

***CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO MANZANARES Y  
EVALUACIÓN DE SU DISPONIBILIDAD HIDRICA***

***EDAIMEN DE ARCO RODRIGUEZ  
DAVID DE LEÓN PÉREZ***

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

***UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL  
SANTA MARTA D.T.C.H.***

***2006***

**CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO MANZANARES Y  
EVALUACIÓN DE SU DISPONIBILIDAD HIDRICA**

**EDAIMEN DE ARCO RODRIGUEZ**

**DAVID DE LEÓN PÉREZ**

AUTORES

**NELSON MARTÍNEZ ESCORCIA**

INGENIERO CIVIL ESPECIALISTA EN HIDRAULICA DE RIOS Y COSTAS

DIRECTOR DEL PROYECTO

**ROBERTO MONTIEL RODRÍGUEZ**

INGENIERO HIDRAULICO, Msc DE LA INGENIERIA ESPEICIALIZA CENTRALES DE  
GENERACION HIDROELECTRICA Y OBRAS DE RIOS

JURADO ASESOR

**FERNANDO ARRIETA**

INGENIERO CIVIL, MAGISTER EN INGENIERIA

JURADO

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL**

**SANTA MARTA D.T.C.H.**

**2006**

## **TABLA DE CONTENIDO**

	<i>Pág.</i>
<i>INTRODUCCION</i>	1
<i>1. AGUA UN DERECHO PÚBLICO</i>	12
<i>1.1 Hechos Y Cifras Significativas Del Agua A Nivel Mundial</i>	19
<i>2. MARCO LEGAL Y JURÍDICO (FUENTE SIAC, IDEAM).</i>	30
<i>3. NIÑO Y LA NIÑA EN COLOMBIA</i>	40
<i>3.1 EFECTOS ENSO SEGÚN EL IDEAM</i>	40
<i>3.2 EVENTO FRÍO LA NIÑA.</i>	42
<i>3.3 VARIABILIDAD CLIMÁTICA, NORMALIDAD Y ENSO</i>	45
<i>3.4 LOS DESASTRES EN RELACIÓN CON “ENSO”</i>	47
<i>3.5 EFECTOS POSITIVOS.</i>	49
<i>4. OBJETIVO</i>	56
<i>4.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO:</i>	56
<i>4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	56
<i>5. RECOPIACIÓN E INTERPRETACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE</i>	57
<i>5.1 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA:</i>	58
<i>5.2 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA:</i>	59
<i>5.3 MATERIALES UTILIZADOS</i>	60
<i>6. METODOLOGÍA EMPLEADA</i>	61
<i>7. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA</i>	62
<i>7.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA:</i>	63
<i>7.2 GEOMORFOLOGÍA DE LA CUENCA</i>	64
<i>7.3 SISTEMA DE DRENAJE:</i>	69
<i>7.4 CARACTERÍSTICAS DEL RELIEVE:</i>	70
<i>7.5 CURVA HIPSOMÉTRICA</i>	72
<i>7.6 ELEVACIÓN MEDIA</i>	74
<i>7.7 PERFIL DE LA CORRIENTE PRINCIPAL</i>	75
<i>7.8 RECTÁNGULO EQUIVALENTE</i>	78
<i>8. ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN</i>	79

8.1 ESTADÍSTICA HIDROLÓGICA	80
8.2 CALCULO DE EVENTOS EXTREMOS	82
8.3 PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE	90
8.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES	92
9. PRECIPITACIÓN MEDIA SOBRE LA CUENCA	103
9.1 LLUVIA MEDIA	103
10. GENESIS DE LA LLUVIA EN COLOMBIA	106
10.1. ABASTECIMIENTO DE AGUA POR CIUDADES CAPITALES	107
11 ESCORRENTÍA SUPERFICIAL	108
11.1 LA ESCORRENTIA EN COLOMBIA	108
11.2 INFILTRACIÓN	109
11.3 MÉTODO DEL SCS PARA INFILTRACIÓN	109
11.4 Clasificación Hidrológica de los Suelos	112
11.5 Uso y tratamiento del suelo	113
11.6 Cobertura Vegetal	115
11.7 Condiciones de la Superficie del Terreno	118
12. CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN FRECUENCIA (I-D-F):	121
13. HIDROGRAMA	122
13.1 HIDROGRÁMA UNITARIO ADIMENSIONAL DE WILLIANS Y HANN	122
13.2 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (TC)	128
13.3 TIEMPO DE RETARDO ( $T_R$ ):	128
14. INDICE DE ARIDEZ	129
15. BALANCE HIDRICO	136
16. MODELACIÓN HIDROLÓGICA	147
16.1 HIDROSIG JAVA	147
16.2 Resultado De La Modelación En El Software HydroSIG	149
17. EVALUACIÓN HIDRICA	164
18 ANÁLISIS DE LAS SERIES DE TIEMPO (ANSET)	180
CONCLUSIONES	183
RECOMENDACIONES	184
BIBLIOGRAFIA	186
ANEXOS	189

## **LISTA DE GRÁFICOS**

	<b>Pág.</b>
<i>Grafico 1. Distribución del Agua a Nivel mundial (fuente CORTOLIMA)</i>	1
<i>Grafico 2. Distribución del Agua Dulce a Nivel Mundial (fuente CORTOLIMA)</i>	2
<i>Grafico 3. Ciclo Hidrológico (fuente <a href="http://www.ciencia.nasa.gov">www.ciencia.nasa.gov</a>)</i>	3
<i>Grafico 4, Caudales Vs Descarga de Contaminantes</i>	4
<i>Grafico 5, Vista aérea de Santa Marta D.T.C.H. (Fuente Google Earth)</i>	8
<i>Grafico 6, Vista aérea de Santa Marta D.T.C.H. (Fuente Google Earth)</i>	9
<i>Grafico 7, ubicación de la estaciones en la cuenca del Río Manzanares.</i>	10
<i>Grafico 8, Reportes de marejadas 1980 – 2001</i>	47
<i>Grafico 9, Histograma mensual de reportes de desastres por inundaciones, deslizamientos y Avenidas, 1990 – 2001.</i>	48
<i>Grafico 10. Cuenca del Río Manzanares</i>	59
<i>Grafico 11. Ubicación de las estaciones en la Cuenca Manzanares</i>	60
<i>Grafico 12 Método de las Cuadrículas</i>	72
<i>Grafico 13. Curva Hipsométrica Cuenca Manzanares</i>	74
<i>Grafico 14. Curva Hipsométrica y Elevación Media Cuenca Manzanares</i>	75

<i>Grafico 15. Perfil de la corriente Río Manzanares</i>	<i>77</i>
<i>Grafico 16, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Enero</i>	<i>96</i>
<i>Grafico 17, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de febrero</i>	<i>97</i>
<i>Grafico 18, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Marzo</i>	<i>97</i>
<i>Grafico 19, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Abril</i>	<i>98</i>
<i>Grafico 20, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Mayo</i>	<i>98</i>
<i>Grafico 21, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Junio</i>	<i>99</i>
<i>Grafico 22, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Julio</i>	<i>99</i>
<i>Grafico 23, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Agosto</i>	<i>100</i>
<i>Grafico 24, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Agosto</i>	<i>100</i>
<i>Grafico 25, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Octubre</i>	<i>101</i>
<i>Grafico 26, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Noviembre</i>	<i>101</i>
<i>Grafico 27, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Diciembre</i>	<i>102</i>
<i>Grafico 28. Triangulación de las estaciones</i>	<i>105</i>
<i>Grafico 29. Polígonos de Thiessen, Área de Influencia, Cuenca Río Manzanares</i>	<i>106</i>

<i>Grafico 30, .tasa de Precipitación versus tiempo.</i>	110
<i>Grafico 31. Calculo de la precipitación efectiva método SCS.</i>	111
<i>Grafico 32. Vegetación en la cuenca Manzanares. Fuente Pro-sierra</i>	118
<i>Grafico 33, Hidrográma Unitario Adimensional De Willians Y Hann</i>	124
<i>Grafico34. Hidrográma Unitario de la Cuenca del Río Manzanares</i>	127
<i>Grafico 35, Modelación hidrológica cuenca Manzanares punto de calibración P. de los mangos</i>	141
<i>Grafico 36, caudales Multianuales. Estación Bocatoma</i>	142
<i>Grafico 37, modelación hidrológica cuenca Manzanares punto de calibración P. de los mangos</i>	142
<i>Grafico 38, modelación hidrológica cuenca Manzanares punto de calibración Q. de San Pedro</i>	144
<i>Grafico 39, caudales Multianuales. Quinta de San Pedro 2000 – 2005</i>	144
<i>Grafico 40, modelación hidrológica cuenca Manzanares punto de calibración Q. de San Pedro</i>	145
<i>Grafico 41, modelación hidrológica río Manzanares punto de calibración Desembocadura</i>	146
<i>Grafico 42. Modelo en tres dimensiones de la cuenca del Río Manzanares</i>	149

<i>Grafico 43. MDT procesado en HIDROSIG con el Río Manzanares y su cuenca trazados incluyendo las cuencas en los puntos de calibración.</i>	150
<i>Grafico 44, Reporte Geomorfológico HidroSIG java para la cuenca Manzanares</i>	151
<i>Grafico 45, Reporte Geomorfológico HidroSIG java para la cuenca del Río Manzanares con cierre en el paso de los mangos</i>	152
<i>Grafico 46, Reporte Geomorfológico HidroSIG java para la cuenca del Río Manzanares con cierre en la Quinta de San Pedro</i>	153
<i>Grafico 47 Precipitaciones Medias Mensuales Enero</i>	154
<i>Grafico 48 Precipitaciones Medias Mensuales Febrero</i>	154
<i>Grafico 49 Precipitaciones Medias Mensuales marzo</i>	155
<i>Grafico 50 Precipitaciones Medias Mensuales Abril</i>	155
<i>Grafico 51 Precipitaciones Medias Mensuales Mayo</i>	156
<i>Grafico 52 Precipitaciones Medias Mensuales Junio</i>	156
<i>Grafico 53 Precipitaciones Medias Mensuales Julio</i>	157
<i>Grafico 54 Precipitaciones Medias Mensuales Agosto</i>	157
<i>Grafico 55 Precipitaciones Medias Mensuales Septiembre</i>	158
<i>Grafico 56 Precipitaciones Medias Mensuales Octubre</i>	158
<i>Grafico 57 Precipitaciones Medias Mensuales Noviembre</i>	159



<i>Grafico 58 Precipitaciones Medias Mensuales Diciembre</i>	159
<i>Grafico 59, Interfaz grafica de ciclo de caudales generada por el HidroSIG java</i>	160
<i>Grafico 60. Ciclo anual de caudales Cuenca del Río Manzanares punto de calibración Desembocadura</i>	161
<i>Grafico 61. Ciclo anual de caudales Cuenca del Río Manzanares punto de calibración Quinta de San pedro</i>	162
<i>Grafico 62. Ciclo anual de caudales Cuenca del Río Manzanares punto de calibración Paso de los Mangos</i>	163
<i>Grafico 63, evaluación de la Precipitación media Vs la Evapotranspiración Real</i>	164
<i>Grafico 64, evaluación de la Precipitación media Vs la Evapotranspiración Potencial</i>	164
<i>Grafico 65, modelación hidrológica Río Manzanares punto de calibración P. de los mangos</i>	165
<i>Grafico 66, modelación hidrológica Río Manzanares punto de calibración P. de los mangos</i>	166
<i>Grafico 67, Aforos cuenca Río Manzanares Estación Bocatoma.</i>	166
<i>Grafico 68, Ciclo anual de caudales cuenca del Río Manzanares punto de calibración paso de los mangos</i>	167
<i>Grafico 69, modelación hidrológica Río Manzanares punto de calibración Q. de San Pedro</i>	168

<i>Grafico 70, modelación hidrológica Río Manzanares punto de calibración P. de los mangos</i>	168
<i>Grafico 71, Aforos cuenca Río Manzanares Quinta de San Pedro.</i>	169
<i>Grafico 72, Ciclo anual de caudales Río Manzanares punto de calibración Quinta San Pedro</i>	170
<i>Grafico 73, modelación hidrológica Río Manzanares punto de calibración Desembocadura</i>	172
<i>Grafico 74, modelación hidrológica Río Manzanares punto de calibración Desembocadura</i>	172
<i>Grafico 75, Ciclo anual de caudales Río Manzanares punto de calibración Desembocadura</i>	173
<i>Grafico 76, modelación hidrológica cuenca Río Manzanares Modelo abcd de Thomas</i>	174
<i>Grafico 77, modelación hidrológica cuenca Manzanares Modelo Software HidroSIG</i>	175
<i>Grafico 78, Ciclo de Caudales aforados medios Multianuales cuenca Manzanares</i>	175
<i>Grafico 79, Caudal disponible en la cuenca del Río Manzanares a la altura de la obra de captación en el paso de los mangos, considerando un caudal ecológico del 30% del caudal circulante</i>	176
<i>Grafico 80, Caudal disponible en la cuenca del Río Manzanares a la altura de la obra de captación en el paso de los mangos, considerando un caudal ecológico del 30% del caudal circulante</i>	177

<i>Grafico 81, Caudal disponible en la cuenca del Río Manzanares a la altura de la obra de captación en el paso de los mangos, considerando un caudal ecológico del 30% del caudal circulante</i>	178
<i>Grafico 82, Caudal disponible en la cuenca del Río Manzanares a la altura de la obra de captación en el paso de los mangos, considerando un caudal ecológico del 30% del caudal circulante</i>	179
<i>Grafico 83, Análisis de las series de Tiempo en la cuenca Manzanares Periodo</i>	181
<i>Grafico 84, Análisis de las series de Tiempo cuenca del Río Manzanares denotando periodos con ENSO Y NAO</i>	182
<i>Grafica 85. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Enero</i>	252
<i>Grafica 86. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Febrero</i>	252
<i>Grafica 87. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Marzo</i>	253
<i>Grafica 88. Curvas IDF Estación Simón Bolívar Abril</i>	253
<i>Grafica 89. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Mayo</i>	254
<i>Grafica 90. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Junio</i>	254
<i>Grafica 91. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Julio</i>	255
<i>Grafica 92. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Agosto</i>	255
<i>Grafica 93. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Septiembre</i>	256
<i>Grafica 94. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Octubre</i>	256

<i>Grafica 95. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Noviembre</i>	<i>257</i>
<i>Grafica 96. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Diciembre</i>	<i>257</i>
<i>Grafica 97. Curvas IDF Estación Girocasaca. Enero</i>	<i>258</i>
<i>Grafica 98. Curvas IDF Estación Girocasaca. Febrero</i>	<i>258</i>
<i>Grafica 99. Curvas IDF Estación Girocasaca. Marzo</i>	<i>259</i>
<i>Grafica 100. Curvas IDF Estación Girocasaca. Abril</i>	<i>259</i>
<i>Grafica 101. Curvas IDF Estación Girocasaca. Mayo</i>	<i>260</i>
<i>Grafica 102. Curvas IDF Estación Girocasaca. Junio</i>	<i>260</i>
<i>Grafica 103. Curvas IDF Estación Girocasaca. Julio</i>	<i>261</i>
<i>Grafica 104. Curvas IDF Estación Girocasaca. Agosto</i>	<i>261</i>
<i>Grafica 105. Curvas IDF Estación Girocasaca. Septiembre</i>	<i>262</i>
<i>Grafica 106. Curvas IDF Estación Girocasaca. Octubre</i>	<i>262</i>
<i>Grafica 107. Curvas IDF Estación Girocasaca. Noviembre</i>	<i>263</i>
<i>Grafica 108. Curvas IDF Estación Girocasaca. Diciembre</i>	<i>263</i>
<i>Grafica 109. Curvas IDF Estación Minca. Enero</i>	<i>264</i>
<i>Grafica 110. Curvas IDF Estación Minca. Febrero</i>	<i>264</i>

<i>Grafica 111. Curvas IDF Estación Minca. Marzo</i>	265
<i>Grafica 112. Curvas IDF Estación Minca. Abril</i>	265
<i>Grafica 113. Curvas IDF Estación Minca. Mayo</i>	266
<i>Grafica 114. Curvas IDF Estación Minca. Junio</i>	266
<i>Grafica 116. Curvas IDF Estación Minca. Agosto</i>	267
<i>Grafica 117 Curvas IDF Estación Minca. Septiembre</i>	268
<i>Grafica 118. Curvas IDF Estación Minca. Octubre</i>	268
<i>Grafica 119. Curvas IDF Estación Minca. Noviembre</i>	269
<i>Grafica 120. Curvas IDF Estación Minca. Diciembre</i>	269
<i>Grafica 121. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Enero</i>	270
<i>Grafica 122. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Febrero</i>	270
<i>Grafica 123. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Marzo</i>	271
<i>Grafica 124. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Abril</i>	271
<i>Grafica 125. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Mayo</i>	272
<i>Grafica 126. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Junio</i>	272
<i>Grafica 127. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Julio</i>	273

<i>Grafica 128. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Agosto</i>	<i>273</i>
<i>Grafica 129. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Septiembre</i>	<i>274</i>
<i>Grafica 130. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Octubre</i>	<i>274</i>
<i>Grafica 131. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Noviembre</i>	<i>275</i>
<i>Grafica 132. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Diciembre</i>	<i>275</i>
<i>Grafica 133. Curvas IDF Estación Unimag. Enero</i>	<i>276</i>
<i>Grafica 134. Curvas IDF Estación Unimag. Febrero</i>	<i>276</i>
<i>Grafica 135. Curvas IDF Estación Unimag. Marzo</i>	<i>277</i>
<i>Grafica 136. Curvas IDF Estación Unimag. Abril</i>	<i>277</i>
<i>Grafica 137. Curvas IDF Estación Unimag. Mayo</i>	<i>278</i>
<i>Grafica 138. Curvas IDF Estación Unimag. Junio</i>	<i>278</i>
<i>Grafica 139. Curvas IDF Estación Unimag. Julio</i>	<i>279</i>
<i>Grafica 140. Curvas IDF Estación Unimag. Agosto</i>	<i>279</i>
<i>Grafica 141. Curvas IDF Estación Unimag. Septiembre</i>	<i>280</i>
<i>Grafica 142. Curvas IDF Estación Unimag. Octubre</i>	<i>280</i>
<i>Grafica 143. Curvas IDF Estación Unimag. Noviembre</i>	<i>281</i>

<i>Grafica 144. Curvas IDF Estación Unimag. Diciembre</i>	281
<i>Grafico 145. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Enero</i>	283
<i>Grafico 146. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Febrero</i>	283
<i>Grafico 147. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Marzo</i>	284
<i>Grafico 148. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Abril</i>	284
<i>Grafico 149. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Mayo</i>	285
<i>Grafico 150. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Junio</i>	285
<i>Grafico 151. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Julio</i>	286
<i>Grafico 152. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Agosto</i>	286
<i>Grafico 153. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Septiembre</i>	287
<i>Grafico 154. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Octubre</i>	287
<i>Grafico 155. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Noviembre</i>	288
<i>Grafico 156. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Diciembre</i>	288
<i>Grafico 157. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Enero</i>	289
<i>Grafico 158. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Febrero</i>	289
<i>Grafico 159. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Marzo</i>	290

<i>Grafico 160. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Abril</i>	290
<i>Grafico 161. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Mayo</i>	291
<i>Grafico 162. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Junio</i>	291
<i>Grafico 163. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Julio</i>	292
<i>Grafico 164. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Agosto</i>	292
<i>Grafico 165. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Septiembre</i>	293
<i>Grafico 166. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Octubre</i>	293
<i>Grafico 167. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Noviembre</i>	294
<i>Grafico 168. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Diciembre</i>	294
<i>Grafico 169. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Enero</i>	295
<i>Grafico 170. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Febrero</i>	295
<i>Grafico 171. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Marzo</i>	296
<i>Grafico 172. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Abril</i>	296
<i>Grafico 173. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Mayo</i>	297
<i>Grafico 174. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Junio</i>	297
<i>Grafico 175. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Julio</i>	298



<i>Grafico 176. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Agosto</i>	<i>298</i>
<i>Grafico 177. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Septiembre</i>	<i>299</i>
<i>Grafico 178. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Octubre</i>	<i>299</i>
<i>Grafico 179. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Noviembre</i>	<i>300</i>
<i>Grafico 180. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Diciembre</i>	<i>300</i>
<i>Grafico 181. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Enero</i>	<i>301</i>
<i>Grafico 182. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Febrero</i>	<i>301</i>
<i>Grafico 183. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Marzo</i>	<i>302</i>
<i>Grafico 184. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Abril</i>	<i>302</i>
<i>Grafico 185. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Mayo</i>	<i>303</i>
<i>Grafico 186. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Junio</i>	<i>303</i>
<i>Grafico 187. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Julio</i>	<i>304</i>
<i>Grafico 188. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Agosto</i>	<i>304</i>
<i>Grafico 189. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Septiembre</i>	<i>305</i>
<i>Grafico 190. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Octubre</i>	<i>305</i>
<i>Grafico 191. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Noviembre</i>	<i>306</i>

<i>Grafico 192. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Diciembre</i>	<i>306</i>
<i>Grafico 193. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Enero</i>	<i>307</i>
<i>Grafico 194. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Febrero</i>	<i>307</i>
<i>Grafico 195. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Marzo</i>	<i>308</i>
<i>Grafico 196. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Abril</i>	<i>308</i>
<i>Grafico 197. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Mayo</i>	<i>309</i>
<i>Grafico 198. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Junio</i>	<i>309</i>
<i>Grafico 199. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Julio</i>	<i>310</i>
<i>Grafico 200. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Agosto</i>	<i>310</i>
<i>Grafico 201. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Septiembre</i>	<i>311</i>
<i>Grafico 202. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Octubre</i>	<i>311</i>
<i>Grafico 203. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Noviembre</i>	<i>312</i>
<i>Grafico 204. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Diciembre</i>	<i>312</i>
<i>Grafico 205. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Enero</i>	<i>314</i>
<i>Grafico 206. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Febrero</i>	<i>314</i>
<i>Grafico 207. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Marzo</i>	<i>315</i>

<i>Grafico 208. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Abril</i>	<i>315</i>
<i>Grafico 209. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Mayo</i>	<i>316</i>
<i>Grafico 210. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Junio</i>	<i>316</i>
<i>Grafico 211. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Julio</i>	<i>317</i>
<i>Grafico 212. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Agosto</i>	<i>317</i>
<i>Grafico 213. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Septiembre</i>	<i>318</i>
<i>Grafico 214. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Octubre</i>	<i>318</i>
<i>Grafico 215. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Noviembre</i>	<i>319</i>
<i>Grafico 216. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Diciembre</i>	<i>319</i>

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<i>Cuadro 1, Características estaciones meteorológicas</i>	9
<i>Cuadro2, evolución de los fenómenos del pacifico periodo 1981 – 2001</i>	46
<i>Cuadro 3, enfermedades que pueden verse incrementadas debido al Fenómeno El Niño</i>	49
<i>Cuadro 4, Resumen efectos ENSO</i>	55
<i>Cuadro 5. Características estaciones hidrológicas Área de influencia del Río Manzanares</i>	58
<i>Cuadro 6. Valores Para Construir la Curva Hipsométrica de la Cuenca del Río Manzanares</i>	73
<i>Cuadro 7. Valores Perfil de la corriente principal</i>	76
<i>Cuadro 7. Valores Perfil de la corriente principal</i>	77
<i>Cuadro 8 Valores de Kt</i>	86
<i>Cuadro 9, Valores de Kt</i>	87
<i>Cuadro 10. Z para cada periodo de retorno (Tr)</i>	90
<i>Cuadro 11, resumen distribución con mayor ajuste para cada estación y cada mes</i>	93

<i>Cuadro 12, resumen distribución con mayor ajuste para cada mes en toda la cuenca</i>	95
<i>Cuadro 13. Resumen de precipitaciones extremas en la cuenca Río Manzanares</i>	96
<i>Cuadro 14, Ecuaciones de Tendencia curvas de eventos extremos Río Manzanares</i>	102
<i>Cuadro 15. Grupos de suelos</i>	112
<i>Cuadro 16. Uso actual de los suelos (36.3% del total de los predios)</i>	114
<i>Cuadro 17. AMC de acuerdo al enfoque del proyecto según el united states SCS</i>	119
<i>Cuadro18. Calculo Del CN para la cuenca del Río Manzanares</i>	119
<i>Cuadro 19. CN en función del uso del suelo y del grupo hidrológico del suelo para AMC II</i>	120
<i>Cuadro 20. Datos para determinar el Hidrográma Unitario de la Cuenca del Río Manzanares</i>	127
<i>Cuadro 21. Calculo del tiempo de retardo</i>	129
<i>Cuadro 22. Factores de corrección Ka</i>	133
<i>Cuadro 23. Cálculo de la evapotranspiración potencial de Thorntwaite estación UNIMAG</i>	134
<i>Cuadro 24. Parámetros para el cálculo de la evapotranspiración potencial</i>	134
<i>Cuadro 25. Calculo de la evapotranspiración potencial de Thorntwaite estación San Lorenzo</i>	134

<i>Cuadro 26. Parámetros para el cálculo de la evapotranspiración potencial</i>	135
<i>Cuadro 27. Calculo Evapotranspiración Real para las estaciones UNIMAG Y San Lorenzo</i>	135
<i>Cuadro 28, Modelación hidrológica Río Manzanares punto de calibración P. de los mangos</i>	141
<i>Cuadro 29, modelación hidrológica Río Manzanares punto de calibración Q. de San Pedro</i>	143
<i>Cuadro 30, modelación hidrológica Río Manzanares punto de calibración Q. de San Pedro</i>	146
<i>Cuadro 31, Comparación de valores; cálculos manuales y por el software HidroSIG</i>	151
<i>Cuadro 32, Evaluación del estimativo de pérdidas por captaciones sin control y demás</i>	171
<i>Cuadro 33 Valores para calculo de la pendiente media por el método de las cuadrículas</i>	191
<i>Cuadros 34 y 35 coeficiente de oblicuidad en los meses de Enero y Febrero respectivamente, Estación Simón Bolívar.</i>	197
<i>Cuadros 36 y 37 coeficiente de oblicuidad en los meses de Marzo y Abril respectivamente, Estación Simón Bolívar.</i>	198
<i>Cuadros 38 y 39 coeficiente de oblicuidad en los meses de Mayo y Junio respectivamente, Estación Simón Bolívar.</i>	199

<i>Cuadros 40 y 41 coeficiente de oblicuidad en los meses de Julio y Agosto respectivamente, Estación Simón Bolívar.</i>	<i>200</i>
<i>Cuadros 42 y 43 coeficiente de oblicuidad en los meses de Septiembre y Octubre respectivamente, Estación Simón Bolívar.</i>	<i>201</i>
<i>Cuadros 44 y 45 coeficiente de oblicuidad en los meses de Noviembre y Diciembre respectivamente, Estación Simón Bolívar.</i>	<i>202</i>
<i>Cuadros 46 y 47 coeficiente de oblicuidad en los meses de Enero y Febrero respectivamente, Estación Jirocasaca.</i>	<i>203</i>
<i>Cuadros 48 y 49 coeficiente de oblicuidad en los meses de Marzo y Abril respectivamente, Estación Jirocasaca.</i>	<i>204</i>
<i>Cuadros 50 y 51 coeficiente de oblicuidad en los meses de Mayo y Junio respectivamente, Estación Jirocasaca.</i>	<i>205</i>
<i>Cuadros 52 y 53 coeficiente de oblicuidad en los meses de Julio y Agosto respectivamente, Estación Jirocasaca.</i>	<i>206</i>
<i>Cuadros 54 y 55 coeficiente de oblicuidad en los meses de Septiembre y Octubre respectivamente, Estación Jirocasaca.</i>	<i>207</i>
<i>Cuadros 56 y 57 coeficiente de oblicuidad en los meses de Noviembre y Diciembre respectivamente, Estación Jirocasaca.</i>	<i>208</i>
<i>Cuadros 58 y 59. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Enero y Febrero respectivamente, Estación Minca.</i>	<i>209</i>

<i>Cuadros 60 y 61 coeficiente de oblicuidad en los meses de Marzo y Abril respectivamente, Estación Minca.</i>	210
<i>Cuadros 62 y 63. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Mayo y Junio respectivamente, Estación Minca.</i>	211
<i>Cuadros 64y 65. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Julio y Agosto respectivamente, Estación Minca.</i>	212
<i>Cuadros 66 y 67 coeficiente de oblicuidad en los meses de Septiembre y Octubre respectivamente, Estación Minca.</i>	213
<i>Cuadros 68 y 69. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Noviembre y Diciembre respectivamente, Estación Minca.</i>	214
<i>Cuadros 70 y 71 coeficiente de oblicuidad en los meses de Enero y Febrero respectivamente, Estación San Lorenzo.</i>	215
<i>Cuadros 72 y 73 Coeficiente de oblicuidad en los meses de Marzo y Abril respectivamente, Estación San Lorenzo.</i>	216
<i>Cuadros 74 y 75 Coeficiente de oblicuidad en los meses de Mayo y Junio respectivamente, Estación San Lorenzo.</i>	217
<i>Cuadros 76 y 77. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Julio y Agosto respectivamente, Estación San Lorenzo.</i>	218
<i>Cuadros 78 y 79. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Septiembre y Octubre respectivamente, Estación San Lorenzo.</i>	219



<i>Cuadros 80 y 81. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Noviembre y Diciembre respectivamente, Estación San Lorenzo.</i>	220
<i>Cuadros 82 y 83. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Enero y Febrero respectivamente, Estación Universidad del Magdalena.</i>	221
<i>Cuadros 84y 85. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Marzo y Abril respectivamente, Estación Universidad del Magdalena.</i>	222
<i>Cuadros 86 y 87 coeficiente de oblicuidad en los meses de Mayo y Junio respectivamente, Estación Universidad del Magdalena.</i>	223
<i>Cuadros 88 y 89. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Julio y Agosto respectivamente, Estación Universidad del Magdalena.</i>	224
<i>Cuadros 90 y 91. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Septiembre y Octubre respectivamente, Estación Universidad del Magdalena.</i>	225
<i>Cuadros 92 y 93. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Noviembre y Diciembre respectivamente, Estación Universidad del Magdalena.</i>	226
<i>Cuadro 94. Calculo de Distribución. Gumbel Estación Aeropuerto Simón Bolívar</i>	228
<i>Cuadro 95. Calculo de Distribución. Gumbel Estación Jirocasaca</i>	228
<i>Cuadro 96. Calculo de Distribución. Gumbel Estación Minca</i>	229
<i>Cuadro 97. Calculo de Distribución. Gumbel Estación San Lorenzo</i>	229
<i>Cuadro 98. Calculo de Distribución. Gumbel Estación UNIMAG</i>	230

<i>Cuadro 99. Calculo de Distribución. Pearson Tipo III. Estación Aeropuerto Simón Bolívar</i>	<i>232</i>
<i>Cuadro 100. Calculo de Distribución. Pearson Tipo III. Estación Jirocasaca</i>	<i>232</i>
<i>Cuadro 101. Calculo de Distribución. Pearson Tipo III. Estación Minca</i>	<i>233</i>
<i>Cuadro 102. Calculo de Distribución. Pearson Tipo III. Estación San Lorenzo</i>	<i>233</i>
<i>Cuadro 103. Calculo de Distribución. Pearson Tipo III. Estación UNIMAG</i>	<i>234</i>
<i>Cuadro 104. Calculo Distribución. Log Pearson Tipo III. Estación Aeropuerto Simón Bolívar</i>	<i>236</i>
<i>Cuadro 105. Calculo de Distribución. Log Pearson Tipo III. Estación Jirocasaca</i>	<i>236</i>
<i>Cuadro 106. Calculo de Distribución. Log Pearson Tipo III. Estación Minca</i>	<i>237</i>
<i>Cuadro 107. Calculo de Distribución. Log Pearson Tipo III. Estación San Lorenzo</i>	<i>237</i>
<i>Cuadro 108. Calculo de Distribución. Log Pearson Tipo III. Estación UNIMAG</i>	<i>238</i>
<i>Cuadro 109. Calculo de Distribución. Normal o Gauss. Estación Aeropuerto Simón Bolívar</i>	<i>240</i>
<i>Cuadro 110. Calculo de Distribución. Normal o Gauss. Jirocasaca</i>	<i>240</i>
<i>Cuadro 111. Calculo de Distribución. Normal o Gauss. Estación Minca</i>	<i>241</i>
<i>Cuadro 112. Calculo de Distribución. Normal o Gauss. Estación San Lorenzo</i>	<i>241</i>

<i>Cuadro 113. Calculo de Distribución. Normal o Gauss. Estación UNIMAG</i>	<i>242</i>
<i>Cuadro 114. Calculo de Distribución. Log Normal. Estación Aeropuerto Simón Bolívar</i>	<i>244</i>
<i>Cuadro 115. Calculo de Distribución. Log Normal. Estación Jirocasaca</i>	<i>244</i>
<i>Cuadro 116. Calculo de Distribución. Log Normal. Estación Minca</i>	<i>245</i>
<i>Cuadro 117. Calculo de Distribución. Log Normal. Estación San Lorenzo</i>	<i>245</i>
<i>Cuadro 118. Calculo de Distribución. Log Normal. Estación UNIMAG</i>	<i>246</i>
<i>Cuadro 119. Resultado de la Prueba de bondad de ajuste Estación Aeropuerto Simón Bolívar</i>	<i>248</i>
<i>Cuadro 120. Resultado de la Prueba de bondad de ajuste Estación Jirocasaca</i>	<i>248</i>
<i>Cuadro 121. Resultado de la Prueba de bondad de ajuste Estación Minca</i>	<i>249</i>
<i>Cuadro 122. Resultado de la Prueba de bondad de ajuste Estación San Lorenzo</i>	<i>249</i>
<i>Cuadro 123. Resultado de la Prueba de bondad de ajuste Estación UNIMAG</i>	<i>250</i>

## **LISTA DE ANEXOS**

	<b>Pág.</b>
<i>Anexo 1. Valores para cálculo de la pendiente media por el método de las cuadrículas</i>	190
<i>Anexo 2. Resultados de la estadística hidrológica</i>	196
<i>Anexo 3. Resultados Mes A Mes Distribución Gumbel</i>	227
<i>Anexo 4. Eventos Extremos Mes A Mes Método Pearson Tipo III</i>	231
<i>Anexo 5. Eventos Extremos Mes A Mes Método Log Pearson Tipo III</i>	235
<i>Anexo 6. Resultados de la distribución normal o de gauss mes a mes</i>	227
<i>Anexo 7. Resultados de la distribución log normal mes a mes</i>	243
<i>Anexo 8. Resultados De La Prueba De Bondad De Ajuste</i>	247
<i>Anexo 9. Curvas Intensidad Duración Frecuencia Mes A Mes</i>	251
<i>Anexo 10. Mapas De Lluvia Para Cada Periodo De Retorno HidroSIG JAVA</i>	282
<i>Anexo 11. Mapas De Lluvia Mínimo Para Cada Mes HidroSIG JAVA</i>	313
<i>Anexo 12. RESOLUCIÓN No. CRA-150. Consumos Básicos y Máximos. LEY 373 de 1997</i>	320

## **DEDICATORIA**

*A Dios por llenarme de fortaleza espiritual para seguir el duro camino de la vida siempre con la frente en alto y tratando de salir adelante por mí y por mi familia.*

*A mis padres Antonio De Arco Y Carmen Rodríguez, esos seres maravillosos que me dieron la vida, quienes han sido mis guías y consejeros a lo largo de mi vida, quienes en unión con mis hermanos Jader, Diana, Antonio José y Jesús Daniel, me dieron fuerzas para seguir luchando y cumplir mi mas lindo sueño, ser Ingeniero.*

*A Augusto Barliza Polo y Sicilia Lacera su esposa, quienes estuvieron siempre presentes en las buenas y las malas apoyándome en este camino, quienes me dieron un calor de hogar y se comportaron como si fueran mis padres, a sus hijos Eduardo, José y Augusto, quienes me brindaron un calor de hermano*

*A Karen mi novia, quien desde amigos siempre estuvo apoyándome, brindándome valor, cariño y amor, al igual que Arturo y Deibis mis amigos los cuales me apoyaron en las buenas y en las malas para alcanzar el sueño de ser Ingeniero, y a todas esas personas que de una u otra forma aportaron su granito de arena para cumplir esta meta.*

*De esta manera les hago participes mi felicidad a todos y cada una de las personas que me apoyaron, por que este triunfo también es de ustedes.*

**Edaimen De Arco**

## **DEDICATORIA**

*A Dios el creador, por llenarme de fortaleza espiritual para seguir el duro camino de la vida siempre con la frente en alto y tratando de salir adelante por mí y por mi familia.*

*A mi Mamá SUSANA PÉREZ, por darme la gracia de la vida y por estar en todo momento a mi lado brindándome el apoyo necesario para salir adelante, además de darme su ejemplo de honestidad y perseverancia en la vida para lograr sus objetivos uno de los cuales se cumple al saber que su hijo mayor hoy en medio de muchas alegrías se convierte en un profesional, título que también es tuyo, MAMI te adoro.*

*A mi hermano CARLOS MARIO DE LEÓN PÉREZ, quien es mi fuerza moral y quien todo el tiempo me empuja hacia delante dándome voces de aliento en medio de las dificultades siempre robándome una sonrisa en medio de las tristezas y sobresaltos de la vida, este logro también es tuyo hermanito, te quiero muchísimo.*

*A todos aquellos que siempre estuvieron apoyándome y con la certeza de que este sueño que un día comencé con muchas dificultades llegaría a un final feliz debido a que siempre estuvieron seguros de mis cualidades.*

*De esta manera les hago participes mi felicidad a todos y cada una de las personas que me apoyaron, por que este triunfo también es de ustedes.*

**David De León**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Jesucristo por ser nuestro guía espiritual en todo este proceso que un día comenzó como una ilusión y hoy es una realidad pero que solo es nuestro primer escalon en la vida profesional...*

*Al ingeniero Nelson Martínez, por habernos encaminado en la elaboración de este proyecto...*

*Al Ingeniero Roberto Montiel, por habernos brindado su asesoría y amistad durante todo el desarrollo del proyecto...*

*Al Ingeniero Fernando Arrieta, por habernos colaborado como evaluador del proyecto aun sin tener ningún vinculo actual con la Universidad del Magdalena...*

*A todos y cada uno de nuestros compañeros en la universidad por su apoyo y valiosa a mistad que nos brindaron a lo largo de todo este proceso de aprendizaje...*

*Al cuerpo de profesores que a lo largo de toda la carrera estuvieron siempre dispuestos a brindarnos su conocimiento para nuestro crecimiento profesional y personal...*

*A la universidad por habernos abierto un día las puertas para empezar el desarrollo de nuestros estudios y hoy brindarnos la dicha de todo estudiante de recibir su titulo profesional...*

*A todos y cada una de las personas que de una u otra forma estuvieron todo el tiempo a nuestro lado apoyándonos y dándonos fuerza moral para no desfallecer en nuestra carrera hacia el titulo, aportando cada uno su granito de arena...*

*A Edaimen por haber estado siempre ahí evitando que desfalleciera en lucha por terminar nuestro proyecto de grado, y por brindarme siempre su amistad incondicional... DAVID DE LEÓN....*

*A David por su apoyo incondicional en los momentos buenos y malos, por su gran dedicación y por enamorarse de este proyecto tanto como yo, pero sobre todo por brindarme su gran amistad....EDAIMEN DE ARCO...*

**GRACIAS A TODOS**



## INTRODUCCION

El agua es uno de los cuatro componentes básicos para la vida, que ha estado presente en la Tierra desde hace más de 3.000 millones de años, ocupando tres cuartas partes de la superficie del planeta. Su naturaleza se compone de tres átomos, dos de oxígeno que unidos entre si forman una molécula de agua,  $H_2O$ , la unidad mínima en que ésta se puede encontrar. La forma en que estas moléculas se unen entre sí, determinará la forma en que encontramos el agua en nuestro entorno como líquido, en lluvias, ríos, océanos etc.; como sólido en témpanos y nieves o como gas en las nubes.

Gran parte del agua de nuestro planeta, alrededor de un 97%, corresponde a agua salada que se encuentra en mares y océanos, y el otro 3% restante es agua dulce (grafica1); del agua dulce un 69% corresponde a agua atrapada en glaciares y nieves perpetuas, un 30% está constituida por aguas subterráneas y una cantidad no superior al 0,7% se encuentra en forma de ríos y lagos, como se observa en la grafica 2.

**Distribucion del Agua a Nivel Mundial**

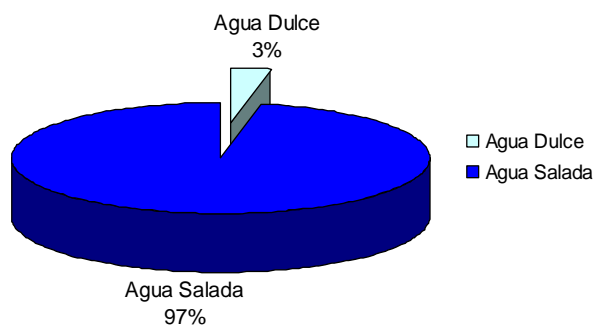


Grafico 1. Distribución del Agua a Nivel mundial (fuente CORTOLIMA)





### Distribución del Agua Dulce a Nivel Mundial

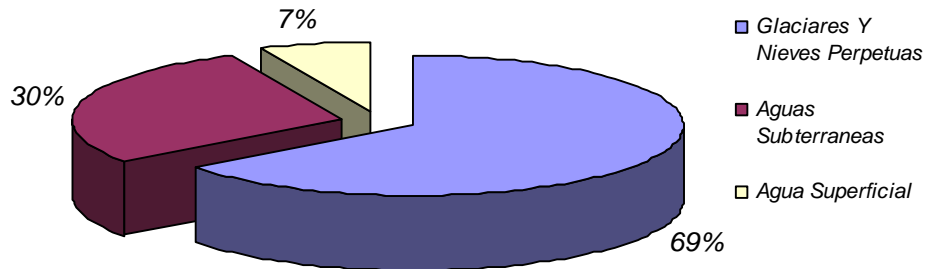


Grafico 2. Distribución del Agua Dulce a Nivel Mundial (fuente CORTOLIMA)

El agua de nuestro planeta se encuentra en un continuo movimiento: el agua de la superficie se evapora, el agua de las nubes precipita, la precipitación se infiltra por la tierra, el agua infiltrada forma acuíferos o Ríos Subterráneos, los cuales luego ayudan a descargar de una u otra forma en cauces superficiales ya sean Ríos, Lagos, Mares u Océanos, siguiendo así el proceso cíclico de movimiento del agua en la tierra llamado **Ciclo Hidrológico**(Grafico 3). La Hidrología, como ciencia, se ocupa con las propiedades, distribución y circulación de aguas por encima y por debajo de la superficie de la Tierra y en la atmósfera; es así como un correcto estudio Hidrológico de nuestras cuencas podría mostrarnos o alertarnos acerca de la necesidad de cuidar nuestras fuentes hídricas ya que como están las cosas actualmente la población mundial crece indiscriminadamente y el recurso Agua es aprovechado de manera inconsciente lo cual de manera Hipotética nos muestra que el crecimiento de la población es inversamente proporcional a la conservación del recurso Hídrico; en Santa Marta D.T.C.H. no ocurre la excepción y es así como de manera incontrolada la población por los múltiples problemas sociales del país y la falta de planeación, buscando un sitio para poder realizar sus asentamientos se ha ubicado en las laderas del Río Manzanares lo cual genera un



estrangulamiento de la ronda hidráulica del mismo, conllevando con esto a que ocurran desastres en las épocas de invierno cuando el Río en busca de su cauce natural lo que encuentra son asentamientos humanos generando así inundaciones y desastres como los que todos conocemos.



Grafico 3. Ciclo Hidrológico (fuente [www.ciencia.nasa.gov](http://www.ciencia.nasa.gov))

La acción benéfica de los bosques como regulador natural es evidente y se refleja al retenerla, manteniendo limpio sus cursos e impidiendo con su control las sequías. En recursos hídricos, Colombia tiene mucho por hacer ante la forma descuidada como se han venido manejando sus aguas, o debido al peor y más grave problema que sufren tales aguas por la disminución de la capacidad de almacenamiento interno de los suelos y de formación de nubes, a consecuencia de la intolerante destrucción de bosques y humedales, además de la contaminación de los cuerpos de agua por efectos del hombre, sobre todo en la parte baja de la cuenca por aguas servidas y demás.

Hoy en día la restauración de la principal arteria fluvial de nuestra ciudad es de un gran costo, ya que se requiere la renaturalización y protección de su cauce y su ronda hidráulica. Para recuperar con amor y dedicación nuestra mayor riqueza



hídrica, así como conservarla junto con el acuífero de Santa Marta, es primordial y necesario ante todo, la voluntad de los entes encargados de la vigilancia ambiental en el departamento (CORPAMAG, DADMA, IDEAM, entre otros) así como de todas las entidades comprometidas con el desarrollo y manejo sostenible de nuestra ciudad, además es necesario desarrollar verdaderas políticas de calidad ambiental que protejan nuestros cursos de agua ya que los caudales a lo largo del año son oscilantes mientras que las descargas de contaminantes sobre estos es constante (Grafica 4) lo cual puede generar en épocas del año en las cuales haya caudales bajos un alto grado de contaminación de sus aguas, lo cual repercute en el aprovechamiento de estas ya que la calidad de las aguas es uno de los factores importantes y de peso para la determinar en realidad con cuanta agua contamos para nuestro aprovechamiento.

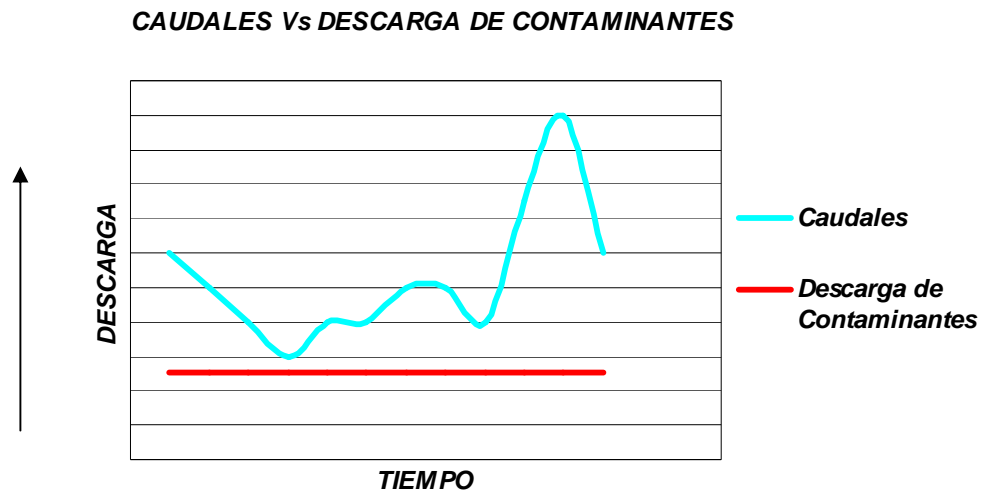


Grafico 4, Caudales Vs Descarga de Contaminantes

La abundancia o escasez del agua en términos naturales depende de las precipitaciones y de la escorrentía así generada la cual asociada a la evaporación y a la evapotranspiración, absorción y demás parámetros del ciclo hidrológico, producen la disponibilidad del recurso agua.



Con el desarrollo del proyecto **“Caracterización hidrológica del Río Manzanares y evaluación de la disponibilidad natural de su recurso hídrico”** se pretende brindar una herramienta para conocer el comportamiento Río y así de esta manera contribuir con la planeación y el manejo de los recursos hídricos de su cuenca de una manera integral debido a que el estudio no se centra sólo en las magnitudes de los eventos máximos sobre la cuenca sino, en conocer el comportamiento real del río a través de todo el año, mostrando mes a mes como es la distribución precipitaciones máximas, mínimas y medias sobre la cuenca y la generación de escorrentía (superficial y subterránea) y caudales netos, además de establecer una evaluación de cuanta agua circula en estado natural por el Río Manzanares comparada con los datos aforados por la Compañía de Acueducto y Alcantarillado Distrital.. Con un escenario de conocimiento como el descrito se puede iniciar el proceso de complementación de información para realizar el ordenamiento de la cuenca hidrográfica del Río Manzanares.

A todo esto hay que sumarle el hecho de que el nicho ecológico que vive en torno al Río Manzanares necesita un caudal que permita su supervivencia este caudal es conocido como caudal ecológico; es obvio que si tomamos como conocimiento y acuerdo común que la conservación y gestión de la biodiversidad es esencial en el desarrollo sostenible y reducción de pobreza, lo social, ecológico y económico son vinculados entre si, de tal forma que un descuido de los valores ecológicos perjudica a lo largo el desarrollo económico y por ende al desarrollo social.

Por otra parte dejamos la puerta abierta para que teniendo una herramienta que pueda presentarnos el comportamiento del Río Manzanares a lo largo de todo el año y esto en complemento con los proyectos **“Caracterización Hidrológica del Río Piedras y evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico para mejorar la oferta de abastecimiento de agua para la ciudad de Santa Marta”** (Fernando Ortiz y Alejandra Londoño, proyecto de grado para optar al título de ingeniero civil) y **“Caracterización Hidrológica del Río Guachaca y evaluación**



**de la disponibilidad del recurso hídrico para mejorar la oferta de abastecimiento de agua para la ciudad de Santa Marta** (Carlos Gámez y Juan Carlos Salgado, proyecto de grado para optar al título de ingeniero civil) realizados en La Universidad del Magdalena, se pueda saber realmente o con una buena estimación con cuanta agua se cuenta para satisfacer las necesidades básicas del D.T.C.H. de Santa Marta ó cuanta agua podemos aprovechar de estos en cada época del año, para así sacar el mejor beneficio de ellos pero sin causarles daño o deteriorarlos mas de lo que ya se encuentran ya que si no conservamos nuestros recursos hídricos llegara un momento en el que no tendremos fuentes hídricas o las que nos queden aun no sean suficientes siquiera para suplir el caudal ecológico.

Por ser la arteria principal de nuestra ciudad, del río Manzanares existen estudios los cuales de una u otra forma han colaborado para conocer parte de su comportamiento, estos estudios se han centrado principalmente en la zona baja y urbana. Algunos de estos estudios que han tocado el tema hidrológico en cuanto a la cuenca del Río Manzanares son:

**“Informe hidrológico para el diseño de las estructuras de recarga acuífero de Santa Marta, recarga artificial”** JACQUES WITFORD ENVIROMENT, (1993) el cual hace referencia a la necesidad de la creación de estructuras que favorezcan la retención de agua para su posterior infiltración para la recarga del acuífero de Santa Marta debido a su contaminación por la intrusión de cuña la marina además de evitar su decadencia.

**“Quebrada Tamacá, estudio para la recuperación fluvial, propuesta de manejo en su parte baja”** Doris De León y Nader Rodríguez (2002) en el que se desarrolló el estudio hidrológico de la cuenca de la quebrada tamacá (la cual a su vez es afluente del Río Manzanares), haciendo especial énfasis en el desarrollo de una propuesta de manejo para su zona baja que ayude en el control de



*inundaciones además de la restauración de su cauce en sus últimos 5 Km. debido al estrangulamiento que sufre su ronda hidráulica por la presión de la ciudad de tal forma que se recupere esta corriente como eje de planificación urbanística por excelencia.*

**“Río Manzanares, recuperación fluvial e integral, propuesta de manejo en su zona baja y urbana”** Marllory Ribón y Danilo Rodríguez (2002), en este análogo al anterior se desarrolló el estudio hidrológico de la cuenca del río Manzanares haciendo especial énfasis en su zona baja y urbana analizando los eventos máximos probabilísticos que generan inundaciones sobre el casco urbano de nuestra ciudad suministrando las bases para el desarrollo de una propuesta de manejo para su zona baja que ayude en el control de inundaciones además de la recuperación de su cauce debido al estrangulamiento que sufre su ronda hidráulica y para una mejor planificación urbanística; este es el primer proyecto en serio que brinda bases para la generación de un plan de manejo de la Cuenca del Río Manzanares.

**“Influencia del Río Manzanares sobre la bahía de Santa Marta”** Manuel Canchano (1999), en el cual se realizó un estudio de cómo es afectada la bahía de Santa Marta por la influencia del Río Manzanares desarrollando una descripción casi que completa de los aspectos mas relevantes de la flora y fauna de la cuenca y como ha sido esta intervenida por el hombre y a su vez de cómo los efectos antrópicos conllevan a repercusiones sobre la zona baja y urbana de la cuenca trayendo como consecuencias inundaciones debido a la invasión de la ronda hidráulica del río además de la contaminación debido a las basuras, desechos fecales arrojados y otros desechos arrojados por medios industriales los cuales son depositados al fin del recorrido a la desembocadura del río en su intrusión al mar caribe mas exactamente en la Bahía de Santa Marta. Estos entre otros son algunos de los estudios que serán tenidos en cuenta como soporte de nuestra investigación.





Algunas instituciones como, el Instituto Agustín Codazzi “IGAC”, Prevención y Desastres, Planeación Distrital, Planeación Departamental, el Instituto Hidrológico Meteorológico y del Medio Ambiente “IDEAM”, la Corporación Autónoma regional del Magdalena “CORPAMAG el Departamento Administrativo Distrital del Medio Ambiente “DADMA”, cuentan con información cartográfica y bibliográfica además de datos históricos de lluvias y eventos puntuales que han afectado la comunidad como es el caso de la lluvia del 14 de diciembre de 1999 la cual afecto 27 barrios totalmente y 37 parcialmente causando daños a 9000 familias dejando 45000 personas afectadas y una gran cantidad de hectáreas destruidas. Por otro lado se recopilaran los datos hidrológicos respectivos de las estaciones metereológicas que se encuentran en la cuenca las cuales son, Estación Minca, Estación Universidad del Magdalena, Estación Aeropuerto Simón Bolívar (Santa Marta), Estación San Lorenzo y Estación Jirocasaca.



