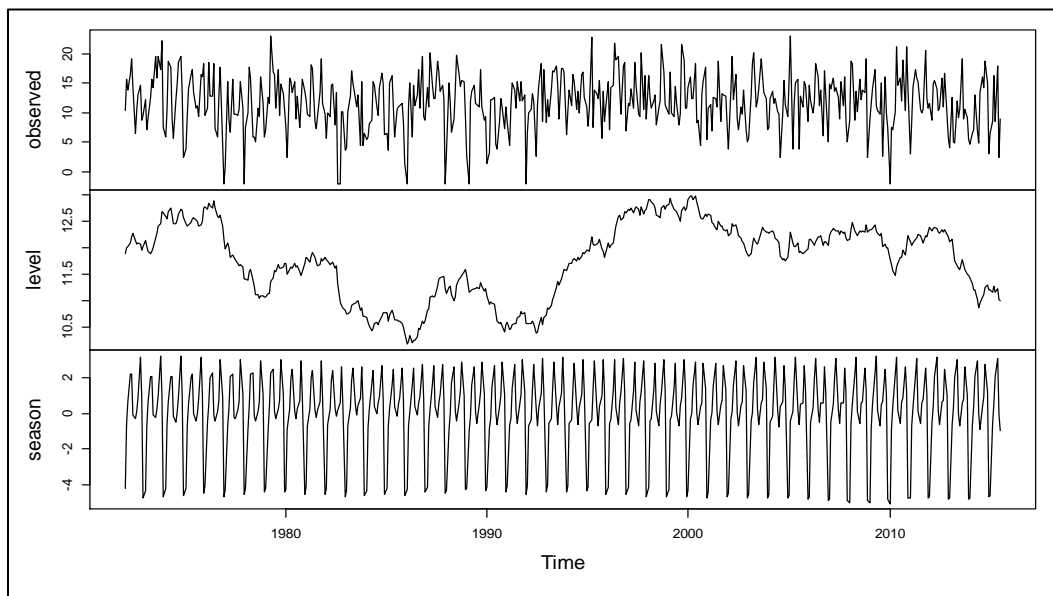
Serie de tiempo estación Palo Gordo [23190280] ubicada en el municipio San Juan de Girón.

El comportamiento de las precipitaciones en la estación Palo Gordo es muy similar al descrito en la estación La Laguna LA [23190260], en cuanto a la homogeneidad entre los meses del año, con promedio inferior de precipitaciones en ésta estación en relación a la anterior.

Al descomponen la serie de PTM, en sus componentes clásico, se observó nuevamente un marcado componente estacional, con presencia de dos momentos lluviosos del año.

El nivel de la serie presenta variaciones con bajadas escalonadas entre 1972 y 1990, que posteriormente se incrementa y estabiliza entre los años 1997 y 2013, con un ligero decrecimiento, en el nivel.

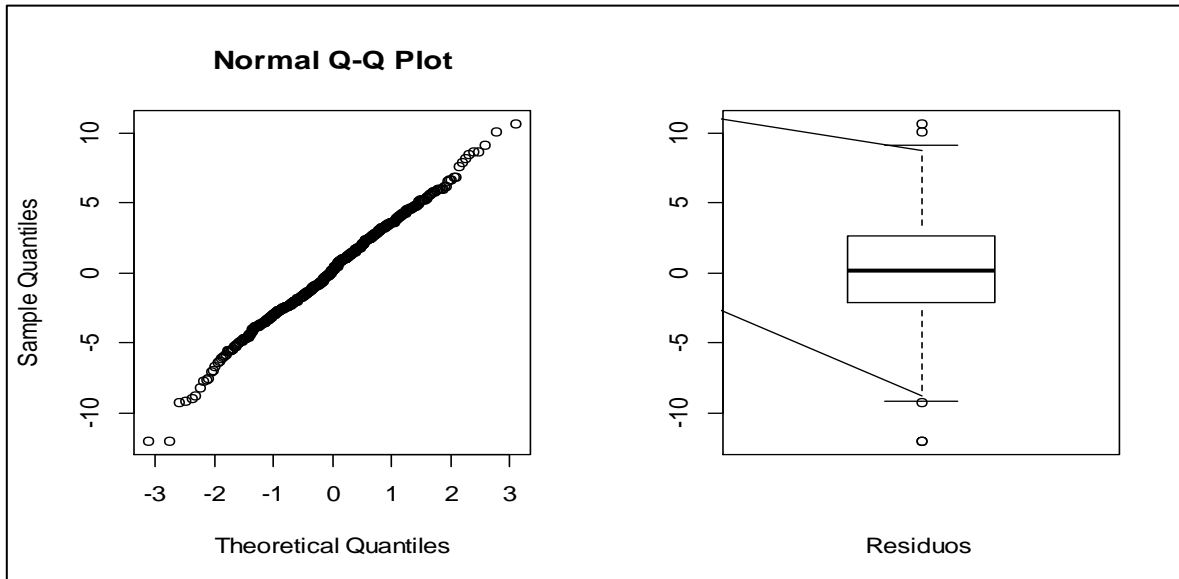
Figura 50. Componentes clásicos de la serie de precipitaciones totales mensuales para la estación Palo Gordo del Municipio San Juan de Girón, entre enero-1972 y julio-2015



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Se procedió con la verificación de la estacionariedad de la serie, igual que con las series anteriores, con el test de Dickey-Fuller Aumentado, confirmando la estacionariedad de la serie original ($DEA_8 = -9,819$; $p = 0,1$).

Figura 51. Residuos del modelo $BATS(0.411, \{0,0\}, 0.961, \{84\})$ ajustado para el pronóstico de las precipitaciones totales mensuales para la estación Palo Gordo del Municipio San Juan de Girón, entre enero-1972 y julio-2015.

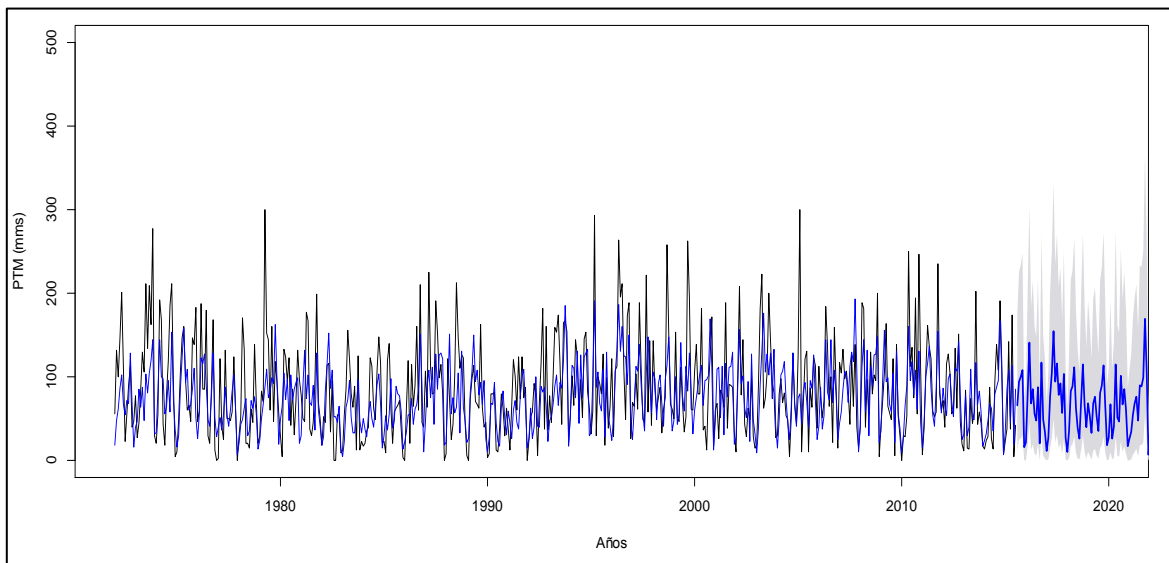


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Se procedió al ajuste de modelos ARMA, con transformaciones Box-Cox, modelos dinámicos con ajuste por método de verosimilitud y usando Cadenas de Markov, finalmente encontrando que el mejor ajuste y pronóstico se presentó al implementar un modelo $BATS(0.411, \{0,0\}, 0.961, \{84\})$,

En la figura 51 se observa el comportamiento de los residuos, los cuales se aproximan a una distribución normal, con sólo dos valores atípicos sobre y bajo el promedio, los cuales mostraron una diferencia de ± 10 mms sobre los valores observados en las precipitaciones de Palo Gordo del Municipio San Juan de Girón ($W = 0.9954$; $p = 0,124$)

Figura 52. Pronóstico de las PTM (mms) de la estación Palo Gordo del Municipio San Juan de Girón, usando un modelo BATS(0.411,{0,0},0.961,{84})



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

La figura 52 muestra la serie observada de PTM (mms) en relación a las proyecciones de precipitaciones para el mismo periodo de observación a partir de la ecuación ajustada por el modelo. Junto con lo anterior se presentan los pronósticos para los 5 años siguientes, y sus respectivos límites de confianza del 95%.

Al observar los límites de confianza, se observa que su amplitud es baja, en relación a la variabilidad de la serie original, lo que permite afirmar que el modelo permite un buen ajuste, con poca impresión en los pronósticos.

Estación Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón.

La estación Pantano El [23190600] se encuentre en el municipio San Juan de Girón, al analizar la tabla 28 podemos ver que el mes con mayor variación fue enero con el 104%. En promedio el mes con menor pluviosidad es diciembre con 41,4mms y el promedio más alto se presenta en el mes de octubre. Los registros más bajos diciembre y enero con 41,4mms y 43,6mms respectivamente.

Tabla 28. Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón.

Mes	Media	Mediana	±DE	CV%	Mínimo	Máximo	Suma	Percentil 05	Percentil 95
Ene	43,6	28,5	40,2	141%	0	142	1917,0	0	122,0
Feb	63,6	52,0	54,1	104%	0	325	2800,4	5	131,0
Mar	95,8	74,9	72,2	96%	3	273	4216,5	16	250,0
Abr	99,8	101,5	43,5	43%	11	203	4393,3	35	176,0
Mayo	104,1	95,0	51,5	54%	19	234,5	4581,7	39	202,0
Jun	68,2	64,0	32,1	50%	20	149	3000,3	22	134,0
Jul	66,8	60,7	34,5	57%	5	140	2938,2	16	122,0
Ago.	80,4	69,0	46,8	68%	15	274	3459,0	31	147,0
Sept	94,1	93,0	44,2	48%	15	244	4045,4	37	170,0
Oct	134,7	132,0	59,0	45%	21,9	246	5793,3	51	241,3
Nov	107,6	101,0	54,7	54%	13	230	4624,7	35	192,0
Dic	41,4	32,9	40,7	124%	0	153	1779,2	0	130,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En la tabla 29 se presentan los percentiles de las precipitaciones mensuales en la estación Pantano y Palo Gordo. Se observa que los percentiles en ambas estaciones tienen niveles de precipitaciones mensuales muy similares. Ambas estaciones presentaron mediana de precipitaciones de 73mms, con mayor variabilidad en Palo Gordo (ligeramente mayor).

Tabla 29. Percentiles de las precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón, entre 1972 y 2015.

Percentiles	PTM (mms) de Pantano	PTM (mms) de Palo Gordo
10	20	18
20	35,9	36
30	50	48,6
40	62	60
50	73,9	73
60	90	89,4
70	103	110
80	125,36	132
90	155,6	167,6

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En la figura 53 se puede apreciar valores atípicos en los meses de febrero del año 2005 en ambas estaciones del municipio, agosto de 1995 presenta altas precipitaciones en la estación Pantano y septiembre de 1999 en ambas estaciones. En los meses de marzo, octubre, noviembre y diciembre la dispersión fue mayor en el Pantano y en los meses de junio, agosto y septiembre la dispersión fue mayor en Palo Gordo.

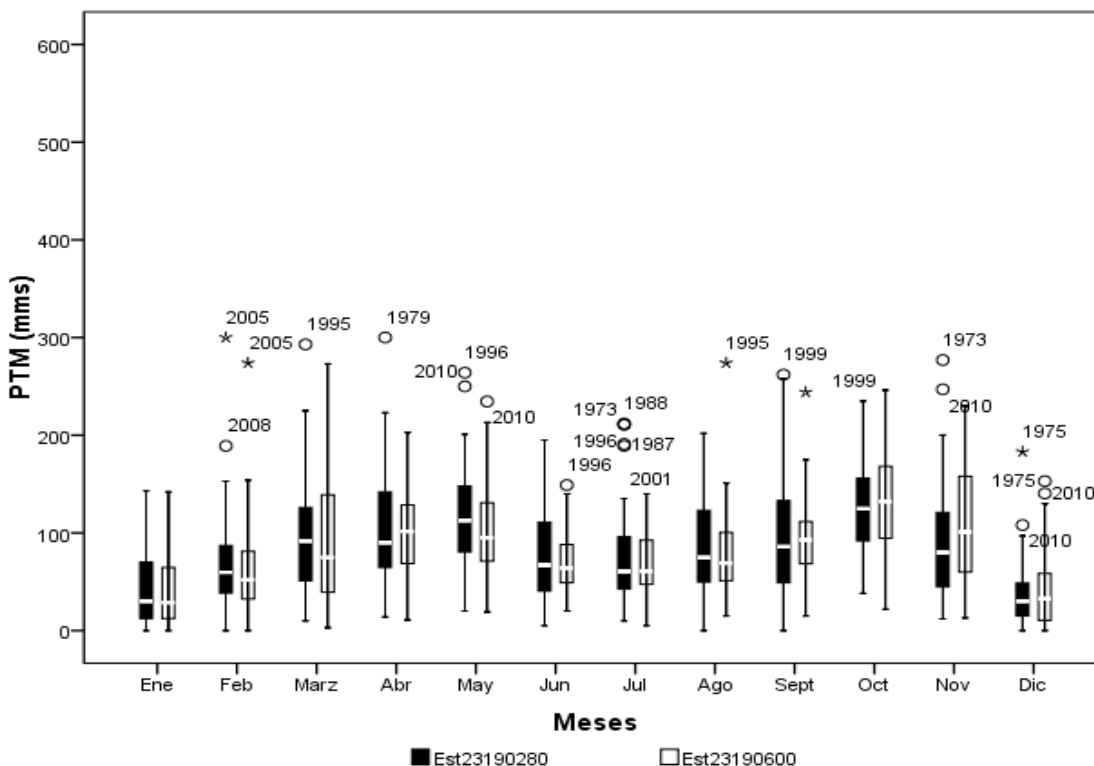
En general, las precipitaciones son muy similares en las estaciones de Palo Gordo y Pantano, ubicadas en el municipio San Juan de Girón.

Al comparar los promedios observados de las PTM entre los meses del año, se encontró diferencia estadísticamente significativa en la estación Pantanal, lo cual se afirma con una confianza del 99% ($F_{(11;511)} = 13,886; p = 0,000$).

Mediante las pruebas de comparaciones a posteriori (varianzas heterogéneas *Levene* = 4,4; $p = 0,000$), se observó promedios estadísticamente diferentes entre enero y los meses de marzo, abril y mayo.

Se puede afirmar con un 95% de confianza que el mes de marzo difiere de enero y diciembre. El mes de abril presenta diferencias significativas con enero, junio, julio y diciembre (ver anexo 8).

Figura 53. Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] y Palo Gordo [23190280], ubicadas en el municipio San Juan de Girón, entre 1972 y 2015.



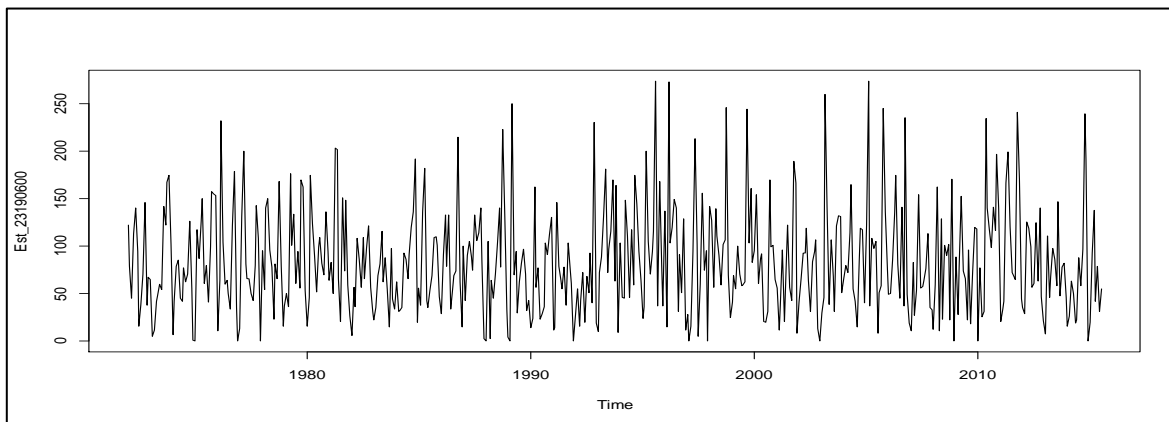
Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Serie de tiempo estación el Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón

Las precipitaciones totales mensuales en el Pantano presentaron un aparente incremento en el promedio, a lo largo del tiempo. De igual forma se observa una fuerte variabilidad de los valores registrados.

La presentación de la serie en sus componentes clásicos permite confirmar lo mencionado anteriormente, hay una tendencia creciente en la serie, aunque el aumento sea muy lento.

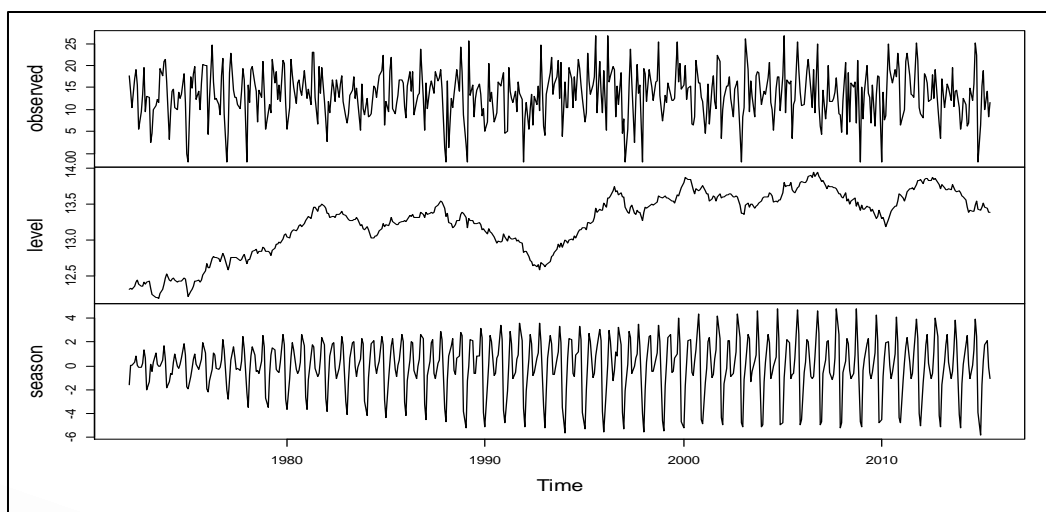
Figura 54. Precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón, entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Los niveles de precipitación muestran incrementos fuertes, que aparecen de forma cíclica, en aproximadamente 8 años de diferencia. La serie en general muestra dos comportamientos ligeramente diferentes; un primer periodo con menor dispersión y variaciones en la estacionalidad, y un segundo periodo (>1990) con mayor estabilidad o consistencia en los patrones de la serie, en relación al tiempo.

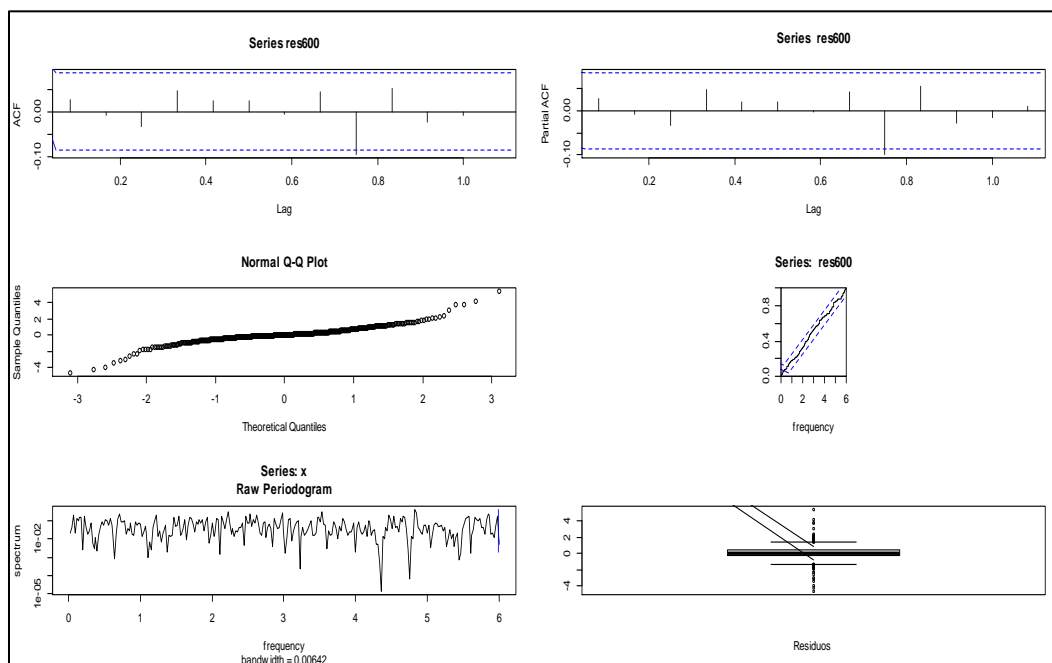
Figura 55. Descomposición clásica de la serie de precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón, entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Al modelar los datos, y por lo expuesto antes en el estudio de las estaciones ya analizadas, se procedió a ajustar un modelo BATS, con transformación de Box-Cox, errores autorregresivos.

Figura 56. Diagnóstico del modelo BATS(0.134,{0,0},1,{240}), para el pronóstico de las precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón

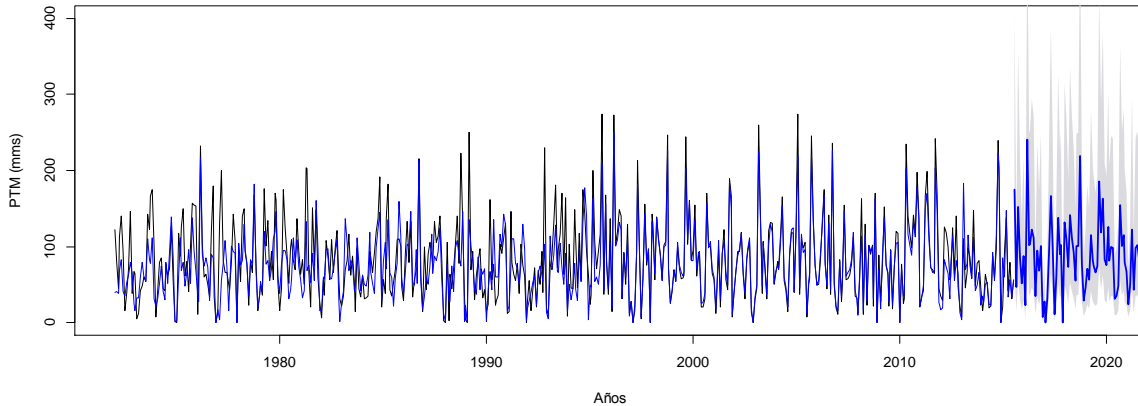


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Los residuos mostraron un comportamiento similar a un ruido blanco, indicando que no hay información en los residuos que puedan aportar a la explicación de la serie observada. La prueba de Ljung-Box mostró un nivel de significación mayor a 0,05, indicando ausencia de autocorrelación entre los residuos.

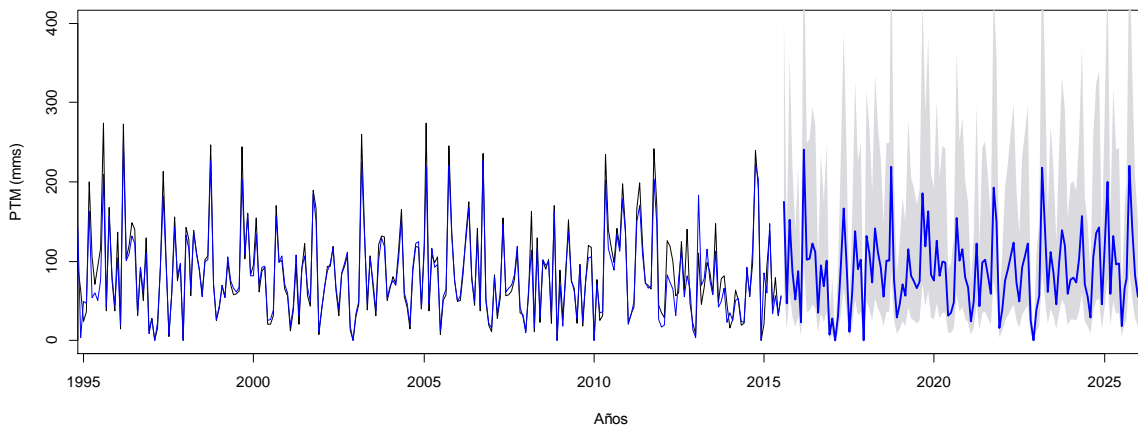
El ajuste de las precipitaciones totales mensuales estimadas con el modelo, sobre las precipitaciones reales, entre enero de 1972 y julio de 2015, observa en la figura 57. El gráfico permite visualizar un excelente ajuste a partir del año 1996, el cual es casi perfecto.

Figura 57. Precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón, entre 1972 y 2020, usando el modelo BATS(0.134,{0,0},1,{240})



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Figura 58. Precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón, entre 1995 y 2025, usando el modelo BATS(0.134,{0,0},1,{24})



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Para una mejor visualización del ajuste de los pronósticos sobre las observaciones reales, se graficó una parte de la serie (ver figura 58), encontrando que las dos series coinciden casi perfectamente. El ajuste en este segmento de la serie es del 99%. Y se observa que los pronósticos siguen un patrón muy similar, sin que implique un incremento o disminución a largo plazo de las precipitaciones.

Comparación de las precipitaciones entre las estaciones del municipio San Juan de Girón.

En este municipio se contó con información recabada por dos estaciones; Pantano y Palo Gordo, las cuales mostraron registros muy homogéneos en los meses del año, con muy pocas variaciones en los niveles de precipitaciones registradas, especialmente en los meses de enero, febrero, julio y diciembre.

La estación Palo Gordo mostró una disminución en el nivel de la serie de PTM entre 1972 y 1992, y luego un incremento que mantuvo entre 1995 y que fue decreciendo muy lentamente hasta 2015. La estacionalidad para esta estación no presentó variaciones a lo largo del tiempo y su pronóstico muestra una ligera disminución en el nivel de la serie (hasta 2020) con presencia de fuertes fluctuaciones en los 4 años siguientes.

La estación Pantano mostró una tendencia creciente en la serie de precipitaciones totales mensuales, y una estacionalidad aproximadamente igual entre 1990 y 2015, con un ligero incremento en las precipitaciones registradas en los meses de octubre y noviembre entre 2000 y 2009. En esta serie se logró un excelente ajuste de la serie a partir del año 1995, y su pronóstico permite visualizar una tendencia creciente, con presencia de intensos episodios de lluvias, que se repiten cíclicamente cada 2 años.

Municipio Lebrija

Éste municipio tiene una altitud media de 1055msnm, con una extensión de 55.023,43Ha. Posee una población rural superior al 50% de la población total, con importante explotación agrícola y avícola.

Estación Laguna La [23190260] ubicada en el municipio Lebrija.

La estación la Laguna La [23190260] del municipio Lebrija, presentó niveles de precipitaciones bajas.

Los meses de enero, junio y diciembre muestran los promedios de precipitaciones más bajos, los cuales no muestran grandes diferencias con los meses restantes del año.

El mes de agosto y septiembre muestran valores extremos, relacionados con los años 1973 y 1986, adicionalmente se observan que en los meses de abril, julio y agosto mostraron valores atípicos en año 1986.

Tabla 30. Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Laguna La [23190260] ubicada en el municipio Lebrija.

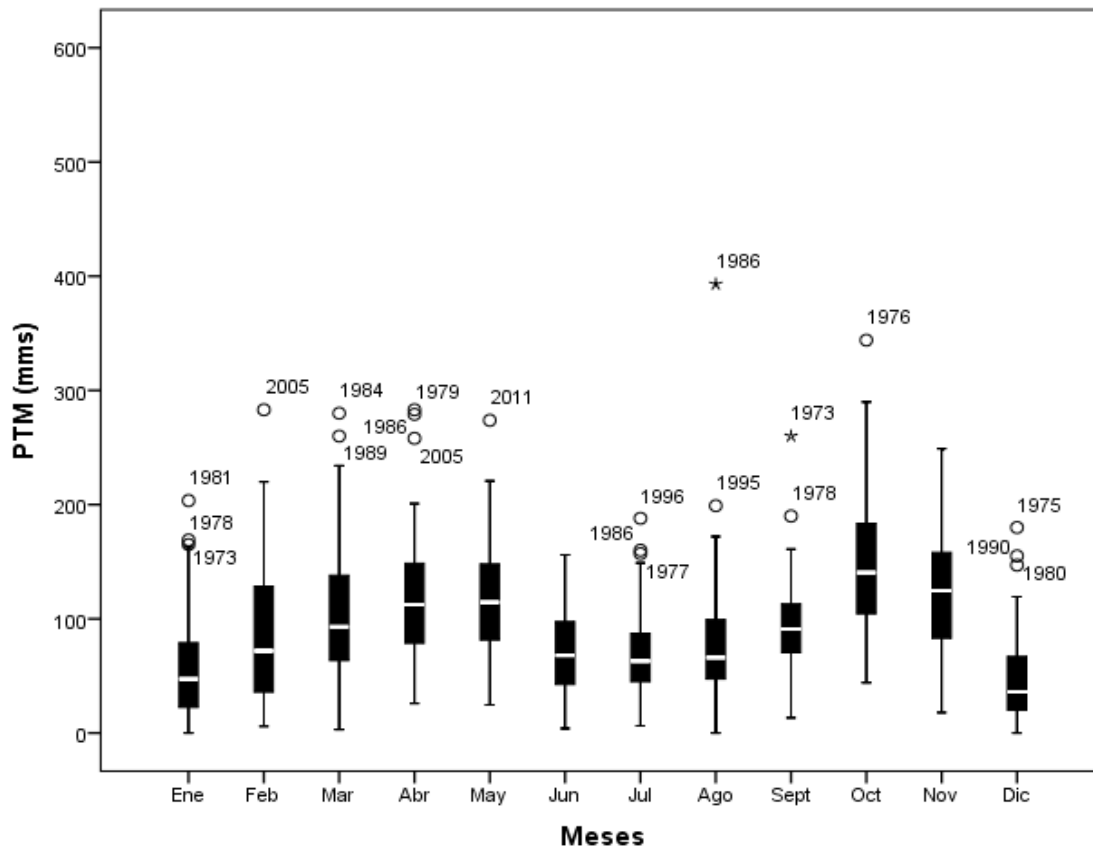
Mes	Media	Mediana	±DE	CV%	Mínimo	Máximo	Suma	Percentil 05	Percentil 95
Ene	61,3	47,3	51,1	108%	0	203,5	2696,6	4	165,0
Feb	87,2	72,0	65,0	90%	6	283	3835,7	10	204,2
Mar	107,8	93,0	62,8	68%	3	280	4743,6	28,4	234,0
Abr	118,6	112,5	59,8	53%	26	283	5218,8	44	258,0
Mayo	118,0	114,5	50,5	44%	24,7	273,8	5191,0	51	185,5
Jun	72,6	67,9	39,0	57%	4	155,9	3194,6	20	145,0
Jul	72,3	63,0	39,9	63%	6,3	188	3182,3	25	157,0
Ago.	83,6	66,0	64,9	98%	0	393	3596,0	21	172,0
Sept	95,9	91,0	45,0	49%	13,4	260	4123,3	35	161,0
Oct	154,7	140,5	64,2	46%	44	344	6650,4	73	285,7
Nov	125,9	124,6	55,9	45%	18	249	5413,5	51	222,0
Dic	50,1	36,0	44,1	123%	0	180	2154,0	5,5	147,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En enero y diciembre se observó la mayor variabilidad en las precipitaciones totales mensuales, seguidos del mes febrero y agosto. Los restantes meses se observó una variabilidad inferior al 70%.

En la figura 60 se observan los niveles de precipitaciones entre enero de 1972 y julio de 2015, los cuales escasamente superan los 200mms. En el mes de octubre se observa un nivel de precipitaciones superior a los demás meses, seguido por el mes de noviembre. Los meses de febrero, marzo, abril y mayo muestran niveles de precipitaciones que parecen ser homogéneos entre sí.

Figura 60. Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en estación Laguna La [23190260] ubicada en el municipio Lebrija entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

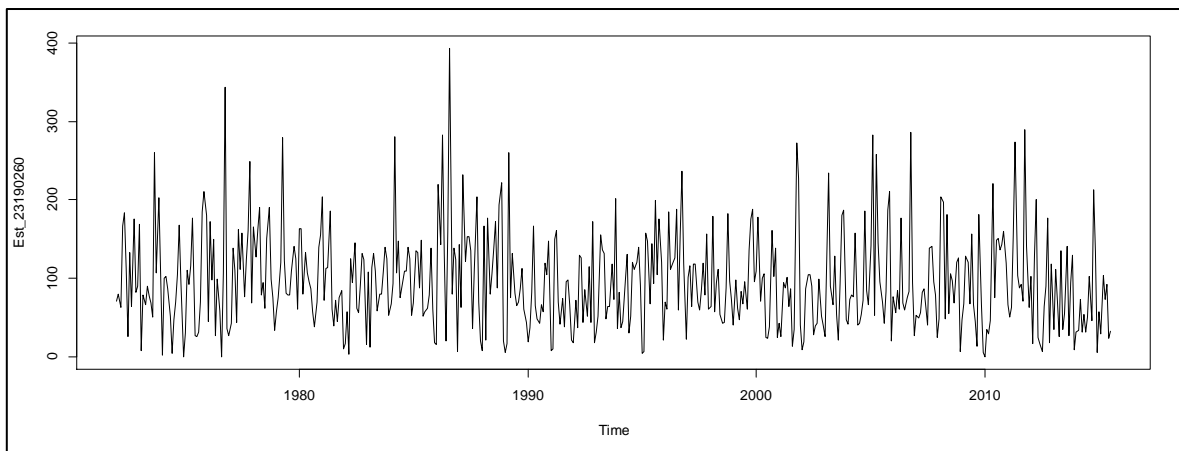
Para determinar si existen diferencias significativas entre los promedios de precipitaciones registradas entre los meses del año, se realizó el análisis de varianza, el cual confirmó que hay diferencias significativas al nivel 0.01 ($F_{(11;511)} = 13,51; p = 0,000$).

Las comparaciones a posteriori por el método T3 de Dunnett indicaron que, el mes de enero no mostró diferencias significativas con los meses de febrero, junio, julio, agosto, septiembre y diciembre, con los promedios más bajos, por su parte, febrero sólo muestra diferencias significativas con el mes de octubre. El mes de octubre no mostró diferencias significativas con los meses de abril, mayo y noviembre.

A diferencia de la estación Tona [23190130] que mostró su nivel más bajo de precipitaciones en julio, la estación la Laguna La [23190260] mostró sus niveles de precipitaciones más bajos en el mes de diciembre.

Serie de tiempo estación Laguna La [23190260] ubicada en el municipio Lebrija.

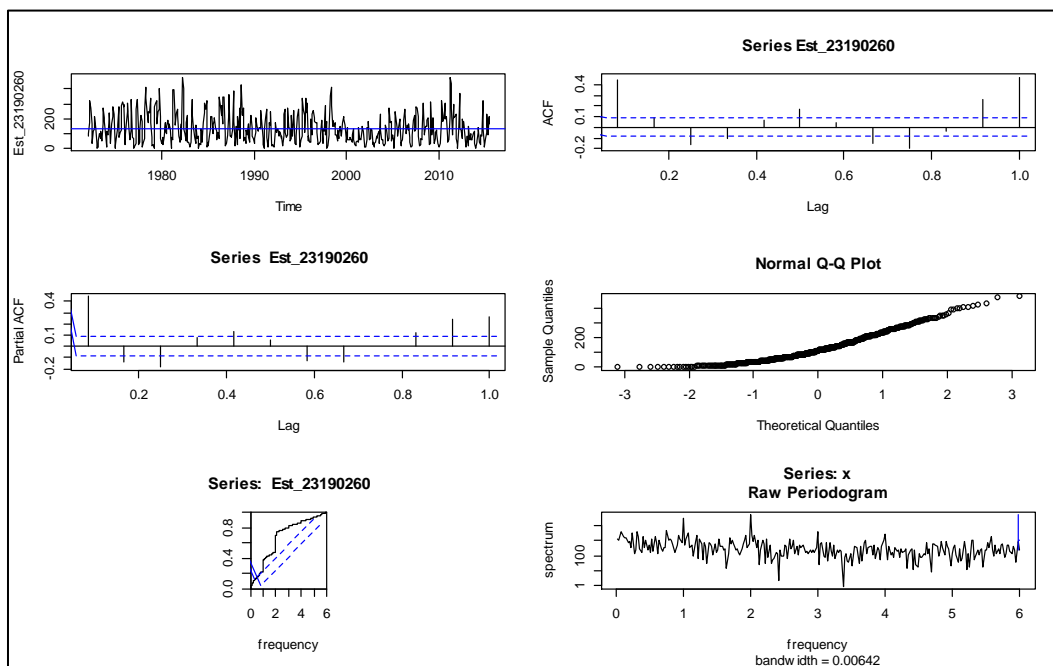
Figura 61. Precipitaciones totales mensuales en la estación Laguna La del Municipio Lebrija, entre enero-1972 y julio-2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Se procedió a verificar el comportamiento de la serie, a través del diagnóstico gráfico. Según el diagrama de Autocorrelación Simple y Autocorrelación Parcial, junto con el Correlograma acumulado muestran presencia de un modelo Auto-regresivo.

Figura 62. Diagnóstico gráfico para la serie de precipitaciones totales mensuales en la estación La Laguna La del Municipio Tona, entre enero-1972 y julio-2015



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Previo a la identificación del modelo más apropiado, se verificaron varios modelos, seleccionando un que presentara el menor AIC, AICc y BIC, así como el mayor R^2 .

A ajustar un $ARMA(1,0,1)(2,0,1)[12]$, se encontró un test de Ljung-Box que muestra ausencia de autocorrelación serial ($L - B = 21,16; gl = 20; p = 0.388$). Los residuos generados por el modelo no siguieron una distribución normalidad ($W = 0.9463, p < 0.001$), y el porcentaje de varianza explicado fue de 18,3%.

Como se observa en la figura anterior, la serie presenta tres periodos con niveles de precipitaciones diferentes, es decir, entre 1972 y 1988 el promedio de precipitaciones totales mensuales es mayor ($M = 103,44mms$), que el observado posterior a 1999 ($M = 88,43mms$), según lo afirman los resultados del Análisis de Varianza (ANOVA), para comparar los tres periodos de tiempo ($F_{(2; 520)} = 3,081; p = 0,047$ y $Brown - Forsythe =$

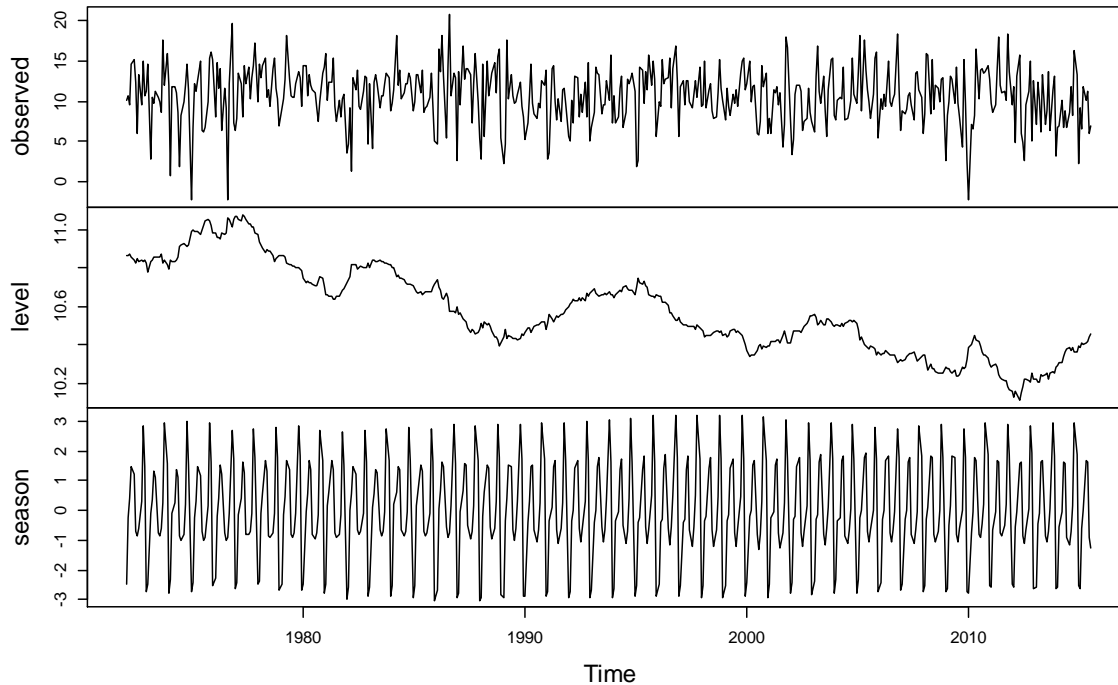
3,3; $p = 0,038$), considerando el método de Duncan para las comparaciones a posteriori (varianzas se asumen iguales $Levenne = 1,715$; $p = 0,181$).

Con evidencia de los cambios en el nivel medio de la serie de precipitaciones, en la estación La Laguna del municipio de Lebrija, se procedió a modelar los datos a través del método de BATS y TBATS para series con estas características, donde predomina una marcada estacionalidad, que generalmente está comprendida en un periodo de doce meses.

Los modelos ajustados con BATS y TBATS mostraron mejor ajuste a las precipitaciones totales mensuales en esta estación (La Laguna), permitiendo estimar correctamente la tendencia y la estacionalidad mostrada en los datos.

Cabe destacar que las precipitaciones entre los diferentes meses del año, se presentan de forma bastante homogénea, sin embargo previo al ajuste del modelo se verificó la presencia de características como tendencia y la estacionalidad, a través de la descomposición de los componentes clásicos de una serie de tiempo.

Figura 63. Componentes clásicos de la serie de precipitaciones totales mensuales para la estación La Laguna La del Municipio Tona, entre enero-1972 y julio-2015

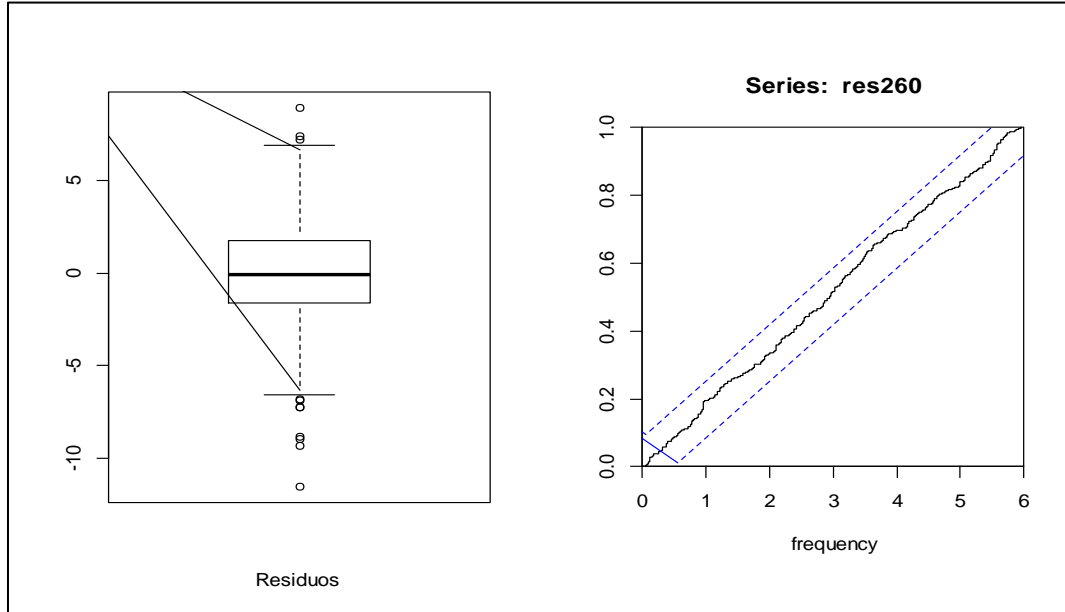


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En la figura anterior se percibe que la variabilidad observada cambia en pequeñas proporciones en los diferentes instantes de tiempo, por su parte la tendencia de la serie, se muestra decreciente como se afirmó anteriormente. En nivel de medio de la serie decrece en periodos de aproximadamente 10 años. Finalmente, la estacionalidad se presenta de forma muy regular en los diferentes meses objeto de estudio, la cual fluctúa con menor nivel de precipitaciones para el período estacional del año, y un mayor nivel de PTM en el segundo periodo estacional del año.

Al ajustar los modelos BATS y TBATS, se observaron mejores indicadores de ajuste para la primera metodología, con ausencia de autocorrelación en los retardos de los residuos del modelo según el test de Ljung-Box ($\chi^2_{(20)} = 21,75; gl = 20; p = 0.354$). Los residuos generados por el modelo muestran una tendencia simétrica y aproximadamente normal (ver figura 64).

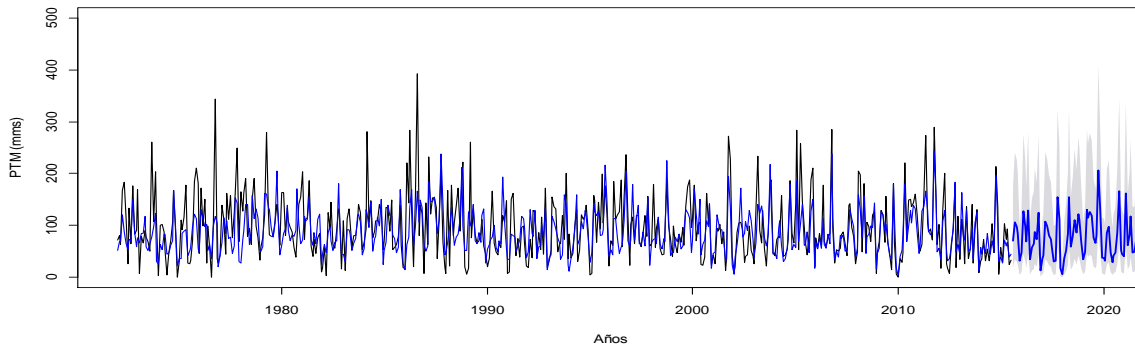
Figura 64. Residuos del modelo BATS(0.342, {0,0},1,{96}), para estimar las precipitaciones totales mensuales para la estación La Laguna La del Municipio Tona.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

El porcentaje de varianza explicado por el modelo es de 87%, con un ajuste en la tendencia y la estacionalidad detectada en la descomposición

Figura 65. Pronóstico para las precipitaciones totales mensuales para la estación La Laguna La del Municipio Tona, usando el modelo BATS(0.342, {0,0},1,{96}).



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Para una mejor visualización de la curva ajustada, se redujo el periodo entre los años 1990 y 2020, se observa como el intervalo de confianza del 95% para las predicciones

(azul oscuro), tiene estrecha relación con las fluctuaciones observadas en la serie original. La tendencia de acuerdo al pronóstico, se mantiene ligeramente estable, pero con valores promedio inferiores al periodo previo a 2012.

Estación Palmas [23190380] ubicada en el municipio Lebrija.

La estación Palmas [23190380] se encuentra ubicada en el municipio Lebrija, el 90% de las precipitaciones mensuales registradas entre enero del año 1972 y julio del año 2015 se encuentran por debajo de 229mms (ver tabla 31).

Los meses con pluviosidad media más baja fueron julio y enero con 65,2mms y 66,9mms respectivamente. El mes con la mayor cantidad de precipitaciones acumuladas es noviembre con 8404,6mms seguido por octubre con 8128,1mms, como se puede observar en la tabla 31.

Tabla 31. Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Palmas [23190380] ubicada en el municipio Lebrija.

Mes	Media	Mediana	±DE	CV%	Mínimo	Máximo	Suma	Percentil 05	Percentil 95
Ene	66,9	58,0	49,0	85%	0	183	2942,4	2,0	153,0
Feb	109,3	87,0	81,4	94%	2	313	4809,0	20,0	286,0
Mar	144,0	138,0	81,9	59%	6	372	6337,2	29,0	284,0
Abr	154,5	127,5	92,3	72%	8	542	6797,0	62,0	334,0
Mayo	137,8	135,0	53,4	40%	37	261	6064,9	68,4	234,0
Jun	83,9	66,3	62,7	95%	0	328	3608,2	15,3	175,0
Jul	65,2	49,5	41,4	84%	1,1	192	2870,2	15,0	141,0
Ago.	84,0	78,0	40,6	52%	8	174	3611,0	26,0	162,0
Sept	126,5	112,0	110,0	98%	21	746	5440,3	43,5	210,0
Oct	189,0	171,0	95,5	56%	40	420	8128,1	59,0	350,0
Nov	195,5	172,0	122,6	71%	9	716	8404,6	61,0	364,3

Dic 94,9 83,0 69,2 83% 0 274 4082,2 6,0 241,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En esta estación los coeficientes de variación (CV) son menores a 100% para todos los meses.

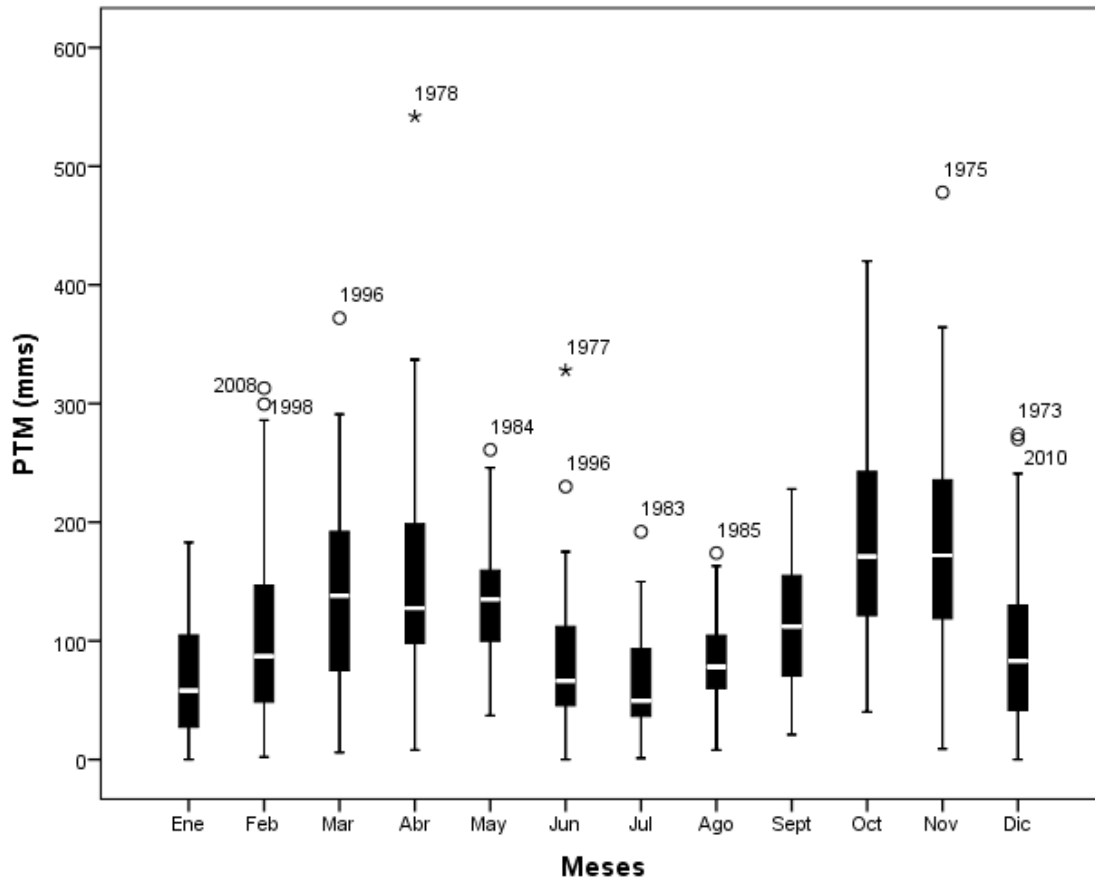
Tabla 32. Percentiles de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Palmas [23190380] ubicada en el municipio Lebrija.

Percentiles	PTM (mms)
10	31
20	50
30	67,83
40	88
50	102,3
60	122,8
70	145,82
80	177,4
90	229,7

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

La figura 66 muestra el comportamiento de los meses a los largo del tiempo, las precipitaciones registradas en abril de 1978 son extremas con un valor superior a 500mms.

Figura 66. Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Palmas [23190380] ubicada en el municipio Lebrija entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Al comparar los promedios observados de las PTM entre los meses del año, se encontró diferencia estadísticamente significativa, lo cual se afirma con una confianza del 99% ($F_{(11;511)} = 13,676; p = 0,000$).

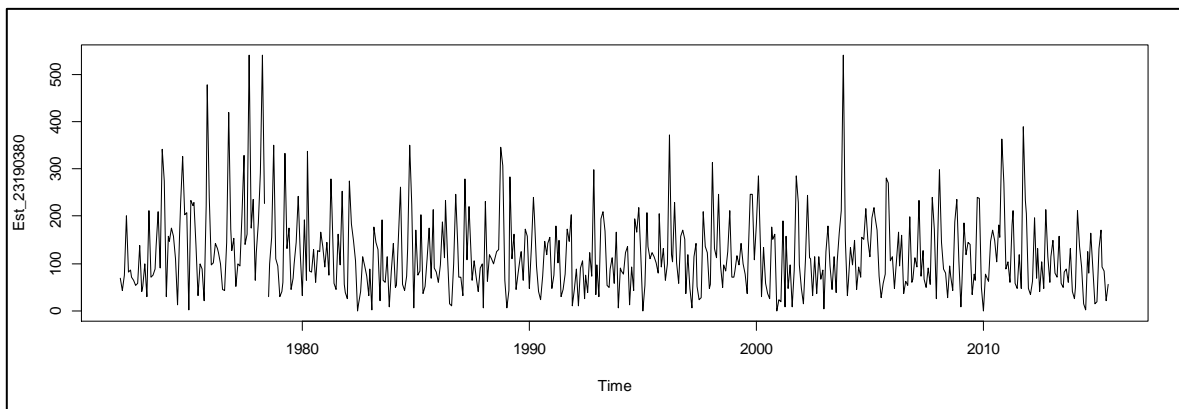
Mediante las pruebas de comparaciones a posteriori (varianzas heterogéneas *Levene* = 4,265; $p = 0,000$), se observó promedios iguales entre enero y los meses de febrero, junio, julio, septiembre y diciembre.

Mientras que existen diferencias estadísticamente significativas entre febrero y los meses de octubre y noviembre. Septiembre no muestra diferencias estadísticamente significativas con ninguno de los demás meses. Marzo por su parte difiere en promedio de los meses de enero, junio, julio y agosto. Conclusiones que se hacen con un 95% de confianza (ver anexo 7).

Serie de tiempo Estación Palmas [23190380] ubicada en el municipio Lebrija.

En la estación Palmas los niveles de precipitaciones resultaron elevados en los primeros años registrados, con mayor variabilidad, lo cual se observó hasta 1982.

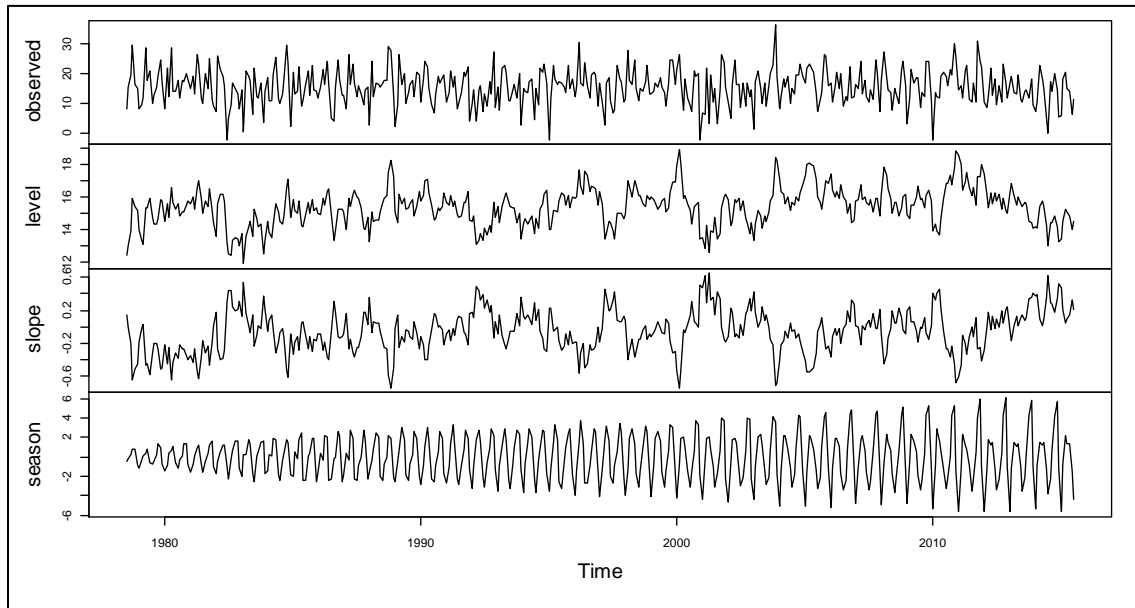
Figura 67. Precipitaciones totales mensuales en Palmas [23190380] ubicada en el municipio Lebrija entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

A partir de los 80's se muestra una serie con variabilidad regular, pero sin una estacionalidad definida, con la aparición de un valor muy alejado del resto para 2004.

Figura 68. Descomposición clásica de la serie de precipitaciones totales mensuales en Palmas [23190380] ubicada en el municipio Lebrija entre 1972 y 2015.

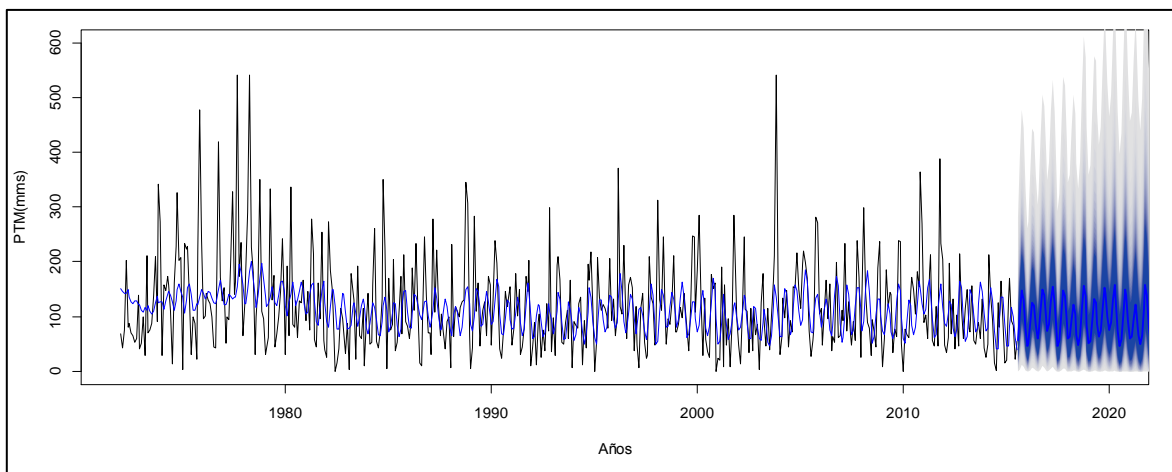


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Al estudiar la serie a partir de sus componentes clásicos, no hay presencia de tendencia, o de ciclos definidos, de igual forma la estacionalidad muestra cambios a lo largo de todo el periodo observado.

Se ajustó un modelo TBATS, que ajustó satisfactoriamente sobre la tendencia de los datos. Los residuos generados por el modelo se ajustaron a una distribución normal ($W = 0,997$; $p = 0,294$), con ausencia de autocorrelación en los residuos ($\chi^2_{(20)} = 30,5$; $p = 0,062$).

Figura 69. Pronóstico del modelo TBATS (0.438, {0,0},0.93,{<-36,6>}) sobre precipitaciones totales mensuales en Palmas [23190380] ubicada en el municipio Lebrija entre 1972 y 2015.



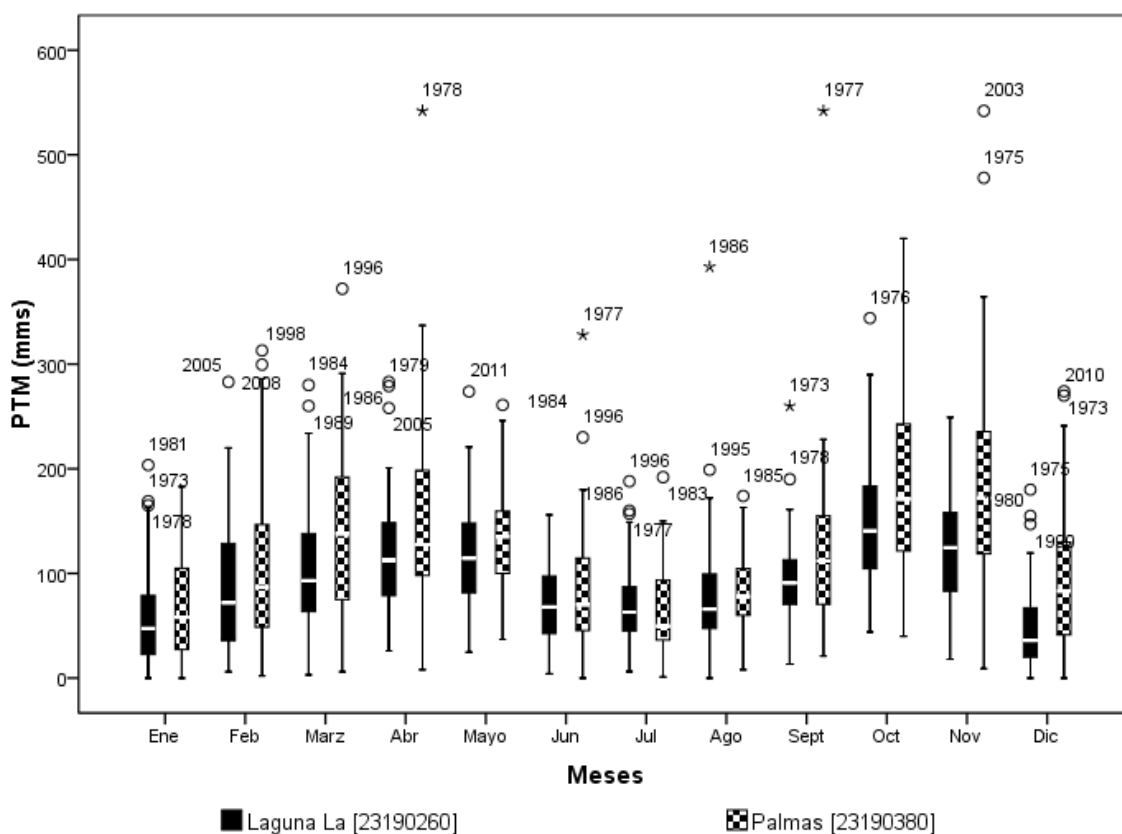
Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Bajo las condiciones mencionadas, el modelo presentó un buen ajuste de la serie estimada sobre a observada, considerando que la presencia de algunos incrementos bruscos en las precipitaciones tienen un comportamiento que no obedece ni a ciclos ni a tendencias en predecibles en el tiempo.

Comparación de las precipitaciones entre las estaciones del municipio Lebrija.

En el municipio se estudiaron las precipitaciones registradas en las estaciones La Laguna y Palmas, encontrando un comportamiento muy semejante entre ambas estaciones, especialmente en relación a los niveles de precipitaciones para los periodos secos intermedios del año (junio, Julio y agosto). La estacionalidad se presenta en forma bimodal, sobresaliendo los meses de marzo, abril, octubre y noviembre como los meses con los mayores niveles de precipitaciones para la estación Palmas, que reporta niveles más elevado de precipitaciones que Laguna, en los meses mencionados.

Figura 70. Precipitaciones totales mensuales de las estaciones del municipio Lebrija.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Las precipitaciones atípicas se registras en ambas estaciones, aunque no para los mismos años.

En la estación Laguna, las precipitaciones muestran un nivel decreciente de la serie a lo largo del tiempo, con un comportamiento estacional muy regular en todo el periodo de observación.

En la estación Palmas, las precipitaciones muestran un nivel decreciente de la serie a lo largo del tiempo, con un comportamiento estacional muy regular en todo el periodo de observación.

La estación Palmas, por su parte, muestra fuertes variaciones en el nivel de la serie, con una fuerte disminución de las precipitaciones en los últimos 5 años. La estacionalidad presenta variaciones a lo largo de toda la serie observada, comenzando con variaciones mínimas entre los meses del año (entre la estación seca y lluviosa), lo cual se fue diferenciando hasta alcanzar en 1999 una marcar una tendencia, de mayores precipitaciones en los últimos meses de año, especialmente octubre y noviembre. Las predicciones para esta estación permiten detectar un patrón cíclico de 36 meses, en los cuales se esperan las precipitaciones se incrementen y vuelvan a disminuir, es decir dos años de bajas precipitaciones y uno con precipitaciones más intensas a las anteriores. No se espera que bajo condiciones regulares del clima, las precipitaciones disminuyan su nivel de forma sostenida en los próximos 4 años.

Municipio Surata

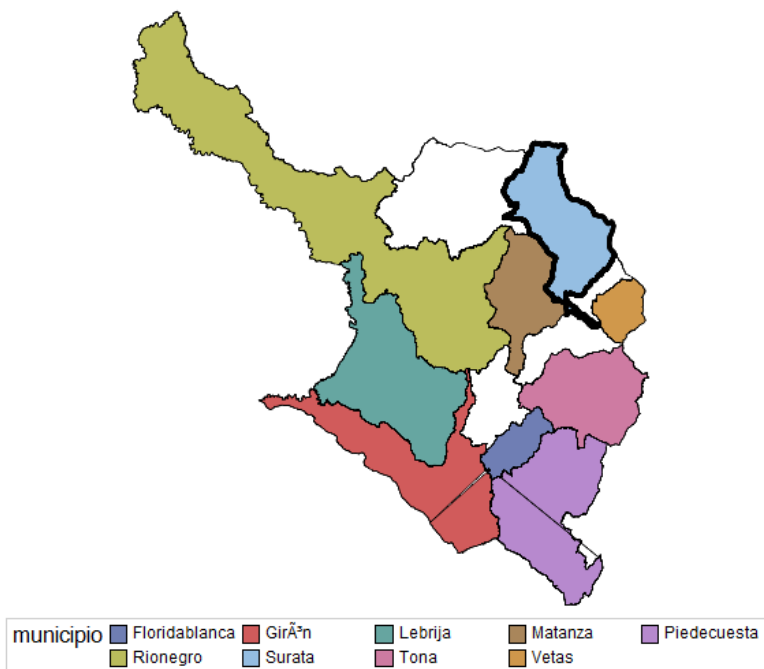
El municipio de Surata tiene una extensión de 35.591,18Ha, con una altitud media de 1.740msnm y su temperatura media es de 18.5°C.

El municipio se puede dividir geográficamente en dos áreas: Páramo y montañas del macizo de Santander.

Se encuentra al nororiente de Santander, colindado con el departamento del Norte de Santander por el Norte; con los municipios de Charta y Matanza por el Sur; por el Este con el Departamento del Norte de Santander y el municipio de California y por el Oeste con los municipios de Matanza, Rionegro y el Playón (ver figura 71).

De las tres estaciones instaladas en el municipio de Surata, registradas por IDEAM, dos presentaron información satisfactoria con los criterios de inclusión de la presente investigación (Cachiri [23190200] Y Vivero Surata [23195090]), la tercera estación sólo registró información sobre precipitaciones hasta 1972.

Figura 71. Municipio Surata resaltado dentro de la jurisdicción de la CDMB.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por la CDMB.

Estación Vivero Surata [23195090] ubicada en el municipio Surata.

La estación Vivero Surata [23195090] está ubicada en el municipio de Surata, los meses que registran los menores promedios de precipitaciones totales son enero, julio y febrero. El máximo valor registrado con 302,7mms corresponde al mes de octubre, y el mínimo valor se presenta en enero y febrero con 0mms. El coeficiente de variación más alto de 111% pertenece al mes de julio.

Tabla 33. Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Vivero Surata [23195090] ubicada en el municipio Surata.

Mes	Media	Mediana	±DE	CV%	Mínimo	Máximo	Suma	Percentil 05	Percentil 95
Ene	28,6	25,4	18,6	73%	0	89,3	1260,5	2,9	61,8
Feb	42,5	42,5	29,5	70%	0	99,2	1869,5	1,7	93,7
Mar	81,8	72,4	50,4	70%	11,1	236,8	3600,4	21,4	164,4

Abr	151,9	138,4	79,7	58%	47,5	335	6684,9	55,5	285,8
Mayo	139,3	135,4	64,1	47%	14,8	269,6	6129,0	50,9	259,3
Jun	61,8	55,6	37,8	68%	1,5	135,9	2718,4	9,6	127,6
Jul	39,2	27,7	30,7	111%	6,9	138,7	1722,9	9,8	123,1
Ago.	70,2	58,7	50,9	87%	5,2	220,2	3019,3	8,5	168,2
Sept	122,7	127,7	40,8	32%	29,9	211,7	5275,0	61,9	200,3
Oct	182,2	177,5	58,1	33%	82,2	302,7	7833,8	95,4	287,2
Nov	131,1	119,6	69,3	58%	37,8	280,3	5636,7	41,3	244,6
Dic	55,0	43,6	42,1	97%	0,4	170,9	2365,5	7,9	135,3

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

El 90% de los meses evaluados en la estación Vivero Surata tiene valores menores a 194,34mms. 10% de los meses presentaron valores inferiores a 17,14mms.

Tabla 34. Percentiles de las precipitaciones totales mensuales en Vivero Surata [23195090] ubicada en el municipio Surata, entre 1972 y 2015.

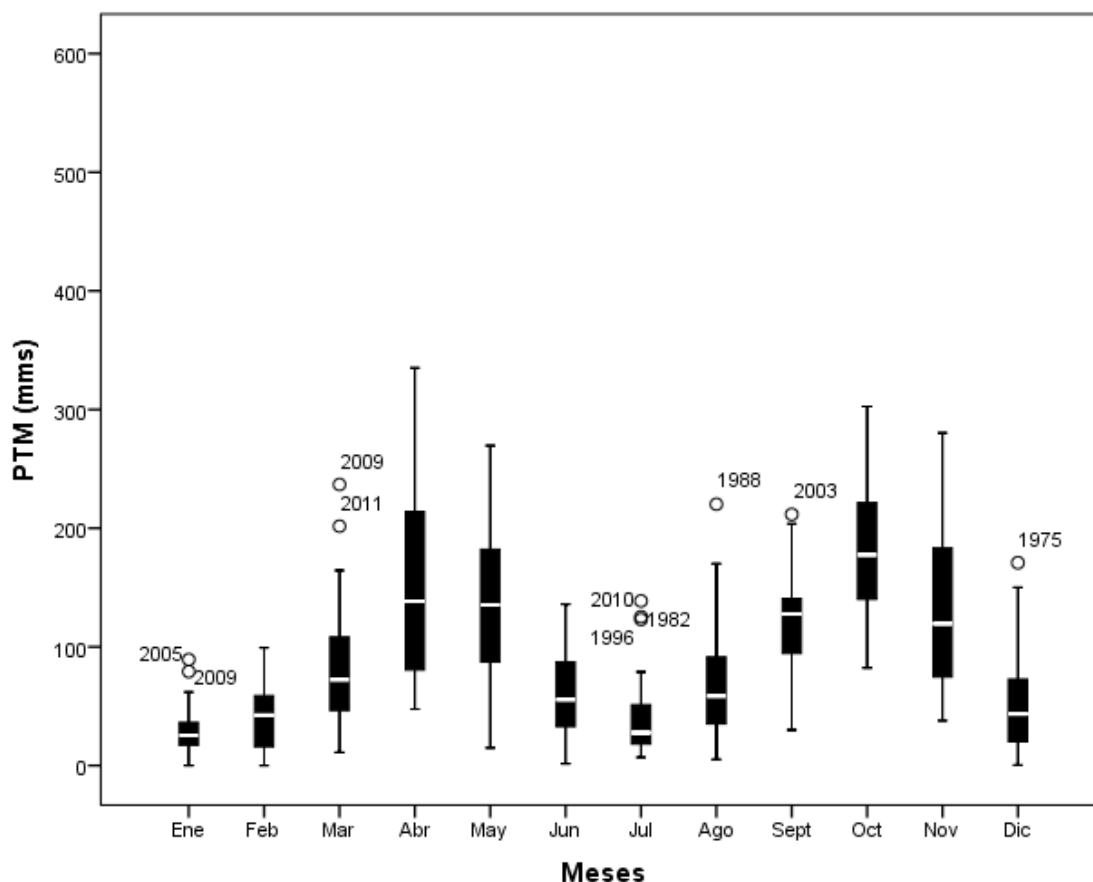
<i>Percentiles</i>	<i>PTM (mms)</i>
10	17,14
20	30,74
30	42,7
40	56,22
50	75,4
60	91,44
70	123,9
80	150,2
90	194,34

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

La figura 72 muestra el comportamiento observado entre los meses enero de 1972 y julio de 2015, como se dijo antes la línea blanca en cada caja representa la mediana de las

precipitaciones observadas en el mes. Se puede apreciar que todos los meses están bajo los 400mms.

Figura 72. Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Vivero Surata [23195090] ubicada en el municipio Surata.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

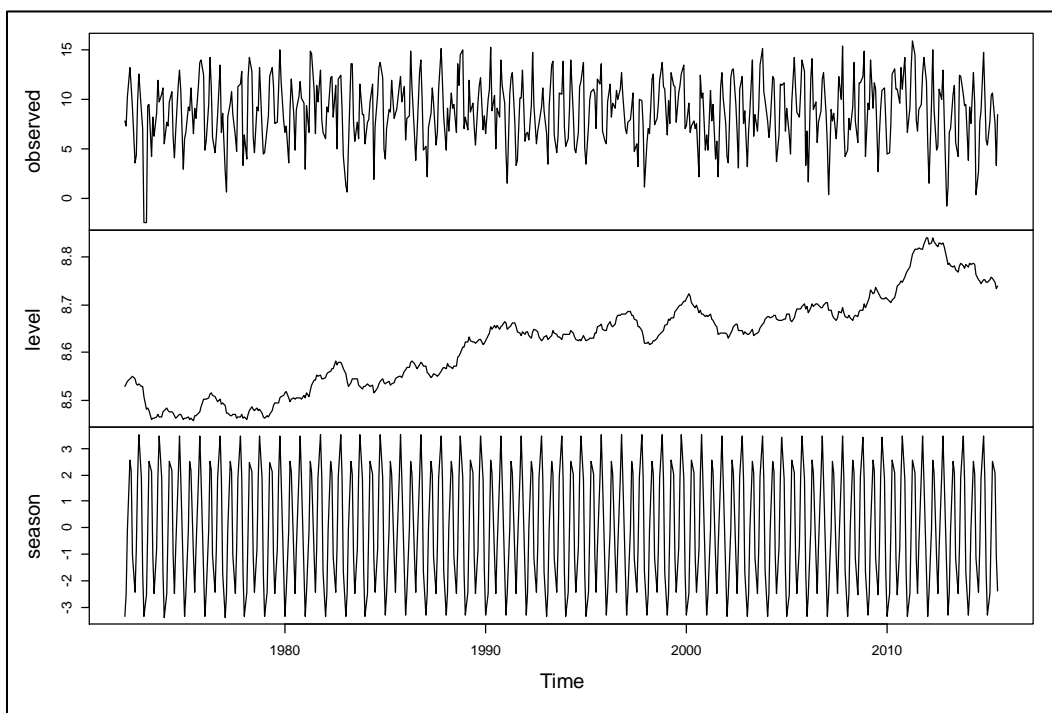
Al contrastar los promedios observados de las PTM entre los meses del año, se encontró diferencia estadísticamente significativa, lo cual se afirma con una confianza del 99% ($F_{(11;511)} = 44,108; p = 0,000$).

Mediante las pruebas de comparaciones a posteriori (varianzas heterogéneas Levene = 12,661; $p = 0,000$), se observó promedios iguales entre enero, febrero y julio.

El mes de febrero no presentó diferencias estadísticamente significativas con los meses de enero, junio, julio, agosto, diciembre, estas afirmaciones tienen un nivel de significación de 5% (Ver anexo 11).

Serie de tiempo estación Vivero Surata [23195090] ubicada en el municipio Surata.

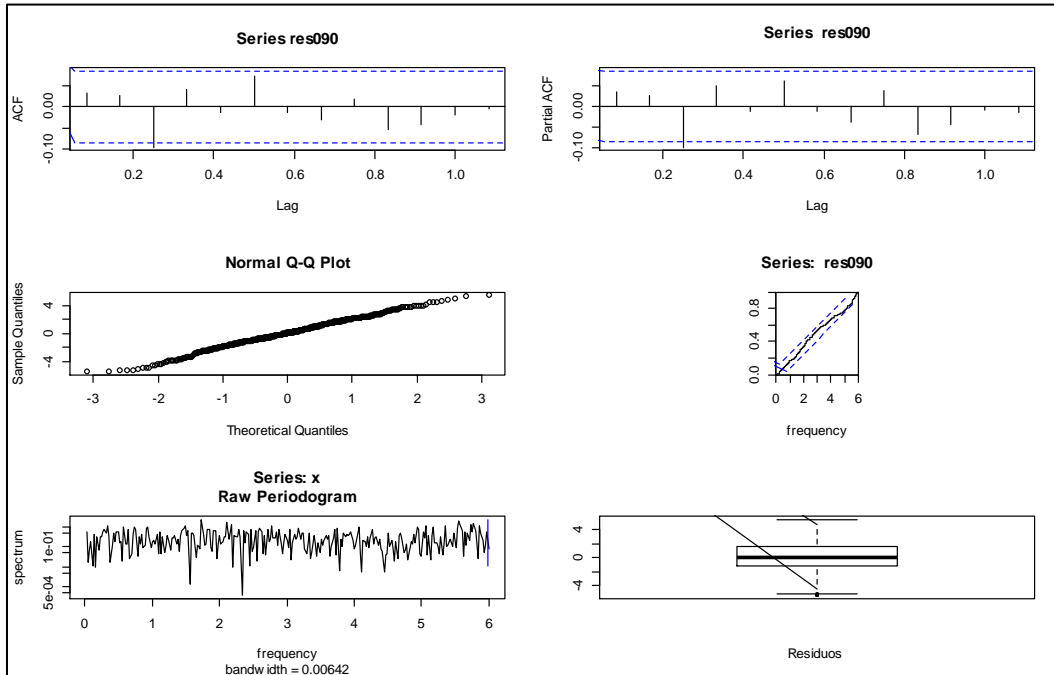
Figura 73. Descomposición clásica de la serie de precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Vivero Surata [23195090] ubicada en el municipio Surata



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En la descomposición clásica para la estación Vivero Surata, se observa una estacionalidad muy bien definida. Con tendencia creciente y dispersión muy regular a lo largo del periodo de estudio.

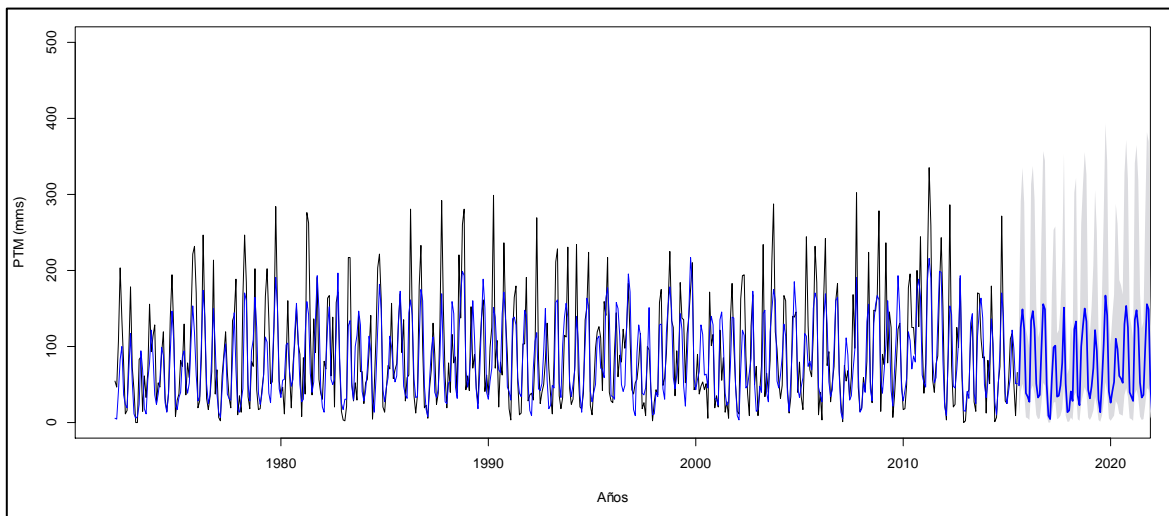
Figura 74. Diagnóstico de los residuos del modelo ajustado para predecir precipitaciones totales mensuales en la estación Vivero Surata [23195090] ubicada en el municipio Surata.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Para este modelo, los residuos mostraron una distribución normal según el test de Shapiro-Wilks ($W = 0,995; p = 0,065$), y ausencia de autocorrelación en los residuos según la prueba de Ljung-Box ($\chi^2_{(20)} = 22,86; p = 0,296$).

Figura 75. Pronóstico de las precipitaciones totales mensuales en la estación Vivero Surata [23195090] ubicada en el municipio Surata, usando el modelo BATS(0.297,{0,0},0.8,{60}).



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Se observa un buen ajuste entre la serie ajustada y la observada, con pronósticos que subestiman los valores más elevados de precipitaciones, sin embargo en las proyecciones futuras, el intervalo de confianza del 95% tiene una amplitud muy similar a las variaciones observadas en la serie original. Se observa una ligera tendencia creciente en las precipitaciones de los meses de la temporada seca.

Estación Cachiri [23195200] ubicada en el municipio Surata.

La estación de Cachiri [23195200] se encuentra en el municipio Surata, el 90% de las precipitaciones en esta región se encuentran por debajo de 187,52mms (ver tabla 35). Las mayores variaciones se registraron en enero, febrero, julio y diciembre con valores superiores a los 100mms.

Los niveles más bajos de pluviosidad se presentaron en los meses de enero, febrero, marzo y diciembre con 0mms. Los máximos niveles se observaron en octubre, mayo, y abril.

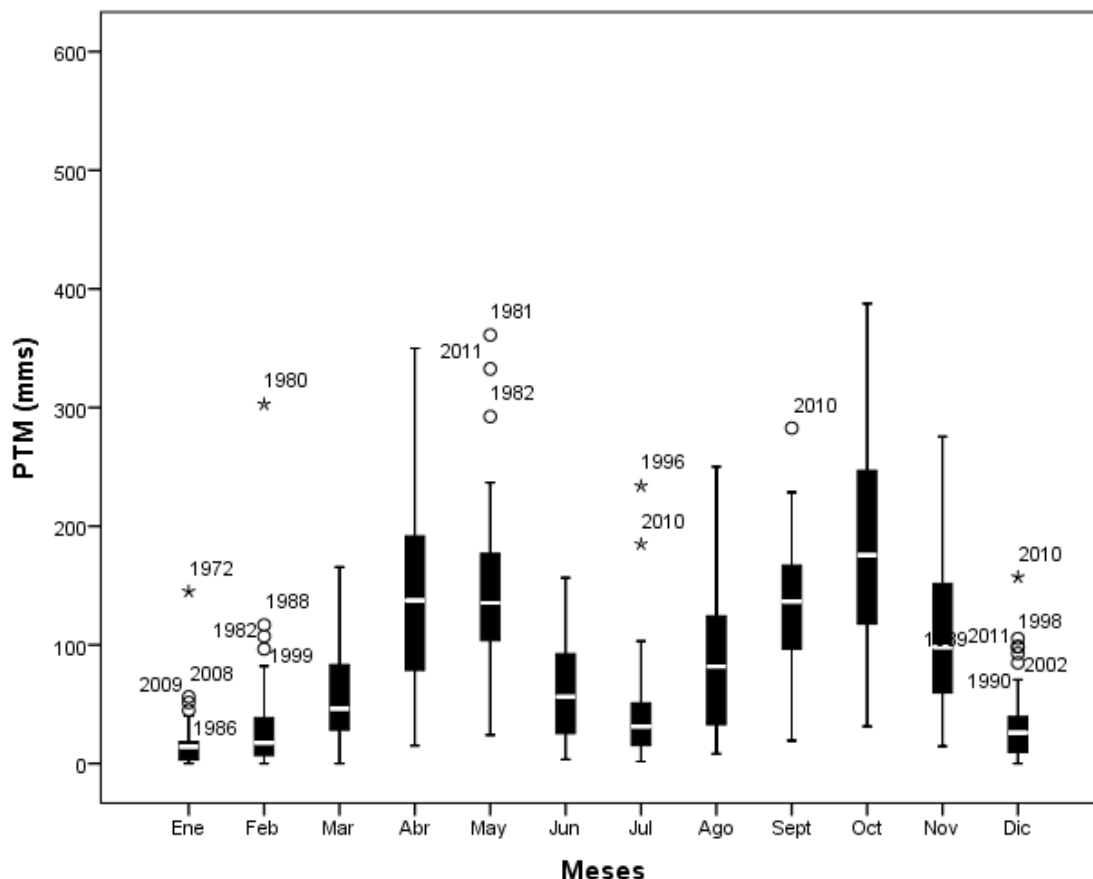
Tabla 35. Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Cachiri [23195200] ubicada en el municipio Surata.

Mes	Media	Mediana	±DE	CV%	Mínimo	Máximo	Suma	Percentil 05	Percentil 95
Ene	17,5	14,1	23,8	169%	0	145	769,6	0,2	51,5
Feb	33,6	17,5	51,0	292%	0	302,8	1476,2	0,8	107,2
Mar	56,9	46,2	39,0	84%	0	165,6	2504,1	3,6	125,7
Abr	141,3	137,6	85,3	62%	15	349,9	6218,1	19,1	309,1
Mayo	144,8	135,3	73,9	55%	24	361,1	6371,6	36,6	292,4
Jun	63,9	56,3	42,1	75%	3,5	156,6	2809,4	10	133,5
Jul	42,4	31,1	44,2	142%	1,8	233,9	1865,6	3,4	103,0
Ago.	85,6	81,8	59,9	73%	8,2	250,1	3679,2	15,3	185,0
Sept	133,4	136,6	54,1	40%	19,3	282,7	5734,2	50,9	197,3
Oct	185,0	175,6	86,4	49%	31,3	387,6	7956,0	71,8	327,3
Nov	108,7	98,1	60,9	62%	14,5	275,5	4674,2	22,9	215,6
Dic	33,5	26,0	34,6	133%	0	157,1	1441,6	0,1	98,7

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

La figura 76 presenta gráficamente el comportamiento mensual de las precipitaciones registradas en la estación Cachiri entre enero de 1972 y julio de 2015. Se presentaron valores atípicos en enero de 1972, febrero de 1980, julio de 1996, julio de 2010 y diciembre 2010, aun cuando no son los valores más elevados son registros inusuales en estos meses.

Figura 76 . Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Cachiri [23195200] ubicada en el municipio Surata, entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

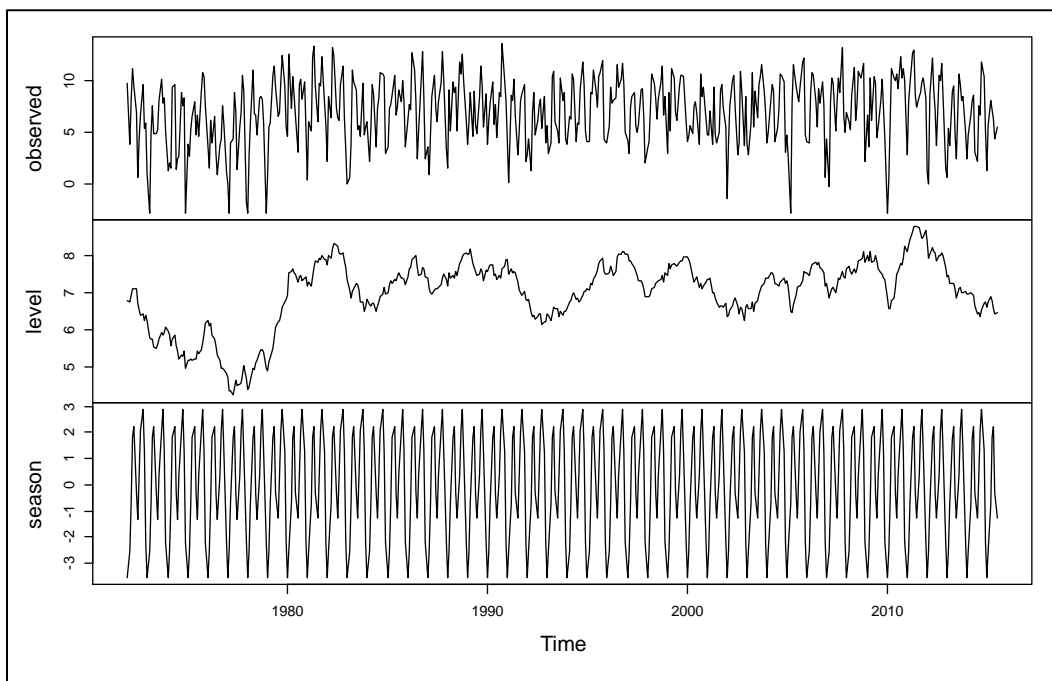
Para contrastar los promedios de las PTM entre los meses del año se realizó un análisis de varianza el cual se comenta a continuación, se encontró diferencia estadísticamente significativa, lo cual se afirma con una confianza del 99% ($F_{(11;511)} = 38,59; p = 0,000$).

Mediante las pruebas de comparaciones a posteriori (varianzas heterogéneas *Levene* = 11,081; $p = 0,000$), se observaron promedio estadísticamente significativos y diferentes en el meses de enero respecto a los meses de marzo, abril, mayo, junio, agosto, septiembre, octubre y noviembre.

Al verificar por ejemplo el mes de junio encontramos promedios diferentes entre este mes y los meses de enero, abril, mayo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Conclusiones que se hacen con un nivel de confianza del 95% (ver anexo 12).

Serie de tiempo estación Cachiri [23195200] ubicada en el municipio Surata, entre 1972 y 2015.

Figura 77. Descomposición clásica de la serie de precipitaciones totales mensuales en Cachiri [23195200] ubicada en el municipio Surata, entre 1972 y 2015.



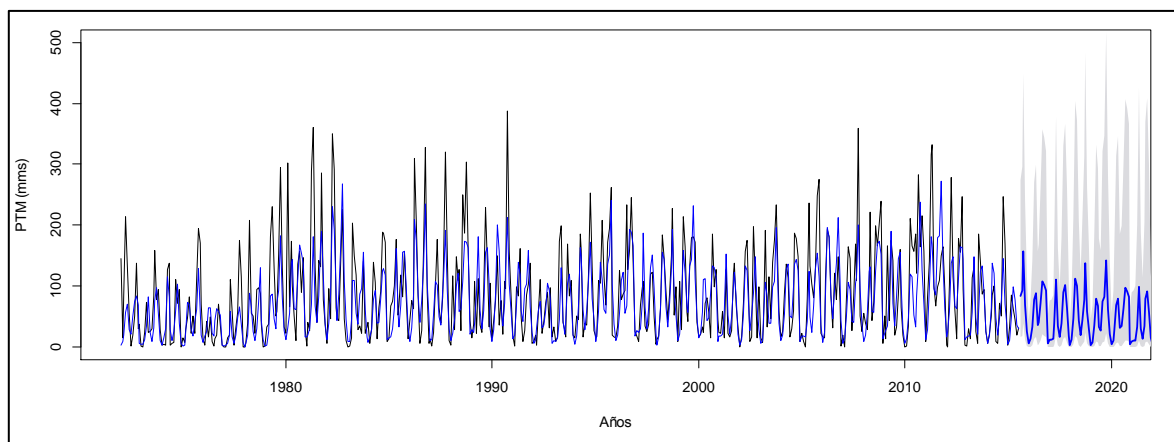
Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Las precipitaciones totales mensuales en Cachira, entre 1972 y 1978, mostraron niveles más bajos que los observados partir de ese año, el cual aunque presentó fluctuaciones se mantuvo hasta 2015.

La estacionalidad se mantuvo estable a lo largo del período de observación con muy bajas precipitaciones en los finales y principios de año.

Entro los modelos ajustados (ARMA, ARMA con transformación box-Cox y BATS y TBATS), el que mostró mejor ajuste y mejores predicciones fue el modelo BATS, con residuos aproximadamente normales ($W = 0,989$; $p = 0,00071$), y ausencia de autocorrelación simple y parcial en los residuos ($\chi^2_{(20)} = 27,14$; $p = 0,132$).

Figura 78. Pronóstico de las precipitaciones totales mensuales en Cachiri [23195200] ubicada en el municipio Surata, usando el modelo BATS(0.229,{0,0},1,{48}).



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

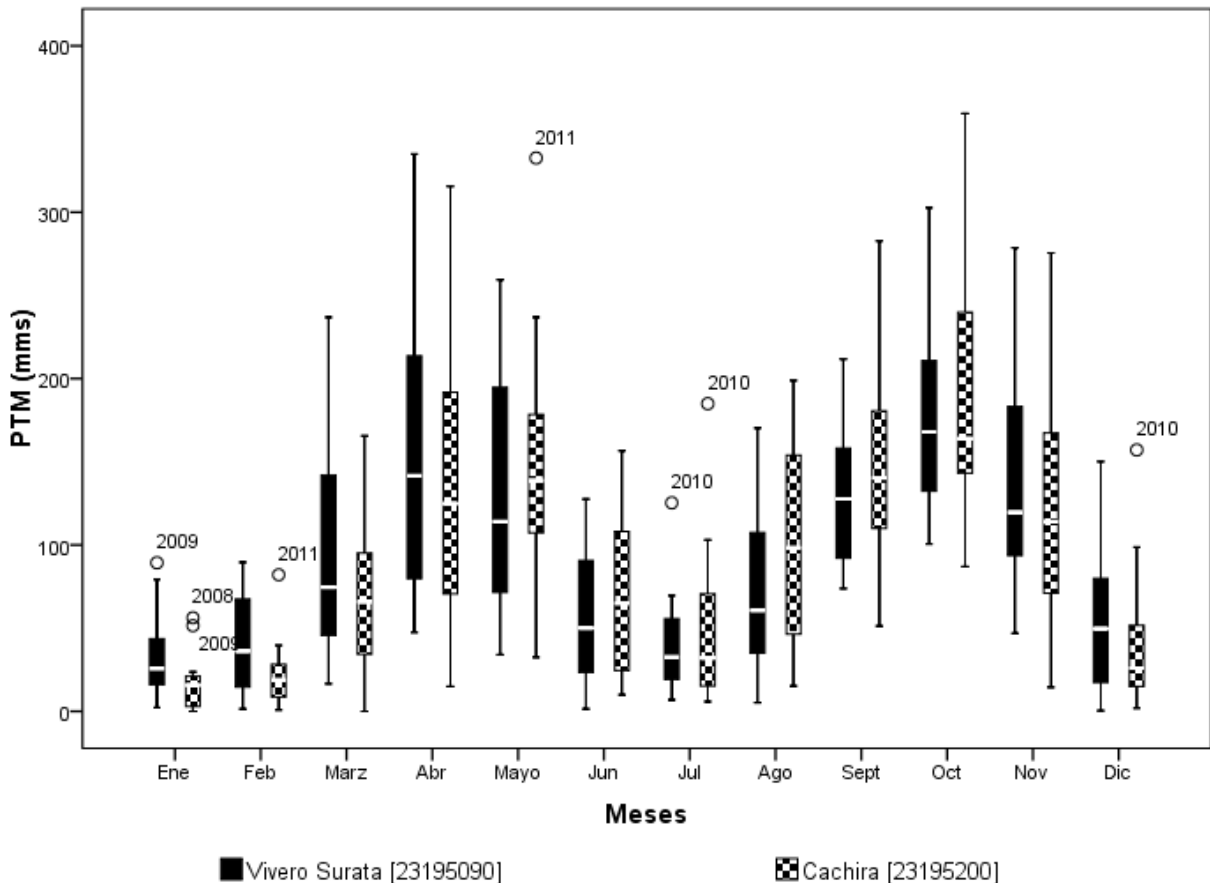
La curva pronosticada de precipitaciones totales mensuales es muy similar a la observada. Los valores atípicos o fluctuaciones muy elevadas en las precipitaciones mensuales observadas so subestimadas por las estimaciones del modelo. Se observa un pronóstico con tendencia ligeramente decreciente y límites de confianza del 95 que incluyen la posibilidad de precipitaciones elevadas en el mes de octubre de 2017 y 2018.

Comparaciones Distribución de las precipitaciones totales mensuales de las estaciones ubicadas en el municipio Surata.

A continuación se comparan los registros de precipitaciones de las estaciones analizadas en el municipio Surata, encontrando que a pesar que el patrón de estacionalidad es muy similar entre estaciones, se observan meses en los que la estación dominante varía (ver figura 79.), por ejemplo, en los meses de enero, febrero y marzo, la estación Vivero Surata tiene precipitaciones totales mayores a lo observado en la estación Cachiri,

mientras que en los meses de junio a octubre la tendencia tiende a revertirse, con precipitaciones ligeramente mayores en la estación Cachiri.

Figura 79. Distribución de las precipitaciones totales mensuales de las estaciones ubicadas en el municipio Surata.



En el Vivero Surata, se encontró que el nivel de la serie se está incrementando en el tiempo, así mismo no presentó variaciones importantes en la estacionalidad a lo largo de la serie, destaca esta estacionalidad por presentar altas precipitaciones en los meses lluviosos (especialmente en octubre) y muy bajas precipitaciones en los meses considerados secos (enero, febrero, junio, julio, y diciembre); se podría decir que la estacionalidad en esta serie permite observar una bimodalidad muy marcada. Los

pronósticos en esta estación muestran una tendencia creciente en los siguientes 4 años observados.

Cachira mostró un incremento en el nivel de la serie a partir de 1980, cual mantuvo aproximadamente igual hasta 2015. La estacionalidad también mostró un patrón regular a lo largo del tiempo, con periodos de sequía en los meses intermedios del año, menos pronunciados que los observados en la estación Vivero Surata. Se espera que las precipitaciones para los siguientes 4 años disminuyas el acumulado mensual, pero que se mantenga similares entre los años venideros.

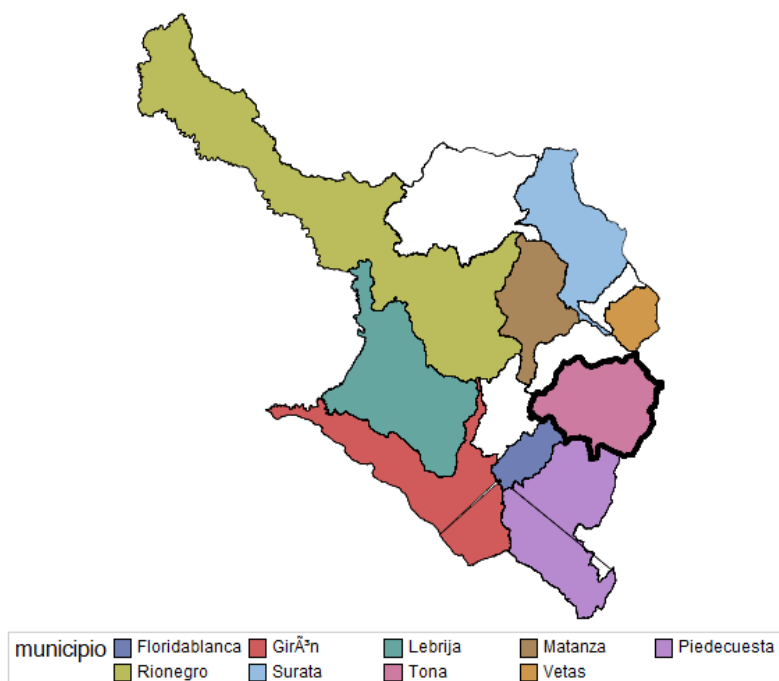
Municipio Tona

El municipio de Tona, se encuentra localizado al nororiente del departamento de Santander. La cabecera municipal está ubicada a 1909msnm con temperatura media de aproximadamente 18°C. Está conformado por 33.199,53Ha, de las cuales aproximadamente 18 mil hectáreas pertenecen al Páramo de Santurbán.