Grafico 5, Vista aérea de Santa Marta D.T.C.H. (Fuente Google Earth)

La cuenca del Río Manzanares se encuentra ubicada en la vertiente noreste de la sierra nevada de Santa Marta y se extiende desde el nivel del mar hasta la cota 2450 con una superficie de aprox. **174.54 Km<sup>2</sup>** y un perímetro aprox. de 70.341 **Km**. Los límites geográficos del Río Manzanares son: al norte con la región las Tinajas y la cuenca de la Quebrada Concha; al este con las regiones La India ,



Donama y San Isidro, y la cuenca del Río piedra; al sur con las cuencas de la Quebrada Tijeras y del Río Gaira, y la con la región el Campano y Cerro Kennedy ; al Oeste con el Mar Caribe.



Grafico 6, Vista aérea de Santa Marta D.T.C.H. (Fuente Google Earth)

Para realizar el presente proyecto se realizó el análisis de los datos de precipitación teniendo en cuenta la serie histórica desde los últimos treinta años que se tienen de las estaciones que encierran el área de estudio para luego establecer cual es la influencia de cada estación sobre nuestra hoya y determinar nuestras tormentas de diseño. Las características de las estaciones se resumen en el siguiente cuadro:

NOMBRE	CODIGO	TIPO	ALTITUD (m)	INSTALACION	LATITUD	LONGITUD
<b>UNIMAG</b>	1501504	CO	7	Jun-73	11°14' N	74°11' W
<b>Minca</b>	1501001	PM	650	May-65	11°10' N	74°08' W
<b>Aeropuerto Simón Bolívar</b>	1501505	SP	4	1952	11°08' N	74°14' W
<b>Jirocasaca</b>	1501013	CO	710	1968	11°03' N	74°2' W
<b>San Lorenzo</b>	1501506	CP	2200	1969	11°07' N	74°03' W

Cuadro 1, Características estaciones meteorológicas (Fuente Base de Datos software hidroSIG)

CO: Climatología Ordinaria; SP: Sinóptica Principal; PM: Pluviométrica.



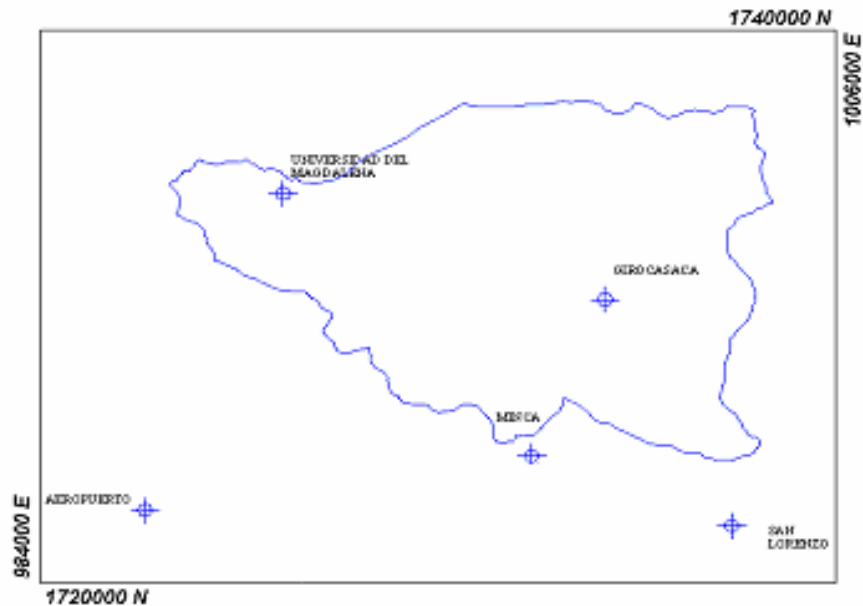


Grafico 7, ubicación de la estaciones en la cuenca del Río Manzanares (Fuente IDEAM).

*De las estaciones se tomaran los registros de precipitaciones medias mensuales. Por otra parte usaremos la información cartográfica del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) para obtener información morfológica de la hoya de estudio.*

*Como es bien conocido los procesos de desertificación siguen en aumento en el mundo, la consecución del recurso agua se hace cada día mas difícil y se llega a puntos como tener que captar el agua de lugares lejanos a los asentamientos humanos generando así altos costos, en otros casos se plantean soluciones como la explotación de los acuíferos ó la desalinización del agua del mar los cuales sin duda alguna son procesos muy costosos, a los cuales no se debería llegar si se tuviera una conciencia ecológica y un mejor manejo de los recursos; en el caso de Santa Marta D.T.C.H. urge establecer políticas de control sobre nuestros recursos hídricos para lo cual es necesario el desarrollo de Planes de Ordenamiento de las Cuencas Hidrográficas de las cuales nos abastecemos para de esta manera garantizar la conservación de las mismas. Con base en esto y teniendo en cuenta que el Río Manzanares es la principal corriente que recorre nuestra ciudad el presente proyecto pretende realizar un estudio detallado de su hidrología*



*involucrando un análisis en el ciclo de sus fenómenos, para de esta manera aportar una herramienta que permita comprender mejor el comportamiento de su cuenca a lo largo del año y tener mayor información con respecto a sus volúmenes de agua circulante durante las diferentes épocas del año para así poder disponer de las herramientas necesarias para futuros proyectos ya sean de conservación, restauración, Reglamentación u ordenamiento de la cuenca hidrográfica del Río Manzanares que requieran del uso del recurso del río.*



## **1. AGUA UN DERECHO PÚBLICO**

*Uno de los temas más debatidos en la actualidad mundial, es el relacionado con la política del agua, ya que este es un recurso vital para la subsistencia de todos los seres vivos. Gracias a una mala gestión alrededor este recurso hoy en día se padece de un déficit en general lo que nos debe llevar a pensar en que este no es un problema particular de los municipios sino por el contrario es un problema estatal.*

*En Colombia nos enfrentamos a una realidad que nos muestra una mala gestión y un déficit estructural en el manejo de nuestros recursos hídricos, Por lo cual es oportuno hacer un llamado de atención con respecto a esto debido a que es común pensar que el agua dulce es un recurso eterno e infinito cuando realmente no es así. En un país de características hídricas como el nuestro en el cual disponemos de un recurso abundante no es justo saber que muchas de nuestras cuencas se encuentran en un nivel alto de deterioro debido al mal manejo o a la explotación sin control de las mismas, es decir la entrega de concesiones sin previo conocimiento de las condiciones naturales de los cursos de agua o el manejo politiquero de los mismos que los mira como un negocio súper rentable. Es evidente que cada día que pasa el agua dulce de la tierra se agota debido al uso desmedido e indiscriminado de este recurso, según cifras de la ONU el agua que cae sobre la tierra debido a la precipitación solo llega a ser aproximadamente unos 43800 kilómetros cúbicos al año siendo esta la única forma en que se renueva el agua dulce. Por ésta razón debemos empezar a pensar en un uso racional de este recurso ya que el crecimiento de las grandes urbes, la deforestación y el mal uso de la tierra esta colaborando en la desertificación de nuestro planeta generando que cada día que pase tengamos menos agua dulce*



para nuestro aprovechamiento y así como vamos llegando al momento en que el agua de las cuencas de nuestros ríos se agotará de manera que no podamos aprovechar absolutamente nada de ellas, ya que debemos tener claro que no toda el agua que escurre por un curso de agua es aprovechable esto a causa que alrededor de estos cursos existen ecosistemas que dependen del preciado líquido para su sostenimiento, a los cuales hay que dejarles un Caudal Ecológico para no dañar su equilibrio natural, de otra parte debemos saber que el agua para el aprovechamiento también depende de su calidad lo cual hace que el agua realmente aprovechable sea menos de la que escurre por los cursos de agua. Según las Naciones Unidas, el agua potable ya escasea para mil millones de personas y esto sigue en aumento debido a que el consumo mundial del agua se dobla cada Veinte años. Todo esto ha generado que en todo el mundo empiece a crecer un movimiento de privatización del agua, pensando que esta es la solución a este problema lo cual tenemos que mirar de una manera muy crítica ya que la experiencia muestra que la privatización de este recurso y bien público lo que hace es terminar de hundir a los pobres y sedientos que no tienen la capacidad económica para llegar a este recurso al hacerse privado; si miramos esto desde la óptica de nuestro país nos daremos cuenta que la enorme corrupción que se maneja, a hecho que todas las empresas de servicios públicos estén al borde de la quiebra a excepción de unas cuantas, y las otras hayan entrado en un proceso de privatización en medio de la avanzada española a través de **Aguas de Barcelona**, la cual está haciendo una fuerte incursión en la compra de acueductos municipales en nuestro país. Esto nos lleva a pensar que el mercado mundial ahora quiere convertir este preciado bien público en una mercancía más lo cual es respaldado por acuerdos internacionales y por préstamos del Banco Mundial a empresas multinacionales que pretenden acaparar todas las empresas de servicios públicos de América Latina para tener el agua realmente como una mercancía a la cual solo pueden acceder quienes posean la capacidad económica para comprarla, llegando al caso insólito de empezar a desarrollar tecnologías para cargar el agua potable en sacos sellados los cuales serán transportados a



otros países donde serán vendidos como un producto comercial más lo cual nos hace reflexionar de acuerdo los siguientes interrogantes, ¿A quién le pertenece el agua? ¿Acaso debe pertenecer a alguien? ¿Debería ser privatizada? ¿Qué derecho tienen las grandes multinacionales a adquirir los sistemas hidrológicos? ¿Acaso debe el agua ser intercambiado en un mercado abierto como una mercancía cualquiera? ¿Qué leyes son necesarias para proteger el agua? ¿En qué consiste el papel del gobierno? ¿Cómo pueden los países ricos en recursos hídricos compartir el agua con los países menos afortunados? ¿Quién es el guardián de la sangre que le da vida a la naturaleza? ¿Cómo puede el ciudadano de a pie involucrarse en el proceso? las cuales nos llevan a pensar que el agua como fuente de vida no debe ser tomada como una mercancía que se vende y compra a granel.

El mundo actual a través el modelo de globalización económica ha generado que todo absolutamente todo sea comerciable incluso valores naturales tan importante para la vida como lo es el agua, el cual debido a al importancia que ha tomado hoy en día en el ámbito comercial se le considera como el **ORO AZUL** es decir hoy día es un mineral precioso pero no en el contexto de ser fuente de Vida sino de ser fuente de riqueza, plano que ha generado debido a la corrupción mundial una serie de leyes y normas por intermedio de políticos y tratados internacionales que se acomodan al interés de las empresas multinacionales. Una de las consecuencias del modelo de globalización económica es que la brecha entre ricos y pobres se sigue haciendo más grande lo cual debido a la comercialización del agua ha hecho que cada día menos personas tengan acceso al agua ya que no poseen el capital para adquirirlo, lo cual se manifiesta en muchos casos mundiales de sitios turísticos en los cuales se reduce el agua de la población habitual para poder satisfacer la demanda de agua que requieren los turistas que llegan en ciertas épocas del año, por ejemplo en nuestra ciudad se ve restringido o disminuido el servicio de agua en las épocas de fin de año y año nuevo cuando llegan los turistas a disfrutar del complejo turístico que ofrece nuestra ciudad con



*sus hermosas playas, es decir los sectores mal llamados marginales se ven afectados por que se le aumenta la presión de flujo al sistema hotelero y comercial generando una tasa constante de flujo que garantice que los turistas siempre tengan el preciado liquido sin pensar en que es lo que pasa en estas épocas con los residentes habituales de la ciudad, es decir la ciudadanía que durante todo el año esta cancelando su servicio de agua potable se ve marginada debido a que en las épocas turísticas los miles de visitantes que llegan le generan mas ingresos a las partes que viven del turismo, del comercio y por ahí derecho dejándole mas ingresos a la empresa que maneja el acueducto municipal; como este se presentan muchos casos en el mundo donde aun en épocas de sequía la parte turística tiene garantizado el servicio de agua potable.*

*La globalización debido a su fin meramente comercial conlleva a que no haya forma de preservar el medio ambiente debido a que las empresas multinacionales solo piensan en la rentabilidad (\$) de un proyecto es decir su filosofía es ganar todo lo que se pueda de un negocio en el menor tiempo posible sin importar si esto conlleva a generar daños en el medio ambiente ya que ellos hoy están aquí pero mañana que se acabe el recurso productivo para ellos simplemente dan la vuelta y se van a otro sitio que puedan explotar hasta que este también se acabe y se vayan a otro sitio, generando así una gran devastación del medio ambiente mundial, por que cada árbol que vemos al salir a la calle sirve como pulmón para el planeta y no solo para nuestro país, un ejemplo de esta gran devastación debido al comercio está en brasil, donde pretende desbastar un área de 500000Ha de bosque virgen para convertirlas en espacio pecuario, esto sin pensar cuanto oxígeno se le esta cortando al mundo ya que el mayor productor de oxígeno a nivel mundial son las plantas y sin pensar como se va a romper el equilibrio natural de esta zona al ingresar elementos ajenos a su nicho ecológico. Este es solo uno de los muchos casos mundiales en el que los gobiernos se olvidan de sus obligaciones con el medio ambiente espacio aprovechado por las grandes multinacionales para acaparar la adquisición de todo tipo oportunidades de*



comerciar con el medio ambiente, en el caso del agua de estar al acecho de cualquier oportunidad de establecer negocio con ésta ya sea en Hidroeléctricas, en Acueductos, o en cualquier tipo de explotación sin control de los gobiernos; están grande este negocio de la comercialización del agua y tan rentable que ya existen barcos que antes se usaban para transportar el **ORO NEGRO** (Petróleo) que se están adaptando para transportar Agua en vez de Petróleo.

Otro gran negocio generado alrededor del agua es el de El Agua Embotellada descrito de una manera muy notoria y consecuente en “EL ORO AZUL, La crisis mundial del agua y la rectificación de los recursos hídricos del planeta” (Maude Barlow. 2001) del cual extrajimos el siguiente aparte:

- ❖ *El Agua Embotellada se Convierte en un Gran Negocio. Allí donde existe una demanda para el comercio transfronterizo del agua, el negocio está en plena marcha. El comercio del agua embotellada es una de las industrias de mayor expansión (y de las menos reglamentadas) del mundo. En los años 70, el volumen anual alcanzaba los 900 millones de litros. En los 80, esta cifra hizo más que doblar, colocándose en unos 1900 millones de litros, y para finales de la década, el mundo estaba consumiendo seis mil millones de litros de agua embotellada cada año. Pero estas cifras se quedan cortas en comparación con la explosión de las ventas de agua embotellada de los últimos cinco años - que aumenta a un ritmo anual superior al veinte por ciento. En el año 2000 se embotellaron y comercializaron más de 24.000 millones de litros en el mundo, de los cuales un noventa por ciento en recipientes plásticos no retornables o reciclables. En Canadá, la cantidad de agua extraída por los embotelladores ha crecido en más de cincuenta por ciento en menos de una década; los embotelladores, que no pagan tarifa alguna por el agua que obtienen, tienen el derecho legal de extraer unos 30.000 millones de litros al año - o sea, mil litros por cada habitante del país. Casi la mitad de esta agua se*





*exporta a los EE.UU. A medida que se va deteriorando cada vez más el agua dulce que existe en el mundo, los que pueden permitirse el agua embotellada están a favor de esta fórmula, pese al hecho de que el agua embotellada no es sometida a unas pruebas y normas de pureza tan rigurosas como las del agua de grifo. Un estudio realizado en marzo de 1999 por el Consejo de Defensa de Recursos Naturales (NRDC) de los EE.UU., halló que buena parte del agua embotellada es igual de segura o insegura que el agua de grifo, y en algunos casos lo es bastante menos. Un tercio de las 103 marcas de agua embotellada que fueron objeto de este estudio estaban más o menos contaminadas, encontrándose indicios de arsénico y de E. coli; el estudio determinó asimismo que al menos en una cuarta parte de los casos, el agua embotellada no resulta más que ser agua de grifo. Junto con los colosos de la industria, tales como Perrier, Evian, Naya, Poland Spring, Clearly Canadian, La Croix y Purely Alaskan, existen literalmente miles de pequeñas compañías que se dedican a este negocio. Además empiezan a pegar fuerte las grandes empresas de bebidas gaseosas. La Pepsi ha lanzado su gama Aquafina y Coca-Cola acaba de lanzar la versión norteamericana de su marca internacional Bon Aqua, bajo el nombre de Dasani. Coca-Cola predice que su agua embotellada, que no es más que agua de grifo depurada y que es más cara que la gasolina, terminará dando mayores beneficios que sus bebidas gaseosas antes de que acabe la década. Estas empresas no escatiman esfuerzos en seguir buscando nuevas fuentes de agua para calmar el insaciable apetito del negocio y se dedican al comercio del agua que se transporta en petroleros, y a comprar los derechos de aguas de los agricultores. En las localidades rurales de todo el mundo, las empresas están comprando tierras agrícolas para tener acceso a los pozos y abandonarlos en cuanto se secan. En América del Sur las empresas hidrográficas extranjeras están adquiriendo grandes pedazos de naturaleza salvaje e incluso sistemas hidrográficos integrales que pretenden guardarse en la manga para desarrollo futuro. A*





veces ocurre que estas empresas agotan por completo no sólo los sistemas de su propio terreno sino que también los de la región circundante. Un acalorado debate ha estado teniendo lugar en Tillicum Valley, pintoresca región de huertos y viñas de Columbia Británica. Es evidente que la Canadian Beverage Corp. ha estado explotando el agua subterránea de la región de manera tan incansable que los habitantes y los hortelanos del lugar dicen que la compañía está "dejándoles secos." Por supuesto, las diferencias en los ingresos mundiales se reflejan en un acceso desigual al agua embotellada. El NRDC informa que algunas personas gastan hasta 10.000 veces más por cada tres litros de agua embotellada que para el agua del grifo. Por el mismo precio que el de una botella de este artículo de lujo, se podría abastecer a los hogares 3.000 litros de agua de grifo, según la American Water Works Association. Paradójicamente la mismísima industria que contribuye a destruir las fuentes de agua públicas - con objeto de abastecer agua "pura" a la élite mundial en plástico no reciclable - presume de tener un producto que no hace daño a la naturaleza y que forma parte de un estilo de vida sano.

Ante el hecho de la inminente comercialización del agua y ante el panorama a futuro que se tiene con respecto a este preciado recurso es necesario que los países con mayores riquezas hídricas aprendan a regular su uso de una manera racional de tal forma que permitan una explotación controlada del recurso, para así garantizar la estabilidad del mismo que les brinde un sostenimiento continuo de las cuencas, por ejemplo en nuestra ciudad a pesar de ser privilegiados y tener una gran riqueza hídrica (Río Manzanares, Río Gaira, Quebrada Bureche, Quebrada Tamacá, el acuífero de Santa Marta, entre otras fuentes) el mal manejo de las cuencas y del recurso en general nos ha llevado a tener escasez de agua sin haber la necesidad ya que con un buen plan de manejo de nuestras cuencas hidrográficas se podría garantizar el servicio de agua por mucho tiempo, pero si no abrimos los ojos y nos damos cuenta que estamos acabando con nuestras fuentes



*hídricas llegará el momento en que estas definitivamente no suplirán nuestras necesidades básicas y esto debido a la mal planificación y administración del recurso. A continuación se presentan algunas cifras del agua a nivel mundial para nos demos cuenta de cómo ha pasado el agua de ser un bien público a ser un negocio mundial.*

### **1.1 HECHOS Y CIFRAS SIGNIFICATIVAS DEL AGUA A NIVEL MUNDIAL**

*Del total de los recursos hídricos de la Tierra, aproximadamente el 97,5 % es agua salada y del 2,5% restante que es agua dulce, alrededor del 70% está congelada en los casquetes polares. Para un uso humano directo se puede tener fácil acceso a menos del 1% del agua dulce mundial, es decir, el 0,007% del total de los recursos hídricos de la Tierra. (OMS).*

- ❖ Según las estimaciones, la población mundial llegará a 8300 millones en 2025 y a 10000 ó 12000 millones en 2050. (UNESCO).*
- ❖ Se estima que alrededor de 1200 millones de personas (el 20% de la población mundial) carecen actualmente de agua apta para el consumo. (UNESCO).*
- ❖ La demanda mundial de agua se incrementó 6 o 7 veces en el último decenio, lo que equivale a más del doble de la tasa de crecimiento demográfico. (UNESCO).*
- ❖ Las extracciones mundiales de agua han aumentado de 250 metros cúbicos por persona en 1900 a 700 metros cúbicos por persona en la actualidad. En el Canadá, esa cifra asciende a casi el doble, con lo cual el país ocupa, por este concepto, el segundo lugar después de los Estados Unidos. (Environment Canadá).*



- ❖ *De continuar la actual estructura de consumo, dos de cada tres personas enfrentarán, ya en 2025, difíciles condiciones de vida en la Tierra por la escasez de agua. (PNUMA).*
- ❖ *Carecen de acceso a servicios básicos de saneamiento alrededor de 2 400 millones de personas, entre quienes se cuentan los más desposeídos del mundo. (OMS).*
- ❖ *Por cada metro cúbico de aguas residuales contaminadas que se descarga en acuíferos y cursos de agua se vuelven no aptos para el consumo entre 8 y 10 metros cúbicos de agua pura. (UNESCO).*
- ❖ *La falta de agua salubre y de servicios de saneamiento adecuados, así como condiciones de vida deficientes, son los problemas ambientales prevalecientes que aquejan a los niños en los países en desarrollo. (UNICEF).*
- ❖ *Como consecuencia del desplazamiento de la población rural a zonas urbanas en todas partes del mundo, enormes cantidades de personas viven hacinadas en asentamientos sin servicios de saneamiento adecuados, agua potable o condiciones de vida ecológicas. (UNICEF).*
- ❖ *Los niños que viven en este tipo de asentamientos urbanos y de entornos de alto riesgo son propensos a sufrir enfermedades diarreicas y otras afecciones relacionadas con el agua y la higiene. (UNICEF).*
- ❖ *Cada año, alrededor de 3,4 millones de personas, niños en su mayoría, mueren víctimas de enfermedades relacionadas con el agua, y aproximadamente 2,2 millones de personas mueren por enfermedades diarreicas vinculadas a servicios insuficientes de abastecimiento de agua, saneamiento e higiene. (OMS).*
- ❖ *Más del 50% de la población de los Estados Unidos satisface su consumo de agua potable con aguas subterráneas; el 97% de los habitantes de zonas rurales de los Estados Unidos dependen de aguas subterráneas para el agua potable que consumen. (Groundwater Foundation).*



- ❖ *En el Canadá, el consumo diario de agua para usos domésticos y de jardinería asciende, en promedio, a 343 litros por persona. (Environment Canadá).*
- ❖ *En regiones rurales de África, es frecuente que las mujeres y niñas tengan que transportar el agua desde fuentes situadas a 7,5 kilómetros de distancia de sus hogares; el recipiente de 20 litros que suelen cargar pesa 20 kilogramos. (WaterAid).*
- ❖ *Para los inodoros más antiguos se necesitan entre 8 y 20 litros de agua por cada descarga. Para los de diseño más reciente, como los que están en uso en Suecia y en el Brasil, se requieren entre 3 y 5 litros y para los inodoros de sifón usados en la India, sólo 1,5 litros. (HÁBITAT).*
- ❖ *Vendedores de agua suministran el líquido que consume alrededor del 20% de la población urbana de los países en desarrollo. Los pobres de las zonas urbanas pagan por el agua sumas exorbitantes que llegan a representar la mitad de sus ingresos. (HÁBITAT).*
- ❖ *En ciudades del mundo en desarrollo, hasta el 60% del agua purificada y entubada no se contabiliza por fugas y conexiones ilegales. (HÁBITAT).*
- ❖ *Para producir 910 kilogramos de papel se requieren aproximadamente 295000 litros de agua; para producir 910 kilogramos de acero, alrededor de 86 300 litros de agua; para fabricar un litro de gasolina se necesitan diez litros de agua; y para cultivar un kilogramo de patatas, 1000 litros de agua. (Environment Canadá).*

*Finalmente establecer una conciencia alrededor del agua es necesario para cuidar este recurso y poder dejarle a las generaciones futuras un mundo en el cual se pueda vivir dignamente y sin las presiones comerciales que se están imponiendo hoy en día con respecto ORO AZUL que desde siempre ha sido un bien publico y que hoy en día lo estamos convirtiendo en una mercancía mas que se compra y vende al mejor postor; en el “EL ORO AZUL, la crisis mundial del agua y la reedificación de los recursos hídricos del planeta” (Maude Barlow. 2001) se*



proponen diez principios para la protección del agua los cuales presentamos a continuación:

**a). El agua pertenece a la tierra y a todas las especies.** El agua, al igual que el aire, es necesaria para la vida. Sin agua, los humanos y otros seres morirían y sería el fin de los sistemas hidrográficos de la tierra. La sociedad moderna ha perdido el respeto por el lugar sagrado que le corresponde al agua en el ciclo de vida, así como sus afinidades espirituales con el preciado líquido. Esta falta de respeto por el agua ha permitido que abusáramos de ella. Para poder enderezar el mal que hemos causado, tenemos que empezar por redefinir nuestra relación con el agua y reconocer su lugar esencial y sagrado en el seno de la naturaleza. Como el agua pertenece a la tierra y a todas las especies, los dirigentes políticos deben representar los derechos y las necesidades de otras especies en todas sus decisiones. Las generaciones venideras también son partes interesadas que requieren representación en las decisiones que se tomen sobre el agua. La naturaleza, y no el hombre, está en el centro del universo, a pesar de toda nuestra brillantez y nuestros grandes logros, somos una especie animal que necesita el agua por las mismas razones que las demás. Contrariamente a otras especies, sin embargo, únicamente los humanos tenemos el poder de destruir ecosistemas sobre los cuales dependen todas y por lo tanto, los humanos tenemos la urgente necesidad de redefinir nuestra relación con el mundo natural. Jamás se debe tomar decisión alguna sobre el consumo de agua sin antes tomar enteramente en cuenta las repercusiones que puede tener sobre el ecosistema.

**b). El agua debe dejarse donde está en la medida de lo posible.** La naturaleza ha puesto el agua en el lugar que le pertenece. Jugar con la naturaleza acarreando grandes cantidades de agua de los cauces puede causar la destrucción de los ecosistemas. La extracción y desvío de las aguas a gran escala, afecta no solo los sistemas circundantes, sino también los que se encuentran a lo lejos. El agua que desemboca en el mar no se "desperdicia". Los



*efectos acumulados de la extracción del agua de los lagos, ríos y arroyos tiene impactos desastrosos a gran escala para el entorno del litoral y del mar así como para los pueblos indígenas de la región así como para otras personas cuyo modo de vida depende de los recursos naturales del lugar. Aunque pueda haber una obligación de compartir el agua en tiempos de crisis, tal como se hace para los alimentos, no es una solución recomendable a largo plazo que los ecosistemas o los habitantes de ninguna región del mundo empiecen a depender de los abastecimientos extranjeros para esta fuente de vida. El hecho de importar una necesidad tan fundamental podría crear una relación de dependencia que no es acertada para ninguna de las partes. Al aceptar este principio, aprendemos a conocer la naturaleza de los límites del agua y a convivir con ellos, y empezamos a girar la vista hacia nuestras propias regiones, localidades y hacia nuestros propios hogares buscando medios para satisfacer nuestras necesidades mientras respetamos el lugar del agua en la naturaleza.*

**c). El agua debe ser conservada para todos los tiempos.** *A cada generación le toca asegurarse que sus actividades no redunden en un empobrecimiento de la abundancia y de la calidad del agua. La única manera de resolver el problema de la escasez mundial estriba en un cambio radical de nuestras costumbres, especialmente en lo que se refiere a la conservación del agua. Los habitantes de los países acaudalados deben de cambiar sus hábitos de consumo, sobre todo en las regiones fértiles donde prolifera la biodiversidad. De no actuar de manera más ahorrativa, estos países tampoco tendrán derecho a mostrarse reticentes a la hora de compartir el agua - aún por motivos ecológicos y éticos – so pena de exponerse a críticas enteramente justificadas. La clave para mantener fuentes sostenibles de agua subterránea reside en asegurar que el ritmo de extracción no supere el del tiempo que necesita para realimentarse. Parte del agua destinada a las ciudades y a las actividades agropecuarias tendrá que ser restituida a la naturaleza. Hay que preservar extensos tramos de los sistemas fluviales; y los gobiernos deben de llegar a un consenso y fijarse una meta mundial. Los grandes proyectos de*





construcción de presas deben de aplazarse hasta nueva orden, o cancelarse del todo, y algunos de ríos que han sido desviados, deben de volver a encauzarse de manera que su fluir esté en mayor consonancia con la naturaleza y las estaciones. Las mejoras infraestructurales deben de convertirse en una prioridad para los gobernantes de todo el mundo de manera a poner fin a las tremendas pérdidas de agua debidas a la antigüedad y al estado de deterioro de las canalizaciones. Los gobiernos deben dejar de fomentar con subsidios las prácticas derrochadoras de las empresas. De esta manera, lograrán hacer pasar el mensaje que el agua no abunda y que por lo tanto no se puede malgastar.

**d). El agua contaminada debe ser recuperada.** La raza humana ha contribuido colectivamente a la contaminación del agua en el mundo y por lo tanto, debe responsabilizarse colectivamente de la labor de saneamiento. La escasez de agua y la contaminación vienen causadas por valores económicos que propician un consumo abusivo y muy poco rentable de este recurso. Estos valores están equivocados. Una resolución para el saneamiento del agua contaminada es un acto de auto preservación. Nuestra supervivencia así como la de todas las especies dependen de la recuperación de los ecosistemas que funcionan al son de la naturaleza. Los gobiernos de todos los niveles y las localidades de cada país deben de proceder al saneamiento de los sistemas fluviales contaminados y poner fin, en la medida de lo posible, a la destrucción de los pantanos y de los entornos acuáticos. Hace falta adoptar leyes e instrumentos de ejecución rigurosos para tratar de resolver la contaminación que proviene de la agricultura, de las alcantarillas municipales y de los contaminantes industriales, que son las principales causas del deterioro del agua. Los gobiernos deben de volver a tomar el control sobre las grandes empresas de minería y forestería cuyas prácticas incontroladas siguen causando incalculables daños a los sistemas hidrográficos. La crisis del agua no puede ser percibida al margen de otras importantísimas cuestiones ecológicas como son el arrasado de los bosques y los cambios climáticos imputables a la actividad humana. La destrucción de lagos y ríos debida



al arrasado de los bosques daña muy seriamente el hábitat de los peces. Los cambios climáticos acabarán causando condiciones extremas. Las inundaciones subirán de nivel, las tormentas serán más fuertes, las sequías se harán más largas. Y cada vez irá en aumento la demanda de agua dulce. El saneamiento del agua contaminada exigirá un compromiso internacional capaz de reducir radicalmente el impacto del ser humano sobre el clima.

**e). La mejor forma de proteger el agua es dejarla en su entorno natural.** El futuro para un mundo que pueda garantizar el agua reposa en la necesidad de residir en las "bioregiones", es decir en el entorno natural de las cuencas de los ríos. El bioregionalismo es la práctica de vivir adaptándose a los límites de un ecosistema natural. Las características de las aguas superficiales y subterráneas de cada cuenca constituyen un conjunto de parámetros fundamentales que gobiernan casi por entero la vida de determinada región; otros elementos, tales como la flora y la fauna, están ligados a las condiciones hidrológicas de la región. Por tanto, si vivir dentro de los límites ecológicos de una región es un factor clave para el desarrollo de una sociedad sostenible, las cuencas son un excelente punto de partida para establecer prácticas bioregionales. Una ventaja de pensar que las líneas divisorias empiezan y acaban donde se encuentran las cuencas, es que el agua no conoce fronteras entre países o estados. La gestión de las cuencas permite un planteamiento más interdisciplinario de la protección del agua, y es una manera de romper las jaulas en las que se han encerrado los gobiernos tanto a escala internacional, nacional local y tribal, que llevan tantísimo tiempo erosionando la política del agua en el mundo entero. La delimitación de las cuencas, y no las líneas divisorias políticas o burocráticas llevará a una forma de protección y de toma de decisiones más cooperativa.

**f). El agua es un mandato público por el que todos los niveles de gobierno deben velar.** Ya que el agua, al igual que el aire, pertenece a la tierra y a todas las especies, nadie tiene el derecho de apropiarse o de sacar provecho de ella a





costa de otros. El agua constituye así pues un mandato público que debe de ser protegido por todos los niveles de gobierno y todas las localidades del mundo. Por lo tanto, el agua no debe ser privatizada, rectificada, comercializada o exportada a granel para fines comerciales. Los gobiernos de todo el mundo deben de tomar medidas sin más tardar para declarar que las aguas de sus territorios son un bien público y deben poner en pie sólidas estructuras de reglamentación para protegerlas. El agua debe ser exonerada inmediatamente de todo acuerdo internacional, bilateral y de libre comercio e inversiones, existente o futuro. Los gobiernos deben de prohibir los proyectos de comercio del agua a gran escala. Aún reconociendo que los gobiernos han fracasado miserablemente en lo que se refiere a proteger su patrimonio acuático, hay que recordar que esta situación tan solo puede ser enderezada a través de las instituciones democráticas. El agua se convierte en una mercancía que ha de ser claramente controlada por el sector privado, las decisiones a su respecto obedecerán exclusivamente a sus fines lucrativos. Cada nivel de gobierno debe proteger el agua que ha sido confiado a su cuidado: las municipalidades deben de dejar de hacer redadas sobre los sistemas fluviales de las localidades rurales. La cooperación dentro de una misma cuenca redundará en la protección de sistemas fluviales y lacustres de mayor envergadura. La legislación nacional e internacional prevalecerá de cara a las grandes multinacionales y pondrá fin a las prácticas empresariales abusivas. Los gobiernos determinarán los adecuados niveles impositivos sobre el sector privado y estos impuestos servirán para la reparación de las infraestructuras. Todos los niveles de gobierno aunaran sus esfuerzos para fijarse una meta encaminada a preservar la naturaleza acuática del mundo.

**g). Disponer de agua potable suficiente es un derecho fundamental.** Todas las personas del mundo tienen derecho a disponer de agua potable y de sistemas sanitarios en condiciones, donde quiera que vivan. La mejor manera de asegurar este derecho es manteniendo los servicios de abastecimiento y alcantarillado en el sector público, regulando la protección de las aguas y fomentando el consumo



*sensato del agua. Las personas que viven en las regiones donde escasea el agua únicamente podrán disponer del agua potable que necesitan mediante el fomento de la conservación y protección de sus recursos locales. Los pueblos indígenas tienen derechos inherentes especiales en relación con sus territorios tradicionales, incluyendo el agua. Estos derechos ancestrales les pertenecen por el uso de posesión de la tierra y del agua de sus territorios y en virtud de sus antiguos sistemas sociales y jurídicos. El derecho inalienable de la autodeterminación de los pueblos indígenas debe ser reconocido y codificado por todos los gobiernos; la soberanía sobre el agua es un factor crucial para proteger estos derechos. Los gobiernos de todo el mundo deben de hacer suya la frase "la caridad bien entendida empieza por uno mismo", e implantar una política preferente para proteger los derechos fundamentales de sus ciudadanos a disponer de agua. La legislación que exige que todos los países, localidades y bioregiones protejan los recursos hídricos locales, y que busquen nuevas fuentes locales antes de tornarse hacia otras regiones conseguirá muchísimo en lo que se refiere a poner fin a la práctica antiecológica de trasladar el agua de una cuenca a otra. Este principio quiere decir que las gentes y los granjeros del lugar tienen la preferencia. Las actividades agropecuarias y la industria, sobre todo las grandes multinacionales, deben de adaptarse a esta política preferente y conformarse con el segundo lugar so pena de verse clausuradas. Esto no quiere decir que el agua ha de ser "gratuita" o que no hay más que auto servirse. Sin embargo, una política de tarifas que respete este principio ayudaría a conservar el agua y a preservar los derechos de todos los que tienen acceso a ella. Las tarifas del agua y los "impuestos verdes" (que aumentan las recetas del gobierno a la vez que enfrían el consumo de recursos y su contaminación) deberían de ser más fuertes para las actividades agropecuarias y la industria que para los ciudadanos, y los ingresos correspondientes deben servir para proveer agua para todos.*

**h). Los mejores defensores del agua son las localidades y sus ciudadanos.** *Las administraciones locales, que no las empresas privadas, las*



*tecnologías prohibitivas o inclusive el gobierno, son la mejor garantía de protección del agua. Los únicos que pueden hacerse una idea del efecto acumulado de la privatización, la contaminación, la extracción y el desvío de las aguas de una localidad, son sus ciudadanos. Son los únicos que conocen los efectos de las pérdidas de empleo o de las granjas debido a que las grandes empresas toman las riendas o desvían el agua para usarla en lugares lejanos. Hay que comprender que los ciudadanos y las localidades en las que residen, son los "guardianes" en primera línea de los ríos, lagos y de los sistemas de los cuales dependen su vida y sus quehaceres. Para que las soluciones a la escasez sean asequibles, sostenibles y justas, deben de inspirarse y fundamentarse en las localidades. Los proyectos de saneamiento que funcionan a menudo se deben a organizaciones ecológicas y cuentan con la intervención de todos los niveles de gobierno, y hasta a veces con donativos privados. Pero estos proyectos no serán viables o sostenibles si no van guiados por el sentido común y la experiencia de las comunidades locales. En las regiones donde escasea el agua, se están volviendo a considerar con cierta urgencia el recurso a las tecnologías indígenas ancestrales, tales como el compartir el agua y sistemas de captación de la lluvia, que habían sido abandonados para abrazar las nuevas tecnologías. En algunas regiones, las gentes del lugar se han responsabilizado enteramente de las canalizaciones y han establecido fondos a los que deben de contribuir los consumidores de agua. Estos fondos se utilizan para abastecer a toda la comunidad.*

***i). El público debe participar a partes iguales con el gobierno para proteger el agua.*** *Un principio fundamental para salvaguardar el agua de cara al futuro es que el público debe de ser consultado e invitado a participar a partes iguales con los gobiernos en la formulación de las políticas relativas al agua. Hace demasiado tiempo que los gobiernos y las organizaciones económicas internacionales como son el Banco Mundial, la OCDE y los burócratas del libre comercio se dejan guiar por intereses comerciales. Inclusive en las rarísimas ocasiones en que se las invita*



a tomar asiento en la mesa de negociaciones, las organizaciones no gubernamentales (ONG) y los grupos ecológicos no suelen tener ni voz ni voto. Las empresas que dedican importantes fondos al apoyo de campañas políticas suelen obtener contratos ultra preferentes para el dominio de los recursos hídricos. A veces incluso ocurre que los grupos empresariales que hacen presión en los pasillos terminan redactando el enunciado de los acuerdos y tratados que adoptan los gobiernos. Esta práctica ha dejado en entredicho la legitimidad de los gobiernos en todas partes. Se deben de crear procesos mediante los cuales los ciudadanos, los trabajadores y los representantes ecológicos sean tratados como socios a partes iguales a la hora de determinar las políticas relativas al agua y sean reconocidos como los verdaderos herederos y guardianes de los principios indicados.

**j). El agua no será un recurso sostenible si prevalecen las políticas de Globalización económica.** Los valores de la Globalización económica, es decir el crecimiento ilimitado y la expansión del comercio mundial son totalmente incompatibles con la búsqueda de soluciones para resolver la escasez del agua. Concebida para recompensar al más fuerte y al menos escrupuloso, la Globalización económica pone fuera de juego a las fuerzas de la democracia local que tan desesperadamente hacen falta para asegurar el futuro del agua. Si aceptamos el principio que para proteger el agua debemos esforzarnos por vivir dentro de nuestros propios cauces, se debe renunciar a la práctica de percibir al mundo como un sólo, único y perfectísimo mercado de consumo. La Globalización económica perjudica a las comunidades locales por el hecho de facilitar el movimiento de los capitales y permitir el robo de los recursos locales. La liberalización del comercio y de las inversiones permite a algunos países vivir por encima de sus medios ecológicos y de los recursos hídricos de los que disponen; otros abusan de sus fuentes limitadas de agua para irrigar los cultivos que destinan a la exportación. En los países ricos, las ciudades e industrias nacen y crecen en un abrir y cerrar de ojos en los desiertos. Una sociedad que lucha para



que el agua sea un recurso sostenible, se opondría a este tipo de prácticas. Sólo se podrá alcanzar un futuro sostenible, si buscamos una mayor autonomía regional, que no menor. El construir nuestras economías sobre la base de los sistemas hidrográficos locales es la única manera de integrar políticas medioambientales sensatas con la capacidad productiva de la gente, a la par que proteger nuestras aguas.

## **2. MARCO LEGAL Y JURÍDICO (FUENTE SIAC, IDEAM)**

*El código nacional de los recursos naturales renovables y protección al medio ambiente –decreto-Ley -2811 de 1974, marcó el primer gran momento en el desarrollo de la legislación ambiental colombiana como cuerpo normativo autónomo y amplio, que tiene por objeto: la preservación y restauración del ambiente; la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables del País; el control de los efectos nocivos del aprovechamiento de los recursos no renovables; y, la regulación de la conducta humana y de la actividad de la administración pública con respecto al ambiente y los recursos naturales.*

*El código declara que el ambiente es patrimonio común y que el estado y los particulares deben participar en su preservación o manejo, que son de utilidad pública e interés social. Regula, por una parte, el manejo de los recursos naturales renovables y, por la otra, la defensa del ambiente contra la acción nociva de los fenómenos naturales, así como de los elementos que conforman el ambiente o influyen en el, tales como residuos y desechos, las condiciones de vida resultantes de los asentamientos humanos y los bienes producidos por el hombre.*

*El libro I del código se titula Del Ambiente y se subdivide en cuatro partes. La primera parte trata sobre definición y normas generales de política ambiental: establece el derecho de toda persona a disfrutar de un ambiente sano; enuncia los*



factores que deterioran el ambiente como la contaminación de aire, la aguas y los suelos, la degradación y erosión de suelos, el uso inadecuado de sustancias peligrosas, la disminución de fuentes naturales de energía primaria y de especies animales, vegetales o recursos genéticos, la acumulación o disposición inadecuada de residuos y desechos; define contaminación y contaminante; y, consagra los principios que guían el uso de los recursos naturales renovables, a saber:

- ❖ *Eficiencia: los recursos naturales y los elementos ambientales deben utilizarse en forma eficiente, de modo que se obtenga su máximo aprovechamiento, con forme al interés general de la comunidad*
- ❖ *Interdependencia: este principio parte de reconocimiento de que los recursos naturales y los elementos ambientales se encuentran relacionados entre si, por lo que se generan relaciones de interdependencia entre ellos y su uso se debe hacer de manera tal que, en lo posible no interfiera en los demás.*
- ❖ *Interés general: la utilización de los recursos naturales y de los elementos ambientales deben hacerse de modo que se garantice la primacía del interés general de la comunidad sobre cualquier interés particular*
- ❖ *Prioridad de uso: los diversos usos que se pueden dar a un recurso natural, se determinarán de conformidad con las prioridades señaladas en la Ley. Las prioridades para los diversos usos se deben establecer previamente y con carácter general, para cada región del país. Este principio busca no solo establecer las principales necesidades de uso de un recurso, sino también los usuarios a los que deben autorizarse preferiblemente dicho uso*
- ❖ *Limites de uso: la utilización de los recursos naturales no puede sobrepasar los límites permisibles. Este principio se consagro con el fin de prevenir que el uso de un recurso produzca su agotamiento o deterioro grave, o impida su posterior utilización por otros usuarios*





- ❖ *Planeación: la planeación del manejo de los recursos renovables debe hacerse en forma integral, de tal modo que contribuya al desarrollo equilibrado urbano y rural (Artículo 9)*

*La segunda parte del libro I del código, regula los asuntos ambientales de influencia internacional, señalando las acciones que debe adelantar el estado para prevenir o solucionar problemas ambientales y regular la utilización de recursos naturales compartidos con países limítrofes (como las cuencas hidrográficas fronterizas, los bosque de ambos lado de una frontera y la atmósfera), cuando las acciones de un país puedan producir efectos nocivos o alteraciones perjudiciales en el vecino. Igualmente, dispone que el Gobierno evitara o prohibirá la utilización de elementos ambientales o recursos naturales renovables que puedan producir deterioro en países no vecinos, en alta mar, en la atmósfera o en el espacio aéreo.*

*La tercera parte agrupa instrumentos de intervención de estado como: los incentivos y estímulos económicos; la acción educativa; el uso de los medios de comunicación; las tasas; el sistema de información ambiental; las inversiones financieras estatales en obras ambientales; los estudios de impacto ambiental; la zonificación; y, las emergencias ambientales.*

*La ultima parte del libro I del código reúne las normas de preservación ambiental relativas a elementos ajenos a los recursos naturales, entre las que se incluyen disposiciones para prevenir el daño al hombre y al ambiente por el uso de productos químicos, sustancias toxicas y radioactivas o por el ruido. Contiene también previsiones de manejo de residuos y desechos, y la posibilidad de establecer condiciones y requisitos para prevenir y controlar los efectos nocivos en el ambiente por el uso o explotación de los recursos naturales no renovables.*

*El libro II del código se denomina de la propiedad, uso e influencia ambiental de los recursos naturales renovables y se subdivide en 13 partes: normas comunes; la atmósfera y el espacio aireo ; las aguas no marítimas ; el mar y su fondo; los*



recursos energéticos primarios; los recursos geotérmicos; los suelos; la flora terrestre; la fauna terrestre; los recursos hidrobiológicos; la protección sanitaria de la fauna y de la flora; los recursos del paisaje; y, el manejo de los recursos naturales renovables.

De esta manera, el código brinda el marco general que posteriormente es desarrollado por decretos reglamentarios en aspectos específicos, que concretan temas necesarios para su aplicación, como as disposiciones sobre modos y condiciones para el aprovechamiento de los recursos naturales renovables.

En el año de 1991, se promulgo la nueva carta política en la que se consagraron importantes disposiciones que se relacionan con el tema ambiental, a diferencia de la carta de 1886 que no contenía ningún artículo específico sobre la materia. La constitución señalo un conjunto de deberes ambientales a cargo del estado, entre los que sobresalen: proteger la diversidad e integridad del ambiente; conservar la áreas de especial importancia ecológica; fomentar la educación para lograr estos fines; y, garantizar la participación de la comunidad en las decisiones que pueden afectar el ambiente sano (Artículo 79). Igualmente debe: prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental; imponer las sanciones y exigir las reparaciones de los daños causados, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su derecho sostenible, conservación, restauración o sustitución; y, cooperar con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en zonas fronterizas (Artículo 80).

La constitución también previo deberes compartidos entre el estado y los particulares, al señalar que es obligación del Estado y las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la nación (Artículo 8). Por otra parte, la constitución incluyó el aspecto ambiental como un componente fundamental del Plan Nacional de Desarrollo, obligando al gobierno señalar objetivos, estrategias, programas y metas ambientales en dichos planes (Artículo 339).





Otras disposiciones constitucionales importantes en la materia son: el otorgamiento de competencias ambientales a las entidades territoriales; la definición de fuentes de financiación para la gestión ambiental; la posibilidad de que el presidente de la República decrete el estado de emergencia ecológica; la consagración de la propiedad como una función social a la cual le es inherente una función ecológica: la posibilidad de que el estado por intermedio de la ley, intervengan en el aprovechamiento de los recursos naturales y en los usos del suelo, con el fin de lograr la preservación del ambiente.

Frente a los retos y posibilidades conferidas por la constitución de 1991 al estado colombiano y como respuesta a los compromisos de la agenda internacional derivada de la Cumbre de Río de Janeiro de 1992, se consideró necesario crear un ente de la más alta jerarquía administrativa que estuviera en capacidad de responder adecuadamente a los mandatos de la nueva carta política y que solucionara el problema de la atomización de las competencias ambientales en diversas entidades del orden nacional y regional.

Así la ley 99 de 1993 creó el ministerio de medio ambiente como ente rector de la política y gestión ambiental del país, encargado de definir las políticas y regulaciones a las que se debe ajustar la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables. Entre las funciones específicas a cargo del ministerio previstas en el artículo 5 de la Ley, se cuentan: establecer reglas y criterios de ordenamiento ambiental del territorio; expedir y actualizar el estatuto de zonificación de uso de adecuado de territorio para el apropiado ordenamiento y las regulaciones nacionales sobre el uso del suelo en los aspectos ambientales; coordinar y orientar las labores de investigación sobre el medio ambiente y los recursos naturales; establecer el sistema de información ambiental y organizar el inventario de biodiversidad; y hacer evaluación, seguimiento y control de factores de riesgo ecológico que puede incidir en la ocurrencia de desastres naturales entre otras.



*La citada Ley también organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA- (que esta conformado por el conjunto de orientaciones, normas, Actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la ejecución de los principios generales ambientales), como respuesta a la necesidad de contar con una institucionalidad acorde con la responsabilidad de proteger y garantizar el uso sostenible del patrimonio natural colombiano. Este sistema esta coordinado por el Ministerio del Medio Ambiente y, para todos los efectos, su jerarquía tiene el siguiente orden descendente: Ministerio de Medio Ambiente, Corporaciones Autónomas Regionales –CARs- y departamentos, distritos y municipios. La ley determina las funciones que competen a cada una de estas instancias administrativas.*

*Las CARs son entes corporativos de carácter publico, creados por la Ley, integrados por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargados por la Ley de administrar, dentro de su área de jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y de propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y de la políticas del Ministerio del Medio Ambiente.*

*Hay un total de 34 CARs a las que la ley del 99 le redefine su naturaleza jurídica y as especializa exclusivamente en el ejercicio de funciones ambientales. Las corporaciones son la máxima autoridad ambiental de su jurisdicción y las ejecutoras de la política y de la normatividad trazada por el Ministerio y, por tanto, son las responsables de la administración, protección, vigilancia y control de los recursos naturales renovables, actividades estas que deben realizar en estrecha colaboración con las entidades territoriales de su jurisdicción y garantizando la protección de la comunidad.*



*La Ley dispone también que los municipios, distritos o áreas metropolitanas, cuya población sea igual o mayor a un millón de habitantes, ejercerán dentro del perímetro urbano las mismas funciones atribuidas a las Corporaciones en lo relativo al medio ambiente urbano. En Colombia cuatro ciudades tienen la población referida: el Distrito Capital, Cali, Medellín y Barranquilla.*

*Adicionalmente la Ley 99 sentó las bases para estructuración de un Sistema Información y de Investigaciones Ambientales. Que debe generar y suministrar a las diversas entidades públicas y a la ciudadanía la información requerida para la toma de decisiones.*

*La Ley también creó cinco Instituciones de investigación como apoyo científico del ministerio, a saber:*

*El Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales –IDEAM-, establecimiento público de carácter nacional, adscrito al ministerio de medio ambiente, al que le corresponde: realizar el levantamiento y manejo de la información científico y técnico sobre los ecosistemas estratégicos del país; establecer las bases técnicas para la zonificación y uso del territorio nacional; obtener, analizar, estudiar, procesar y divulgar la información básica sobre hidrología, hidrogeología, meteorología, geografía básica sobre aspectos biofísicos, geomorfología, suelos y cobertura vegetal para el aprovechamiento de los recursos biofísicos de la nación. También tiene a su cargo el establecimiento y funcionamiento de las estructuras meteorológicas e hidrológicas nacionales para proveer información, predicciones avisos y servicios de asesoramiento a la comunidad; y, efectúa el seguimiento de los recursos biofísicos de la nación, específicamente en lo referente a la contaminación y degradación para brindar instrumentos a las autoridades ambientales para la toma de decisiones (decreto 177 de 1994).*



*El IDEAM es el coordinador y director del Sistema de Información Ambiental de Colombia –SIAC- y en tal virtud ejerce, entre otras, las siguientes funciones: establecer y promover programas de inventarios, acopio, almacenamiento, análisis y difusión de la información necesaria para la evaluación y el seguimiento sobre el estado de los recursos naturales renovables y el medio ambiente; garantizar la disponibilidad y calidad de la información ambiental que se requiere para el logro del desarrollo sostenible del país; establecer y mantener actualizado un banco nacional de datos sobre la oferta y la calidad de los recursos naturales renovables; y, llevar los registros de los vertimientos, emisiones y demás factores que afecten el agua, el suelo, el aire, el clima y la biodiversidad, en coordinación con las corporaciones y los Institutos de Investigación relacionadas con los recursos mencionados ( Decreto 1600 de 1994, Artículo 2).*

*El instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, el Instituto de Investigaciones de recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico –IIAP- y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costera José Benito Vives De Andreis –INVEMAR-, se organizan como corporaciones civiles sin ánimo de lucro, de carácter público, sometidas a las reglas de derecho privado, vinculadas al ministerio de medio ambiente, que tiene como objetivo general desarrollar investigación científica y tecnológica que contribuya al mejoramiento del bienestar de la población, a la conservación de la calidad del medio ambiente y al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (Decreto 1603 de 1994, Artículo 26).*

- ❖ *El Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, tiene por objeto la realización y divulgación de estudios e investigaciones científicas de alto nivel, relacionados con la realidad biológica, social y ecológica de la región amazónica. Entre sus funciones se cuentan: obtener, almacenar, analizar, procesar y divulgar la información biológica, social y ecológica básica de la amazonía para el manejo y aprovechamiento de los recursos*



naturales renovables y el medio ambiente de la región; contribuir a estabilizar los procesos de colonización mediante el estudio y evaluación del impacto de su intervención en los ecosistema y el desarrollo de alternativas de aprovechamiento sostenible de los mismos; producir un balance anual sobre el estado de los ecosistemas y el ambiente en la amazonia y suministrar bases técnicas para el ordenamiento ambiental del territorio amazónico (Decreto 1603 de 1994, Artículo 27).