Colinda por en Norte con el municipio de Charta y Vetas; al Sur con Santa Bárbara, Piedecuesta, y Floridablanca; con Bucaramanga por el Occidente y con el Departamento del Norte de Santander por el Oriente.



Figura 80. Municipio Tona resaltado dentro de la jurisdicción de la CDMB.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por la CDMB.

En el municipio se encontró registro pluviométrico de seis estaciones localizadas en altitudes desde 1090msnm hasta 3310msnm. Tres estaciones presentaron registros dentro del periodo de estudio por lo que fueron incorporadas al estudio: Tona [23190130], Berlín [37015020] y Picacho [23190300], ubicadas a 1910, 3214 y 3310 metros sobre el nivel del mar, respectivamente.

Estación Tona [23190130] ubicada en el municipio Tona.

En la estación Tona [23190130] del municipio Tona, se observó alta variabilidad de las precipitaciones en los meses de julio, agosto, junio y diciembre, con coeficientes de variación mayores al 100% y en el mes de julio fue cercano al 200%, valor que se vio muy influenciado por la presencia de valores atípicos o alejados del resto de las precipitaciones registradas para éste mes. El cual mostró el 95% de los valores de precipitaciones totales por debajo de los 104,5mms.

Tabla 36. Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Tona [23190130] ubicada en el municipio Tona.

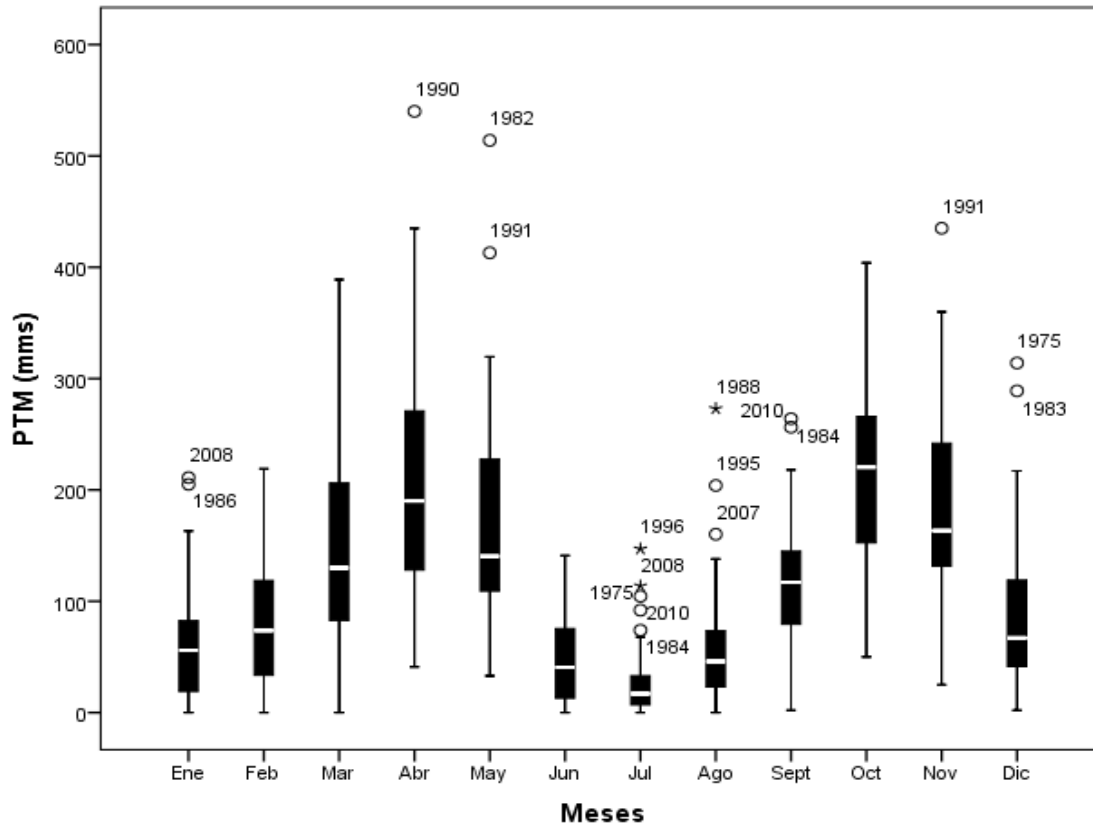
Mes	Media	Mediana	±DE	CV%	Mínimo	Máximo	Suma	Percentil 05	Percentil 95
Ene	59,6	56,0	49,9	89%	0	211,1	2622,1	7	163,0
Feb	81,2	73,7	56,6	77%	0	219	3574,2	0	184,0
Mar	149,8	130,0	84,1	65%	0	389	6590,4	46	287,0
Abr	218,5	190,2	125,6	66%	41	643	9614,6	77	435,0
Mayo	170,1	140,5	103,9	74%	33	514	7482,7	34,9	319,6
Jun	49,3	40,7	42,4	104%	0	141	2169,5	0	127,0
Jul	28,1	17,0	33,0	194%	0	147	1238,5	2	104,5
Ago.	61,0	46,0	55,9	122%	0	273	2620,9	6	160,2
Sept	118,3	117,0	59,8	51%	2	264	5087,6	29	218,0
Oct	212,2	220,6	81,3	37%	50	404	9126,1	84	339,0
Nov	185,2	163,4	88,9	54%	25	435	7962,2	62	352,0
Dic	90,0	67,0	69,8	104%	2	314	3869,8	14	217,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Los meses con menor variabilidad de precipitaciones fueron los meses de septiembre, octubre y noviembre con presencia de valores alejados por la derecha, exceptuando el mes de octubre.

Usando el análisis de varianza para comparación de promedios, se encontraron diferencias estadísticamente significativas, lo cual se afirma con una confianza del 99% ($F_{(11;511)} = 33,98; p = 0,000$).

Figura 81. Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en la estación Tona [23190130] ubicada en el municipio Tona, entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

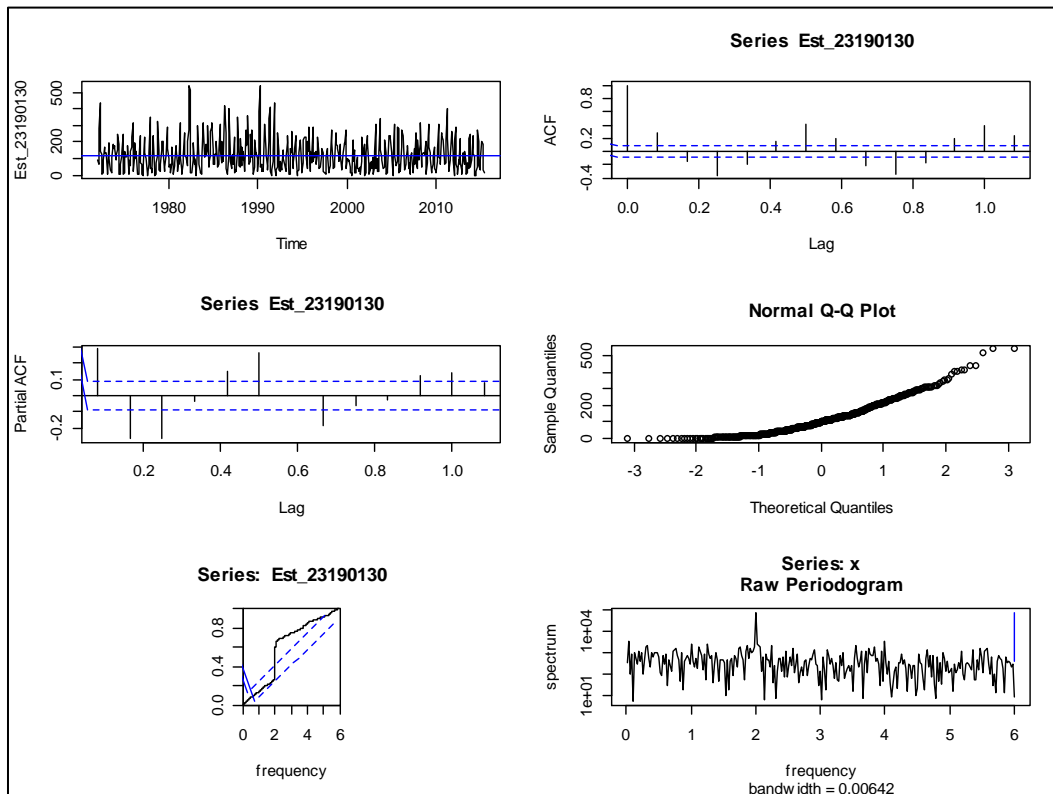
En la figura 81 se observa que los meses de enero, febrero, junio, julio, agosto y diciembre tienen los menores niveles de pluviosidad. Con la prueba de comparaciones múltiples T3 de Dunnett, para varianzas heterogéneas ($Levene = 8,65$; $p = 0,000$) se confirma que no hay diferencias significativas en los meses antes mencionados.

No se encontró diferencias significativas entre los meses de marzo, abril, mayo, octubre y noviembre, con los mayores promedios valores de pluviosidad.

Serie de tiempo estación Tona [23190130] ubicada en el municipio Tona.

Para la descripción de la serie, y el diagnóstico del posible modelo de serie de tiempo a implementar para su predicción, se utilizaron gráficos de series de tiempo clásicos, el correlograma simple y el correlograma parcial, gráfico de distribución normal Q-Q Plot, el correlograma acumulado y el periodograma, todos ellos, gráficos clásicamente utilizados para el análisis gráfico de series de tiempo, que permitirán la identificación del modelo potencial a ser estimado.

Figura 82. Gráficos de diagnóstico para la serie de precipitaciones totales mensuales en la estación Tona del Municipio Tona, entre enero-1972 y julio-2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En la gráfica de la serie, se observa que a principios de los 90's la variabilidad de la serie cambia, y en consecuencia el promedio de la serie también.

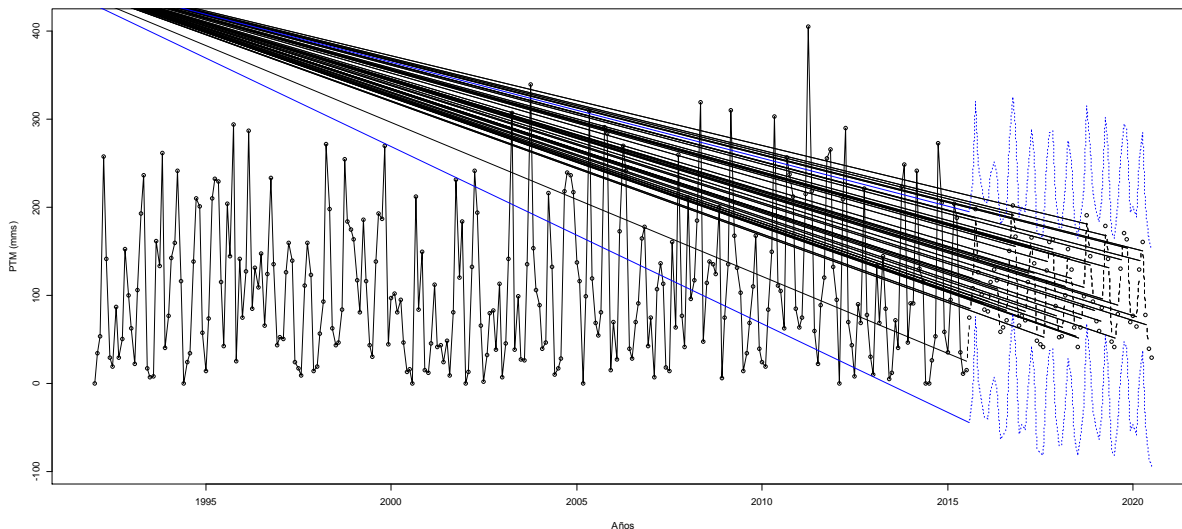
Considerando una partición de la serie de tiempo en precipitaciones totales mensuales antes de 1992, y a partir de enero de 1992, se observaron promedios de 126,62mms y 111,19mms respectivamente, en donde las varianzas de ambos grupos mostraron diferencias estadísticamente significativas, con menor variabilidad para el último período ($\hat{\sigma}_{72-91} = 109,71mms$; $\hat{\sigma}_{92-2015} = 84,98mms$), así mismo, los promedios de precipitaciones totales mensuales entre segmentos de la serie mostraron diferencias marginalmente significativas ($t_{(446,2)} = 1,812$; $p = 0.071$).

Al estudiar la serie para los 44 años, se encontró un R^2 o variabilidad explicada por un modelo AR(p=2, q=4), de 36.94%, con un estadístico de Ljung-Box, que indicó presencia de autocorrelación en los residuos del modelo ($\chi^2_{(20)} = 36.80$; $p = .0123$). El test de Dickey-Fuller aumentado indicó ausencia de raíz unitaria, lo que permite afirmar que el modelo estimado tiene la propiedad de invertibilidad ($D - F = -7.42$; $lo = 8$; $p = 0.01$).

Por lo anteriormente mencionado, se procedió a considerar la serie a partir de enero de 1992, encontrando residuos con ausencia de autocorrelación según la prueba de Ljung-Box ($\chi^2_{(20)} = 26,37$; $p = ,154$), y una varianza explicada de 78,81%.

Se presentan residuos que simulan una caminata aleatoria, lo cual permite afirmar que queda poca o ninguna información por ser explicada en los residuos del modelo.

Figura 83. Pronóstico de las precipitaciones totales mensuales en la estación Tona del Municipio Tona, entre agosto de 2015 y julio-2015

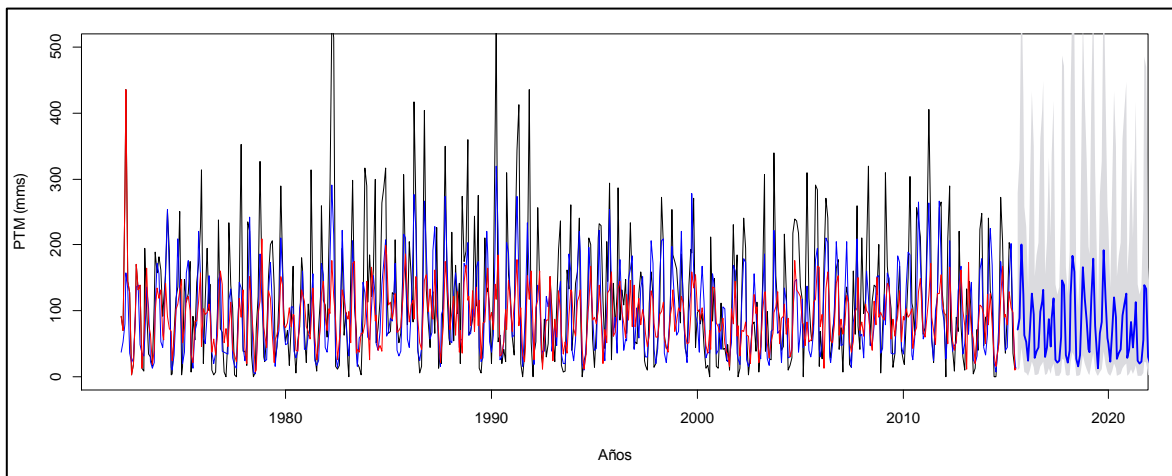


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Los pronósticos están bastante ajustados al patrón de precipitaciones observado para ésta estación, es decir con precipitaciones más elevadas en los meses de marzo, abril, octubre y noviembre, y con basas precipitaciones en los meses de diciembre, enero y julio. También se observa una ligera tendencia decreciente en los niveles medios de la serie, a partir del 2010, y se ve reflejado en los pronósticos.

Sin embargo se procedió a modelar la serie usando el método de BATS (modelos dinámicos), que permitió la estimación de un modelo, con mejores características en cuanto al ajuste y a los pronósticos de las precipitaciones, sin la partición de la misma.

Figura 84. Pronóstico de las precipitaciones totales mensuales en la estación Tona del Municipio Tona, entre agosto de 2015 y julio-2015, usando un modelo AR(2,4) y un BATS(0,237,{0,1},1,{48})



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En la figura anterior se comparan las precipitaciones estimadas con el modelo estocástico AR(2,4) (línea roja), el modelo dinámico BATS(0,237,{0,1},1,{48}) (línea azul) y la serie originalmente observada (línea negra). Es fácil luego de un análisis visual, concluir que el modelo dinámico muestra un mejor ajuste sobre los datos observados, de igual forma, los pronósticos en la figura 84 (>2015) fueron realizados con el modelo BATS; la amplitud de los intervalos de predicción difieren, pero la variabilidad observada en el segundo modelo es más realista en relación al comportamiento observado en la serie.

Los pronósticos con ambos modelos tienen una tendencia decreciente.

Estación Picacho El [23190300] ubicada en el municipio Tona.

A continuación se presentan las estadísticas descriptivas de los registros mensuales para la estación *Picacho El* [23190300] del Municipio Tona.

Se observa alta variabilidad de las precipitaciones en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, con Coeficientes de Variación (CV) superiores al 100%, en estos mismos meses se registran los niveles más bajos de precipitaciones en esta estación, con valores mínimos que van de aproximadamente 1mm, y valores máximos de 366mm.

Tabla 37. Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Picacho El [23190300] ubicada en el municipio Tona.

Mes	Media	Mediana	±DE	CV%	Mínimo	Máximo	Suma	Percentil I 05	Percentil I 95
Ene	28,5	21,1	23,5	112%	1,5	91	1253,1	2,6	79
Feb	58,5	48	48,6	101%	0,8	219	2572,1	4	145
Mar	87	63	68,3	108%	1	312,3	3827,8	9	214,5
Abr	207,1	190,5	115,3	61%	38	480	9113,8	72	414
Mayo	222,6	229	101,3	44%	58,9	434,5	9793,8	62	400
Jun	139,4	116	78,4	68%	28	320	6135	35	274
Jul	98,1	95	57,8	61%	10	287	4314,8	24,3	184,6
Ago.	146,1	134	87	65%	36	427	6282,6	43	294,2
Sept	188,4	186	75,5	41%	36	349	8102,5	85	306,5
Oct	209,5	200	78,7	39%	86	405	9008,1	111	342
Nov	145,9	138	72	52%	24	318	6273	51	274
Dic	54,3	47	57,4	122%	0	366	2333,2	5	114

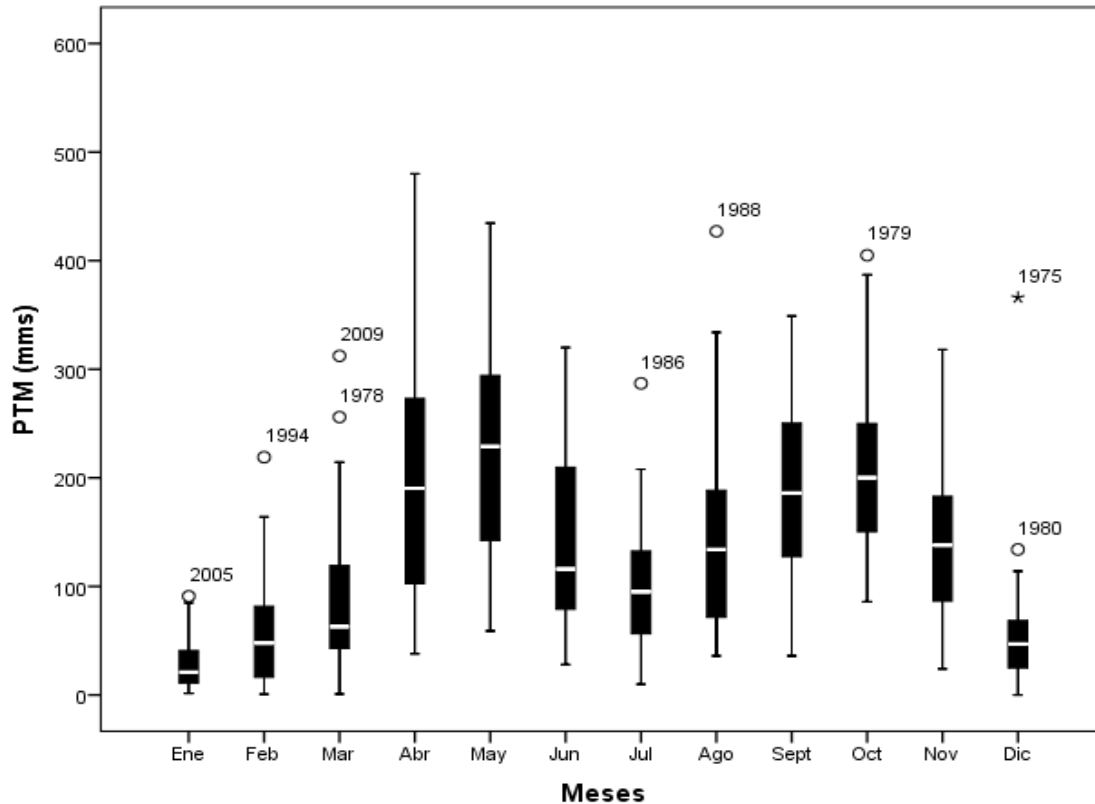
Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016.

Se observa en la figura 85, un comportamiento estacionario de las precipitaciones totales mensuales. Alcanza sus valores más elevados en los meses de abril mayo y septiembre octubre, y sus menores registros se muestran en los meses de diciembre, enero y julio.

Los meses de enero, febrero, marzo, julio, agosto, octubre y diciembre presentaron valores de PTM considerados como atípicos. En particular, el mes de diciembre muestra un valor de precipitaciones para el año 1975 que se considera muy extremo.

Las medianas (línea blanca en medio de las cajas negras de la figura 85), se ubican en el centro de la caja, esto indica que la mayoría de los niveles de PTM están simétricamente distribuidos alrededor. Esta afirmación se corrobora al examinar la distribución de la PTM en cada uno de los meses, a través de la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov (ver anexo 4).

Figura 85. Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Picacho El [23190300] ubicada en el municipio Tona, entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

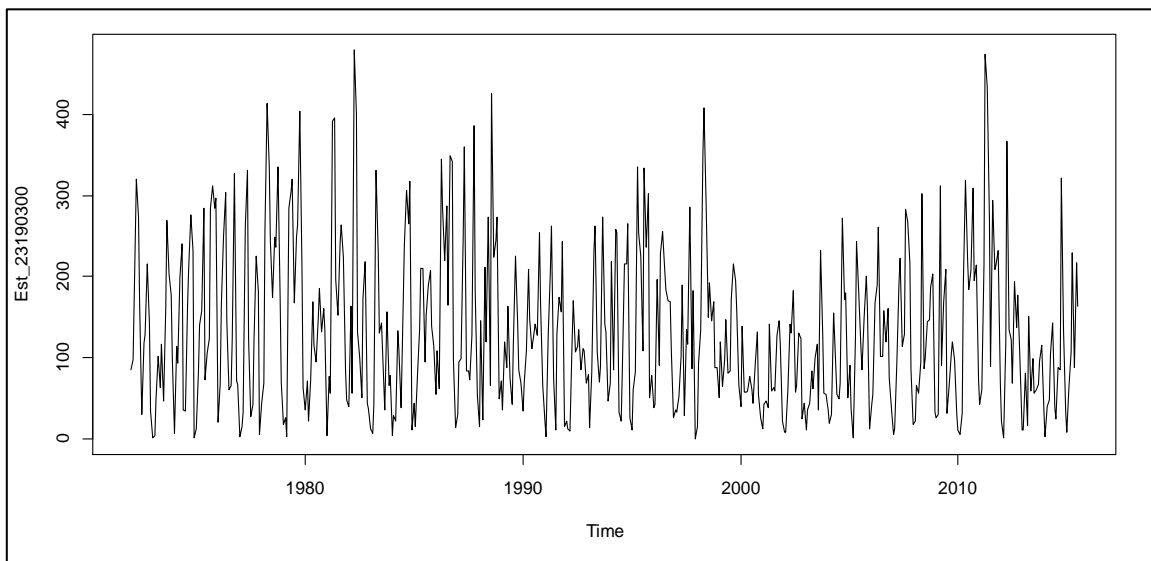
Para establecer similitudes en los niveles pluviométricos entre los diferentes meses del año, se utilizó un análisis de varianza, para la comparación de promedios. Los resultados de ANOVA, afirman que hay diferencias estadísticamente significativas entre los niveles promedio de pluviosidad total entre los meses del año ($F_{(11;511)} = 34,55; p = 0,000$), lo cual se afirma con una confianza del 99%.

A través de pruebas de comparaciones a posteriori o comparaciones múltiples, se lograron identificar los meses con niveles medios de precipitaciones totales mensuales similares estadísticamente. Asumiendo varianzas desiguales ($Levene = 10,57; p = 0,000$), los meses de diciembre y enero mostraron los niveles medios de precipitaciones más

bajos y similares entre ellos; febrero no difiere con marzo, julio y diciembre, pero es significativamente mayor a enero en los niveles medios de precipitaciones mensuales. Marzo tiene valores similares a febrero, junio, julio y diciembre. Los meses de abril, mayo, septiembre y octubre muestran los mismos niveles promedio de precipitaciones más elevados e iguales entre ellos, lo cual se puede afirmar con una confianza del 99%.

Serie de tiempo estación Picacho El [23190300] ubicada en el municipio Tona.

Figura 86. Precipitaciones totales mensuales para la estación el Picacho, del municipio Tona, entre enero de 1972 y julio de 2015.

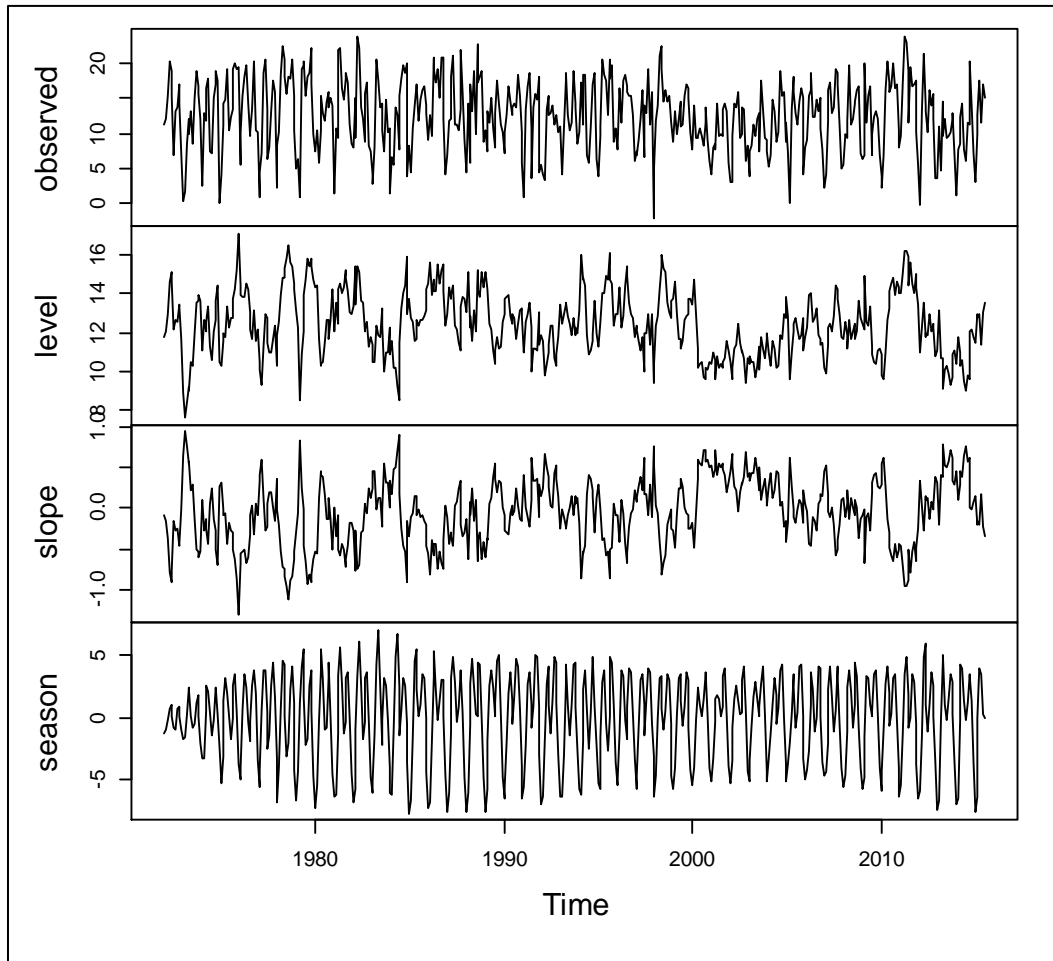


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

La serie de precipitaciones totales mensuales, de la estación Picacho del municipio Tona, muestra una marcada variabilidad, asimetría positiva, con valores de precipitaciones alejados en la parte superior de la serie.

La descomposición clásica, permite observar la alta variabilidad en las precipitaciones registradas, hasta el año 1998, lo cual aparentemente muestra una disminución a partir de esa fecha. La estacionalidad también refleja esta tendencia, con cambios importantes en su comportamiento.

Figura 87. Componentes clásicos de la serie de precipitaciones totales mensuales para la estación Picacho [23190300] del Municipio Tona, entre enero-1972 y julio-2015

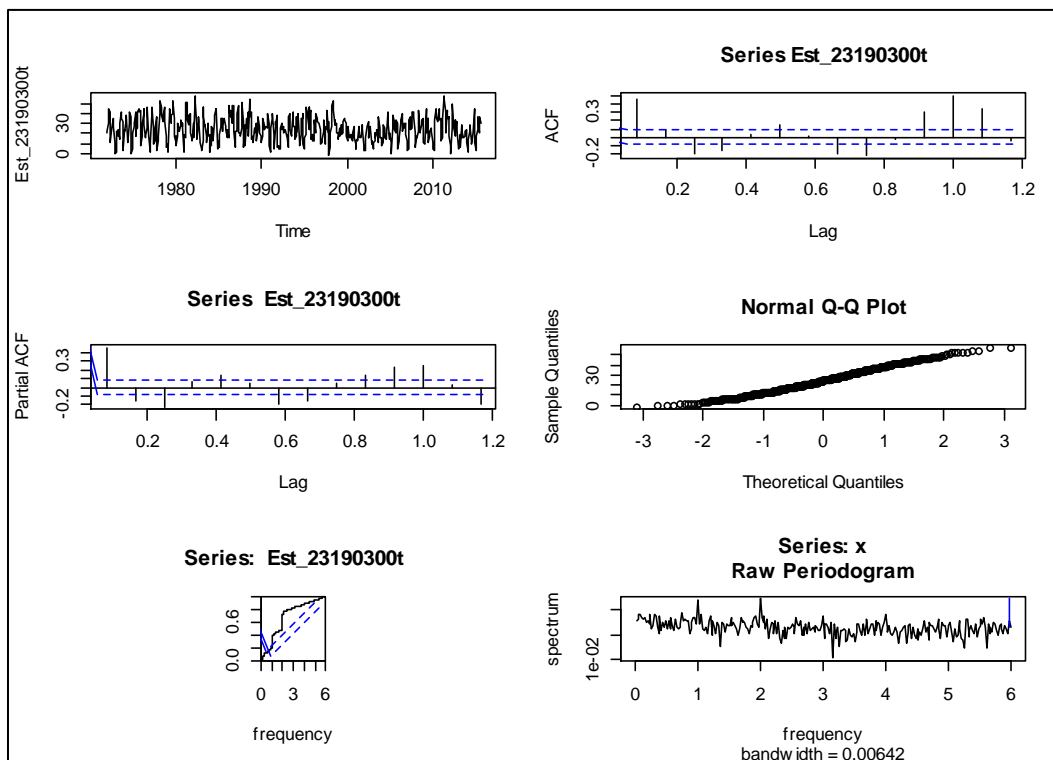


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

El nivel medio de la serie presenta variaciones a lo largo del periodo observado, pero evidencia de una tendencia creciente decreciente, ni de ciclos que definan estas variaciones, por lo anterior, se decidió procesar la serie bajo la transformación de Box-Cox, con el propósito de estabilizar la variabilidad de la serie, la cual no guarda relación con el tiempo.

El lambda de la transformación Box-Cox, fue seleccionado condicionado al logro de la distribución normal de la serie transformada.

Figura 88. Diagnóstico gráfico para la serie de precipitaciones totales mensuales en la estación La Picacho del Municipio Tona, entre enero-1972 y julio-2015.



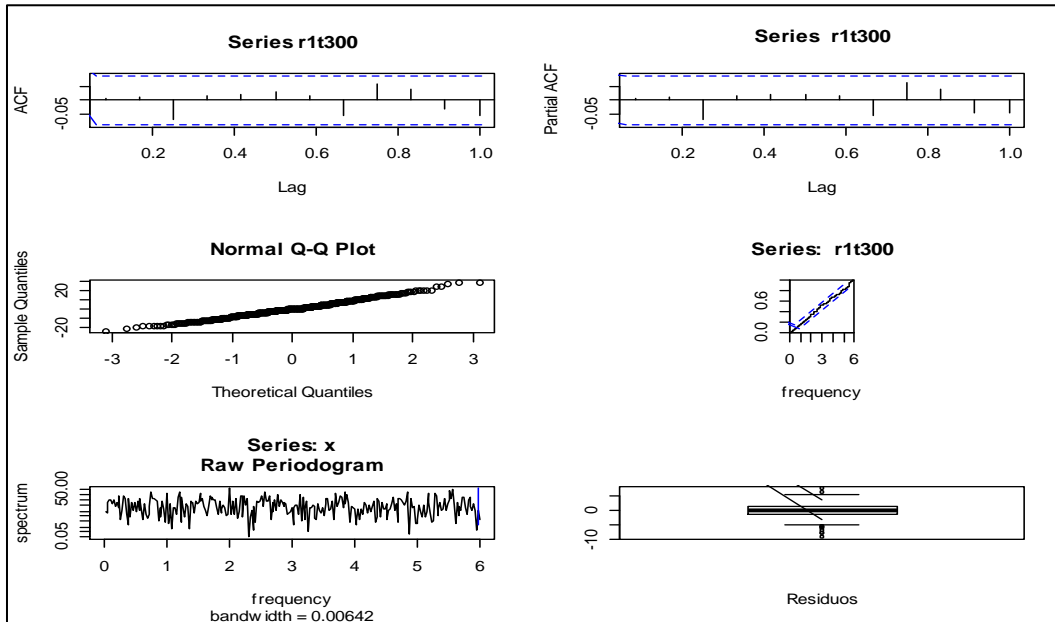
Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En la figura anterior se aprecia un gráfico de probabilidad normal con tendencia lineal señada a la distribución teórica esperada normal.

Ante la presencia de retardos positivos y significativos en el correlograma simple y parcial, se procedió al ajuste de un modelo $AR(p=2, q=3)_{x12}$, que permitió observar residuos aproximadamente normales ($W = 0.9942$; $p = 0.042$), con ausencia de correlación en los retardos ($\chi^2_{(20)} = 25.32$; $p0.1894$), y con presencia de estacionariedad en la variable tranformada ($DFA_8 = 8,955$; $p = 0,01$).

En el diagnóstico de la serie se observa que los residuos somulan una caminata aleatoria, lo que implica que no hay información que puedan aportan a la predicción de una serie de tiempom estocástica.

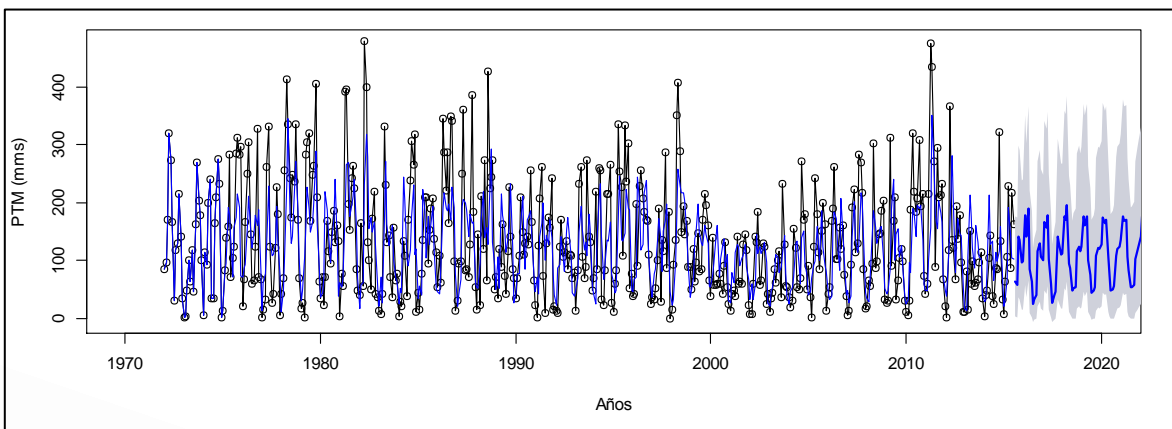
Figura 89. Diagnóstico del modelo AR($p=2, q=3$)x12, para la serie



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

El porcentaje de ajuste del modelo a la tendencia de los datos fue de 95.92%, implicando que el restante 4.08% se debe a fluctuaciones aleatorias, que no siguen un patrón aleatorio, o a errores en la recolección de la información.

Figura 90. Pronóstico para las precipitaciones totales mensuales en la estación Picacho del Municipio Tona, usando el modelo AR($p=2, q=3$)x12.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

La proyección de la serie ajustada (línea azul) sobre la observada (línea negra), permite visualizar el ajuste en la tendencia de entre ambas series. La variabilidad que se presenta en los primeros años de estudio, se ve reflejada en la estimación, la cual posteriormente se reduce, lo cual se manifiesta en las proyecciones de años futuros.

Estación Berlín [37015020] ubicada en el municipio Tona.

La estación Berlín [37015020] del municipio Tona, presentó pluviosidades promedio que oscilan entre 12,9mms y 97,4mms. Las variaciones más altas se presentaron en los meses de Febrero y Diciembre con 130% y 105% respectivamente.

Precipitaciones de 0mms se presentaron en enero, febrero y diciembre, las máximas en octubre y agosto con 216,4mms y 203,5mms respectivamente (ver tabla 38).

Tabla 38. Estadísticas descriptivas de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Berlín [37015020] ubicada en el municipio Tona.

Mes	Media	Mediana	±DE	CV%	Mínimo	Máximo	Suma	Percentil 05	Percentil 95
Ene	12,9	13,8	8,6	62%	0	32,8	566,3	0,8	25,0
Feb	27,3	22,5	29,2	130%	0	163,9	1203,0	1,5	57,6
Mar	39,8	29,6	27,9	94%	1,3	119,9	1749,9	5,4	88,7
Abr	89,7	87,1	52,8	61%	6,2	234,6	3947,7	34,1	184,9
Mayo	88,0	79,9	43,6	55%	20,8	192,6	3873,2	32,1	180,6
Jun	62,2	62,6	26,1	42%	14,7	142,1	2738,5	29,5	107,0
Jul	53,0	50,0	18,3	37%	21,8	123,5	2334,0	32,8	80,1
Ago.	65,1	55,2	39,2	71%	8,7	203,5	2798,8	19,2	134,8
Sept	87,8	86,3	35,0	41%	29	191,2	3774,8	41	156,0
Oct	97,4	97,6	37,1	38%	29,3	216,4	4189,0	48,6	150,2
Nov	56,1	50,3	33,7	67%	2,5	141,1	2413,4	17,4	118,3
Dic	20,4	15,2	16,0	105%	0	79,5	877,6	3	46,6

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

La tabla siguiente muestra los percentiles del PTM, el 10% de las precipitaciones mensuales estuvo por debajo de 10,16mms y el 90% por debajo de bajo 113,48mms. En general, es una estación que registra bajos niveles de precipitaciones.

Tabla 39. Percentiles de las precipitaciones totales mensuales entre 1972 y 2015 para la estación Berlín [37015020] ubicada en el municipio Tona.

Percentiles	PTM (mms)
10	10,16
20	19,6
30	30,3
40	39,32
50	48,6
60	62,02
70	75,16
80	92,86
90	113,48

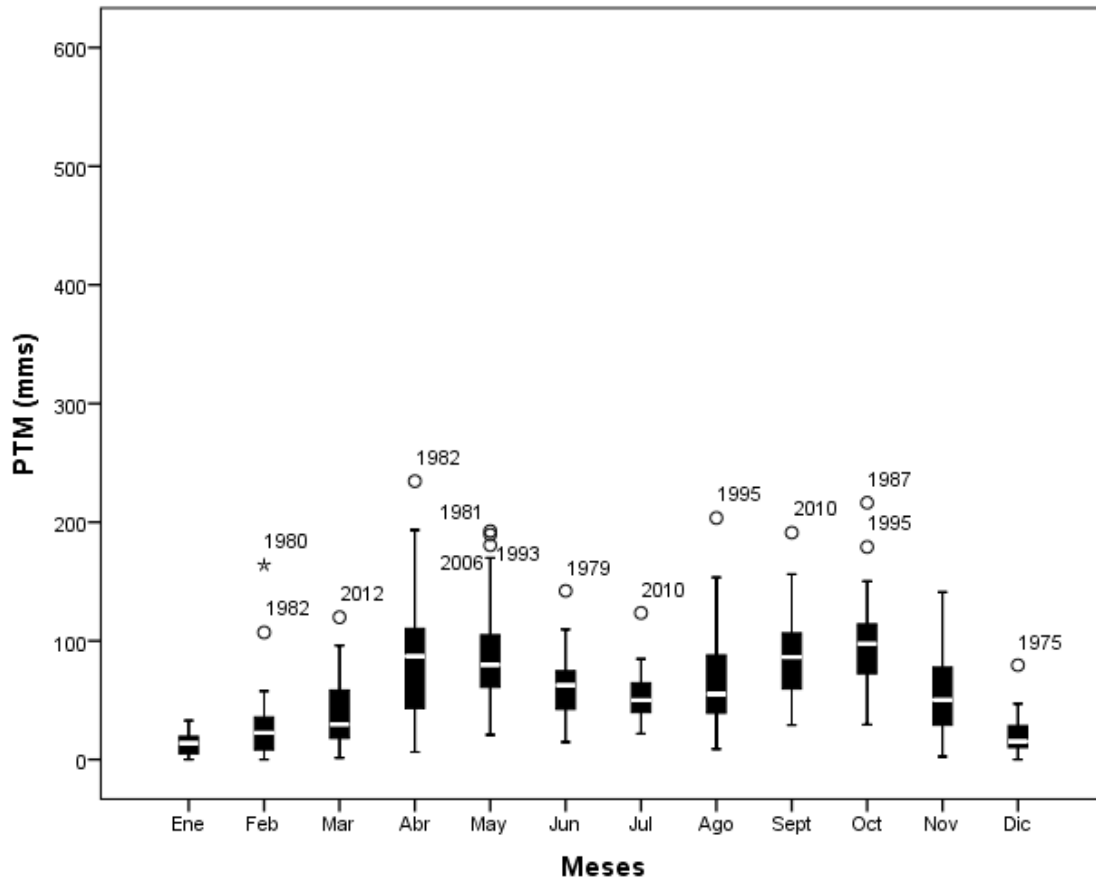
Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

El comportamiento de las precipitaciones en la estación de Berlín se muestra en la figura 91. El mes de febrero presento un valor atípico en el año 1980. A simple vista no se aprecian cambios bruscos en las medianas de las cajas en los diferentes meses del año.

Para contrastar los promedios de las PTM entre los meses del año se realizó un análisis de varianza el cual se comenta a continuación, se encontró diferencia estadísticamente significativa, lo cual se afirma con una confianza del 99% ($F_{(11;511)} = 33,672; p = 0,000$).

Mediante las pruebas de comparaciones a posteriori (varianzas heterogéneas *Levene* = 9,757; $p = 0,000$), se observaron promedio estadísticamente significativos y diferentes entre el mes de abril con respecto a los meses de enero, febrero, marzo, julio, noviembre y diciembre, afirmación a la que se llega con un nivel de significación de 5% (ver anexo 13).

Figura 91. Distribución empírica de las precipitaciones totales mensuales en Berlín [37015020] ubicada en el municipio Tona, entre 1972 y 2015.

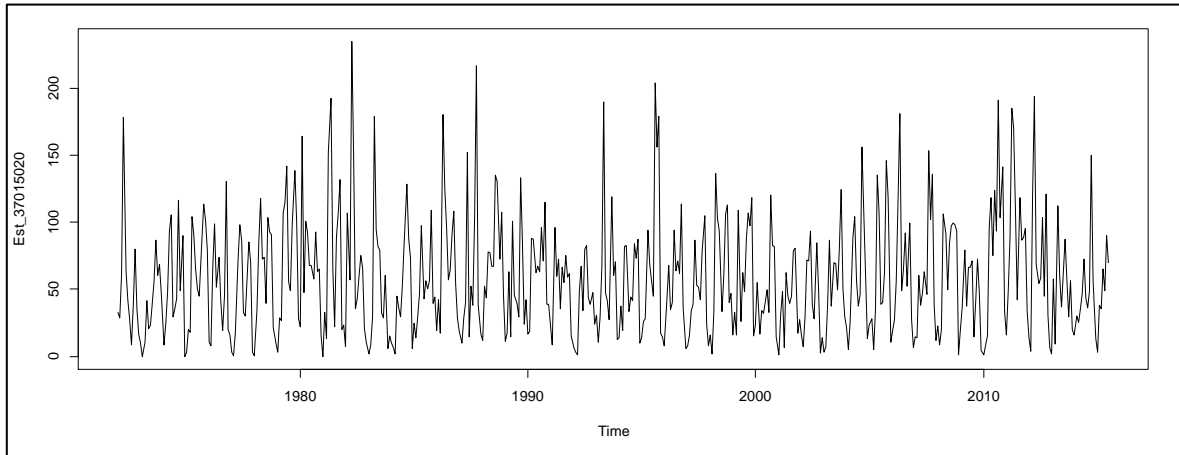


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Serie de tiempo para la estación Berlín [37015020] ubicada en el municipio Tona

Las precipitaciones totales mensuales en la estación Berlín, fue en promedio, la más baja entre las estaciones observadas. En la figura 92 se ven niveles de precipitaciones interiores a 200mms, con niveles medios que rondan alrededor de 50mms, y en ocasiones, cercanos a los 20cmms.

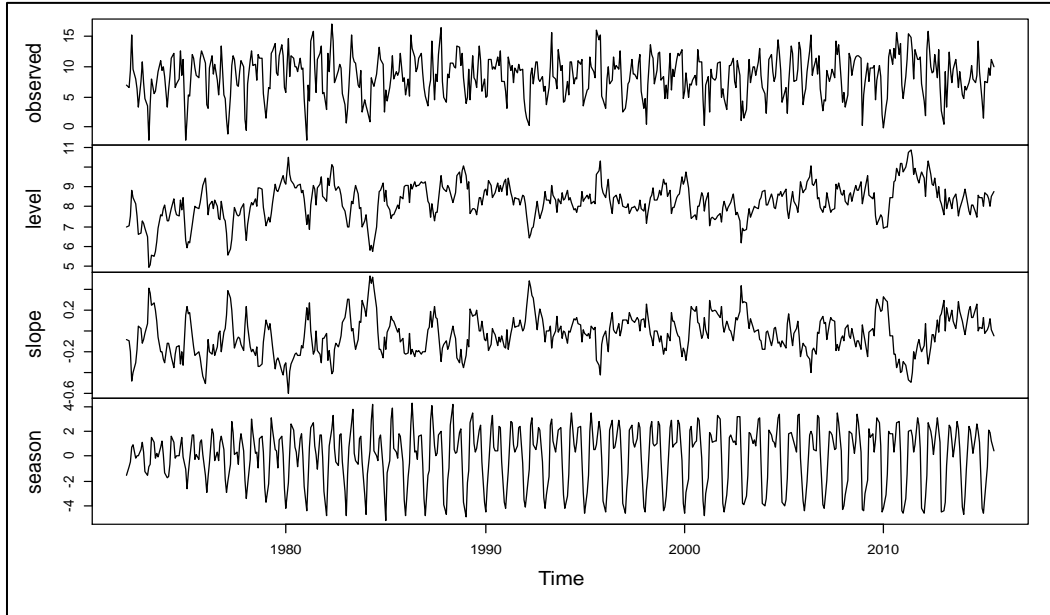
Figura 92. Precipitaciones totales mensuales en Berlín [37015020] ubicada en el municipio Tona, entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Al descomponer la serie en sus elementos clásicos, se observa una variabilidad relativamente homogénea a lo largo del tiempo, con fluctuaciones oscilantes en el nivel de la serie, con un ligero incremento del nivel inicial y hasta 1980.

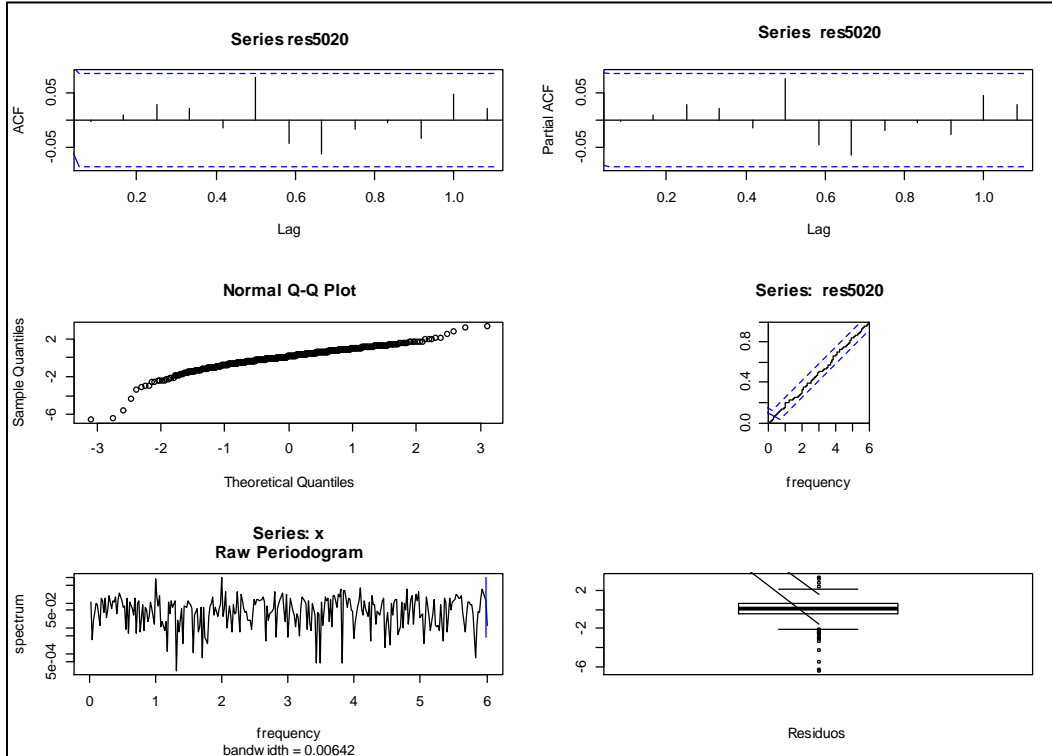
Figura 93. Descomposición clásica de la serie de las precipitaciones totales mensuales en Berlín [37015020] ubicada en el municipio Tona, entre 1972 y 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Se ajustaron varios modelos, de tipo ARMA, BATS y TBATS, encontrando el mejor ajuste con un modelo BATS(0.112,{1,2},0.956.{72}).

Figura 94. Diagnóstico de los residuos para el modelo $BATS(0.112, \{1,2\}, 0.956, \{72\})$ usado en la estimación de las precipitaciones totales mensuales en Berlín [37015020] ubicada en el municipio Tona

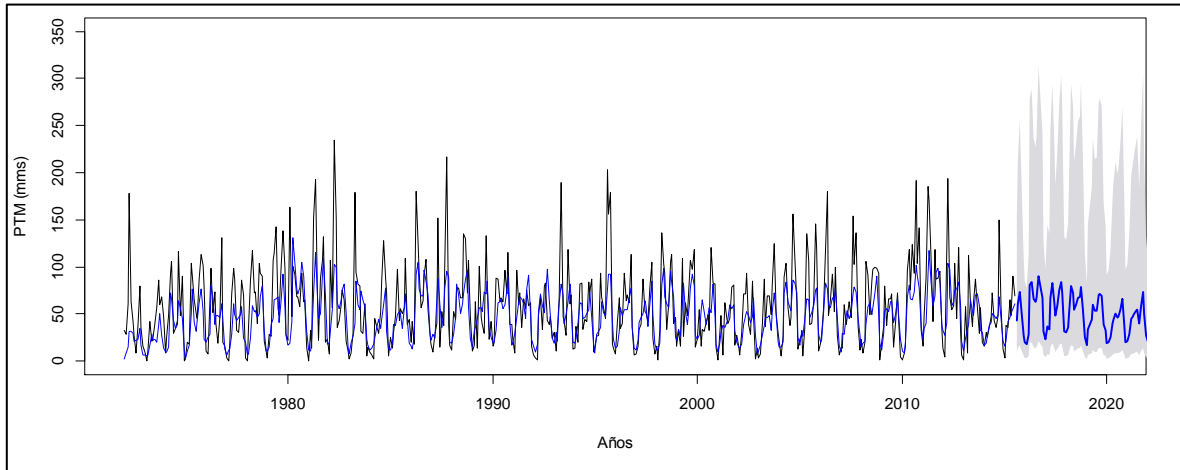


Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Adicionalmente al patrón de residuos, que se aproxima a un ruido blanco, se observó ausencia de correlación en los residuos mediante la prueba de Ljung-Box ($\chi^2_{(20)} = 14,06$; $p = 0,827$).

Los residuos del modelo presentaron un patrón aproximadamente normal, con ajuste del 82,3% del modelo a los datos observados.

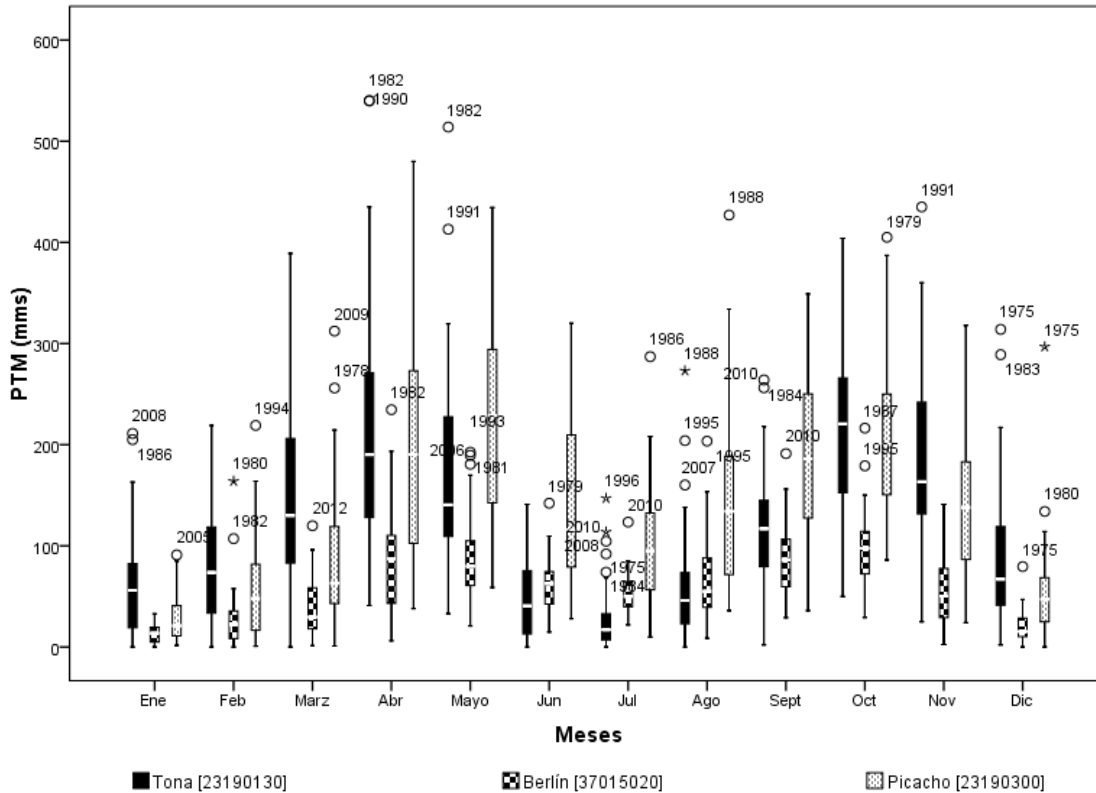
Figura 95. Pronostico para las precipitaciones totales mensuales en Berlín [37015020], del municipio Tona, usando un modelo BATS(0.112,{1,2},0.956.{72}).



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Comparación de las precipitaciones entre las estaciones del municipio Tona.

Figura 96. Precipitaciones totales mensuales de las estaciones del municipio Tona.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En la figura 96 se observan las precipitaciones registradas en las tres estaciones del municipio Tona. Destaca la estación Tona con las precipitaciones más altas en los meses de enero, febrero, marzo y abril. Con precipitaciones muy similares entre Tona y el Picacho en los meses de octubre y noviembre. En cambio, en los meses de junio, julio y agosto, la estación Tona tiene los niveles más bajos de precipitaciones para el municipio, comparado con las estaciones Berlín y Picacho.

En todos los meses excepto, junio, julio y agosto, la estación Berlín muestra niveles más bajos en las precipitaciones, en relación a las otras estaciones analizadas en el municipio Tona.

En la estación Tona, las precipitaciones mostraron cambio de nivel, con disminuciones significativas en la variabilidad posterior a 1991, con disminución marginalmente significativa ($p < 0.1$) en las precipitaciones promedio (12.19%) a partir de la misma fecha.

La estacionalidad de la serie de precipitaciones se mostró muy similar en los años posteriores a 1992, con acentuación de los periodos secos en los meses de inicio y final de año entre 1992 y 1997, tendencia que tiende a repetirse a partir de 2010 hasta la fecha. Los pronósticos de precipitaciones para esta estación tienen a mantener el nivel actual de las precipitaciones hasta 2017 en el que se espera se incrementen repitiendo un patrón observado a lo largo de la serie.

En la estación Picacho, las precipitaciones mostraron cambios en el nivel promedio a lo largo del tiempo, sin disminuir o aumentar de forma monótona su nivel. Se observó fuerte variación en la estacionalidad de la serie; entre 1972 y 1980 las precipitaciones en los meses lluviosos se incrementaron, mientras que disminuyeron en los meses de diciembre, enero y febrero, similar a lo observado entre 1992 y 1997. Entre 1980 y 1992 y 1998 y 2005, se registraron fuertes incrementos en las precipitaciones en los meses intermedios del año (junio, julio y agosto) que usualmente registraban promedios bajos de precipitaciones. En esta estación se observa una ligera tendencia a incrementar las precipitaciones en los años venideros.

La estación de Berlín mostró el menor nivel de precipitaciones totales mensuales medias entre todas las estaciones estudiadas, bajo la jurisdicción de la CDMB, lo cual se puede afirmar con una confianza del 95%. Para esta estación las precipitaciones en el 50% de los casos no superan los 48.6mms mensualmente. La serie de precipitaciones no mostró una tendencia creciente o decreciente, sólo variaciones en el nivel medio con ligeras

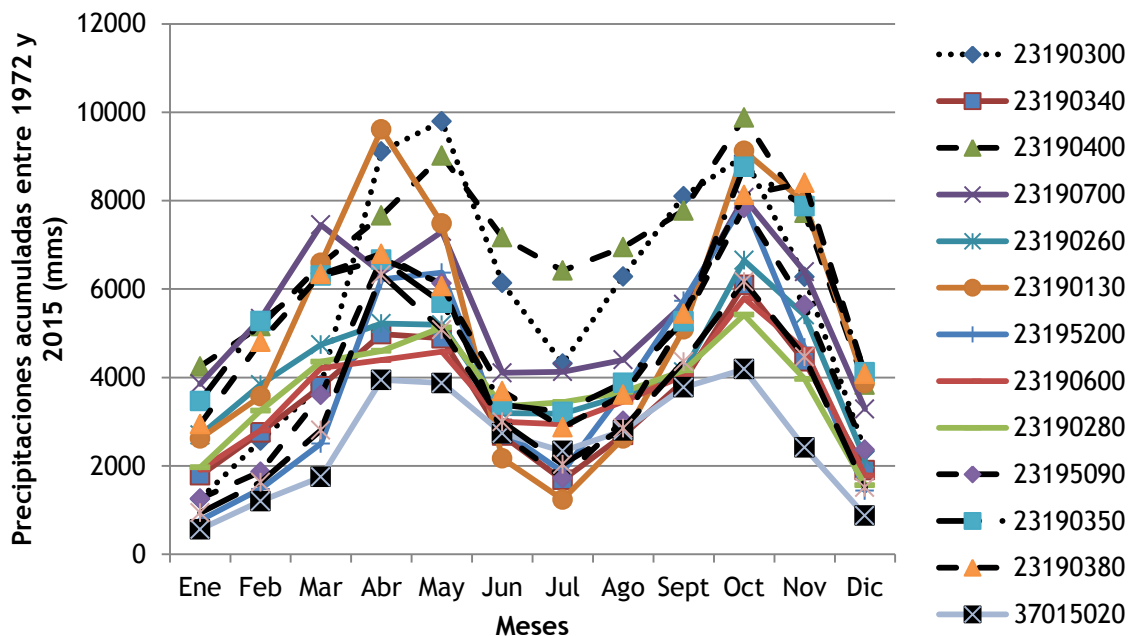
modificaciones en la estacionalidad de los periodos secos y lluviosos entre los años 1972 y 1990, en los últimos 25 años se observa menor diferencia en los niveles de precipitación registrados, excepto los meses de diciembre y enero que siguen siendo muy bajos respecto a los demás meses del año. Los pronósticos de precipitaciones para esta serie, muestran un descenso en los niveles de precipitaciones totales mensuales para los próximos 4 años.

Comparaciones entre estaciones observadas

Entre las estaciones seleccionadas para el análisis, se presentan variaciones importantes, entre las cuales destacan valores bajos en las precipitaciones de estaciones tales como Berlín [37015020], Palo Gordo [23190280], Pantano EL [23190600] y Matajira [23190340], con poca diferenciación entre los meses lluviosos (marzo, abril, mayo, octubre y noviembre) y los demás meses del año.

De igual forma destacan estaciones por presentar precipitaciones acumuladas marcadamente superiores a las observadas en otras estaciones, como son Picacho [23190300], Galvicia LA [23190400] y Vetas-El Pozo [23190450], con precipitaciones acumuladas que pueden estar hasta 16.7% por encima de su vecina más cercana en el nivel de precipitaciones acumuladas en el mes de mayo, por ejemplo.

Figura 97. Total de precipitaciones acumuladas entre enero de 1972 y julio de 2015 en las diferentes estaciones.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Para determinar si las diferencias antes observadas son estadísticamente significativas, se compararon las precipitaciones entre estaciones, usando el análisis de varianzas para medidas repetidas, se verificaron algunos supuestos fundamentales. En primer lugar se verificó la esfericidad de la matriz de varianzas y covarianzas, a través del Test de esfericidad de Mauchly, la cual contrasta la hipótesis nula que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada, es proporcional a una matriz de identidad, lo cual se rechazó al nivel de significación de 0.01 ($\chi^2_{90} = 2062,95$; $p = 0,000$). Como consecuencia a la violación del supuesto de esfericidad se utilizaron las pruebas multivariantes (Traza de Pillai, Lambda de Wilks, Traza de Hotelling, Raíz mayor de Roy), encontrando que hay diferencias significativas entre los niveles medios de las precipitaciones totales mensuales entre las estaciones objeto de estudio, lo cual se afirma con una confianza del 99% ($F_{(13;509)} = 128,23$; $p = 0,000$).

Según la prueba de comparaciones múltiples de Bonferroni, la estación Galvicia LA [23190400] tiene el nivel medio de precipitaciones totales mensuales más alto entre las estaciones observadas, diferencia significativa al nivel 0,01.

Tabla 40. Comparación de las precipitaciones entre estaciones, usando Análisis de Varianza para medidas repetidas.

Estación	Promedio	F	p
Picacho El [23190300]	131,8 ^a		
Matajira [23190340]	79,5 ^b		
Galvicia La [23190400]	157,6 ^c		
Vetas-El Pozo [23190450]	78,7 ^b		
Pantano El [23190600]	83,3 ^{b,d}		
Piedecuesta Gja [23190700]	126,9 ^a		
Vivero Surata [23195090]	92,0 ^{d,e,f}	128,23	0,000
Cachiri [23195200]	87,0 ^{b,d,f}		
Tona [23190130]	118,5 ^a		
Laguna La [23190260]	95,6 ^{e,f}		
Palo Gordo [23190280]	85,8 ^{b,d,e,f}		
Llano De Palmas [23190350]	122,2 ^a		
Palmas [23190380]	120,9 ^a		
Berlín [37015020]	58,3 ^g		

Los grupos homogéneos de medias, según la prueba de comparaciones múltiples de Bonferroni, se identifican con superíndices iguales en la columna de promedios.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Los promedios de precipitaciones totales mensuales, de las estaciones Picacho [23190300], Piedecuesta GJA [23190700], Tona [23190130], Llano de Palmas [23190350] y Palmas [23190380] no presentan diferencias significativas entre ellas, pero son significativamente menores en promedio en relación a las precipitaciones de la estación Galvicia LA [23190400], y significativamente mayores en los promedios de precipitaciones de las demás estaciones en estudio. Por otro lado, la estación Berlín [37015020] tiene los niveles promedio de precipitaciones más bajos entre todas las estaciones consideradas en el análisis, lo cual se afirma con una confianza del 99%.

Relación entre las precipitaciones y la ubicación geográfica

Se estudió además, la relación existente entre la ubicación geográfica de las estaciones, y los niveles de precipitaciones, considerando cada uno de los elementos geográficos: latitud, longitud y elevación.

Figura 98. Relación entre el promedio de PTM con la elevación de la estación.

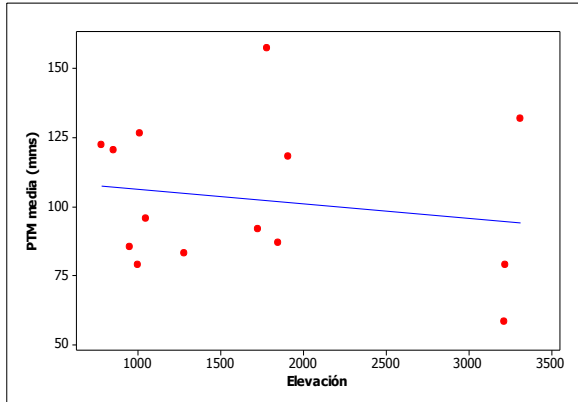
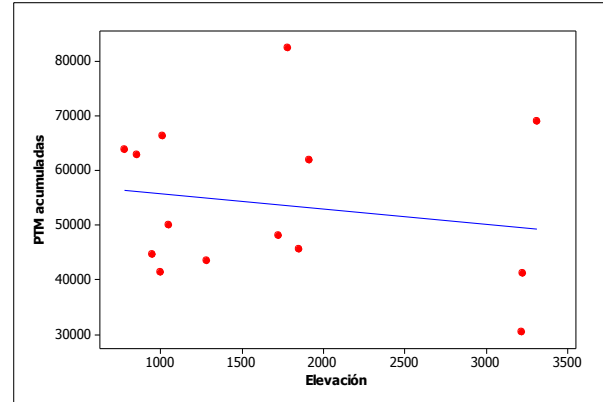


Figura 99. Relación entre PTM acumulada y la elevación de la estación



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En primer lugar se graficaron los valores medios y acumulado de las precipitaciones totales mensuales, con relación a la elevación de las estaciones en estudio, encontrando una tendencia decreciente muy débil entre los niveles de precipitaciones y la altitud en la que se encuentra la estación, pero no en todos los casos. Esto implica que a mayor elevación se espera un menor nivel de precipitaciones.

Figura 100. Relación entre el promedio de PTM con la longitud de la estación

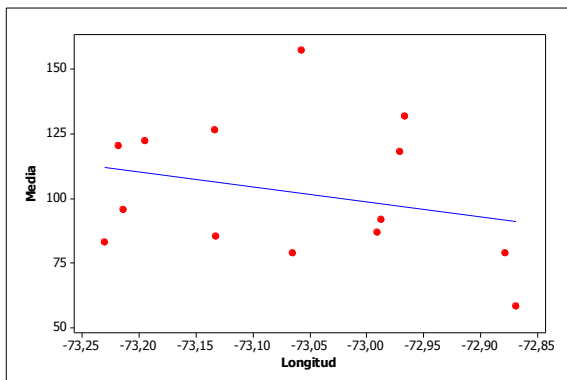
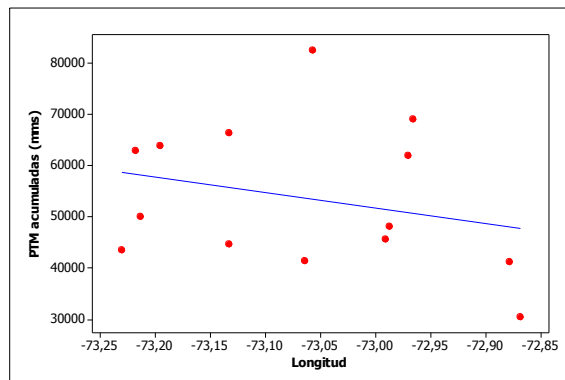


Figura 101. Relación entre las PTM acumuladas con la longitud de la estación.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Al comparar la longitud, se observó menor nivel de precipitaciones en las estaciones localizadas hacia el Este, mientras que las estaciones localizadas hacia el Oeste presentan en general mayores niveles de pluviosidad (media y precipitaciones acumuladas).

Finalmente, el comportamiento de las precipitaciones en cuanto al promedio y las precipitaciones acumuladas en los 43 años de estudio, también mostraron una relación lineal inversa débil, lo que indica que hacia el norte de la meseta de Bucaramanga, se esperan menores niveles medio de precipitaciones y en consecuencia menor PTM acumulada.

Figura 102. Relación entre el promedio de las PTM con la latitud de la estación.

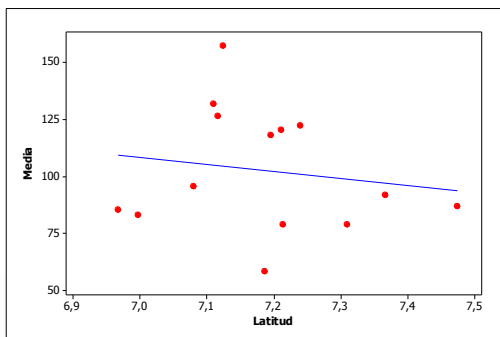
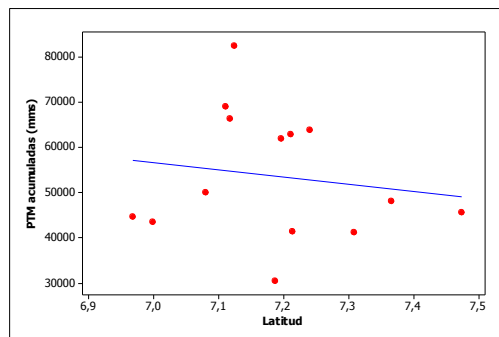


Figura 103. Relación entre las PTM acumuladas con la latitud de la estación



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En las figuras 104, 105 y 106 se compararon la variabilidad de las precipitaciones (desviación estándar) con la longitud, latitud y elevación.

Figura 104. Dispersión de las MTP con relación a la latitud de las estaciones.

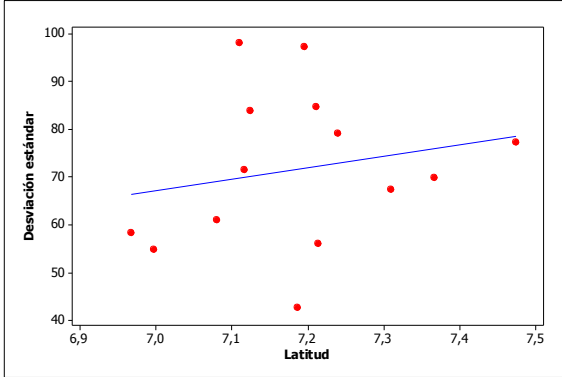
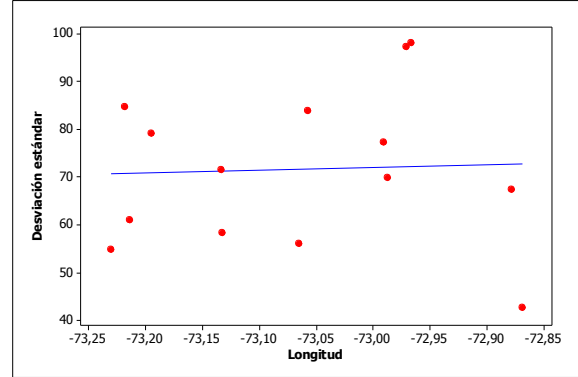


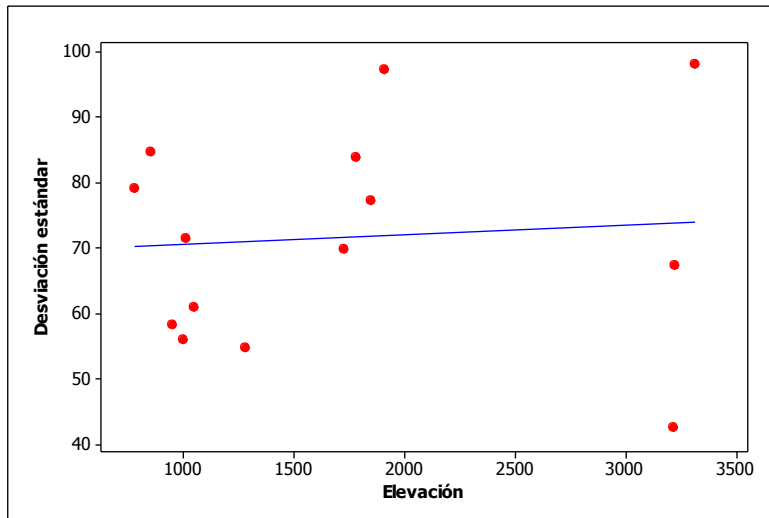
Figura 105. Dispersión de las MTP con relación a la longitud de las estaciones.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

La dispersión de las precipitaciones totales mensuales guarda una ligera relación positiva con la latitud, a mayor latitud, mayor dispersión de las precipitaciones, mientras que la longitud no influye sobre la variabilidad en las precipitaciones registradas.

Figura 106. Dispersión de las MTP con relación a la elevación de las estaciones.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

La elevación no presenta una relación con la dispersión de las precipitaciones totales mensuales, que pueda ser considerado importante o relevante para ser mencionada.

Las relaciones antes descritas (figura 98 a figura 105) no resultaron estadísticamente significativas al nivel 0.05, según el coeficiente de correlación de Spearman.

Variaciones observadas en las precipitaciones en el área jurisdicción de la CDMB.

A continuación se describen las variaciones observadas en las precipitaciones, del área jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), en base a las estaciones analizadas.

Vale la pena resaltar que los modelos ajustados persiguen la estimación de las precipitaciones, tienen como propósito estimar el comportamiento de la serie, y en ningún momento, el valor puntual de las precipitaciones, pues esto obedece a múltiples factores físicos, usos del suelo, apariciones de fenómenos como el niño o la niña, que pueden influenciar puntualmente los niveles de precipitaciones por cortos de tiempo.

Bajo las condiciones de volatilidad de las precipitaciones en los diferentes puntos de observación, se puede afirmar que las estimaciones hechas con los modelos dinámicos permiten estimar la tendencia de las precipitaciones en el corto y mediano plazo.

Tabla 41. Precipitaciones acumuladas observadas y esperadas por décadas desde 1975 a 2024.

Estaciones	(1975-1984)	(1985-1994)	(1995-2004)	(2005-2014)	(2015-2024)
Tona [23190130]	14465,8	15245,1	13080,9	14037,3	9199,3
Laguna La [23190260]	12400,2	11448,6	11164,2	11221,1	8669,7
Palo Gordo [23190280]	9251,5	9747,5	10986	10362	8579
Picacho El [23190300]	18419,7	16365	13460	15139,8	12372,6
Matajira [23190340]	10329,6	9462,5	9118	8940,3	7499
Llano De Palmas [23190350]	15176,4	13677	14869,1	14787,9	11819,8

Palmas [23190380]	16571,6	13369,6	13948,8	13856,9	11651,6
Galvicia La [23190400]	19901	18668,1	19332	18186,2	16083,8
Vetas-El Pozo [23190450]	9963	8761,6	8116,5	10658,2	8218,7
Pantano El [23190600]	10091	9528	10540,4	10224,5	10456
Piedecuesta Gja [23190700]	14573	13963,1	15213,5	17521,6	15218,1
Vivero Surata [23195090]	11077,8	11190,5	10650,3	12009,7	9517,9
Cachiri [23195200]	9773,1	10580,5	10436,5	12308,4	6065,3
Berlín [37015020]	7296,1	6897,4	6545,1	7659,7	6315,5

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

En principio se procedió al cálculo de las precipitaciones acumuladas desde 1975 a 2024, en periodos de 10 años, para posteriormente observar las variaciones porcentuales de las precipitaciones, en los decenios posteriores, tomando como periodo base 1975-1984.

Figura 107. Variaciones porcentuales de las precipitaciones acumuladas entre 1985-1994 en relación a 1975-1984

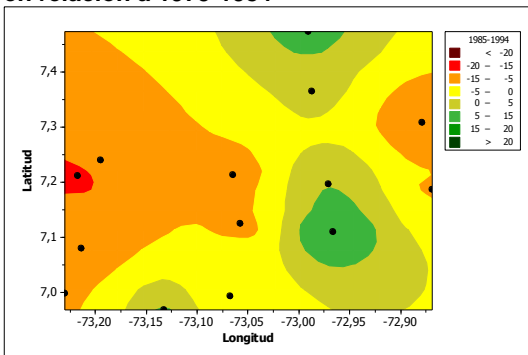


Figura 109. Variaciones porcentuales de las precipitaciones acumuladas entre 2005-2014 en relación a 1975-1984

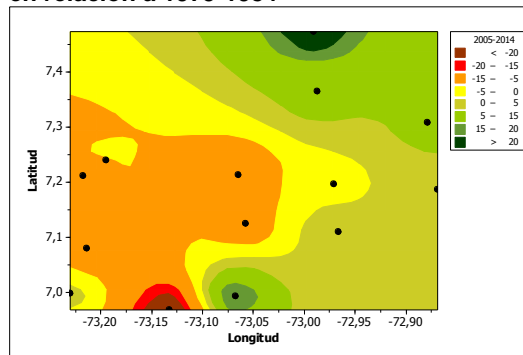


Figura 108. Variaciones porcentuales de las precipitaciones acumuladas entre 1995-2004 en relación a 1975-1984

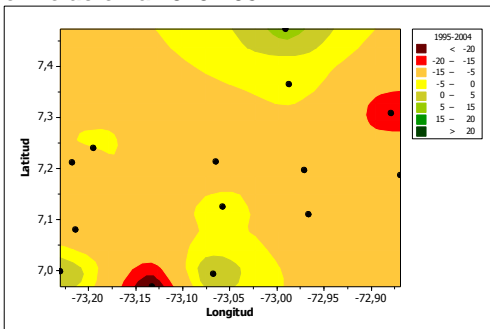
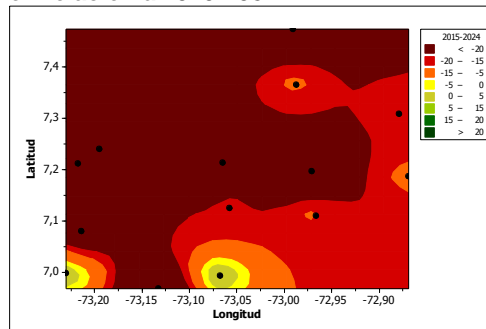


Figura 110. Variaciones porcentuales de las precipitaciones acumuladas entre 2015-2024 en relación a 1975-1984



Fuente: Elaboración propia

En las figuras 107 a 110 se presentan las variaciones porcentuales de las precipitaciones acumuladas por decenios en el periodo 1994 a 2024, considerando como periodo de referencia, las precipitaciones acumuladas entre 1975-1984.

La acumulación de precipitaciones tiene un comportamiento geográfico similar en los periodos 1985-1994 y 2005-2014, con disminución de las precipitaciones el 64% de las estaciones. Disminución de las precipitaciones que van desde 4% en la estación Piedecuesta Gja [23190700], hasta 19% en Palmas [23190380], para el primer período (84-94), y con 50% de las estaciones con disminución del nivel de precipitaciones para el periodo 2005-2014; en este periodo, la disminución porcentual de mms de precipitaciones acumuladas en relación a 1975-1984 varían entre 3% para las estaciones Tona [23190130] y Llano de Palma [23190350], hasta 28% menos en Palo Gordo

En los periodos 1985-1994 y 2005-2014 también se observan estaciones que incrementan porcentualmente sus niveles de precipitaciones acumuladas en el decenio, entre las que destacan El Picacho [23190300] y Cachiri [23195200] con 13% y 8% de incremento para el primer periodo, y Cachiri [23195200] y Piedecuesta GJA [23190700] con incrementos de 26% y 20% de las precipitaciones acumuladas en el segundo período.

Para el periodo 1995-2004 solo 3 (24,5%) de las estaciones reportaron incrementos en los niveles de precipitaciones en relación a lo acumulado entre 1975-1984, con porcentajes inferiores al 7% (Cachiri, El Picacho y Pantano). Las variaciones negativas se encuentran entre 2% y 24% para las estaciones Llano de Palma y Palo Gordo respectivamente.

En las proyecciones entre 2015-2024 se observaron valores de precipitaciones acumuladas en el periodo, inferiores a las observadas entre 1975 1984. Solo en las estaciones de Pantano [23190600] y Piedecuesta GJA [23190700] de esperan incrementos porcentuales en las precipitaciones acumuladas, en relación al periodo de referencia.

Como se evidenció en el análisis de las series de tiempo de forma individual, el comportamiento de la precipitaciones totales mensuales previo a 1980 mostró un

comportamiento irregular, lo que puede estar influenciado por la presencia de fenómenos como el niño y la niña que estuvieron presente entre 1972 y 1980. Por esta razón se compararon nuevamente las precipitaciones acumuladas por decenios, pariendo de 1990 a 2019, tomando como periodo de referencia 1980-1989.

Tabla 42. Precipitaciones acumuladas observadas y esperadas por décadas desde 1980 a 2019

Estaciones	(1980-1989)	(1990-1999)	(2000-2009)	(2010-2019)
Tona [23190130]	15870,6	14606	12839,5	11831,1
Laguna La [23190260]	12376,2	10924,6	10965,7	10036,7
Palo Gordo [23190280]	9185,9	10925,1	10367	8989
Picacho El [23190300]	17357,6	15939	12074,8	14000,6
Matajira [23190340]	9858,4	8854,9	9059,2	8152,9
Llano De Palmas [23190350]	14885,3	13469	14658,4	13695,4
Palmas [23190380]	13915,2	13357,2	13999,6	12441,5
Galvicia La [23190400]	20254,1	19246,8	17420,9	17723,3
Vetas-El Pozo [23190450]	8738,2	9068,9	8810,4	9627,5
Pantano El [23190600]	9639	10358	9821,4	10488,5
Piedecuesta Gja [23190700]	14095,4	14617,9	15878,2	16798,8
Vivero Surata [23195090]	11177,6	11082,5	10889,4	10999
Cachiri [23195200]	12036,1	10455	10555	9585,3
Berlin [37015020]	7461,9	6786,5	6539,2	7304,3

Fuente: Elaboración propia

Para visualizar los cambios en los niveles de precipitaciones se procedió nuevamente a mostrar los gráficos de contornos, considerando como base la ubicación geográfica de las estaciones en estudio (coordenadas longitud, latitud).

Figura 111. Variaciones porcentuales de las precipitaciones acumuladas entre 1990-1999 en relación a 1980-1989

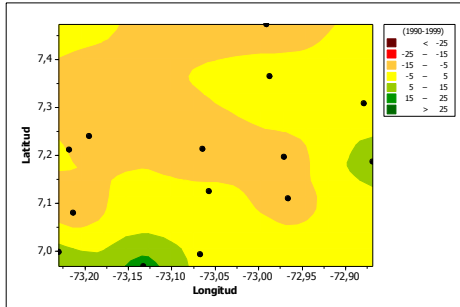
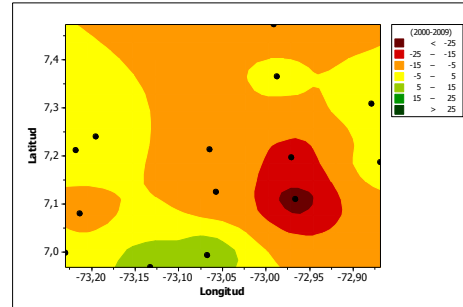


Figura 112. Variaciones porcentuales de las precipitaciones acumuladas entre 2000-2009 en relación a 1980-1989

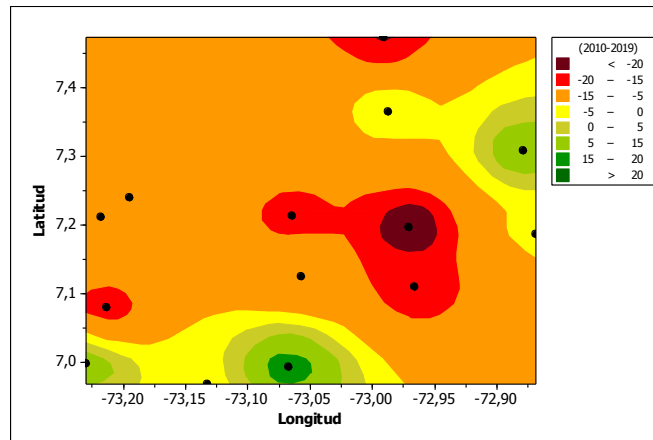


Fuente: Elaboración propia

Al usar como base las precipitaciones acumuladas entre 1980-1989, se observa entre 1990-1999 disminución relativa de las precipitaciones en 9 (64%) de las estaciones, con variaciones que van entre 1% y 13% en las estaciones Vivero Surata [23195090] y Cachira [23195200], y con incrementos en las precipitaciones que van entre 4% y 19% (Palo Gordo).

Entre 2000 y 2009 la acumulación de precipitaciones fue relativamente menor en 8 de las 14 estaciones, con variaciones importantes en el Picacho EL [23190300] (30%) y Tona [23190130] (19%), las restantes variaciones negativas oscilan entre 2% y 14%.

Figura 113. Variaciones porcentuales de las precipitaciones acumuladas entre 2010-2019 en relación a 1980-1989



Fuente: Elaboración propia

Para el periodo 2010-2019, se observó un comportamiento similar a lo presentado en los periodos anteriores con base en las precipitaciones acumuladas entre 1980-1989. 78,6% de las estaciones muestran para este periodo disminución en las precipitaciones acumuladas en relación al periodo base. Este descenso relativo varía entre 2% y 25%. En la figura 113, se observa que la mayoría de las estaciones tienen una disminución relativa de las precipitaciones entre 5% y 20%.

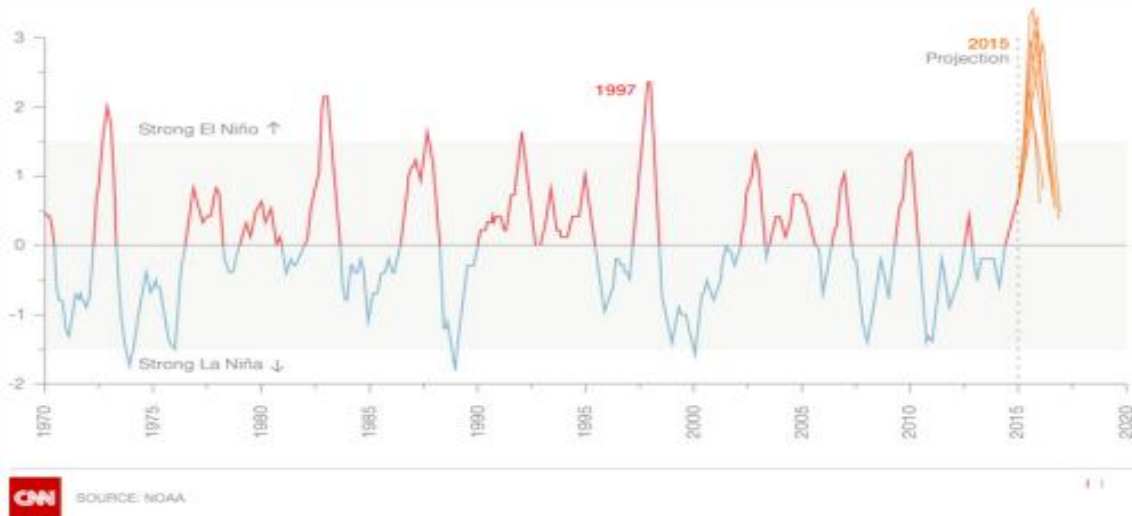
Las estaciones Piedecuesta [23190700], Vetas-El Pozo [23190450] y Pantano EL [23190600], fueron las únicas estaciones que mostraron incremento sostenido en los niveles de precipitaciones en relación del periodo base 1980-1989, el incremento fue de 19%, 10% y 9% respectivamente.

Influencia de El Niño y La Niña en el régimen de precipitaciones en las estaciones analizadas bajo la jurisdicción de la CDMB.

Las precipitaciones históricamente registran cambio y variaciones, que son difíciles de atribuir a un causante en particular. Expertos han detectado cambios de las precipitaciones a escala global apenas hasta 2007, y otros autores reportan influencia de fenómenos como el Niño y La Niña sobre los patrones de precipitaciones (Pereyra Díaz, BAndo Murrieta, & Baizabal, 2004).

El Fenómeno de El Niño se presenta de forma irregular, con intensidad y duración variada. Este fenómeno produce el aumento de la temperatura en la superficie oceánica del Pacífico Tropical. Por un lado, se genera la influencia de la atmósfera sobre el océano, a través de vientos alisios que impulsan las corrientes oceánicas superficiales, y por otro lado, la influencia del océano sobre la atmósfera, a través del calor de la superficie generada en el océano. La Niña. Lo opuesto a lo anterior, genera el enfriamiento de la superficie oceánica del Pacífico Tropical. Estos fenómenos afectan principalmente a América del Sur, Indonesia y Australia, pero el planeta en busca de equilibrar la atmósfera, finalmente influyen sobre la meteorología del resto del planeta (Tomson & Miller, 2015).

Figura 114. El Índice Oceánico de *El Niño* entre 1970 y 2015.



Fuente: tomado de la página de CNN en español.

Los fenómenos de El Niño y La Niña han tenido apariciones registradas desde 1950, sin embargo es de interés para esta investigación, el comportamiento de dichos fenómenos a partir de 1972. Como se observa en la figura anterior, el fenómeno del niño se ha presentado en forma intensa en cuatro oportunidades ($INO > 1.5$), pero sus apariciones no son de forma cíclica, por su parte, La Niña tienen un número similar de apariciones de forma moderada-severa ($INO < -1.5$).

Tomando el Índice Oceánico de *El Niño* (ONI, por sus siglas en inglés) del portal National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), que se procedió a clasificarlo en $ONI < -0.5$ presencia de La Niña, $ONI > 0.5$ presencia de El Niño y ONI entre -0.5 y 0.5 normalidad para luego ser comparado con las variaciones observadas en los niveles de precipitaciones en las estaciones objeto de estudio, encontrando los siguientes resultados:

Tabla 43. Comparaciones de los niveles promedio de las precipitaciones bajo la presencia de los fenómenos El Niño y La Niña entre enero de 1972 y enero de 2016.

Estaciones		N	Media	Sub- conjuntos homogé- neos	95% del intervalo de confianza para la media		F	p
					Límite inferior	Límite superior		
TONA [23190130]	La Niña	141	131,243a		116,456	146,031	2,874	,057'
	La Norma	288	110,559b		99,693	121,424		
	El Niño	147	107,493b		91,105	123,880		
	Total	576	114,840		107,095	122,585		
LAGUNA LA [23190260]	La Niña	141	98,213		88,232	108,195	,423	,655
	La Norma	288	92,710		85,913	99,506		
	El Niño	147	93,349		83,296	103,402		
	Total	576	94,220		89,337	99,103		
PALO GORDO [23190280]	La Niña	141	91,099		80,499	101,700	2,024	,133
	La Norma	288	83,146		77,116	89,176		
	El Niño	147	77,755		68,244	87,266		
	Total	576	83,717		79,071	88,363		
PICACHO EL [23190300]	La Niña	141	129,462		113,019	145,905	,991	,372
	La Norma	288	133,089		122,740	143,437		
	El Niño	147	119,537		102,769	136,306		
	Total	576	128,742		120,950	136,535		
MATAJIRA [23190340]	La Niña	141	85,798a		76,658	94,937	2,479	,085'
	La Norma	288	76,236ab		70,360	82,112		
	El Niño	147	72,102b		62,450	81,754		
	Total	576	77,522		73,092	81,951		

<i>Estaciones</i>		<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Sub- conjuntos homogé- neos</i>	<i>95% del intervalo de confianza para la media</i>		<i>F</i>	<i>p</i>
					<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>		
LLANO DE PALMAS [23190350]	La Niña	141	134,935a	119,840	150,031	3,191	,042*	
	La Norma	288	116,866ab	108,606	125,125			
	El Niño	147	114,735b	102,601	126,869			
	Total	576	120,745	114,403	127,087			
PALMAS [23190380]	La Niña	141	132,271a	116,757	147,785	3,127	,045*	
	La Norma	288	115,859ab	107,122	124,596			
	El Niño	147	109,187b	96,027	122,347			
	Total	576	118,174	111,488	124,859			
GALVICIA LA [23190400]	La Niña	141	179,133a	161,865	196,400	10,281	,000**	
	La Norma	288	154,417b	146,879	161,955			
	El Niño	147	136,580b	123,437	149,724			
	Total	576	155,915	149,263	162,567			
VETAS-EL POZO [23190450]	La Niña	141	80,627	69,814	91,440	1,453	,235	
	La Norma	288	80,494	73,411	87,578			
	El Niño	147	69,954	58,210	81,699			
	Total	576	77,837	72,515	83,158			
PANTANO EL [23190600]	La Niña	141	88,052	77,604	98,501	1,457	,234	
	La Norma	288	85,005	79,173	90,837			
	El Niño	147	77,571	68,744	86,399			
	Total	576	83,854	79,386	88,322			
PIEDRECUESTA	La Niña	141	140,711a	126,508	154,913	5,009	,007**	

<i>Estaciones</i>		<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Sub- conjuntos homogé- neos</i>	<i>95% del intervalo de confianza para la media</i>		<i>F</i>	<i>p</i>
					<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>		
GJA [23190700]	La Norma	288	126,347ab	119,227	133,467			
	El Niño	147	114,912b	104,027	125,797			
	Total	576	126,945	121,235	132,655			
VIVERO SURATA [23195090]	La Niña	141	97,284	85,332	109,236	1,544	,214	
	La Norma	288	92,134	84,388	99,880			
	El Niño	147	83,383	72,257	94,509			
	Total	576	91,161	85,557	96,765			
CACHIRI [23195200]	La Niña	141	87,645	74,776	100,514	1,232	,292	
	La Norma	288	86,740	78,352	95,127			
	El Niño	147	75,801	63,046	88,557			
	Total	576	84,170	78,022	90,318			
BERLÍN [37015020]	La Niña	141	59,005ab	51,520	66,490	2,760	,064	
	La Norma	288	60,815a	56,579	65,051			
	El Niño	147	51,169b	43,812	58,526			
	Total	576	57,910	54,545	61,276			

“*” $p < 0,1$; “**” $p < 0,05$; “***” $p < 0,01$

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos suministrados por IDEAM y NOAA.

Se observó cambios significativos en las precipitaciones promedio, bajo la influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, en las Estaciones Tona [23190130], Matajira [23190340] y Berlín [37015020] al nivel de significación de 0,1. En Tona, el promedio de precipitaciones fue mayor bajo la influencia de La Niña ($M=131,24$), que lo observado en ausencia de ambos fenómenos (INO -0.5 a 0,5) o en relación a las precipitaciones medias en el periodo de influencia de El Niño.

En la estación Matajira, las precipitaciones media bajo La Niña fueron significativamente mayores a las observadas durante la presencia de El Niño, pero no muestran diferencias significativas con las precipitaciones medias observadas en ausencia de ambos fenómenos, lo cual se afirma con una confianza del 95%.

En la estación de Berlín, las precipitaciones bajo condiciones normales no mostró diferencias significativas en relación a lo observado en el período de influencia de La Niña, sin embargo, bajo la presencia de El Niño, las precipitaciones disminuyen significativamente en promedio en relación al periodo normal, afirmación que se realiza con una confianza del 90%.

Las estaciones Palmas [23190380], Llano de Palmas [23190350] mostraron diferencias significativas en los promedios de precipitaciones al nivel 0,05. En ambas estaciones se observaron niveles medios de precipitaciones significativamente mayores bajo la influencia de La Niña en relación al El Niño. No hay diferencias entre las precipitaciones en los periodos normales ($|INO| < 0.5$) con los otros periodos estudiados.

Finalmente, las estaciones Galvicia La [23190400] y Piedecuesta Gja [23190700] mostraron influencia estadísticamente significativa de la presencia de La Niña y El Niño sobre el promedio de precipitaciones observado registrado. En el primer caso, las precipitaciones bajo La Niña son significativamente mayores (en promedio 42.55mm mayor a lo observado en presencia de El Niño), a lo observado en los demás periodos entre 1972 y enero de 2016. Para la segunda estación, las precipitaciones bajo la influencia de La Niña fueron mayores al promedio bajo el fenómeno de El Niño, diferencia significativa con una confianza del 99%.

En las Estaciones Palo Gordo [23190280], Picacho El [23190300], Vetas-El Pozo [23190450], Pantano El [23190600], Vivero Surata [23195090], Cachiri [23195200] Y Laguna La [23190260] no se observó influencia significativa de los fenómenos de El Niño y La Niña sobre los niveles de precipitaciones medias, lo cual se afirma con una confianza del 90%.

A continuación, se eliminaron los meses en donde el INO fue superior a $[0,5]$, y se compararon los promedios de los decenios, para evaluar si las bajo condiciones que puedan considerarse normales, las precipitaciones promedio tienen tendencias crecientes o decrecientes.

Tabla 44. Comparaciones de los promedios de precipitaciones totales mensuales registrados por decenios entre 1980 y 2019, excluyendo las meses bajo influencia de los fenómenos El Niño y La Niña.

	1980-1989 (n=57)		1990-1999 (n=55)		2001-2009 (n=57)		2010-2019 (n=81)	
	Media	$\pm DE$	Media	$\pm DE$	Media	$\pm DE$	Media	$\pm DE$
Tona [23190130]	116,9 _a	95,2	127,4 _a	111,5	121,2 _a	92,5	88,7 _a	72,1
Laguna La [23190260]	99,6 _a	72,2	91,1 _a	52,3	95,0 _a	57,9	82,7 _a	54,4
Palo Gordo [23190280]	72,3 _b	45,0	89,3 _{a,b}	58,6	96,9 _a	47,8	73,6 _b	46,7
Picacho El [23190300]	141,3 _a	94,9	138,0 _a	82,9	117,2 _a	69,2	111,6 _a	79,9
Matajira [23190340]	77,5 _a	53,1	72,1 _a	45,4	85,5 _a	62,1	66,5 _a	35,5
Llano De Palmas [23190350]	122,3 _a	78,1	105,5 _a	64,0	128,0 _a	79,0	106,0 _a	58,6
Palmas [23190380]	119,2 _a	73,8	106,1 _a	60,6	121,4 _a	90,1	100,1 _a	45,0
Galvicia La [23190400]	163,6 _a	76,9	155,9 _a	69,4	150,8 _a	51,0	145,5 _a	61,8
Vetas-El Pozo [23190450]	77,4 _a	74,8	78,5 _a	54,6	87,6 _a	61,3	73,8 _a	49,7
Pantano El [23190600]	78,0 _a	45,0	82,9 _a	51,9	93,2 _a	53,2	88,8 _a	53,5
Piedecuesta Gja [23190700]	116,3 _a	60,3	120,1 _a	61,1	140,4 _a	60,5	133,9 _a	66,2
Vivero Surata [23195090]	88,1 _a	65,0	90,2 _a	63,3	105,9 _a	73,6	87,6 _a	64,1
Cachiri [23195200]	95,1 _{a,b}	82,4	90,7 _{a,b}	72,2	107,5 _a	70,8	74,2 _b	66,1

Berlin	61,9 _a	43,7	55,1 _a	29,3	63,9 _a	36,8	59,7 _a	33,5
[37015020]								

Las letras iguales por filas, denotan subconjuntos homogéneos de promedios.
Fuente: Elaboración propia

Al comparar los promedios de las PTM en los meses de cada decenio sin la influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, se observó que en las estaciones Tona [23190130], La Laguna [23190260], El Picacho [23190300], Matajira [23190340], Llano de Palmas [23190350], Palmas [23190380], Galvicia La [23190400], Vetas-El Pozo [23190450], Pantano El [23190600], Piedecuesta [23190700], Vivero Surata [23195090] y Berlín [37015020] no mostraron estadísticamente significativas al nivel 0,05.