- ❖ *El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt esta encargado de realizar investigaciones básica y aplicada sobre los recursos genéticos de la flora y la fauna nacionales y de levantar y formar el inventario científico de la biodiversidad en todo el territorio nacional. Tiene a su cargo la investigación científica y aplicada de los recursos bióticos e hidrobiológicos en el territorio continental de la nación. Dentro de sus competencias están obtener, almacenar, analizar, procesar y divulgar la información básica sobre la biodiversidad, los ecosistemas, sus recursos y sus procesos para el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales renovables de la nación y producir un balance anual sobre el estado de la naturaleza y el ambiente en las áreas de su competencia (decreto 1603 de 1994, Artículo 20).*
- ❖ *El instituto de Investigaciones del Pacífico –IIAP- tiene por objeto realizar y divulgar estudios e investigaciones científicas relacionados con la realidad biológica, social y ecológica del litoral pacifico y del Choco biogeográfico. Son temas de su competencia entre otros: efectuar el seguimiento de los recursos naturales del Choco Biogeográfico, especialmente en lo referente a su extensión, contaminación y degradación; fomentar el desarrollo y difusión de los conocimientos, valores y tecnologías sobre el manejo de recursos naturales de grupos étnicos; investigar la realidad biológica y ecológica y proponer modelos alternativos de desarrollo sostenible basados en el aprovechamiento de los recursos naturales del Choco biogeográfico; producir un balance anual sobre el estado de la naturaleza y el ambiente en*



las áreas de su competencia y proponer criterios para el ordenamiento ambiental del territorio del choco biogeográfico (decreto 1603 de 1194, Artículo 32).

- ❖ *El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andreis –INVEMAR-, tiene como objeto principal realizar la investigación básica y aplicada de los recursos naturales renovables, el ambiente y los ecosistemas costeros y oceánicos, con énfasis en la investigación en aquellos sistemas con mayor diversidad y productividad como lagunas costeras, manglares, piedras de fanerógamas, arrecifes rocoso y coralinos, zonas de surgencia y fondos sedimentarios. También tiene como objeto emitir conceptos técnicos sobre la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Adicionalmente; produce un balance anual sobre el estado de la naturaleza y el ambiente marino y costero; establece y opera de común acuerdo con el IDEAM, infraestructuras de seguimientos de las condiciones y variables físico-químico y ambientales, para proveer informaciones, predicciones, avisos y servicio de asesoramiento a la comunidad; y, en coordinación con el instituto Alexander von Humboldt, adelanta el inventario de la fauna y la flora marinas colombianas ( Decreto 1276 de 1994, Artículo 2).*

*La Ley 99 de 1993, al igual que el Código, también ha sido reglamentada en tópicos muy importantes, como por ejemplo: el sistema de información y de investigación ambiental; las licencias ambientales; la naturaleza jurídica de las Corporaciones Autónomas Regionales; el porcentaje de impuesto predial a favor de las corporaciones; las transferencias del sector eléctrico para inversiones ambientales; los planes de gestión de las corporaciones; y, el control de las emisiones atmosféricas entre otros temas.*



### **3. NIÑO Y LA NIÑA EN COLOMBIA** (Informe Anual Colombia Año #2, Proyecto ENSO 15 de enero del 2002)

#### **3.1 EFECTOS ENSO SEGÚN EL IDEAM**

##### **3.1.1 En el Océano Pacífico:**

- *Incremento de la temperatura superficial del mar. Las anomalías de esta temperatura en amplias regiones del Pacífico Colombiano pueden alcanzar valores entre 2°C y 3°C por encima de lo normal.*
- *Aumento del nivel medio del mar en el Pacífico. Durante años El Niño se han registrado incrementos del nivel medio mar de 20 a 40 cm en Tumaco y Buenaventura.*

##### **3.1.2 En el territorio:**

- *Incremento de la temperatura del aire durante las horas del día en la regiones Pacífica y Andina, incluidos los valles interandinos.*
- *Tendencia a disminución significativa de la temperatura del aire en horas de la madrugada, especialmente en los altiplanos andinos (a más de 2500 msnm).*
- *Déficit de los volúmenes de precipitación en las regiones Andina, Caribe y en la porción norte de la Pacífica; lluvias mas abundantes en la parte sur de la región Pacífica, en la vertiente oriental de la cordillera oriental y en algunos sectores de la Amazónica. Sin embargo, según el mismo IDEAM (1997 a) el comportamiento de las lluvias ha sido diferente en cada región del país para diferentes El Niño.*
- *Incremento de la radiación ultravioleta que alcanza la superficie de la tierra.*
- *Disminución del caudal de los ríos en el centro, occidente y norte de Colombia (Póveda & Mesa, 1997).*





Los efectos antes mencionados, según cada región, suelen generar impactos ecológicos distintos. Sin embargo, tomando en consideración los principales ecosistemas y según el IDEAM (1997a), pueden sintetizarse así:

- *Ecosistemas marinos. Cambios en la distribución de las especies Planctónicas y Bentónicas y de las especies migratorias, como las tortugas marinas y las ballenas; afectación del coral ya que expulsan sus algas endosimbiontes (blanqueamiento) y, en los casos más graves, por calentamientos prolongados o muy fuertes del mar, puede ocurrir la muerte masiva de las colonias de corales; desaparición temporal de las especies costeras de productores primarios (fitoplancton), que son remplazadas por especies oceánicas de aguas más cálidas.*
  
- *Estructura vegetación - suelo. Por las menores lluvias los suelos van perdiendo su humedad normal presentado déficits en el contenido de aglutinantes (arcilla, etc.) y en la cobertura vegetal, dejándolos más propensos para la propagación de incendios y mas susceptibles a los movimientos de masa cuando llega la temporada lluviosa.*
  
- *Ecosistemas terrestres.*
  - *Alteraciones en los mecanismos migratorios de varias especies y riesgos de extinción para algunas de ellas. Las aves migran en busca de lugares con agua viéndose afectadas por extravío y muerte de algunos individuos. Durante una sequía muy prolongada los artrópodos de la sabana de Bogotá decrecen aproximadamente en un tercio por los incendios forestales.*
  - *Deshielo de las capas superficiales de los nevados.*
  - *Disminución de los caudales de los ríos.*
  - *Riesgos de incendios de la biomasa vegetal ya comprometida por condiciones de baja humedad y de altas temperaturas.*





- Riesgos de inundaciones por el exceso de lluvias, en zonas al sur del país, y/o el desborde de ríos y/o el incremento de oleajes y del nivel del mar.

### **3.2 EVENTO FRÍO LA NIÑA.**

*Efectos en el océano pacífico y en el clima sobre el territorio colombiano. En el océano pacífico. Aunque no se dispone de una información detallada sobre el comportamiento del ambiente marino en el sector oceánico de las aguas marítimas colombianas específicamente durante los eventos La Niña (IDEAM, 1997 a), se estima que las disminuciones del nivel del mar y de la temperatura relacionadas con este fenómeno no constituyen una amenaza importante para los Ecosistemas marinos de esta región.*

*El IDEAM (IDEAM, 1998) anota que en el caso de la zona costera los efectos de este fenómeno son diferentes ya que, debido a los cambios en las características físicas del agua marina del pacífico colombiano se suman las alteraciones hidroclimáticas de las condiciones sobre el continente. El aumento de la precipitación y de los caudales de los ríos, sumado el aporte de sedimentos, influye en las características físico-químicas del agua marina, lo cual tiene gran significado para los ecosistemas marino-costeros, de manglar, las lagunas costeras, los estuarios y los deltas. La disminución de la temperatura del mar en las áreas marítimas del Pacífico colombiano en eventos La Niña estimula la emigración de especies de aguas cálidas a otras regiones y la inmigración de especies de aguas relativamente frías.*

*El fenómeno La Niña produce cambios en las aguas marítimas del pacífico colombiano, presentando anomalías en el nivel y la temperatura del mar y en el ambiente marino, afectando distribución de especies, (IDEAM, 1998) así:*



- *Efectos en el Nivel del Mar. El incremento de los vientos Alisios de componente Este sobre la franja ecuatorial del océano Pacífico ocasiona un aumento en la tensión de forzamiento que la atmósfera impone al mar en esa dirección y como consecuencia de ello se origina un aumento del nivel del mar sobre la margen occidental de la cuenca del Pacífico y un descenso en la parte oriental. En el sector sur de la costa Pacífica Colombiana el descenso oscila entre 15 y 20 centímetros (op. Cit).*
  
- *Efectos en la Temperatura del Mar. El fenómeno La Niña produce una disminución entre 1°C y 1.5°C en las aguas costeras del Océano Pacífico Colombiano, que usualmente tiene temperaturas entre 26°C y 28°C (op. cit.). En el territorio colombiano. Las condiciones frías del Pacífico tropical influyen en el clima nacional y, en general, producen cambios notables en el medio natural colombiano. A continuación se presenta el comportamiento de algunas variables climatológicas y la respuesta del medio natural del territorio continental e insular colombiano durante fenómenos La Niña. Para un conocimiento más detallado se hace énfasis en el evento de 1988 - 1989 aunque el análisis ha considerado los últimos cuatro eventos.*
  
- *Efectos sobre la radiación solar. En general, aunque se presentan disminuciones de la cantidad de brillo solar durante los eventos fríos, no son la condición predominante, sino que se observan por sectores del territorio nacional. Durante el evento La Niña 1988 se presentaron cantidades normales de brillo solar en gran parte del territorio nacional. El mes de agosto es el que presenta la mayor reducción en la región caribe y el norte de la región andina. Solo a partir de abril se observaron algunos núcleos aislados con acumulados de brillo solar mensual por encima de lo normal. En el año 1989 las alteraciones de la cantidad de brillo solar no fueron considerables.*



- *Efectos sobre la temperatura del aire. La temperatura del aire se reduce hasta 2 °C en los valores medios mensuales en las regiones Andina y Caribe. La región Pacífica, por el contrario no presenta variaciones importantes de esta variable en relación con el fenómeno La Niña.*
- *Efectos en la precipitación. Un análisis del IDEAM (IDEAM, 1998) sobre Fenómenos Fríos del Pacífico, La Niña, permitió establecer que más de la mitad de los episodios documentados hasta la fecha se han iniciado a partir del segundo trimestre del primer año; las lluvias durante los dos primeros trimestres son prácticamente normales en las cinco regiones naturales del país; a partir de ese momento y durante los siguientes tres trimestres, el efecto climático reflejado a través de los excedentes de lluvia, se manifiesta claramente en las regiones Andina, Caribe y Pacífica; para el segundo semestre del segundo año, el efecto se debilita notablemente y nuevamente el comportamiento de las lluvias es casi normal.*
- *Efectos en la frecuencia de los ciclones tropicales del caribe colombiano. Colombia es un país que se ve afectado por los ciclones tropicales (depresiones, tormentas tropicales y huracanes) que se desarrollan en el Atlántico tropical y sobre el Caribe. El período del año durante el cual la actividad de estos fenómenos meteorológicos es mayor va desde junio a noviembre de cada año. No obstante, no todos los años el territorio colombiano se ve afectado de igual manera por dichos fenómenos. Se ha observado que los enfriamientos de la superficie del mar en el Pacífico tropical son una de las condiciones que favorecen el desplazamiento de ciclones sobre el territorio (marítimo, insular y costero) colombiano. Por ejemplo, en octubre de 1988, cuando se presentaba el evento La Niña 1988 - 1989, el huracán "Joan" afectó la región Caribe. En julio de 1996, cuando se registró un relativo enfriamiento de la superficie del Pacífico, el huracán "Cesar" afectó las áreas marítimas, insular y la Península de la Guajira.*



### **3.3 VARIABILIDAD CLIMÁTICA, NORMALIDAD Y ENSO**

*Cada una de las cinco regiones naturales de Colombia tiene comportamientos climáticos propios. Por ejemplo, en la región Andina los periodos de “verano” o “estaciones secas” (menores lluvias con respecto al promedio anual) se distribuyen en los meses de diciembre a febrero, y de septiembre a noviembre y los de “invierno” o “estaciones húmedas” con mayores lluvias, entre marzo y mayo y septiembre y noviembre (IGAC, 1992).*

*A partir de 1996 – 1997, diversos investigadores empezaron a enfatizar en las posibles relaciones entre El Niño y parámetros hidrometeorológicos en Colombia. Póveda & Mesa (1996) señalan que hay casos en los cuales las anomalías de la precipitación no están relacionadas con las fases extremas del fenómeno. Los mismos autores (Póveda & Mesa, 1997), señalan que ENSO tienen un tremendo impacto en la hidroclimatología de Colombia con la fase cálida asociada con disminución de las lluvias y el caudal de los ríos en el centro, occidente y norte del País y, de manera opuesta, en la fase fría.*

*Póveda y Mesa (1996) señalan que hay ocasiones en que las anomalías de las precipitaciones no están asociadas con las fases extremas de ENSO y viceversa. El Niño 1982 - 1983, uno de las mas fuertes en los registros del Índice de Oscilación del Sur - IOS, no produjo anomalías intensas de la sequía en Colombia. Por otro lado existen factores adicionales que afectan la hidroclimatología en Colombia, además de ENSO, y su dependencia es probablemente no lineal. Por ejemplo la Oscilación del Norte del Atlántico - NAO muestra una correlación con la Hidroclimatología colombiana, manifestada sobre las lluvias y los caudales, en particular durante los trimestres septiembre-octubre-noviembre y diciembre-enero-febrero (Póveda, 1998). Montealegre (1998) señala que el régimen de lluvias en el país durante El Niño no sigue un patrón común y que, en términos generales hay un déficit de lluvias en las regiones Andina, Caribe y norte de la Región Pacífica.*



Restrepo & Kjerfve (2000), analizaron la descarga de sedimentos del río Magdalena entre 1975 y 1995 encontrando que durante el periodo había una correlación positiva de alta descarga durante el evento La Niña de 1998 a 1989, y que La Niña representaba un fuerte impacto con respecto a El Niño.

A diferencia del norte del Perú y el sur de la costa del Ecuador, regiones secas donde El Niño se manifiesta como lluvias muy arriba de los promedios anuales, en Colombia los efectos climáticos dramáticos no son del todo claros. Peña (2000), encontró para el Valle del Cauca que no todas las variables climáticas locales presentan un mismo grado de correlación con los parámetros ENSO y que las anomalías locales son mucho más notorias en algunos meses y temporadas en particular. Poveda y Jaramillo (2000), realizaron mediciones de la evolución de la humedad volumétrica del suelo bajo diferentes coberturas vegetales, encontrando que la “la variabilidad anual está en fase con la variabilidad interanual. El evento cálido del Pacífico (El Niño) intensifica mas fuertemente las épocas de sequía (normales dentro del ciclo anual) y La Niña las disminuye”. En el siguiente cuadro se muestra como ha sido la evolución de los fenómenos del pacifico en el periodo comprendido entre 1981 y 2001 para cada uno de los meses del año:

Año	EFM <sup>(1)</sup>	AMJ <sup>(1)</sup>	JAS <sup>(1)</sup>	OND <sup>(1)</sup>	Interpretación <sup>(2)</sup>
1980	W-	N	N	N	N
1981	N	N	N	N	N
1982	N	W-	W	W+	El Niño
1983	W+	W	N	C-	El Niño
1984	C-	C-	N	C-	El Niño
1985	C-	C-	N	N	El Niño
1986	N	N	W-	W	El Niño
1987	W	W	W+	W	El Niño
1988	W-	N	C-	C+	El Niño
1989	C+	C-	N	N	La Niña
1990	N	N	W-	W-	La Niña
1991	W-	W-	W	W	La Niña
1992	W+	W+	W-	W-	El Niño
1993	W-	W	W	W-	El Niño
1994	N	N	W	W	El Niño
1995	W	N	N	C-	El Niño
1996	C-	N	N	N	El Niño
1997	N	W	W+	W+	El Niño
1998	W+	W	C-	C	El Niño
1999	C+	C	C-	C	La Niña
2000	C	C-	N	C-	La Niña
2001	C-	N	N	C-	La Niña

W+	Niño muy fuerte	C+	Niña muy fuerte
W	Niño fuerte	C	Niña fuerte
W-	Niño débil	C-	Niña débil

(1) NOAA, 2001  
(2) Poore et al 2001

Cuadro2, evolución de los fenómenos del pacifico periodo 1981 - 2001



### 3.4 LOS DESASTRES EN RELACIÓN CON “ENSO”

#### 3.4.1 Marejadas.

En el sur del litoral Pacífico colombiano, durante eventos El Niño, el nivel medio del mar asciende hasta 20 o 40 cm (IDEAM, 1997 a), afectando las poblaciones emplazadas sobre el litoral conformado por deltas, barras de arena y manglares; uno de los indicadores históricos de la ocurrencia del fenómeno son las marejadas, generalmente con efectos de variación de la línea de costa, destrucción de viviendas palafíticas y efectos sobre la industria turística; un incremento de apenas 10 cm en el nivel del mar es suficiente, en conjunción con vientos perpendiculares a la costa, para producirlas. En el grafico No 8 se observan los mayores picos en 1983, 1992-1993 y 1996-1997, todos estos años coinciden con eventos El Niño, excepto el año 1996, durante el cual la base de datos está conformada en un 82 % por desastres relacionados con inundaciones, deslizamientos y avenidas.

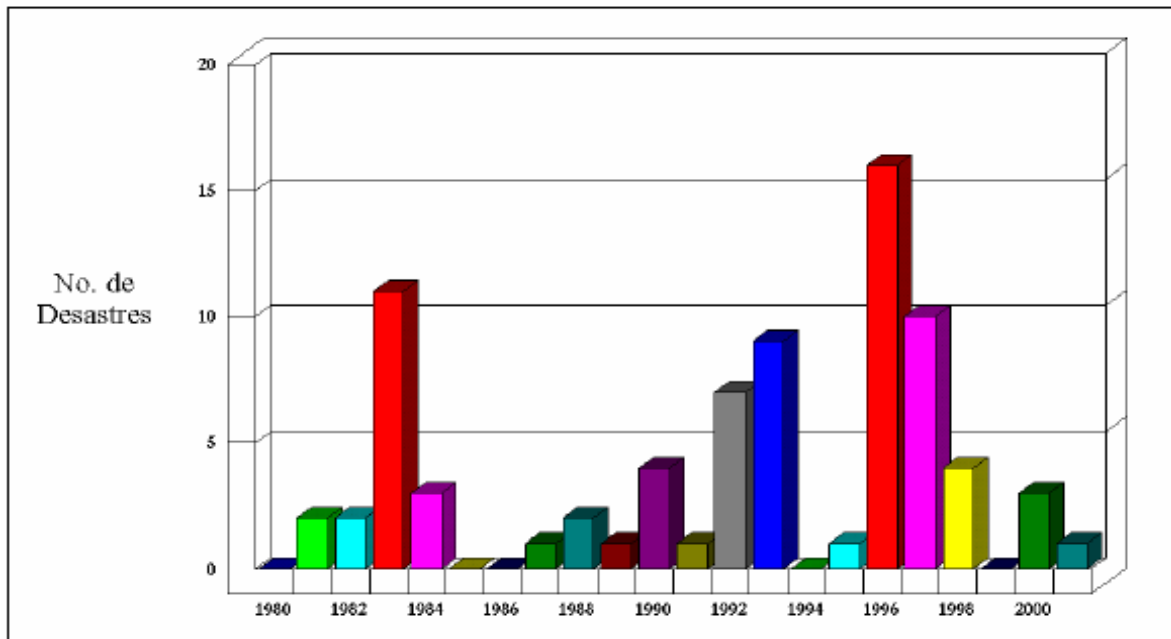


Grafico 8, Reportes de marejadas 1980 - 2001



### 3.4.2 Biológico.

El subregistro de reportes por desastres biológicos en inventariar es bastante grande y no es sistemático. Por esta razón no es posible establecer relaciones con el fenómeno El Niño para este tipo de desastre.

### 3.4.3 Deslizamientos, inundaciones y avenidas.

Son los tres tipos de eventos que correlacionan mejor con las fases cálidas de ENSO. En la Figura No 9 se observa el descenso en el número de reportes por meses.

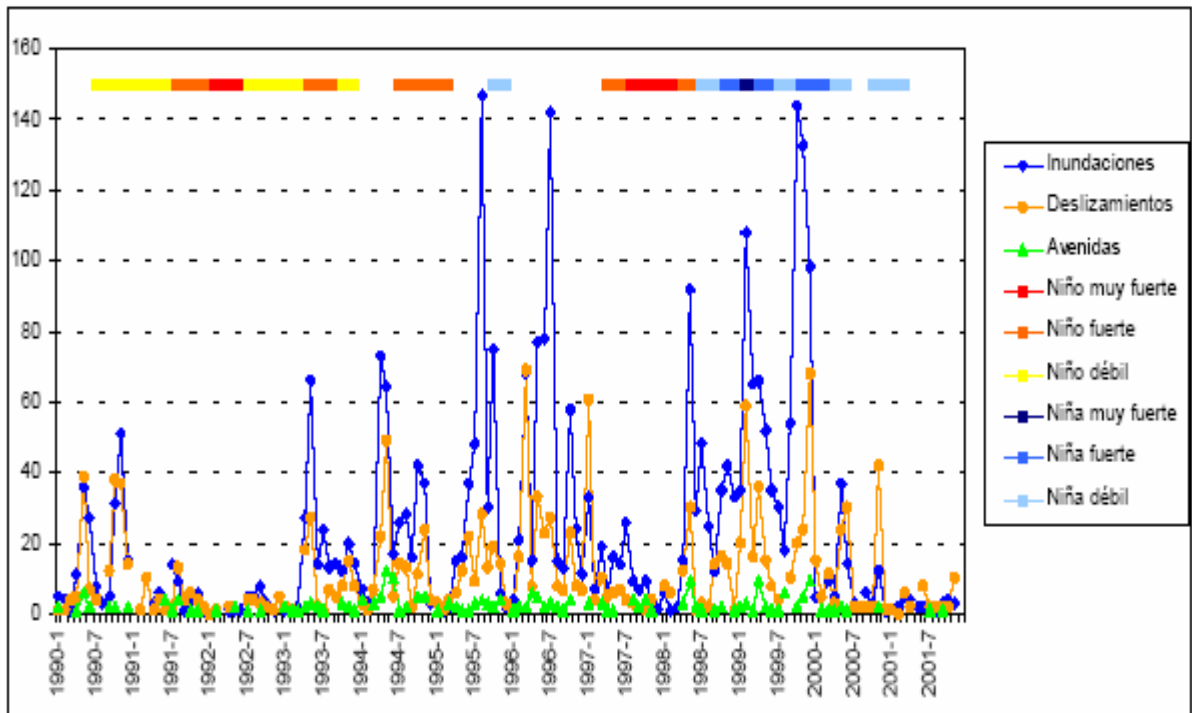


Grafico 9, Histograma mensual de reportes de desastres por inundaciones, deslizamientos y Avenidas, 1990 – 2001.

### 3.4.4 Producción de agua.

El Fenómeno El Niño 1997 - 1998 estuvo marcado por una serie de alertas sobre posibles racionamientos en algunas regiones del país y racionamientos cortos y aislados en diferentes lugares. A finales de septiembre de 1997 se reportó que la sequía acabó con más de 100 000 hectáreas de pastos y bosques dejando el 70





*% de los acueductos del Huila, Tolima y Quindío en racionamiento, centenares de vacas en condiciones críticas y varios embalses al borde del colapso (ET, 1997:09:29. Más de 100 mil hectáreas ha destruido 'El Niño').*

*En enero de 1998 el IDEAM indicó que 600 poblaciones del país habían presentado déficit en el abastecimiento en los acueductos y que estaban en riesgo de llegar a puntos críticos (EP, 1998:01:13: "Hoy cumbre por El Niño"). De hecho, en enero de 1998 se realizaron racionamientos de agua en cuatro municipios del Valle del Cauca (La Cumbre, Yotoco, La Unión y Sevilla) entre las 10:00 pm y las 5:00 am principalmente, y 25 municipios del Cauca reportaban racionamientos a principios de febrero de 1998 (EP, 1998:02:07. Crisis campesina por El Niño). También se reportaron racionamientos en las zonas rurales de Ulloa, Argelia y El Cairo en el Valle del Cauca (ET, 1998:01:28. Ya empezó racionamiento de agua en el norte del Valle). En Cartagena (Bolívar) hacia enero de 1998 la situación del acueducto se tornaba delicada, por lo que las autoridades alertaron sobre posibles racionamientos si la sequía continuaba por 2 meses más (ET, 1998:01:08). En enero de 1998 seis municipios de Quindío estaban al borde de iniciar el racionamiento de agua (EP, 1998:01:31. El racionamiento ronda al Quindío).*

*Relacionada directamente con el déficit de lluvias, está la capacidad de arrastre de sedimentos de los ríos. Las personas que dependen de la extracción de arena y grava para la construcción se ven afectadas por que ríos que presentaron caudales bajos transportando material muy fino como limos y arcillas. En días normales un arenero en el Valle del Cauca ganaba en promedio \$ 25 000 mientras que a finales de enero de 1998 estaba ganando \$ 7000 (EP, 1998:01:31. El Niño tiene varios rostros).*

#### **3.4.5 Sector agrícola.**

*Sobre el sector agrícola también se deben considerar múltiples factores a la hora de analizar el verdadero impacto de los efectos ENSO en Colombia. Las*





*condiciones económicas nacionales e internacionales pueden variar en el corto plazo, incluyendo la disponibilidad de créditos, de semillas e insumos. Políticas nacionales e internacionales sobre el agro, la distribución de la propiedad de la tierra, el acceso a tecnologías, sistemas de mercadeo y factores naturales, especialmente el clima, influyen en los rendimientos agrícolas y pueden sobreponerse para conducir uno u otro producto a condiciones de sobre oferta o de déficit. Por otro lado, en Colombia la actuación de diversos grupos en conflicto abierto a través de expresiones militaristas se ha concentrado en el campo. Guerrillas, paramilitares, fuerzas armadas del Estado y delincuencia común son parte de la vida cotidiana que se expresa con especial intensidad en las zonas rurales del país, con impactos directos, incluso sobre la seguridad alimentaria de los centenares de miles de desplazados del campo.*

*En este contexto el periodo El Niño 1997 – 1998 en Colombia debe ser analizado con sumo cuidado en los diferentes renglones agrícolas, no solo por la mezcla de factores que influyen en la productividad, sino también porque, igual que en el sector energético, el pronóstico o aceptación oficial de un El Niño puede ser la oportunidad para que diferentes entidades y gremios aspiren a subvenciones, moratoria de créditos o apoyos del Estado y tener en cuenta condiciones internacionales del mercado en cada producto. Durante este periodo los medios de comunicación fueron mucho más recurrentes en noticias y análisis para el sector agropecuario que en años anteriores, como se documenta a continuación. Además, este Niño impulsó un mayor número de investigaciones locales, regionales y nacionales, principalmente desde perspectivas meteorológicas (p. ej., Póveda y Jaramillo, 2000; Peña, 2000). Por temor al Fenómeno El Niño muchos agricultores dejaron de sembrar cuatro de los cereales mas importantes del país (maíz, sorgo, trigo y cebada) en el primer semestre del año 1998, lo que afectaría notablemente las cosechas entre agosto y septiembre (EC, 1998:02:10. Prevén mayor baja en siembra de cereales).*



### **3.4.6 Sector pecuario.**

#### **Pesca.**

De igual manera, los volúmenes de pesca marítima se ven afectados por el fenómeno con reducciones promedias anuales del 52 % en el Pacífico y del 9 % en el Atlántico, según datos del Instituto Nacional de Pesca Artesanal - IMPA y del IDEAM, con base en datos de 20 años entre 1975 y 1977 (IDEAM, 1997 a). Para el primer semestre de 1997, la producción de atún cayó en un 72,5 % según Carvajal et al, sf). Sin embargo, como para aumentar la confusión y falta de investigaciones y datos sistemáticos, Mora et al (1984), indican que durante El Niño 1982-1983 la pesca tuvo un balance positivo, debido a que los decrecimientos en algunas especies se compensaron con los grandes crecimientos en otras. En 1988 la prensa indica que la Pesca en el Océano Pacífico es un renglón bastante afectado por los desórdenes climáticos que trae consigo El Niño. A principios de 1998 la oferta bajó entre un 60 % y un 70 %. Por ejemplo un barco pesquero que capturaba 800 libras de camarón blanco por faena, bajó en enero de 1998 a 120 libras; y la pesca blanca bajó de 25 toneladas/faena a 6 toneladas. Esta situación dejó mil desempleados que se dedicaban a la pesca de diversas especies (ET, 1998:01:26). También se vieron afectados los pescadores artesanales de quienes depende completamente el sustento de sus familias. Según un pescador de Buenaventura en buena época es posible ganar \$ 50 000 por día pero a finales de enero de 1998 estaban ganando sólo \$ 5000 pesos (EP, 1998:01:31. El Niño tiene varios rostros).

#### **Avicultura.**

En el Valle del Cauca las altas temperaturas incrementaron la muerte de pollos en un promedio de 200 000 a 400 000 por mes, pérdidas que se traducen en 1770 millones de pesos según indicó la Federación Nacional de Avicultores - FENAVI (EP, 1998:01:29. El Niño acorrala al campo).

#### **Ganadería.**

El 5 de febrero de 1998 el diario El País de Cali da cuenta de un aumento de los precios de la leche en todo el país, atribuido al “fenómeno de El Niño que secó los



*pastos y tiene a las vacas sin leche y con sed". En enero de 1998 en el Valle del Cauca la producción de leche descendió de 24 500 botellas por día a 14 000 botellas/día ante la deficiente nutrición de las vacas.*

### **Especulación.**

*Los efectos de El Niño sobre algunos productos fueron aprovechados por especuladores. En Nariño los productos más escasos fueron el fríjol, el arroz, la panela y el azúcar. A Popayán, en febrero de 1998, sólo estaba llegando el 40 % de los artículos básicos; allí, un vendedor de papa indicó que antes recibía de 600 a 900 cargas por semana, mientras que en febrero de 1998 estaba recibiendo entre 100 y 200. En Pereira los productos afectados por alzas fueron arroz, maíz, papa, zanahoria y tomate, mientras que el fríjol, la lenteja y la alverja presentaban baja calidad. En Armenia presentaron alzas la lechuga, los cítricos y el tomate. (EP, 1998:02:18. El Niño 'trepa' los precios).*

### **3.4.7 Salud.**

*La variación interanual de los casos de Malaria en Colombia entre 1960 y 1992 muestra una relación cercana con el periodo climático El Niño. Comparado con otros años, los casos de Malaria crecen un 17,3 % durante un año Niño y 35,1 % durante un post Niño. El número total de casos de malaria es fuertemente correlacionado con la temperatura superficial del mar en el pacífico ecuatorial oriental (IDEAM, 1997 a; Poveda & Rojas, 1997). Poveda y Rojas (1996), reportan resultados que indican que los casos de malaria y enfermedades endémicas se incrementan notoriamente en el Valle del Cauca durante los eventos Niño, debido principalmente al aumento de la temperatura, que acorta el período larvario de los mosquitos incrementando su población; adicionalmente, la disminución de los caudales y las aguas estancadas crean ambientes adecuados para la proliferación de los mosquitos.*

*La escasez de agua incrementa las condiciones de insalubridad en residencias, centros hospitalarios y escuelas. Según datos del Sistema Nacional de Vigilancia*



de Salud Pública - SIVIGILA (ET, 1998:01:28), la cantidad de afectados por dengue hemorrágico subió de 1900 en 1996 a 3900 en 1997; por su parte la malaria no reportó un crecimiento tan grande ya que de los 131 438 casos reportados en 1996 aumentó a 156 000 en 1997. Las enfermedades que pueden verse incrementadas asociadas al Fenómeno El Niño según las regiones del país (excepto la amazonia) se sintetizan la siguiente tabla.

Enfermedad	Andina	Atlántica	Pacífica	Orinoquia
Dengues	■	■	■	■
Fiebre amarilla	■	■	■	■
Cólera	■	■	■	■
Paludismo	■	■	■	■
Hepatitis viral	■	■	■	■
Deshidratación	■	■	■	■
De la Piel	■	■	■	■
Diarreica aguda	■	■	■	■
Infección respiratoria aguda	■	■	■	■
Respiratorias	■	■	■	■

Fuente: Plan de Contingencia Fenómeno El Niño (ET. 1998:01:28. El Niño alborota enfermedades).

Cuadro 3, enfermedades que pueden verse incrementadas debido al Fenómeno El Niño

### 3.5 EFECTOS POSITIVOS.

#### 3.5.1 Sector agrícola.

Aumento de floración en algunos cultivos. El IDEAM (1997 a), señala que según un estudio reciente realizado por CENICAFE (Centro Nacional de Investigaciones del Café), El Niño no ha afectado históricamente la producción de café de una manera significativa. Sin embargo para éste y otros productos aún deben hacerse investigación más detallada. Debido a los efectos de El Niño en Ecuador, éste se vio obligado a aumentar el volumen de importación de azúcar desde Colombia del 3 % en 1996 al 16 % en 1997 (EO, 1998:01:30. Cifras azucareras).



### **3.5.2 Impactos de desastres.**

*Disminución de las inundaciones, deslizamientos y avenidas y disminución de muertos y viviendas destruidas por este tipo de eventos.*

### **3.5.3 Comercio.**

*Para mitigar los intensos calores se presentó incremento de la demanda de algunos electrodomésticos:*

*- Plantas de energía eléctrica.*

*- Ventiladores, neveras y aires acondicionados. La venta de los ventiladores se disparó en un 500 % acabando con las existencias en todo el país; la demanda de instalación de aire acondicionado en Cali subió de 3 a 10 por día (ET, 1998:02:05. Los ventiladores están agotados). También se incrementó la venta de bebidas refrescantes. Por ejemplo, un vendedor de “Cholado” (hielo raspado con sabores y colorantes) en Jamundí (Valle del Cauca) en diciembre de 1997 vendía un promedio de \$ 15 000 diarios, en enero subió a \$ 60 000 diarios, incluyendo ventas nocturnas*

### **3.5.4 Síntesis**

*En la siguiente tabla se pueden resumir los diferentes impactos socioeconómicos que ha tenido El Niño en el territorio Colombiano Resumiendo en el los efectos positivos y negativos que el produce:*



<b>Efectos negativos</b>	
Producción hidro energética	Déficit asociado con planificación estatal y políticas del sector.
Producción de agua	Racionamientos de agua.
Sector pecuario	Reducción en producción de leche y carne; reducción de la pesca; mortandad de aves.
Sector agrícola	Reducción de cosechas de maíz, sorgo, trigo, cebada; propagación.
Producción alimentaria	Afectados los cultivos de pancojer y por lo tanto la seguridad alimentaria de campesinos.
Salud	Aumento de condiciones de insalubridad que se traducen en mayor propagación de epidemias; propagación de bichos e insectos
Educación	Afectada por los racionamientos de agua y la propagación de enfermedades asociadas.
Impacto de desastres	Incremento de heladas, incendios forestales y marejadas
<b>Efectos positivos</b>	
Comercio	Aumento en la demanda de algunos electrodomésticos; incremento de venta de bebidas refrescantes.
Sector agrícola	Aumento de la floración de algunas especies; incremento de exportaciones de algunos productos
Desastres	Disminución de inundaciones, deslizamientos y avenidas y de sus efectos sobre la vida, viviendas e infraestructura.

Cuadro 4, Resumen efectos **ENSO**



## **4. OBJETIVO**

### **4.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO:**

*Cuantificar los caudales de escorrentías superficiales en la cuenca del Río Manzanares, los cuales se determinarán mediante el análisis de las precipitaciones utilizando los registros históricos de la región, basados en cinco (5) estaciones que hacen parte del área de influencia de la cuenca; proporcionando información fundamental y básica para el buen manejo del recurso hídrico creando así estrategias para una mejor distribución del recurso hídrico del Río Manzanares, así como de sus afluentes aprovechados para el consumo de la población, debido a que de esta forma se puede saber con cuanta agua se cuenta mes a mes para el aprovechamiento básico de nuestra Ciudad sin dejar a un lado el caudal básico de escorrentía (Caudal Ecológico) que debe conservar el río para mantener la vida de la Flora y Fauna.*

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar hidrológicamente la cuenca del Río Manzanares.*
- Disponer de una informaron climatológica e hidrológica del Río Manzanares.*
- Evaluar la disponibilidad del recurso hídrico a lo largo de todo el año.*
- Evaluar parámetros hidrológicos mediante la utilización del software Hidrosig Java.*
- Establecer los caudales y volúmenes de agua disponibles para las diferentes épocas del año como alternativa para la conservación de la cuenca del Río Manzanares, estableciendo la verdadera oferta hídrica de la cuenca, teniendo siempre presente el caudal ecológico o volumen mínimo de agua necesario para la conservación y preservación del entorno fauna y flora.*





## **5. RECOPIACIÓN E INTERPRETACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE**

Para llevar a cabo esta investigación fue necesario recopilar información existente en, los proyectos de grado “ Estudio para la Recuperación Fluvial de la Quebrada Tamacá y Propuesta de Manejo en su Parte Baja” por Doris De León y Nader Rodríguez, “Río Manzanares, Recuperación Fluvial e Integral y Propuesta de Manejo en su Zona Baja y Urbana” realizados por Marloy Ribón y Danilo Rodríguez, “Caracterización Hidrológica De La Cuenca Del Río Piedras Y Evaluación De La Disponibilidad De Recurso Hídrico Para Mejorar La Oferta De Abastecimiento De Agua A La Ciudad De Santa Marta D.T.C.H.” por Fernando Ortiz Pérez y Alejandra Londoño Gonzáles; y el documento “Influencias del Río Manzanares sobre la Bahía de Santa Marta” Manuel Canchano Nieves, a demás de tener muy en cuenta las diferentes entidades municipales y departamentales que de una u otra forma tienen conocimiento de las diferentes cuencas de la Sierra Nevada de Santa Marta entre ellas la cuenca del Río Manzanares tales entidades son:

- ❖ Corporación Autónoma Regional del Magdalena (**CORPAMAG**)
- ❖ Fundación Prosierra Nevada de Santa Marta.
- ❖ El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (**IDEAM**)
- ❖ Instituto de investigaciones tropicales UNIMAG (**INTROPIC**)
- ❖ Instituto Geográfico Agustín Codazzi (**IGAC**).
- ❖ Departamento Administrativo Distrital del Medio Ambiente (**DADMA**).
- ❖ Distrito Turístico, Cultural e Histórico de Santa Marta.





## 5.1 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA:

Para el presente estudio se recopiló información de entidades como el IDEAM, las cuales guardan información disponible sobre las estaciones localizadas en inmediaciones de la cuenca de del Río Manzanares, esto con el fin de evaluar las características hidrológicas de la zona.

El análisis de lluvia fue realizado con base a los datos obtenidos en las estaciones que se enmarcan en la cuenca. Para llevar a cavo este proyecto **CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DEL RÍO MANZANARES Y EVALUACIÓN DE SU DISPONIBILIDAD DE RECURSO HÍDRICO** se realizaron estudios de precipitación teniendo en cuenta la serie histórica de cada una de las estaciones que hacen parte del área de influencia de la Cuenca del Río Manzanares y de esta manera determinar las tormentas de diseño.

Tales estaciones son:

- ❖ Estación Minca
- ❖ Estación Universidad del Magdalena
- ❖ Estación Aeropuerto Simón Bolívar (Santa Marta)
- ❖ Estación Jirocasaca
- ❖ Estación San Lorenzo

<b>CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES</b>						
<b>NOMBRE</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>TIPO</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>ALTITUD (m)</b>	<b>INSTALACIÓN</b>
<b>Unimag</b>	1501504	<b>CO</b>	11°14'N	74°11'W	7	Jun-73
<b>Minca</b>	1501001	<b>PM</b>	11°10'N	74°08'W	650	May-65
<b>Apto S. B.</b>	1501505	<b>SP</b>	11°08'N	74°14'W	4	1952
<b>Jirocasaca</b>	1501013		11°3'N	74°02'W	710	1968
<b>San Lorenzo</b>	1501506	<b>SP</b>	11°07'N	74°03'W	2200	Jun-62

Cuadro 5. Características estaciones hidrológicas Área de influencia de la cuenca Río Manzanares

CO: Climatología Ordinaria.

SP: Sinóptica Principal.

PM: Pluviométrica



## 5.2 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA:

Del Instituto Geográfico Agustín Codazzi **IGAC** se recopiló la siguiente información disponible sobre la zona de estudio, así:

- ❖ *Planchas Cartográficas del **IGAC** de 1976 Mapa Base: 11-IV-B, 11-IV-C, 11-IV-D, 12-III-A, 12-III-C a escalas 1:25000 para la cuenca del Río Manzanares.*

Con la cartografía descrita anteriormente se digitalizó la cuenca del Río Manzanares para calcularle los parámetros morfológicos y poder realizar su modelación, dicha digitalización se muestra en los siguientes gráficos:.

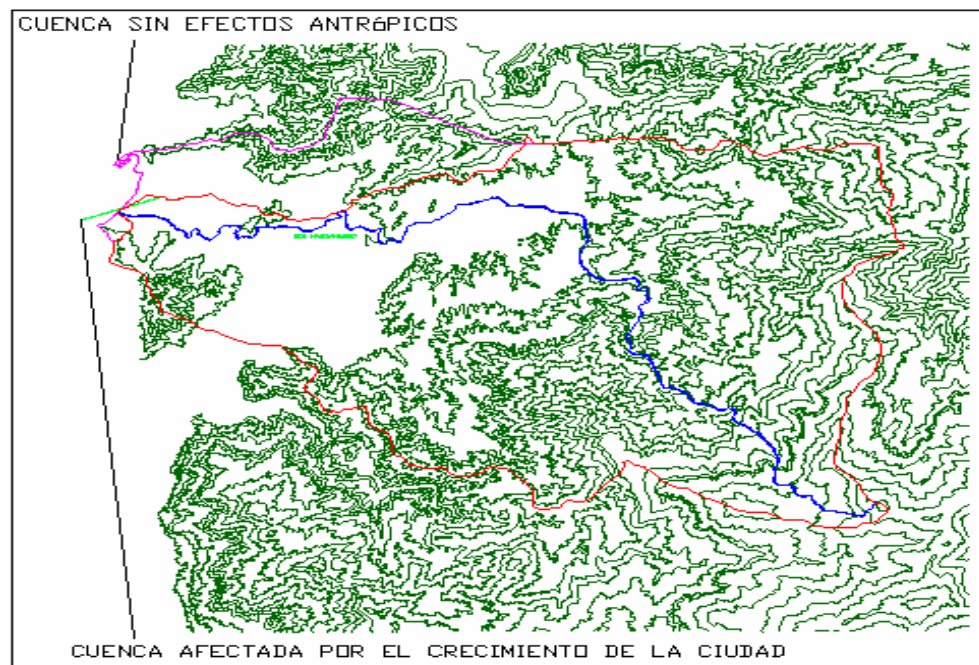


Grafico 10. Cuenca del Río Manzanares

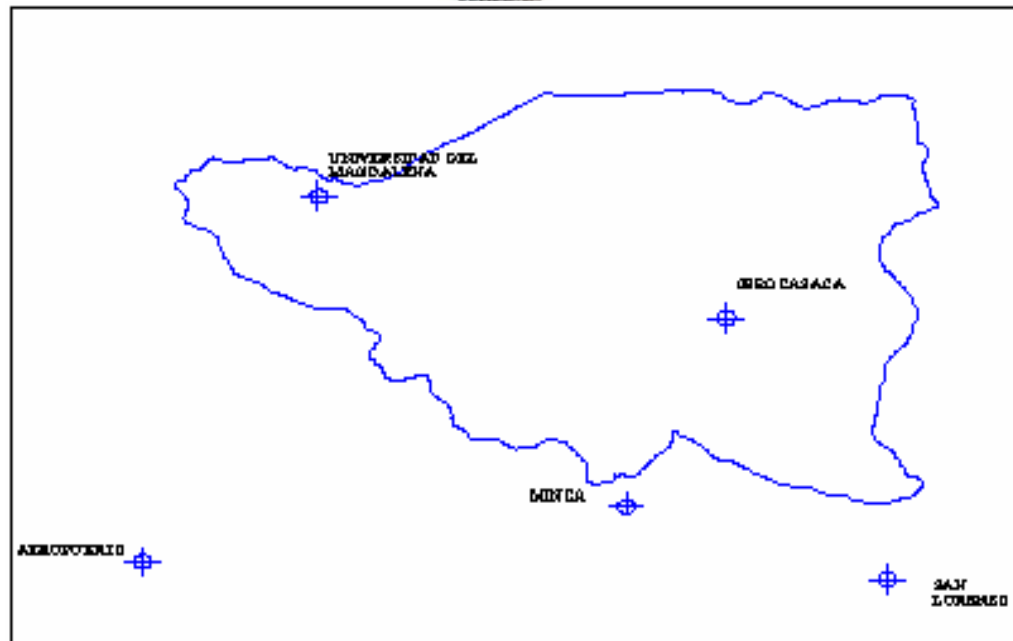


Grafico 11. Ubicación de las estaciones en la Cuenca Manzanares

### 5.3 MATERIALES UTILIZADOS

Para la elaboración del presente estudio se emplearon los siguientes equipos como herramientas de trabajo:

- ❖ *Computador Compaq Presario*
- ❖ *Computador DELL Pentium IV*
- ❖ *Impresoras marca Epson Estylus color 300, Canon S200X*
- ❖ *Scanner, marca Genius Color Page-Vivid 4X*
- ❖ *Software:*
  - *Sistema de Microsoft office 2003: Word, Excel, PowerPoint, Adobe Acrobat reader 4.0*
  - *Programa de uso para la digitalización Autocad, versión 2004 Español, del Paquete Autodesk.*



- *Programas para la modelación Hidrológica tales como; Hidrosig, Golden Surfer 7.0*

## **6. METODOLOGÍA EMPLEADA**

*La metodología empleada para determinar todos los parámetros necesarios para el estudio hidrológico involucra los siguientes pasos.*

- ❖ *Recopilación de información existente, Entidades dedicadas a estudios Desarrollados en el Área de influencia de la Cuenca del Río Manzanares*
- ❖ *Se seleccionaron las estaciones meteorológicas que influyen en la cuenca en estudio (Estaciones Representativas).*
- ❖ *Se Digitalizó la cuenca (Delimitación de la cuenca del Río Manzanares) Utilizando las planchas Cartográficas ya descritas, con la cual se determino el área, perímetro pendientes, su elevación y delimitó el cauce Principal del Río Manzanares y sus afluentes, además de las distintas variables Utilizadas para nuestro estudio.*
- ❖ *Determinación de la pendiente de la Cuenca utilizando el método de las cuadrículas.*
- ❖ *Medición de eventos extremos. Se realizaron análisis de parámetros estadísticos de las series históricas de cada una de las estaciones meteorológica (media, desviación estándar) y de esta manera hallar los eventos extremos de para tal efecto, utilizando métodos tales como Gumbel, Normal, Log Normal, Pearson y Log Pearson Tipo III para periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 Años.*
- ❖ *Se realizaron las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) por el método de la correlación lineal múltiple.*
- ❖ *Se crearon las Isoyetas y los polígonos de Thiessen para hallar la precipitación media de la cuenca.*



- ❖ Se calculó el número de curva de escurrimiento de la cuenca aplicando el método del Servicio de Conservación de Suelos (**SCS**), para ello se determinaron el tipo de suelo hidrológico, tipo de cobertura, uso y tratamiento del suelo.
- ❖ Cálculo del tiempo de concentración de la cuenca.
- ❖ Determinación del tiempo de retardo de la cuenca por el método del Servicio de Conservación de Suelos (SCS).
- ❖ Modelación hidrológica utilizando programas HydroSIG Java, Golden Surfer 7.0, Hec- HMS.
- ❖ Se determinó el Gasto para los períodos de retorno escogidos (5, 10, 25, 50, 100 Años).
- ❖ Modelación Hidráulica tomando un tramo del cauce del Río Manzanares (Paso de los Mangos).

## **7. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA**

### **7.1 Definición de Cuenca Hidrológica**

*Una cuenca hidrológica es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.*

*La definición anterior se refiere a una cuenca superficial; asociada a cada una de éstas existe también una cuenca subterránea cuya forma en planta es semejante a la superficial. De ahí la aclaración de que la definición es válida si la superficie fuera impermeable. Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente, dos tipos de cuencas:*

- ❖ **Endorreicas:** *En las cuencas Endorreicas el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago.*



- ❖ **Exorreicas:** En las cuencas Exorreicas el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar (Tomado de Aparicio, M.F.J. 1994).

El ciclo hidrológico, visto a nivel de una cuenca, se puede esquematizar como un estímulo, constituido por la precipitación, al que la cuenca responde mediante el escurrimiento en su salida. Entre el estímulo y la respuesta ocurren varios fenómenos que condicionan la relación entre uno y otra, y que están controlados por las características geomorfológicas de la cuenca y su urbanización. Dichas características se clasifican en dos tipos, según la manera en que controlan los fenómenos mencionados: las que condicionan el Volumen de Escurrimiento, como el Área de la cuenca y el tipo de suelo, y las que condicionan la Velocidad de Respuesta, como son el orden de Corrientes, pendiente de la cuenca y los cauces, etc. A continuación se describen las características de la cuenca y los cauces de mayor importancia por sus efectos en la relación precipitación-escurrimiento.

### **7.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA:**

La cuenca del Río Manzanares se origina a partir de la unión de dos quebradas “**Onaca y Jirocasaca**” y se encuentra ubicada en la vertiente noreste de la sierra nevada de Santa Marta y se extiende desde el nivel del mar hasta la cota **2450** msnm, con una superficie de **174.54** Km<sup>2</sup>, un perímetro de **70.341** Km. y una longitud total del cauce principal de **33.497** Km.

Los límites geográficos del Río Manzanares son : al norte con la región las Tinajas y la cuenca de la Quebrada Concha ; al este con las regiones La India , Donama y San Isidro, y la cuenca del Río piedra; al sur con las cuencas de la Quebrada Tijeras, Tamacá y del Río Gaira, y la con la región el Campano y Cerro Kennedy ; al Oeste con el Mar Caribe.



## **7.2 GEOMORFOLOGÍA DE LA CUENCA**

*En pocas palabras, la geomorfología es la ciencia que estudia las formas del relieve terrestre; pues, según las partículas que componen el término, "geo" es tierra, "morfo" es forma y "logia" es tratado o estudio. Por lo tanto, esta ciencia se remite al estudio de la topografía terrestre.*

*Un concepto más completo de geomorfología aparece en el diccionario de Geología y Mineralogía de Ediciones Ríoduro, donde se define como la "Rama de la geografía general que estudia las formas superficiales de la tierra, describiéndolas, ordenándolas sistemáticamente e investigando su origen y desarrollo". Interpretando esta definición, pudiera decirse también que la Geomorfología es una rama de la geología o de las ciencias de la tierra. Al igual que la mayoría de las ciencias, la geomorfología describe los fenómenos que estudia; por ejemplo, destaca los rasgos de un relieve determinado, si es alto o bajo, si es ondulado o quebrado, qué proporción de rocosidad o de suelo recubre la superficie, etc. Ordenar sistemáticamente significa clasificar o agrupar; de manera que se pueden reunir conjuntos particulares de formas de relieve, tomando en cuenta meramente su aspecto exterior o, en su defecto, el origen que explica su existencia.*

### **7.2.1 Área de la Cuenca**

*Se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parte aguas o divisoria de cuenca. Una Cuenca Hidrográfica es una región o área definida Topográficamente, drenada por un curso de agua de tal forma que el caudal afluente de esa área geográfica tiene una única salida. El área de la cuenca está determinada por una línea imaginaria que encierra el área de confluencia; esta línea que separa una cuenca de las circundantes se denomina parte aguas o divisoria, la cual une los puntos de máxima cota entre hoyas. Para determinar el área de la cuenca fue necesario utilizar las Planchas Cartográficas*





del **IGAC** de 1976 Mapa Base: 11-IV-B, 11-IV-D, 12-III-A, 12-III-C a escalas 1:25000 para la cuenca del Río Manzanares, las cuales se escanearon para luego ser digitalizadas, utilizando programas como Autocad 2004 en español, obteniendo como resultado un área aproximado de **174.54 Km<sup>2</sup>**. A se clasifican las cuencas de acuerdo a su tamaño:

- ❖ **GRAN CUENCA O REGIÓN HÍDRICA.** Área físico-geográfica debidamente delimitada en donde las aguas superficiales y subterráneas vierten a una red natural mediante uno o varios cauces de caudal continuo o intermitente que confluyen en un eje central denominado Gran río que desemboca directamente en el mar.
- ❖ **CUENCA MAYOR O SECTOR HIDROGRÁFICO.** Área drenada por un Río Mayor al cual confluye toda una red. Este Río Mayor desemboca en un Gran Río. Tamaño superior a 15.000 has
- ❖ **CUENCA.** Área drenada por un Río o Quebrada al cual confluyen sus afluentes. Este Río o Quebrada desemboca en un Río Mayor. El tamaño varía entre 5000 a 15.000 has.
- ❖ **SUBCUENCA.** Tiene similares características con respecto a la cuenca, el eje central es un Río o Quebrada que desemboca en un Río Mayor, Río o Quebrada. El tamaño oscila entre 1000 a 5000 has.
- ❖ **MICROCUENCA.** Área con una extensión inferior a mil (1000) has. La red hídrica confluye en un Río, Quebrada, Caño o Zanja que desemboca en un Río Mayor, Río o Quebrada.