En Palo Gordo [23190280] se observaron promedio de PTM similares entre 1980-1989, 1990-1999 y 2010-2019. El promedio de PTM entre 2000-2009 resultó significativamente mayor a los demás promedios observados ($F_{(3;246)} = 3,635; p = 0.014$). El comportamiento que exhibe el promedio de las precipitaciones no es lineal, es parabólico, con incremento en la parte intermedia de la serie, y retornó al promedio de partida.

Cachiri [231950200] por su parte, presentó una disminución significativa del promedio de precipitaciones totales mensuales para la década 2010-2019 en relación al promedio de 2000-2009, pero no difiere significativamente con los promedios de 1980-1989 y 1990-1999, lo cual se afirma con una confianza del 90% ($F_{(3;246)} = 2,497; p = 0.060$).

Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año.

Para identificar en que meses del año se presentan variaciones en las PTM por la influencia de los fenómenos El Niño y La Niña, se procedió a realizar comparaciones de los promedios de precipitaciones en cada mes bajo tres condiciones: presencia de El Niño, presencia de La Niña o ausencia de ambos (normal), en cada estación, encontrando los siguientes resultados:

Tabla 45. Comparación de las PTM medias entre los meses con $INO \leq -0.5$ (La Niña), INO entre -0.4 y 0.4 (Normal) y $INO \geq 0.5$ (El Niño), entre enero de 1972 y junio de 2015.

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	% meses
Tona [23190130]	***	-	-	-	-	-	-	***	***	-	***	-	33.3
Laguna La [23190260]	*	-	-	-	-	-	-	-	***	-	*	-	25
Palo Gordo [23190280]	-	-	-	-	-	-	-	-	**	**	**	-	25
Picacho El [23190300]	***	***	**	-	*	-	-	***	***	***	***	***	75
Matajira [23190340]	-	-	***	-	-	-	-	-	-	**	**	-	25
Llano De Palmas [23190350]	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	8.3
Palmas [23190380]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**	**	-	16.7
Galvicia La [23190400]	-	-	***	-	*	-	*	***	***	**	**	-	58.3
Vetas-El Pozo [23190450]	-	**	-	-	-	-	-	***	***	-	-	-	25
Pantano El [23190600]	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	8.3
Piedecuesta Gja [23190700]	-	-	***	-	-	-	-	-	**	-	-	-	25
Vivero Surata [23195090]	-	-	-	-	-	-	*	*	*	-	**	-	33.3
Cachiri [23195200]	***	-	-	-	-	-	-	***	***	-	**	**	41.7
Berlín [37015020]	***	-	**	-	-	-	-	***	***	-	***	**	50
% estaciones	35.7	14.3	35.7	0	14.3	7.1	14.3	50	78.6	35.7	71.4	21.4	-

“*” $p < 0.1$, “**” $p < 0.05$, “***” $p < 0.01$

Fuente: Elaboración propia.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas en el promedio de PTM bajo los grupos de INO, principalmente en los meses de septiembre (78.6% de las estaciones), noviembre (71.4%) y Agosto (50%). En los meses de febrero, abril, mayo junio y julio se observaron ninguna o pocas diferencias.

Las estaciones con mayor influencia de los fenómenos El Niño y La Niña, fueron el Picacho (75%), Galvicia (58.3%), seguidos de Vivero Surata, Cachiri y Berlín con 41.7 y 50% de los meses.

A continuación se muestran los promedios de PTM (mms) que se registraron en los diferentes meses del año, para cada una de las estaciones, sin la presencia de los fenómenos El Niño y La Niña.

Tabla 46. Promedio de PTM (mms) observada en los meses del año, en las diferentes estaciones en estudio en ausencia de los fenómenos El Niño y La Niña (Normal).

Estaciones	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tona [23190130]	42,5	60,2	120,7	183,2	134,6	41,2	25,2	44,9	89,8	179,8	136,7	60,8
Laguna La [23190260]	37,6	65,5	91,6	105,6	108,8	67,2	66,7	75,5	77,8	133,2	111,1	40,2
Palo Gordo [23190280]	30,9	59,6	83,1	89,3	112,5	71,2	70,9	86,6	86,6	110,6	83,9	29,7
Picacho El [23190300]	97,5	127,4	123,8	184,7	169,1	117,8	83	96,8	117,7	128,4	110,8	96,7
Matajira [23190340]	39,5	43,2	69,9	103,5	100,1	55,6	42,1	59,2	81,8	112,3	82,1	44,6
Llano De Palmas [23190350]	66	97,7	127,1	134	127,2	73,2	74,9	79,7	104	183,3	167	89,2
Palmas [23190380]	62,4	80,1	119,5	154,6	133,3	92,2	60,6	76,3	113,3	163,8	160,4	89,8
Galvicia La	94,4	105,4	132,6	162,1	184,6	153	137	151,6	153,9	193,9	160,5	84,3

[23190400]												
Vetas-El Pozo	23,3	36,6	63,2	120,3	107,5	72,3	50,7	59,2	91,9	127,1	89,6	35,7
[23190450]												
Pantano El	49,6	66,9	89,5	101	107,7	76,8	69,5	78	93	125,8	116,4	41
[23190600]												
Piedecuesta Gja	94	111,8	148,7	140,9	169,5	102,7	98,9	107,5	128,8	190,4	147,8	79,1
[23190700]												
Vivero Surata	25,9	36,1	77,5	149,9	126,8	55	34,4	66,8	115,2	172,5	116,9	50
[23195090]												
Cachiri	7,8	17,4	44	108,3	115,4	52,8	33,8	70	103,5	137,1	78,9	22,7
[23195200]												
Berlín	19,1	28,1	39,7	76,1	77,3	64,6	53	60	76,3	85,3	50,6	26,8
[37015020]												

Fuente: Elaboración propia.

A partir de este promedio, y con las pruebas a posteriori o de comparaciones múltiples, por el método de Duncan y T3 de Dunnett, en los casos de varianzas iguales y diferentes respectivamente, se establecieron los rangos para las diferencias promedio significativas que permiten estimar el comportamiento de las precipitaciones si se presentan variaciones del INO que indiquen la presencia de los fenómenos de El Niño y La Niña..

A continuación se presentan los resultados de las comparaciones múltiples, y los rangos de variación para las diferencias estadísticamente significativas, al comparar el promedio de PTM entre presencia de El Niño, La Niña y en ausencia de ambos fenómenos (normal) por municipios.

Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Matanza.

En la tabla 47 se observan comparaciones múltiples o a posteriori sólo para los meses de marzo, octubre y noviembre, ya que fueron los meses en los que se observó influencia de los Fenómenos el Niños y La Niña, sobre las precipitaciones medias, en relación a las precipitaciones, sin la presencia de estos fenómenos.

Tabla 47. Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Matajira.

Matajira [23190340]	Grupo I	Grupo J	Diferencia de medias (I-J)	P	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Marzo	Normal	La Niña	-55,4905	,007	-96,245	-14,736
		El Niño	8,5829	,967	-50,616	67,782
Octubre	Normal	La Niña	-34,2319	,088 ^a	-66,457	-3,993
		El Niño	-36,0724	,052 ^a	-72,391	,247
Noviembre	Normal	La Niña	-29,7078	,082 ^a	-58,376	-2,960
		El Niño	-26,6676	,109	-57,869	4,534

a. Intervalo de confianza del 90%

Fuente: Elaboración propia.

La Niña generó un incremento significativo de 55.49mms en las precipitaciones para el mes de marzo, en relación a lo esperado para este mes, sin la influencia de este fenómeno. El Niño por su parte, no altera significativamente las precipitaciones en el municipio de Matanza, lo cual se afirma con una confianza del 99%.

En el mes de octubre, la niña muestra una influencia marginalmente significativa ($p < 0.1$), al igual que El Niño, lo cual se repita en el mes de noviembre con la presencia de La Niña. En los tres casos los fenómenos incrementan significativamente las precipitaciones, entre en mes de noviembre se incrementan en 29.4mms bajo la influencia de La Niña, y en Octubre en 34.23mms bajo el mismo fenómeno. El Niño incrementa en esta estación las precipitaciones en el mes de octubre en 36.07mms.

Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Floridablanca.

En Floridablanca, más de la mitad de los meses del año, mostraron influencia significativa de los fenómenos El Niño y La Niña.

Tabla 48. Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Galvicia.

Galvicia LA [23190400]	Grupo I	Grupo J	Diferencia de medias (I-J)	P	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Marzo	Normal	La Niña	-70,6202	,054 ^a	-141,428	-1,187

		El Niño	47,8781	,058 ^a	4,355	97,111
Mayo	Normal	La Niña	-51,9571	,077 ^a	-104,378	-4,464
		El Niño	-12,4096	,833	-63,800	38,981
Julio	Normal	La Niña	-41,0429	,055 ^a	-81,818	-,732
		El Niño	-3,3204	,976	-41,371	34,730
Agosto	Normal	La Niña	-69,5718	,005	-120,779	-18,365
		El Niño	49,6237	,074 ^a	3,851	100,098
Septiembre	Normal	La Niña	-87,5575	,001	-144,465	-30,650
		El Niño	-4,7221	,974	-56,109	46,665
Octubre	Normal	La Niña	-73,1774	,013	-133,401	-12,953
		El Niño	-17,3610	,749	-74,583	39,861
Noviembre	Normal	La Niña	-58,8368	,045	-116,575	-1,098
		El Niño	-8,2502	,932	-63,397	46,896

a. Intervalo de confianza del 90%

Fuente: Elaboración propia.

En este municipio, las precipitaciones se vieron afectadas por la presencia esencialmente de La Niña, incrementando las precipitaciones significativamente en los meses de marzo, mayo, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre, entre 28.14% en el meses de mayo hasta 54.94% en el mes de septiembre.

En los meses de marzo y agosto se observa influencia no sólo del fenómeno de La Niña sobre las precipitaciones, sino que El Niño también logra incidir, disminuyendo en ambos casos los promedios de precipitaciones esperados sin la presencia de estos fenómenos. En el primer mes la disminución es de 47.88mms (36.1%), lo cual se espera varía entre 4.35mms y 97.11mms en el 90% de los casos. Para el mes de agosto la disminución esperada es de 49.62mms (32.73%), lo cual puede variar entre 3.85mms y 100mms, en el 90% de los casos.

Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Piedecuesta.

En este municipio se vio poca influencia del fenómeno La Niña, y ninguna de El Niño, sobre las precipitaciones promedio esperadas, bajo condiciones atmosféricas y oceánicas regulares.

Tabla 49. Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Piedecuesta.

Piedecuesta GJA [23190700]	Grupo I	Grupo J	Diferencia de medias (I-J)	P	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Marzo	Normal	La	-87,8702	,024	-164,997	-10,743
		Niña				
		El Niño	32,3481	,579	-44,029	108,725
Septiembre	Normal	La	-41,7350	,085 ^a	-83,923	-4,453
		Niña				
		El Niño	15,4227	,652	-26,285	57,130

a. Intervalo de confianza del 90%

Fuente: Elaboración propia.

En el mes de marzo, se espera que las precipitaciones totales se incrementen en promedio 87.87mms (59.1%), lo cual puede variar entre 10.74mms y 164.97mms en el 95% de los casos. En el mes de septiembre las precipitaciones bajo la influencia de La Niña pueden incrementarse entre 4.45mms3.45% y 65.1% lo cual se afirma con una confianza del 95%.

Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Rionegro.

En Rionegro, estación Llano de Palmas, se evidenció muy poca influencia del “los niños” sobre las precipitaciones totales mensuales registradas.

Tabla 50. Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Llano de Palma.

Llano de Palmas [23190350]	Grupo I	Grupo J	Diferencia de medias (I-J)	p	90% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Septiembre	Normal	La Niña	-44,1275	,058	-85,516	-4,261
		El Niño	-13,9452	,696	-54,930	27,040

Fuente: Elaboración propia.

Sólo en el mes de septiembre se observaron variaciones en las precipitaciones esperadas, por influencia de La Niña, y en forma marginalmente significativa ($p < 0.1$). Se espera que en presencia de éste fenómeno, las precipitaciones se incrementen en 44.13mms, con un 90% de confianza.

Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Vetas.

En el municipio Vetas, los meses de febrero, agosto y septiembre, evidenciaron influencia de los fenómenos El Niño y La Niña, disminuyendo y aumentando, respectivamente, los promedios esperados de precipitaciones totales.

Tabla 51. Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Vetas-El Pozo.

Vetas-El Pozo [23190450]	Grupo I	Grupo J	Diferencia de medias (I-J)	P	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Febrero	Normal	La Niña	-9,3028	,716	-34,248	15,643
		El Niño	19,8972*	,026	1,990	37,804
Agosto	Normal	La Niña	-58,0405*	,001	-94,320	-21,761
		El Niño	33,6851	,091 ^a	8,201	63,571
Septiembre	Normal	La Niña	-41,7250*	,012	-75,735	-7,715
		El Niño	8,4458	,789	-22,265	39,156

a. Intervalo de confianza del 90%

Fuente: Elaboración propia.

El Niño disminuye las precipitaciones en los meses de febrero y agosto, en 54.34% y 56.9% respectivamente. Por su parte, La Niña incrementa las precipitaciones en el mes de agosto en 98.1% lo cual puede variar entre 36.76% y 159.32% en el 95% de los casos y, en el mes de septiembre en 45.4%, lo se espera que varíe entre 8.39% y 82.4%.

Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Lebrija.

En la estación La Laguna se encontró influencia significativa de El Niño en las precipitaciones totales mensuales del mes de enero, con incremento promedio de 37.85mms, lo cual puede variar entre 6.04mms y 69.8mms en el 90% de los casos.

Tabla 52. Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación La Laguna.

Laguna La [23190260]	Grupo I	Grupo J	Diferencia de medias (I-J)	P	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Enero	Normal	La Niña	-19,0778	,158	-43,221	5,065
		El Niño	-37,8542*	,097 ^a	-69,752	-6,044
Septiembre	Normal	La Niña	-47,6975**	,004	-82,252	-13,143
		El Niño	-7,5006	,834	-38,703	23,702
Noviembre	Normal	La Niña	-33,6260*	,097 ^a	-67,929	-4,677
		El Niño	5,9642	,920	-30,619	42,547

a. Intervalo de confianza del 90%
Fuente: Elaboración propia.

En la estación La Laguna se encontró influencia significativa de El Niño en las precipitaciones totales mensuales del mes de enero, con incremento promedio de 37.85mms, lo cual puede variar entre 6.04mms y 69.8mms en el 90% de los casos.

En el mes de septiembre, el incremento de las PTM es significativo ante la presencia de La Niña, lo cual puede estar entre 13.1mms y 82.3mms, afirmación que se hace con un 99% de confianza.

Para el mes de noviembre se observa un incremento marginalmente significativo sobre el promedio esperado de 111.1mms, con incremento promedio de 33.6mms bajo la

influencia de La Niña, lo cual tiene una significación asociada de 90%, lo que implica que bajo estas condiciones, el promedio de PTM para el mes de noviembre puede estar entre 115.77mms y 179mms.

Tabla 53. Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Palmas.

Palmas [23190380]	Grupo I	Grupo J	Diferencia de medias (I-J)	P	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Octubre	Normal	La Niña	-64,0782	,046	-127,185	-,971
		El Niño	-1,4229	,998	-61,384	58,538
Noviembre	Normal	La Niña	-74,1803	,034	-143,668	-4,693
		El Niño	8,2009	,953	-58,167	74,569

Fuente: Elaboración propia.

Para la estación Palmas, sólo el fenómeno de La Niña impactó sobre el promedio de las PTM, en los meses de octubre y noviembre, incrementando las mismas en 56.48% y 45.29%, afirmaciones que se hacen con el 95% de confianza.

Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Surata.

En este municipio, las precipitaciones mostraron principalmente variaciones significativas gracias a la presencia de La Niña, en las estaciones Vivero Surata y Cachiri, excepto en el mes de agosto en el que El Niño disminuye las precipitaciones en 56.72%, en la primera estación.

Tabla 54. Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Vivero Surata.

Vivero Surata [23195090]	Grupo I	Grupo J	Diferencia de medias (I-J)	P	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Julio	Normal	La Niña	-22,2234	,079 ^a	-38,460	-6,013
		El Niño	-1,4209	,987	-23,497	20,655
Agosto	Normal	La Niña	-38,5286	,020	-72,088	-4,969
		El Niño	37,8891	,031	2,843	72,935
Septiembre	Normal	La Niña	-26,9600	,078 ^a	-50,281	-6,361

		El Niño	,5254	,999	-25,952	27,002
Noviembre	Normal	La Niña	-46,5682	,038	-91,061	-2,075
		El Niño	-6,3244	,933	-48,820	36,171

a. Intervalo de confianza del 90%
Fuente: Elaboración propia.

En el mes de agosto, se incrementaron las precipitaciones en forma significativa, tanto en la estación Vivero Surata como en Cachiri, en 57.66% y 64.46% respectivamente. En septiembre el incremento de las precipitaciones bajo el fenómeno de La Niña fue significativo en ambas estaciones, con incrementos de 23.4% y 61.3%, en Vivero Surata y Cachiri, respectivamente. En el mes de noviembre nuevamente ambas estaciones incrementaron sus niveles de precipitaciones en presencia de La Niña, en 39.8% y 58.59%, con lo mayores incrementos para la estación Cachiri.

El mes de julio mostró un incremento promedio de 22.22mms bajo la influencia de La Niña, en la estación Vivero Surata, mientras que en Cachiri, los meses de enero y diciembre mostraron incremento en sus precipitaciones totales, que se esperan sean en promedio de 255.8% y 97.2%, respectivamente.

Tabla 55. Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Cachiri.

Cachiri [23195200]	Grupo I	Grupo J	Diferencia de medias (I-J)	P	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Enero	Normal	La Niña	-18,4156	,096 ^a	-37,407	-2,576
		El Niño	-1,4600	,934	-8,356	5,436
Agosto	Normal	La Niña	-45,2327	,043	-89,338	-1,127
		El Niño	25,2995	,392	-20,760	71,359
Septiembre	Normal	La Niña	-63,4475	,002	-106,644	-20,251
		El Niño	-5,2075	,945	-44,213	33,798
Noviembre	Normal	La Niña	-46,2342	,033	-89,483	-2,985
		El Niño	-12,6422	,746	-53,950	28,666
Diciembre	Normal	La Niña	-22,0720	,053 ^a	-42,375	-,231
		El Niño	2,4030	,964	-19,900	24,706

a. Intervalo de confianza del 90%
Fuente: Elaboración propia.

Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio San Juan de Girón.

En el municipio de San Juan de Girón, las precipitaciones totales mensuales se vieron afectadas sólo por la presencia de La Niña, logrando incrementar las precipitaciones en los meses de septiembre, octubre y noviembre (estación Palo Gordo) y Junio (estación el Pantano), en 51%, 33.36%, 41.5% y 39.49%, respectivamente.

Tabla 56. Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Palo Gordo.

Palo Gordo [23190280]	Grupo I	Grupo J	Diferencia de medias (I-J)	P	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Septiembre	Normal	La Niña	-44,2000	,089 ^a	-83,676	-5,276
		El Niño	12,6769	,777	-31,999	57,353
Octubre	Normal	La Niña	-36,9385	,034	-71,649	-2,228
		El Niño	-10,3333	,735	-43,313	22,647
Noviembre	Normal	La Niña	-34,8463	,099 ^a	-64,772	-5,079
		El Niño	11,2519	,761	-26,882	49,385

a. Intervalo de confianza del 90%

Fuente: Elaboración propia.

La estación Pantano y Llano de Palmas, son las estaciones que muestran la menor influencia en las precipitaciones totales mensuales, ante la presencia de los fenómenos de El Niño y La Niña.

Tabla 57. Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Pantano EI.

Pantano EL [23190600]	Grupo I	Grupo J	Diferencia de medias (I-J)	P	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Junio	Normal	La Niña	30,3358	,040	1,070	59,601
		El Niño	14,5915	,367	-11,063	40,246

Fuente: Elaboración propia.

Influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña en las PTM para los meses del año en el municipio Tona.

Tabla 58. Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Tona.

Tona [23190130]	Grupo I	Grupo J	Diferencia de medias (I-J)	P	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Enero	Normal	La Niña	-38,9256 [*]	,019	-72,404	-5,447
		El Niño	6,0800	,921	-20,907	33,067
Agosto	Normal	La Niña	-68,7241 [*]	,000	-104,444	-33,004
		El Niño	15,7826	,572	-21,519	53,084
Septiembre	Normal	La Niña	-68,1425 [*]	,001	-112,079	-24,206
		El Niño	-14,1487	,672	-53,823	25,525
Noviembre	Normal	La Niña	-79,9491 [*]	,006	-139,714	-20,184
		El Niño	-34,9911	,313	-92,073	22,091

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se describen las diferencias en el promedio de PTM para el mes de enero, agosto, septiembre y noviembre bajo la presencia de El Niño, La Niña y con condiciones normales para la estación Tona. Se observa que en los cuatro meses la diferencia significativa es a favor de la presencia de La Niña, incrementando significativamente el promedio en los cuatro meses en relación a las condiciones normales.

Por ejemplo, si en promedio en condiciones normales se esperan precipitaciones totales para el mes de enero de 42.5mms (ver tabla 46), bajo la influencia de La Niña, las precipitaciones se incrementarían en promedio 38.93mms, lo cual puede variar entre 5.4mms y 72.4mms en el 95% de los casos.

En agosto, se espera un incremento medio de 68.7mms de PTM en presencia de La Niña. Tal incremento puede variar entre 33mms y 104mms en el 99% de los casos. En el mes de septiembre el incremento promedio de las PTM es muy similar al de agosto, bajo la influencia de La Niña, pero se espera mayor variabilidad en el efecto del fenómeno, es decir el incremento puede variar entre 24.21mms y 112.1mms.

En noviembre el incremento esperado es mayor al observado en los meses anteriores, se espera que bajo influencia de La Niña, las PTM se incrementen en 79.95mms lo cual puede variar entre 20mms y 140mms, afirmación que se realiza con una confianza del 99%.

Para la estación Tona, en los meses de febrero a julio, octubre y diciembre no se esperan cambios significativos (aumento o disminución) del promedio de precipitaciones bajo la presencia de los fenómenos de El Niño y la Niña, lo cual se afirma con una confianza del 95%.

En la estación Picacho, se observa la mayor influencia de los fenómenos El Niño y La Niña, ya que alteran las precipitaciones en el 75% de los meses del año. En particular, El Niño y La Niña logran disminuir significativamente las precipitaciones esperadas, en los meses de enero (La Niña=67.4% y El Niño=75.5%), febrero (La Niña=51.6% y El Niño=62.3%) y diciembre (La Niña=33.67% y El Niño=61.87%). En el mes de octubre ambos fenómenos logran el incremento de las precipitaciones; La Niña en 72.7% y El Niño en 69.54%, de igual forma las precipitaciones en los meses de agosto, septiembre y noviembre, bajo la influencia de La Niña, se incrementan en 131.25%, 91.59% y 57.33%, respectivamente. El Niño disminuye significativamente las precipitaciones en el mes de Marzo en 48.75%, y las incrementa en el mes de mayo en 50.69%.

Tabla 59. Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación El Picacho.

Picacho El [23190300]	Grupo I	Grupo J	Diferencia de medias (I-J)	P	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Enero	Normal	La Niña	65,7722*	,000	37,444	94,100
		El Niño	73,6125*	,000	44,062	103,163
Febrero	Normal	La Niña	65,7306*	,000	28,220	103,241
		El Niño	79,3139*	,000	35,005	123,623
Marzo	Normal	La Niña	11,2012	,920	-39,770	62,172
		El Niño	60,3595*	,008	14,617	106,102
Mayo	Normal	La Niña	-21,4630	,848	-115,055	72,129
		El Niño	-85,7330*	,048	-170,980	-,486

Mes	Condición	Grupo	Diferencia de medias (I-J)	P	Límite inferior	Límite superior
Agosto	Normal	La Niña	-127,0477*	,000	-190,060	-64,036
		El Niño	15,1578	,846	-50,645	80,961
Septiembre	Normal	La Niña	-107,8050*	,002	-180,022	-35,588
		El Niño	-48,4273	,185	-113,638	16,784
Octubre	Normal	La Niña	-93,2980*	,002	-156,232	-30,364
		El Niño	-89,2924*	,002	-149,089	-29,496
Noviembre	Normal	La Niña	-63,5240*	,005	-110,048	-17,000
		El Niño	-30,1955	,242	-74,631	14,240
Diciembre	Normal	La Niña	32,8579	,066 ^a	1,687	65,403
		El Niño	59,8329*	,000	25,288	94,378

a. Intervalo de confianza del 90%

Fuente: Elaboración propia.

En la estación Berlín, se observan disminuciones significativas en las precipitaciones totales mensuales, bajo la influencia de El Niño en el periodo seco (enero 44.5%, marzo 45.46% y diciembre 46.12), sin influencia de La Niña en estos meses, mientras en los meses de agosto, septiembre y noviembre es La Niña la que logra incrementos significativos de las precipitaciones, en 64.23%, 53.85% y 51.28%, respectivamente.

Tabla 60. Comparaciones a posteriori del PTM (mms) entre grupos de INO para la estación Berlín.

Berlín [37015020]	Grupo I	Grupo J	Diferencia de medias (I-J)	P	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Enero	Normal	La Niña	4,4122	,204	-1,598	10,423
		El Niño	8,4983*	,005	2,347	14,649
Marzo	Normal	La Niña	-10,3726	,662	-37,245	16,500
		El Niño	18,0524*	,005	5,107	30,997
Agosto	Normal	La Niña	-38,5341*	,001	-63,579	-13,490
		El Niño	22,6159	,104	-3,538	48,770
Septiembre	Normal	La Niña	-41,0900*	,000	-65,113	-17,067
		El Niño	2,5954	,956	-19,097	24,288
Noviembre	Normal	La Niña	-25,9472*	,014	-47,432	-4,462
		El Niño	3,4492	,915	-17,071	23,970
Diciembre	Normal	La Niña	2,9990	,760	-7,138	13,136
		El Niño	12,3615*	,013	2,225	22,498

Fuente: Elaboración propia.

Resumen gráficos de las precipitaciones en la jurisdicción de la CDMB bajo la influencia de los fenómenos El Niño y La Niña.

A continuación se describen los resultados antes mencionados con la ayuda de gráficas de mapas, para mejorar la visualización del panorama para la jurisdicción de la CDMB.

Las áreas dentro del mapa de color blanco, indican la ausencia de información en los municipios El Playón, Bucaramanga, California y Surata, que no contaron con estaciones pluviométricas con información dentro del periodo de estudio.



Figura 115. Precipitaciones medias en los municipios de la Provincia de SOTO, Bajo la Influencia del fenómeno de La Niña, entre enero de 1972 y julio de 2015.

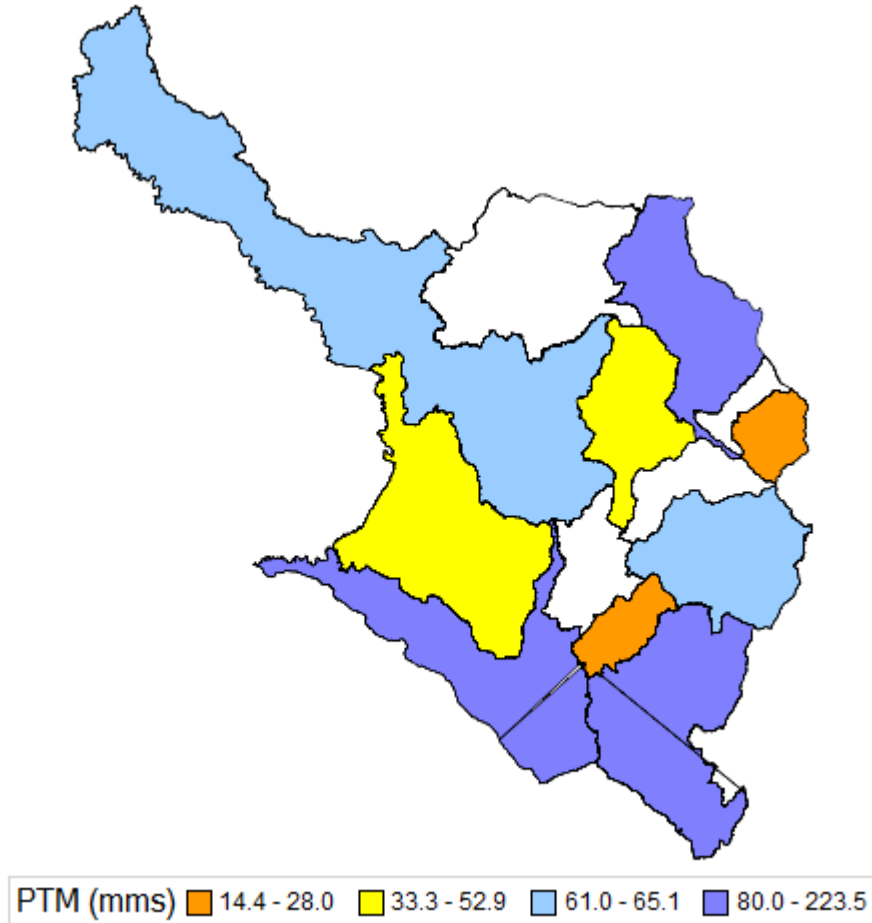


Figura 116. Precipitaciones medias en los municipios de la Provincia de SOTO, en los meses sin influencia de La Niña y El Niño entre enero de 1972 y julio de 2015.

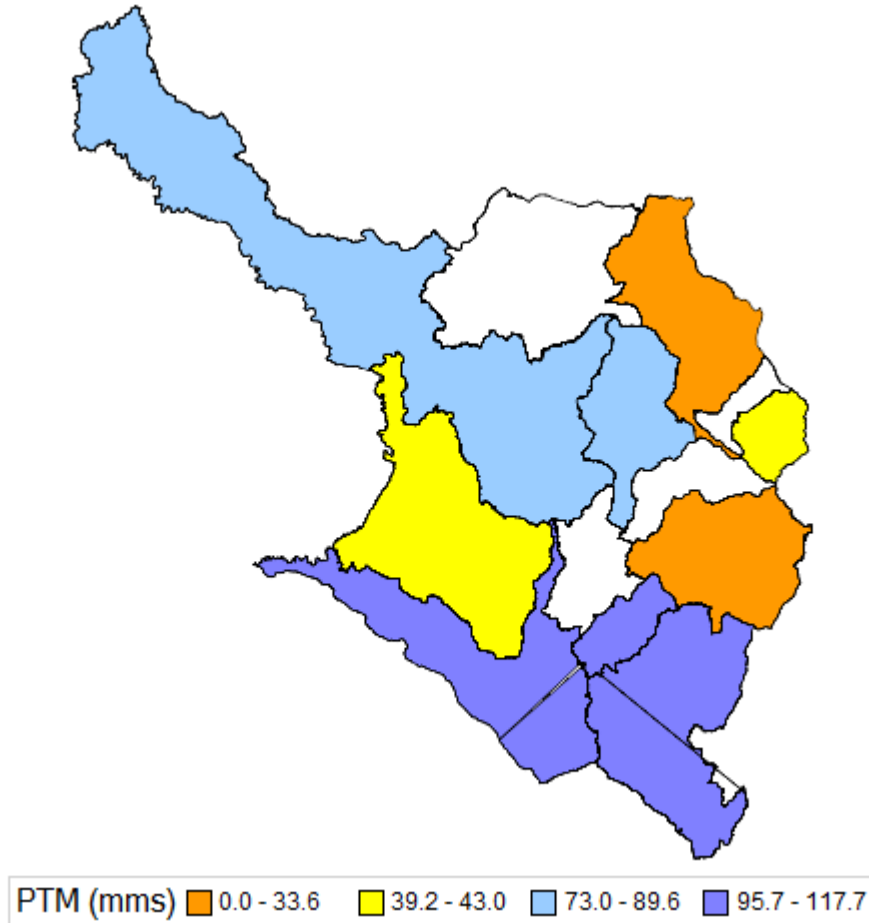


Figura 117. Precipitaciones medias en los municipios de la Provincia de SOTO, bajo influencia de El Niño entre enero de 1972 y julio de 2015.

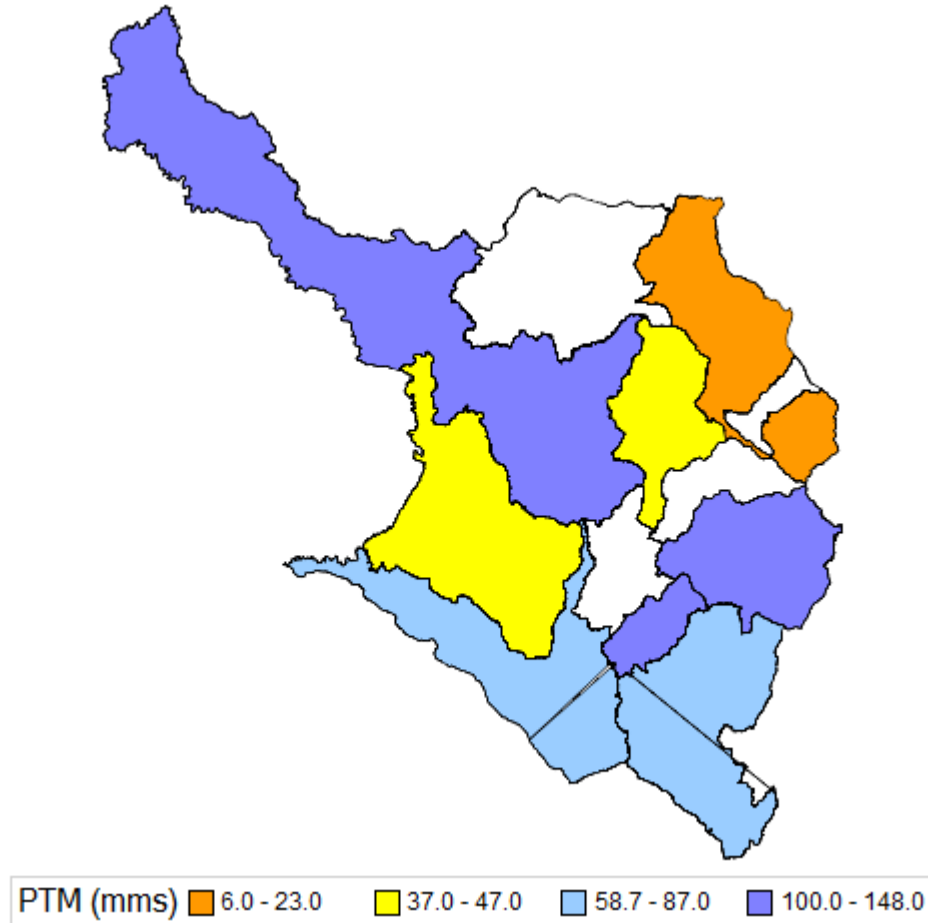


Figura 118. Precipitaciones medias en los municipios de la Provincia de SOTO, pronosticadas entre agosto de 2015 y diciembre de 2020.

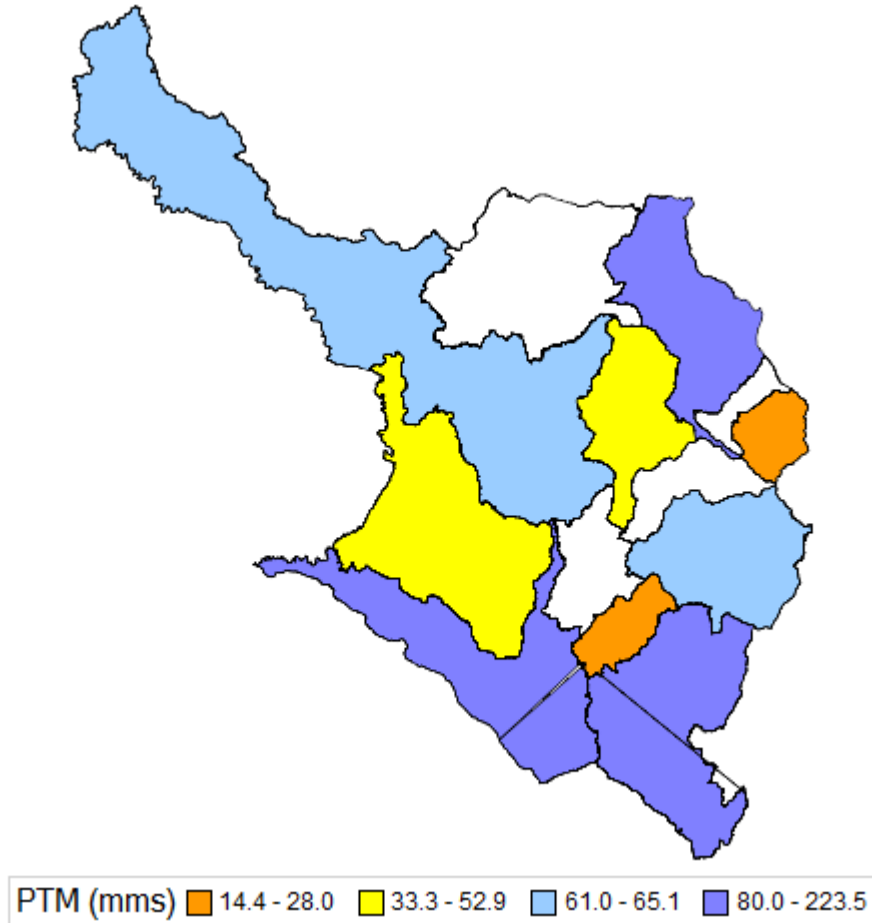
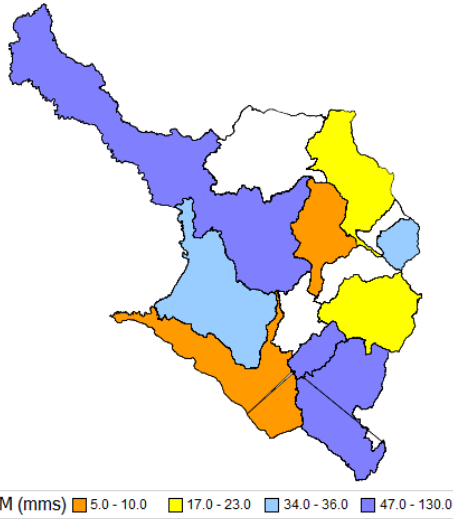


Figura 119. Precipitaciones medias, meses de enero bajo diferentes condiciones.

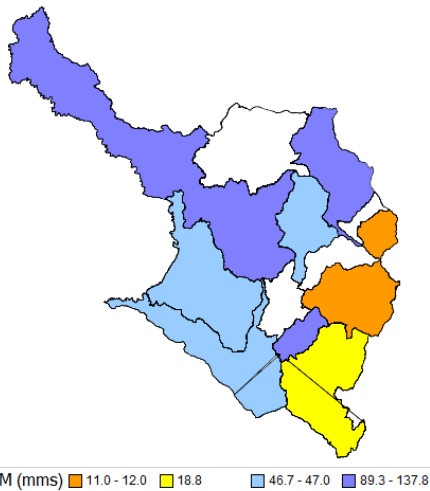
Precipitaciones promedio Enero 2016-2020.



Precipitaciones promedio Enero 1972-2015 con INO normal.



Precipitaciones promedio Enero 1972-2015 bajo la influencia de La Niña.



Precipitaciones promedio Enero 1972-2015 bajo la influencia de El Niño.

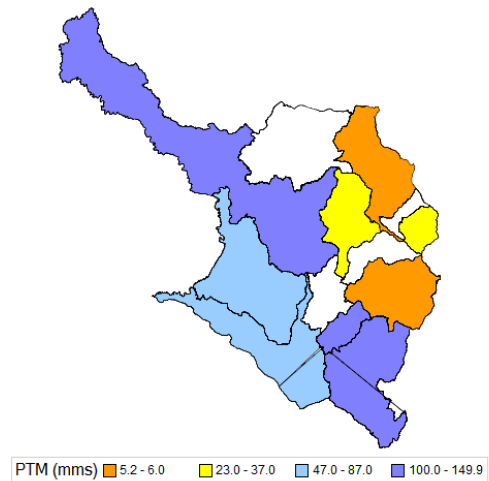
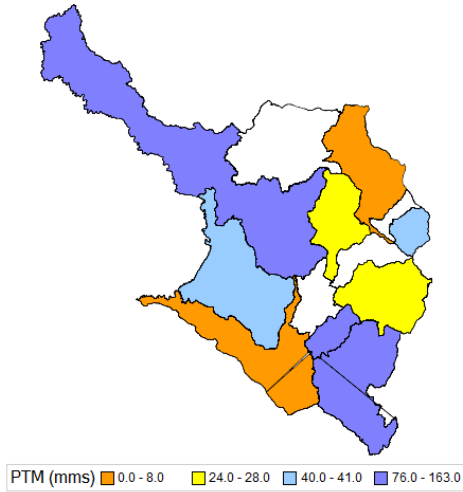
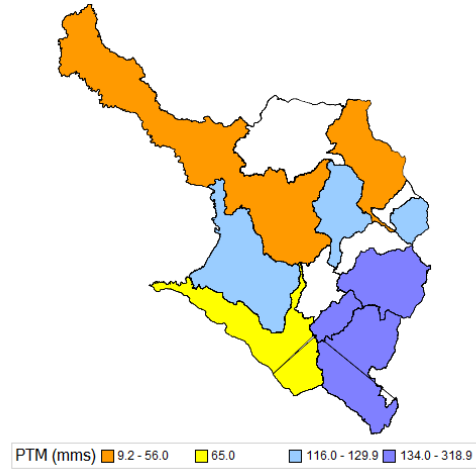


Figura 120. Precipitaciones medias en el mes de febrero bajo diferentes condiciones

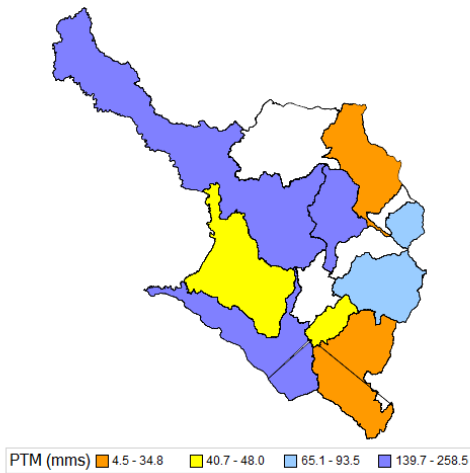
Precipitaciones promedio Febrero 2016-2020.



Precipitaciones promedio Febrero 1972-2015 con INO normal.



Precipitaciones promedio Febrero 1972-2015 bajo la influencia de La Niña.



Precipitaciones promedio Febrero 1972-2015 bajo la influencia de El Niño.

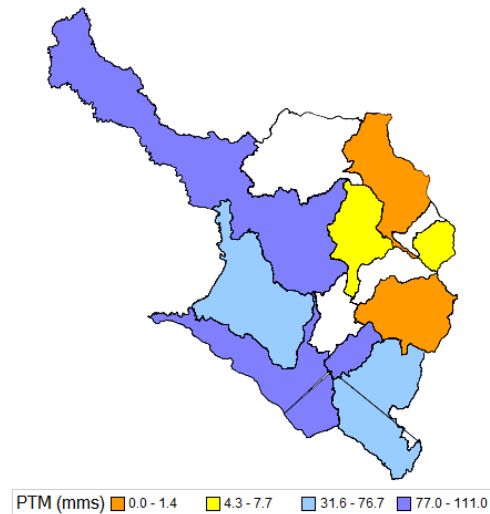
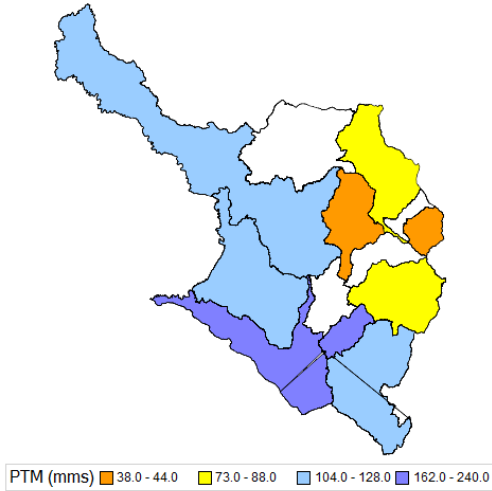
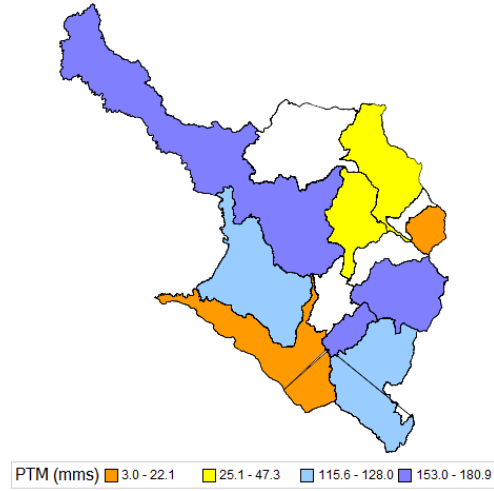


Figura 121. Precipitaciones medias en el mes de marzo bajo diferentes condiciones

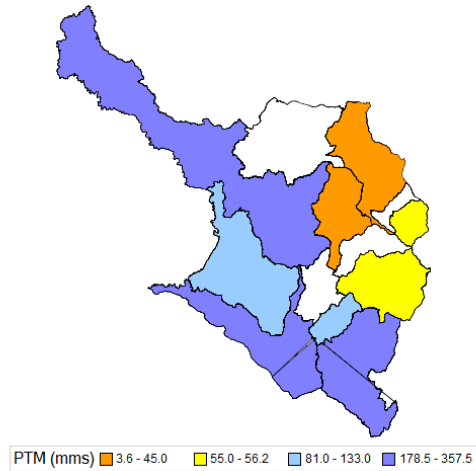
Precipitaciones promedio Marzo 2016-2020.



Precipitaciones promedio Marzo 1972-2015 con INO normal.



Precipitaciones promedio Marzo 1972-2015 bajo la influencia de La Niña.



Precipitaciones promedio Marzo 1972-2015 bajo la influencia de El Niño.

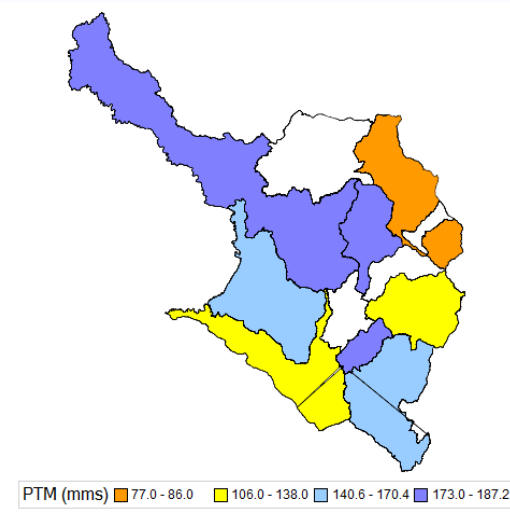
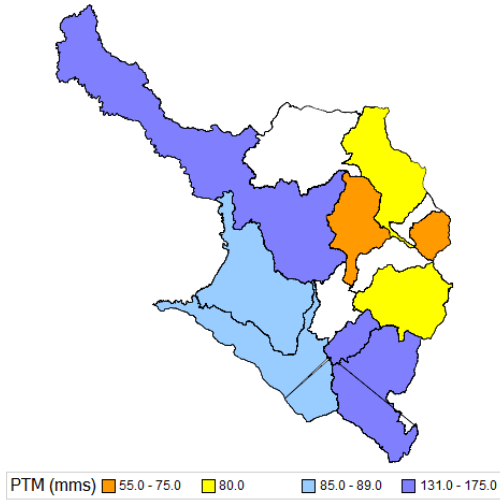
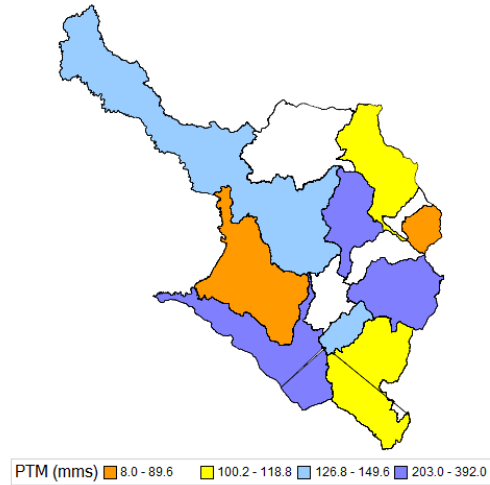


Figura 122. Precipitaciones medias en el mes de abril bajo diferentes condiciones

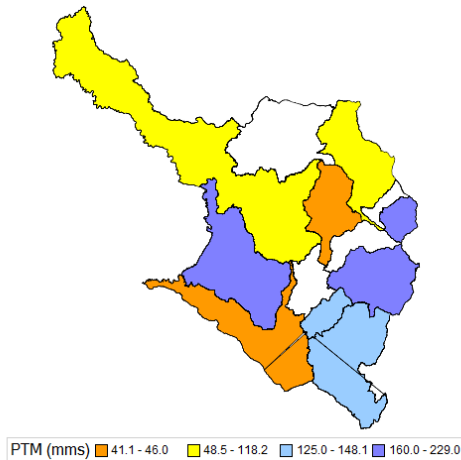
Precipitaciones promedio Abril 2016-2020.



Precipitaciones promedio Abril 1972-2015 con INO normal.



Precipitaciones promedio Abril 1972-2015 bajo la influencia de La Niña.



Precipitaciones promedio Abril 1972-2015 bajo la influencia de El Niño.

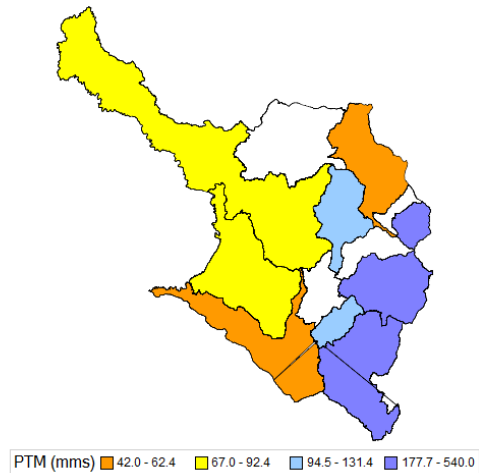
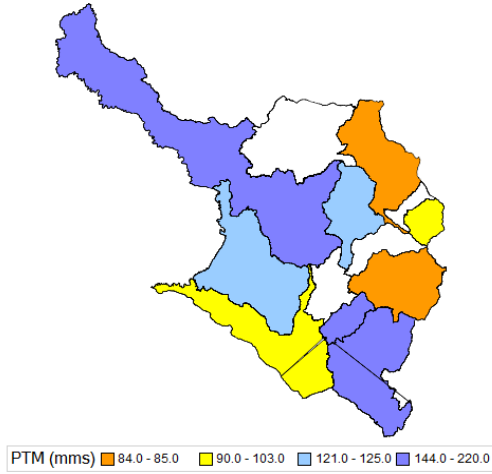
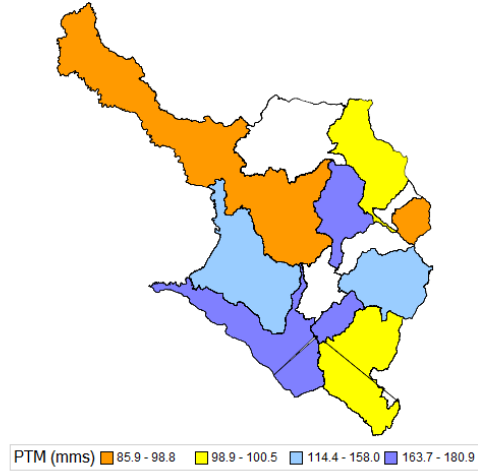


Figura 123. Precipitaciones medias en el mes de mayo bajo diferentes condiciones

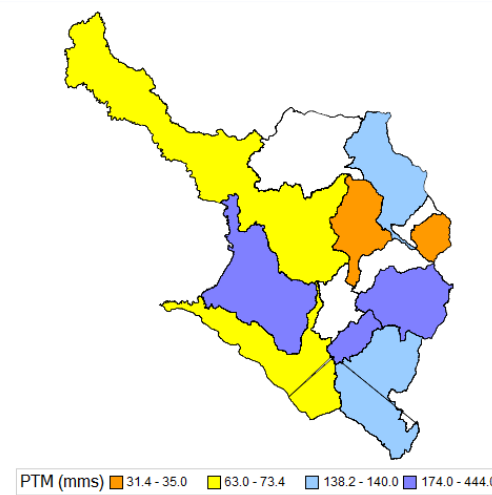
Precipitaciones promedio Mayo 2016-2020.



Precipitaciones promedio Mayo 1972-2015 INO normal.



Precipitaciones promedio Mayo 1972-2015 bajo la influencia de La Niña.



Precipitaciones promedio Mayo 1972-2015 bajo la influencia de El Niño.

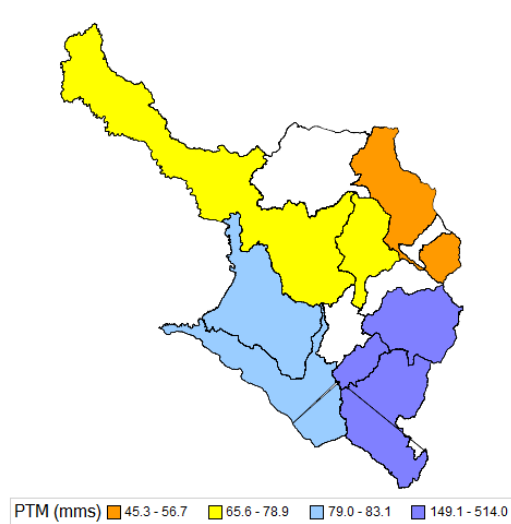
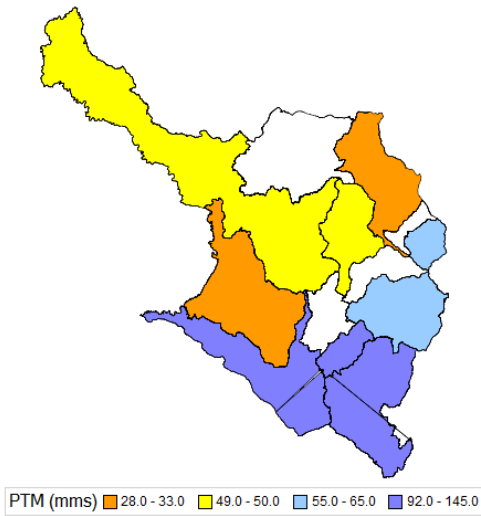
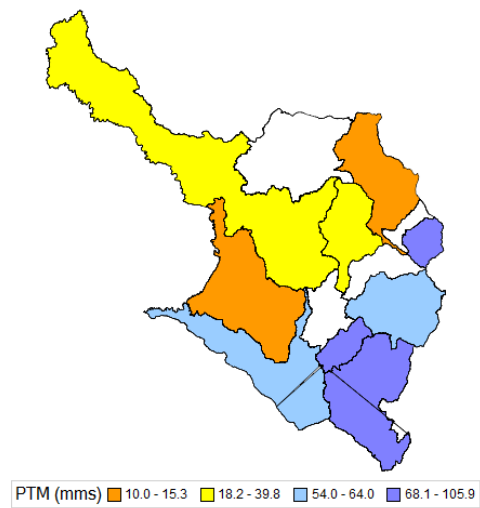


Figura 124. Precipitaciones medias en el mes de junio bajo diferentes condiciones

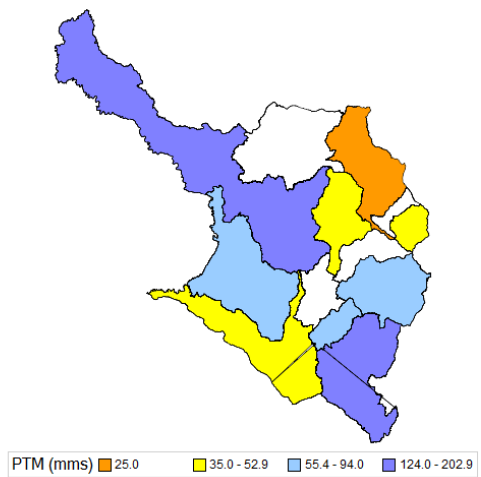
Precipitaciones promedio Junio 2016-2020.



Precipitaciones promedio Junio 1972-2015 INO normal.



Precipitaciones promedio Junio 1972-2015 bajo la influencia de La Niña.



Precipitaciones promedio Junio 1972-2015 bajo la influencia de El Niño.

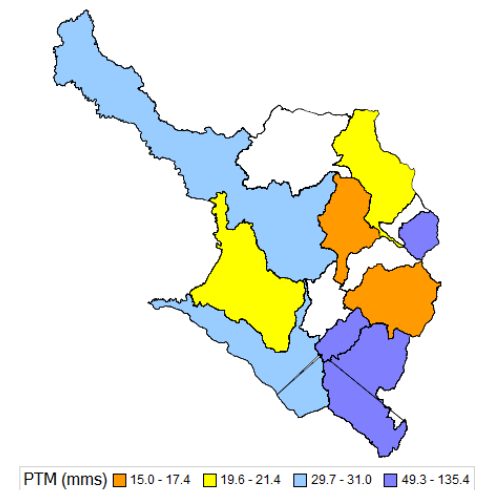
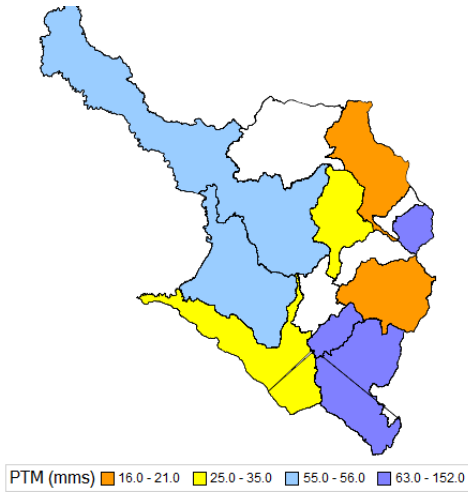
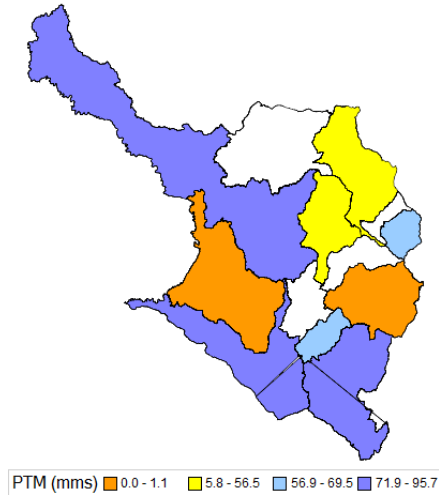


Figura 125. Precipitaciones medias en el mes de julio bajo diferentes condiciones

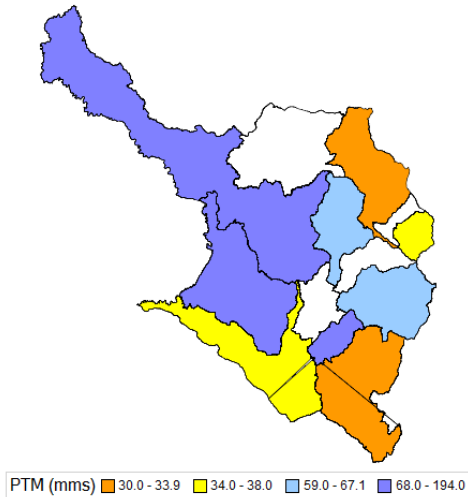
Precipitaciones promedio Julio 2016-2020.



Precipitaciones promedio Julio 1972-2015 INO normal.



Precipitaciones promedio Julio 1972-2015 bajo la influencia de La Niña.



Precipitaciones promedio Julio 1972-2015 bajo la influencia de El Niño.

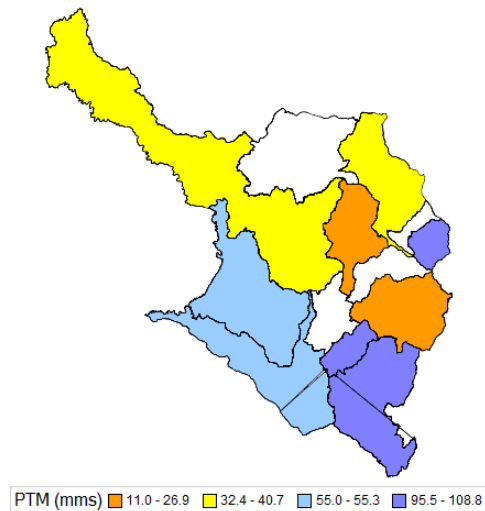
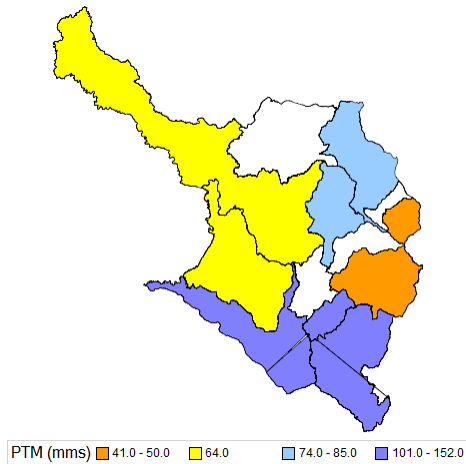
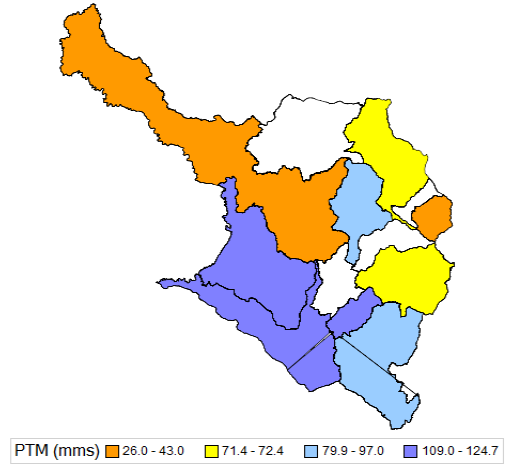


Figura 126. Precipitaciones medias en el mes de agosto bajo diferentes condiciones

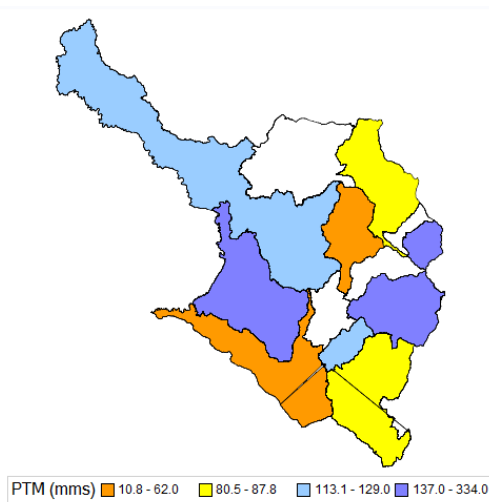
Precipitaciones promedio Agosto 2015-2020.



Precipitaciones promedio Agosto 1972-2015 INO normal.



Precipitaciones promedio Agosto 1972-2014 bajo la influencia de La Niña.



Precipitaciones promedio Agosto 1972-2014 bajo la influencia de El Niño.

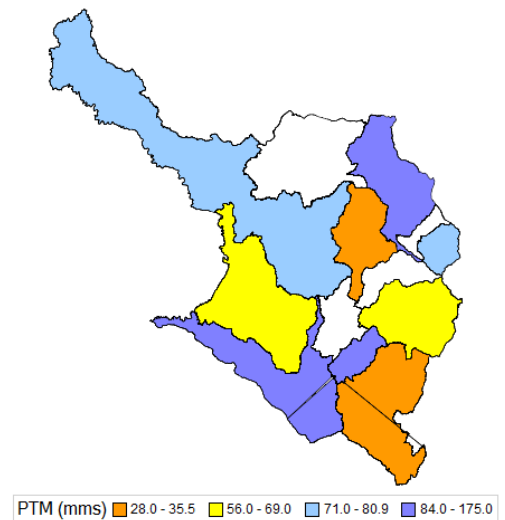
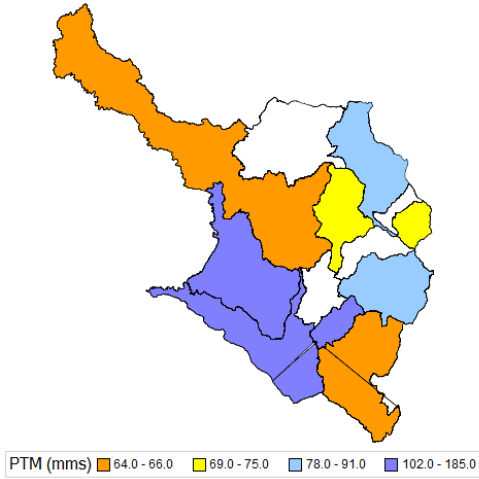
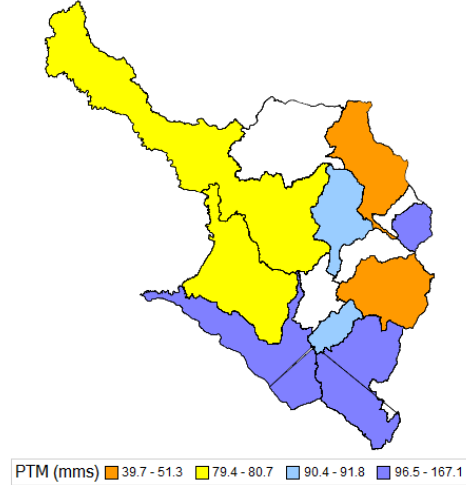


Figura 127. Precipitaciones medias en el mes de septiembre bajo diferentes condiciones

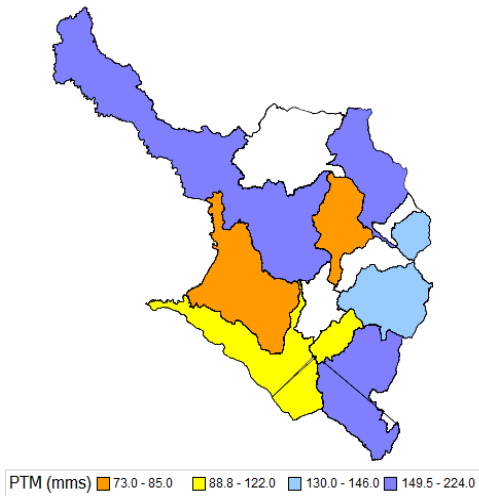
Precipitaciones promedio Septiembre 2015-2020.



Precipitaciones promedio Septiembre 1972-2014 con INO normal.



Precipitaciones promedio Septiembre 1972-2014 bajo la influencia de La Niña.



Precipitaciones promedio Septiembre 1972-2014 bajo la influencia de El Niño.

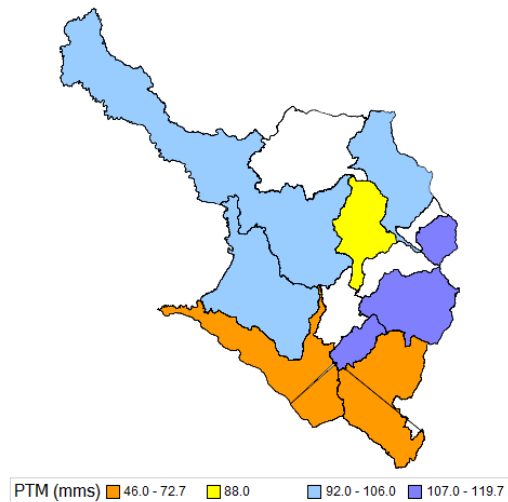
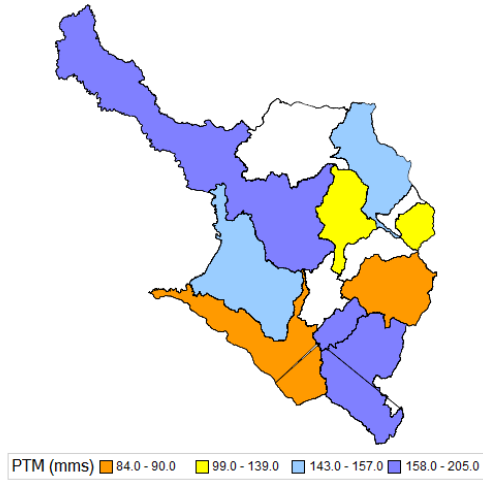
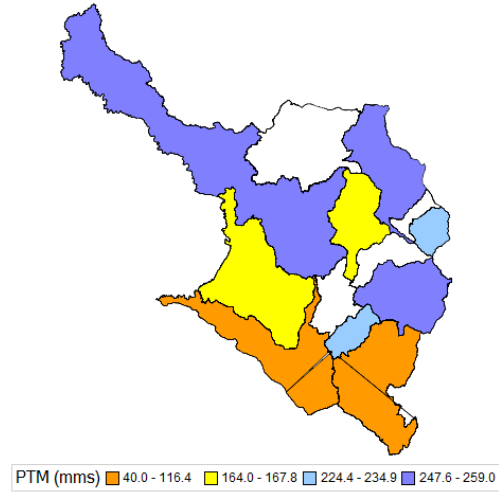


Figura 128. Precipitaciones medias en el mes de octubre bajo diferentes condiciones

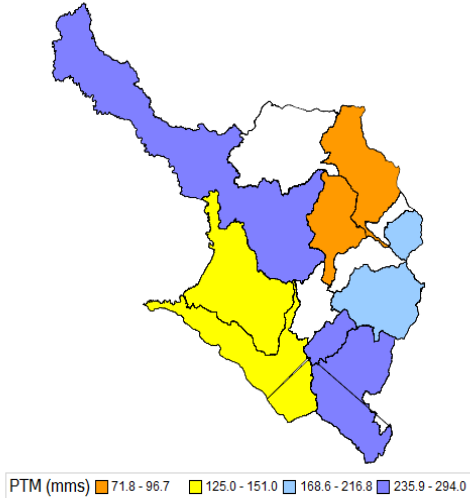
Precipitaciones promedio Octubre 2015-2020.



Precipitaciones promedio Octubre 1972-2014 con INO normal.



Precipitaciones promedio Octubre 1972-2014 bajo la influencia de La Niña.



Precipitaciones promedio Octubre 1972-2014 bajo la influencia de El Niño.

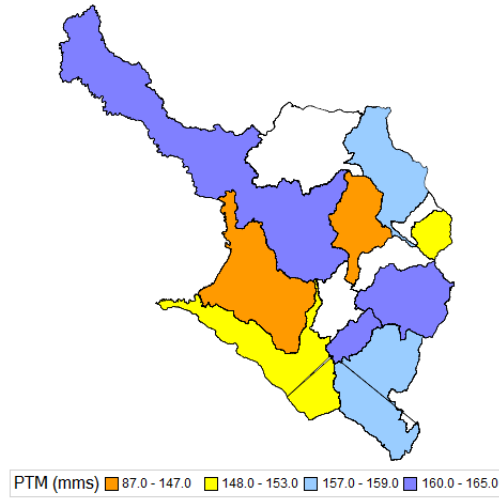
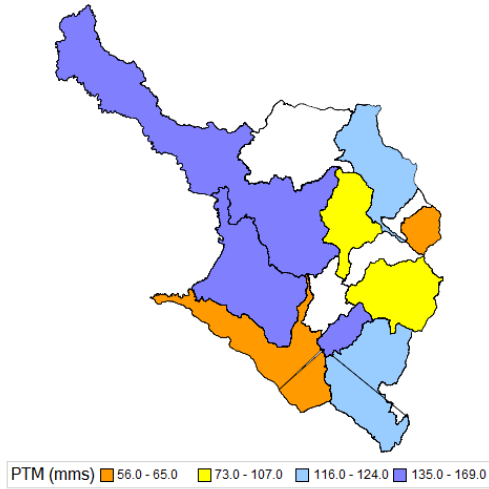
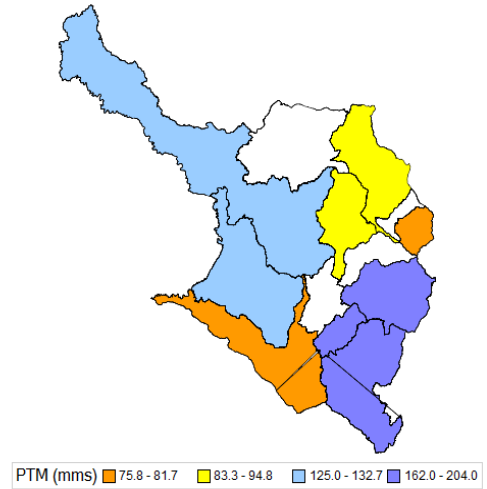


Figura 129. Precipitaciones medias en el mes de noviembre bajo diferentes condiciones

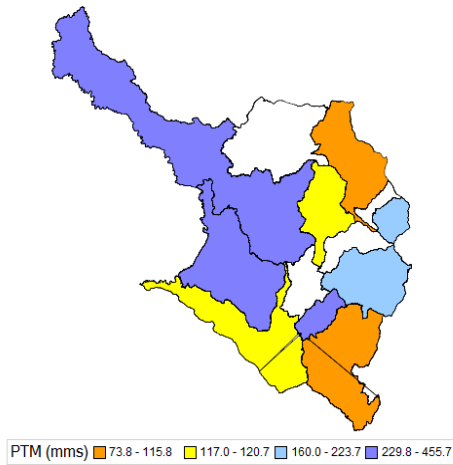
Precipitaciones promedio Noviembre 2015-2020.



Precipitaciones promedio Noviembre 1972-2014, con INO normal.



Precipitaciones promedio Noviembre 1972-2014 bajo la influencia de La Niña.



Precipitaciones promedio Noviembre 1972-2014 bajo la influencia de El Niño.

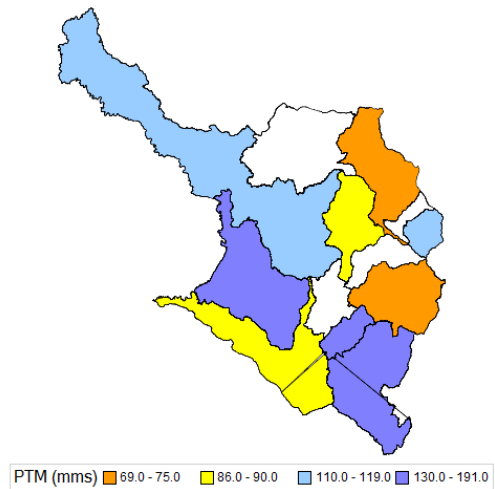
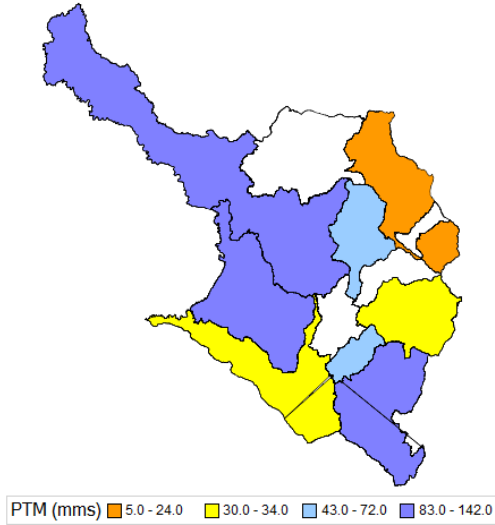
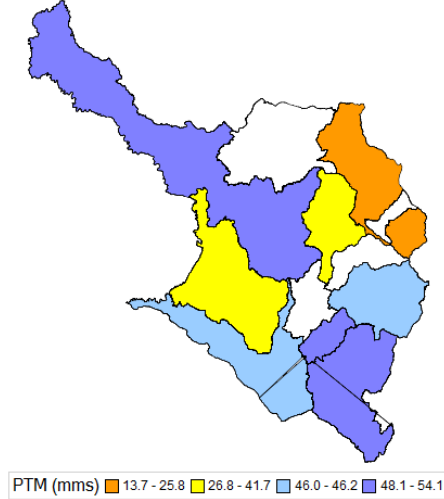


Figura 130. Precipitaciones medias en el mes de diciembre bajo diferentes condiciones

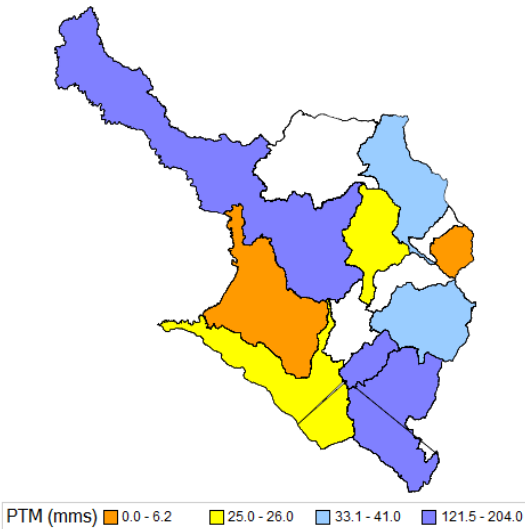
Precipitaciones promedio Diciembre 2015-2020.



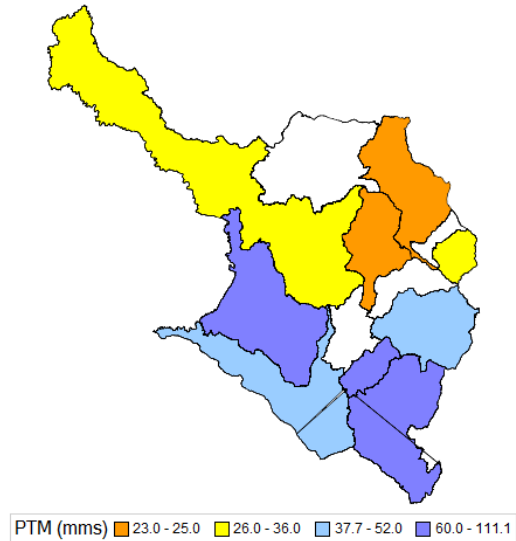
Precipitaciones promedio Diciembre 1972-2014.



Precipitaciones promedio Diciembre 1972-2014 bajo la influencia de La Niña.



Precipitaciones promedio Diciembre 1972-2014 bajo la influencia de El Niño.



Conclusiones

En general las precipitaciones en todas las estaciones estuvieron diferenciadas en dos periodos lluviosos y tres periodos de bajas precipitaciones, con forma bimodal; el primero comprendido en la mayoría de las estaciones por los meses de abril, mayo, octubre y noviembre, y los meses de enero, julio y diciembre como los meses más secos de años.

El mayor nivel de precipitaciones totales mensuales medio fue el de la estación Galvicia La [23190400], en el municipio de Floridablanca, a 1779msnm, la cual mostró diferencias significativas estadísticamente, con el promedio de precipitaciones de las demás estaciones observadas.

Las estaciones Picacho El [23190300], Piedecuesta Gja [23190700], Tona [23190130], Llano De Palmas [23190350] Y Palmas [23190380], mostraron en promedio entre 118,5mms y 131,8mms, lo cual no representó diferencias significativas entre ellas. Sólo las estaciones Galvicia, Picacho y Piedecuesta presentan precipitaciones mínimas mayores a cero mms. Palo Gordo fue la única estación que no registró precipitaciones en el mes de septiembre, echo que ocurrió en 1982 y se presentó desde agosto, y fue en año en el que el Fenómeno del Niño registró uno de sus episodios más intensos.

La estación Berlín [37015020] mostró el promedio estadísticamente menor en precipitaciones, comparado con las demás estaciones en estudio y con muy baja variabilidad entre los periodos secos y los lluviosos.

Las estaciones Piedecuesta [23190700], Vetas-El Pozo [23190450] y Pantano EL [23190600], fueron las únicas estaciones que mostraron incremento sostenido en los niveles de precipitaciones en relación del periodo base 1980-1989, el incremento fue de 19%, 10% y 9% respectivamente.

Al usar como base las precipitaciones acumuladas entre 1980-1989, se observa entre 1990-1999 disminución relativa de las precipitaciones en 9 (64%) de las estaciones, con variaciones que van entre 1% y 13% en las estaciones Vivero Surata [23195090] y Cachiri

[23195200], y con incrementos en las precipitaciones que van entre 4% y 19% (Palo Gordo).

Entre 2000 y 2009 la acumulación de precipitaciones fue relativamente menor en 8 de las 14 estaciones, con variaciones importantes en el Picacho EL [23190300] (30%) y Tona [23190130] (19%), las restantes variaciones negativas oscilan entre 2% y 14%.

Para el periodo 2010-2019, se observó un comportamiento similar a lo presentado en los periodos anteriores con base en las precipitaciones acumuladas entre 1980-1989. 78,6% de las estaciones muestran para este periodo disminución en las precipitaciones acumuladas en relación al periodo base. Este descenso relativo varía entre 2% y 25%.

No se encontró relación o influencia significativa estadísticamente de las variables geográficas (latitud, longitud y elevación) sobre los niveles de precipitaciones observados.

Al estudiar la influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña sobre las precipitaciones medias en las estaciones bajo estudio, se observaron diferencias estadísticamente significativas al nivel 0.1, 0.05 y 0.01 en las estaciones Tona, Matajira, Berlín, Palmas y Llano de Palmas, Galvicia, Piedecuesta, Palo Gordo y el Picacho, en donde se observaron promedios de precipitaciones significativamente mayores bajo La Niña, en relación a lo registrado bajo la presencia de El Niño. Sólo las estaciones Berlín y el Picacho mostraron menos precipitaciones de lo normal bajo la presencia de El Niño, diferencia que resultó significativa al nivel 0.1. En la Estación Picacho se observaron disminuciones significativas en los meses de enero, febrero y diciembre, bajo la influencia de La Niña, al igual que en Cachiri en el mes de enero, situación que sólo se presenta en estas estación, ya que La Niña incrementó significativamente las precipitaciones en 85.75% de las estaciones analizadas.

Al excluir los meses con presencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, se observaron ligeras variaciones en los promedios de precipitaciones totales mensuales, resultando sólo significativas en las estaciones de Palo Gordo y Cachiri: en el primer caso se observó un comportamiento parabólico, partiendo en 1980-1989 de un promedio de 72,3mms, lo

cual se incrementó entre 1990 y 2009, y disminuyó posteriormente a 73,6mms entre 2010-2019. En el segundo lugar las precipitaciones totales mensuales disminuyeron su promedio entre 2010-2009 con relación al decenio anterior.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas en el promedio de PTM bajo los grupos de INO, principalmente en los meses de septiembre (78.6% de las estaciones), noviembre (71.4%) y Agosto (50%). En los meses de febrero, abril, mayo junio y julio se observaron ninguna o pocas diferencias.

Las estaciones con mayor influencia de los fenómenos El Niño y La Niña, fueron el Picacho (75%) y Galvicia (58.3%), seguidos de Vivero Surata, Cachiri y Berlín con 41.7 y 50% de los meses del año, lo que ubica al municipio Tona, como el más afectado por la presencia de este fenómeno.

Las variaciones más extremas en las precipitaciones mensuales, como resultado de la influencia de los fenómenos El Niño y La Niña se registraron en el municipio Vetas y en Surata, en la estación Cachiri. Con variaciones en los promedios que pueden alcanzar hasta 255.8%.

Para permitir una mejor comprensión de las variaciones observadas, a continuación se resumen los resultados agrupando las estaciones por municipios:

Matanza

En este municipio los meses con mayores precipitaciones fueron abril. Mayo, octubre y noviembre, mientras que en enero, junio, julio y diciembre se registraron las precipitaciones más bajas. Se observó además fuerte variabilidad en el tiempo, así como cambios de nivel sin una tendencia definida (no monótona). La estacionalidad presentó variaciones a lo largo del tiempo, iniciando con poca variabilidad en las precipitaciones mensuales del año, lo cual se fue marcando en una estacionalidad bimodal con fuertes precipitaciones en los meses lluviosos y muy bajas precipitaciones en los meses de

sequía para los últimos años. No se esperan fluctuaciones importantes en el nivel de la serie, para los próximos años, bajo condiciones atmosféricas estables.

Al comparar el INO clasificado en tres grupos (El Niño, Normal y La Niña), con las precipitaciones observadas en la estación Matajira, se observó una influencia marginalmente significativa sobre las precipitaciones totales mensuales medias ($p=0.085$), con precipitaciones más elevadas en presencia del fenómeno de La Niña, en relación a El Niño, diferencia que ronda en el 18.99%. Al eliminar las precipitaciones de los meses bajo la influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, no se observan diferencias significativas en los promedios de precipitaciones entre decenios (entre 1980 y 2020), lo cual se afirma con una confianza del 95%.

La Niña generó un incremento significativo de 55.49mms en las precipitaciones para el mes de marzo, en relación a lo esperado para este mes, sin la influencia de este fenómeno. En el mes de octubre, la niña muestra una influencia marginalmente significativa ($p<0.1$), al igual que El Niño, lo cual se repita en el mes de noviembre con la presencia de La Niña. En los tres casos los fenómenos incrementan significativamente las precipitaciones, entre en mes de noviembre se incrementan en 29.4mms bajo la influencia de La Niña, y en Octubre en 34.23mms bajo el mismo fenómeno. El Niño incrementa en esta estación las precipitaciones en el mes de octubre en 36.07mms.

Floridablanca

Es el municipio con mayores precipitaciones, entre los municipios pertenecientes a la jurisdicción de la CDMB. Es una de las tres estaciones que reporta precipitaciones mínimas superiores a cero en el 100% de los meses en estudio, es decir, se esperan precipitaciones en todos los meses del año, aunque esas PTM no sean muy altas serán superiores a cero.

Tiene una estacionalidad bimodal, con mayores niveles de precipitaciones en los meses de septiembre, octubre y noviembre, y bajas precipitaciones en los meses de diciembre y

enero, estacionalidad que se ha mantenido aproximadamente igual entre 1985 a 2010. En los últimos 5 años, se observa una tendencia a disminuir su nivel de precipitaciones con menos intensidad de lluvias en los meses intermedios de año. No se observan variaciones significativas en los pronósticos para las próximos años bajo condiciones atmosféricas estables.

La estación Galvicia presentó fuertes precipitaciones bajo la influencia de La Niña, que superan en 16.01% las precipitaciones en periodos normales, y 31.16% las precipitaciones bajo la influencia de El Niño. Las precipitaciones bajo La Niña en esta estación difieren significativamente en promedio, a lo observado bajo El Niño y cuando ambos fenómenos no están presentes, lo cual se afirma con una confianza del 99%.

La estación Galvicia, presentó promedios de precipitaciones entre decenios muy similares entre sí, al eliminan las precipitaciones de los meses bajo la influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, lo cual se afirma con una confianza del 95%.

En este municipio, las precipitaciones se vieron afectadas por la presencia esencialmente de La Niña, incrementando las precipitaciones significativamente en los meses de marzo, mayo, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre, entre 28.14% en el meses de mayo hasta 54.94% en el mes de septiembre.

En los meses de marzo y agosto se observa influencia no sólo del fenómeno de La Niña sobre las precipitaciones, sino que El Niño también logra incidir, disminuyendo en ambos casos los promedios de precipitaciones esperados (INO normal). En el primer mes la disminución es de 47.88mms (36.1%), lo cual se espera varía entre 4.35mms y 97.11mms en el 90% de los casos. Para el mes de agosto la disminución esperada es de 49.62mms (32.73%), lo cual puede variar entre 3.85mms y 100mms, en el 90% de los casos.

Piedecuesta

La estación de Piedecuesta es la segunda estación, en relación a los niveles altos de precipitaciones, y al igual que en Floridablanca se espera que llueva en todos los meses del año. El 50% de las precipitaciones en esta estación están sobre los 117.8mms.

En la estación de Piedecuesta las precipitaciones bajo el fenómeno de La Niña se incrementaron en 22.45% en relación a los meses en los que El Niño está presente, diferencia que resulta significativa al nivel 0.01.

No presentó diferencias significativas en los promedios de precipitaciones entre decenios (entre 1980 y 2020), cuando se eliminan las precipitaciones de los meses bajo la influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, lo cual se afirma con una confianza del 95%.

En el mes de marzo, se espera que las precipitaciones totales se incrementen en promedio 87.87mms (59.1%), lo cual puede variar entre 10.74mms y 164.97mms en el 95% de los casos. En el mes de septiembre las precipitaciones bajo la influencia de La Niña pueden incrementarse entre 4.45mms3.45% y 65.1% lo cual se afirma con una confianza del 95%.

Rionegro

Es el municipio de la jurisdicción de la CDMB con la mayor extensión territorial, y que sólo contó con una estación pluviométrica en esta investigación, ubicada al Sureste del municipio. En esta estación se observaron precipitaciones que rondan los 108mms. Con precipitaciones mínimas superiores a cero en todos los meses observados.

Los meses con mayores precipitaciones son octubre y noviembre, y los meses de junio y julio muestran los niveles menores. Esta serie mostró una tendencia decreciente muy marcada en los primeros 10 años observados, y a pesar que el nivel de la serie sigue disminuyendo, la pendiente es menor. La estacionalidad de la serie, también experimenta

fuerteras variaciones, marcando en los últimos años fuertes diferencias en las precipitaciones registradas en los primer y el segundo semestre del año, mucho más elevadas en los meses de octubre y noviembre.

Se esperan intensas precipitaciones en los últimos meses del año, con frecuencia cíclica de 8 años, lo cual podría volver a ocurrir en 2019.

En este municipio, la estación Llano de Palmas se vio influenciada por La Niña, con precipitaciones significativamente mayores que las registradas bajo la influencia de El Niño, con una diferencia media de 17.6%.

No presentó diferencias significativas en los promedios de precipitaciones entre decenios (entre 1980 y 2020), cuando se eliminan las precipitaciones de los meses bajo la influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, lo cual se afirma con una confianza del 95%.

Sólo en el mes de septiembre se observaron variaciones en las precipitaciones esperadas, por influencia de La Niña, y en forma marginalmente significativa ($p < 0.1$). Se espera que en presencia de éste fenómeno, las precipitaciones se incrementen en 44.13mms, con un 90% de confianza.

Vetas

En este municipio se contó con una estación (El Pozo) que evidenció fluctuaciones en las precipitaciones medias y en la variabilidad de las mismas, a lo largo del tiempo. Entre 1989 y 2004 se observó una disminución en la variabilidad, y el nivel de la serie mostró fluctuaciones sin presentar un incremento o disminución sostenidos. La estacionalidad, se mantuvo aproximadamente igual entre 1980 y la actualidad, con precipitaciones ligeramente más altas en los meses de abril y octubre. En ciclos de 6 años se observan fuertes disminuciones de las precipitaciones, lo cual se refleja en las predicciones y se espera aparezca nuevamente en el 2019-2020.

La estación ubicada en Vetas (El Pozo), no presentó diferencias significativas en los promedios de precipitaciones entre decenios (entre 1980 y 2020), cuando se eliminan las precipitaciones de los meses bajo la influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, lo cual se afirma con una confianza del 95%.

El Niño disminuye las precipitaciones en los meses de febrero y agosto, en 54.34% y 56.9% respectivamente. Por su parte, La Niña incrementa las precipitaciones en el mes de agosto en 98.1% lo cual puede variar entre 36.76% y 159.32% en el 95% de los casos y, en el mes de septiembre en 45.4%, lo se espera que varíe entre 8.39% y 82.4%.

Lebrija

En el municipio se estudiaron las precipitaciones registradas en las estaciones La Laguna y Palmas, encontrando un comportamiento muy semejante entre ambas estaciones, especialmente en relación a los niveles de precipitaciones para los periodos secos intermedios del año (junio, Julio y agosto). La precipitaciones se presenta en forma bimodal, sobresaliendo los meses de marzo, abril, octubre y noviembre como los meses con los mayores niveles de precipitaciones, ligeramente mayores en la estación Palmas.

En la estación Laguna, las precipitaciones muestran un nivel decreciente de la serie a lo largo del tiempo, con un comportamiento estacional muy regular en todo el periodo de estudio. Se observó una disminución en las precipitaciones acumuladas por décadas. Para los 90's la disminución fue de 11.7%, entre 2000 y 2009 se mantuvo igual, mientras que en 2010 a 2019 se espera que disminuya en 8.5% con relación a lo observado en los 80's.

La estación Palmas, por su parte, muestra fuertes variaciones en el nivel de la serie, con una disminución de las precipitaciones en los últimos 5 años. La estacionalidad presenta variaciones a lo largo de toda la serie observada, comenzando con variaciones mínimas entre los meses del año (entre la estación seca y lluviosa), lo cual se fue diferenciando hasta alcanzar en 1999 una marcada diferencia, con mayores precipitaciones en los

últimos meses de año, especialmente octubre y noviembre. Las predicciones para esta estación permiten detectar un patrón cíclico de 36 meses, en los cuales se esperan las precipitaciones se incrementen y vuelvan a disminuir, es decir dos años de bajas precipitaciones y uno con precipitaciones más intensas a las anteriores. No se espera que bajo condiciones regulares del clima, las precipitaciones disminuyan su nivel de forma sostenida en los próximos 4 años. El comportamiento de las precipitaciones acumuladas por decenio, en la estación de Palmas, es muy similar al observado en Laguna.

Se observó influencia significativa al nivel 0.05, de La Niña, sobre las precipitaciones totales mensuales medias, en relación a los registros de precipitaciones bajo la influencia de El Niño. La diferencia media en las precipitaciones bajo ambos fenómenos, alcanza el 21.14%.

Las estaciones bajo estudio, ubicadas en el municipio Lebrija, no presentaron diferencias significativas en los promedios de precipitaciones entre las décadas entre 1980 y 2020, sin la influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, lo cual se afirma con una confianza del 95%.

En la estación La Laguna se encontró influencia significativa de El Niño en las precipitaciones totales mensuales del mes de enero, con incremento promedio de 37.85mms, lo cual puede variar entre 6.04mms y 69.8mms en el 90% de los casos.

En el mes de septiembre, el incremento de las PTM es significativo ante la presencia de La Niña, lo cual puede estar entre 13.1mms y 82.3mms, afirmación que se hace con un 99% de confianza.

Para el mes de noviembre se observa un incremento marginalmente significativo sobre el promedio esperado de 111.1mms, con incremento promedio de 33.6mms bajo la influencia de La Niña, lo cual tiene una significación asociada de 90%, lo que implica que bajo estas condiciones, el promedio de PTM para el mes de noviembre puede estar entre 115.77mms y 179mms.

Para la estación Palmas, sólo el fenómeno de La Niña impactó sobre el promedio de las PTM, en los meses de octubre y noviembre, incrementando las mismas en 56.48% y 45.29%, afirmaciones que se hacen con el 95% de confianza.

Surata

Se encontraron dos estaciones con información relevante para la presente investigación: Vivero Surata y Cachiri. En la primera estación se encontró que el nivel de la serie se está incrementando en el tiempo, así mismo no presentó variaciones importantes en la estacionalidad a lo largo de la serie. Destaca esta estacionalidad por presentar altas precipitaciones en los meses lluviosos (especialmente en octubre) y muy bajas precipitaciones en los meses considerados secos (enero, febrero, junio, julio, y diciembre); se podría decir que la estacionalidad en esta serie permite observar una bimodalidad muy marcada. Los pronósticos en esta estación muestran una tendencia creciente en los siguientes 4 años observados. Sin los meses bajo influencia de los fenómenos El Niño y La Niña, las precipitaciones medias entre décadas (entre 1980 y 2020), para la estación Vivero Surata no mostraron diferencias significativas, con promedios que varían entre 87.6mms (2010-2020) y 105.9mms (2001-2009).

Cachiri mostró un incremento en el nivel de la serie a partir de 1980, lo cual mantuvo aproximadamente igual hasta 2015. La estacionalidad también mostró un patrón regular a lo largo del tiempo, con periodos de sequía en los meses intermedios del año, menos pronunciados que los observados en la estación Vivero Surata. La estación Cachiri, por su parte, mostró diferencias promedio significativas en las PTM, entre las décadas 2001-2009 y 2010-2020, con una reducción esperada para el último periodo de 30.97%.

En este municipio, las precipitaciones mostraron principalmente variaciones significativas gracias a la presencia de La Niña, en las estaciones Vivero Surata y Cachiri, excepto en el mes de agosto en el que El Niño disminuye las precipitaciones en 56.72%, en la primera estación.

En el mes de agosto, se incrementaron las precipitaciones en forma significativa, tanto en la estación Vivero Surata como en Cachiri, en 57.66% y 64.46% respectivamente. En septiembre el incremento de las precipitaciones bajo el fenómeno de La Niña fue significativo en ambas estaciones, con incrementos de 23.4% y 61.3%, en Vivero Surata y Cachiri, respectivamente. En el mes de noviembre nuevamente ambas estaciones incrementaron sus niveles de precipitaciones en presencia de La Niña, en 39.8% y 58.59%, con lo mayores incrementos para la estación Cachiri.

El mes de julio mostró un incremento promedio de 22.22mms bajo la influencia de La Niña, en la estación Vivero Surata, mientras que en Cachiri, los meses de enero y diciembre mostraron incremento en sus precipitaciones totales, que se esperan sean en promedio de 255.8% y 97.2%, respectivamente.

San Juan de Girón

En este municipio se contó con información recabada por dos estaciones; Pantano y Palo Gordo, las cuales mostraron registros muy homogéneos en los meses del año, con muy pocas variaciones en los niveles de precipitaciones registradas, especialmente en los meses de enero, febrero, julio y diciembre.

La estación Palo Gordo mostró una disminución en el nivel de la serie de PTM entre 1972 y 1992, y luego un incremento que mantuvo entre 1995 y 2015. La estacionalidad para esta estación no presentó variaciones a lo largo del tiempo y su pronóstico muestra una ligera disminución en el nivel de la serie (hasta 2020) con presencia de fuertes fluctuaciones en los 4 años siguientes.

La estación Pantano mostró una tendencia creciente en la serie de precipitaciones totales mensuales, y una estacionalidad aproximadamente igual entre 1990 y 2015, con un ligero incremento en las precipitaciones registradas en los meses de octubre y noviembre entre 2000 y 2009. En esta serie se logró un excelente ajuste de la serie a partir del año 1995, y

su pronóstico permite visualizar una tendencia creciente, con presencia de intensos episodios de lluvias, que se repiten cíclicamente cada 2 años.

La estación de Pantano, no mostró diferencias promedio significativas entre las décadas comprendidas entre 1980 y 2020, cuando se eliminan los meses bajo influencia de los fenómenos El Niño y La Niña, mientras que la estación Palo Gordo presentó diferencias estadísticamente significativas, con menores precipitaciones medias en la primera y última década del periodo en estudio; entre estas décadas las precipitaciones medias son muy similares entre sí.

En el municipio de San Juan de Girón, las precipitaciones totales mensuales se vieron afectadas sólo por la presencia de La Niña, logrando un incremento en los meses de septiembre, octubre y noviembre (estación Palo Gordo) y Junio (estación el Pantano), el cual fue de 51%, 33.36%, 41.5% y 39.49%, respectivamente.

Tona

En el municipio Tona destaca la estación Tona con las precipitaciones más altas en los meses de enero, febrero, marzo y abril. Con precipitaciones muy similares entre Tona y el Picacho en los meses de octubre y noviembre. En cambio, en los meses de junio, julio y agosto, la estación Tona tiene los niveles más bajos de precipitaciones para el municipio, comparado con las estaciones Berlín y Picacho.

En todos los meses excepto, junio, julio y agosto, la estación Berlín muestra niveles más bajos en las precipitaciones, en relación a las otras estaciones analizadas en el municipio Tona.

En la estación Tona, las precipitaciones mostraron cambio de nivel, con disminuciones significativas en la variabilidad posterior a 1991, disminución que resultó marginalmente significativa ($p < 0.1$) en las precipitaciones promedio (12.19%) a partir de la misma fecha.

La estacionalidad de la serie de precipitaciones se mostró muy similar en los años posteriores a 1992, con acentuación de los periodos secos en los meses de inicio y final de año entre 1992 y 1997, tendencia que tiende a repetirse a partir de 2010 hasta la fecha. Los pronósticos de precipitaciones para esta estación tienen a mantener el nivel actual de las precipitaciones hasta 2017 en el que se espera se incrementen repitiendo un patrón observado a lo largo de la serie.

En la estación Picacho, las precipitaciones mostraron cambios en el nivel promedio a lo largo del tiempo, sin disminuir o aumentar de forma monótona su nivel. Se observó fuerte variación en la estacionalidad de la serie; entre 1972 y 1980 las precipitaciones en los meses lluviosos se incrementaron, mientras que disminuyeron en los meses de diciembre, enero y febrero, similar a lo observado entre 1992 y 1997. Entre 1980 y 1992 y 1998 y 2005, se registraron fuertes incrementos en las precipitaciones en los meses intermedios del año (junio, julio y agosto) que usualmente registraban promedios bajos de precipitaciones. En esta estación se observa una ligera tendencia a incrementar las precipitaciones en los años venideros.