### **7.2.2 El Parte Aguas (Divisoria)**

Es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas. Esta línea separa las precipitaciones que caen en cuencas inmediatamente vecinas y dirige la escorrentía resultante para uno u otro sistema fluvial. Esta línea atraviesa el curso de agua unidamente





en la salida de la cuenca. Une los puntos de máxima cota entre cuencas, lo que no impide que dentro de la cuenca existan cotas más elevadas que cualquier punto de la divisoria. Se considera en todo caso que la divisoria debe ser perpendicular a las líneas de igual elevación. A su vez se muestran los escarpes por los que se traza el borde, siempre pensando en la dirección en la que una gota de agua se movería hacia la cuenca de drenaje, hasta llegar al punto de análisis. Recuerde siempre que el agua corre siempre de cotas altas a cotas bajas y que el camino más corto para este recorrido es el perpendicular a las líneas de nivel.

### **7.2.3 La Corriente Principal**

La corriente principal de una cuenca es la corriente que pasa por la salida de la misma. Nótese que esta definición se aplica solamente a las cuencas exorreicas. Las demás Corrientes de una cuenca de este tipo se denominan corrientes tributarias. Todo punto de cualquier corriente tiene una cuenca de aportación, toda cuenca tiene una y solo una corriente principal y para el caso especial de la cuenca del Río Manzanares su corriente principal tiene una longitud de **33.497 Km**. Las cuencas correspondientes a las corrientes tributarias o a los puntos de salida se llaman cuencas tributarias o subcuencas.

### **7.2.4 El Orden de las Corrientes**

Se determina según su orden de importancia de la siguiente manera: Una corriente de orden 1 es un tributario sin ramificaciones, una de orden 2 tiene sólo tributarios de primer orden, etc. Dos Corrientes de orden 1 forman una de orden 2, dos Corrientes de orden 3 forman una de orden 4, etc., pero, por ejemplo, una corriente de orden 2 y una de orden 3 forman otra de orden 3. El orden de una cuenca es el mismo que el de la corriente principal en su salida; así, por ejemplo, el orden de la cuenca de la figura 2.5 es 4. Nótese que el orden de una cuenca depende en mucho de la escala del plano utilizado para su determinación; en este sentido, las comparaciones entre una cuenca y otra deben hacerse con cuidado, especialmente cuando los planos, correspondientes no están a la misma escala o



están editados por diferentes organismos. Para nuestro caso el análisis de la cuenca basado en las planchas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi de nuestro país se obtuvo un orden de de 6 según el numero de horton.

### 7.2.5 Forma de la Cuenca

Dos cuencas que tengan la misma área, podrán tener respuestas hidrológicas completamente diferentes en función de su forma, ya que ésta condicionará el tiempo de concentración. Los parámetros que miden la forma de la cuenca son el Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad (**K<sub>c</sub>**) y el Factor de Forma (**K<sub>f</sub>**), los cuales se definen a continuación:

#### 7.2.5.1 Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius (**K<sub>c</sub>**).

Es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área igual a la de la cuenca y para la cual se establece según los siguientes Intervalos:

- ❖  $K_c = 1$  La cuenca es redonda con una gran tendencia a las crecientes.
- ❖  $1 \leq K_c \leq 1.25$  La cuenca es redonda a óvalo – redonda  $K_c > 1.25$  Son cuencas de forma irregular que tienen baja tendencia a las crecientes.

El cálculo del Coeficiente de compacidad o Índice de Gravelius se realiza por medio de la siguiente ecuación como sigue;

$$K_c = \frac{\text{Perim. Cuenca}}{\text{Perim. Circulo}} = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$P = 70.341 \text{ Km.}$

$A = 174.54 \text{ Km}^2$

Por tanto:

$$0.28 * \frac{70.341}{\sqrt{174.54}} = 1.49$$



De esta manera y teniendo en cuenta los resultados anteriores en la cual se determinó un valor para **Kc** de 1.49 para el presente estudio, podemos decir que la cuenca del Río Manzanares se caracteriza por ser una cuenca de **Forma Irregular que Tiene Baja Tendencia a las Crecientes**.

**7.2.5.2 Factor de Forma (Kc):** Es la relación entre el ancho medio y la longitud del cauce principal de la cuenca. El ancho medio se obtiene dividiendo el área de la cuenca por la longitud del cauce principal.

$$K_f = \frac{B}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Siendo **B** el ancho medio de la cuenca (Km.), **A** el área de la cuenca (**Km<sup>2</sup>**) y **L** la longitud del cauce principal de la cuenca (Km.). Una cuenca con un factor de forma bajo está menos sujeta a crecidas que una de la misma área y mayor factor de forma. De esta manera obteniendo el área y la longitud del cauce principal de la Cuenca Río Manzanares por métodos ya descritos se determinó un factor de forma de la siguiente manera:

$$A = 174.54 \text{ km}^2$$

$$L = 33.497 \text{ Km.}$$

$$K_f = \frac{174.54}{(33,497)^2} = 0,156$$

En el libro **“Hidrología en la Ingeniería”**, de Germán Monsalve Sáenz, en el inciso **2.3.2.2** la cual hace referencia al Factor de forma (**Kf**), se expresa que una cuenca con un factor de forma bajo, tiene baja tendencia a las crecientes, de esta manera la Cuenca del Río Manzanares tiene baja tendencia a las crecientes.



**7.2.5.3 Relaciones del área:** Las observaciones en un buen número de cauces alrededor del mundo parecen comprobar la existencia de una relación de la forma:

$$L = 1,27 A^B$$

donde  $L$  es la longitud del canal principal en kilómetros y  $A$  es el área de drenaje en kilómetros cuadrados. El exponente varía generalmente entre 0,6 y 0,7, y sugiere que a medida que las cuencas se hacen más extensas también tienden a ser más alargadas. Es importante anotar que el coeficiente de la ecuación es igual a 1,4 cuando las dimensiones se toman en millas.

<b>L(Km) =</b>	33,497
<b>A(Km<sup>2</sup>) =</b>	174,540
<b>B =</b>	0,634

Lo cual nos demuestra que los parámetros de la cuenca han sido bien tomados es decir la cuenca se mantiene como una cuenca regular y bien digitalizada.

### 7.3 SISTEMA DE DRENAJE:

**7.3.1 Densidad de Drenaje ( $D_d$ ):** La densidad de drenaje se define como la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total:

Se determinó la longitud total de los cursos de agua para la cuenca del Río Manzanares la cual incluye la longitud del cauce principal, que corresponde a **559.9 Km.** y el área total de la cuenca que corresponde a **174.54 Km<sup>2</sup>.**

La densidad de drenaje ( $D_d$ ) se calcula con la siguiente ecuación

$$D_d = \frac{\sum l_t}{A}$$

Longitud Total de las corrientes en la cuenca  $\sum l_t = 559.9 \text{ Km.}$

Área Total de la cuenca = 174.54 km<sup>2</sup>



Por tanto: 
$$D_d = \frac{559.88}{174.54} = 3.21 \text{ Km} / \text{Km}^2$$

El libro “**Hidrología en la Ingeniería**” de **Germán Monsalve Sáenz** en el Inciso **2.3.3.2**, Estableció rangos para la Densidad de drenaje ( $D_d$ ) y para lo cual tenemos:

- ❖ Densidades de drenaje  $< 0.5 \text{ Km/km}^2$  indican una cuenca con un drenaje pobre.
- ❖ Densidades de drenaje  $3.5 \leq D_d \leq 0.5$  indican cuencas con buen drenaje.
- ❖ Densidades de drenaje  $> 3.5 \text{ Km/km}^2$  indican una cuenca excepcionalmente bien drenada.

De esta manera se puede determinar que la Cuenca del Río Manzanares presenta una densidad de drenaje de  $3.21 \text{ Km/Km}^2$  la cual indica una Cuenca con buen drenaje, ( $3.5 \leq D_d \leq 0.5$ ).

#### **7.4 CARACTERÍSTICAS DEL RELIEVE:**

**7.4.1 Pendiente:** Esta característica controla en buena parte la velocidad con que se da la escorrentía superficial y afecta, por lo tanto, el tiempo que requiere el agua de la lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que constituyen la red de drenaje de las cuencas.

El método más completo y utilizado para obtener valores representativos de las pendientes de los terrenos de la Cuenca del Río Manzanares es el método de las Cuadrículas. Este método consiste en determinar la distribución porcentual de las pendientes de los terrenos por medio de una muestra estadística de las



pendientes normales a las curvas de nivel de un número grande de puntos dentro de la cuenca. La metodología utilizada se describe paso a paso a continuación:

- ❖ Según el número de puntos que se quiera definir (por lo menos 50 puntos) en la se utilizaron para el calculo de la pendiente de la cuenca en estudio 191 puntos, se trazaron cuadrículas sobre el área de drenaje con espaciamiento regular. Cada uno de los puntos de intersección de dichas cuadrículas define una pendiente del terreno determinada.
- ❖ Se trazan líneas de nivel correspondientes a dicho punto, por medio de las líneas de nivel inmediatamente inferior y superior. Dicho paso se ejecuta por interpolación.
- ❖ Se traza una tangente a la línea de nivel por ese punto sobre la proyección horizontal o área plana de la cuenca.
- ❖ Se trazo una perpendicular a la tangente anteriormente trazada, también sobre la proyección horizontal o área plana de la cuenca
- ❖ Sobre la perpendicular trazada en el punto anterior se dibujó el perfil del terreno
- ❖ Se determinaron las pendientes correspondientes a cada punto teniendo las variaciones de altura y la distancia entre curvas de nivel.
- ❖ Se clasificaron las pendientes obtenidas de acuerdo a intervalos de clase
- ❖ Se determinó la pendiente media de la cuenca teniendo el número de ocurrencias y la pendiente media de cada intervalo de clase.

$$\frac{\sum N^{\circ} \text{ocurrencias} * \text{Pendiente media}}{N^{\circ} \text{ocurrencias}}$$

En el cuadro No 33 de los anexos se relacionan los valores de las pendientes de la cuenca Manzanares para 191 puntos que se tomaron, y el porcentaje de ocurrencia de las mismas (Método de las cuadrículas, Mínimo 50 puntos)



obteniéndose una pendiente media de la cuenca del veintitrés punto siete por ciento (**23.7%**).

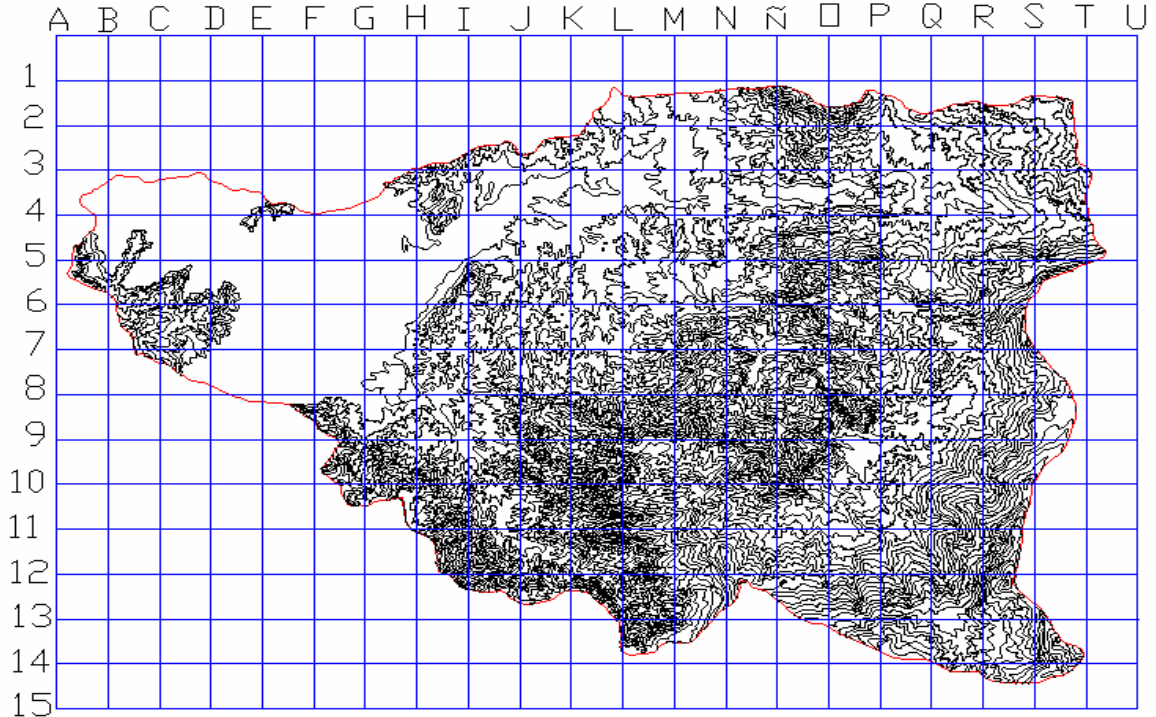


Grafico 12 Método de las Cuadrículas

### 7.5 CURVA HIPSOMÉTRICA

Es la representación gráfica del relieve de una cuenca. Representa la variación de la elevación de los diferentes terrenos de la cuenca con referencia al nivel medio del mar. Esta variación puede ser indicada por medio de un gráfico que muestre el porcentaje de área de drenaje que existe por encima o por debajo de varias elevaciones. Dicho gráfico se puede determinar por el método de las cuadrículas del inciso anterior u obteniendo las áreas entre curvas de nivel. En el siguiente cuadro se muestran los valores obtenidos de la digitalización para poder realizar la curva hipsométrica de la Cuenca del Río Manzanares:



COTA PROMEDIO	AREA(Km2)	AREA ACUMULADA (Km2)	PROCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO	(COTA MEDIA) x (AREA INTERVALO)
2425	0,0039	0,00	0,00	0,00	9,4575
2350	0,15	0,15	0,08	0,08	352,5
2250	0,22	0,37	0,12	0,20	495
2150	0,29	0,66	0,16	0,36	623,5
2050	0,50	1,16	0,27	0,64	1025
1950	0,77	1,93	0,42	1,06	1501,5
1850	1,02	2,95	0,56	1,62	1887
1750	0,94	3,89	0,51	2,13	1645
1650	1,47	5,36	0,80	2,93	2425,5
1550	1,76	7,12	0,96	3,90	2728
1450	1,58	8,70	0,86	4,76	2291
1350	2,04	10,74	1,12	5,88	2754
1250	2,33	13,07	1,27	7,15	2912,5
1150	2,77	15,84	1,52	8,67	3185,5
1050	3,02	18,86	1,65	10,32	3171
950	4,02	22,88	2,20	12,52	3819
850	5,89	28,77	3,22	15,74	5006,5
750	7,98	36,75	4,37	20,11	5985
650	8,87	45,62	4,85	24,96	5765,5
550	10,23	55,85	5,60	30,56	5626,5
450	12,07	57,92	1,13	31,69	931,5
350	14,46	72,38	7,91	39,60	5061
250	17,52	89,90	9,59	49,19	4380
150	34,87	124,77	19,08	68,26	5230,5
50	58,01	182,78	31,74	100,00	2900,5

Cuadro 6. Valores Para Construir la Curva Hipsométrica de la Cuenca del Río Manzanares



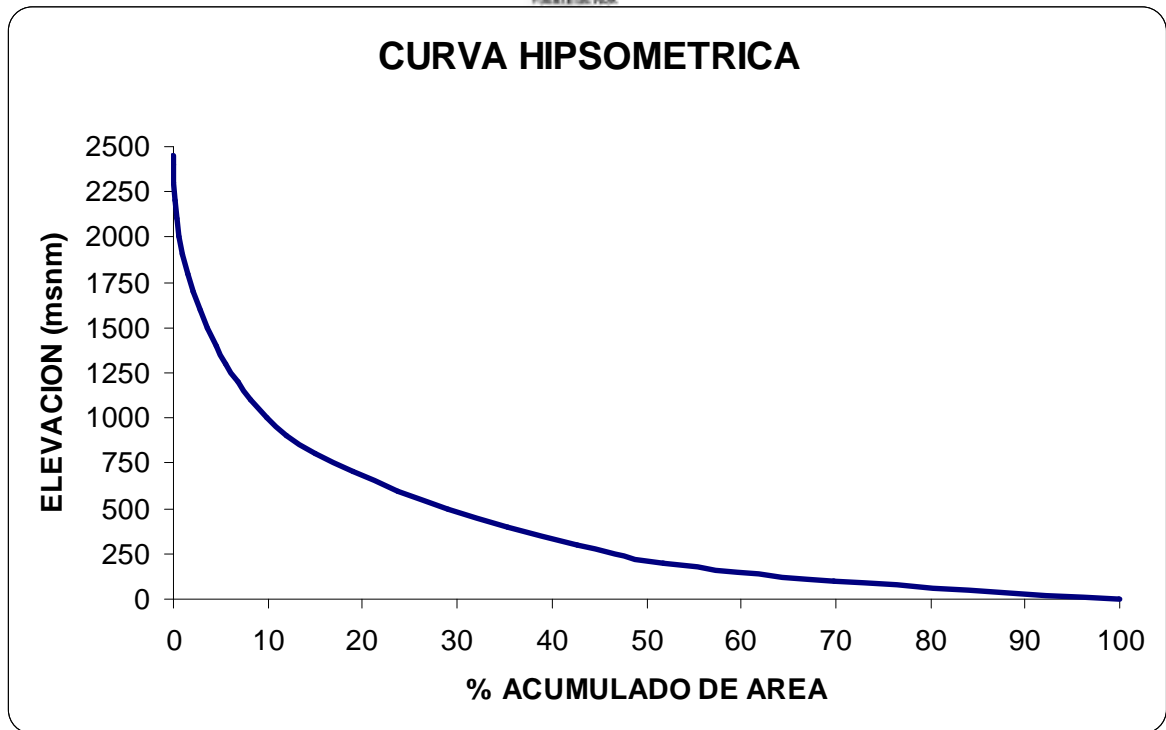


Grafico 13. Curva Hipsométrica Cuenca Manzanares

## 7.6 ELEVACIÓN MEDIA

La elevación media en una cuenca tiene especial interés en zonas montañosas pues ésta nos permite obtener una idea de la climatología de la región. Este valor se determina usando los valores del cuadro 6, dividiendo la sumatoria del producto de la cota media de cada intervalo con el área entre el área total como muestra la siguiente ecuación:

$$\text{Elevación media} = \frac{\sum \text{Cota media intervalo} * \text{Area}}{\sum \text{Area}}$$

Obteniéndose así una elevación media de 371.98 metros sobre el nivel del mar, la cual se muestra en el siguiente grafico:

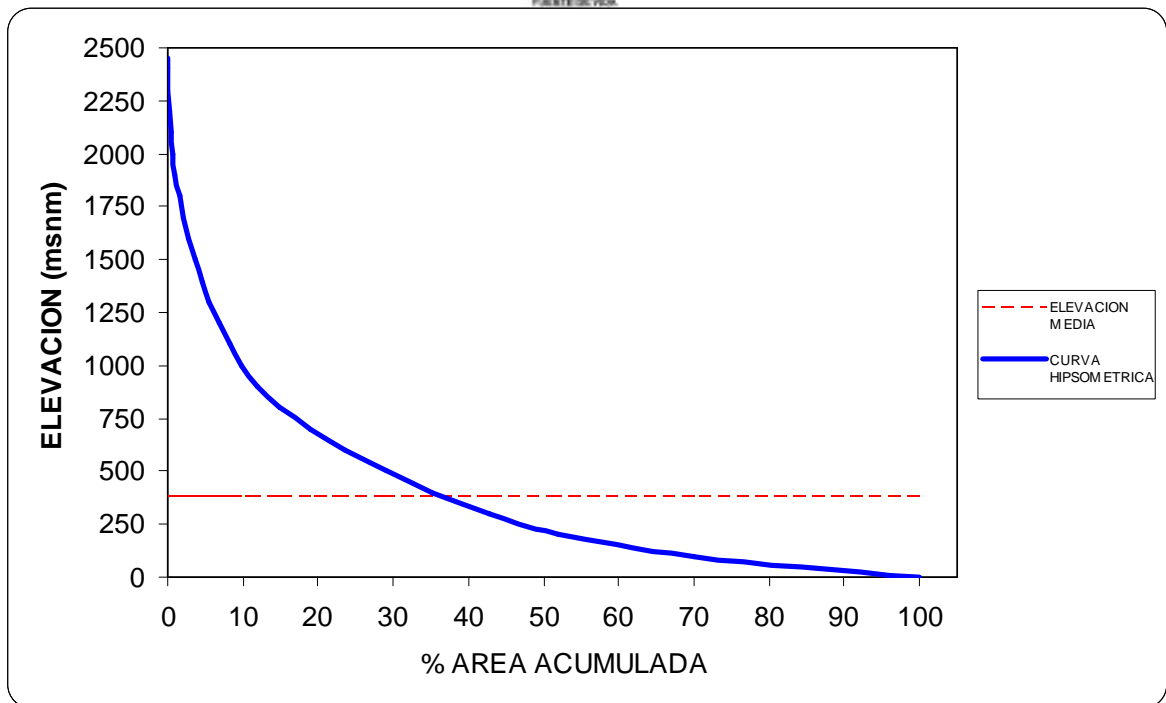


Grafico 14. Curva Hipsométrica y Elevación Media Cuenca Manzanares

## 7.7 PERFIL DE LA CORRIENTE PRINCIPAL

*Determinar el perfil longitudinal del Río Manzanares significa describir la forma en que éste pierde altura a lo largo de su recorrido desde la cuchilla de San Lorenzo hasta la desembocadura en el Mar Caribe; en este se puede ver la pendiente de cada tramo.*

*Son muchas las variables que determinan la pendiente del cauce de un Río, entre ellas el caudal, la carga de sedimentos y el tamaño de los mismos. a continuaciones presentan tabulados los valores con los cuales se construyó el perfil de la corriente del Río Manzanares:*



Cota Máxima	Cota Mínima	Longitud del Tramo (Km)	Longitud acumulada (Km)	pendiente del canal (m/m)
2450	2400	0,033	0,033	1,515
2400	2300	0,157	0,19	0,637
2300	2200	0,194	0,384	0,515
2200	2100	0,281	0,665	0,356
2100	2000	0,097	0,762	1,031
2000	1900	0,186	0,948	0,538
1900	1800	0,647	1,595	0,155
1800	1700	0,703	2,298	0,142
1700	1600	0,365	2,663	0,274
1600	1500	0,901	3,564	0,111
1500	1400	0,256	3,82	0,391
1400	1300	0,194	4,014	0,515
1300	1200	0,227	4,241	0,441
1200	1100	0,302	4,543	0,331
1100	1000	0,505	5,048	0,198
1000	900	0,836	5,884	0,120
900	800	0,69	6,574	0,145
800	700	0,537	7,111	0,186
700	600	0,554	7,665	0,181
600	500	0,634	8,299	0,158
500	400	0,532	8,831	0,188
400	300	1,587	10,418	0,063
300	200	1,963	12,381	0,051
200	100	3,007	15,388	0,033
100	0	18,103	33,491	0,006
<b>pendiente media ponderada</b>				<b>0,331</b>
<b>pendiente media</b>				<b>0,073</b>

Cuadro 7. Valores Perfil de la corriente principal

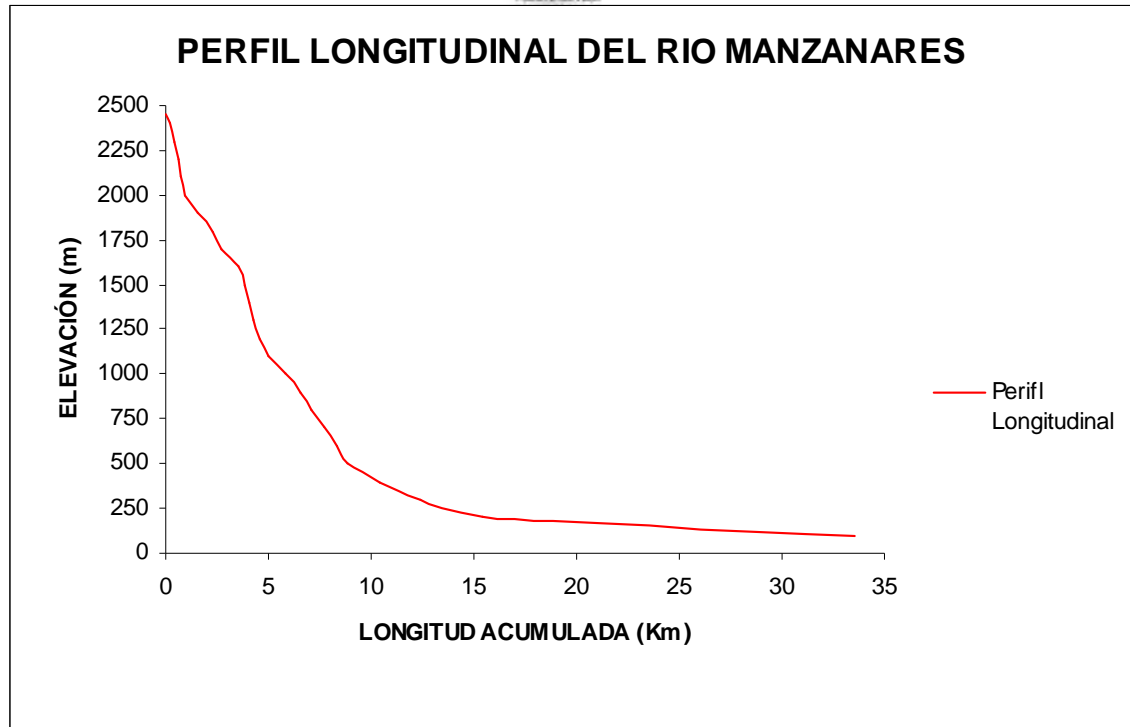


Grafico 15. Perfil de la corriente Río Manzanares

Para determinar la *Pendiente Media* del cauce principal, se tuvo en cuenta la siguiente ecuación:

$$J = \frac{(Elev._{m\acute{a}x.} - Elev._{m\acute{i}n.})}{1000 * L}$$

de donde:

- ❖  $J$  = Pendiente media del cauce principal (m/m)
- ❖  $L$  = Longitud del cauce principal = 33.497 Km
- ❖ Elevación Máxima del cauce = 2447 msnm
- ❖ Elevación Mínima del cauce = 0 msnm



De esta manera obtenemos un valor para la pendiente media de la siguiente manera:

$$J = \frac{(2447 - 0)}{1000 * 33.497} = 0.073 \text{ m / m}$$

De igual forma se calcula la pendiente ponderada de la corriente principal en la cual se determina la media de las pendientes correspondientes a cada uno de los tramos

$$J_{ponderada} = \frac{\sum J_i}{n} = 0.331 \text{ m / m}$$

de donde:

- ❖  $J$  ponderada: Pendiente Media Ponderada
- ❖  $J_i$ : Pendiente de cada tramo
- ❖  $N$ : Número de Tramos

## 7.8 RECTÁNGULO EQUIVALENTE

Se puede definir como un rectángulo que tiene igual superficie, perímetro, coeficiente de compacidad y distribución hipsométrica que la cuenca en cuestión:

$L$  = Lado mayor

$B$  = Lado menor

$A = L * B$  = área del rectángulo equivalente = área de la cuenca

$P = 2(L+B)$  = perímetro del rectángulo equivalente

El método del rectángulo equivalente es empleado para comparar la influencia de las características físicas de la hoya sobre la escorrentía.



$$L = \frac{Kc \times \sqrt{A}}{1.12} \left( 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{Cg} \right)^2} \right)$$

$$B = \frac{Kc \times \sqrt{A}}{1.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{Cg} \right)^2} \right)$$

De donde:

$$\begin{aligned} Kc &= 1.49 & L &= 29.19 \text{ Km} \\ A &= 174.54 \text{ Km}^2 & B &= 5.98 \text{ Km.} \end{aligned}$$

Luego comparando el lado mayor con respecto al lado menor tenemos:

$$\frac{L}{B} = \frac{29.19}{5.98} = 4.88 > 3$$

De esta manera se puede considerar que la cuenca es de forma alargada.

Finalmente se encontró que la cuenca del Río Manzanares tiene un área de 174.54 Km<sup>2</sup> con un perímetro de 70.341Km presentando una forma alargada y con baja tendencia a las inundaciones, presentando una curva Hipsométrica muy regular de la cual podemos obtener una elevación media de la cuenca de 371.98 msnm. El cauce principal del Río presenta una longitud de 33.5 Km y un perfil que presenta una pendiente media del 7.3 % y una pendiente media ponderada del 33.1 %, y finalmente la cuenca presenta una pendiente del 23.7 % lo cual genera una buena cuota de escurrimiento que evita las inundaciones.

## 8. ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN

De los diversos procesos meteorológicos que ocurren continuamente en la atmósfera, los más importantes para la hidrología son los de precipitación y evaporación, en los cuales la atmósfera interactúa con el agua superficial. La



mayor parte del agua que se precipita sobre la superficie terrestre proviene de la humedad que se evapora.

*Precipitación* es cualquier tipo de agua que cae sobre la superficie de la Tierra. Las diferentes formas de precipitación incluyen lluvia, nieve, agua nieve, y lluvia congelada. Las precipitaciones ayudan a mantener el balance atmosférico, además las precipitaciones pueden ocasionar inundaciones severas, y es de gran interés para nuestro estudio ya que el **Río Manzanares** atraviesa gran parte de la ciudad de Santa Marta.

### **8.1 ESTADÍSTICA HIDROLÓGICA**

Los procesos hidrológicos evolucionan, por lo general, en el espacio y en el tiempo en una forma parcialmente predecible (determinística) y parcialmente aleatoria, aunque a medida que los procesos se extreman (avenidas torrenciales, sequías, etc.,) se convierten en puramente aleatorios.

El tratamiento de la información hidrológica de procesos enteramente aleatorios utilizando métodos estadísticos fundamentados en principios matemáticos que describen la variación aleatoria de observaciones de un proceso, constituye un instrumento adecuado para ser utilizado como punto de partida en la resolución de problemas hidrológicos.

En concreto, el **análisis de frecuencias** de episodios extremos (tormentas, crecidas y sequías), sabiendo que la relación entre la severidad del acontecimiento y la frecuencia de ocurrencia es inversa, es un instrumento muy aconsejable en hidrología, estableciendo la relación entre la magnitud de los acontecimientos naturales extremos y su frecuencia de ocurrencia utilizando distribuciones de probabilidad.



Los resultados del análisis de frecuencias de episodios extremos son utilizados en diseño hidrológico e hidráulico para diseñar estructuras de control de avenidas, aprovechamiento de recursos superficiales de agua, ó delimitar las llanuras de inundación para determinar el efecto medioambiental y económico de supuestas inundaciones.

Para el desarrollo de este estudio, se tuvieron en cuenta cinco estaciones hidrológicas, que arrojan una serie de datos históricos de precipitación y evaporación los cuales se requieren procesar, de tal manera que fue necesario de esta recopilación de datos históricos, procesarlos con métodos estadísticos que nos facilitan hallar eventos extremos teniendo en cuenta diferentes periodos de retorno 5, 10, 25, 50 y 100 Años con el fin de caracterizar la estación desde el punto de vista considerado.

A continuación se determinan las características de cada una de las cinco estaciones las cuales hacen parte del Área de influencia de la cuenca del Río Manzanares; Estación Universidad del Magdalena, Estación Minca, Estación Aeropuerto Simón Bolívar, Estación Jirocasaca y la Estación San Lorenzo.

- ❖ **ESTACIÓN UNIMAG:** Ubicada en las coordenadas  $11^{\circ} 14'$  de latitud Norte,  $74^{\circ} 11'$  de longitud Oeste y a una altura de 7 msnm. Esta estación de tipo CO (Climatología Ordinaria) de código 1501504 la cual es operada por el IDEAM y fue instalada en Junio de 1973 y continúa funcionando pero sólo como pluviómetro. Los registros provenientes de esta estación datan desde el año 1981, y tienen la dimensión adecuada para hacer el análisis de precipitación. La estación se encuentra ubicada dentro de la cuenca en la parte baja y urbana de ésta y es una de las más representativas para la cuenca.
- ❖ **ESTACIÓN MINCA:** Ubicada en las coordenadas  $11^{\circ} 10'$  de latitud Norte,  $74^{\circ} 08'$  de longitud Oeste y a una altura de 650 msnm, estación de tipo PM (Pluviométrica), con código 1501001. Es operada por el IDEAM y fue





instalada en el año 1962 y continúa en funcionamiento. Los registros con los que cuenta esta estación datan desde el año 1981 y son suficientes para el análisis de precipitación.

- ❖ **ESTACIÓN AEROPUERTO SIMÓN BOLÍVAR:** Estación tipo SP (Sinóptica Principal) de código 1501505 Ubicada en las coordenadas 11° 08' de latitud Norte, 74° 14' de longitud Oeste y a una altura de 4 msnm. Es operada por el IDEAM y fue instalada en el año 1952 y continúa en funcionamiento. Los registros de esta estación datan desde el año 1952 y son suficientes para el análisis de precipitación.
- ❖ **ESTACIÓN JIROCASACA:** Ubicada en las coordenadas 11° 3' de latitud Norte, 74° 2' de longitud Oeste y a una altura de 710 msnm. Esta estación se encuentra en la hacienda que lleva su mismo nombre y es operada por el Comité de Cafeteros del Magdalena. Se cuenta con registros que datan desde su instalación en el año 1968.
- ❖ **ESTACIÓN SAN LORENZO:** Ubicada en las coordenadas 11°07' de latitud Norte, 74°03' de longitud Oeste y a una altura de 2200 msnm. Esta estación es operada por el IDEAM. Se cuenta con registros que datan desde su instalación Junio de 1962.

## 8.2 CALCULO DE EVENTOS EXTREMOS

**8.2.1 Análisis De Frecuencia:** Los sistemas hidrológicos son afectados algunas veces por eventos extremos, tales como tormentas severas, crecientes y sequías. La magnitud de un evento extremo está inversamente relacionado con su frecuencia de ocurrencia, es decir, eventos muy severos ocurren con menor frecuencia que eventos moderados.

El análisis de frecuencia es un procedimiento para estimar la frecuencia de ocurrencia o probabilidad de ocurrencia de eventos pasados o futuros. El análisis



de frecuencia de datos hidrológicos requiere que los datos sean homogéneos e independientes. De esta manera el objetivo principal de este análisis de frecuencia de la información hidrológica aportada por las estaciones ya descritas que hacen parte del área de influencia de la cuenca del Río Manzanares, es relacionar la magnitud de los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad. Sabemos que los resultados de del análisis de frecuencia puede utilizarse para muchos propósitos de ingeniería: para el diseño de presas, puentes, Box Culverts, estructuras de control de crecientes y para nuestro caso para conocer el comportamiento del Río Manzanares.

**8.2.2 Pruebas De Datos Dudosos:** Los datos dudosos son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante. La retención o eliminación de estos datos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la información, especialmente en muestras pequeñas. Los procedimientos para tratar los datos dudosos requieren de un criterio que involucra consideraciones matemáticas e hidrológicas. Estos puntos que se alejan de la tendencia de la información restantes puede darse por múltiples factores tales como mala ubicación de las estaciones climatológicas, por estar cubiertas de vegetación que dificulte la toma de la información, errores del operario, errores de calibración en los equipos de las estaciones, eventos inusuales del clima.

**8.2.3 Método Gumbel O De Valores Extremos:** Este método es una función de probabilidades usualmente utilizada para valores máximos aleatorios sacados de poblaciones suficientemente grandes. El método Gumbel de valores Extremos se basa en la siguiente ecuación

$$X_t = \bar{X} + \frac{S}{S_n}(Y_n - Y)$$

De donde:



- ❖  $\bar{X}$  = Media del grupo de datos la cual se calcula tomando el promedio de todos los años para cada mes. Cave aclarar que existen estación en la que se cuente con un mayor número de años.
- ❖  $S$  = Desviación Estándar del grupo de datos
- ❖  $S_n$  = Desviación Parametrica del grupo de datos
- ❖  $Y$  = Variable Reducida
- ❖  $Y_n$  = Parámetro del Método

Los resultados de la distribución Gumbel para datos mensuales y anuales se relacionan en los cuadros de anexos No 3 que hacen parte de este documento.

**8.2.4 Distribución Pearson Tipo III:** La distribución **Pearson Tipo III** es comúnmente utilizada para lluvias o caudales máximos anuales. Esta distribución también llamada Gamma de tres parámetros, fue aplicada por primera vez en la hidrología por **Foster** (1924) para describir las probabilidades de los picos de Crecientes Máximos Anuales. El calculo de eventos extremos por el método **Pearson Tipo III** esta dado por la siguiente ecuación.

$$X_T = S * K_T + \bar{X}$$

De donde:

- ❖  $X_T$ : Magnitud del evento
- ❖  $\bar{X}$  : Es la media del grupo de datos
- ❖  $S$ : Desviación estándar del grupo de datos
- ❖  $K_T$ : Factor de frecuencia (este factor se determina por tabla), este depende del coeficiente de Oblicuidad (**Cs**).



Para el cálculo de Factor de Frecuencia **Kt**, se determinó el coeficiente de oblicuidad **Cs** para cada caso, el cual a su vez depende de las siguientes variables:

- ❖  $\bar{X}$  : Es la media del grupo de datos
- ❖ **S**: Desviación estándar del grupo de datos
- ❖ **n**: Numero de Datos

De esta manera al determinar estas variables estadísticas se utilizó la siguiente ecuación:

$$C_s = \frac{n * \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n - 1) * (n - 2) * S^3}$$

Obteniendo así un coeficiente de oblicuidad para cada caso, con el fin de determinar el valor de **Kt** para cada periodo de retorno (5, 10, 25, 50 y 100 Años) por medio de los cuadros que siguen a continuación, propuestos por **Ven Te Chow** en su libro **Hidrológica Aplicada**, Pág. 404.



<b>Valores de Kt para la Distribución Pearson Tipo III (Asimetría Positiva)</b>					
<b>Cs / Tr</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
3,0	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,9	0,440	1,195	2,277	3,134	4,013
2,8	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,7	0,479	1,224	2,272	3,093	3,932
2,6	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889
2,5	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845
2,4	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,3	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753
2,2	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,1	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656
2,0	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605
1,9	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553
1,8	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,7	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444
1,6	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,5	0,690	1,333	2,146	2,743	3,330
1,4	0,705	1,337	2,128	2,703	3,271
1,3	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211
1,2	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,1	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087
1,0	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,9	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957
0,8	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,7	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824
0,6	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,5	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686
0,4	0,816	1,317	1,180	2,261	2,615
0,3	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544
0,2	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,1	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400
0,0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326

Cuadro 8 Valores de Kt (Fuente Hidrológica Aplicada, Ven Te Chow Tabla 12.3.1 Pág. 405)



Valores de Kt para la Distribución Pearson Tipo III (Asimetría Negativa)					
Período de Retorno (años)					
Cs	5	10	25	50	100
-0,1	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252
-0,2	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,3	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104
-0,4	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,5	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955
-0,6	0,857	1,200	1,528	1,720	1,180
-0,7	0,857	1,183	1,488	1,163	1,806
-0,8	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733
-0,9	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660
-1,0	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,1	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518
-1,2	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,3	0,838	1,064	1,240	1,324	1,383
-1,4	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,5	0,825	1,018	1,157	1,217	1,256
-1,6	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,7	0,808	0,970	1,075	1,116	1,140
-1,8	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-1,9	0,788	0,920	0,996	1,023	1,037
-2,0	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,1	0,765	0,869	0,923	0,939	0,946
-2,2	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,3	0,739	0,819	0,855	0,864	0,867
-2,4	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,5	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799
-2,6	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,7	0,681	0,724	0,738	0,740	0,740
-2,8	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-2,9	0,651	0,681	0,683	0,689	0,690
-3,0	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Cuadro 9, Valores de Kt (Fuente Hidrológica Aplicada, Ven Te Chow Tabla 12.3.1 Pág. 405)



En los cuadros que aparecen en los anexos No 4 se muestran los valores de  $Kt$  y  $Xt$  obtenidos para eventos Máximos Mes a Mes y para cada una de las estaciones consideradas en este estudio considerando el Método **Pearson Tipo III**.

**8.2.5 Distribución Log Pearson Tipo III:** Esta distribución es comúnmente utilizada para lluvias o caudales máximos anuales. Para esta distribución, el primer paso es tomar los logaritmos de la información hidrológica (Datos de precipitación),  $Y = \text{Log } X$ , siendo  $X$  los datos de cada estación. Usualmente se utilizan logaritmos con base 10, se calcula la media ( $\bar{Y}$ ), la desviación estándar  $S_y$  y el coeficiente de asimetría  $C_s$  para los logaritmos de los datos. El factor de frecuencia depende del periodo de retorno  $T$  y del coeficiente de asimetría  $C_s$ . Cuando  $C_s = 0$  el factor de frecuencia es igual a la variable normal estándar  $z$ .

En los cuadros de los anexos No 5 se muestran los valores de  $Kt$  y  $Xt$  obtenidos para eventos Máximos Mes a Mes para cada una de las estaciones consideradas en este estudio considerando el Método **Log Pearson Tipo III**.

**8.2.6 Distribución Normal O De Gauss:** Es conocida la importancia de la distribución Normal, por su utilidad en la descripción y análisis de una gran diversidad de fenómenos biológicos, agronómicos, zootécnicos, etc, debido a sus propiedades matemáticas útiles y fáciles de manejar, a las posibilidades de aproximaciones de distribuciones muestrales y a la posibilidad de que distribuciones no normales puedan a veces reducirse a una forma aproximada a la Normal por medio de cambios de variable o tamaños de muestras grandes.

Esta distribución fue introducida por C. F. Gauss en relación con la teoría de los errores de medidas físicas (Guerra et al, 1998). Varios matemáticos contribuyeron a su formulación, entre ellos están además Abraham De Moivre (1667-1754), Pierre S. Laplace (1749-1827) y Karl Gauss (1777-1875). De Moivre fue el primero en desarrollar la distribución Normal y fue publicado por Karl Gauss, por lo cual se



conoce como *distribución gaussiana* (Yamane, 1970 y López y Romero, 1986) La importancia de la *distribución Normal* deriva de que un gran número de poblaciones de las que tienen que estudiarse en las aplicaciones de las ciencias naturales y sociales se distribuyen con arreglo a esta ley y, sobre todo del hecho de que también se ajustan a ella los errores experimentales, debidos al azar, en ciertas condiciones más o menos sencillas.

Según López y Romero (1986), al formularse la *distribución Normal*, se consideraba que todas las variables debían seguir la misma y que cuando no sucedía era por no contar con el tamaño de muestra requerido, pero después se detectó que podía suceder que al incrementar  $n$ , la *asimetría* inicial se acentuara. Aquí es interesante considerar la posibilidad de la *distribución Log normal*. Para la *distribución Normal* se cumple la coincidencia entre los valores de la media, moda y mediana. No obstante, el mejor estimador del valor central en este caso resulta ser la *media maestra*. En la práctica una gran cantidad de variables tiene un comportamiento *Normal*, pero existen algunas que por la unidad de medida que utilizan o por los valores que toma, no cumplen esta condición. Por tanto, en este sentido es recomendable verificar la normalidad del conjunto de datos aún después de realizarse un cambio de variable o transformación y determinar la *distribución* que representa su comportamiento. La teoría cuya base es el *Teorema Central del Límite*, permite que puedan hacerse determinadas transformaciones de las variables aleatorias que siguen distribuciones no normales, alrededor de la *Normal*, obteniéndose distribuciones relacionadas con ella y que son de gran aplicabilidad en diversos campos, entre ellos las *Ciencias Biológicas*.

En los cuadros de los anexos No 6 se relacionan los resultados de los valores de  $Kt$  y  $Xt$  obtenidos para eventos Máximos Mes a Mes para cada una de las estaciones consideradas en este estudio considerando la **Distribución Normal O De Gauss**.





<i>Tr</i>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b><i>P=1/Tr</i></b>	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01
<b><i>P²</i></b>	0,04	0,01	0,0016	0,0004	0,0001
<b><i>W</i></b>	1,794	2,146	2,537	2,797	3,035
<b><i>Z</i></b>	<b>0,841</b>	<b>1,282</b>	<b>1,751</b>	<b>2,054</b>	<b>2,327</b>

Cuadro 10. *Z* para cada periodo de retorno (*Tr*)

**8.2.7 Distribución Log Normal:** Se trata de la densidad de probabilidad de una variable *Log X* distribuida según una función gaussiana:

$$X = N(\nu, \sigma)$$

$$Y = e^x$$

En esta función los logaritmos naturales de la variable aleatoria se distribuyen normalmente. En los cuadros de los anexos No 7 se relacionan los resultados de los valores de *Kt* y *Xt* obtenidos para eventos Máximos Mes a Mes para cada una de las estaciones consideradas en este estudio considerando la **Distribución Log Normal**

### 8.3 PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE

En la teoría estadística, una de las pruebas de bondad del ajuste más conocida es la Ji cuadrado ( $\chi^2$ ). La cual se describe a continuación:

**8.3.1 Prueba  $\chi^2$ :** La prueba  $\chi^2$  es la más popular, fue propuesta por **Kart Pearson** en 1900. para aplicar la prueba el primer paso es dividir los datos en un número *K* de intervalos de clase. Posteriormente se calcula el parámetro estadístico *D*:

$$D = \sum_{I=1}^K \frac{(\theta_i - \epsilon_i)}{\epsilon_i}$$



de donde;

$\theta_i$  : Es el número observado de eventos en el intervalo  $i$

$\epsilon_i$  : Es el número esperado de eventos en el mismo intervalo y se calcula como sigue

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

De donde;

$F(S_i)$  : Es la función de distribución de probabilidades en el límite superior del intervalo ( $i$ )

$F(I_i)$  : Es la misma función en el límite inferior

$n$  : Es el número de eventos

Una vez calculado el parámetro  $D$  para cada función de distribución considerada, se determina el valor de una variable aleatoria con distribución  $\chi^2$  para  $v = K-1-m$  grados de libertad y un nivel de significancia  $\alpha$ , donde  $m$  es el número de parámetros estimados a partir de los datos, luego para aceptar una función de distribución dada, se debe cumplir que:

$$D \leq \chi^2_{1-\alpha, k-1-m}$$

El valor de  $\chi^2_{1-\alpha, k-1-m}$  se obtiene de las tablas en función de distribución  $\chi^2$  las cuales se relacionan en el cuadro de los anexos No 8.



El valor más común  $\alpha$  es 0.05, para este nivel de significancia suelen aceptarse varias funciones de distribución de probabilidad.

De esta manera:

- ❖ Para un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , se tiene para funciones de dos parámetros ;

$$X^2_{0.95,3} = 7.81$$

- ❖ Para funciones de tres parámetros ;

$$X^2_{0.95,2} = 5.99$$

- ❖ Para funciones de cuatro parámetros estimados de los datos;

$$X^2_{0.95,1} = 3.84$$

Luego se compara  $X^2_{0.95,3}$  con los valores de  $D$  correspondientes a las funciones Normal, Log Normal y Gumbel, los cuales tienen dos parámetros. Para  $X^2_{0.95,1}$  se compara con los valores de  $D$  correspondientes a las funciones Pearson III y Log Pearson tipo III. En cuadro XX de los anexos se relacionan los resultados de las pruebas  $X^2$ .

#### **8.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES**

Luego del análisis de las distribuciones de probabilidad utilizadas para el cálculo de los eventos extremos en el presente proyecto, se obtuvo por medio de la prueba de bondad de ajuste  $X^2$  la distribución de probabilidad que más se ajustaba en cada uno de los casos. Cabe anotar que en los casos en que por un pequeño margen no había ninguna distribución de probabilidad se ajustó, se escogió la que fuese más representativa de la estación, por otro lado las pruebas de bondad de



ajuste se hicieron para cada uno de los periodos de retorno con los que se trabajó a lo largo del proyecto ( $Tr = 5, 10, 25, 50, 100$  años) escogiendo entre estos el que fuese más representativo, es decir el que más se repitiera entre los cinco periodos de retorno para cada estación y en particular para cada mes; arrojando como resultado el siguiente cuadro en el cual aparece la distribución de probabilidad que mas se ajustó para cada estación y para cada mes en particular.

<b>MES</b>	<b>Aeropuerto Simón Bolívar</b>	<b>Jirocasaca</b>	<b>Minca</b>	<b>San Lorenzo</b>	<b>UNIMAG</b>
<b>ENERO</b>	PEARSON	PEARSON	PEARSON	PEARSON	NORMAL
<b>FEBRERO</b>	PEARSON	PEARSON	PEARSON	NORMAL	PEARSON
<b>MARZO</b>	PEARSON	GUMBEL	PEARSON	GUMBEL	PEARSON
<b>ABRIL</b>	PEARSON	NORMAL	GUMBEL	NORMAL	GUMBEL
<b>MAYO</b>	NORMAL	GUMBEL	GUMBEL	GUMBEL	GUMBEL
<b>JUNIO</b>	GUMBEL	NORMAL	GUMBEL	NORMAL	PEARSON
<b>JULIO</b>	GUMBEL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	GUMBEL
<b>AGOSTO</b>	GUMBEL	NORMAL	GUMBEL	NORMAL	GUMBEL
<b>SEPTIEMBRE</b>	GUMBEL	NORMAL	NORMAL	GUMBEL	GUMBEL
<b>OCTUBRE</b>	GUMBEL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	GUMBEL
<b>NOVIEMBRE</b>	GUMBEL	GUMBEL	GUMBEL	GUMBEL	NORMAL
<b>DICIEMBRE</b>	GUMBEL	GUMBEL	GUMBEL	GUMBEL	GUMBEL

Cuadro 11, resumen distribución con mayor ajuste para cada estación y cada mes en particular

El cuadro nos muestra claramente que la creencia de que la distribución de probabilidad ideal para los eventos extremos no siempre es la distribución Gumbel ya que es necesario un estudio exhaustivo de las condiciones particulares de cada cuenca y cada estación meteorológica como fue llevado en este proyecto arrojando como resultado que la distribución de precipitaciones en las estaciones que afectan la cuenca del Río Manzanares es totalmente diferente la una de la otra lo cual se explica en la descripción a seguir:

- ❖ **Estación Aeropuerto Simón Bolívar:** Prácticamente a lo largo del año presenta solo dos comportamientos estadísticos, uno en la época de Enero-Abril que se ajusta a la distribución Pearson Tipo III; el otro comportamiento se presenta en la época Junio-Diciembre se ajusta a la distribución Gumbel; este comportamiento nos muestra que en esta zona



las precipitaciones presentan pocos sobresaltos en su distribución y que más bien muestran comportamientos estables que ayudan en la predicción más certera o con un mayor rango de efectividad al predecir los eventos extremos en estación.

- ❖ **Estación Jirocasaca:** presenta una distribución en las funciones de probabilidad a lo largo del año que no es tan estable como la de la estación Aeropuerto Simón Bolívar pero si presenta cierta estabilidad en algunas épocas del año como es el caso de la época Junio-Octubre en la cual presenta un comportamiento bien definido que se ajusta a la función de distribución de probabilidad Normal, en esta época que es donde mas se presentan lluvias es importante tener una estabilidad o un método bastante acertado para el calculo de los eventos extremos debido a que esta estación es la que más área de influencia tiene sobre la cuenca y que por lo tanto ayuda muchísimo a estimar los eventos extremos que se pueden presentar en toda la cuenca en general.
- ❖ **Estación Minca:** Presenta una distribución que solo es estable en el primer semestre del año en el cual se divide en los primeros tres meses un comportamiento que se ajusta a la distribución Pearson Tipo III y en los tres siguientes un comportamiento que se ajusta a la distribución Gumbel, de aquí en adelante empieza a presentar un comportamiento oscilante entre la distribución Gumbel y la distribución Normal lo cual la hace un poco menos efectivo el rango de efectividad en la predicción de eventos extremos en esta estación.
- ❖ **Estación San Lorenzo:** Presenta poco uniformidad en el método de distribución de probabilidad que mas se ajusta a lo largo del año es decir se comporta muy oscilante entre el método de distribución Normal y el método de Distribución Gumbel, llegando a una estabilidad en el comportamiento solo en los meses de Junio, Julio y agosto donde la precipitación se ajusta muy bien al método de distribución normal para calcular los eventos extremos.



- ❖ **Estación UNIMAG:** Presenta poca uniformidad en el método de distribución de probabilidad que mas se ajusta a lo largo del año es decir se comporta muy oscilante entre el método de distribución Normal y el método de Distribución Gumbel, llegando a una estabilidad en el comportamiento solo en los meses de Julio, agosto, Septiembre y Octubre donde la precipitación se ajusta muy bien al método de distribución Gumbel para calcular los eventos extremos.

Luego de este análisis estación por estación también es bueno presentar un análisis en general para toda la cuenca de tal forma que en el momento que se vayan a aprovechar los resultados de esta investigación se tenga más de una posibilidad para escoger, por lo cual también se presenta este cuadro como resumen de las pruebas de bondad de ajuste pero en este caso para toda la cuenca:

MES	CUENCA DEL RÍO MANZANARES
ENERO	PEARSON
FEBRERO	PEARSON
MARZO	PEARSON
ABRIL	NORMAL
MAYO	GUMBEL
JUNIO	NORMAL
JULIO	NORMAL
AGOSTO	GUMBEL
SEPTIEMBRE	GUMBEL
OCTUBRE	NORMAL
NOVIEMBRE	GUMBEL
DICIEMBRE	GUMBEL

Cuadro 12, resumen distribución con mayor ajuste para cada mes en toda la cuenca

En el siguiente cuadro se relaciona el resumen de eventos extremos en la cuenca del Río Manzanares para los diferentes periodos de retorno y para los doce meses del año.