La estación de Berlín mostró el menor nivel de precipitaciones totales mensuales medias entre todas las estaciones estudiadas, bajo la jurisdicción de la CDMB, lo cual se puede afirmar con una confianza del 95%. Para esta estación las precipitaciones en el 50% de los casos no superan los 48.6mms mensualmente. La serie de precipitaciones no mostró una tendencia creciente o decreciente, sólo variaciones en el nivel medio con ligeras modificaciones en la estacionalidad de los periodos secos y lluviosos entre los años 1972 y 1990, en los últimos 25 años se observa menor diferencia en los niveles de precipitación registrados, excepto los meses de diciembre y enero que siguen siendo muy bajos respecto a los demás meses del año. Los pronósticos de precipitaciones para esta serie, muestran un descenso en los niveles de precipitaciones totales mensuales para los próximos 4 años.

En las estaciones de Tona y Berlín se evidenció influencia de los fenómenos El Niño y La Niña. En la primera estación, La Niña mostró promedios de precipitaciones significativamente mayores a los meses restantes (22.1%), mientras que en Berlín, la influencia de estos fenómenos sobre las precipitaciones fue inverso a lo observado en las demás estaciones; las precipitaciones bajo El Niño mostraron promedios significativamente menores a los observados en condiciones oceánicas estables (-15.86%), afirmación que se hace con un 90% de confianza.

En el mes de enero el incremento de las precipitaciones por influencia de La Niña alcanza el 91.6%, en agosto 153.1%, septiembre 75.89% y noviembre 58.48% en la estación Tona. No se observa influencia de El Niño en esta estación.

En la estación Picacho, se observa la mayor influencia de los fenómenos El Niño y La Niña, ya que alteran las precipitaciones en el 75% de los meses del año. En particular, El Niño y La Niña logran disminuir significativamente las precipitaciones esperadas, en los meses de enero (La Niña=67.4% y El Niño=75.5%), febrero (La Niña=51.6% y El Niño=62.3%) y diciembre (La Niña=33.67% y El Niño=61.87%). En el mes de octubre ambos fenómenos logran el incremento de las precipitaciones; La Niña en 72.7% y El Niño en 69.54%, de igual forma las precipitaciones en los meses de agosto, septiembre y noviembre, bajo la influencia de La Niña, se incrementan en 131.25%, 91.59% y 57.33%, respectivamente. El Niño disminuye significativamente las precipitaciones en el mes de Marzo en 48.75%, y las incrementa en el mes de mayo en 50.69%.

Y finalmente, en la estación Berlín, se observan disminuciones significativas en las precipitaciones totales mensuales, bajo la influencia de El Niño en el periodo seco (enero 44.5%, marzo 45.46% y diciembre 46.12), sin influencia de La Niña en estos meses, mientras en los meses de agosto, septiembre y noviembre es La Niña la que logra incrementos significativos de las precipitaciones, en 64.23%, 53.85% y 51.28%, respectivamente.

Al comparar el promedio de precipitaciones, sin los meses en los que el INO indica presencia de los fenómenos El Niño y La Niña, entre las cuatro décadas entre 1980 y 2020, no se observaron diferencias significativas, para las tres estaciones del municipio, lo cual se afirma con una confianza del 95%, resultado que permite evidenciar el gran desajuste que genera en las precipitaciones, la presencia de estos fenómenos ya que bajo su influencia las precipitaciones aumentan o disminuyen de forma significativa dependiendo del fenómeno, y sin esta influencia, las precipitaciones siguen una tendencia estacional regular.

Para finalizar, se puede decir que se logró explicar en parte las causas en las variaciones de las precipitaciones, considerando las estaciones con información suficiente (<30años) para su análisis. Esto debe ser el comienzo de futuras investigaciones que incorporen mayor información relacionada con factores asociados a las precipitaciones tales como temperatura, humedad, evaporación, usos del suelo, por periodos de tiempo que permitan su incorporación a la explicación de las variaciones en las precipitaciones observadas.



Bibliografía

- Barrera Escobar, A. (2004). *Técnicas de completación de series mensuales y aplicación al estudio de la influencia de la NAO en la distribución de las precipitaciones en España*. Barcelona: [DEA Universidad de Barcelona].
- Cryer, J. D., & Chan, K.-S. (2008). *Time Series Analysis. With applications in R*. Springer.
- Norman, G. (2006). *Notas de Clase. Series de Tiempo en R*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Pereyra Díaz, D., Bando Murrieta, U., & Baizabal, M. (2004). Influencia de la Niña y El Niño sobre la precipitación de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 33-38.
- Pontificia Universidad del Ecuador, Universidad Nacional de Chimborazo, Universidad Técnica Particular de Loja y CEDIA. (28 de febrero de 2016). *Laboratorio Virtual de Hidrología*. Obtenido de Hidrovlab:
http://www.hydrovlab.utpl.edu.ec/hydrovlexperimentos/an%C3%A1lisis/correlacion_ortogonal.aspx?idioma=es-ES
- Rodríguez Ravines, R. (12-16 de marzo de 2007). Análisis de series de tiempo con modelos dinámicos. Lima, Perú: Numérica.
- Tomson, N., & Miller, B. (4 de 8 de 2015). *CNN clima*. Obtenido de <http://cnnespanol.cnn.com/2015/08/14/sera-el-fenomeno-de-el-nino-de-2015-el-mas-intenso-registrado-en-la-historia/#0>

Enlaces de interés

<http://www.hydrovlab.utpl.edu.ec/>

<https://www.r-project.org/>

<http://qgis.org/es/site/forusers/download.html>

<http://www.igme.es/igme/aplicaciones/Hidrobas.htm>



Cabildo Verde

SABANA DE TORRES

NIT 804.002.986-2

Anexos

WWW.CABILDOVERDE.ORG
cabildoverde@cabildoverde.org
Telefax: (57) (7) 6293055
Carrera 11 N° 14 – 75
Sabana de Torres - Santander – Colombia

ISO 9001-2008

BUREAU VERITAS
Certification

CO239687



ISO 14001-2004

BUREAU VERITAS
Certification

CO239688



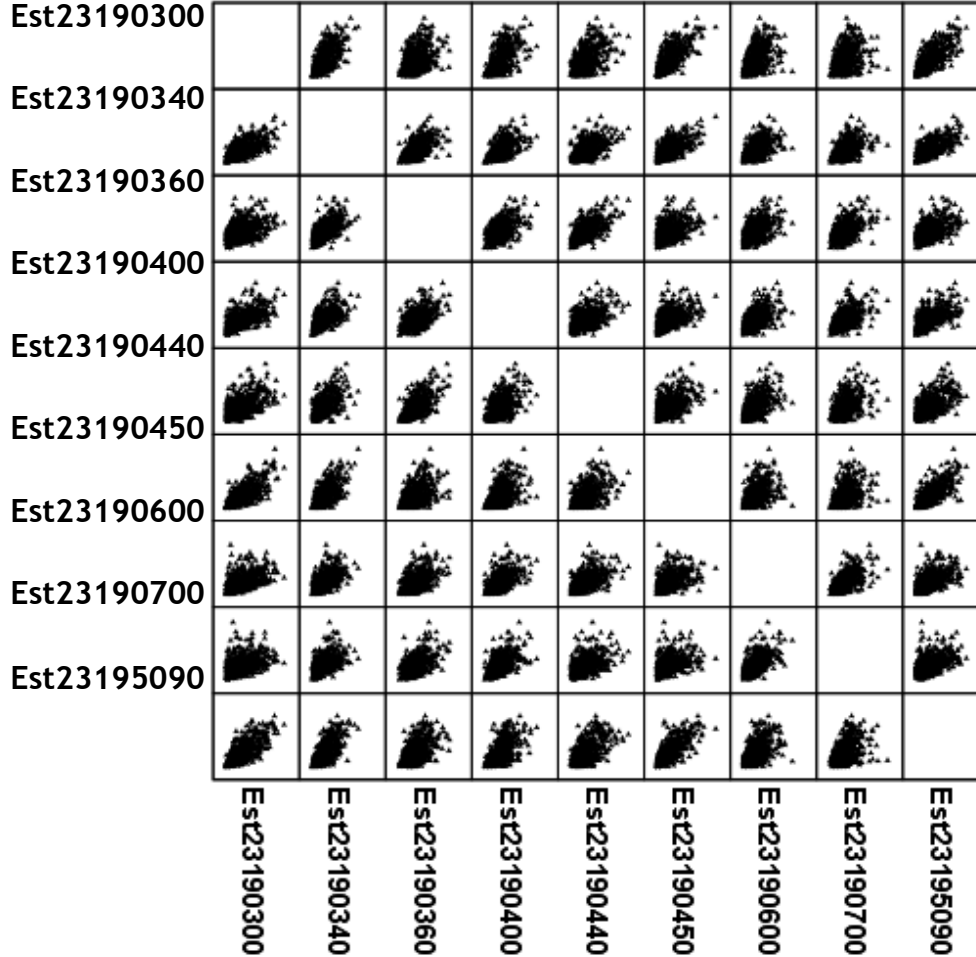
ISO 18001-2007

BUREAU VERITAS
Certification

CO239689



Anexo 2. Matrices de diagramas de dispersión entre las estaciones Picacho [23190300], Matajira [23190340], Portachuelo [23190360], Galvicia LA [23190400], 23190440, Vetas-El Pozo [23190450], Pantano EL [23190600], Piedecuesta GJA [23190700] y Vivero Surata [23195090]



Anexo 3. Matrices de diagramas de dispersión entre las estaciones 23195110, Cachiri [23195200], Tona [23190130], Laguna LA [23190260], Palo Gordo [23190280], Llano de Palmas [23190350], Palmas [23190380] y Berlín [37015020].

Est23195110								
Est23195200								
Est23190130								
Est23190260								
Est23190280								
Est23190350								
Est23190380								
Est37015020								
	Est23195110	Est23195200	Est23190130	Est23190260	Est23190280	Est23190350	Est23190380	Est37015020

Anexo 4. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov (K-S)

	Prueba	month											
		Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago.	Sept	Oct	Nov	Dic
23190300	K-S	0,154	0,133	0,155	0,12	0,107	0,154	0,095	0,116	0,113	0,138	0,092	0,185
	g.l.	44	44	44	44	44	43	44	43	43	43	43	43
	p	0,01	0,05	0,01	,124*	,200 ^ˆ	0,012	,200 ^ˆ	,166*	,196*	0,039	,200 ^ˆ	,200*
23190340	K-S	0,1	0,122	0,117	0,126	0,089	0,286	0,237	0,114	0,115	0,097	0,102	0,148
	g.l.	44	44	44	44	44	43	44	43	43	43	43	43
	p	,200 ^ˆ	,098*	,149*	,075*	,200 ^ˆ	0	0	,185*	,183*	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	0,018
23190400	K-S	0,156	0,128	0,112	0,109	0,133	0,148	0,085	0,154	0,124	0,134	0,121	0,169
	g.l.	44	44	44	44	44	43	44	43	43	43	43	43
	p	0,009	,069*	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	,048*	0,019	,200 ^ˆ	0,012	,096*	,050*	,116*	0,003
23190450	K-S	0,178	0,183	0,126	0,105	0,19	0,126	0,14	0,177	0,086	0,11	0,077	0,196
	g.l.	44	44	44	44	44	43	44	43	43	43	43	43
	p	0,001	0,001	,075*	,200 ^ˆ	0	,083*	0,029	0,002	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	0
23190600	K-S	0,177	0,156	0,175	0,062	0,138	0,129	0,1	0,148	0,124	0,085	0,1	0,154
	g.l.	44	44	44	44	44	43	44	43	43	43	43	43
	p	0,001	0,009	0,002	,200 ^ˆ	0,035	,071*	,200 ^ˆ	0,019	,094*	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	0,011
23190700	K-S	0,089	0,178	0,109	0,128	0,086	0,116	0,084	0,151	0,144	0,102	0,081	0,192
	g.l.	44	44	44	44	44	43	44	43	43	43	43	43
	p	,200 ^ˆ	0,001	,200 ^ˆ	,068*	,200 ^ˆ	,167*	,200 ^ˆ	0,015	0,026	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	0
23195090	K-S	0,141	0,098	0,148	0,177	0,099	0,116	0,173	0,118	0,099	0,074	0,098	0,125
	g.l.	44	44	44	44	44	43	44	43	43	43	43	43
	p	0,028	,200 ^ˆ	0,016	0,001	,200 ^ˆ	,171*	0,002	,150*	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	,088*
23195200	K-S	0,269	0,255	0,129	0,097	0,106	0,108	0,189	0,14	0,072	0,085	0,081	0,203
	g.l.	44	44	44	44	44	43	44	43	43	43	43	43
	p	0	0	,065*	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	0	0,035	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	0
23190130	K-S	0,126	0,08	0,106	0,111	0,141	0,148	0,232	0,175	0,09	0,062	0,112	0,141
	g.l.	44	44	44	44	44	43	44	43	43	43	43	43
	p	,075*	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	0,029	0,019	0	0,002	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	0,032
23190260	K-S	0,152	0,142	0,126	0,113	0,072	0,085	0,147	0,197	0,118	0,121	0,114	0,165
	g.l.	44	44	44	44	44	43	44	43	43	43	43	43
	p	0,012	0,025	,076*	,194*	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	0,018	0	,152*	,117*	,185*	0,005
23190280	K-S	0,171	0,193	0,124	0,118	0,097	0,097	0,211	0,118	0,142	0,084	0,17	0,143
	g.l.	44	44	44	44	44	43	44	43	43	43	43	43
	p	0,002	0	,085*	,146*	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	0	,148*	0,029	,200 ^ˆ	0,003	0,028

	K-S	0,082	0,163	0,096	0,116	0,071	0,147	0,175	0,165	0,091	0,11	0,124	0,192
23190350	<i>g.l.</i>	44	44	44	44	44	43	44	43	43	43	43	43
	<i>p</i>	,200 ^ˆ	0,005	,200 ^ˆ	,165 [*]	,200 ^ˆ	0,02	0,002	0,005	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	,095 [*]	0
	K-S	0,109	0,189	0,105	0,145	0,105	0,149	0,189	0,07	0,193	0,097	0,177	0,1
23190380	<i>g.l.</i>	44	44	44	44	44	43	44	43	43	43	43	43
	<i>p</i>	,200 ^ˆ	0	,200 ^ˆ	0,022	,200 ^ˆ	0,018	0	,200 ^ˆ	0	,200 ^ˆ	0,002	,200 ^ˆ
	K-S	0,116	0,176	0,164	0,119	0,117	0,085	0,107	0,156	0,082	0,086	0,123	0,222
37015020	<i>g.l.</i>	44	44	44	44	44	43	44	43	43	43	43	43
	<i>p</i>	,164 [*]	0,002	0,005	,130 [*]	,156 [*]	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	0,01	,200 ^ˆ	,200 ^ˆ	,100 [*]	0

* la distribución es normal al nivel 0.05

Anexo 5. Comparaciones múltiples de las precipitaciones totales mensuales en Matajira [23190340] ubicada en el municipio Matanza entre 1972 y 2015.

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Ene	Feb	-22,1886	9,1083	0,629	-54,222	9,845
	Mar	-45,7409*	9,4303	0,001	-78,944	-12,538
	Abr	-72,7045*	10,3714	0,000	-109,326	-36,083
	Mayo	-70,4932*	7,7222	0,000	-97,504	-43,482
	Jun	-20,5364	12,7397	0,997	-65,755	24,683
	Jul	2,2818	6,7243	1,000	-21,142	25,706
	Ago.	-22,2218	6,7664	0,092	-45,811	1,367
	Sept	-50,6078*	7,8413	0,000	-78,072	-23,143
	Oct	-101,1590*	9,191	0,000	-133,526	-68,792
	Nov	-60,8729*	8,5654	0,000	-90,965	-30,781
	Dic	-3,7218	6,404	1,000	-26,018	18,575
	T3 Dunnett	Ene	22,1886	9,1083	0,629	-9,845
Mar		-23,5523	11,742	0,934	-64,374	17,269
Abr		-50,5159*	12,5104	0,008	-94,042	-6,99
Mayo		-48,3045*	10,42	0,001	-84,584	-12,025
Jun		1,6523	14,5342	1,000	-49,113	52,417
Feb		24,4705	9,7037	0,552	-9,445	58,385
Ago.		-0,0331	9,7329	1,000	-34,048	33,981
Sept		-28,4192	10,5086	0,393	-65,006	8,168
Oct		-78,9703*	11,5507	0,000	-119,141	-38,8
Nov		-38,6843*	11,0594	0,047	-77,151	-0,217
Dic		18,4669	9,4845	0,951	-14,749	51,683
Mar		Ene	45,7409*	9,4303	0,001	12,538
	Feb	23,5523	11,742	0,934	-17,269	64,374
	Abr	-26,9636	12,7467	0,880	-71,295	17,368
	Mayo	-24,7523	10,7026	0,737	-62,039	12,535
	Jun	25,2045	14,7381	0,994	-26,226	76,635
	Jul	48,0227*	10,0065	0,001	13,014	83,031
	Ago.	23,5191	10,0348	0,710	-11,585	58,623

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Sept	-4,8669	10,7888	1,000	-42,451	32,717
	Oct	-55,4181*	11,8063	0,001	-96,477	-14,359
	Nov	-15,132	11,3261	1,000	-54,537	24,273
	Dic	42,0191*	9,7941	0,004	7,683	76,355
	Ene	72,7045*	10,3714	0,000	36,083	109,326
	Feb	50,5159*	12,5104	0,008	6,99	94,042
	Mar	26,9636	12,7467	0,880	-17,368	71,295
	Mayo	2,2114	11,5404	1,000	-38,081	42,504
	Jun	52,1682	15,3574	0,065	-1,315	105,652
Abr	Jul	74,9864*	10,898	0,000	36,751	113,222
	Ago.	50,4828*	10,924	0,001	12,162	88,803
	Sept	22,0967	11,6205	0,966	-18,465	62,658
	Oct	-28,4544	12,5708	0,778	-72,198	15,29
	Nov	11,8316	12,1209	1,000	-30,391	54,054
	Dic	68,9828*	10,7033	0,000	31,35	106,615
	Ene	70,4932*	7,7222	0,000	43,482	97,504
	Feb	48,3045*	10,42	0,001	12,025	84,584
	Mar	24,7523	10,7026	0,737	-12,535	62,039
	Abr	-2,2114	11,5404	1,000	-42,504	38,081
	Jun	49,9568*	13,7082	0,033	1,825	98,089
Mayo	Jul	72,7750*	8,4162	0,000	43,477	102,073
	Ago.	48,2714*	8,4499	0,000	18,852	77,691
	Sept	19,8854	9,3329	0,871	-12,573	52,343
	Oct	-30,6658	10,4924	0,241	-67,225	5,893
	Nov	9,6202	9,949	1,000	-25,006	44,246
	Dic	66,7714*	8,1625	0,000	38,316	95,227
	Ene	20,5364	12,7397	0,997	-24,683	65,755
	Feb	-1,6523	14,5342	1,000	-52,417	49,113
Jun	Mar	-25,2045	14,7381	0,994	-76,635	26,226
	Abr	-52,1682	15,3574	0,065	-105,652	1,315
	Mayo	-49,9568*	13,7082	0,033	-98,089	-1,825

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Jul	22,8182	13,1719	0,990	-23,673	69,309
	Ago.	-1,6854	13,1935	1,000	-48,243	44,872
	Sept	-30,0715	13,7757	0,833	-78,418	18,275
	Oct	-80,6226*	14,5862	0,000	-131,565	-29,68
	Nov	-40,3366	14,2003	0,297	-90,03	9,357
	Dic	16,8146	13,0113	1,000	-29,2	62,829
	Ene	-2,2818	6,7243	1,000	-25,706	21,142
	Feb	-24,4705	9,7037	0,552	-58,385	9,445
	Mar	-48,0227*	10,0065	0,001	-83,031	-13,014
	Abr	-74,9864*	10,898	0,000	-113,222	-36,751
	Mayo	-72,7750*	8,4162	0,000	-102,073	-43,477
Jul	Jun	-22,8182	13,1719	0,990	-69,309	23,673
	Ago.	-24,5036	7,5488	0,101	-50,756	1,749
	Sept	-52,8896*	8,5256	0,000	-82,595	-23,184
	Oct	-103,4408*	9,7814	0,000	-137,663	-69,218
	Nov	-63,1548*	9,196	0,000	-95,265	-31,045
	Dic	-6,0036	7,2257	1,000	-31,137	19,129
	Ene	22,2218	6,7664	0,092	-1,367	45,811
	Feb	0,0331	9,7329	1,000	-33,981	34,048
	Mar	-23,5191	10,0348	0,710	-58,623	11,585
	Abr	-50,4828*	10,924	0,001	-88,803	-12,162
	Mayo	-48,2714*	8,4499	0,000	-77,691	-18,852
Ago.	Jun	1,6854	13,1935	1,000	-44,872	48,243
	Jul	24,5036	7,5488	0,101	-1,749	50,756
	Sept	-28,386	8,5589	0,083	-58,21	1,438
	Oct	-78,9372*	9,8104	0,000	-113,258	-44,617
	Nov	-38,6512*	9,2268	0,005	-70,868	-6,434
	Dic	18,5	7,2649	0,528	-6,782	43,782
	Ene	50,6078*	7,8413	0,000	23,143	78,072
Sept	Feb	28,4192	10,5086	0,393	-8,168	65,006
	Mar	4,8669	10,7888	1,000	-32,717	42,451

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Abr	-22,0967	11,6205	0,966	-62,658	18,465
	Mayo	-19,8854	9,3329	0,871	-52,343	12,573
	Jun	30,0715	13,7757	0,833	-18,275	78,418
	Jul	52,8896*	8,5256	0,000	23,184	82,595
	Ago.	28,386	8,5589	0,083	-1,438	58,21
	Oct	-50,5512*	10,5804	0,001	-87,415	-13,688
	Nov	-10,2651	10,0417	1,000	-45,218	24,688
	Dic	46,8860*	8,2753	0,000	18,007	75,765
	Ene	101,1590*	9,191	0,000	68,792	133,526
	Feb	78,9703*	11,5507	0,000	38,8	119,141
	Mar	55,4181*	11,8063	0,001	14,359	96,477
	Abr	28,4544	12,5708	0,778	-15,29	72,198
	Mayo	30,6658	10,4924	0,241	-5,893	67,225
Oct	Jun	80,6226*	14,5862	0,000	29,68	131,565
	Jul	103,4408*	9,7814	0,000	69,218	137,663
	Ago.	78,9372*	9,8104	0,000	44,617	113,258
	Sept	50,5512*	10,5804	0,001	13,688	87,415
	Nov	40,2860*	11,1277	0,032	1,561	79,011
	Dic	97,4372*	9,564	0,000	63,905	130,969
	Ene	60,8729*	8,5654	0,000	30,781	90,965
	Feb	38,6843*	11,0594	0,047	0,217	77,151
	Mar	15,132	11,3261	1,000	-24,273	54,537
	Abr	-11,8316	12,1209	1,000	-54,054	30,391
	Mayo	-9,6202	9,949	1,000	-44,246	25,006
Nov	Jun	40,3366	14,2003	0,297	-9,357	90,03
	Jul	63,1548*	9,196	0,000	31,045	95,265
	Ago.	38,6512*	9,2268	0,005	6,434	70,868
	Sept	10,2651	10,0417	1,000	-24,688	45,218
	Oct	-40,2860*	11,1277	0,032	-79,011	-1,561
	Dic	57,1512*	8,9645	0,000	25,789	88,513
Dic	Ene	3,7218	6,404	1,000	-18,575	26,018

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Feb	-18,4669	9,4845	0,951	-51,683	14,749
	Mar	-42,0191*	9,7941	0,004	-76,355	-7,683
	Abr	-68,9828*	10,7033	0,000	-106,615	-31,35
	Mayo	-66,7714*	8,1625	0,000	-95,227	-38,316
	Jun	-16,8146	13,0113	1,000	-62,829	29,2
	Jul	6,0036	7,2257	1,000	-19,129	31,137
	Ago.	-18,5	7,2649	0,528	-43,782	6,782
	Sept	-46,8860*	8,2753	0,000	-75,765	-18,007
	Oct	-97,4372*	9,564	0,000	-130,969	-63,905
	Nov	-57,1512*	8,9645	0,000	-88,513	-25,789

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Anexo 6. Comparaciones múltiples de las precipitaciones totales mensuales en Llano de Palmas [23190350] ubicada en el municipio Rionegro, entre 1972 y 2015.

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Ene	Feb	-41,0097	14,1647	0,262	-90,604	8,585
	Mar	-64,4142*	14,6629	0,003	-115,812	-13,016
	Abr	-72,6324*	12,8046	0,000	-117,32	-27,945
	Mayo	-50,4801*	11,2163	0,001	-89,498	-11,462
	Jun	1,9628	9,9531	1,000	-32,647	36,572
	Jul	5,6062	9,7145	1,000	-28,188	39,4
	Ago.	-11,3814	9,9836	1,000	-46,107	23,344
	Sept	-43,6878*	11,5314	0,019	-83,845	-3,53
	Oct	-125,0250*	16,296	0,000	-182,404	-67,646
	Nov	-104,2451*	16,4299	0,000	-162,111	-46,379
	Dic	-16,8971	13,4778	1,000	-64,047	30,253
	T3 Dunnnett	Ene	41,0097	14,1647	0,262	-8,585
Mar		-23,4045	17,5432	1,000	-84,395	37,586
Abr		-31,6227	16,0225	0,946	-87,36	24,115
Mayo		-9,4705	14,7841	1,000	-61,067	42,126
Jun		42,9725	13,8502	0,158	-5,629	91,574
Feb		46,6159	13,6798	0,069	-1,455	94,686
Ago.		29,6282	13,8721	0,863	-19,046	78,302
Sept		-2,6782	15,0246	1,000	-55,076	49,72
Oct		-84,0154*	18,9294	0,002	-149,929	-18,102
Nov		-63,2354	19,0448	0,082	-129,56	3,089
Dic		24,1125	16,5655	1,000	-33,504	81,729
Mar		Ene	64,4142*	14,6629	0,003	13,016
	Feb	23,4045	17,5432	1,000	-37,586	84,395
	Abr	-8,2182	16,4645	1,000	-65,522	49,086
	Mayo	13,9341	15,262	1,000	-39,383	67,251
	Jun	66,3770*	14,3593	0,001	15,929	116,825
	Jul	70,0205*	14,1949	0,000	20,08	119,961
	Ago.	53,0328*	14,3804	0,029	2,516	103,55

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Sept	20,7264	15,4951	1,000	-33,36	74,813
	Oct	-60,6108	19,305	0,136	-127,797	6,575
	Nov	-39,8309	19,4182	0,913	-107,418	27,756
	Dic	47,5171	16,9934	0,322	-11,602	106,636
	Ene	72,6324*	12,8046	0,000	27,945	117,32
	Feb	31,6227	16,0225	0,946	-24,115	87,36
	Mar	8,2182	16,4645	1,000	-49,086	65,522
	Mayo	22,1523	13,4866	0,997	-24,801	69,105
	Jun	74,5952*	12,4558	0,000	31,041	118,15
Abr	Jul	78,2386*	12,266	0,000	35,292	121,185
	Ago.	61,2510*	12,4801	0,000	17,612	104,89
	Sept	28,9446	13,7497	0,886	-18,91	76,799
	Oct	-52,3927	17,9343	0,244	-114,99	10,205
	Nov	-31,6127	18,0561	0,990	-94,648	31,423
	Dic	55,7353*	15,4186	0,032	2,101	109,37
	Ene	50,4801*	11,2163	0,001	11,462	89,498
	Feb	9,4705	14,7841	1,000	-42,126	61,067
	Mar	-13,9341	15,262	1,000	-67,251	39,383
	Abr	-22,1523	13,4866	0,997	-69,105	24,801
	Jun	52,4429*	10,8164	0,000	14,776	90,11
Mayo	Jul	56,0864*	10,5973	0,000	19,15	93,023
	Ago.	39,0987*	10,8444	0,034	1,328	76,869
	Sept	6,7923	12,2843	1,000	-35,934	49,518
	Oct	-74,5449*	16,8371	0,002	-133,606	-15,484
	Nov	-53,765	16,9668	0,133	-113,297	5,767
	Dic	33,583	14,1274	0,682	-15,689	82,855
	Ene	-1,9628	9,9531	1,000	-36,572	32,647
	Feb	-42,9725	13,8502	0,158	-91,574	5,629
Jun	Mar	-66,3770*	14,3593	0,001	-116,825	-15,929
	Abr	-74,5952*	12,4558	0,000	-118,15	-31,041
	Mayo	-52,4429*	10,8164	0,000	-90,11	-14,776

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Jul	3,6434	9,2499	1,000	-28,516	35,802
	Ago.	-13,3442	9,5321	1,000	-46,494	19,806
	Sept	-45,6506*	11,1429	0,007	-84,509	-6,793
	Oct	-126,9879*	16,0234	0,000	-183,539	-70,437
	Nov	-106,2079*	16,1595	0,000	-163,254	-49,161
	Dic	-18,8599	13,1469	1,000	-64,953	27,233
	Ene	-5,6062	9,7145	1,000	-39,4	28,188
	Feb	-46,6159	13,6798	0,069	-94,686	1,455
	Mar	-70,0205*	14,1949	0,000	-119,961	-20,08
	Abr	-78,2386*	12,266	0,000	-121,185	-35,292
	Mayo	-56,0864*	10,5973	0,000	-93,023	-19,15
Jul	Jun	-3,6434	9,2499	1,000	-35,802	28,516
	Ago.	-16,9877	9,2827	0,981	-49,276	15,301
	Sept	-49,2941*	10,9303	0,002	-87,451	-11,137
	Oct	-130,6313*	15,8763	0,000	-186,741	-74,521
	Nov	-109,8513*	16,0137	0,000	-166,461	-53,241
	Dic	-22,5034	12,9672	0,991	-68,031	23,024
	Ene	11,3814	9,9836	1,000	-23,344	46,107
	Feb	-29,6282	13,8721	0,863	-78,302	19,046
	Mar	-53,0328*	14,3804	0,029	-103,55	-2,516
	Abr	-61,2510*	12,4801	0,000	-104,89	-17,612
	Mayo	-39,0987*	10,8444	0,034	-76,869	-1,328
Ago.	Jun	13,3442	9,5321	1,000	-19,806	46,494
	Jul	16,9877	9,2827	0,981	-15,301	49,276
	Sept	-32,3064	11,17	0,260	-71,263	6,65
	Oct	-113,6436*	16,0423	0,000	-170,254	-57,033
	Nov	-92,8636*	16,1783	0,000	-149,969	-35,758
	Dic	-5,5157	13,17	1,000	-51,687	40,656
	Ene	43,6878*	11,5314	0,019	3,53	83,845
Sept	Feb	2,6782	15,0246	1,000	-49,72	55,076
	Mar	-20,7264	15,4951	1,000	-74,813	33,36

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Abr	-28,9446	13,7497	0,886	-76,799	18,91
	Mayo	-6,7923	12,2843	1,000	-49,518	35,934
	Jun	45,6506*	11,1429	0,007	6,793	84,509
	Jul	49,2941*	10,9303	0,002	11,137	87,451
	Ago.	32,3064	11,17	0,260	-6,65	71,263
	Oct	-81,3372*	17,0487	0,001	-141,075	-21,599
	Nov	-60,5572*	17,1767	0,047	-120,759	-0,355
	Dic	26,7907	14,3788	0,975	-23,33	76,911
	Ene	125,0250*	16,296	0,000	67,646	182,404
	Feb	84,0154*	18,9294	0,002	18,102	149,929
	Mar	60,6108	19,305	0,136	-6,575	127,797
	Abr	52,3927	17,9343	0,244	-10,205	114,99
	Mayo	74,5449*	16,8371	0,002	15,484	133,606
Oct	Jun	126,9879*	16,0234	0,000	70,437	183,539
	Jul	130,6313*	15,8763	0,000	74,521	186,741
	Ago.	113,6436*	16,0423	0,000	57,033	170,254
	Sept	81,3372*	17,0487	0,001	21,599	141,075
	Nov	20,78	20,6791	1,000	-51,165	92,725
	Dic	108,1279*	18,4211	0,000	43,905	172,351
	Ene	104,2451*	16,4299	0,000	46,379	162,111
	Feb	63,2354	19,0448	0,082	-3,089	129,56
	Mar	39,8309	19,4182	0,913	-27,756	107,418
	Abr	31,6127	18,0561	0,990	-31,423	94,648
	Mayo	53,765	16,9668	0,133	-5,767	113,297
Nov	Jun	106,2079*	16,1595	0,000	49,161	163,254
	Jul	109,8513*	16,0137	0,000	53,241	166,461
	Ago.	92,8636*	16,1783	0,000	35,758	149,969
	Sept	60,5572*	17,1767	0,047	0,355	120,759
	Oct	-20,78	20,6791	1,000	-92,725	51,165
	Dic	87,3479*	18,5396	0,001	22,701	151,995
Dic	Ene	16,8971	13,4778	1,000	-30,253	64,047

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Feb	-24,1125	16,5655	1,000	-81,729	33,504
	Mar	-47,5171	16,9934	0,322	-106,636	11,602
	Abr	-55,7353*	15,4186	0,032	-109,37	-2,101
	Mayo	-33,583	14,1274	0,682	-82,855	15,689
	Jun	18,8599	13,1469	1,000	-27,233	64,953
	Jul	22,5034	12,9672	0,991	-23,024	68,031
	Ago.	5,5157	13,17	1,000	-40,656	51,687
	Sept	-26,7907	14,3788	0,975	-76,911	23,33
	Oct	-108,1279*	18,4211	0,000	-172,351	-43,905
	Nov	-87,3479*	18,5396	0,001	-151,995	-22,701

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Anexo 7. Comparaciones múltiples de las precipitaciones totales mensuales en Palmas [23190380] ubicada en el municipio Lebrija, entre 1972 y 2015.

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza		
					Límite inferior	Límite superior	
Ene	Feb	-42,4227	14,3255	0,224	-92,588	7,742	
	Mar	-77,1545*	14,385	0,000	-127,535	-26,774	
	Abr	-87,6045*	15,7583	0,000	-142,962	-32,247	
	Mayo	-70,9666*	10,9289	0,000	-108,968	-32,965	
	Jun	-17,0389	12,089	1,000	-59,18	25,102	
	Jul	1,6414	9,6737	1,000	-32,02	35,302	
	Ago.	-17,1041	9,6411	0,988	-50,664	16,455	
	Sept	-59,6466	18,336	0,111	-124,437	5,143	
	Oct	-122,1529*	16,3275	0,000	-179,634	-64,672	
	Nov	-128,5842*	20,1004	0,000	-199,795	-57,373	
	Dic	-28,0626	12,8827	0,838	-73,054	16,929	
	T3 Dunnett	Ene	42,4227	14,3255	0,224	-7,742	92,588
Mar		-34,7318	17,4019	0,938	-95,226	25,763	
Abr		-45,1818	18,5532	0,630	-109,712	19,349	
Mayo		-28,5439	14,6744	0,953	-79,829	22,741	
Jun		25,3838	15,5576	0,997	-28,82	79,588	
Feb		Jul	44,0641	13,7651	0,123	-4,346	92,474
Ago.		25,3186	13,7422	0,976	-23,024	73,662	
Sept		-17,2239	20,7872	1,000	-89,759	55,311	
Oct		-79,7301*	19,039	0,005	-146,016	-13,445	
Nov		-86,1614*	22,359	0,016	-164,362	-7,961	
Dic		14,3602	16,1821	1,000	-41,953	70,673	
Mar		Ene	77,1545*	14,385	0,000	26,774	127,535
	Feb	34,7318	17,4019	0,938	-25,763	95,226	
	Abr	-10,45	18,5991	1,000	-75,138	54,238	
	Mayo	6,1879	14,7325	1,000	-45,306	57,682	
	Jun	60,1156*	15,6124	0,015	5,716	114,515	
	Jul	78,7959*	13,827	0,000	30,161	127,431	
	Ago.	60,0505*	13,8042	0,003	11,482	108,618	

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Sept	17,5079	20,8282	1,000	-55,162	90,178
	Oct	-44,9983	19,0838	0,699	-111,435	21,439
	Nov	-51,4296	22,3971	0,750	-129,753	26,894
	Dic	49,092	16,2348	0,186	-7,407	105,591
	Ene	87,6045*	15,7583	0,000	32,247	142,962
	Feb	45,1818	18,5532	0,630	-19,349	109,712
	Mar	10,45	18,5991	1,000	-54,238	75,138
	Mayo	16,6379	16,0761	1,000	-39,715	72,99
	Jun	70,5656*	16,8862	0,005	11,601	129,53
Abr	Jul	89,2459*	15,2506	0,000	35,441	143,051
	Ago.	70,5004*	15,23	0,001	16,755	124,246
	Sept	27,9579	21,7993	1,000	-47,953	103,869
	Oct	-34,5484	20,1392	0,994	-104,594	35,497
	Nov	-40,9797	23,3029	0,990	-122,265	40,306
	Dic	59,5419	17,4632	0,063	-1,327	120,411
	Ene	70,9666*	10,9289	0,000	32,965	108,968
	Feb	28,5439	14,6744	0,953	-22,741	79,829
	Mar	-6,1879	14,7325	1,000	-57,682	45,306
	Abr	-16,6379	16,0761	1,000	-72,99	39,715
	Jun	53,9277*	12,5004	0,003	10,406	97,45
Mayo	Jul	72,6080*	10,1833	0,000	37,134	108,082
	Ago.	53,8626*	10,1523	0,000	18,484	89,241
	Sept	11,32	18,6099	1,000	-54,295	76,935
	Oct	-51,1862	16,6345	0,170	-109,617	7,244
	Nov	-57,6175	20,3505	0,311	-129,567	14,332
	Dic	42,9041	13,2696	0,106	-3,363	89,171
	Ene	17,0389	12,089	1,000	-25,102	59,18
	Feb	-25,3838	15,5576	0,997	-79,588	28,82
Jun	Mar	-60,1156*	15,6124	0,015	-114,515	-5,716
	Abr	-70,5656*	16,8862	0,005	-129,53	-11,601
	Mayo	-53,9277*	12,5004	0,003	-97,45	-10,406

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Jul	18,6803	11,4194	0,997	-21,265	58,625
	Ago.	-0,0652	11,3917	1,000	-39,927	39,796
	Sept	-42,6077	19,314	0,817	-110,403	25,187
	Oct	-105,1140*	17,4186	0,000	-166,043	-44,185
	Nov	-111,5453*	20,9963	0,000	-185,453	-37,637
	Dic	-11,0237	14,2403	1,000	-60,583	38,536
	Ene	-1,6414	9,6737	1,000	-35,302	32,02
	Feb	-44,0641	13,7651	0,123	-92,474	4,346
	Mar	-78,7959*	13,827	0,000	-127,431	-30,161
	Abr	-89,2459*	15,2506	0,000	-143,051	-35,441
	Mayo	-72,6080*	10,1833	0,000	-108,082	-37,134
Jul	Jun	-18,6803	11,4194	0,997	-58,625	21,265
	Ago.	-18,7455	8,7869	0,869	-49,304	11,813
	Sept	-61,288	17,9016	0,071	-124,798	2,222
	Oct	-123,7942*	15,8381	0,000	-179,797	-67,792
	Nov	-130,2255*	19,705	0,000	-200,29	-60,161
	Dic	-29,7039	12,2566	0,640	-72,681	13,273
	Ene	17,1041	9,6411	0,988	-16,455	50,664
	Feb	-25,3186	13,7422	0,976	-73,662	23,024
	Mar	-60,0505*	13,8042	0,003	-108,618	-11,482
	Abr	-70,5004*	15,23	0,001	-124,246	-16,755
	Mayo	-53,8626*	10,1523	0,000	-89,241	-18,484
Ago.	Jun	0,0652	11,3917	1,000	-39,927	39,927
	Jul	18,7455	8,7869	0,869	-11,813	49,304
	Sept	-42,5425	17,884	0,678	-106,003	20,918
	Oct	-105,0488*	15,8182	0,000	-160,994	-49,103
	Nov	-111,4801*	19,689	0,000	-181,5	-41,46
	Dic	-10,9585	12,2308	1,000	-53,859	31,942
	Ene	59,6466	18,336	0,111	-5,143	124,437
Sept	Feb	17,2239	20,7872	1,000	-55,311	89,759
	Mar	-17,5079	20,8282	1,000	-90,178	55,162

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Abr	-27,9579	21,7993	1,000	-103,869	47,953
	Mayo	-11,32	18,6099	1,000	-76,935	54,295
	Jun	42,6077	19,314	0,817	-25,187	110,403
	Jul	61,288	17,9016	0,071	-2,222	124,798
	Ago.	42,5425	17,884	0,678	-20,918	106,003
	Oct	-62,5062	22,2143	0,311	-139,845	14,832
	Nov	-68,9375	25,118	0,361	-156,36	18,485
	Dic	31,5841	19,8205	0,998	-37,818	100,986
	Ene	122,1529*	16,3275	0,000	64,672	179,634
	Feb	79,7301*	19,039	0,005	13,445	146,016
	Mar	44,9983	19,0838	0,699	-21,439	111,435
	Abr	34,5484	20,1392	0,994	-35,497	104,594
	Mayo	51,1862	16,6345	0,170	-7,244	109,617
Oct	Jun	105,1140*	17,4186	0,000	44,185	166,043
	Jul	123,7942*	15,8381	0,000	67,792	179,797
	Ago.	105,0488*	15,8182	0,000	49,103	160,994
	Sept	62,5062	22,2143	0,311	-14,832	139,845
	Nov	-6,4313	23,6916	1,000	-89,026	76,164
	Dic	94,0903*	17,9786	0,000	31,333	156,848
	Ene	128,5842*	20,1004	0,000	57,373	199,795
	Feb	86,1614*	22,359	0,016	7,961	164,362
	Mar	51,4296	22,3971	0,750	-26,894	129,753
	Abr	40,9797	23,3029	0,990	-40,306	122,265
	Mayo	57,6175	20,3505	0,311	-14,332	129,567
	Nov	Jun	111,5453*	20,9963	0,000	37,637
Jul		130,2255*	19,705	0,000	60,161	200,29
Ago.		111,4801*	19,689	0,000	41,46	181,5
Sept		68,9375	25,118	0,361	-18,485	156,36
Oct		6,4313	23,6916	1,000	-76,164	89,026
Dic		100,5216*	21,4632	0,001	25,164	175,88
Dic	Ene	28,0626	12,8827	0,838	-16,929	73,054

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Feb	-14,3602	16,1821	1,000	-70,673	41,953
	Mar	-49,092	16,2348	0,186	-105,591	7,407
	Abr	-59,5419	17,4632	0,063	-120,411	1,327
	Mayo	-42,9041	13,2696	0,106	-89,171	3,363
	Jun	11,0237	14,2403	1,000	-38,536	60,583
	Jul	29,7039	12,2566	0,640	-13,273	72,681
	Ago.	10,9585	12,2308	1,000	-31,942	53,859
	Sept	-31,5841	19,8205	0,998	-100,986	37,818
	Oct	-94,0903*	17,9786	0,000	-156,848	-31,333
	Nov	-100,5216*	21,4632	0,001	-175,88	-25,164

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Anexo 8. Comparaciones múltiples de las precipitaciones totales mensuales en Vetas – El Pozo [23190450] ubicada en el municipio Vetas, entre 1972 y 2015.

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Ene	Feb	-15,7159	6,2251	0,549	-37,462	6,03
	Mar	-42,5841*	8,3213	0,000	-71,928	-13,24
	Abr	-122,5136*	13,1113	0,000	-169,231	-75,797
	Mayo	-94,2341*	10,484	0,000	-131,431	-57,038
	Jun	-46,7409*	7,5281	0,000	-73,204	-20,278
	Jul	-24,9727*	5,548	0,001	-44,291	-5,654
	Ago.	-44,9443*	9,4516	0,001	-78,433	-11,455
	Sept	-80,0931*	7,9834	0,000	-108,239	-51,947
	Oct	-122,1606*	12,5704	0,000	-166,98	-77,342
	Nov	-82,5675*	10,4096	0,000	-119,54	-45,595
	Dic	-13,8675	6,7327	0,906	-37,468	9,732
	Ene	15,7159	6,2251	0,549	-6,03	37,462
T3 Dunnett	Mar	-26,8682	9,1676	0,238	-58,879	5,142
	Abr	-106,7977*	13,6641	0,000	-155,111	-58,484
	Mayo	-78,5182*	11,1676	0,000	-117,765	-39,271
	Jun	-31,0250*	8,4542	0,028	-60,476	-1,574
	Jul	-9,2568	6,7514	1,000	-32,751	14,237
	Ago.	-29,2284	10,2046	0,283	-65,015	6,559
	Sept	-64,3772*	8,862	0,000	-95,31	-33,444
	Oct	-106,4447*	13,146	0,000	-152,929	-59,96
	Nov	-66,8516*	11,0978	0,000	-105,883	-27,82
	Dic	1,8484	7,7544	1,000	-25,132	28,829
	Ene	42,5841*	8,3213	0,000	13,24	71,928
	Mar	Feb	26,8682	9,1676	0,238	-5,142
Abr		-79,9295*	14,7377	0,000	-131,547	-28,312
Mayo		-51,6500*	12,4583	0,005	-95,059	-8,241
Jun		-4,1568	10,0978	1,000	-39,278	30,964
Jul		17,6114	8,7221	0,924	-12,97	48,192
Ago.		-2,3602	11,6029	1,000	-42,747	38,027

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Sept	-37,5090*	10,4417	0,035	-73,824	-1,194
	Oct	-79,5765*	14,2587	0,000	-129,502	-29,651
	Nov	-39,9835	12,3958	0,109	-83,196	3,229
	Dic	28,7165	9,5196	0,191	-4,461	61,894
	Ene	122,5136*	13,1113	0,000	75,797	169,231
	Feb	106,7977*	13,6641	0,000	58,484	155,111
	Mar	79,9295*	14,7377	0,000	28,312	131,547
	Mayo	28,2795	16,0583	0,990	-27,653	84,212
	Jun	75,7727*	14,3048	0,000	25,515	126,031
Abr	Jul	97,5409*	13,3692	0,000	50,09	144,992
	Ago.	77,5693*	15,4042	0,000	23,793	131,346
	Sept	42,4205	14,5496	0,251	-8,607	93,448
	Oct	0,3531	17,492	1,000	-60,481	61,187
	Nov	39,9461	16,0099	0,575	-15,837	95,729
	Dic	108,6461*	13,9027	0,000	59,617	157,676
	Ene	94,2341*	10,484	0,000	57,038	131,431
	Feb	78,5182*	11,1676	0,000	39,271	117,765
	Mar	51,6500*	12,4583	0,005	8,241	95,059
	Abr	-28,2795	16,0583	0,990	-84,212	27,653
	Jun	47,4932*	11,943	0,010	5,781	89,205
Mayo	Jul	69,2614*	10,8048	0,000	31,12	107,403
	Ago.	49,2898*	13,24	0,023	3,228	95,352
	Sept	14,141	12,2351	1,000	-28,536	56,818
	Oct	-27,9265	15,6198	0,987	-82,328	26,475
	Nov	11,6665	13,94	1,000	-36,813	60,146
	Dic	80,3665*	11,4583	0,000	40,206	120,527
	Ene	46,7409*	7,5281	0,000	20,278	73,204
	Feb	31,0250*	8,4542	0,028	1,574	60,476
Jun	Mar	4,1568	10,0978	1,000	-30,964	39,278
	Abr	-75,7727*	14,3048	0,000	-126,031	-25,515
	Mayo	-47,4932*	11,943	0,010	-89,205	-5,781

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Jul	21,7682	7,9688	0,374	-6,088	49,625
	Ago.	1,7966	11,0478	1,000	-36,726	40,319
	Sept	-33,3522	9,8212	0,065	-67,516	0,811
	Oct	-75,4197*	13,8107	0,000	-123,931	-26,909
	Nov	-35,8266	11,8778	0,194	-77,334	5,681
	Dic	32,8734*	8,8346	0,023	2,131	63,616
	Ene	24,9727*	5,548	0,001	5,654	44,291
	Feb	9,2568	6,7514	1,000	-14,237	32,751
	Mar	-17,6114	8,7221	0,924	-48,192	12,97
	Abr	-97,5409*	13,3692	0,000	-144,992	-50,09
	Mayo	-69,2614*	10,8048	0,000	-107,403	-31,12
Jul	Jun	-21,7682	7,9688	0,374	-49,625	6,088
	Ago.	-19,9716	9,8063	0,914	-54,522	14,579
	Sept	-55,1204*	8,4003	0,000	-84,561	-25,679
	Oct	-97,1878*	12,8392	0,000	-142,773	-51,603
	Nov	-57,5948*	10,7327	0,000	-95,516	-19,673
	Dic	11,1052	7,2221	0,999	-14,083	36,293
	Ene	44,9443*	9,4516	0,001	11,455	78,433
	Feb	29,2284	10,2046	0,283	-6,559	65,015
	Mar	2,3602	11,6029	1,000	-38,027	42,747
	Abr	-77,5693*	15,4042	0,000	-131,346	-23,793
	Mayo	-49,2898*	13,24	0,023	-95,352	-3,228
Ago.	Jun	-1,7966	11,0478	1,000	-40,319	36,726
	Jul	19,9716	9,8063	0,914	-14,579	54,522
	Sept	-35,1488	11,363	0,156	-74,735	4,437
	Oct	-77,2163*	14,9465	0,000	-129,385	-25,047
	Nov	-37,6233	13,1812	0,283	-83,501	8,254
	Dic	31,0767	10,522	0,227	-5,729	67,882
	Ene	80,0931*	7,9834	0,000	51,947	108,239
Sept	Feb	64,3772*	8,862	0,000	33,444	95,31
	Mar	37,5090*	10,4417	0,035	1,194	73,824

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Abr	-42,4205	14,5496	0,251	-93,448	8,607
	Mayo	-14,141	12,2351	1,000	-56,818	28,536
	Jun	33,3522	9,8212	0,065	-0,811	67,516
	Jul	55,1204*	8,4003	0,000	25,679	84,561
	Ago.	35,1488	11,363	0,156	-4,437	74,735
	Oct	-42,0674	14,0641	0,209	-91,38	7,245
	Nov	-2,4744	12,1715	1,000	-44,952	40,003
	Dic	66,2256*	9,2257	0,000	34,077	98,374
	Ene	122,1606*	12,5704	0,000	77,342	166,98
	Feb	106,4447*	13,146	0,000	59,96	152,929
	Mar	79,5765*	14,2587	0,000	29,651	129,502
	Abr	-0,3531	17,492	1,000	-61,187	60,481
	Mayo	27,9265	15,6198	0,987	-26,475	82,328
Oct	Jun	75,4197*	13,8107	0,000	26,909	123,931
	Jul	97,1878*	12,8392	0,000	51,603	142,773
	Ago.	77,2163*	14,9465	0,000	25,047	129,385
	Sept	42,0674	14,0641	0,209	-7,245	91,38
	Nov	39,593	15,57	0,532	-14,655	93,841
	Dic	108,2930*	13,3938	0,000	61,062	155,524
	Ene	82,5675*	10,4096	0,000	45,595	119,54
	Feb	66,8516*	11,0978	0,000	27,82	105,883
	Mar	39,9835	12,3958	0,109	-3,229	83,196
	Abr	-39,9461	16,0099	0,575	-95,729	15,837
	Mayo	-11,6665	13,94	1,000	-60,146	36,813
Nov	Jun	35,8266	11,8778	0,194	-5,681	77,334
	Jul	57,5948*	10,7327	0,000	19,673	95,516
	Ago.	37,6233	13,1812	0,283	-8,254	83,501
	Sept	2,4744	12,1715	1,000	-40,003	44,952
	Oct	-39,593	15,57	0,532	-93,841	14,655
	Dic	68,7000*	11,3903	0,000	28,751	108,649
Dic	Ene	13,8675	6,7327	0,906	-9,732	37,468

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Feb	-1,8484	7,7544	1,000	-28,829	25,132
	Mar	-28,7165	9,5196	0,191	-61,894	4,461
	Abr	-108,6461*	13,9027	0,000	-157,676	-59,617
	Mayo	-80,3665*	11,4583	0,000	-120,527	-40,206
	Jun	-32,8734*	8,8346	0,023	-63,616	-2,131
	Jul	-11,1052	7,2221	0,999	-36,293	14,083
	Ago.	-31,0767	10,522	0,227	-67,882	5,729
	Sept	-66,2256*	9,2257	0,000	-98,374	-34,077
	Oct	-108,2930*	13,3938	0,000	-155,524	-61,062
	Nov	-68,7000*	11,3903	0,000	-108,649	-28,751

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Anexo 9. Tabla 61. Comparaciones múltiples de las precipitaciones totales mensuales en Pantano El [23190600] ubicada en el municipio San Juan de Girón, entre 1972 y 2015

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza		
					Límite inferior	Límite superior	
Ene	Feb	-20,0773	10,1698	0,944	-55,529	15,375	
	Mar	-52,2614*	12,4578	0,005	-95,971	-8,552	
	Abr	-56,2795*	8,9322	0,000	-87,337	-25,222	
	Mayo	-60,5614*	9,8554	0,000	-94,889	-26,233	
	Jun	-24,6207	7,7591	0,125	-51,639	2,397	
	Jul	-23,2091	7,9936	0,251	-51,019	4,601	
	Ago.	-36,8726*	9,3719	0,011	-69,499	-4,247	
	Sept	-50,5111*	9,0664	0,000	-82,056	-18,966	
	Oct	-91,1588*	10,8476	0,000	-129,075	-53,243	
	Nov	-63,9827*	10,3109	0,000	-99,965	-28	
	Dic	2,1914	8,6753	1,000	-27,98	32,363	
	T3 Dunnett	Ene	20,0773	10,1698	0,944	-15,375	55,529
Mar		-32,1841	13,6029	0,691	-79,596	15,228	
Abr		-36,2023	10,4702	0,054	-72,657	0,252	
Mayo		-40,4841*	11,2681	0,035	-79,659	-1,309	
Jun		-4,5434	9,4892	1,000	-37,786	28,699	
Feb		Jul	-3,1318	9,6819	1,000	-36,99	30,726
		Ago.	-16,7954	10,8478	0,999	-54,539	20,948
		Sept	-30,4338	10,585	0,269	-67,284	6,417
		Oct	-71,0815*	12,1455	0,000	-113,337	-28,826
		Nov	-43,9054*	11,6686	0,020	-84,487	-3,324
		Dic	22,2687	10,252	0,844	-13,464	58,001
Mar		Ene	52,2614*	12,4578	0,005	8,552	95,971
	Feb	32,1841	13,6029	0,691	-15,228	79,596	
	Abr	-4,0182	12,7043	1,000	-48,506	40,47	
	Mayo	-8,3	13,3695	1,000	-54,941	38,341	
	Jun	27,6407	11,9088	0,727	-14,383	69,664	
	Jul	29,0523	12,0628	0,653	-13,437	71,542	
	Ago.	15,3887	13,0172	1,000	-30,11	60,887	

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Sept	1,7503	12,799	1,000	-43,045	46,546
	Oct	-38,8974	14,1169	0,353	-88,043	10,249
	Nov	-11,7213	13,7087	1,000	-59,496	36,053
	Dic	54,4528*	12,525	0,003	10,528	98,378
	Ene	56,2795*	8,9322	0,000	25,222	87,337
	Feb	36,2023	10,4702	0,054	-0,252	72,657
	Mar	4,0182	12,7043	1,000	-40,47	48,506
	Mayo	-4,2818	10,1651	1,000	-39,652	31,089
	Jun	31,6589*	8,1489	0,014	3,248	60,07
Abr	Jul	33,0705*	8,3725	0,011	3,915	62,226
	Ago.	19,4069	9,6971	0,935	-14,327	53,141
	Sept	5,7685	9,4022	1,000	-26,931	38,468
	Oct	-34,8792	11,1298	0,141	-73,718	3,959
	Nov	-7,7031	10,6073	1,000	-44,669	29,263
	Dic	58,4710*	9,0256	0,000	27,081	89,861
	Ene	60,5614*	9,8554	0,000	26,233	94,889
	Feb	40,4841*	11,2681	0,035	1,309	79,659
	Mar	8,3	13,3695	1,000	-38,341	54,941
	Abr	4,2818	10,1651	1,000	-31,089	39,652
	Jun	35,9407*	9,1515	0,013	3,92	67,962
Mayo	Jul	37,3523*	9,3511	0,010	4,687	70,017
	Ago.	23,6887	10,5536	0,793	-13,02	60,397
	Sept	10,0503	10,2833	1,000	-25,732	45,833
	Oct	-30,5974	11,8835	0,503	-71,959	10,764
	Nov	-3,4213	11,3956	1,000	-43,061	36,218
	Dic	62,7528*	9,9402	0,000	28,132	97,373
	Ene	24,6207	7,7591	0,125	-2,397	51,639
	Feb	4,5434	9,4892	1,000	-28,699	37,786
Jun	Mar	-27,6407	11,9088	0,727	-69,664	14,383
	Abr	-31,6589*	8,1489	0,014	-60,07	-3,248
	Mayo	-35,9407*	9,1515	0,013	-67,962	-3,92

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Jul	1,4116	7,1076	1,000	-23,301	26,124
	Ago.	-12,2519	8,6286	1,000	-42,409	17,905
	Sept	-25,8904	8,2958	0,146	-54,848	3,067
	Oct	-66,5381*	10,2124	0,000	-102,436	-30,64
	Nov	-39,3620*	9,6403	0,008	-73,182	-5,542
	Dic	26,8121	7,8665	0,063	-0,606	54,23
	Ene	23,2091	7,9936	0,251	-4,601	51,019
	Feb	3,1318	9,6819	1,000	-30,726	36,99
	Mar	-29,0523	12,0628	0,653	-71,542	13,437
	Abr	-33,0705*	8,3725	0,011	-62,226	-3,915
	Mayo	-37,3523*	9,3511	0,010	-70,017	-4,687
Jul	Jun	-1,4116	7,1076	1,000	-26,124	23,301
	Ago.	-13,6635	8,84	0,999	-44,512	17,185
	Sept	-27,302	8,5155	0,115	-56,986	2,382
	Oct	-67,9497*	10,3916	0,000	-104,408	-31,492
	Nov	-40,7736*	9,83	0,006	-75,195	-6,352
	Dic	25,4005	8,0979	0,138	-2,794	53,595
	Ene	36,8726*	9,3719	0,011	4,247	69,499
	Feb	16,7954	10,8478	0,999	-20,948	54,539
	Mar	-15,3887	13,0172	1,000	-60,887	30,11
	Abr	-19,4069	9,6971	0,935	-53,141	14,327
	Mayo	-23,6887	10,5536	0,793	-60,397	13,02
Ago.	Jun	12,2519	8,6286	1,000	-17,905	42,409
	Jul	13,6635	8,84	0,999	-17,185	44,512
	Sept	-13,6385	9,8208	1,000	-47,81	20,533
	Oct	-54,2862*	11,4857	0,001	-94,316	-14,256
	Nov	-27,11	10,9801	0,599	-65,342	11,122
	Dic	39,0641*	9,461	0,006	6,126	72,002
	Ene	50,5111*	9,0664	0,000	18,966	82,056
Sept	Feb	30,4338	10,585	0,269	-6,417	67,284
	Mar	-1,7503	12,799	1,000	-46,546	43,045

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Abr	-5,7685	9,4022	1,000	-38,468	26,931
	Mayo	-10,0503	10,2833	1,000	-45,833	25,732
	Jun	25,8904	8,2958	0,146	-3,067	54,848
	Jul	27,302	8,5155	0,115	-2,382	56,986
	Ago.	13,6385	9,8208	1,000	-20,533	47,81
	Oct	-40,6477*	11,2378	0,033	-79,851	-1,444
	Nov	-13,4716	10,7206	1,000	-50,826	23,883
	Dic	52,7025*	9,1585	0,000	20,832	84,573
	Ene	91,1588*	10,8476	0,000	53,243	129,075
	Feb	71,0815*	12,1455	0,000	28,826	113,337
	Mar	38,8974	14,1169	0,353	-10,249	88,043
	Abr	34,8792	11,1298	0,141	-3,959	73,718
	Mayo	30,5974	11,8835	0,503	-10,764	71,959
Oct	Jun	66,5381*	10,2124	0,000	30,64	102,436
	Jul	67,9497*	10,3916	0,000	31,492	104,408
	Ago.	54,2862*	11,4857	0,001	14,256	94,316
	Sept	40,6477*	11,2378	0,033	1,444	79,851
	Nov	27,1761	12,2639	0,814	-15,499	69,852
	Dic	93,3502*	10,9247	0,000	55,177	131,523
	Ene	63,9827*	10,3109	0,000	28	99,965
	Feb	43,9054*	11,6686	0,020	3,324	84,487
	Mar	11,7213	13,7087	1,000	-36,053	59,496
	Abr	7,7031	10,6073	1,000	-29,263	44,669
	Mayo	3,4213	11,3956	1,000	-36,218	43,061
Nov	Jun	39,3620*	9,6403	0,008	5,542	73,182
	Jul	40,7736*	9,83	0,006	6,352	75,195
	Ago.	27,11	10,9801	0,599	-11,122	65,342
	Sept	13,4716	10,7206	1,000	-23,883	50,826
	Oct	-27,1761	12,2639	0,814	-69,852	15,499
	Dic	66,1741*	10,392	0,000	29,917	102,431
Dic	Ene	-2,1914	8,6753	1,000	-32,363	27,98

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Feb	-22,2687	10,252	0,844	-58,001	13,464
	Mar	-54,4528*	12,525	0,003	-98,378	-10,528
	Abr	-58,4710*	9,0256	0,000	-89,861	-27,081
	Mayo	-62,7528*	9,9402	0,000	-97,373	-28,132
	Jun	-26,8121	7,8665	0,063	-54,23	0,606
	Jul	-25,4005	8,0979	0,138	-53,595	2,794
	Ago.	-39,0641*	9,461	0,006	-72,002	-6,126
	Sept	-52,7025*	9,1585	0,000	-84,573	-20,832
	Oct	-93,3502*	10,9247	0,000	-131,523	-55,177
	Nov	-66,1741*	10,392	0,000	-102,431	-29,917

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Anexo 10. Comparaciones múltiples de las precipitaciones totales mensuales en Piedecuesta Gja [23190700] ubicada en el municipio Piedecuesta, entre 1972 y 2015

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Feb	-33,4955	14,5847	0,750	-84,436	17,445
	Mar	-81,7227*	16,4182	0,000	-139,289	-24,156
	Abr	-57,0955*	12,6212	0,001	-101,011	-13,18
	Mayo	-78,2886*	12,3015	0,000	-121,074	-35,504
	Jun	-5,6636	11,3483	1,000	-45,115	33,788
Ene	Jul	-6,2	10,3476	1,000	-42,242	29,842
	Ago.	-14,5989	10,7966	1,000	-52,168	22,97
	Sept	-43,8152*	12,4585	0,045	-87,177	-0,453
	Oct	-99,9594*	14,0363	0,000	-148,961	-50,958
	Nov	-60,9827*	12,7768	0,001	-105,475	-16,49
	Dic	11,1918	10,9878	1,000	-27,031	49,414
	Ene	33,4955	14,5847	0,750	-17,445	84,436
	Mar	-48,2273	18,6889	0,498	-113,253	16,799
	Abr	-23,6	15,46	0,999	-77,434	30,234
T3 Dunnett	Mayo	-44,7932	15,2002	0,227	-97,759	8,173
	Jun	27,8318	14,4396	0,958	-22,638	78,301
Feb	Jul	27,2955	13,6671	0,932	-20,726	75,317
	Ago.	18,8965	14,0102	1,000	-30,205	67,998
	Sept	-10,3198	15,3275	1,000	-63,722	43,083
	Oct	-66,4640*	16,6353	0,009	-124,321	-8,607
	Nov	-27,4872	15,5873	0,989	-81,763	26,788
	Dic	44,6872	14,158	0,135	-4,884	94,259
	Ene	81,7227*	16,4182	0,000	24,156	139,289
	Feb	48,2273	18,6889	0,498	-16,799	113,253
	Abr	24,6273	17,2004	1,000	-35,446	84,7
Mar	Mayo	3,4341	16,9673	1,000	-55,883	62,752
	Jun	76,0591*	16,2894	0,001	18,897	133,222
	Jul	75,5227*	15,6087	0,001	20,45	130,595
	Ago.	67,1238*	15,91	0,005	11,133	123,114

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Sept	37,9075	17,0814	0,809	-21,788	97,603
	Oct	-18,2367	18,2641	1,000	-81,845	45,371
	Nov	20,7401	17,3149	1,000	-39,716	81,196
	Dic	92,9145*	16,0403	0,000	36,522	149,307
	Ene	57,0955*	12,6212	0,001	13,18	101,011
	Feb	23,6	15,46	0,999	-30,234	77,434
	Mar	-24,6273	17,2004	1,000	-84,7	35,446
	Mayo	-21,1932	13,3277	0,999	-67,527	25,141
	Jun	51,4318*	12,4532	0,006	8,084	94,779
Abr	Jul	50,8955*	11,5486	0,002	10,542	91,249
	Ago.	42,4965*	11,9526	0,040	0,813	84,181
	Sept	13,2802	13,4727	1,000	-33,574	60,134
	Oct	-42,864	14,9438	0,274	-94,891	9,163
	Nov	-3,8872	13,7675	1,000	-51,768	43,994
	Dic	68,2872*	12,1256	0,000	26,028	110,546
	Ene	78,2886*	12,3015	0,000	35,504	121,074
	Feb	44,7932	15,2002	0,227	-8,173	97,759
	Mar	-3,4341	16,9673	1,000	-62,752	55,883
	Abr	21,1932	13,3277	0,999	-25,141	67,527
	Jun	72,6250*	12,1291	0,000	30,427	114,823
Mayo	Jul	72,0886*	11,1984	0,000	32,997	111,18
	Ago.	63,6897*	11,6146	0,000	23,215	104,164
	Sept	34,4734	13,1737	0,466	-11,342	80,289
	Oct	-21,6708	14,6748	1,000	-72,792	29,45
	Nov	17,306	13,4751	1,000	-29,566	64,178
	Dic	89,4804*	11,7925	0,000	48,409	130,552
	Ene	5,6636	11,3483	1,000	-33,788	45,115
	Feb	-27,8318	14,4396	0,958	-78,301	22,638
Jun	Mar	-76,0591*	16,2894	0,001	-133,222	-18,897
	Abr	-51,4318*	12,4532	0,006	-94,779	-8,084
	Mayo	-72,6250*	12,1291	0,000	-114,823	-30,427

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Jul	-0,5364	10,142	1,000	-35,846	34,773
	Ago.	-8,9353	10,5998	1,000	-45,81	27,939
	Sept	-38,1516	12,2883	0,151	-80,937	4,634
	Oct	-94,2958*	13,8854	0,000	-142,804	-45,787
	Nov	-55,3190*	12,6109	0,002	-99,253	-11,385
	Dic	16,8554	10,7945	0,999	-20,689	54,399
	Ene	6,2	10,3476	1,000	-29,842	42,242
	Feb	-27,2955	13,6671	0,932	-75,317	20,726
	Mar	-75,5227*	15,6087	0,001	-130,595	-20,45
	Abr	-50,8955*	11,5486	0,002	-91,249	-10,542
	Mayo	-72,0886*	11,1984	0,000	-111,18	-32,997
Jul	Jun	0,5364	10,142	1,000	-34,773	35,846
	Ago.	-8,3989	9,5207	1,000	-41,524	24,726
	Sept	-37,6152	11,3706	0,087	-77,357	2,126
	Oct	-93,7594*	13,0803	0,000	-139,695	-47,824
	Nov	-54,7827*	11,7184	0,001	-95,781	-13,785
	Dic	17,3918	9,7369	0,987	-16,498	51,282
	Ene	14,5989	10,7966	1,000	-22,97	52,168
	Feb	-18,8965	14,0102	1,000	-67,998	30,205
	Mar	-67,1238*	15,91	0,005	-123,114	-11,133
	Abr	-42,4965*	11,9526	0,040	-84,181	-0,813
	Mayo	-63,6897*	11,6146	0,000	-104,164	-23,215
Ago.	Jun	8,9353	10,5998	1,000	-27,939	45,81
	Jul	8,3989	9,5207	1,000	-24,726	41,524
	Sept	-29,2163	11,7807	0,589	-70,311	11,879
	Oct	-85,3605*	13,4383	0,000	-132,432	-38,289
	Nov	-46,3837*	12,1168	0,017	-88,685	-4,082
	Dic	25,7907	10,2129	0,547	-9,743	61,324
	Ene	43,8152*	12,4585	0,045	0,453	87,177
Sept	Feb	10,3198	15,3275	1,000	-43,083	63,722
	Mar	-37,9075	17,0814	0,809	-97,603	21,788

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Abr	-13,2802	13,4727	1,000	-60,134	33,574
	Mayo	-34,4734	13,1737	0,466	-80,289	11,342
	Jun	38,1516	12,2883	0,151	-4,634	80,937
	Jul	37,6152	11,3706	0,087	-2,126	77,357
	Ago.	29,2163	11,7807	0,589	-11,879	70,311
	Oct	-56,1442*	14,8066	0,018	-107,722	-4,566
	Nov	-17,1674	13,6185	1,000	-64,551	30,216
	Dic	55,0070*	11,9562	0,001	13,327	96,687
	Ene	99,9594*	14,0363	0,000	50,958	148,961
	Feb	66,4640*	16,6353	0,009	8,607	124,321
	Mar	18,2367	18,2641	1,000	-45,371	81,845
	Abr	42,864	14,9438	0,274	-9,163	94,891
	Mayo	21,6708	14,6748	1,000	-29,45	72,792
Oct	Jun	94,2958*	13,8854	0,000	45,787	142,804
	Jul	93,7594*	13,0803	0,000	47,824	139,695
	Ago.	85,3605*	13,4383	0,000	38,289	132,432
	Sept	56,1442*	14,8066	0,018	4,566	107,722
	Nov	38,9767	15,0754	0,494	-13,512	91,465
	Dic	111,1512*	13,5924	0,000	63,585	158,717
	Ene	60,9827*	12,7768	0,001	16,49	105,475
	Feb	27,4872	15,5873	0,989	-26,788	81,763
	Mar	-20,7401	17,3149	1,000	-81,196	39,716
	Abr	3,8872	13,7675	1,000	-43,994	51,768
	Mayo	-17,306	13,4751	1,000	-64,178	29,566
Nov	Jun	55,3190*	12,6109	0,002	11,385	99,253
	Jul	54,7827*	11,7184	0,001	13,785	95,781
	Ago.	46,3837*	12,1168	0,017	4,082	88,685
	Sept	17,1674	13,6185	1,000	-30,216	64,551
	Oct	-38,9767	15,0754	0,494	-91,465	13,512
	Dic	72,1744*	12,2875	0,000	29,309	115,04
Dic	Ene	-11,1918	10,9878	1,000	-49,414	27,031

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Feb	-44,6872	14,158	0,135	-94,259	4,884
	Mar	-92,9145*	16,0403	0,000	-149,307	-36,522
	Abr	-68,2872*	12,1256	0,000	-110,546	-26,028
	Mayo	-89,4804*	11,7925	0,000	-130,552	-48,409
	Jun	-16,8554	10,7945	0,999	-54,399	20,689
	Jul	-17,3918	9,7369	0,987	-51,282	16,498
	Ago.	-25,7907	10,2129	0,547	-61,324	9,743
	Sept	-55,0070*	11,9562	0,001	-96,687	-13,327
	Oct	-111,1512*	13,5924	0,000	-158,717	-63,585
	Nov	-72,1744*	12,2875	0,000	-115,04	-29,309

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Anexo 11. Comparaciones múltiples de las precipitaciones totales mensuales en Vivero Surata [23195090] ubicada en el municipio Surata, entre 1972 y 2015

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Ene	Feb	-13,8401	5,2626	0,457	-32,248	4,568
	Mar	-53,1793*	8,0958	0,000	-81,869	-24,489
	Abr	-123,2824*	12,3448	0,000	-167,36	-79,205
	Mayo	-110,6476*	10,066	0,000	-146,481	-74,814
	Jun	-33,1346*	6,3475	0,000	-55,475	-10,794
	Jul	-10,5095	5,4072	0,953	-29,441	8,422
	Ago.	-41,5698*	8,2488	0,000	-70,851	-12,288
	Sept	-94,0266*	6,8317	0,000	-118,152	-69,901
	Oct	-153,5333*	9,2909	0,000	-186,601	-120,465
	Nov	-102,4390*	10,9318	0,000	-141,46	-63,418
	Dic	-26,3642*	7,0065	0,025	-51,126	-1,602
	Ene	13,8401	5,2626	0,457	-4,568	32,248
T3 Dunnett	Mar	-39,3392*	8,8015	0,002	-70,181	-8,497
	Abr	-109,4422*	12,8186	0,000	-154,868	-64,017
	Mayo	-96,8075*	10,6418	0,000	-134,328	-59,287
	Jun	-19,2945	7,226	0,421	-44,463	5,874
	Jul	3,3306	6,4157	1,000	-18,974	25,635
	Ago.	-27,7297	8,9424	0,159	-59,11	3,651
	Sept	-80,1864*	7,6548	0,000	-106,909	-53,464
	Oct	-139,6932*	9,9119	0,000	-174,598	-104,789
	Nov	-88,5989*	11,4643	0,000	-129,153	-48,045
	Dic	-12,524	7,8112	0,998	-39,81	14,762
	Ene	53,1793*	8,0958	0,000	24,489	81,869
	Mar	Feb	39,3392*	8,8015	0,002	8,497
Abr		-70,1031*	14,2185	0,000	-119,837	-20,369
Mayo		-57,4683*	12,2921	0,001	-100,28	-14,657
Jun		20,0447	9,4901	0,881	-13,033	53,122
Jul		42,6698*	8,8887	0,001	11,551	73,789
Ago.		11,6095	10,8542	1,000	-26,14	49,359

	Sept	-40,8473*	9,8206	0,005	-75,039	-6,655
	Oct	-100,3541*	11,6659	0,000	-140,962	-59,747
	Nov	-49,2597*	13,0106	0,019	-94,674	-3,845
	Dic	26,8151	9,9429	0,399	-7,791	61,422
	Ene	123,2824*	12,3448	0,000	79,205	167,36
	Feb	109,4422*	12,8186	0,000	64,017	154,868
	Mar	70,1031*	14,2185	0,000	20,369	119,837
	Mayo	12,6348	15,4255	1,000	-41,072	66,342
	Jun	90,1478*	13,3009	0,000	43,286	137,01
Abr	Jul	112,7728*	12,8787	0,000	67,172	158,374
	Ago.	81,7126*	14,3061	0,000	31,689	131,736
	Sept	29,2558	13,5386	0,847	-18,338	76,85
	Oct	-30,251	14,9313	0,924	-82,32	21,818
	Nov	20,8434	16,004	1,000	-34,839	76,526
	Dic	96,9182*	13,6276	0,000	49,048	144,788
	Ene	110,6476*	10,066	0,000	74,814	146,481
	Feb	96,8075*	10,6418	0,000	59,287	134,328
	Mar	57,4683*	12,2921	0,001	14,657	100,28
	Abr	-12,6348	15,4255	1,000	-66,342	41,072
	Jun	77,5130*	11,218	0,000	38,208	116,818
Mayo	Jul	100,1381*	10,7141	0,000	62,399	137,877
	Ago.	69,0778*	12,3934	0,000	25,916	112,24
	Sept	16,621	11,4989	1,000	-23,588	56,83
	Oct	-42,8858	13,1101	0,094	-88,487	2,716
	Nov	8,2086	14,3199	1,000	-41,609	58,026
	Dic	84,2834*	11,6036	0,000	43,736	124,831
	Ene	33,1346*	6,3475	0,000	10,794	55,475
	Feb	19,2945	7,226	0,421	-5,874	44,463
	Mar	-20,0447	9,4901	0,881	-53,122	13,033
	Abr	-90,1478*	13,3009	0,000	-137,01	-43,286
Jun	Mayo	-77,5130*	11,218	0,000	-116,818	-38,208
	Jul	22,6251	7,3319	0,158	-2,899	48,149
	Ago.	-8,4352	9,621	1,000	-42,004	25,134
	Sept	-60,8920*	8,4375	0,000	-90,245	-31,539
	Oct	-120,3988*	10,5281	0,000	-157,239	-83,559

	Nov	-69,3044*	12,001	0,000	-111,488	-27,121
	Dic	6,7704	8,5796	1,000	-23,084	36,625
	Ene	10,5095	5,4072	0,953	-8,422	29,441
	Feb	-3,3306	6,4157	1,000	-25,635	18,974
	Mar	-42,6698*	8,8887	0,001	-73,789	-11,551
	Abr	-112,7728*	12,8787	0,000	-158,374	-67,172
	Mayo	-100,1381*	10,7141	0,000	-137,877	-62,399
Jul	Jun	-22,6251	7,3319	0,158	-48,149	2,899
	Ago.	-31,0603	9,0283	0,061	-62,712	0,591
	Sept	-83,5170*	7,7549	0,000	-110,57	-56,465
	Oct	-143,0238*	9,9894	0,000	-178,166	-107,881
	Nov	-91,9295*	11,5313	0,000	-132,683	-51,176
	Dic	-15,8547	7,9093	0,932	-43,462	11,753
	Ene	41,5698*	8,2488	0,000	12,288	70,851
	Feb	27,7297	8,9424	0,159	-3,651	59,11
	Mar	-11,6095	10,8542	1,000	-49,359	26,14
	Abr	-81,7126*	14,3061	0,000	-131,736	-31,689
	Mayo	-69,0778*	12,3934	0,000	-112,24	-25,916
Ago.	Jun	8,4352	9,621	1,000	-25,134	42,004
	Jul	31,0603	9,0283	0,061	-0,591	62,712
	Sept	-52,4568*	9,9471	0,000	-87,119	-17,795
	Oct	-111,9636*	11,7726	0,000	-152,946	-70,981
	Nov	-60,8692*	13,1064	0,001	-106,608	-15,13
	Dic	15,2056	10,0679	1,000	-19,864	50,275
	Ene	94,0266*	6,8317	0,000	69,901	118,152
	Feb	80,1864*	7,6548	0,000	53,464	106,909
	Mar	40,8473*	9,8206	0,005	6,655	75,039
	Abr	-29,2558	13,5386	0,847	-76,85	18,338
	Mayo	-16,621	11,4989	1,000	-56,83	23,588
Sept	Jun	60,8920*	8,4375	0,000	31,539	90,245
	Jul	83,5170*	7,7549	0,000	56,465	110,57
	Ago.	52,4568*	9,9471	0,000	17,795	87,119
	Oct	-59,5068*	10,8269	0,000	-97,323	-21,691
	Nov	-8,4124	12,264	1,000	-51,424	34,599
	Dic	67,6624*	8,9438	0,000	36,545	98,78

	Ene	153,5333*	9,2909	0,000	120,465	186,601
	Feb	139,6932*	9,9119	0,000	104,789	174,598
	Mar	100,3541*	11,6659	0,000	59,747	140,962
	Abr	30,251	14,9313	0,924	-21,818	82,32
	Mayo	42,8858	13,1101	0,094	-2,716	88,487
Oct	Jun	120,3988*	10,5281	0,000	83,559	157,239
	Jul	143,0238*	9,9894	0,000	107,881	178,166
	Ago.	111,9636*	11,7726	0,000	70,981	152,946
	Sept	59,5068*	10,8269	0,000	21,691	97,323
	Nov	51,0943*	13,7861	0,024	3,081	99,108
	Dic	127,1692*	10,938	0,000	88,988	165,35
	Ene	102,4390*	10,9318	0,000	63,418	141,46
	Feb	88,5989*	11,4643	0,000	48,045	129,153
	Mar	49,2597*	13,0106	0,019	3,845	94,674
	Abr	-20,8434	16,004	1,000	-76,526	34,839
	Mayo	-8,2086	14,3199	1,000	-58,026	41,609
Nov	Jun	69,3044*	12,001	0,000	27,121	111,488
	Jul	91,9295*	11,5313	0,000	51,176	132,683
	Ago.	60,8692*	13,1064	0,001	15,13	106,608
	Sept	8,4124	12,264	1,000	-34,599	51,424
	Oct	-51,0943*	13,7861	0,024	-99,108	-3,081
	Dic	76,0748*	12,3622	0,000	32,752	119,398
	Ene	26,3642*	7,0065	0,025	1,602	51,126
	Feb	12,524	7,8112	0,998	-14,762	39,81
	Mar	-26,8151	9,9429	0,399	-61,422	7,791
	Abr	-96,9182*	13,6276	0,000	-144,788	-49,048
	Mayo	-84,2834*	11,6036	0,000	-124,831	-43,736
Dic	Jun	-6,7704	8,5796	1,000	-36,625	23,084
	Jul	15,8547	7,9093	0,932	-11,753	43,462
	Ago.	-15,2056	10,0679	1,000	-50,275	19,864
	Sept	-67,6624*	8,9438	0,000	-98,78	-36,545
	Oct	-127,1692*	10,938	0,000	-165,35	-88,988
	Nov	-76,0748*	12,3622	0,000	-119,398	-32,752

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Anexo 12. Comparaciones múltiples de las precipitaciones totales mensuales en Cachiri [23195200] ubicada en el municipio Surata, entre 1972 y 2015.

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza		
					Límite inferior	Límite superior	
Ene	Feb	-16,0591	8,4791	0,964	-45,943	13,825	
	Mar	-39,4205*	6,8884	0,000	-63,535	-15,306	
	Abr	-123,8295*	13,3565	0,000	-171,407	-76,252	
	Mayo	-127,3182*	11,7115	0,000	-168,936	-85,701	
	Jun	-46,3591*	7,2934	0,000	-71,94	-20,779	
	Jul	-24,9091	7,5725	0,096	-51,502	1,684	
	Ago.	-68,0719*	9,8127	0,000	-102,841	-33,303	
	Sept	-115,8626*	9,0001	0,000	-147,675	-84,05	
	Oct	-167,5323*	13,6545	0,000	-216,255	-118,81	
	Nov	-91,2114*	9,9529	0,000	-126,491	-55,932	
	Dic	-16,0347	6,3871	0,562	-38,356	6,287	
	T3 Dunnett	Ene	16,0591	8,4791	0,964	-13,825	45,943
Mar		-23,3614	9,6741	0,648	-57,069	10,346	
Abr		-107,7705*	14,9845	0,000	-160,255	-55,286	
Mayo		-111,2591*	13,5387	0,000	-158,524	-63,994	
Jun		-30,3	9,9665	0,178	-64,988	4,388	
Feb		Jul	-8,85	10,1726	1,000	-44,237	26,537
		Ago.	-52,0128*	11,9343	0,002	-93,564	-10,462
		Sept	-99,8035*	11,2757	0,000	-139,026	-60,581
		Oct	-151,4733*	15,2507	0,000	-204,969	-97,978
		Nov	-75,1523*	12,0498	0,000	-117,114	-33,191
		Dic	0,0244	9,3238	1,000	-32,533	32,581
Mar		Ene	39,4205*	6,8884	0,000	15,306	63,535
	Feb	23,3614	9,6741	0,648	-10,346	57,069	
	Abr	-84,4091*	14,1453	0,000	-134,291	-34,527	
	Mayo	-87,8977*	12,6036	0,000	-132,182	-43,614	
	Jun	-6,9386	8,6537	1,000	-37,028	23,15	
	Jul	14,5114	8,8902	0,998	-16,41	45,433	
	Ago.	-28,6514	10,862	0,451	-66,658	9,356	

	Sept	-76,4421*	10,1339	0,000	-111,822	-41,063
	Oct	-128,1119*	14,4271	0,000	-179,073	-77,151
	Nov	-51,7910*	10,9888	0,001	-90,257	-13,325
	Dic	23,3858	7,905	0,219	-4,114	50,885
	Ene	123,8295*	13,3565	0,000	76,252	171,407
	Feb	107,7705*	14,9845	0,000	55,286	160,255
	Mar	84,4091*	14,1453	0,000	34,527	134,291
	Mayo	-3,4886	17,0235	1,000	-62,708	55,731
	Jun	77,4705*	14,3469	0,000	26,976	127,965
Abr	Jul	98,9205*	14,4908	0,000	47,983	149,858
	Ago.	55,7577*	15,7775	0,044	0,7	110,815
	Sept	7,967	15,2854	1,000	-45,487	61,421
	Oct	-43,7028	18,4143	0,685	-107,745	20,339
	Nov	32,6181	15,865	0,910	-22,728	87,964
	Dic	107,7949*	13,9081	0,000	58,621	156,969
	Ene	127,3182*	11,7115	0,000	85,701	168,936
	Feb	111,2591*	13,5387	0,000	63,994	158,524
	Mar	87,8977*	12,6036	0,000	43,614	132,182
	Abr	3,4886	17,0235	1,000	-55,731	62,708
	Jun	80,9591*	12,8294	0,000	35,97	125,948
Mayo	Jul	102,4091*	12,9902	0,000	56,912	147,906
	Ago.	59,2463*	14,4115	0,006	9,069	109,423
	Sept	11,4556	13,871	1,000	-36,912	59,823
	Oct	-40,2142	17,2583	0,723	-100,297	19,869
	Nov	36,1068	14,5073	0,581	-14,394	86,608
	Dic	111,2835*	12,3368	0,000	67,816	154,751
	Ene	46,3591*	7,2934	0,000	20,779	71,94
	Feb	30,3	9,9665	0,178	-4,388	64,988
	Mar	6,9386	8,6537	1,000	-23,15	37,028
	Abr	-77,4705*	14,3469	0,000	-127,965	-26,976
Jun	Mayo	-80,9591*	12,8294	0,000	-125,948	-35,97
	Jul	21,45	9,2076	0,723	-10,561	53,461
	Ago.	-21,7128	11,1232	0,951	-60,566	17,14
	Sept	-69,5035*	10,4134	0,000	-105,806	-33,201
	Oct	-121,1733*	14,6247	0,000	-172,731	-69,616

	Nov	-44,8523*	11,247	0,010	-84,152	-5,552
	Dic	30,3244*	8,2602	0,027	1,57	59,079
	Ene	24,9091	7,5725	0,096	-1,684	51,502
	Feb	8,85	10,1726	1,000	-26,537	44,237
	Mar	-14,5114	8,8902	0,998	-45,433	16,41
	Abr	-98,9205*	14,4908	0,000	-149,858	-47,983
	Mayo	-102,4091*	12,9902	0,000	-147,906	-56,912
Jul	Jun	-21,45	9,2076	0,723	-53,461	10,561
	Ago.	-43,1628*	11,3082	0,017	-82,623	-3,703
	Sept	-90,9535*	10,6108	0,000	-127,916	-53,991
	Oct	-142,6233*	14,7659	0,000	-194,611	-90,635
	Nov	-66,3023*	11,4301	0,000	-106,2	-26,404
	Dic	8,8744	8,5077	1,000	-20,76	38,509
	Ene	68,0719*	9,8127	0,000	33,303	102,841
	Feb	52,0128*	11,9343	0,002	10,462	93,564
	Mar	28,6514	10,862	0,451	-9,356	66,658
	Abr	-55,7577*	15,7775	0,044	-110,815	-0,7
	Mayo	-59,2463*	14,4115	0,006	-109,423	-9,069
Ago.	Jun	21,7128	11,1232	0,951	-17,14	60,566
	Jul	43,1628*	11,3082	0,017	3,703	82,623
	Sept	-47,7907*	12,3099	0,013	-90,633	-4,948
	Oct	-99,4605*	16,0306	0,000	-155,468	-43,453
	Nov	-23,1395	13,0227	0,988	-68,447	22,168
	Dic	52,0372*	10,5512	0,000	15,015	89,059
	Ene	115,8626*	9,0001	0,000	84,05	147,675
	Feb	99,8035*	11,2757	0,000	60,581	139,026
	Mar	76,4421*	10,1339	0,000	41,063	111,822
	Abr	-7,967	15,2854	1,000	-61,421	45,487
	Mayo	-11,4556	13,871	1,000	-59,823	36,912
Sept	Jun	69,5035*	10,4134	0,000	33,201	105,806
	Jul	90,9535*	10,6108	0,000	53,991	127,916
	Ago.	47,7907*	12,3099	0,013	4,948	90,633
	Oct	-51,6698	15,5464	0,085	-106,111	2,771
	Nov	24,6512	12,422	0,941	-18,586	67,889
	Dic	99,8279*	9,8	0,000	65,527	134,128

	Ene	167,5323*	13,6545	0,000	118,81	216,255
	Feb	151,4733*	15,2507	0,000	97,978	204,969
	Mar	128,1119*	14,4271	0,000	77,151	179,073
	Abr	43,7028	18,4143	0,685	-20,339	107,745
	Mayo	40,2142	17,2583	0,723	-19,869	100,297
Oct	Jun	121,1733*	14,6247	0,000	69,616	172,731
	Jul	142,6233*	14,7659	0,000	90,635	194,611
	Ago.	99,4605*	16,0306	0,000	43,453	155,468
	Sept	51,6698	15,5464	0,085	-2,771	106,111
	Nov	76,3209*	16,1167	0,001	20,031	132,61
	Dic	151,4977*	14,1945	0,000	101,225	201,771
	Ene	91,2114*	9,9529	0,000	55,932	126,491
	Feb	75,1523*	12,0498	0,000	33,191	117,114
	Mar	51,7910*	10,9888	0,001	13,325	90,257
	Abr	-32,6181	15,865	0,910	-87,964	22,728
	Mayo	-36,1068	14,5073	0,581	-86,608	14,394
Nov	Jun	44,8523*	11,247	0,010	5,552	84,152
	Jul	66,3023*	11,4301	0,000	26,404	106,2
	Ago.	23,1395	13,0227	0,988	-22,168	68,447
	Sept	-24,6512	12,422	0,941	-67,889	18,586
	Oct	-76,3209*	16,1167	0,001	-132,61	-20,031
	Dic	75,1767*	10,6817	0,000	37,681	112,672
	Ene	16,0347	6,3871	0,562	-6,287	38,356
	Feb	-0,0244	9,3238	1,000	-32,581	32,533
	Mar	-23,3858	7,905	0,219	-50,885	4,114
	Abr	-107,7949*	13,9081	0,000	-156,969	-58,621
	Mayo	-111,2835*	12,3368	0,000	-154,751	-67,816
Dic	Jun	-30,3244*	8,2602	0,027	-59,079	-1,57
	Jul	-8,8744	8,5077	1,000	-38,509	20,76
	Ago.	-52,0372*	10,5512	0,000	-89,059	-15,015
	Sept	-99,8279*	9,8	0,000	-134,128	-65,527
	Oct	-151,4977*	14,1945	0,000	-201,771	-101,225
	Nov	-75,1767*	10,6817	0,000	-112,672	-37,681

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

Anexo 13. Comparaciones múltiples de las precipitaciones totales mensuales en Berlín [37015020] ubicada en el municipio Tona, entre 1972 y 2015

(I) month	(J) month	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza		
					Límite inferior	Límite superior	
Ene	Feb	-14,4706	4,5941	0,152	-30,823	1,882	
	Mar	-26,9001*	4,394	0,000	-42,528	-11,273	
	Abr	-76,8501*	8,0683	0,000	-105,75	-47,95	
	Mayo	-75,1570*	6,6921	0,000	-99,093	-51,221	
	Jun	-49,3683*	4,1414	0,000	-64,08	-34,657	
	Jul	-40,1751*	3,0393	0,000	-50,886	-29,464	
	Ago.	-52,2181*	6,1129	0,000	-74,094	-30,342	
	Sept	-74,9157*	5,4968	0,000	-94,562	-55,27	
	Oct	-84,5483*	5,8085	0,000	-105,323	-63,773	
	Nov	-43,2560*	5,3035	0,000	-62,202	-24,31	
	Dic	-7,539	2,7605	0,379	-17,247	2,169	
	T3 Dunnett	Ene	14,4706	4,5941	0,152	-1,882	30,823
Mar		-12,4295	6,0896	0,919	-33,601	8,741	
Abr		-62,3795*	9,1034	0,000	-94,326	-30,433	
Mayo		-60,6864*	7,9095	0,000	-88,314	-33,058	
Jun		-34,8977*	5,9099	0,000	-55,451	-14,344	
Feb		Jul	-25,7045*	5,1974	0,000	-43,889	-7,52
		Ago.	-37,7475*	7,4258	0,000	-63,655	-11,84
		Sept	-60,4451*	6,9275	0,000	-84,57	-36,32
		Oct	-70,0777*	7,1774	0,000	-95,094	-45,061
		Nov	-28,7854*	6,7751	0,004	-52,369	-5,202
		Dic	6,9316	5,0395	1,000	-10,755	24,618
Mar		Ene	26,9001*	4,394	0,000	11,273	42,528
	Feb	12,4295	6,0896	0,919	-8,741	33,601	
	Abr	-49,9500*	9,0042	0,000	-81,587	-18,313	
	Mayo	-48,2568*	7,795	0,000	-75,515	-20,999	
	Jun	-22,4682*	5,7558	0,012	-42,48	-2,457	
	Jul	-13,275	5,0214	0,445	-30,825	4,275	
	Ago.	-25,3179	7,3037	0,054	-50,824	0,188	

	Sept	-48,0156*	6,7965	0,000	-71,701	-24,33
	Oct	-57,6482*	7,051	0,000	-82,245	-33,051
	Nov	-16,3558	6,6411	0,605	-39,487	6,775
	Dic	19,3612*	4,8578	0,011	2,333	36,389
	Ene	76,8501*	8,0683	0,000	47,95	105,75
	Feb	62,3795*	9,1034	0,000	30,433	94,326
	Mar	49,9500*	9,0042	0,000	18,313	81,587
	Mayo	1,6932	10,3224	1,000	-34,234	37,621
	Jun	27,4818	8,8836	0,165	-3,784	58,747
Abr	Jul	36,6750*	8,4264	0,004	6,772	66,578
	Ago.	24,6321	9,9566	0,595	-10,078	59,342
	Sept	1,9344	9,5907	1,000	-31,572	35,441
	Oct	-7,6982	9,7727	1,000	-41,8	26,404
	Nov	33,5942*	9,4813	0,043	0,443	66,746
	Dic	69,3112*	8,3299	0,000	39,684	98,938
	Ene	75,1570*	6,6921	0,000	51,221	99,093
	Feb	60,6864*	7,9095	0,000	33,058	88,314
	Mar	48,2568*	7,795	0,000	20,999	75,515
	Abr	-1,6932	10,3224	1,000	-37,621	34,234
	Jun	25,7886	7,6554	0,075	-1,023	52,6
Mayo	Jul	34,9818*	7,1198	0,001	9,822	60,142
	Ago.	22,9389	8,8782	0,495	-7,944	53,821
	Sept	0,2412	8,4658	1,000	-29,237	29,719
	Oct	-9,3913	8,6714	1,000	-39,567	20,784
	Nov	31,9010*	8,3416	0,017	2,841	60,961
	Dic	67,6180*	7,0054	0,000	42,794	92,442
	Ene	49,3683*	4,1414	0,000	34,657	64,08
	Feb	34,8977*	5,9099	0,000	14,344	55,451
	Mar	22,4682*	5,7558	0,012	2,457	42,48
	Abr	-27,4818	8,8836	0,165	-58,747	3,784
Jun	Mayo	-25,7886	7,6554	0,075	-52,6	1,023
	Jul	9,1932	4,8019	0,962	-7,566	25,952
	Ago.	-2,8497	7,1546	1,000	-27,871	22,171
	Sept	-25,5474*	6,6359	0,016	-48,7	-2,395
	Oct	-35,1800*	6,8964	0,000	-59,269	-11,091

	Nov	6,1124	6,4768	1,000	-16,469	28,694
	Dic	41,8293*	4,6305	0,000	25,623	58,035
	Ene	40,1751*	3,0393	0,000	29,464	50,886
	Feb	25,7045*	5,1974	0,000	7,52	43,889
	Mar	13,275	5,0214	0,445	-4,275	30,825
	Abr	-36,6750*	8,4264	0,004	-66,578	-6,772
	Mayo	-34,9818*	7,1198	0,001	-60,142	-9,822
Jul	Jun	-9,1932	4,8019	0,962	-25,952	7,566
	Ago.	-12,0429	6,5783	0,977	-35,261	11,175
	Sept	-34,7406*	6,0101	0,000	-55,891	-13,59
	Oct	-44,3732*	6,2965	0,000	-66,566	-22,18
	Nov	-3,0808	5,8339	1,000	-23,591	17,429
	Dic	32,6362*	3,678	0,000	19,84	45,432
	Ene	52,2181*	6,1129	0,000	30,342	74,094
	Feb	37,7475*	7,4258	0,000	11,84	63,655
	Mar	25,3179	7,3037	0,054	-0,188	50,824
	Abr	-24,6321	9,9566	0,595	-59,342	10,078
	Mayo	-22,9389	8,8782	0,495	-53,821	7,944
Ago.	Jun	2,8497	7,1546	1,000	-22,171	27,871
	Jul	12,0429	6,5783	0,977	-11,175	35,261
	Sept	-22,6977	8,0157	0,298	-50,597	5,202
	Oct	-32,3302*	8,2326	0,011	-60,975	-3,685
	Nov	8,9621	7,8844	1,000	-18,489	36,414
	Dic	44,6791*	6,4543	0,000	21,83	67,528
	Ene	74,9157*	5,4968	0,000	55,27	94,562
	Feb	60,4451*	6,9275	0,000	36,32	84,57
	Mar	48,0156*	6,7965	0,000	24,33	71,701
	Abr	-1,9344	9,5907	1,000	-35,441	31,572
	Mayo	-0,2412	8,4658	1,000	-29,719	29,237
Sept	Jun	25,5474*	6,6359	0,016	2,395	48,7
	Jul	34,7406*	6,0101	0,000	13,59	55,891
	Ago.	22,6977	8,0157	0,298	-5,202	50,597
	Oct	-9,6326	7,7861	1,000	-36,724	17,459
	Nov	31,6598*	7,417	0,003	5,854	57,465
	Dic	67,3767*	5,8741	0,000	46,639	88,115

	Ene	84,5483*	5,8085	0,000	63,773	105,323
	Feb	70,0777*	7,1774	0,000	45,061	95,094
	Mar	57,6482*	7,051	0,000	33,051	82,245
	Abr	7,6982	9,7727	1,000	-26,404	41,8
	Mayo	9,3913	8,6714	1,000	-20,784	39,567
Oct	Jun	35,1800*	6,8964	0,000	11,091	59,269
	Jul	44,3732*	6,2965	0,000	22,18	66,566
	Ago.	32,3302*	8,2326	0,011	3,685	60,975
	Sept	9,6326	7,7861	1,000	-17,459	36,724
	Nov	41,2923*	7,6509	0,000	14,666	67,919
	Dic	77,0093*	6,1668	0,000	55,206	98,813
	Ene	43,2560*	5,3035	0,000	24,31	62,202
	Feb	28,7854*	6,7751	0,004	5,202	52,369
	Mar	16,3558	6,6411	0,605	-6,775	39,487
	Abr	-33,5942*	9,4813	0,043	-66,746	-0,443
	Mayo	-31,9010*	8,3416	0,017	-60,961	-2,841
Nov	Jun	-6,1124	6,4768	1,000	-28,694	16,469
	Jul	3,0808	5,8339	1,000	-17,429	23,591
	Ago.	-8,9621	7,8844	1,000	-36,414	18,489
	Sept	-31,6598*	7,417	0,003	-57,465	-5,854
	Oct	-41,2923*	7,6509	0,000	-67,919	-14,666
	Dic	35,7170*	5,6937	0,000	15,635	55,799
	Ene	7,539	2,7605	0,379	-2,169	17,247
	Feb	-6,9316	5,0395	1,000	-24,618	10,755
	Mar	-19,3612*	4,8578	0,011	-36,389	-2,333
	Abr	-69,3112*	8,3299	0,000	-98,938	-39,684
	Mayo	-67,6180*	7,0054	0,000	-92,442	-42,794
Dic	Jun	-41,8293*	4,6305	0,000	-58,035	-25,623
	Jul	-32,6362*	3,678	0,000	-45,432	-19,84
	Ago.	-44,6791*	6,4543	0,000	-67,528	-21,83
	Sept	-67,3767*	5,8741	0,000	-88,115	-46,639
	Oct	-77,0093*	6,1668	0,000	-98,813	-55,206
	Nov	-35,7170*	5,6937	0,000	-55,799	-15,635

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IDEAM. 2016

WWW.CABILDOVERDE.ORG

cabildoverde@cabildoverde.org

Telefax: (57) (7) 6293055

Carrera 11 N° 14 – 75

Sabana de Torres - Santander – Colombia

ISO 9001-2008

BUREAU VERITAS
Certification

CO239687



ISO 14001-2004

BUREAU VERITAS
Certification

CO239688



ISO 18001-2007

BUREAU VERITAS
Certification

CO239689