MES	Precipitaciones extremas(mm)				
	5	10	25	50	100
<b>ENERO</b>	12,38	20,56	31,60	40,07	48,61
<b>FEBRERO</b>	5,71	8,59	12,26	14,97	17,64
<b>MARZO</b>	10,83	16,41	23,63	29,02	34,38
<b>ABRIL</b>	65,57	79,39	94,12	103,63	112,18
<b>MAYO</b>	137,76	174,71	220,57	260,17	295,74
<b>JUNIO</b>	133,52	156,92	181,86	197,97	212,45
<b>JULIO</b>	135,42	159,76	185,70	202,45	217,52
<b>AGOSTO</b>	167,19	206,98	256,37	299,01	337,31
<b>SEPTIEMBRE</b>	184,55	217,40	258,17	293,37	325,00
<b>OCTUBRE</b>	200,09	227,21	256,13	274,81	291,60
<b>NOVIEMBRE</b>	131,25	161,98	200,13	233,07	262,66
<b>DICIEMBRE</b>	59,08	79,59	105,04	127,02	146,76

Cuadro 13. Resumen de precipitaciones extremas en la cuenca Río Manzanares

En los siguientes gráficos se presentan las curvas representativas de los eventos extremos en la cuenca del Río Manzanares para cada mes y cada periodo de retorno en particular.

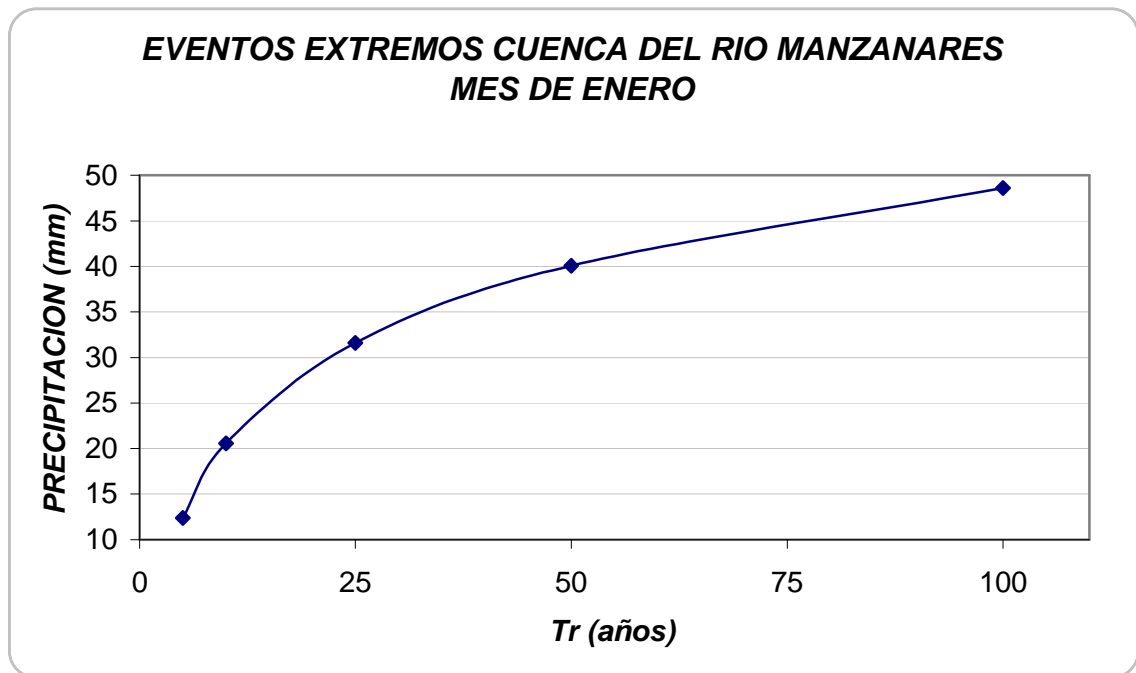


Grafico 16, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Enero



### EVENTOS EXTREMOS CUENCA DEL RIO MANZANARES MES DE FEBRERO

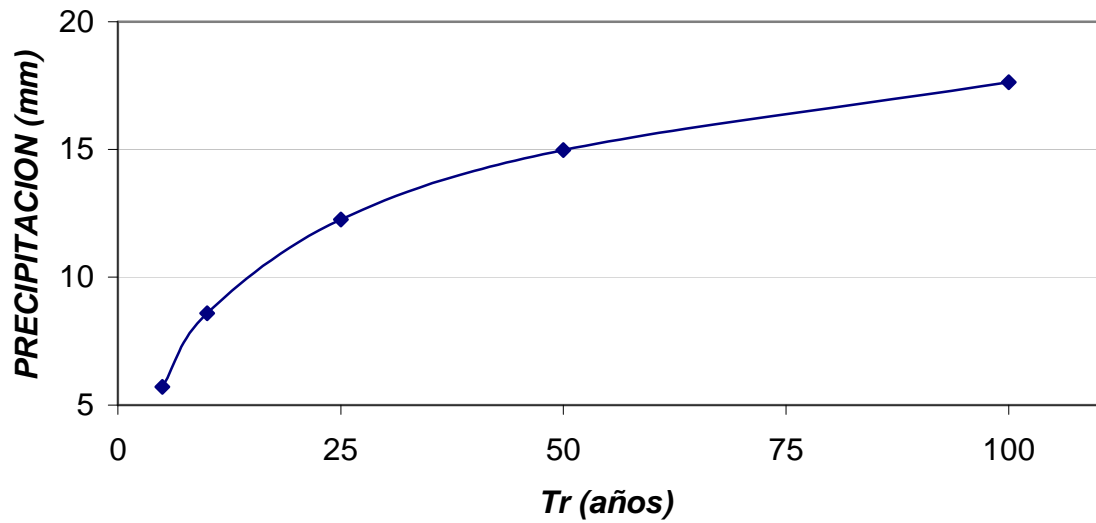


Grafico 17, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de febrero

### EVENTOS EXTREMOS CUENCA DEL RIO MANZANARES MES DE MARZO

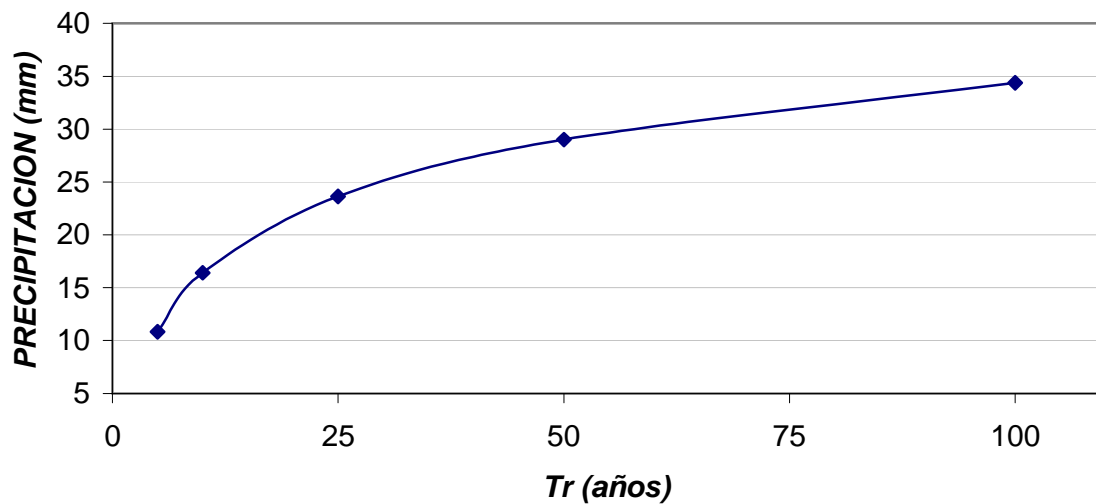


Grafico 18, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Marzo





### EVENTOS EXTREMOS CUENCA DEL RIO MANZANARES MES DE ABRIL

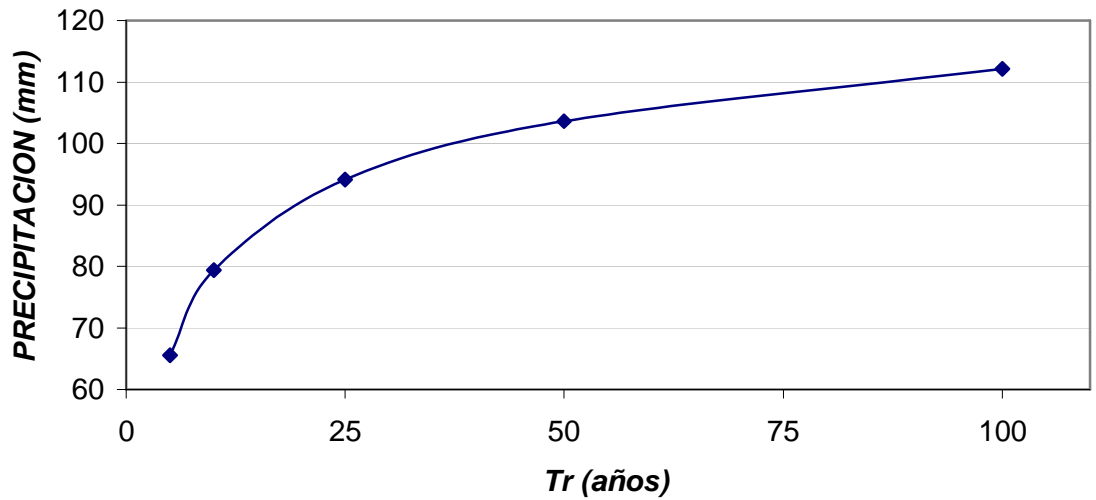


Grafico 19, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Abril

### EVENTOS EXTREMOS CUENCA DEL RIO MANZANARES MES DE MAYO

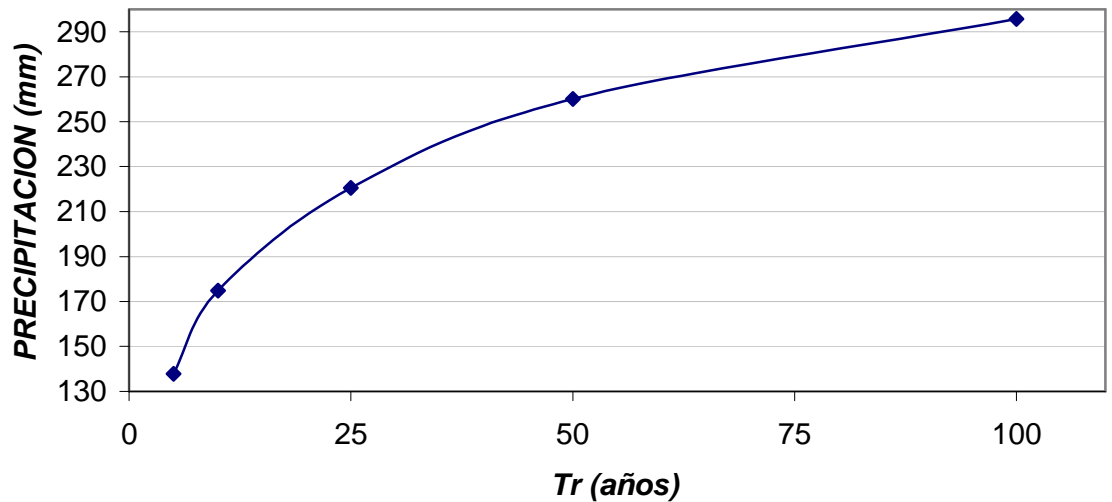


Grafico 20, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Mayo



### EVENTOS EXTREMOS CUENCA DEL RIO MANZANARES MES DE JUNIO

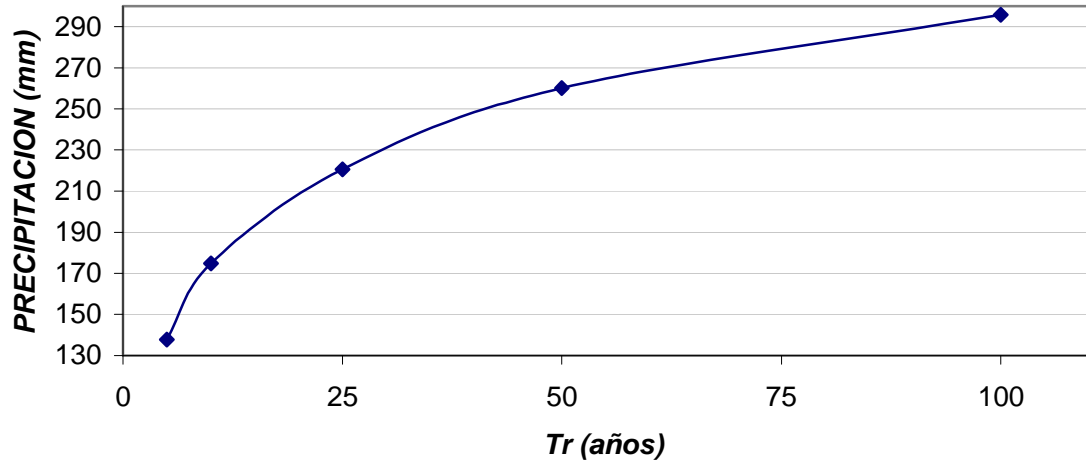


Grafico 21, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Junio

### EVENTOS EXTREMOS CUENCA DEL RIO MANZANARES MES DE JULIO

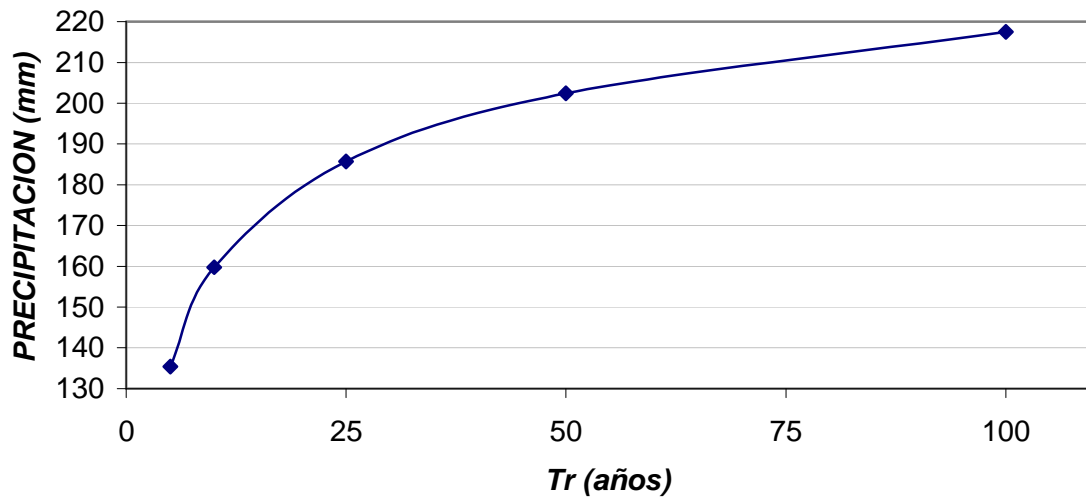


Grafico 22, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Julio

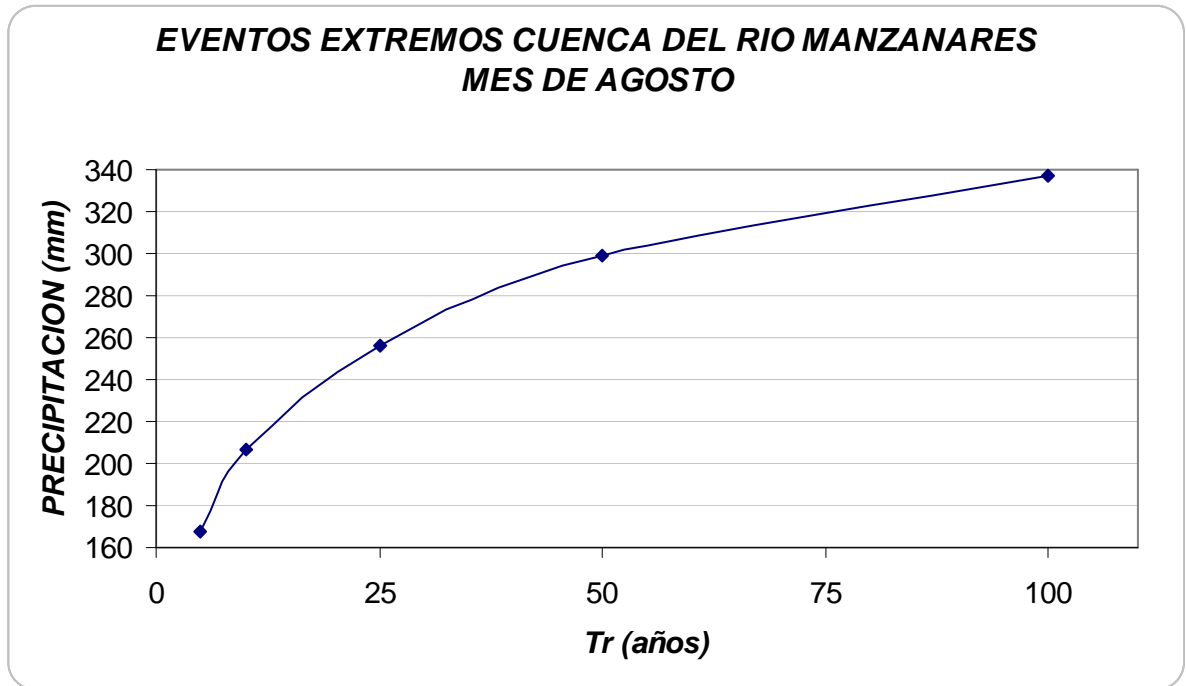


Grafico 23, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Agosto

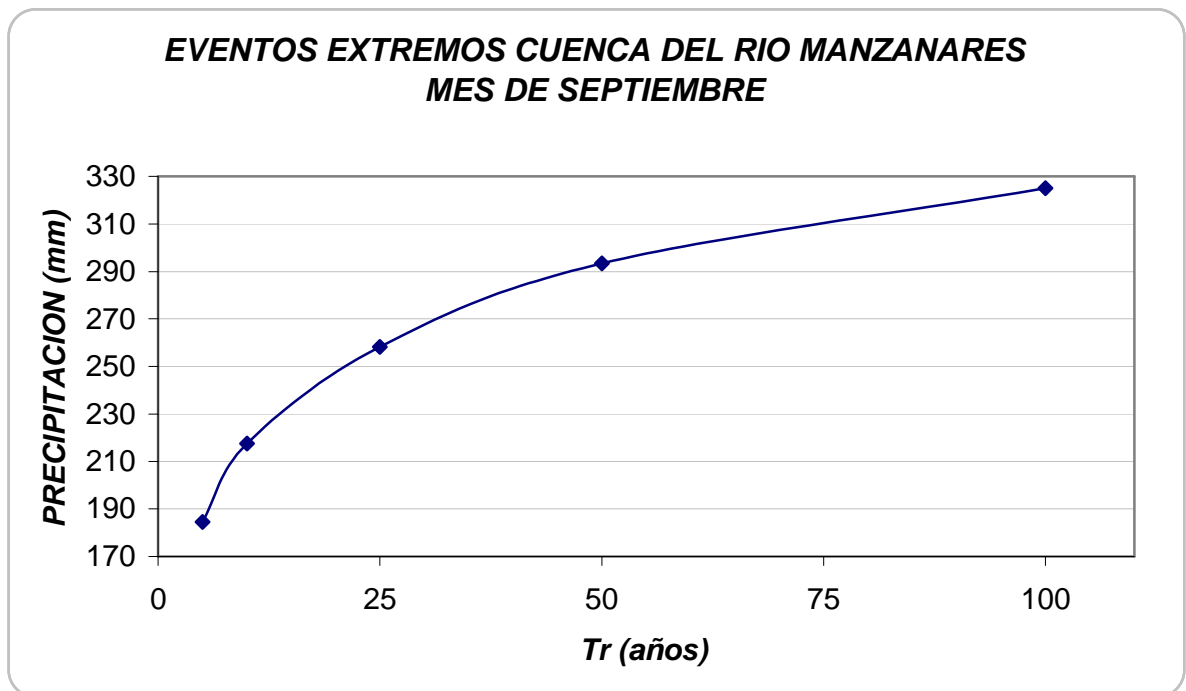


Grafico 24, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Agosto

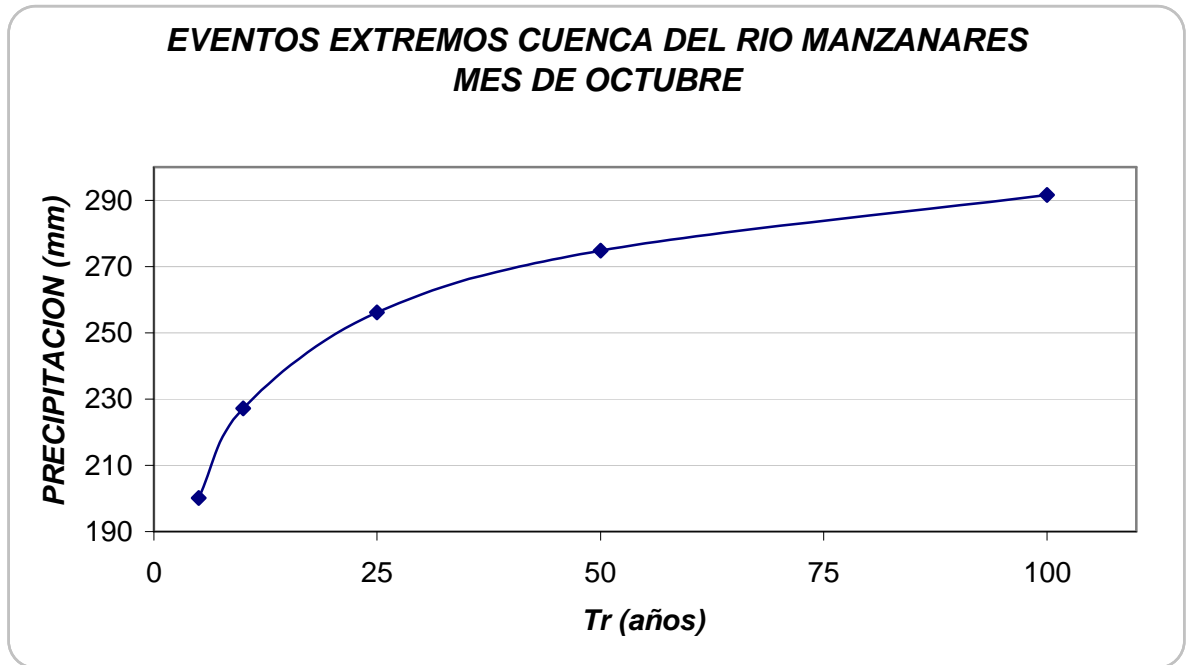


Grafico 25, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Octubre

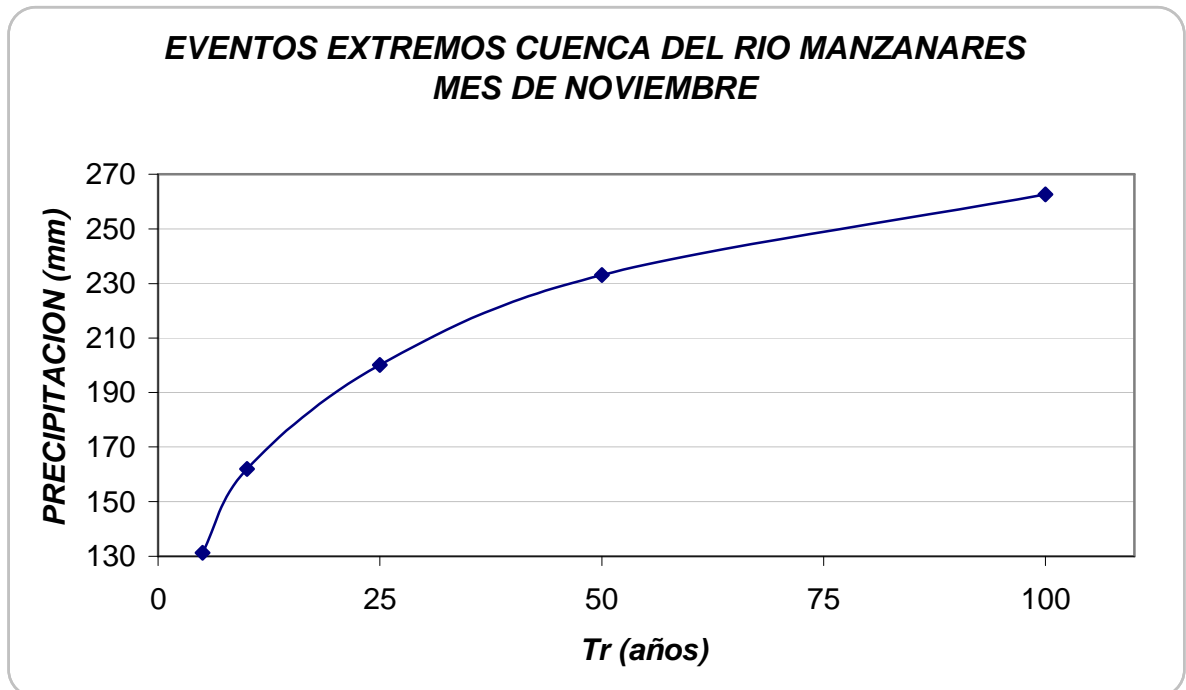


Grafico 26, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Noviembre

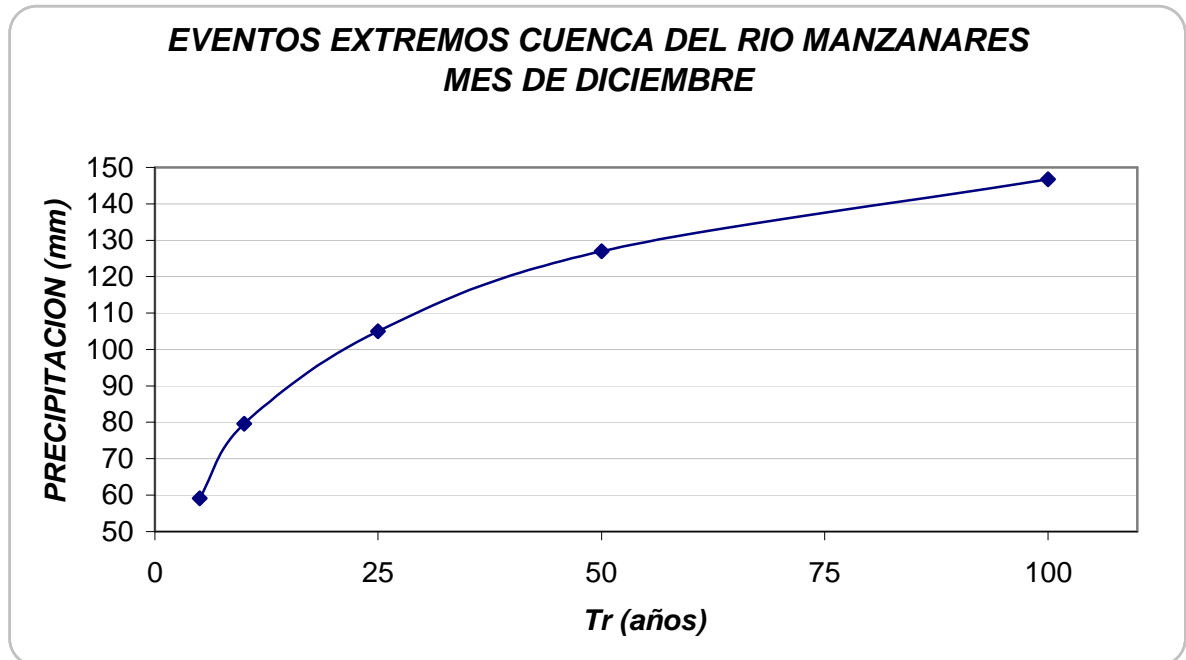


Grafico 27, Eventos extremos Cuenca del Río Manzanares Mes de Diciembre

Las siguientes ecuaciones representan las líneas de tendencia que mas se ajusta a las curvas que trazan los eventos extremos:

MES	ECUACION	R <sup>2</sup>
<b>ENERO</b>	$y = 12,098\text{Ln}(x) - 7,2176$	0,9999
<b>FEBRERO</b>	$y = 3,9796\text{Ln}(x) - 0,6207$	0,9998
<b>MARZO</b>	$y = 7,8568\text{Ln}(x) - 1,7347$	0,9999
<b>ABRIL</b>	$y = 15,481\text{Ln}(x) + 42,527$	0,9921
<b>MAYO</b>	$y = 52,779\text{Ln}(x) + 52,611$	0,9997
<b>JUNIO</b>	$y = 52,779\text{Ln}(x) + 52,611$	0,9997
<b>JULIO</b>	$y = 27,268\text{Ln}(x) + 94,831$	0,9921
<b>AGOSTO</b>	$y = 56,836\text{Ln}(x) + 75,498$	0,9997
<b>SEPTIEMBRE</b>	$y = 46,922\text{Ln}(x) + 108,85$	0,9997
<b>OCTUBRE</b>	$y = 30,396\text{Ln}(x) + 154,84$	0,9921
<b>NOVIEMBRE</b>	$y = 43,903\text{Ln}(x) + 60,418$	0,9997
<b>DICIEMBRE</b>	$y = 29,293\text{Ln}(x) + 11,823$	0,9997

Cuadro 14, Ecuaciones Línea de Tendencia curvas de eventos extremos cuenca Río Manzanares



## **9. PRECIPITACIÓN MEDIA SOBRE LA CUENCA**

*Este es un parámetro importante porque permite la determinación del balance hídrico o cuantificación de la lluvia en una hoya hidrográfica para un intervalo de tiempo específico estimando un valor promedio de la cantidad de agua que cae sobre una cuenca en particular.*

### **9.1 LLUVIA MEDIA**

*La altura de lluvia que cae en un sitio dado, difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos. Los aparatos como el pluviógrafo y el pluviómetro registran la lluvia puntual, es decir, la que se produce en el punto en que está instalado el aparato y, para los cálculos ingenieriles es necesario conocer la lluvia media en una zona dada, como puede ser una cuenca o un espacio determinado de terreno sobre el cual se piensa trabajar. Para calcular la lluvia media existen el método de los polígonos de Thiessen, el método aritmético, y el método de las isoyetas, los cuales describimos a continuación:*

**9.1.1. Método Aritmético:** *El método aritmético es el más simple de todos, pero no toma en cuenta la distribución de las estaciones en la cuenca ni la manera en que se distribuye la lluvia en el espacio, debido a que le asigna el mismo peso a todas las alturas de precipitación registradas; por ello es útil únicamente en zonas con topografía muy suave y condiciones atmosféricas muy uniformes.*

**9.1.2 Método de las isoyetas:** *Este método consiste en trazar líneas de igual altura de precipitación llamadas isoyetas de una forma muy parecida a como se trazan las curvas de nivel en topografía, usando las medidas de los pluviómetros e interpolando entre pluviómetros adyacentes. Por lo tanto, este método es*



adecuado cuando hay una red densa de pluviómetro para el trazado de isoyetas de forma fiable. Tiene la ventaja de que es flexible, ya que el conocimiento de los patrones de tormenta puede influir en el trazado de las isoyetas, el método en si es sencillo y solo hay que calcular el área encerrada entre cada par de isoyetas y multiplicarla por la altura de lluvia media entre las dos isoyetas que encierran el área para luego calcular el valor promedio entre todas las alturas de precipitación de la cuenca.

**9.1.3 Método de los polígonos de Thiessen:** El método de los polígonos de Thiessen tiene en cuenta la distribución de las estaciones en el área de la cuenca y aunque no toma en cuenta los factores topográficos y de otro tipo que afectan la distribución de la lluvia, este método es más conveniente que el de las isoyetas desde el punto de vista práctico, para cálculos repetitivos cuando se analiza una gran cantidad de tormentas, pues los polígonos no cambian a menos que se agreguen o se eliminen estaciones. Además para usar el método de las isoyetas se debe contar con una red densa de pluviómetros, para que sea mínimo el error cometido en la estimación de la precipitación media.

Para el efecto del presente estudio se usará el método de los polígonos de Thiessen para calcular la lluvia media de la cuenca del Río Manzanares, La cual se determino de la siguiente manera:

- ❖ se unieron, mediante líneas rectas dibujadas en un plano de la cuenca, las cinco (5) estaciones representativas de la cuenca del Río Manzanares. Con ello se forman triángulos en cuyos vértices están las estaciones pluviométricas.
- ❖ Se trazaron líneas rectas que bisectan los lados de los triángulos, las cuales convergerán en un solo punto.





- ❖ Cada estación pluviométrica quedará rodeada por las líneas rectas del paso anterior que forman los polígonos de Thiessen y quedan cerrados por la divisoria de la cuenca. El área encerrada por los polígonos de Thiessen y la divisoria de la cuenca será el área de influencia de la estación correspondiente.
- ❖ La lluvia media se calcula como un promedio de las precipitaciones registradas en cada estación, usando el área de influencia correspondiente.

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times P_i)}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$n$ : Numero de Aparatos Pluviométricos

$A_i$ : Área de Influencia de la Estación  $i$

$A_T$ : Área Total de la Cuenca

$P_i$ : Precipitación Registrada en la Estación  $i$

$\bar{P}$ : Es la Lluvia Media en la Cuenca

En el cuadro siguiente se relacionan cada una de las estaciones con sus áreas de influencia

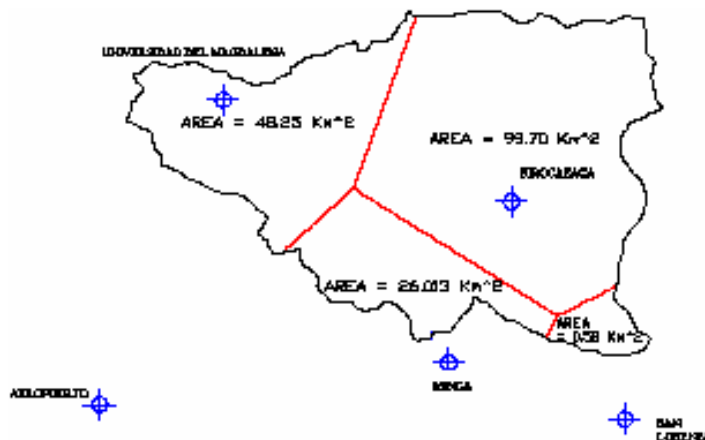


Grafico 28. Triangulación de las estaciones





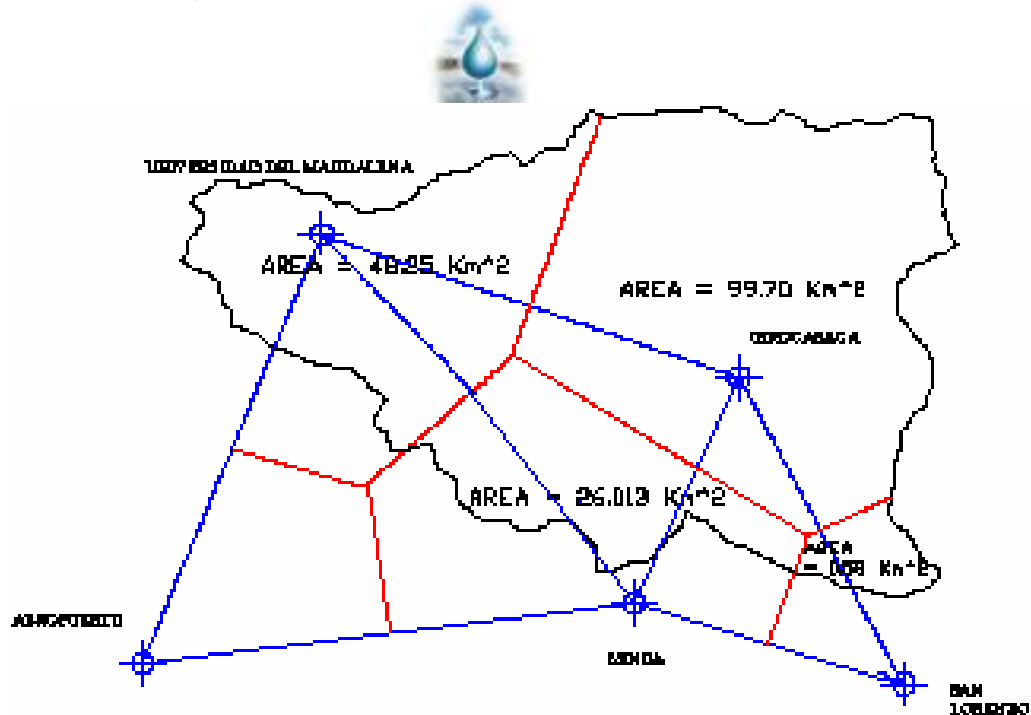


Grafico 29. Polígonos de Thiessen, Área de Influencia, Cuenca Río Manzanares

En este cuadro se destaca según los polígonos obtenidos, que la estación que mas área de influencia relaciona es la estación **Jirocasaca** con un área de  $99.70 \text{ Km}^2$ , de igual forma se puede destacar que la estación **Aeropuerto Simón Bolívar** no tiene área de influencia en la cuenca para el método de los polígonos de Thiessen. De esta manera se obtuvo una precipitación media de la cuenca con un valor de  $75.06 \text{ mm}$ .

## 10. GENESIS DE LA LLUVIA EN COLOMBIA

Se presentan en Colombia principalmente cuatro tipos de precipitación:

- ❖ **Tipo Orográfico:** Este tipo de lluvia es originada por el ascenso de las masas de aire al encontrar obstáculos como las montañas. Generalmente en el territorio colombiano el aire proveniente del Atlántico, no solamente produce lluvias en la llanura caribe, sino que remonta muchas veces los





valles de algunos ríos, lo cual origina fuertes chaparrones en el centro y norte de la región andina.

- ❖ **Tipo convectivo:** Causada por el fuerte calentamiento de la superficie terrestre debido a la radiación solar, generalmente con días de poca nubosidad y alto contenido de humedad en la atmósfera. Así como en el tipo ortográfico la cantidad de lluvia es alta pero muy localizada. Los daños derivados de tormentas de este tipo son causados en la mayoría de los casos por fuertes vientos relacionados con ellas.
- ❖ **Zona de confluencia Intertropical:** La zona donde los vientos alisios del **NE** y **SE** confluyen en el hemisferio, se llama zona de confluencia Intertropical. A esta franja es adonde llegan las corrientes de aire calido y húmedo provenientes de los grandes cinturones de altas presiones del caribe. Estos cinturones están situados en la zona subtropical de los hemisferios norte y sur, dando origen a la formación de grandes masa nubosas y abundantes precipitaciones.
- ❖ **Ciclones Tropicales:** es el fenómeno meteorológico más peligroso en los trópicos. Este se puede apreciar a través de imágenes de satélite como una configuración nubosa de apariencia redonda u ovalada con diámetro aproximado de 400 a 500 Km. Este se mueve alrededor de un eje central a manera de un trompo que se mueve lentamente.

### **10.1. ABASTECIMIENTO DE AGUA POR CIUDADES CAPITALES**

El concepto de “**cuencas municipales**” es poco estudiado en Colombia como un reflejo de la misma situación en América Latina. Podría aplicarse con éxito en regiones cuyas poblaciones usan prioritariamente el agua proveniente de determinadas cuencas para satisfacer sus necesidades múltiples de agua potable





y para recreación y que, por lo tanto tienen la responsabilidad de manejarlas y conservarlas.

Es preciso delimitar cuidadosamente el área en que se ejercerá control sobre la captación, el uso y la posterior evacuación del agua. Los municipios no pueden dejar de lado el manejo de las zonas de donde proviene el agua que consumen las cuencas de captación cuyo fin primordial sea abastecer de agua a una población urbana deban recibir un tratamiento especial, y por consiguiente estar sujetas a regulaciones especiales.

## **11 ESCORRENTÍA SUPERFICIAL**

### **11.1 LA ESCORRENTIA EN COLOMBIA**

La escorrentía es la parte del ciclo hidrológico comprendido entre la caída de la precipitación sobre la superficie terrestre y el posterior desagüe por los cursos de agua o el retorno directo a la atmósfera por la evapotranspiración.

Colombia como consecuencia de la alta precipitación en la mayor parte de su territorio y otros factores como topografía y geología, posee una densa red hidrográfica de mas de 700000 microcuencas Físicamente definidas, entendiéndose por microcuencas aquellas con una superficie no mayor de 10 Km<sup>2</sup>; de esta forma Colombia se convierte en uno de los países que posee mayor abundancia de recursos hídricos en el mundo.

Dicho escurrimiento está repartido en cinco grandes regiones hidrográficas a saber:





- ❖ *Región hidrográfica del Caribe 15430 m<sup>3</sup>/seg.*
- ❖ *Región hidrográfica del Pacífico 6903m<sup>3</sup>/seg.*
- ❖ *Región hidrográfica del Catatumbo 427m<sup>3</sup>/seg.*
- ❖ *Región hidrográfica de la Orinoquía 21399 m<sup>3</sup>/seg.*
- ❖ *Región hidrográfica de la Amazonia 22185 m<sup>3</sup>/seg.*

## **11.2 INFILTRACIÓN**

*La infiltración es el proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. Los factores que influyen en la tasa de infiltración son:*

- ❖ *El estado de la superficie del suelo.*
- ❖ *El estado de la cubierta vegetal.*
- ❖ *Las propiedades del suelo: porosidad y conductividad hidráulica.*
- ❖ *El contenido de humedad presente en el suelo.*

*Estratos de suelo con diferentes propiedades físicas pueden estar situados unos sobre otros formando horizontes. Además, los suelos presentan una gran variedad espacial, incluso en pequeñas áreas.*

## **11.3 MÉTODO DEL SCS PARA INFILTRACIÓN**

*Este método ha sido desarrollado por el **SCS** Soil Conservation Service de los Estados Unidos de América (1972). Este método utiliza el número de curva de escorrentía, CN, para calcular las pérdidas de la precipitación de una tormenta, las cuales incluyen la interceptación, la detención superficial y la infiltración. Los conceptos generales utilizados en este método son los de considerar que la precipitación efectiva,  $P_e$ , es siempre menor o a lo sumo igual que la precipitación total,  $P$ , que la retención acumulada,  $F_a$ , es siempre menor o a lo sumo igual que*





la retención potencial máxima,  $S$ , y que la escorrentía potencial, es decir, el máximo volumen de agua que puede convertirse en escorrentía es  $P-I_a$ .

La hipótesis fundamental del método es la validez de la siguiente relación:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a}$$

Teniendo en cuenta el principio de continuidad se representan las variables que intervienen en el método SCS:

$$P = P_e + I_a + F_a$$

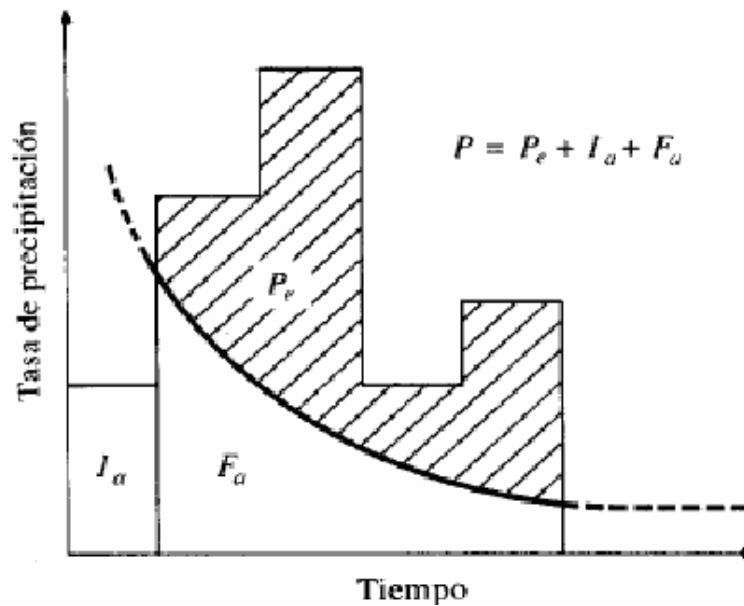


Gráfico 30, .tasa de Precipitación versus tiempo.

Combinando las formulas anteriores y resolviendo para  $P_e$ , se obtiene la siguiente ecuación:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$





La cual es la ecuación básica para el cálculo de la profundidad del exceso de precipitación o escorrentía directa de una tormenta.

Al estudiar los resultados obtenidos para muchas cuencas experimentales se desarrolló una relación empírica en la que se encontró que:

$$I_a = 0.2 * S$$

Con lo cual se tiene la siguiente ecuación:

$$P_e = \frac{(P - 0.2 * S)^2}{P + 0.8 * S}$$

El SCS analizó también la relación entre  $P$  y  $P_e$  para muchas cuencas y encontró curvas que son función del tipo de superficie de las cuencas. Para estandarizarlas definió el número de curva, **CN**, tal que  $0 \leq \text{CN} \leq 100$ .

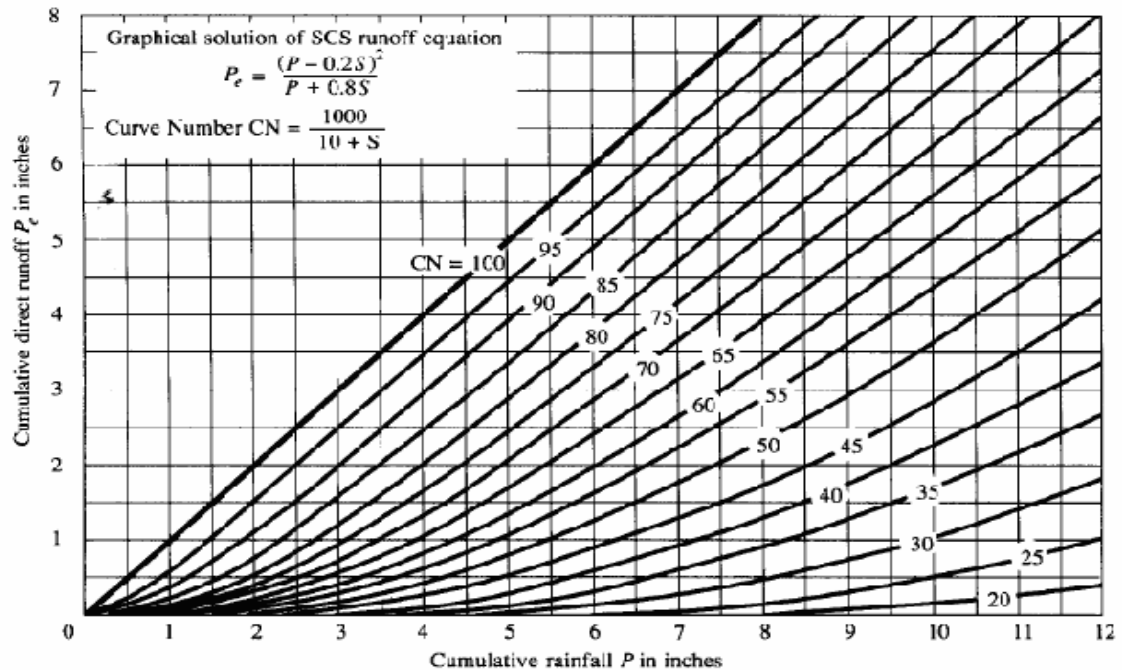


Grafico 31. Calculo de la precipitación efectiva método SCS.





Para las superficies impermeables y superficies de agua les corresponde un **CN** igual a 100, ya que toda el agua que cae en ellas se convierte en escorrentía. Para las superficies naturales, en general permeables, el **CN** será menor que 100.

Puede calcularse **S** en función del **CN** a través de las siguientes ecuaciones, según se utilice el sistema de medidas inglesas o internacional, respectivamente:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10(Pu \text{ lg})$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254(mm)$$

#### 11.4 Clasificación Hidrológica de los Suelos

Describe el tipo de suelo y los grupos hidrológicos en los que se pueden dividir los suelos, para la estimación de la escorrentía a partir de la precipitación que conforma el área de drenaje de la cuenca según la Soil Conservation Service (Número de Curva CN).

Los números de curva han sido tabulados por el SCS con base en tipo de suelo y el uso de la tierra, para la cual se definen cuatro grupos hidrológicos del suelo que se relacionan a continuación:

<b>Grupo A</b>	Arenas con poco limo y arcilla.
<b>Grupo B</b>	Arenas finas y limos.
<b>Grupo C</b>	Arenas muy finas, limos, suelos con alto contenido de arcilla.
<b>Grupo D</b>	Arcillas en grandes cantidades; suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana; suelos muy impermeables.

Cuadro 15. Grupos de suelos





### **11.5 Uso y tratamiento del suelo:**

*En la tabla 4. Se presenta la distribución de los usos de los suelos correspondiente al 36.3% del total de los predios de la cuenca. Los bosques ocupan el 40.25% del área; la sigue en importancia los rastrojos en un 30%; los pastos en un 16%; los cultivos permanente con un 13%, cultivos transitorios en un 0.72% y otras áreas en un 0.03%. En el área de los cultivos transitorios, el maíz ocupa el 23.42% y la yuca 16.55%; el frijol y el tomate solo representa el 9.13% de la superficie. Entre los cultivos permanentes sobresale el café con el 85.81% le siguen los frutales que cubren el 12.99% y el banano y el cacao con 1.2%. En el área de los pastos ocupa el 16.28% del total de la cobertura vegetal registrada en los predios encuestados. Las especies FARAGUA y KIKUYO y YARAGUÁ son las gramíneas más importantes que manejan los campesinos para la producción pecuaria.*

*Para el manejo o tratamiento del Suelo existe una práctica muy tradicional entre los campesinos asentados en la cuenca, como es la quema utilizada para adecuar áreas determinadas con fines de establecer cultivos agrícolas y pecuarios. Generalmente es considerado útil por los agricultores debido a los resultados aparentes alcanzados ya que rebaja los costos de limpieza y puede aumentar los porcentajes de nutrientes en el suelo por el porcentaje de cenizas con alto contenido Ca, Mg, K, Na. Las quemas pueden producir inicialmente buenas cosechas pero posteriormente generan el aumento de escorrentía, efecto negativo para el suelo, pues el arrastre de materiales en la superficie da comienzo a su degradación progresiva. El uso y manejo inadecuado dado a los suelos en la cuenca ha traído como consecuencia un preocupante proceso erosivo. La ganadería, cultivos transitorios, la utilización de agroquímicos en áreas de cultivos ilícitos son actividades que han afectado el equilibrio ecológico de la cuenca.*







CULTIVOS	ÁREA (HA)	%	GRADO DE PROTECCION
<b>Cultivos transitorios</b>	67	0.8	Malo
<b>Cultivos permanentes (café, plátanos, etc.)</b>	1.143	13.0	Bueno
<b>Pastos</b>	1.399	16.0	Malo
<b>Rastrojos</b>	2.531	30.0	Regular
<b>Bosques*</b>	3.448	40.2	Bueno
<b>TOTAL</b>	8.588	100	

Cuadro 16. Uso actual de los suelos (36.3% del total de los predios)

Reserva forestal de mas de 700 ha (Jirocasaca – INDERENA).

Fue posible obtener esta información a partir del proyecto de grado “**Río Manzanares, Recuperación Fluvial e Integral y Propuesta de Manejo en su Zona baja y Urbana**”, desarrollada por **Marlloy Ribón Montenegro y Danilo Rodríguez Correa**. Además se visitaron entidades dedicadas a esta tarea tales como el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), Comité de Cafeteros del Magdalena, de las cuales solo pudimos obtener información de este último ya que el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) no contaba con la información requerida para este proyecto.

Del documento **Río Manzanares, Recuperación Fluvial e Integral y Propuesta de Manejo en su Zona baja y Urbana** y Consultando los archivos del Comité de Cafeteros del Magdalena encontramos que el total de fincas cafeteras en el departamentos es de 458 de las cuales 26 se encuentran dentro de la cuenca del Río Manzanares, abarcando un área de 964.08 Ha la cual corresponde al 17.42% del área total cultivada de café en el departamento.

Un 70% del total de área cultivada en la región de Santa Marta es de tipo tradicional y el 30% restante es de tipo tecnificado. Por otra parte los trabajadores de las fincas también cultivan de 2 a 3 Ha de pan coger tales como hortalizas, legumbres y tubérculos para su consumo propio.





## **11.6 Cobertura Vegetal**

*La vegetación natural de la cuenca hidrográfica del Río Manzanares fue alterada aproximadamente en un 70%, ocasionándose un desequilibrio ecológico y un deterioro a los recursos naturales, más aún con la implementación de usos y manejos inadecuados en la mayor parte de los suelos deforestados.*

*En la parte baja el área de la cuenca se ha desarrollado el complejo turístico de la ciudad de Santa Marta y corregimientos aledaños; en el resto del área, por el déficit de agua existente no se ha podido implementar una agricultura de alta rentabilidad a pesar de la óptima calidad de sus suelos. Sin embargo, se aprecia en algunos sectores el pastoreo con ganadería extensiva y cabras, como también pequeños árboles frutales. En las colinas, los suelos desde el punto de vista agropecuario son totalmente improductivos. Estos suelos sostienen una vegetación xerofítica, donde juega un papel predominante la familia de las cactáceas. El estrato inferior constituido por herbáceas que permanecen, muchos de ellos, en estado latente durante el verano, en este sector predominando las cactáceas conocidas como piñuelas.*

*A partir del piedemonte y hasta la línea divisoria de la cuenca se ha desarrollado actividades agropecuarias; destacándose la ganadería extensiva sin ninguna práctica de conservación de suelos con la utilización de quemadas continuas e indiscriminadas, lo que ha propiciado a través de los biomas de bosques a sabanas en la parte baja y media baja de la cuenca; también se ha afectado la sucesión secundaria por el ramoneo del ganado en épocas de verano; además de la alteración de la estructura de los suelos por el sobre pastoreo.*





Últimamente, la ganadería vacuna se ha concentrado en la parte media y baja, encontrándose en la parte alta el ganado equino utilizada para el transporte de la cosecha cafetera. Entre los pastos utilizados se encuentran:

**Pasto de pastoreo:**

	<b>Nombre Científico</b>
❖ Jaragua	<i>Hypharhenia Xuxa</i>
❖ Guinea	<i>Paricum Maximum</i>
❖ Yaraguá	<i>Milenis Minutiflora</i>
❖ Kikuyo	<i>Pennisetum Clandestinum</i>
❖ Pangola	<i>Digitaria Dicumbens</i>
❖ Admirable	<i>Panicum Pucuracem</i>

**Pasto de corte:**

❖ Elefante	<i>Pennisetum Pupureum</i>
❖ King-grass	<i>Paricum Dicumbens</i>

El principal producto de cosecha es el Café (Cofean Árabe) tradicional con sombrero, últimamente se ha plantado pequeñas áreas con Café tecnificado. Esta asociación denominada como bosque cafetero presenta una buena protección de los suelos contra el impacto de las gotas de lluvia y la escorrentía difusa superficial por su conformación multiestrato (Guamo, Café, Pasto u Hojarasca). También se siembra el cultivo de Pancoger como Yuca (*Manihot sp*), Maíz (*Zea Maíz*), Fríjol (*Phaseolus Vulgaris*), Tomate (*Lipericum esculentus*), Cebolla en rama, Remolacha, Zanahoria y otros.

En otras áreas los suelos son susceptibles a la erosión y a las fuertes pendientes, por lo que se pierden constantemente, en áreas relativamente grandes, parte de los horizontes orgánicos de suelos y con ellos la capacidad de sostenibilidad de la





producción de los mismos. Los frutales mas importantes que se encuentran en la zona son:

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre Científico</b>
❖ Cacao	<i>Theobroma Cacao</i>
❖ Plátano	<i>Musa Sapientum</i>
❖ Coco	<i>Cocus Nucifera</i>
❖ Guanábana	<i>Annona Muricata</i>
❖ Zapote	<i>Matricia Cordata</i>
❖ Papaya	<i>Carica Papaya</i>
❖ Guayaba	<i>Psidium Guajaba</i>
❖ Cítricos	<i>Citrus sp</i>
❖ Tamarindo	<i>Tamarindus Indica</i>
❖ Marañón	<i>Anacardium Occidentale</i>
❖ Pomarroso	<i>Eugenia Jambos</i>
❖ Banano	<i>Musa Paradisiaca</i>
❖ Mango	<i>Mangifera Indica</i>
❖ Aguacate	<i>Percia Americano</i>
❖ Níspero	<i>Manilkara Zapote</i>

La caña de azúcar continua siendo un cultivo tradicional para el consumo domestico. Para el análisis de la vegetación natural se han identificado las formaciones vegetales que cubre el rango latitudinal de la cuenca desde 0 – 2350 m.s.n.m., condicionados a las relaciones edáficas y Climáticas.



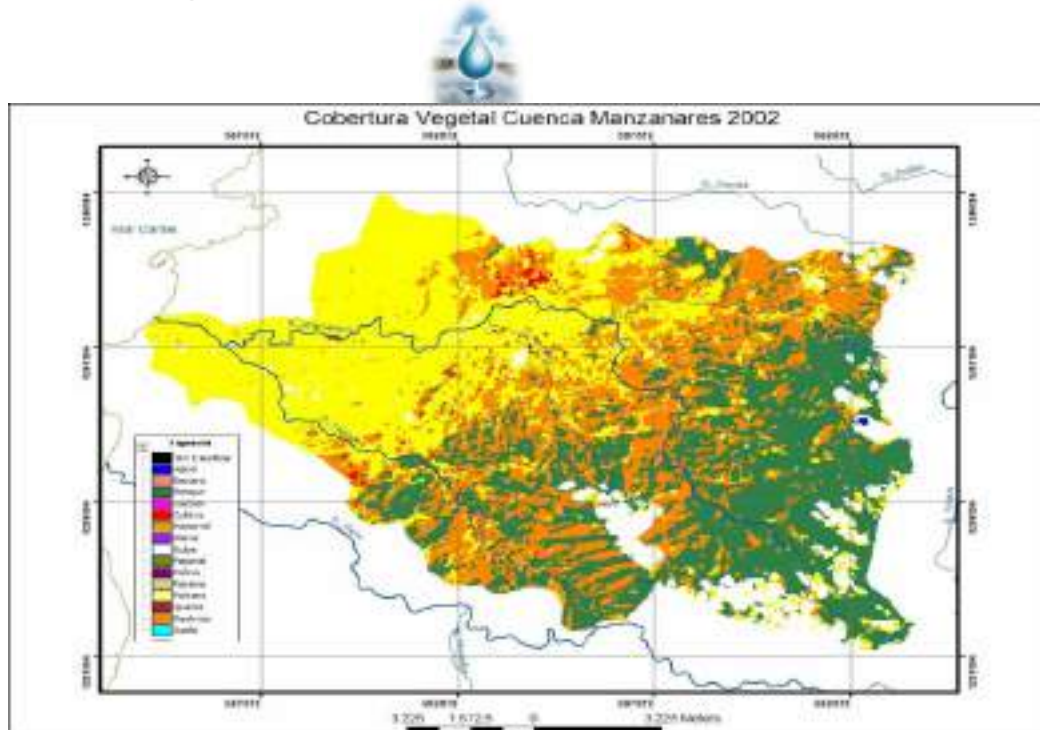


Grafico 32. Vegetación en la cuenca Manzanares. Fuente Pro-sierra

### 11.7 Condiciones de la Superficie del Terreno

Esta hace referencia a la capacidad que tiene la superficie del terreno de la cuenca para aumentar o impedir la escorrentía directa durante su proceso.

**11.7.1 Condiciones Antecedentes de Humedad:** Para determinar las Condiciones Antecedentes de Humedad se tiene en cuenta la historia reciente de la precipitación por tanto es una medida de la cantidad de precipitación almacenada por la cuenca, de tal manera que se puede clasificar de tres tipos de la siguiente manera **AMC II** para condiciones normales, **AMC I** para condiciones secas y **AMC III** para condiciones húmedas. Para las condiciones del desarrollo de este proyecto se usó una condición de humedad antecedente para condiciones normales es decir una **AMC II** de acuerdo con el criterio del SCS del tipo de condición antecedente de humedad a escoger de acuerdo al enfoque del proyecto.





<b>Condiciones de humedad antecedente: En base a la lluvia anterior de 5 a 30 días.</b>		
<b>AMC I</b>	Suelo seco	No aplicable a crecida de proyecto. Caudales chicos
<b>AMC II</b>	Suelo medio	Asociado a crecidas anuales o promedios
<b>AMC III</b>	Suelo húmedo	Crecidas máximas. Caudales grandes

Cuadro 17. AMC de acuerdo al enfoque del proyecto según el united states SCS

<b>Zona Baja y Urbana</b>				
<b>Tipo de Cobertura</b>	<b>área (Km2)</b>	<b>%área Total</b>	<b>CN</b>	<b>Área*CN</b>
Potrero -	39,04	22,41	89	3474,15
Residencial -	10,93	6,28	90	983,7
Cultivo -	0,80	0,46	81	64,8205
Rastrojo -	2,40	1,38	83	199,565
<b>Zona Alta</b>				
<b>Tipo de Cobertura</b>	<b>área (Km2)</b>	<b>%área Total</b>	<b>CN</b>	<b>Área*CN</b>
Potrero -	7,21	4,14	80	577,164
Residencial -	0	0,00	0	0
Cultivo -	2,34	1,34	91	212,783
Rastrojo -	42,73	24,54	83	3546,82
Bosque -	48,94	28,10	77	3768,67

Cuadro18. Calculo Del CN para la cuenca del Río Manzanares

$$CN_{ponderado} = \frac{\sum CN * \%}{\sum \%} = \frac{7366}{100} = 73.66$$





<i>Uso del Suelo</i>		<i>Grupo Hidrológico del Suelo</i>				
		A	B	C	D	
Tierras cultivadas	con tratamiento de conservación	72	81	88	91	
	sin tratamiento de conservación	62	71	78	81	
Pastizales	Condición pobre	68	79	86	89	
	Condición buena	39	61	74	80	
Praderas		30	58	71	78	
Bosques	Cubierta pobre	45	66	77	83	
	Cubierta buena	25	55	70	77	
Espacios abiertos: con césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	Buena condición: cubierta de pastos sobre más del 75% del área	39	61	74	80	
	Condición aceptable: cubierta de pastos sobre el 50 a 75% del área	49	69	79	84	
Áreas comerciales y de tiendas (85% impermeable)		89	92	94	95	
Zonas industriales (75% impermeable)		81	88	91	93	
Zonas Residenciales	Tamaño medio de la parcela (m <sup>2</sup> )	Promedio de % impermeable				
	500	65	77	85	90	92
	1000	38	61	75	83	87
	1350	30	57	72	81	86
	2000	25	54	70	80	85
Tejados, parkings, superficies impermeables en general	4000	20	51	68	79	84
			98	98	98	98
	Calles y carreteras	Pavimentadas, con bordillos y bocas de tormenta	98	98	98	98
		De grava	76	85	89	91
De tierra		72	82	87	89	

Cuadro 19. CN en función del uso del suelo y del grupo hidrológico del suelo para AMC II







## 12. CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN FRECUENCIA (I-D-F):

Uno de los métodos más difundidos para determinar el evento o los eventos de lluvia crítica, que deben usarse para el análisis de crecientes, es determinar la relación entre la intensidad de lluvia (profundidad), la duración y la frecuencia o períodos de retorno conocidas como curvas I-D-F, la matriz de datos utilizados corresponde a intensidades máximas de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 540.

El estudio consiste en muestreo sobre los pluviogramas en las cinco estaciones pluviométricas ya señaladas, con el fin de obtener las intensidades máximas registradas en cada año para las duraciones ya descritas. Luego de llevar los datos extraídos a intensidades horarias, se ajustó una función de probabilidad para eventos extremos con base en los resultados de las prueba de bondad de ajuste. Una vez realizado el ajuste se construyeron las curvas **I-D-F** para los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años.

Con lo obtenido anteriormente se construyeron las tablas de uso práctico, las cuales permite extrapolar las curvas a zonas cercanas con regimenes climáticos similares y que solo cuentan con información pluviométrica. Además, fue posible determinar expresiones matemáticas generales para las curvas **I-D-F**, en cada estación de la siguiente forma:

$$I = \frac{(K * T^m)}{d^n}$$

Donde;

**I:** Representa la Intensidad de precipitación en mm/h

**T:** Corresponde al periodo de retorno en años

**D:** Es la duración de las precipitaciones en minutos







**K, m y n:** Son constantes de regresión

Finalmente se realizó un análisis gráfico de las curvas intensidad duración frecuencia (**I-D-F**) Mes a Mes para cada periodo retorno y para cada una de las cinco (5) estaciones las cuales se relacionan en los gráficos de los anexos No 9 que hacen parte de este documento.

### **13. HIDROGRAMA**

Hallar las relaciones lluvia - escorrentía sobre el área de una cuenca con el fin de calcular caudales en ríos o quebradas es un problema fundamental para la hidrología. En la mayoría de países no se cuenta con una información de caudales lo suficientemente amplia, a pesar de ser esta información necesaria para el diseño de diversas estructuras civiles. Esta situación ha llevado a desarrollar diversas metodologías para el cálculo de relaciones lluvia – escorrentía por medio de las cuales se hace la estimación de los caudales de diseño.

Existe en la literatura muchos métodos para la estimación de la relación lluvia – escorrentía entre los cuales se destaca el de los hidrográmas unitarios el cual a su vez a sido desarrollado por muchos autores entre los cuales por su gran aplicación a las zonas intertropicales como nuestra región, para el presente estudio hemos trabajado el método de Willians y Hann conocido como el **Hidrográma Unitario Adimensional de Willians y Hann**

#### **13.1 HIDROGRÁMA UNITARIO ADIMENSIONAL DE WILLIANS Y HANN**

El Hidrográma Unitario Sintético desarrollado por Willians y Hann puede expresarse en forma adimensional, dividiendo las abscisas y las ordenadas por el





tiempo al pico  $t_p$  y el caudal pico,  $U_p$  respectivamente, aunque también pueden aplicarse con unidades de caudal  $U$  y tiempo  $t$ . Las ecuaciones propuestas por Williams y Hann para la determinación de la forma de su Hidrográma Unitario Sintético son las siguientes:

$$U = U_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{n-1} \exp \left[ (1-n) \left( \frac{t}{T_p} - 1 \right) \right] \quad \text{para } t \leq t_0$$

$$U = U_0 \exp \left( \frac{t_0 - t}{K} \right) \quad \text{para } t_0 < t \leq t_1$$

$$U = U_1 \exp \left( \frac{t_1 - t}{3K} \right) \quad \text{para } t > t_1$$

Según las tres ecuaciones anteriores el Hidrográma Unitario Sintético de Williams y Hann queda bien determinado de la siguiente manera: la primer ecuación es aplicable a la curva de concentración, es decir, hasta el punto de inflexión  $t_0$ , de la rama decreciente (ver Figura 18). La segunda y tercer ecuación conforma la curva de recesión. La segunda ecuación sólo es válida entre los puntos  $t_0$  y  $t_1$ , los cuales están separados una distancia igual a dos veces la constante de recesión ( $2K$ ).



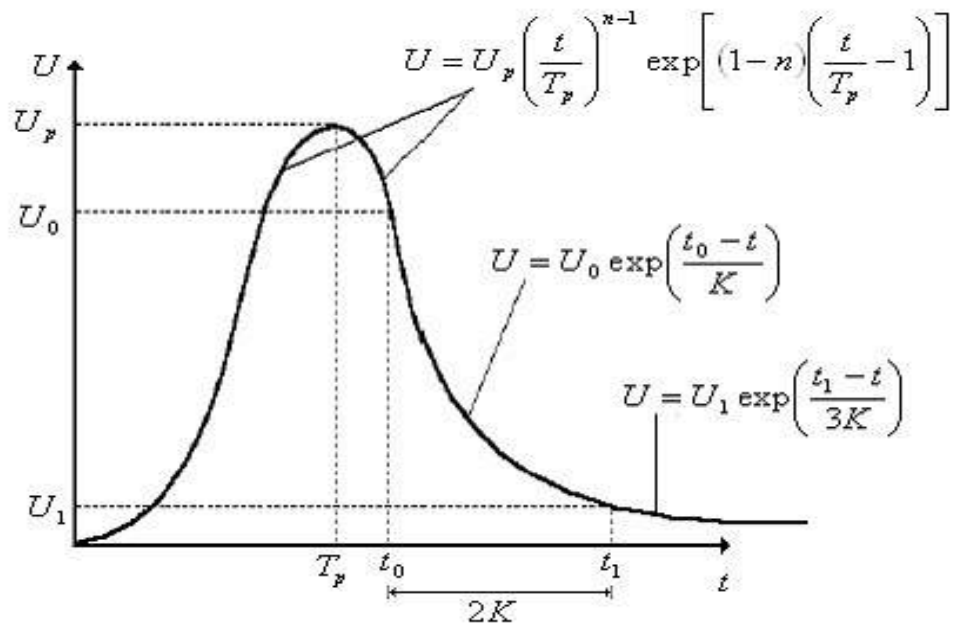


Grafico 33, Hidrográma Unitario Adimensional De Williams Y Hann

**13.1.1 Parámetros K Y  $T_p$  Del Modelo:** En el modelo de Williams y Hann, los parámetros  $K$  y  $T_p$  fueron determinados mediante análisis de regresión, realizados sobre una muestra de 34 cuencas localizadas en diversos lugares de los EE.UU., cuyas áreas oscilan entre 0.5 y 25 millas cuadradas. Dichos análisis arrojaron como resultado las siguientes ecuaciones:

$$K = 27.0 \times A_c^{0.231} \times S_{cp}^{-0.777} \times \left(\frac{L_c}{W_c}\right)^{0.124}$$

$$T_p = 4.63 \times A_c^{0.422} \times S_{cp}^{-0.46} \times \left(\frac{L_c}{W_c}\right)^{0.133}$$





Donde:

$A_c$ : área de la cuenca en  $mi^2$

$S_{cp}$ : pendiente media del canal principal en pies/milla

$L_c/W_c$ : relación largo ancho de la cuenca

$K$ : constante de recesión en horas

$T_p$ : tiempo al pico en horas.

**13.1.2 Tiempos y Parámetros.** La determinación de los tiempos  $t_0$  y  $t_1$  y de los parámetros  $n$  y  $B$  es necesaria para la obtención del Hidrograma Unitario Sintético. Estos tiempos y parámetros fueron deducidos por Williams y Hann; las expresiones obtenidas son las siguientes:

$$t_0 = T_p \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{n-1}} \right)$$

El punto  $t_1$  está localizado a una distancia igual a dos veces la constante de recesión de la cuenca ( $2K$ ), contada a partir de  $t_0$ , es decir:

$$t_1 = t_0 + 2K$$

En la literatura,  $n$  es conocido como el parámetro de forma del Hidrograma Unitario Sintético de Williams y Hann, y se puede encontrar con la siguiente expresión:

$$n = 1 + \left[ \frac{T_p}{2K} + \sqrt{\left( \frac{T_p^2}{4K^2} + \frac{T_p}{K} \right)} \right]^2$$





El coeficiente  $B$  actúa más como un parámetro de conversión de unidades que como un parámetro de significado físico. Se puede hallar resolviendo numéricamente una ecuación integral derivada por Williams y Hann. Sin embargo, el valor de  $B$  también se puede encontrar gráficamente en función de  $K$  y  $T_p$  usando una gráfica desarrollada por los mismos autores (Ver Anexo 21). Existe igualmente una gráfica para determinar el valor de  $n$ , en función también de  $K$  y  $T_p$ , pero en este caso se recomienda mejor usar la siguiente ecuación. El caudal pico se calcula como:

$$U_p = \frac{B \times A_c}{T_p}$$

Donde:

$A_c$  : área de la cuenca en  $\text{mi}^2$

$T_p$  : tiempo al pico en horas

$B$ : parámetro de conversión

### 13.1.3 Construcción del Hidrográma Unitario Sintético de Williams y Hann:

Para construir el Hidrográma Unitario Sintético de Williams y Hann, se siguen los siguientes pasos:

- ❖ Se calculan las constantes de recesión  $K$  y el tiempo al pico  $T_p$
- ❖ Se calculan el parámetro  $n$  y el parámetro  $B$  usando el Anexo 21
- ❖ Se calculan el tiempo  $t_0$  y el tiempo  $t_1$
- ❖ Se calcula el caudal pico  $U_p$ , en  $\text{pie}^3/\text{s}$
- ❖ Se obtienen las ordenadas del Hidrográma Unitario Sintético  $U_t$  reemplazando cada abscisa  $t$  en las ecuaciones de  $U$





El Hidrográma Unitario Instantáneo calculado de esta forma, tiene dimensiones de  $\text{pie}^3/\text{s/pulg.}$  Para los caudales y de horas para los tiempos.

<b>L</b>	20,94 millas	33,5 Km.
<b>CN</b>	73,66	
<b>J</b>	383,1 pie/millas	0,073 m/m
<b>A</b>	68,18 millas <sup>2</sup>	174,54Km <sup>2</sup>
<b>Lc</b>	18,24 millas	29,19 Km.
<b>Wc</b>	3,74 millas	5,98 Km.
<b>Lc/Wc</b>	4,88	
<b>K</b>	0,86 hrs.	
<b>tp</b>	2,20 hrs.	
<b>tp/K</b>	2,57 hrs.	
<b>(tp/K)<sup>2</sup></b>	6,59	
<b>n</b>	12,14	
<b>B</b>	300	
<b>Up</b>	8673,20 Pie <sup>3</sup> /seg.	9,7 M <sup>3</sup> /seg.
<b>to</b>	2,86 hrs.	
<b>t1</b>	4,58 hrs.	

Cuadro 20. Datos para determinar el Hidrográma Unitario de la Cuenca del Río Manzanares

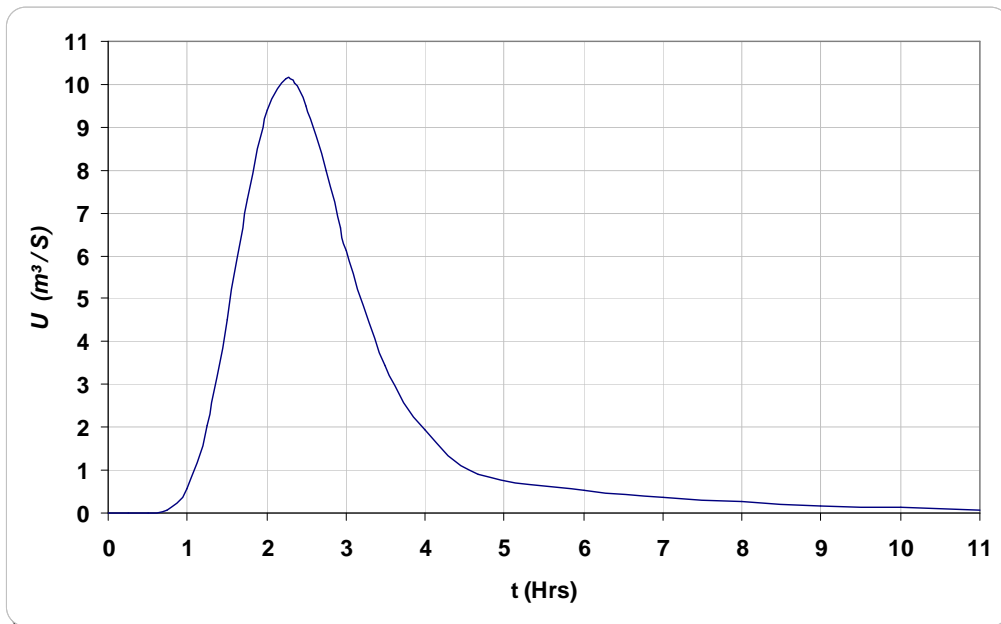


Gráfico34. Hidrográma Unitario de la Cuenca del Río Manzanares





### **13.2 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN ( $T_c$ )**

Se puede definir como el tiempo de viaje del agua desde el punto más alejado hasta el punto de desagüe de la cuenca, en pocas palabras este parámetro se refiere al tiempo que tarda el agua en su recorrido entre dos puntos determinados, los cuales son: el extremo superior de la cuenca y el punto donde se mide el gasto pluvial. El tiempo de concentración mide el tiempo que se necesita para que toda la hoya contribuya con la escorrentía superficial en una sección considerada. El tiempo de concentración se puede medir en minutos u horas. Los métodos con la cual se puede determinar el tiempo de concentración son los siguientes:

- ❖ Método de Kirpich desarrollada a partir de información del SCS.

$$T_c = 0.0078L^{0.77}S^{-0.385}$$

Donde:

$T_c$ : Tiempo de concentración en minutos

$L$ : Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, (Pies) = 109898,294 Pies

$S$ : Pendiente Promedio de la Cuenca Pies/Pies **0.073**

De esta forma remplazando en la ecuación obtenemos el siguiente resultado para el tiempo de concentración de la cuenca del Río Manzanares:

$$T_c = 162.53 \text{ min.}$$

### **13.3 TIEMPO DE RETARDO ( $T_r$ ):**

Se puede definir como el lapso de tiempo entre el centro geométrico de la distribución de la lluvia neta y el pico (caudal máximo) del hidrográma de escorrentía superficial; se mide en minutos u horas.





Para calcular el tiempo de retardo de la cuenca se utiliza la siguiente ecuación la cual fue desarrollada por el Servicio de Conservación de Suelos SCS.

$$T_r = \frac{100 * L^{0.8} * \left[ \left( \frac{1000}{CN} \right) - 9 \right]^{0.7}}{1900 * S^{0.5}}$$

Donde:

*L*: Longitud del cauce principal de la cuenca en Pies

*S*: Pendiente promedio del cauce principal de la quebrada en %

*T<sub>r</sub>*: Tiempo de retardo en minutos.

*CN*: Número de curva.

En el siguiente cuadro se relaciona los resultados obtenidos para el presente estudio según las especificaciones de Servicio de Conservación de Suelos (SCS):

PARAMETROS	RESULTADOS
Longitud del cauce principal (pies.)	109898,294
Pendiente promedio del cauce principal (%)	7.3
Número de curva de escorrentía	73.66
Tiempo de retardo (min.)	609.13

Cuadro 21. Calculo del tiempo de retardo

#### 14. INDICE DE ARIDEZ

Es una característica cualitativa del clima que muestra en mayor o menor grado la insuficiencia de los volúmenes precipitados para mantener la vegetación; por esta circunstancia suele llamarse también “déficit de agua”. Este índice se obtuvo de acuerdo a la metodología utilizada en el **Estudio Nacional del Agua**, a partir de la siguiente expresión:







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

Donde;

**Ia:** Índice de Aridez

**ETP:** Evapotranspiración Potencial (mm) Thornthwaite.

**ETR:** Evapotranspiración o Evaporación Real (mm).

Según el estudio anteriormente nombrado están establecidas cinco condiciones cualitativas que muestran el grado de disponibilidad de agua en las diferentes regiones del País. Los indicadores propuestos en dicho estudio para cada cuenca son:

Categoría	Índice de aridez
Cuencas altamente deficitarias de agua	> 0.60
Cuencas deficitarias	0.50 - 0.59
Cuencas entre normales y deficitarias	<0.40 - 0.49
Cuencas normales	0.30 - 0.39
Cuencas con excedentes	< 0.15

Según la teoría desarrollada por **Thornthwaite** y completada para España por TAMES la evapotranspiración Potencial así definida es independientemente del tipo de vegetación que ocupa el suelo, siendo hasta cierto punto constante, y no depende más que de los factores climáticos. Así pues, existe una compensación entre los fenómenos de evaporación y transpiración.

**Thornthwaite** propuso una fórmula para calcular la **ETP** en función de las temperaturas medias mensuales y la latitud de la zona. Blaney y Criddle propusieron una fórmula empírica, en la que interviene el porcentaje mensual de horas de luz con respecto al año, la temperatura media mensual y un coeficiente





estacional para los diferentes cultivos; esa fórmula da los mejores resultados en zonas áridas.

- Turc y Penman propusieron fórmulas que hacen intervenir más factores; la de Penman parece constituir el método más exacto para determinar la ETP, pero requiere datos meteorológicos muy completos y es muy laborioso

Según Thornthwaite para un mes de treinta (30) días e insolación diaria de doce (12) horas:

$$E_j = \left( \frac{10 \times t_j}{I} \right)^a \times 1.6$$

Donde

- ❖  $E_j$ : evapotranspiración mensual del mes  $j$ , no ajustada en cm.
- ❖  $t_j$ : es la temperatura media mensual del mes  $j$  en °C
- ❖  $I$ : es el índice de calor

$$I = \sum_{i=1}^{12} (t/5)^{1.514}$$

- ❖  $a$ : ecuación cúbica de la forma

$$a = 0.675 * 10^{-6} * I^3 - 0.771 * 10^{-4} * I^2 + 1.792 * 10^{-2} I + 0.49$$

Los valores obtenidos de  $E_j$ , deben ser ajustados a la longitud del día y al número de días del mes, luego estos valores deben ser multiplicados por el factor de corrección  $K_a$  según sea la longitud de la estación y el mes de la lectura de





temperatura según se presenta en el cuadro 22 de esta manera la ecuación de evapotranspiración ajustada será:

$$E_j = 1.6 K_a (10 * t_j / 5)^a$$

La evapotranspiración calculada para la cuenca del Río Manzanares se obtuvo utilizando los datos de temperatura media mensual de las estaciones, Universidad del Magdalena y San Lorenzo, debido a que para este estudio son las estaciones que registran datos de temperatura





Latitud	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
15°N	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
10°N	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.05	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
5°N	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
Ecuador	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5°S	1.06	0.95	1.04	1.00	1.02	0.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10°S	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15°S	1.12	0.98	1.05	0.98	0.98	0.94	0.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20°S	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	0.99	1.00	1.08	1.09	1.15
22°S	1.14	1.00	1.05	0.97	0.95	0.90	0.94	0.99	1.00	1.09	1.10	1.16
23°S	1.15	1.00	1.05	0.97	0.95	0.89	0.94	0.98	1.00	1.09	1.10	1.17
24°S	1.16	1.01	1.05	0.96	0.94	0.89	0.93	0.98	1.00	1.10	1.11	1.17
25°S	1.17	1.01	1.05	0.96	0.94	0.88	0.93	0.98	1.00	1.10	1.11	1.18
26°S	1.17	1.01	1.05	0.96	0.94	0.87	0.92	0.98	1.00	1.10	1.11	1.18
27°S	1.16	1.02	1.05	0.96	0.93	0.87	0.92	0.97	1.00	1.11	1.12	1.19
28°S	1.19	1.02	1.06	0.95	0.93	0.86	0.91	0.97	1.00	1.11	1.13	1.20
29°S	1.19	1.03	1.06	0.95	0.92	0.86	0.90	0.96	1.00	1.12	1.13	1.20
30°S	1.20	1.03	1.06	0.95	0.92	0.85	0.90	0.96	1.00	1.12	1.14	1.21
31°S	1.20	1.03	1.06	0.95	0.91	0.84	0.89	0.96	1.00	1.12	1.14	1.22
32°S	1.21	1.03	1.06	0.95	0.91	0.84	0.89	0.95	1.00	1.12	1.15	1.23
33°S	1.22	1.04	1.06	0.94	0.90	0.83	0.88	0.95	1.00	1.13	1.16	1.23
34°S	1.22	1.04	1.06	0.94	0.89	0.82	0.87	0.94	1.00	1.13	1.16	1.24
35°S	1.23	1.04	1.06	0.94	0.89	0.62	0.87	0.94	1.00	1.13	1.17	1.25
36°S	1.24	1.04	1.06	0.94	0.88	0.81	0.86	0.94	1.00	1.13	1.17	1.26
37°S	1.25	1.05	1.06	0.94	0.88	0.80	0.86	0.93	1.00	1.14	1.18	1.27

Cuadro 22. Factores de corrección  $K_a$





MES	T°(media)	ij	Ka	Uj(Cm)
ENERO	27,7	13,4	0,99	14,090
FEBRERO	27,9	13,5	0,91	13,186
MARZO	28,0	13,6	1,03	15,326
ABRIL	28,2	13,7	1,03	15,675
MAYO	28,3	13,8	1,09	16,851
JUNIO	28,6	14,0	1,07	17,244
JULIO	28,3	13,8	1,09	16,922
AGOSTO	27,7	13,4	1,07	15,312
SEPTIEMBRE	27,2	13,0	0,99	12,981
OCTUBRE	27,6	13,3	1,02	14,127
NOVIEMBRE	27,6	13,3	0,97	13,504
DICIEMBRE	27,6	13,2	0,98	13,556

$$\Sigma = 178,775$$

Cuadro 23. Calculo de la evapotranspiración potencial de Thornwaite; estación UNIMAG

Estos datos se obtuvieron teniendo en cuenta los siguientes valores

<b>I</b>	161,894926
<b>a</b>	4,233331675
<b>LATITUD</b>	11,13

Cuadro 24. Parámetros para el cálculo de la evapotranspiración potencial

MES	T°(media)	ij	Ka	Uj(Cm)
ENERO	12,585	4,0	0,99	5,128
FEBRERO	12,915	4,2	0,91	4,846
MARZO	12,615	4,1	1,03	5,327
ABRIL	13,815	4,7	1,03	6,003
MAYO	13,595	4,5	1,09	6,183
JUNIO	13,66	4,6	1,07	6,106
JULIO	13,54	4,5	1,09	6,156
AGOSTO	13,405	4,5	1,07	6,009
SEPTIEMBRE	12,96	4,2	1,02	5,462
OCTUBRE	12,115	3,8	1,02	4,996
NOVIEMBRE	13,57	4,5	0,97	5,539
DICIEMBRE	10,855	3,2	0,98	4,180

$$\Sigma = 65,935$$

Cuadro 25. Calculo de la evapotranspiración potencial de Thornwaite; estación SAN LORENZO





Estos datos se obtuvieron teniendo en cuenta los siguientes valores

<b>I</b>	50,88187084
<b>a</b>	1,292094979
<b>LATITUD</b>	11,07

Cuadro 26. Parámetros para el cálculo de la evapotranspiración potencial

<b>UNIMAG</b>		<b>SAN LORENZO</b>	
<b>P. anual (mm)</b>	<b>665,1</b>	<b>P. anual (mm)</b>	<b>2360,74</b>
<b>T°C</b>	<b>27,94</b>	<b>T°C</b>	<b>12,97</b>
<b>%ETP</b>	<b>97,52</b>	<b>%ETP</b>	<b>98,79</b>
<b>MES</b>	<b>ETR(mm)</b>	<b>MES</b>	<b>ETR(mm)</b>
<b>ENERO</b>	137,4	<b>ENERO</b>	50,7
<b>FEBRERO</b>	128,6	<b>FEBRERO</b>	47,9
<b>MARZO</b>	149,5	<b>MARZO</b>	52,6
<b>ABRIL</b>	152,9	<b>ABRIL</b>	59,3
<b>MAYO</b>	164,3	<b>MAYO</b>	61,1
<b>JUNIO</b>	168,2	<b>JUNIO</b>	60,3
<b>JULIO</b>	165,0	<b>JULIO</b>	60,8
<b>AGOSTO</b>	149,3	<b>AGOSTO</b>	59,4
<b>SEPTIEMBRE</b>	126,6	<b>SEPTIEMBRE</b>	54,0
<b>OCTUBRE</b>	137,8	<b>OCTUBRE</b>	49,4
<b>NOVIEMBRE</b>	131,7	<b>NOVIEMBRE</b>	54,7
<b>DICIEMBRE</b>	132,2	<b>DICIEMBRE</b>	41,3

Cuadro 27. Calculo de la Evapotranspiración Real para las estaciones UNIMAG y SAN LORENZO

La evapotranspiración real fue calculada utilizando el método de Holdridge y luego se procedió a calcular el índice de aridez de la cuenca arrojando un valor de 0.02 el cual se encuentra en el rango de cuencas con excedencias establecido en el Estudio Nacional del Agua realizado por el IDEAM descrito anteriormente. Esto nos muestra que La Sierra Nevada por ser un sistema montañoso independiente muy cercano a la costa del mar caribe necesita un estudio mas específico para tener valores que reflejen la realidad climatológica que se presenta en ella.





## **15. BALANCE HIDRICO**

*Para un lugar y un período de tiempo determinados, el balance hídrico es la diferencia entre las aportaciones naturales de humedad (lluvias, nieve, rocío, condensaciones ocultas en el suelo), que representan el aspecto positivo, y el consumo de las plantas, representado por la Evapotranspiración potencial. Es corriente establecer el balance hídrico mensual; al hacerlo, hay que tener en cuenta varios hechos:*

*Una parte de la precipitación puede ser interceptada por la vegetación y evaporarse desde el follaje sin llegar al suelo; otra parte no penetra en el suelo, sino que va a los cursos de agua (escorrentía superficial).*

*De la parte que llega al suelo y penetra en él, una fracción quedará retenida por las partículas del suelo (agua microscópica y agua capilar) y todo el exceso que supere a la capacidad de retención del suelo y pasará a horizontes profundos en forma de agua de percolación (agua gravitacional).*

*El balance hídrico se basa en la ley Física Universal de conservación de masas y representa una de las herramientas de mayor uso en la práctica hidrológica; expresa la equivalencia entre los aportes de agua que entran por un lado en una unidad hidrográfica determinada y la cantidad de agua que se evacua por el otro, considerando además las variaciones internas en el almacenamiento de humedad ocurrida en un período de tiempo determinado.*

### **15.1 Método de Thomas o Modelo de Balance Hídrico ABCD**

*Los balances hídricos tanto globales como regionales permiten evaluar la disponibilidad hídrica de las áreas en estudio (Cuenca Río Manzanares, en nuestro caso) y conocer el comportamiento de la oferta de agua bien sea superficial o subterránea a través del estudio de las diferentes fases del ciclo*





## Hidrológico

*El Balance Hidrológico relaciona las variables que intervienen en el ciclo hidrológico:*

- *Precipitación*
- *Evapotranspiración*
- *Caudal Superficial*
- *Almacenamiento superficial y subterráneo*
- *Flujo de Agua subterránea*

*Se aplica en todos los casos que tienen que ver con la distribución de los recursos hidráulicos a nivel global, o en cuencas particulares. Es imprescindible en los estudios de regulación de embalses y en los proyectos de suministro de agua para acueducto, riego y generación hidroeléctrica.*

*La ecuación general del Balance Hidrológico en una cuenca determinada tiene la siguiente forma:*

$$P + Q_a + G = ET + Q + ds$$

- *P es la precipitación en el período seleccionado.*
- *Q<sub>a</sub> es el aporte superficial de cuencas vecinas.*
- *G constituye el flujo neto de aguas subterráneas desde y hacia cuencas vecinas.*
- *ET representa la evapotranspiración real en la cuenca.*
- *Q es el caudal superficial que sale de la cuenca que se analiza.*
- *dS es el cambio en almacenamiento superficial y subterráneo. Incluye almacenamiento en cauces, embalses, suelo y acuíferos.*







Para la realización del balance hídrico de la cuenca del Río Manzanares era necesario utilizar una metodología que nos permitiera obtener un estimativo de la disponibilidad hídrica del Río y luego hacer las comparaciones entre los datos de aforos que se tienen en la cuenca a la altura de los puntos de calibración (Paso de los Mangos y Quinta de San Pedro) y los valores calculados, aclarando que el modelo utilizado no representa realmente un balance hídrico ya que haría falta evaluar parámetros naturales inherentes al nicho ecológico que habita en las inmediaciones de la cuenca del Río Manzanares. El modelo utilizado fue el Método de Thomas o Modelo de Balance Hídrico ABCD el cual necesita como datos de input (datos iniciales) los datos de Precipitación y Evapotranspiración potencial arrojando como datos output (Resultados) los valores de escorrentía superficial. Este modelo es un modelo no lineal de balance hídrico el cual internamente en su metodología representa el almacenamiento del subterráneo, la capacidad de almacenamiento del suelo, el aporte del almacenamiento directo al cauce, La Evapotranspiración actual y el escurrimiento directo.

El modelo utiliza cuatro parámetro A, B, C, y D para realizar todo el proceso de la estimación de la escorrentía:

- ❖ **Parámetro A**, Representa la posibilidad actual de escurrimiento antes de que el suelo este totalmente saturado, este parámetro debe ser calibrado para cada cuenca en particular.
- ❖ **Parámetro B**, representa el límite superior para la suma de la Evapotranspiración y el almacenamiento de agua en el suelo. Para la calibración de este parámetro es necesario relacionarlo con la evapotraspiración obtenida por la metodología de Thorntwaite y el valor del agua disponible de la cuenca por medio de dos parámetros  $K_{AD}$  y  $K_{ETP}$  de manera que el valor de B para cada cuenca viene dado por la ecuación:





$$b = K_{ETP} \times ETP_0 + K_{AD} \times AD$$

- ❖ **Parámetro C**, se encarga de hacer la distribución del escurrimiento superficial y el almacenamiento de agua subterránea, este parámetro debe ser calibrado en cada cuenca ya que internamente puede representar errores de medición en precipitaciones, aforos de caudal y cálculos de Evapotranspiración.
- ❖ **Parámetro D**, puede ser interpretado como el recíproco del tiempo medio de residencia del agua subterránea en la cuenca.

El modelo de Thomas se resume en la combinación de las siguientes ecuaciones:

$$W_t = P_t - S_{t-1}$$

$$Y_t = E_t - S_t$$

$$Y_t = \frac{W_t + b}{2a} - \sqrt{\left(\frac{W_t + b}{2a}\right)^2 - \frac{W_t b}{a}}$$

$$S_t = Y_t e^{-\frac{PE_t}{b}}$$

$$G_t = G_{t-1} + c(W_t - Y_t) - dG_t$$

$$Q_t = (1 - c)(W_t - Y_t) + dG_t$$





De donde:

$W_t$ : agua existente en el mes t.

$Y_t$ : oportunidad de evapotranspiración en el mes t.

$S_{t-1}$ : almacenamiento del suelo al comienzo del mes t.

$S_t$ : almacenamiento del suelo al final del mes t.

$PE_t$ : evapotranspiración potencial.

$G_t$ : almacenamiento de aguas subterráneas al final del mes t.

$Q_t$ : suma del escurrimiento directo y la descarga de aguas subterráneas.

*Para el caso particular de la cuenca del Río Manzanares se tuvieron en cuenta tres puntos de calibración para la modelación hidrológica, el Paso de los Mangos por ser el punto de captación de la Compañía de Acueducto y Alcantarillado Distrital; La Quinta De San Pedro por ser un punto intermedio necesario para la calibración del Modelo ya que en la desembocadura no se tienen registros de caudal; y la desembocadura por ser el punto de cierre de cuenca en donde se pueden tener datos para una evaluación hídrica completa.*

*Para el paso de los mangos los registros de caudal contra los cuales se compararon los valores obtenidos por la modelación fueron obtenidos de el documento del IDEAM “Eventos geomorfológicos e hidrológicos en el extremo noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta. Diciembre de 1999”, los resultados de la modelación se presentan a continuación:*





Mes	Precipitación Media (mm)	ETP (mm)	Wt (mm)	parámetro b	Yt (mm)	St (mm)	Gt (mm)	Qt (mm)	Qt (m <sup>3</sup> /s)
Enero	2,30	58,75	72,53	119	65,39	39,97	14,87	15,23	1,51
Febrero	5,60	55,38	45,57	115	43,23	26,74	0,35	1,99	0,20
Marzo	9,70	61,62	36,44	131	35,27	22,03	0,18	0,99	0,10
Abril	21,79	59,02	43,82	135	42,11	27,24	0,26	1,45	0,14
Mayo	76,91	61,69	104,15	185	95,09	68,12	1,36	7,70	0,76
Junio	88,49	70,24	156,61	211	135,07	96,86	5,39	16,16	1,60
Julio	75,76	70,44	172,63	201	142,06	100,15	13,75	16,81	1,67
Agosto	110,47	67,74	210,62	224	166,77	123,23	18,64	25,21	2,50
Septiembre	142,60	62,78	265,83	240	193,30	148,75	35,91	36,63	3,64
Octubre	158,74	59,85	307,49	247	207,75	163,00	47,37	52,36	5,20
Noviembre	85,12	61,90	248,12	192	163,48	118,41	41,90	42,74	4,24
Diciembre	32,41	49,82	150,81	126	104,42	70,22	22,97	23,43	2,33

a	d	Ketp	AD (mm)
0,91	1,00	2,00	127

Cuadro 28, Modelación hidrológica cuenca Río Manzanares punto de calibración P. de los mangos

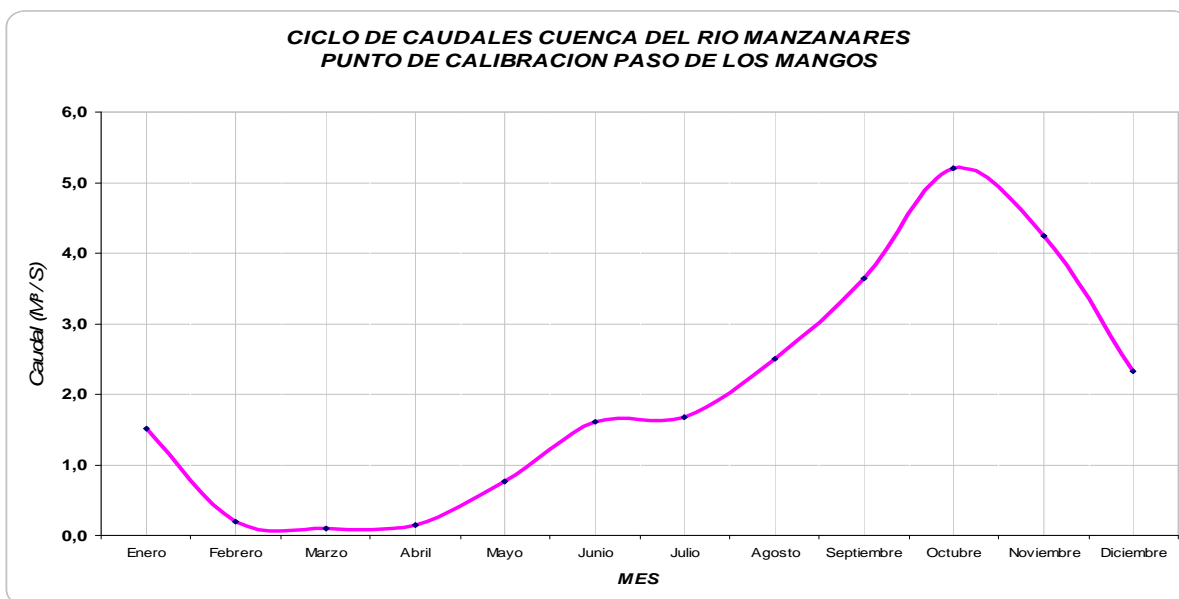


Gráfico 35, Modelación hidrológica cuenca Río Manzanares punto de calibración P. de los mangos



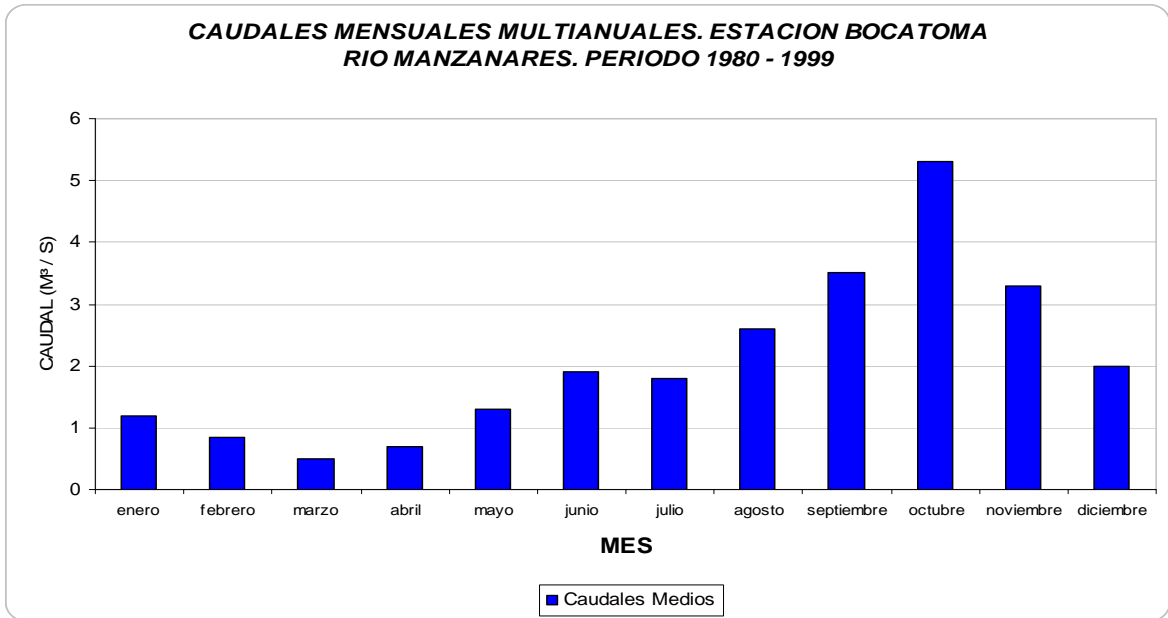


Grafico 36, caudales multianuales. Estación Bocatoma 1980 – 1999 (fuente IDEAM)

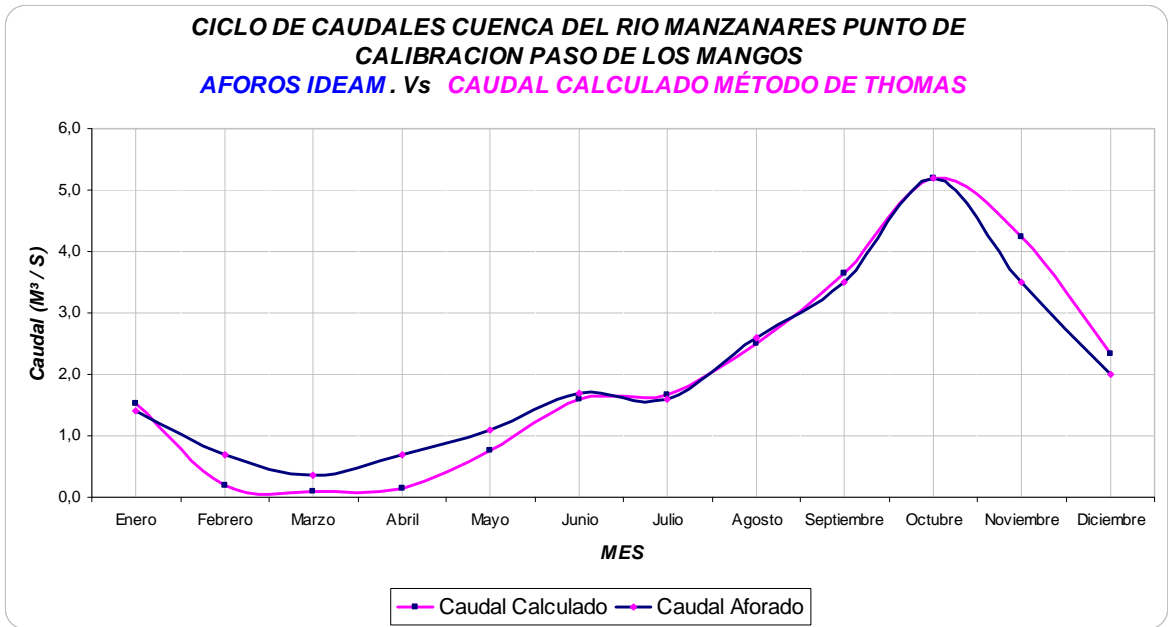


Grafico 37, modelación hidrológica cuenca Río Manzanares punto de calibración P. de los mangos





Observando los datos de caudal aforado por el IDEAM y los valores calculados por la modelación hidrológica realizada por el modelo abcd de Thomas podemos observar que tienen prácticamente la misma tendencia lo cual nos muestra que para este cierre de cuenca se tuvo una buena modelación.

Para el Punto de calibración en la Quinta de San Pedro los datos de caudal contra los cuales se compararon los obtenidos por la modelación fueron obtenidos de la Empresa Metropolitana de Acueducto y Alcantarillado del DTCH de Santa Marta. Los resultados de la modelación se muestran a continuación:

Mes	Precipitación Media (mm)	ETP (mm)	Wt (mm)	parámetro b	Yt (mm)	St (mm)	Gt (mm)	Qt (mm)	Qt (m <sup>3</sup> /s)
Enero	2,12	86,12	87,16	174	80,85	49,30	7,37	8,63	0,77
Febrero	2,58	80,73	51,89	164	49,92	30,49	0,10	1,87	0,17
Marzo	5,73	92,20	36,21	189	35,48	21,81	0,04	0,70	0,06
Abril	17,83	96,91	39,63	209	38,84	24,45	0,04	0,76	0,07
Mayo	66,65	102,75	91,11	264	87,23	59,11	0,19	3,68	0,33
Junio	80,86	103,84	139,97	279	129,78	89,41	0,51	9,67	0,86
Julio	65,80	102,92	155,22	264	140,72	95,23	3,63	10,88	0,97
Agosto	99,36	95,73	194,59	279	170,44	120,89	7,25	16,91	1,50
Septiembre	126,11	54,56	247,00	220	178,25	139,07	34,03	34,72	3,08
Octubre	144,65	50,13	283,73	227	191,49	153,58	43,81	48,43	4,30
Noviembre	78,40	85,73	231,98	240	181,52	127,05	22,71	27,75	2,46
Diciembre	30,93	79,20	157,99	186	130,32	85,04	9,68	17,98	1,60

a	d	Ketp	AD (mm)
0,91	1,00	2,00	127

Cuadro 29, modelación hidrológica cuenca Río Manzanares punto de calibración Q. de San Pedro



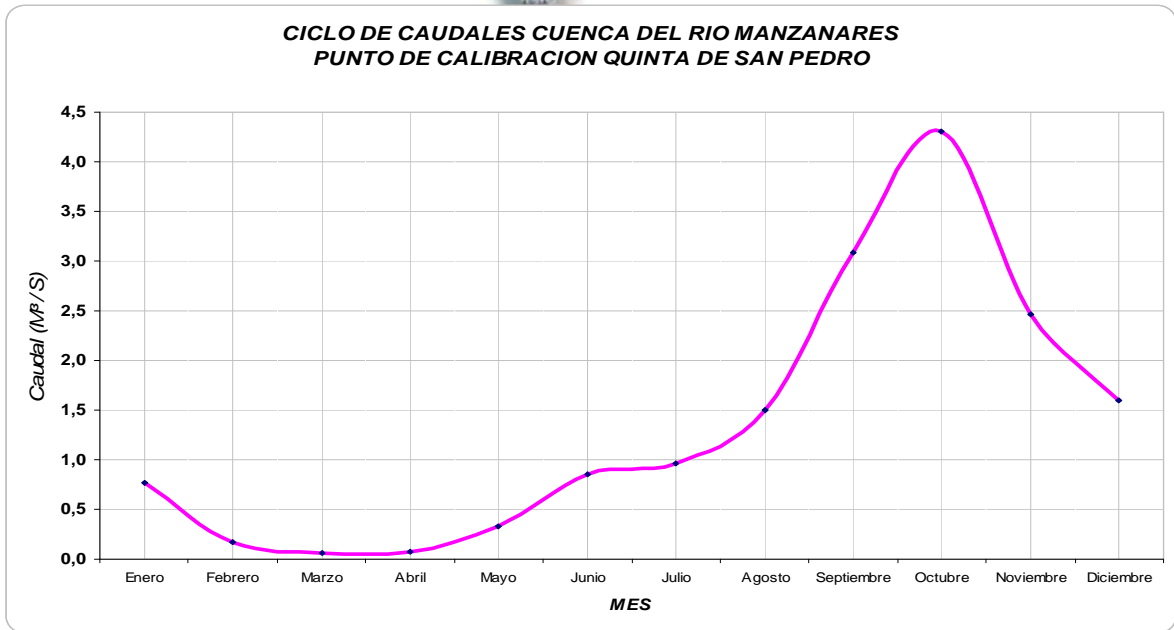


Grafico 38, modelación hidrológica cuenca Río Manzanares punto de calibración Q. de San Pedro

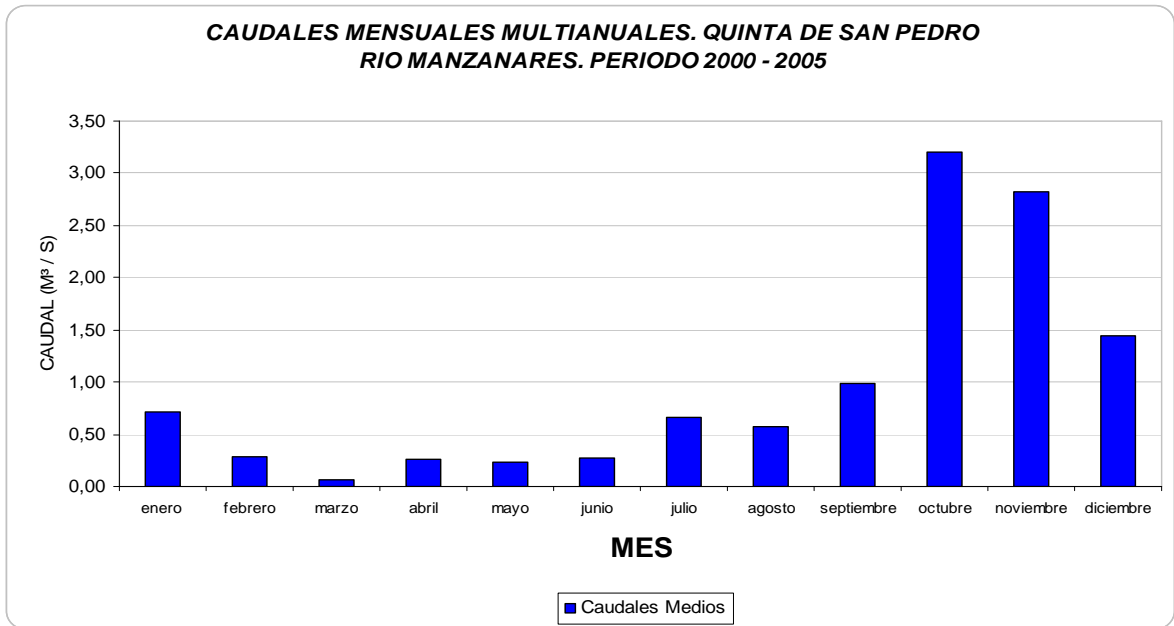


Grafico 39, caudales multianuales. Quinta de San Pedro 2000 – 2005 (fuente Metroagua S.A.)



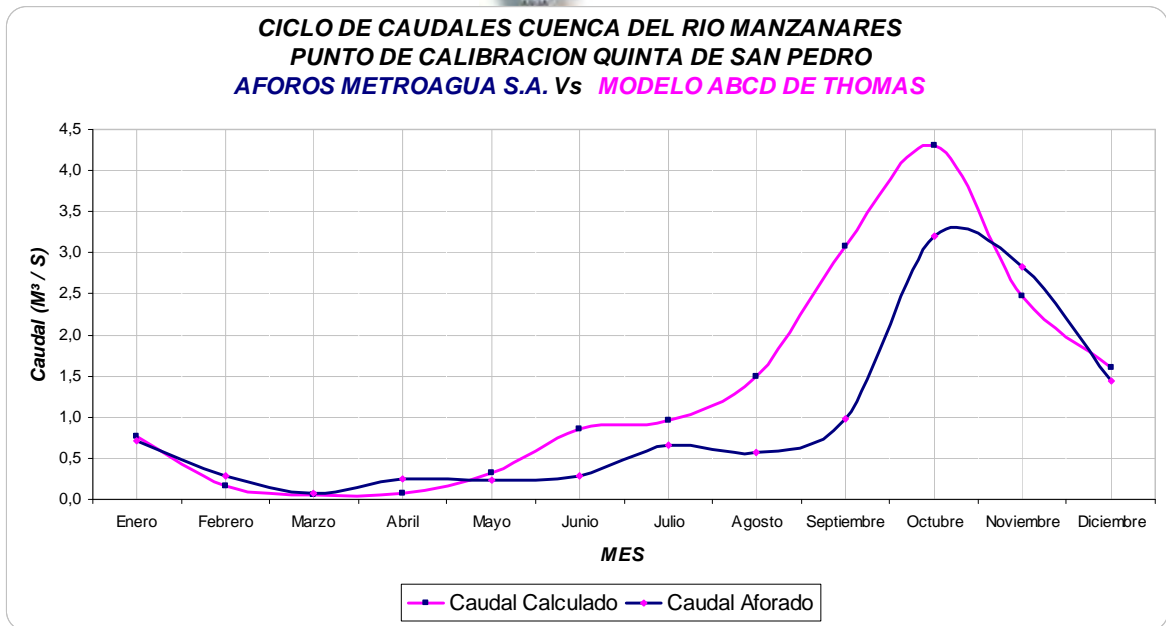


Grafico 40, modelación hidrológica cuenca Río Manzanares punto de calibración Q. de San Pedro

*En este punto de calibración ocurre algo muy interesante y es el hecho de los grandes desfases entre el caudal modelado y el aforado, este hecho sucede debido a que en el modelo abcd de Thomas no se tienen en cuenta las múltiples derivaciones y/o captaciones que tiene el Río Manzanares a lo largo de su cauce debido a la gran cantidad de fincas y parcelas que se abastecen del recurso hídrico del Río para su sostenimiento, además de la poca confiabilidad de los registros históricos que se tienen de aforos de caudal debido a que los datos no son ni constantes en el año ni de un gran registro histórico por lo cual los datos de aforos son poco confiables debido a su gran dispersión y poca cantidad, lo cual puede ser otro de los motivos para los grandes desfases entre los valores obtenidos por el modelo abcd de Thomas y los provenientes de los aforos .*

*Para la desembocadura al no tener registros de aforos con que compararlos es decir que solo se calcularon los valores con el modelo abcd de Thomas para más*







adelante ser comparados con los obtenidos por el software HydroSIG java; los valores obtenidos de la modelación se presentan a continuación:

Mes	Precipitación Media (mm)	ETP (mm)	Wt (mm)	parámetro b	Yt (mm)	St (mm)	Gt (mm)	Qt (mm)	Qt (m³/s)
Enero	2,49	95,65	88,57	193	82,95	50,55	10,39	11,23	0,62
Febrero	3,29	89,57	53,83	182	51,96	31,72	0,09	1,78	0,10
Marzo	6,78	102,86	38,50	211	37,76	23,17	0,04	0,71	0,04
Abril	26,38	107,01	49,55	233	48,41	30,59	0,06	1,08	0,06
Mayo	88,61	113,95	119,20	292	112,81	76,37	0,32	6,07	0,34
Junio	97,51	115,54	173,88	302	158,19	107,86	0,78	14,91	0,83
Julio	87,21	114,24	195,07	292	172,56	116,64	5,63	16,88	0,93
Agosto	123,74	105,49	240,38	301	202,65	142,68	11,32	26,41	1,46
Septiembre	161,87	54,54	304,55	226	195,06	153,29	65,69	43,79	2,42
Octubre	175,31	50,18	328,61	227	199,57	160,05	61,29	67,74	3,75
Noviembre	93,20	94,03	253,25	256	195,69	135,45	23,02	34,53	1,91
Diciembre	34,32	74,52	169,77	174	132,14	86,08	15,99	21,64	1,20

a	d	Ketp	AD (mm)
0,91	1,00	2,00	127

Cuadro 30, modelación hidrológica cuenca Río Manzanares punto de calibración Q. de San Pedro

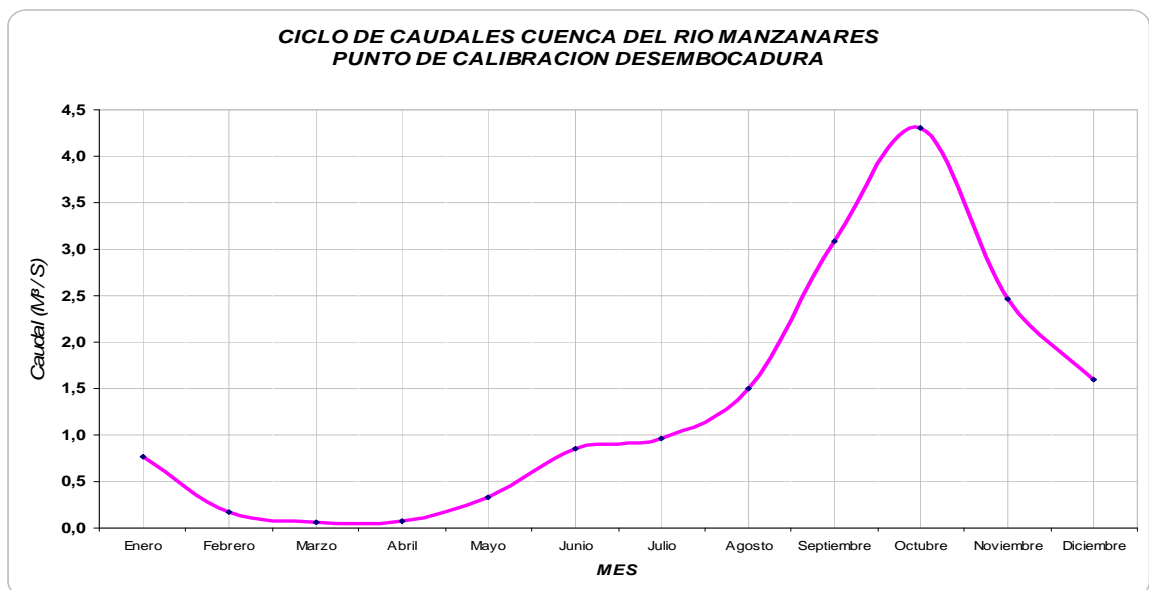


Grafico 41, modelación hidrológica cuenca Río Manzanares punto de calibración Desembocadura





## 16. MODELACIÓN HIDROLÓGICA

Para el desarrollo del presente estudio se utilizó el software de modelación hidrológica **HidroSIG java** el cual maneja una interfaz gráfica que permite ver el despliegue de cada una de las variables que fueron abarcadas en el presente proyecto, además de presentar un reporte geomorfológico de la cuenca en cuestión que permite saber si la modelación de la cuenca ha sido bien hecha al comparar sus resultados con los obtenidos manualmente, por otro lado fueron necesarios para convertir la digitalización de la cuenca hecha en el Software **AutoCAD 2004** los programas **DXF XYZ** Y **Golden Surfer 7.0** por intermedio de los cuales se convirtieron las líneas de AutoCAD en un montón de puntos en coordenadas X, Y, Z (**DXF2XYZ**) para luego convertir este montón de puntos en una grilla (**Golden Surfer 7.0**) la cual sí podía ser exportada a el **HidroSIG java**; de esta misma forma se procedió con las Variables hidroclimáticas.

### 16.1 HIDROSIG JAVA

El Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos es una de las grandes desventajas en que se ve envuelto el planeta Tierra y dentro de esta la cuenca del Río Manzanares (cuenca en estudio), y que a su vez se cuenta con poca la información para conocer sus características hídricas y su comportamiento. De esta manera es de nuestro interés realizar estudio de la presente cuenca utilizando un software como el HidroSIG JAVA, la cual es, en general, un sistema de información geográfica con herramientas especiales que le permitirán realizar estimaciones y análisis de variables hidrológicas, climáticas y geomorfológicas. La información que este software permite analizar es de tres tipos básicos:





Información raster de modelos digitales de terreno (**MDT**) y variables hidrológicas distribuidas espacialmente; información puntual de sitios de interés y estaciones de medición hidroclimatológica; y por último información en formato vectorial. A continuación se describir con detalle la manera en la cual es posible acceder, visualizar, interactuar y analizar la información estudiada para la cuenca del río Manzanares a través de HidroSIG.

**Base de Datos en MYSQL:** contiene una base de datos implementadas en **MYSQL**, la cual es un motor de bases de datos que permite acceso vía red a toda la información además de aumentar la eficiencia en gran medida.

**Módulo De Sensores Remotos:** Permite visualizar y clasificar imágenes de satélite utilizando diferentes algoritmos como paralelepípedo, mínima distancia, máxima probabilidad, redes neuronales, lógica difusa y kohonen.

**Módulo De Análisis De Homogeneidad De Series:** Permite evaluar si en una serie hidrológica se presentan cambios, tendencias, valores anormalmente extremos (“outliers”) y la independencia de la serie.

**Modelo de tanques:** Permite calcular variables fundamentales en el ciclo hidrológico a nivel mensual como: Caudal superficial y subsuperficial, evapotranspiración real y almacenamiento de agua en el suelo. Realiza una cuenta ambiental teniendo en cuenta las demandas y vertimientos que se realicen en la cuenca, para definir zonas y épocas de déficit y superávit en el recurso hídrico.

**16.1.1 Manejo De La Base De Datos:** La información de HidroSIG está guardada en una base de datos que está montada sobre **MYSQL**. Esta información en una sola base de datos incluye datos de distintas regiones del mundo como Colombia. Para cada región se tienen información de:





- ❖ Modelos digitales de terreno
- ❖ Mapas de variables hidrológicas
- ❖ Archivos vectoriales
- ❖ Estaciones climatológicas
- ❖ Sitios del usuario.

**16.1.2 Despliegue De Mapas:** En HydroSIG existen dos clases de mapas: los Modelos Digitales De Terreno (**MDT**) y las Variables Hidrológicas (**VHC**). Los **MDT** describen la variación espacial de la altura sobre el nivel del mar del terreno, y los segundos muestran la distribución del resto de variables de interés en el estudio hidroclimatológico. Además, cada tipo de mapa tiene formas distintas de visualización y herramientas especializadas de análisis.

## 16.2 RESULTADO DE LA MODELACIÓN EN EL SOFTWARE HIDROSIG

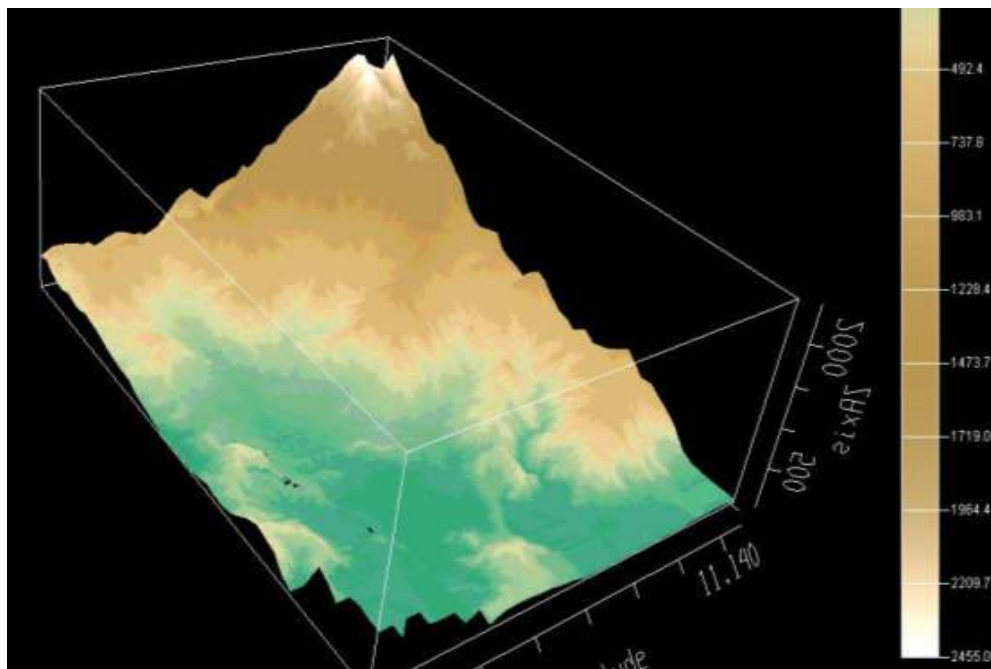


Grafico 42. Modelo en tres dimensiones de la cuenca del Río Manzanares



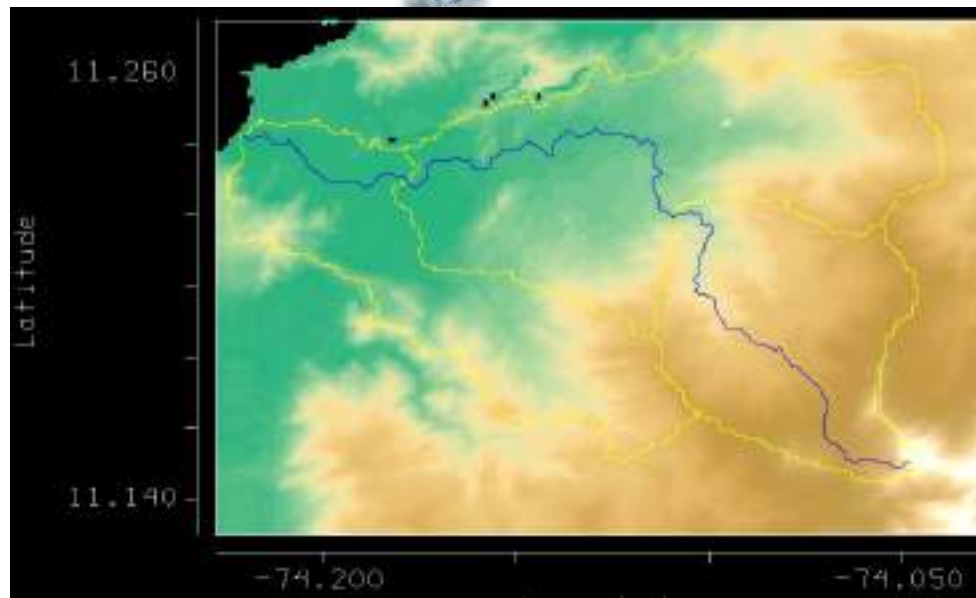


Grafico 43. MDT procesado en HIDROSIG con el Río Manzanares y su cuenca trazados incluyendo las cuencas en los puntos de calibración.

**16.2.1 Reporte Geomorfológico:** El reporte geomorfológico nos confirma que Modelo Digital de Terreno fue bien creado ya que las variables analizadas en este nos muestran valores muy próximos entre los cálculos realizados manualmente y los obtenidos por el software como lo podemos ver en el siguiente cuadro gráfico que arroja el modelo:



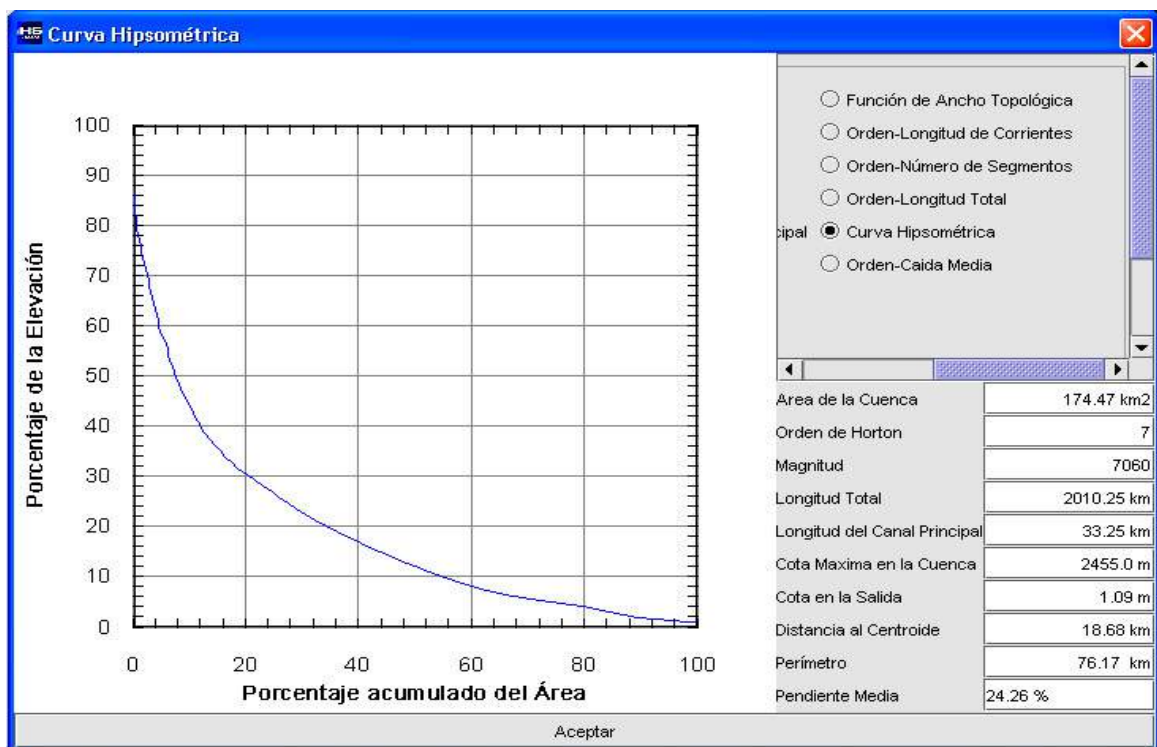


Grafico 44, Reporte Geomorfológico HidroSIG java para la cuenca del Río Manzanares

Estos resultados fueron comparados con los obtenidos mediante los cálculos manuales y se obtuvo:

<b>Parámetro</b>	<b>Manuales</b>	<b>HidroSIG</b>	<b>% Error</b>
Área de la Cuenca (Km <sup>2</sup> )	174,54	174,47	0,04
Orden de Horton	7	7	0,00
Longitud del Canal Principal (Km)	33,4	33,25	0,45
Perímetro de la cuenca (Km)	70,341	76,17	7,65
Pendiente de la Cuenca (%)	23,7	24,26	2,31
Cota Máxima de La cuenca (m.s.n.m.)	2447	2455	0,33
Cota Mínima de La cuenca (m.s.n.m.)	0	1,09	

Cuadro 31, Comparación de valores obtenidos por cálculos manuales y por el software HidroSIG







Debido a la buena digitalización se pueden tomar para los otros puntos calibración tomados en la cuenca los valores que arroja el modelador hidrológico como valores característicos de la cuenca en estos puntos de calibración; para los dos puntos de calibración en los cuales se trabajó se presentan a continuación los respectivos reportes geomorfológicos:

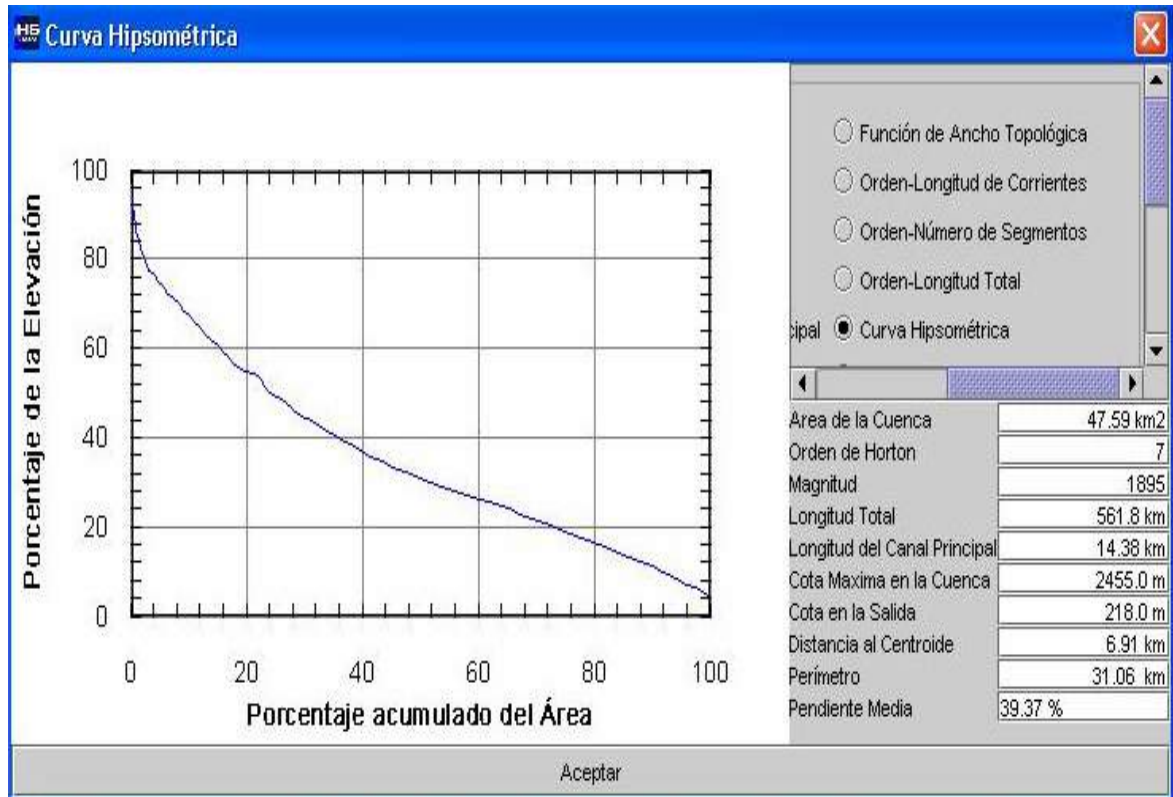


Grafico 45, Reporte Geomorfológico HydroSIG java para la cuenca del Río Manzanares con cierre en el paso de los mangos



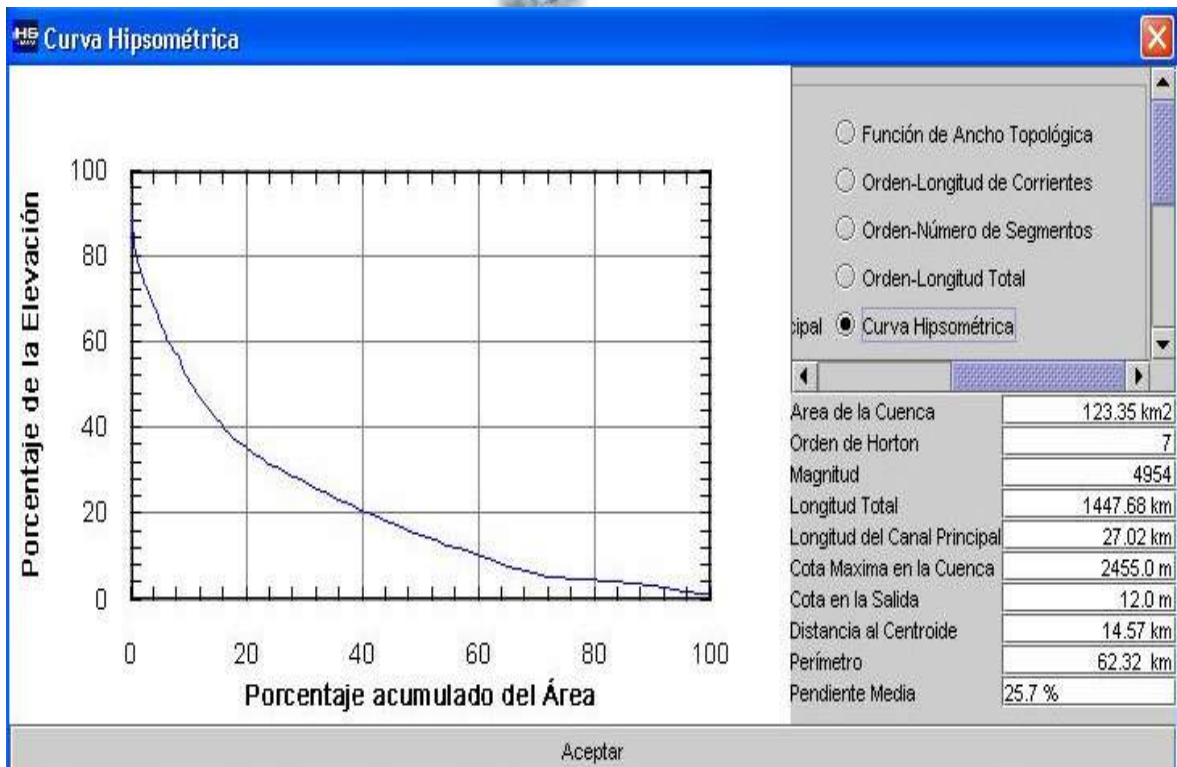


Grafico 46, Reporte Geomorfológico HidroSIG java para la cuenca del Río Manzanares con cierre en la Quinta de San Pedro

**16.2.2 Mapas De Precipitación:** Los mapas de precipitación presentados por el HidroSIG no son mas que unos mapas de isoyetas que muestran en toda la cuenca como es la distribución de precipitaciones en cada uno de los sectores de la cuenca, el ingreso de estos mapas al modelador se realiza de la misma manera que el ingreso descrito para el Modelo digital de terreno (MDT) con la pequeña diferencia que a estos se les asigna el criterio de variable hidroclimática (VHC) según la variable que se esté ingresando.

A continuación se presentan los mapas de lluvias medias mensuales multianuales obtenidos mediante la modelación del software:





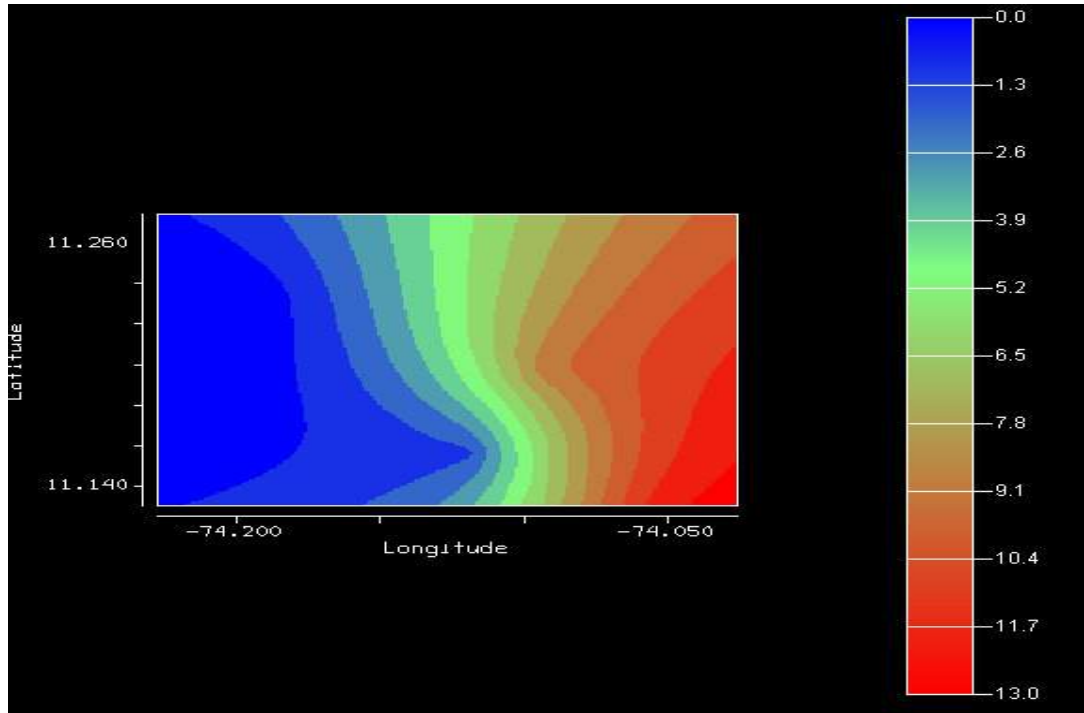


Grafico 47 Precipitaciones Medias mensuales Enero

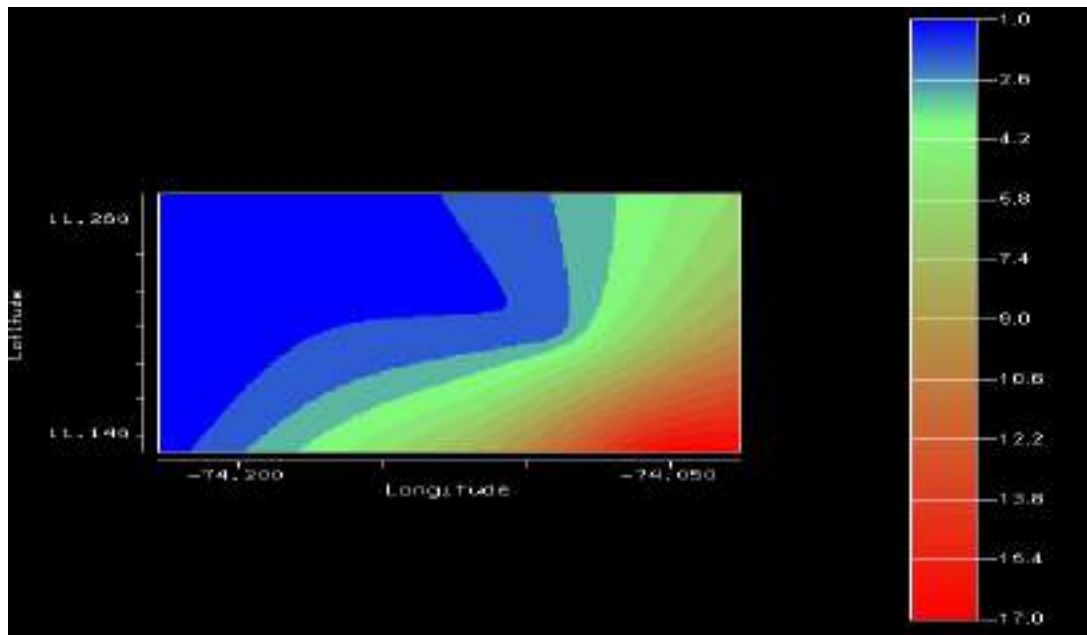


Grafico 48 Precipitaciones Medias Mensuales Febrero



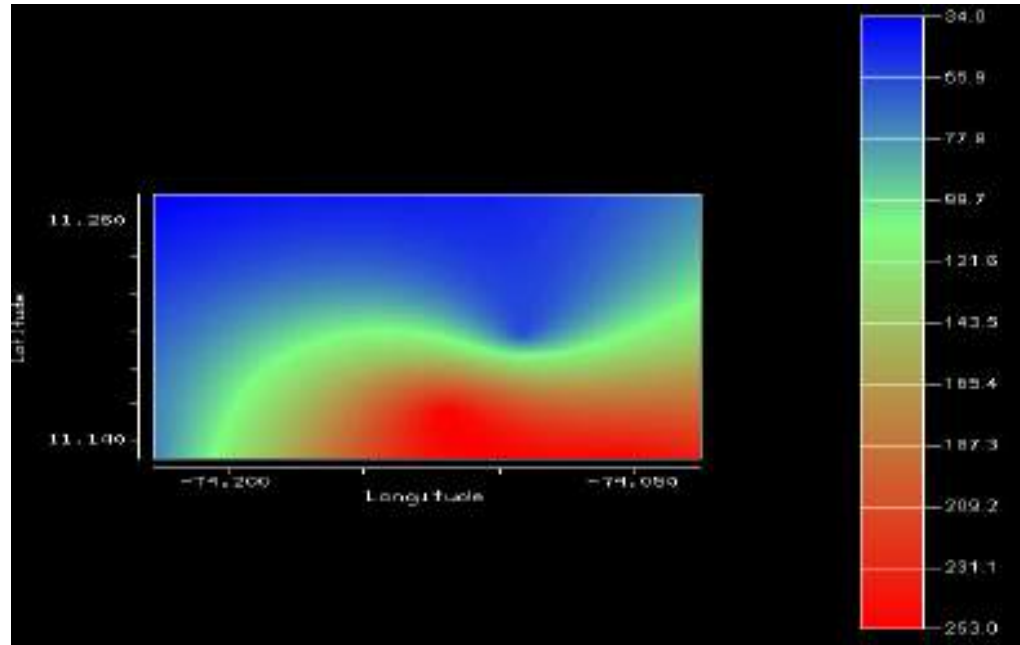


Grafico 49 Precipitaciones Medias Mensuales marzo

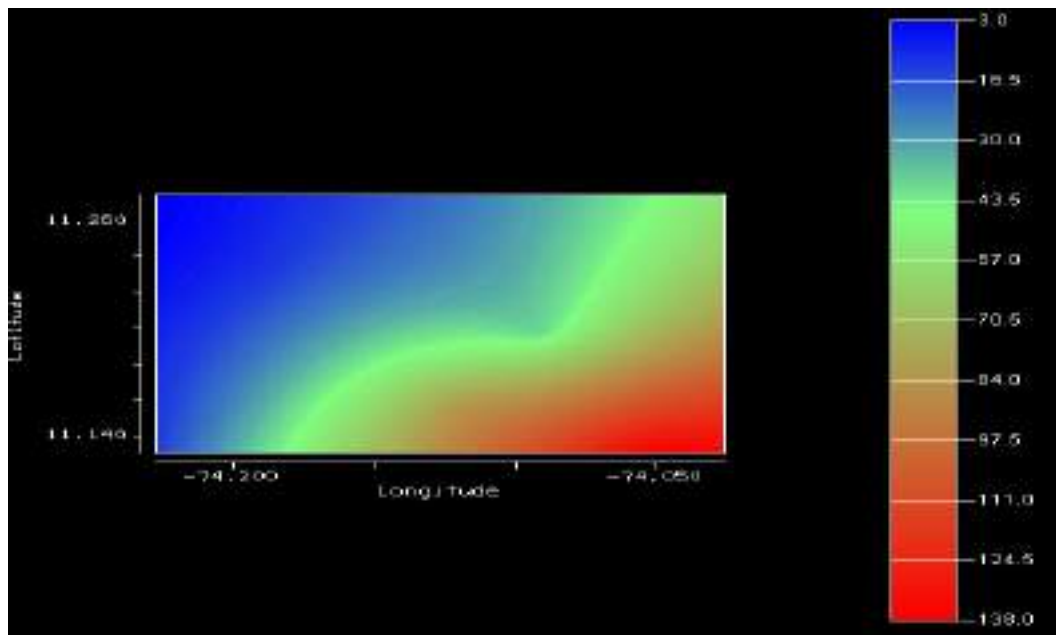


Grafico 50 Precipitaciones Medias Mensuales Abril



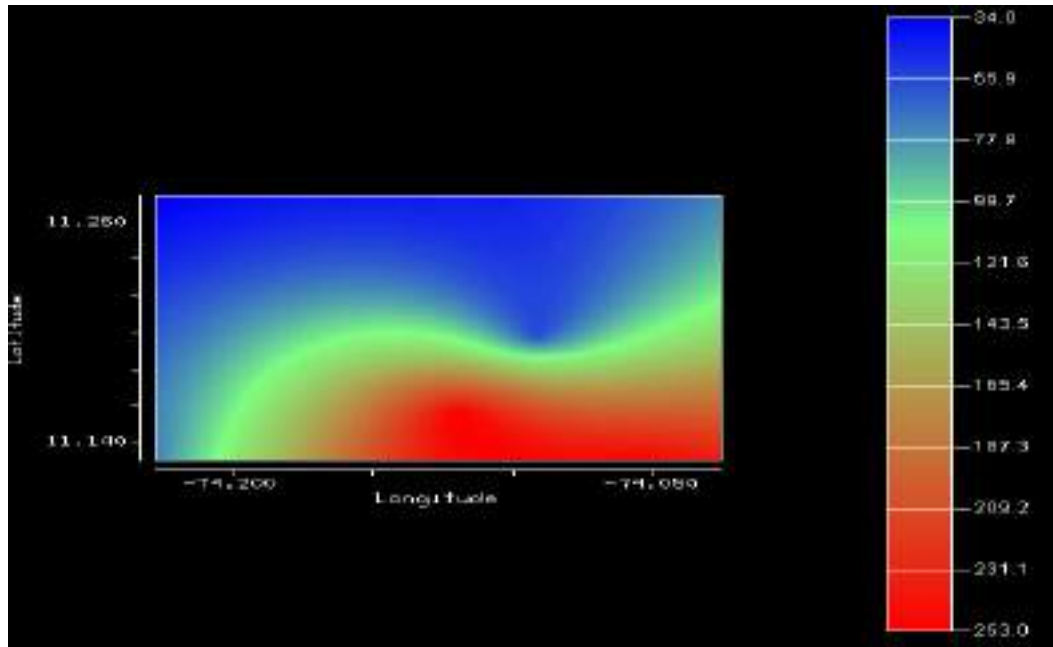


Grafico 51 Precipitaciones Medias Mensuales Mayo

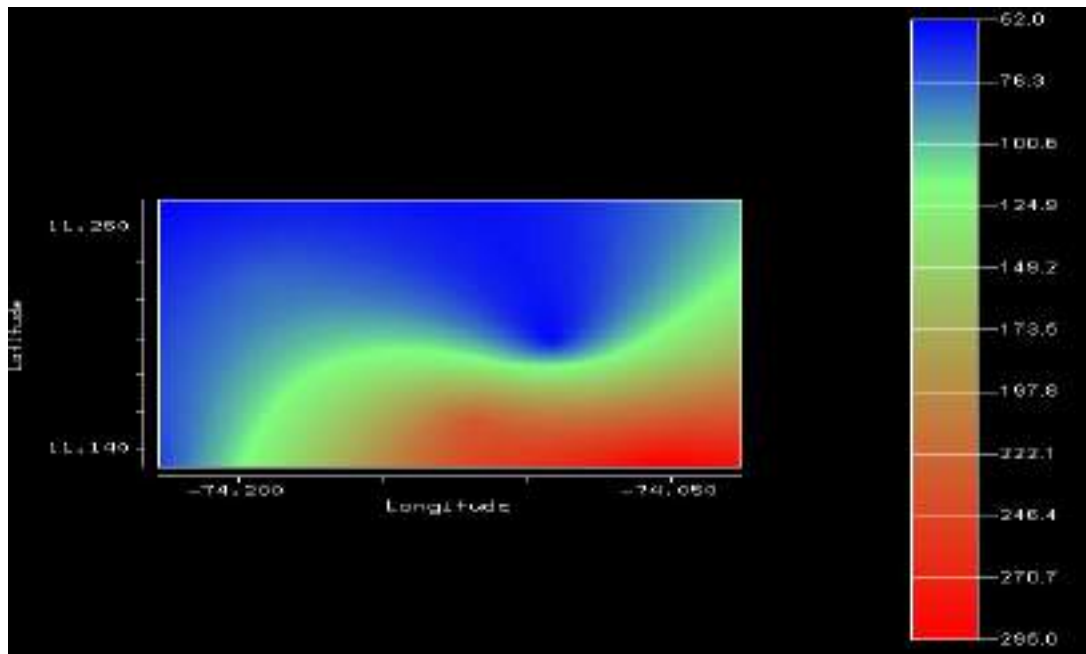


Grafico 52 Precipitaciones Medias Mensuales Junio



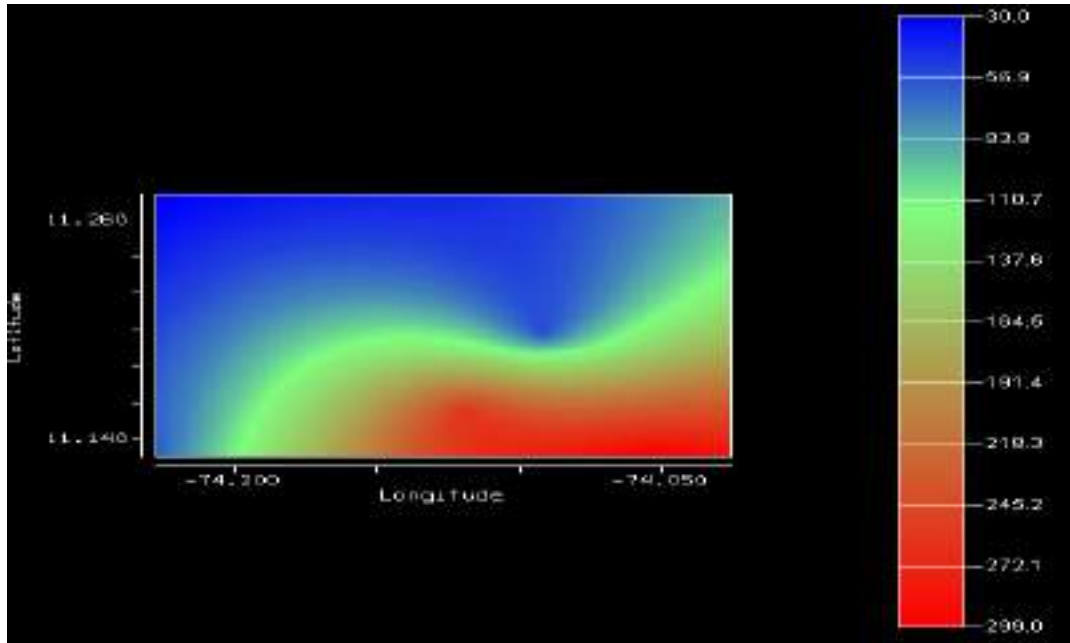


Gráfico 53 Precipitaciones Medias Mensuales Julio

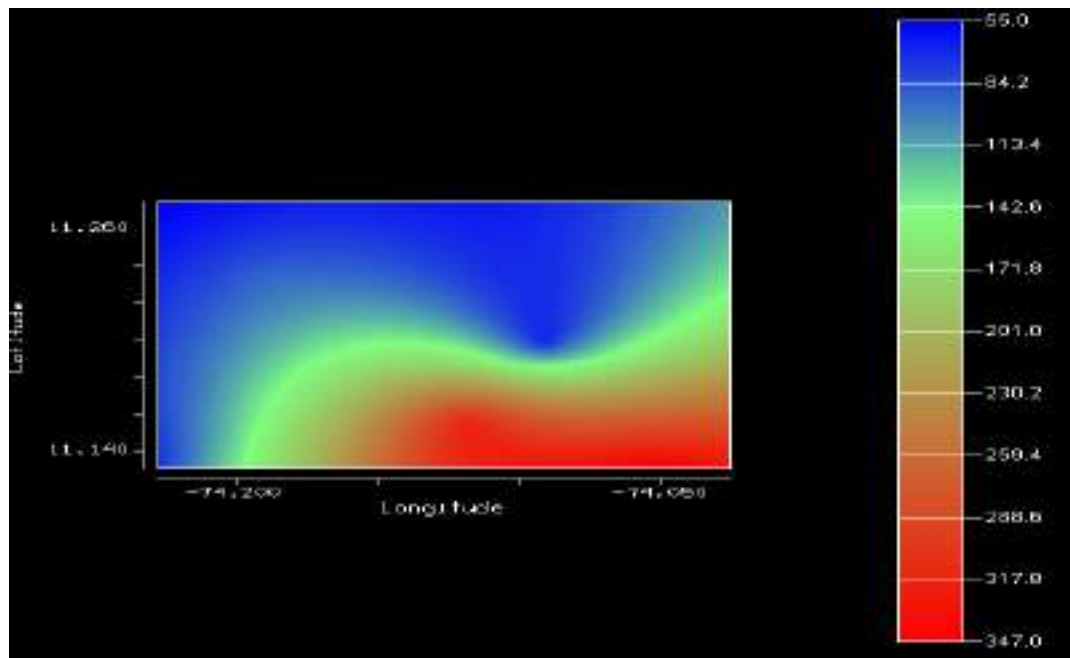


Gráfico 54 Precipitaciones Medias Mensuales Agosto



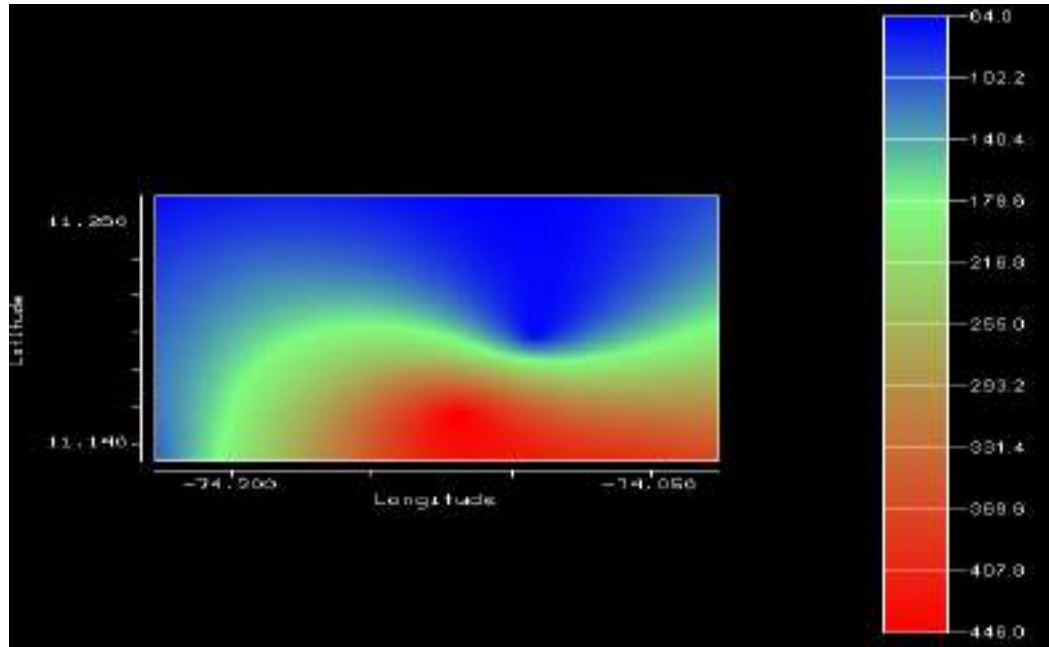


Gráfico 55 Precipitaciones Medias Mensuales Septiembre

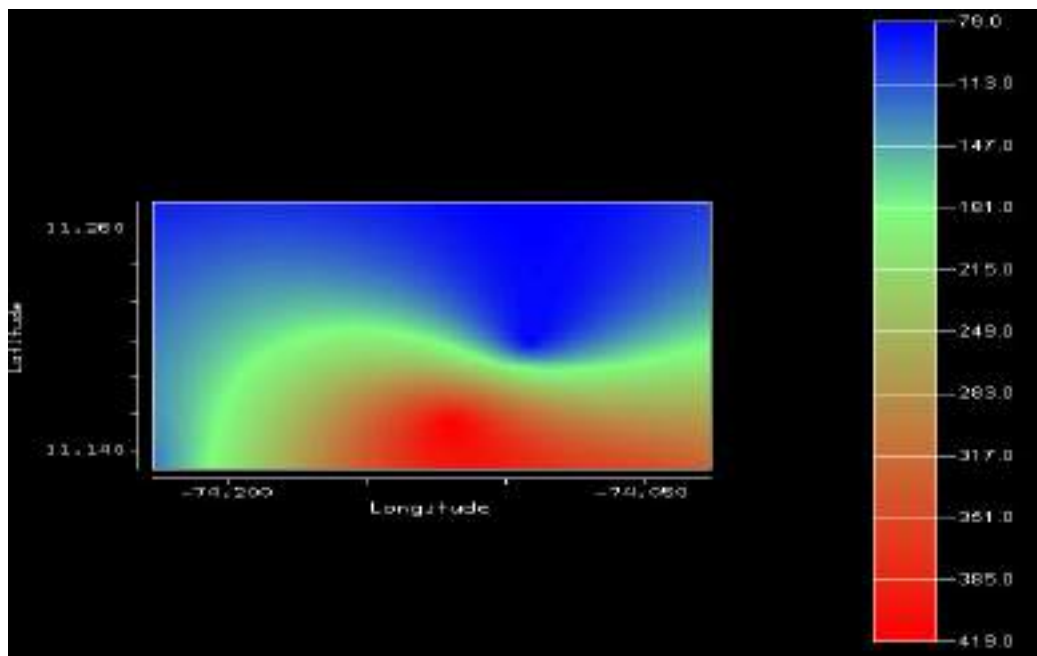


Gráfico 56 Precipitaciones Medias Mensuales Octubre



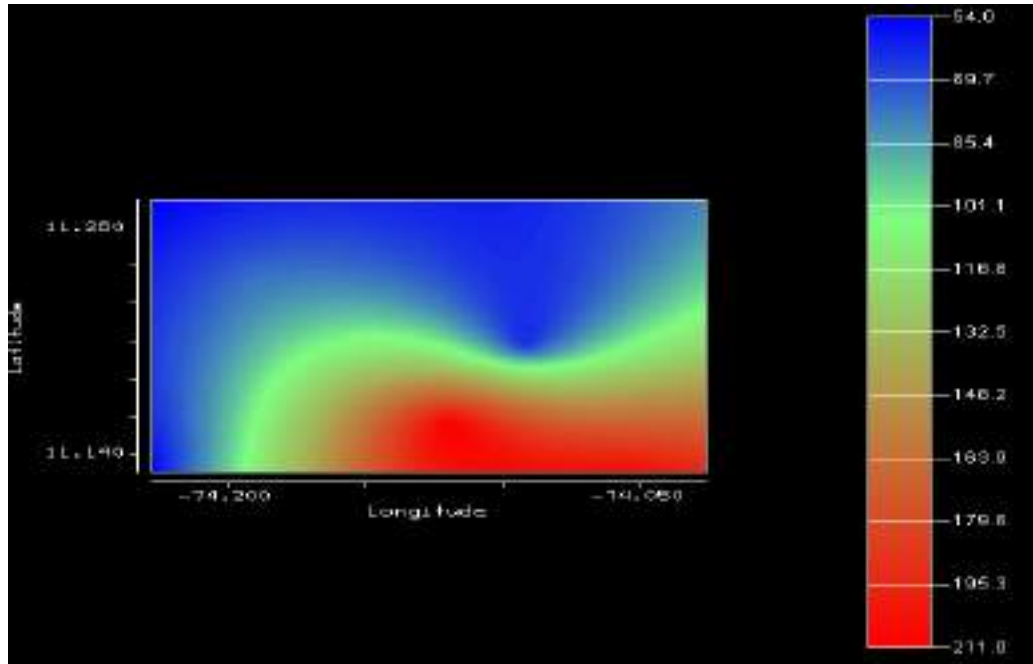


Grafico 57 Precipitaciones Medias Mensuales Noviembre

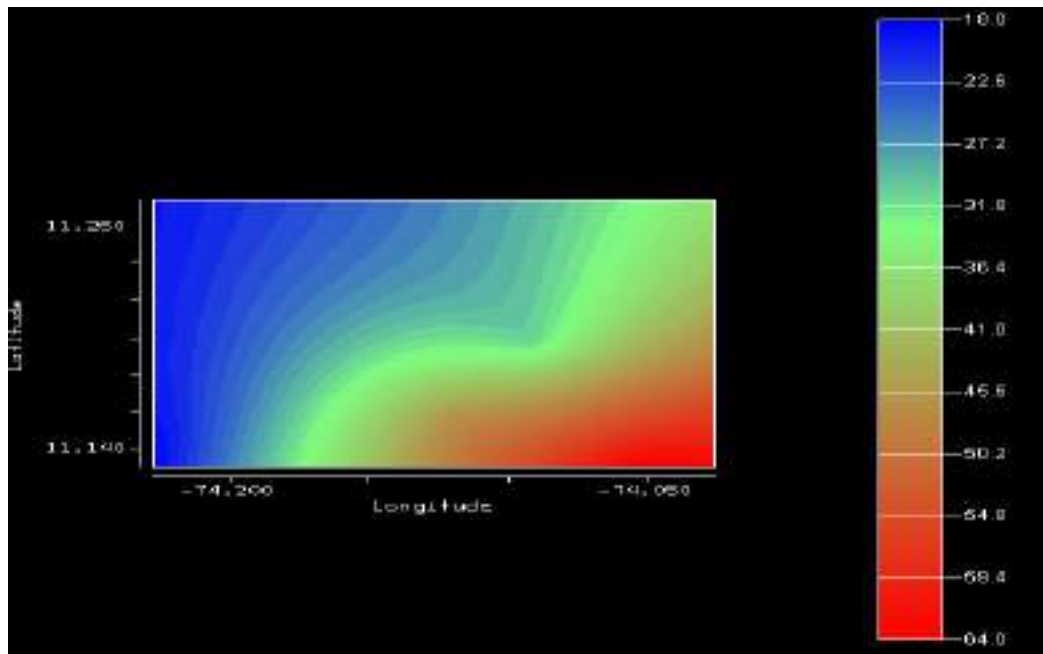


Grafico 58 Precipitaciones Medias Mensuales Diciembre





### 16.2.3 Ciclos De Caudal

HidroSIG en su interfase grafica nos permite visualizar como es el comportamiento de los caudales en la cuenca a lo largo de todo el año, mostrándonos cada mes que cantidad de agua escurre en la cuenca con su generación de ciclos de caudal.

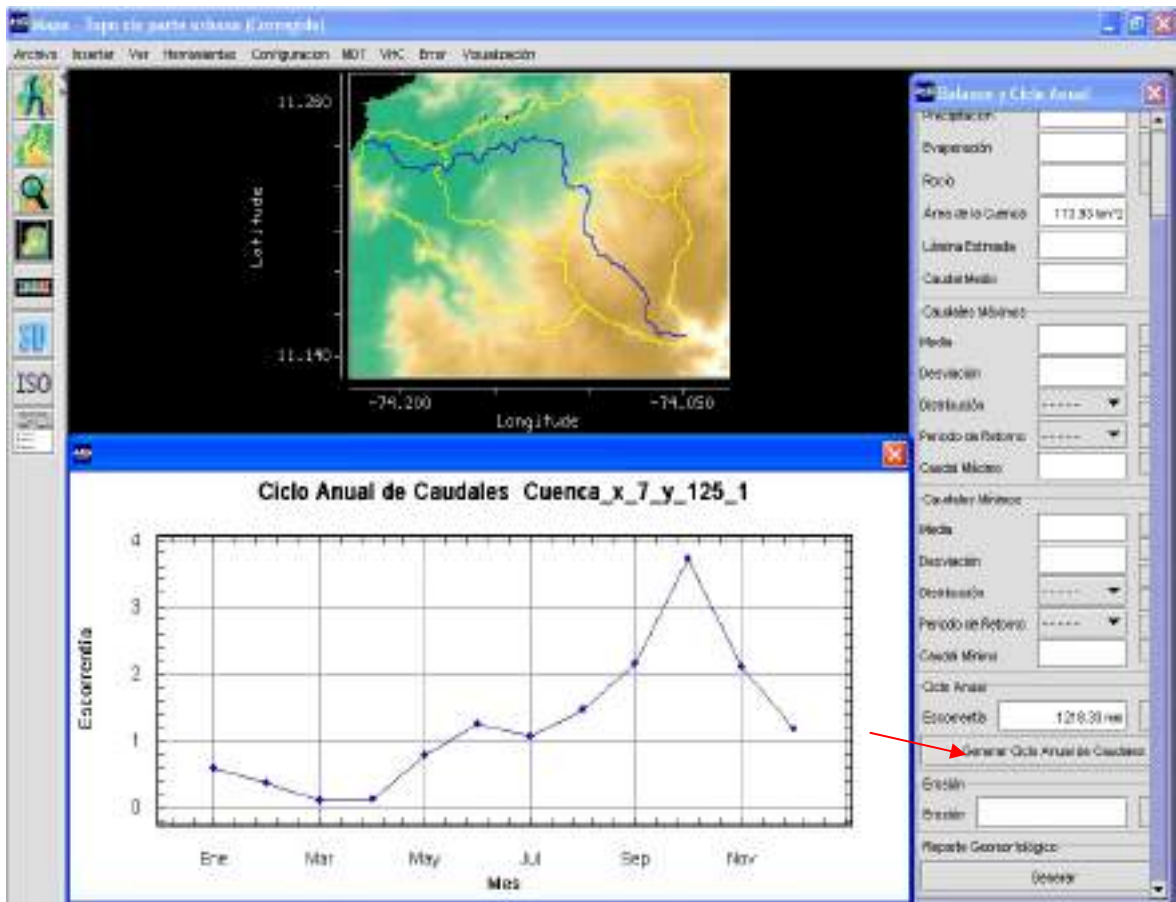


Grafico 59, Interfaz grafica de ciclo de caudales generada por el HidroSIG java

a continuación se presentan los resultados de la modelación hidrológica resumidos en el ciclo anual de caudales en la cuenca del Río Manzanares generados por el modelador Hidrológico HidroSIG java:





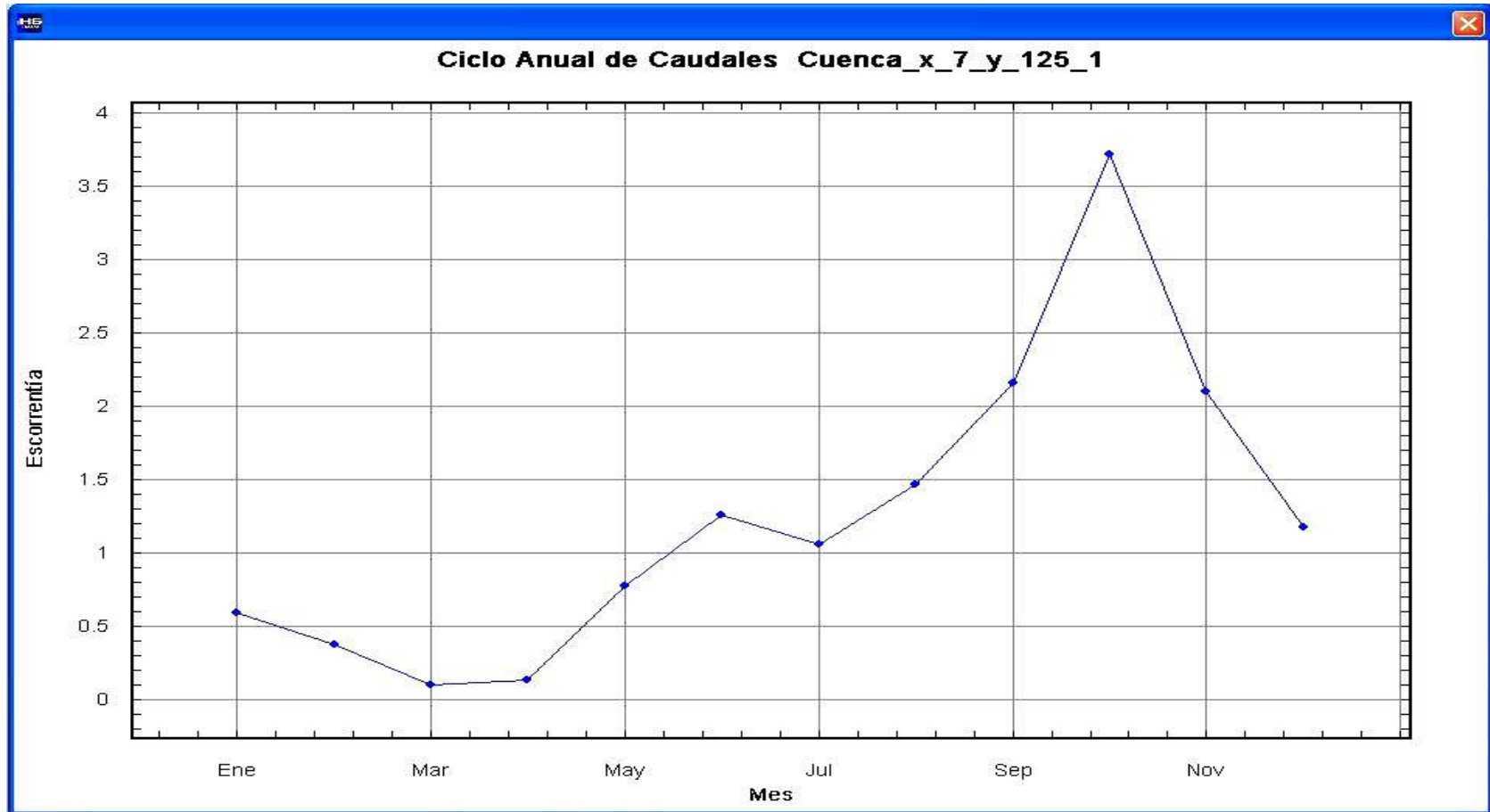


Grafico 60. Ciclo anual de caudales Cuenca del Río Manzanares punto de calibración Desembocadura





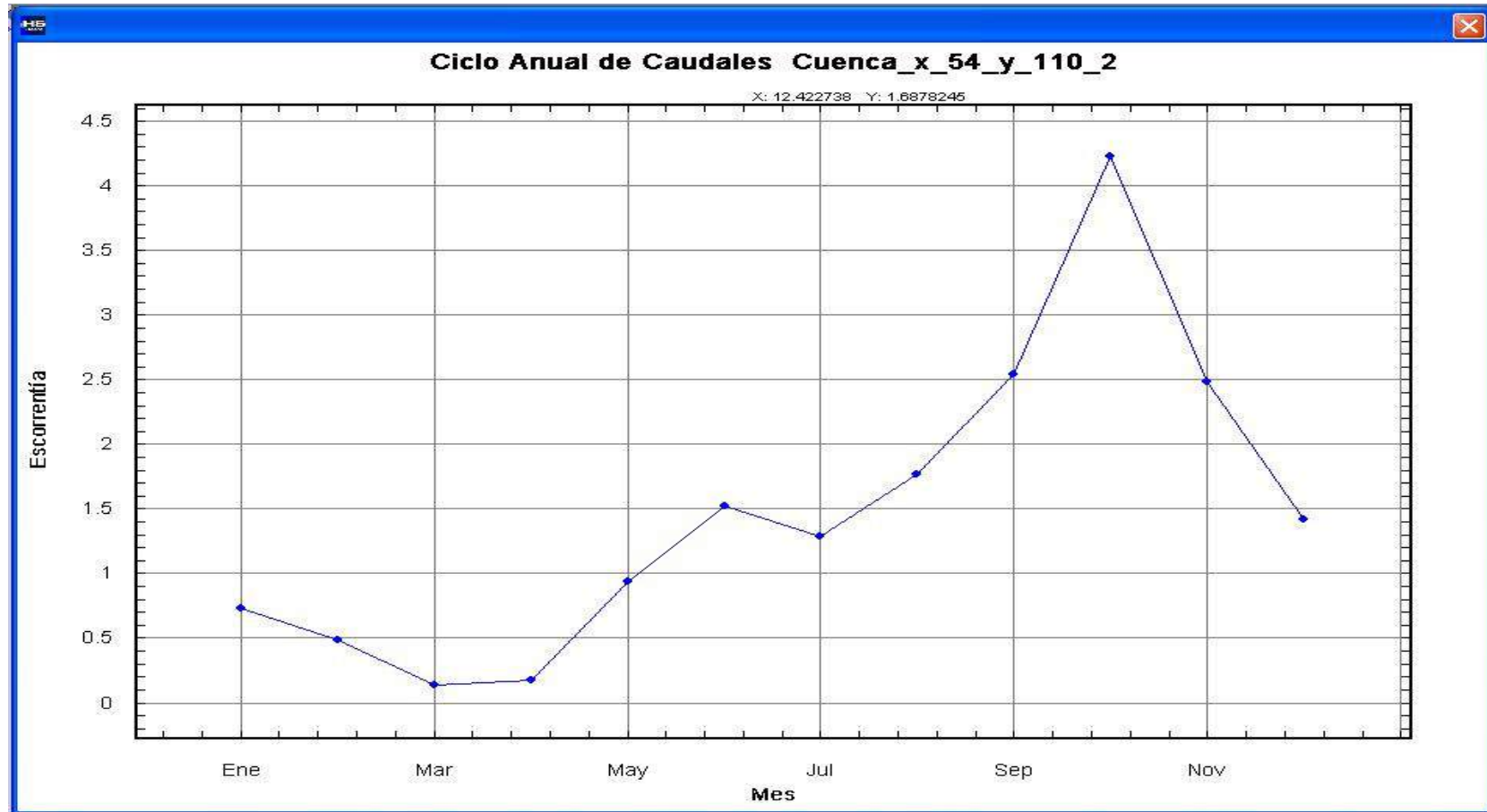


Grafico 61. Ciclo anual de caudales Cuenca del Río Manzanares punto de calibración Quinta de San Pedro



Autores: Edaimén A De Arco Rodríguez - David R De León Pérez

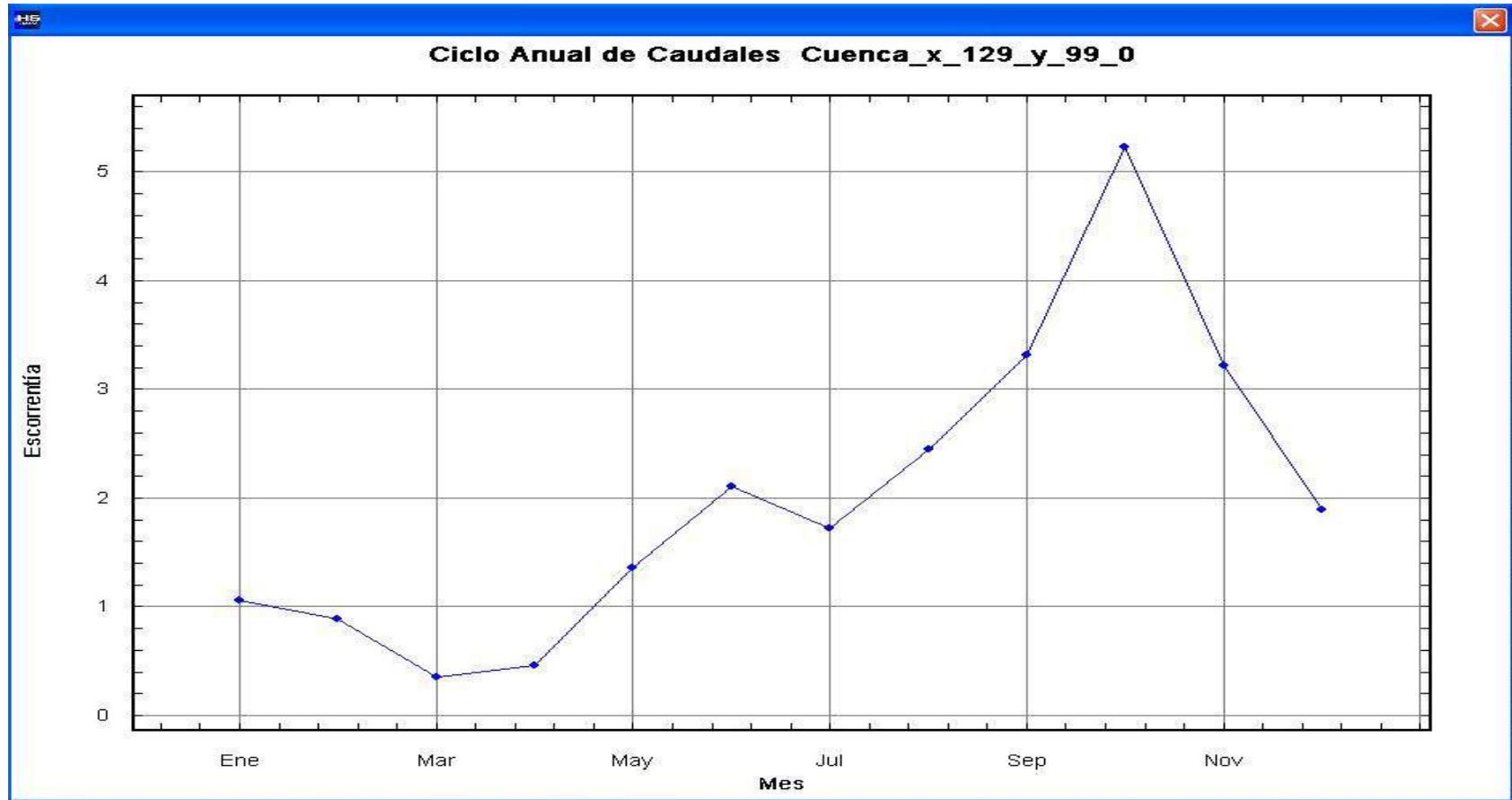


Grafico 62. Ciclo anual de caudales Cuenca del Río Manzanares punto de calibración Paso de los Mangos





## 17. EVALUACIÓN HIDRICA

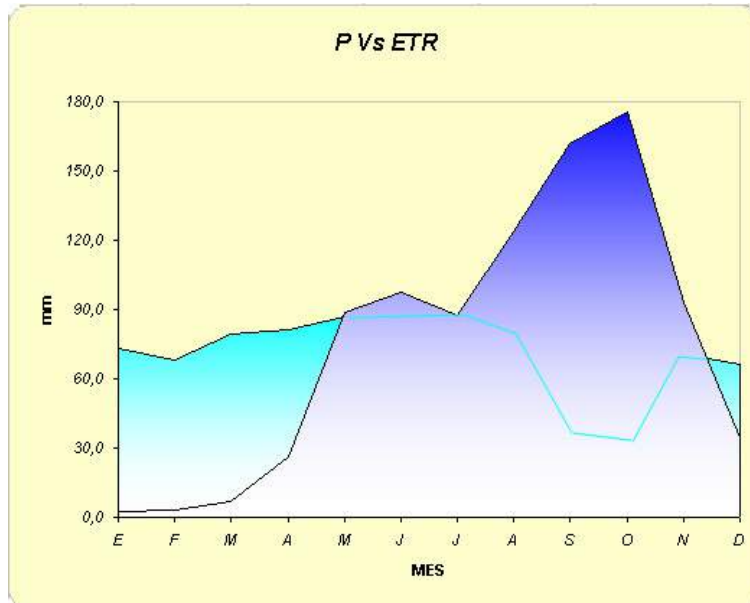


Gráfico 63, evaluación de la Precipitación media contra la Evapotranspiración Real

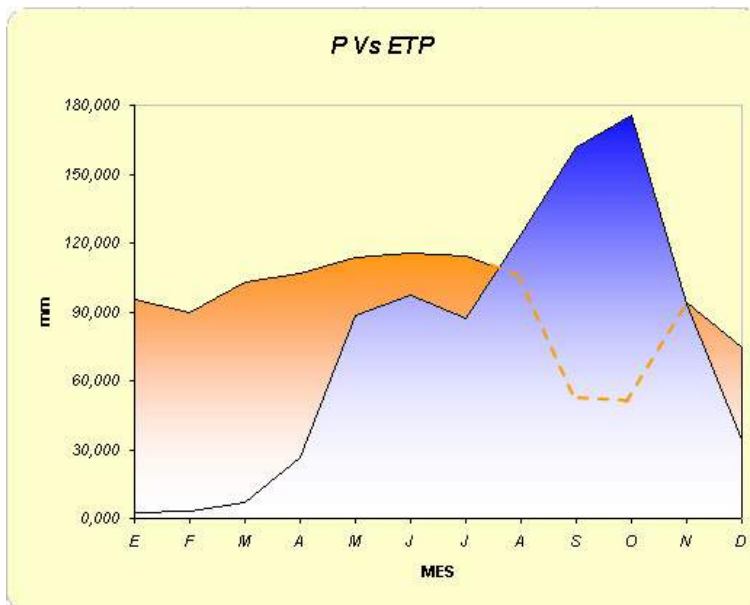


Gráfico 64, evaluación de la Precipitación media contra la Evapotranspiración Potencial

Tal como lo muestran los anteriores gráficos es notorio el hecho de que la cuenca





del Río Manzanares no logra suplir completamente la demanda que se ejerce sobre ella, en estos gráficos se nota que las precipitaciones suplen las necesidades en una parte del año en la cual se tienen excedencias que podrían ser aprovechadas para el almacenamiento siendo esta la idea mas inteligente ante la actual situación de la cuenca del Río Manzanares. A continuación se presenta en forma grafica la evaluación hídrica en general de la cuenca Río Manzanares como resumen del presente proyecto de investigación:

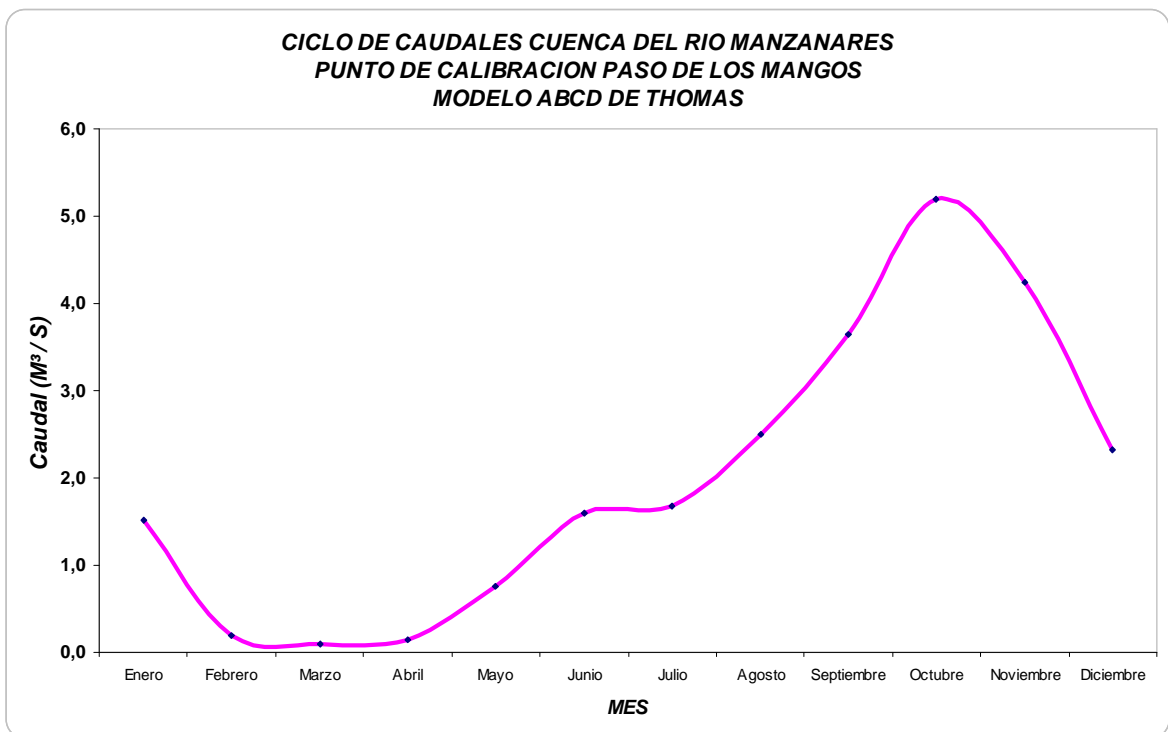


Grafico 65, modelación hidrológica cuenca Río Manzanares punto de calibración P. de los mangos



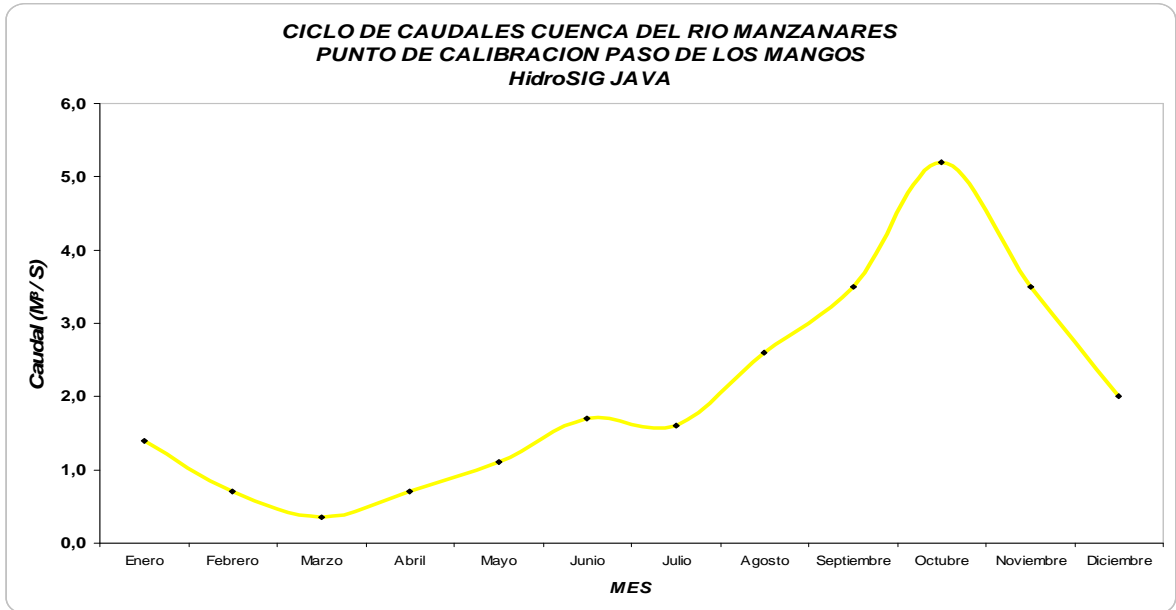


Gráfico 66, modelación hidrológica cuenca Río Manzanares punto de calibración P. de los mangos

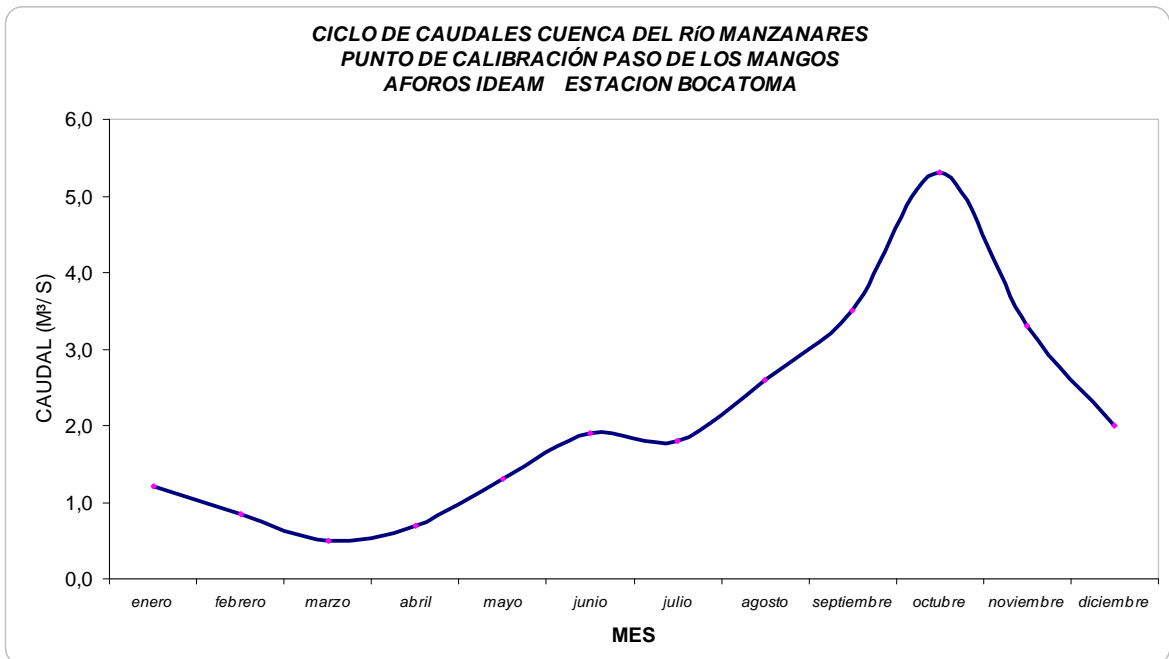


Gráfico 67, Aforos cuenca Río Manzanares Estación Bocatoma, (fuente IDEAM)





### CICLO DE CAUDALES CUENCA DEL RIO MANZANARES PUNTO DE CALIBRACION PASO DE LOS MANGOS

**AFOROS IDEAM . Vs THOMAS abcd Vs Software HidroSiG**

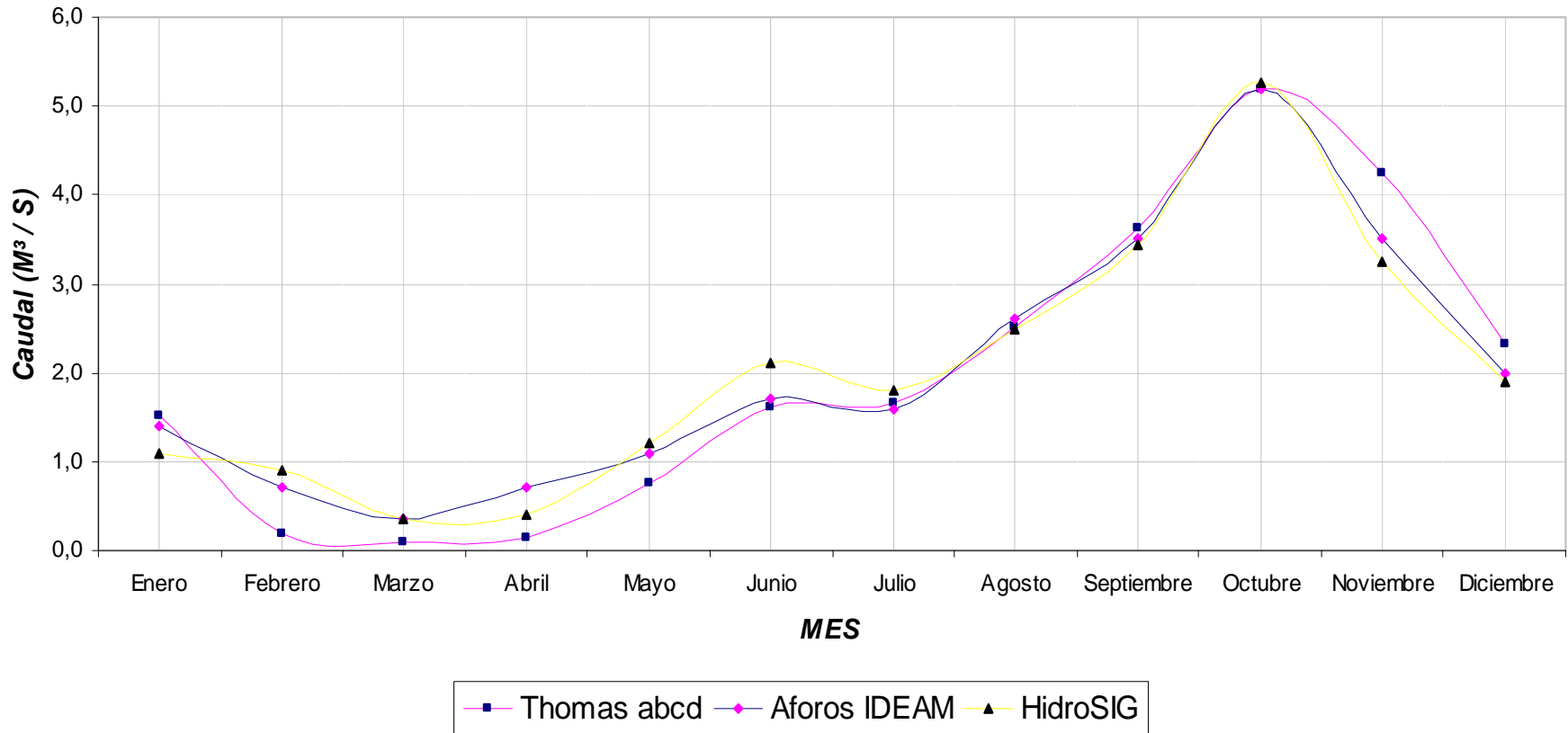


Grafico 68, Ciclo anual de caudales cuenca del Río Manzanares punto de calibración paso de los mangos





En este punto de calibración se muy evidente que las modelaciones están bastante acorde con los ciclos de caudales aforados, llevando la misma tendencia brindando la confianza de que los modelos fueron bien montados tanto en el caso del **HidroSIG** mostrando que fueron bien digitalizadas tanto la cuenca como las variables hidroclimáticas. El siguiente punto de calibración es la Quinta de San Pedro punto intermedio tomado debido a la falta de aforos en la desembocadura y que permite un seguimiento a lo través de la cuenca de los modelos utilizados para que al llegar a la desembocadura se tenga cierta certeza de lo que se está modelando es decir que a través de toda la cuenca los modelos se comportaron de forma muy parecida.

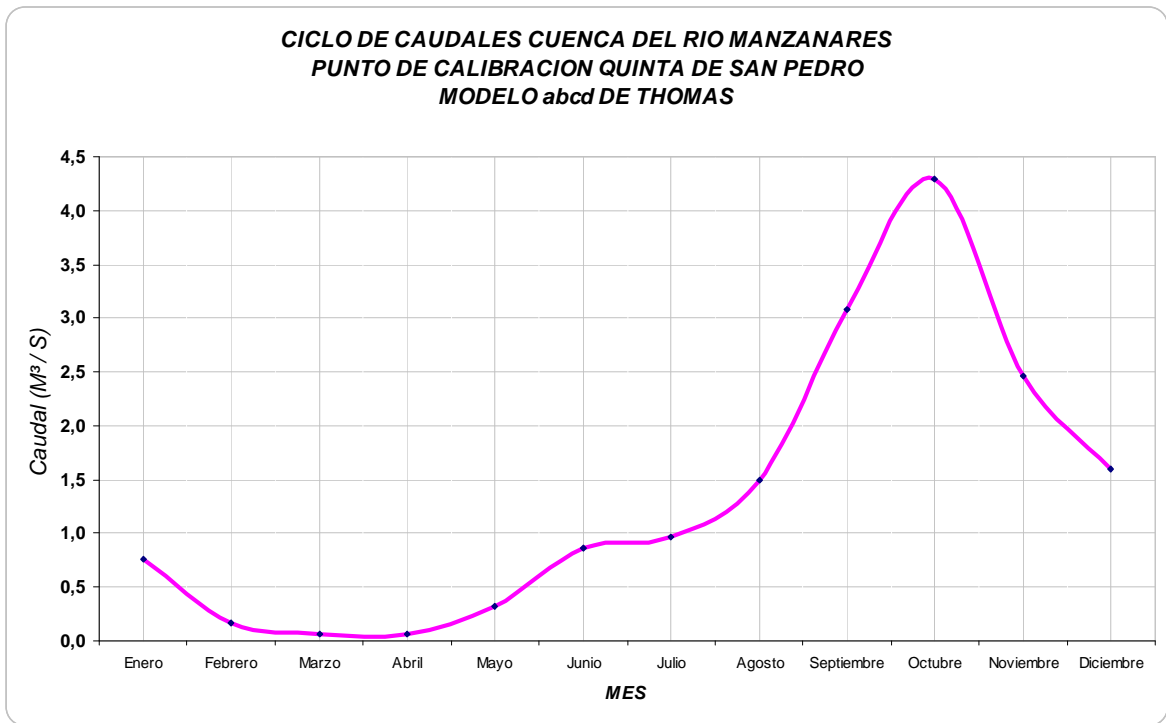


Grafico 69, modelación hidrológica cuenca Río Manzanares punto de calibración Q. de San Pedro



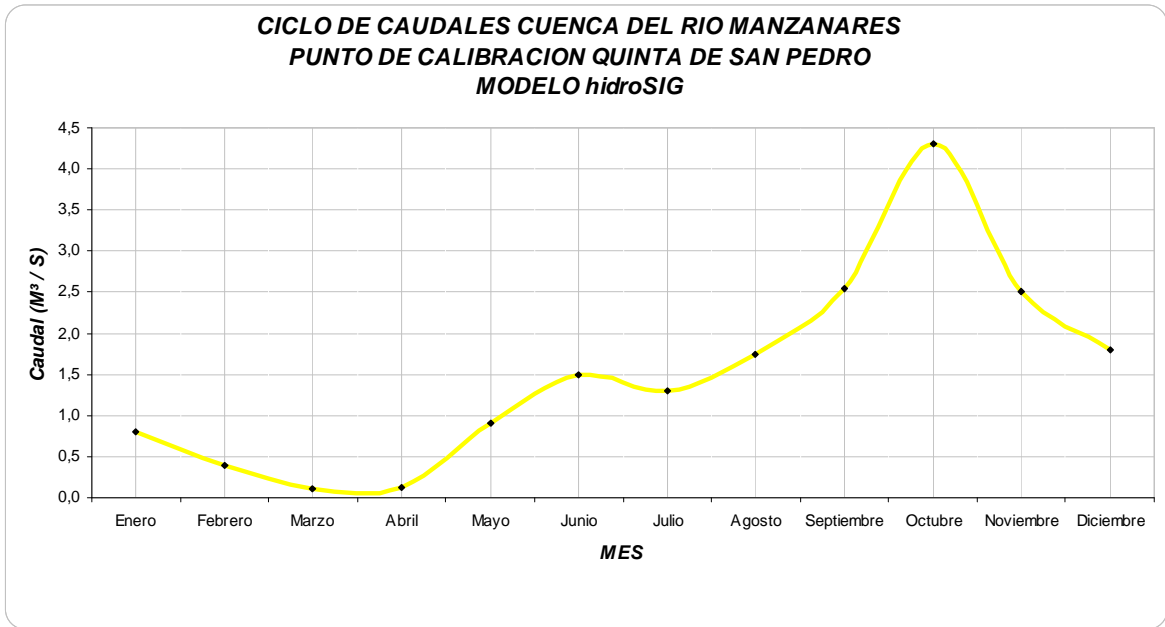


Grafico 70, modelación hidrológica cuenca Río Manzanares punto de calibración P. de los mangos

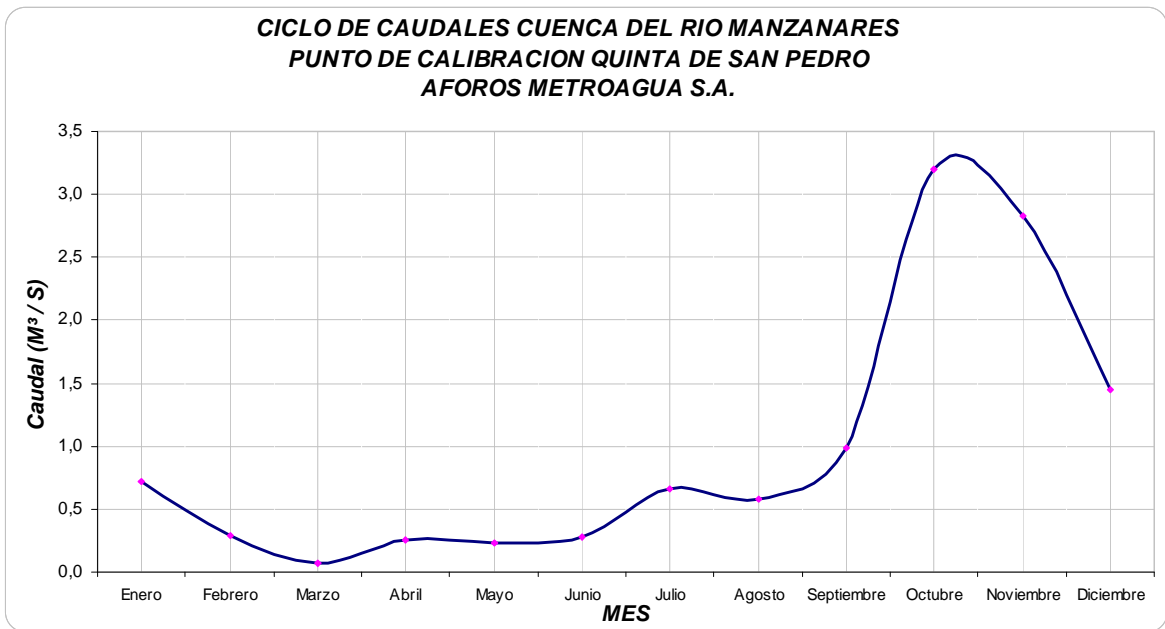


Grafico 71, Aforos cuenca Río Manzanares Quinta de San Pedro, (fuente Metroagua S.A.)







**CICLO DE CAUDALES CUENCA DEL RIO MANZANARES  
PUNTO DE CALIBRACION QUINTA DE SAN PEDRO  
AFOROS METROAGUA S.A. Vs THOMAS abcd Vs SOFTWARE HidroSIG**

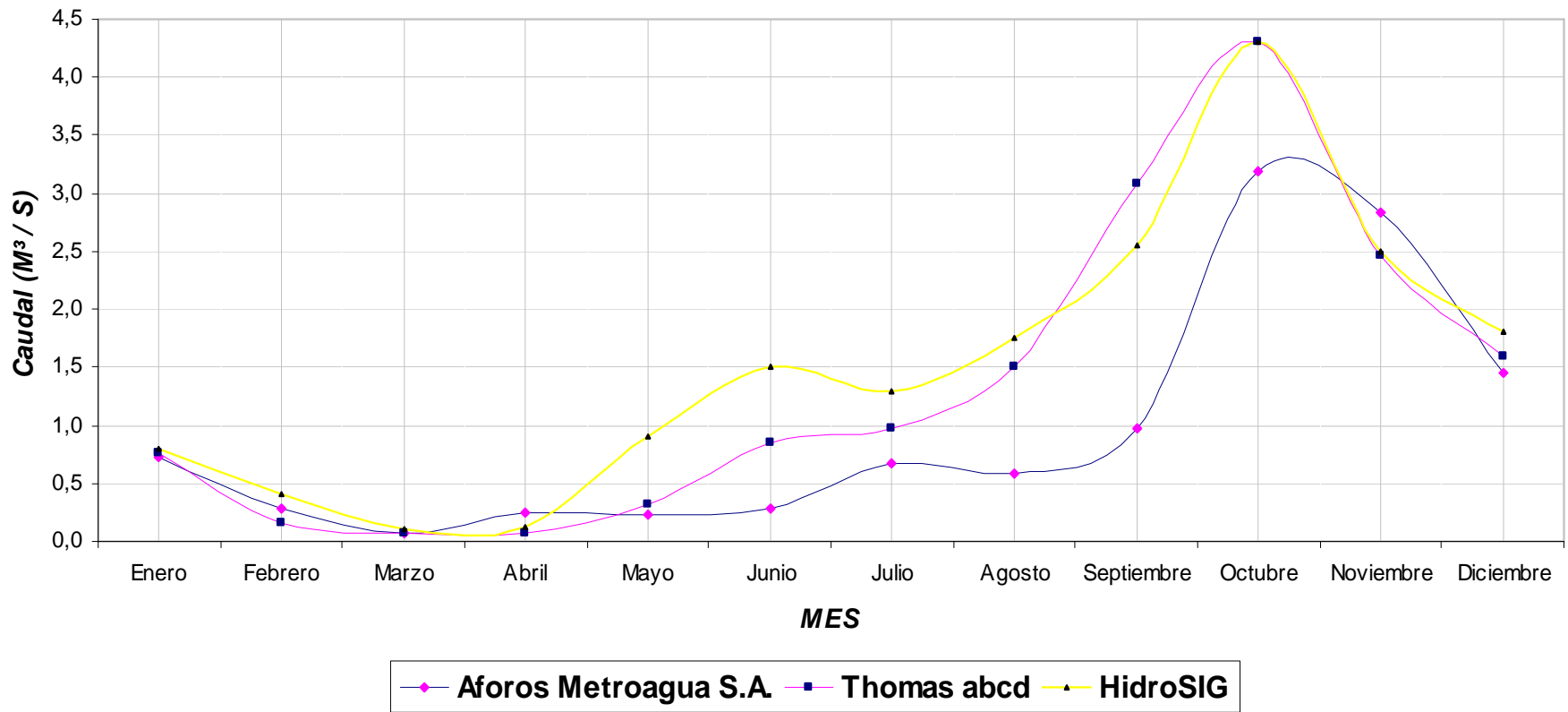


Grafico 72, Ciclo anual de caudales cuenca del Río Manzanares punto de calibración Quinta de San Pedro





Dado el hecho de las múltiples captaciones sin control que se realizan sobre el Río Manzanares es evidente el hecho que entre el cierre de cuenca en el paso de los mangos y el punto de calibración en la Quinta de San Pedro se debían presentar desfases que deben representar los caudales captados por las fincas y demás agentes que realizan sus captaciones en el lecho del río (además del caudal cedido en concesión), estos valores lastimosamente no están establecidos en ninguna de las entidades que se deberían encargar de esto ya que al ser realizadas las averiguaciones no se encontraron datos de captaciones en fincas aledañas al Río Manzanares, por lo cual quedan los datos tabulados a continuación como posibles estimativos de estas captaciones sin control:

Mes	HidroSIG	Thomas abcd	aforos Metroagua	Diferencia	
				HidroSIG - aforos	Thomas - aforos
Enero	0,80	0,77	0,72	0,08	0,05
Febrero	0,40	0,17	0,29	0,11	-0,12
Marzo	0,10	0,06	0,07	0,03	-0,01
Abril	0,12	0,07	0,26	-0,14	-0,19
Mayo	0,90	0,33	0,23	0,67	0,09
Junio	1,50	0,86	0,28	1,22	0,58
Julio	1,30	0,97	0,67	0,63	0,30
Agosto	1,75	1,50	0,58	1,17	0,92
Septiembre	2,55	3,08	0,98	1,57	2,10
Octubre	4,30	4,30	3,20	1,10	1,10
Noviembre	2,50	2,46	2,83	-0,33	-0,36
Diciembre	1,80	1,60	1,45	0,35	0,15

nota: todos los caudales están en m<sup>3</sup>/s

Cuadro 32, Evaluación del estimativo de perdidas por captaciones sin control y demás

En la desembocadura de la cuenca del Río Manzanares punto para el cual al no tener aforos se tienen solamente los valores de las dos modelaciones realizadas y que debido al gran ajuste de estas ante los valores aforados pueden ser tomadas con buena aceptación para el cierre de cuenca en la desembocadura y en cualquier otro punto que se desease tener una evaluación del ciclo de caudales.



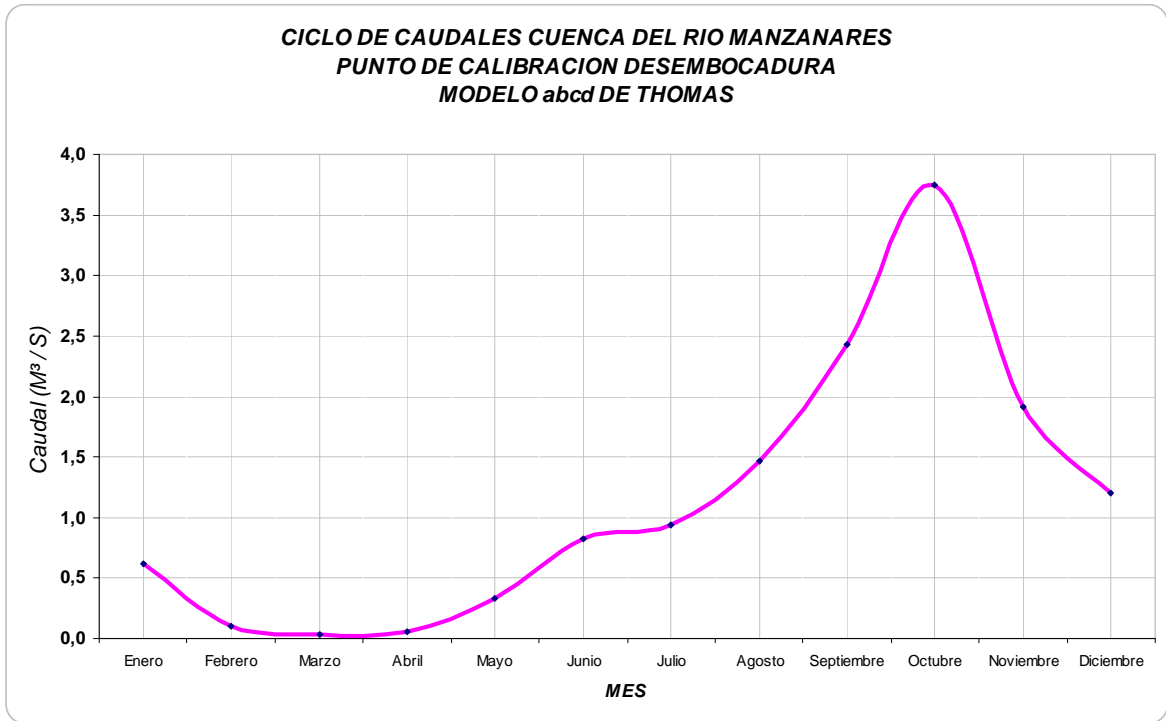


Grafico 73, modelación hidrológica cuenca Río Manzanares punto de calibración Desembocadura

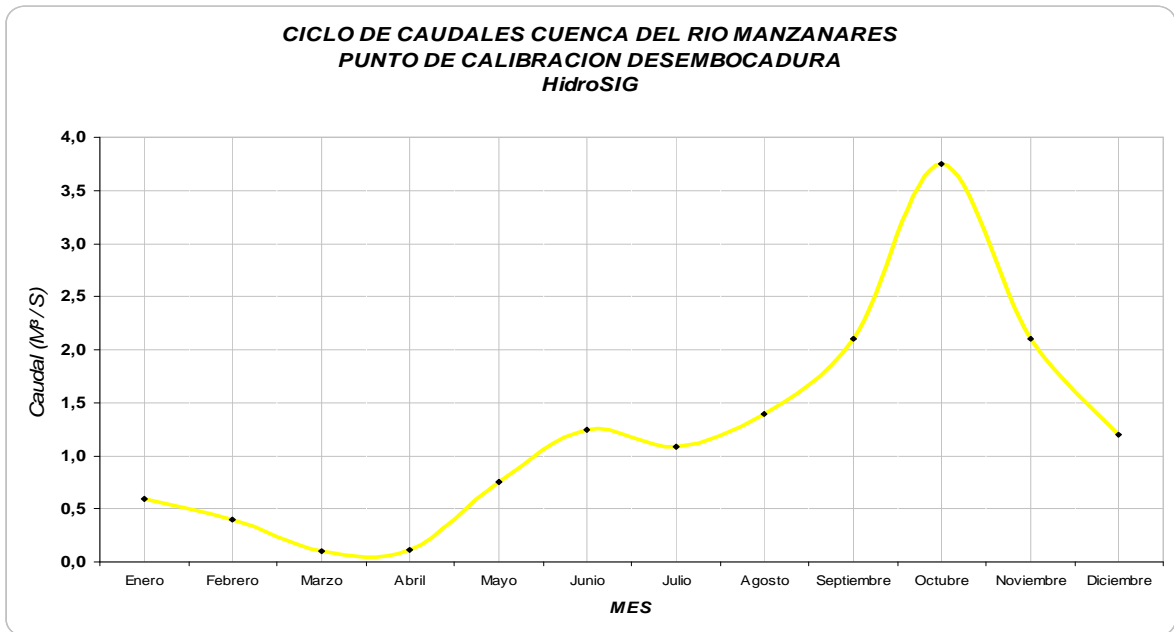


Grafico 74, modelación hidrológica cuenca Río Manzanares punto de calibración Desembocadura





**CICLO DE CAUDALES CUENCA DEL RIO MANZANARES**  
**PUNTO DE CALIBRACION DESEMBOCADURA**  
**MODELO HidroSIG Vs MODELO ABCD DE THOMAS**

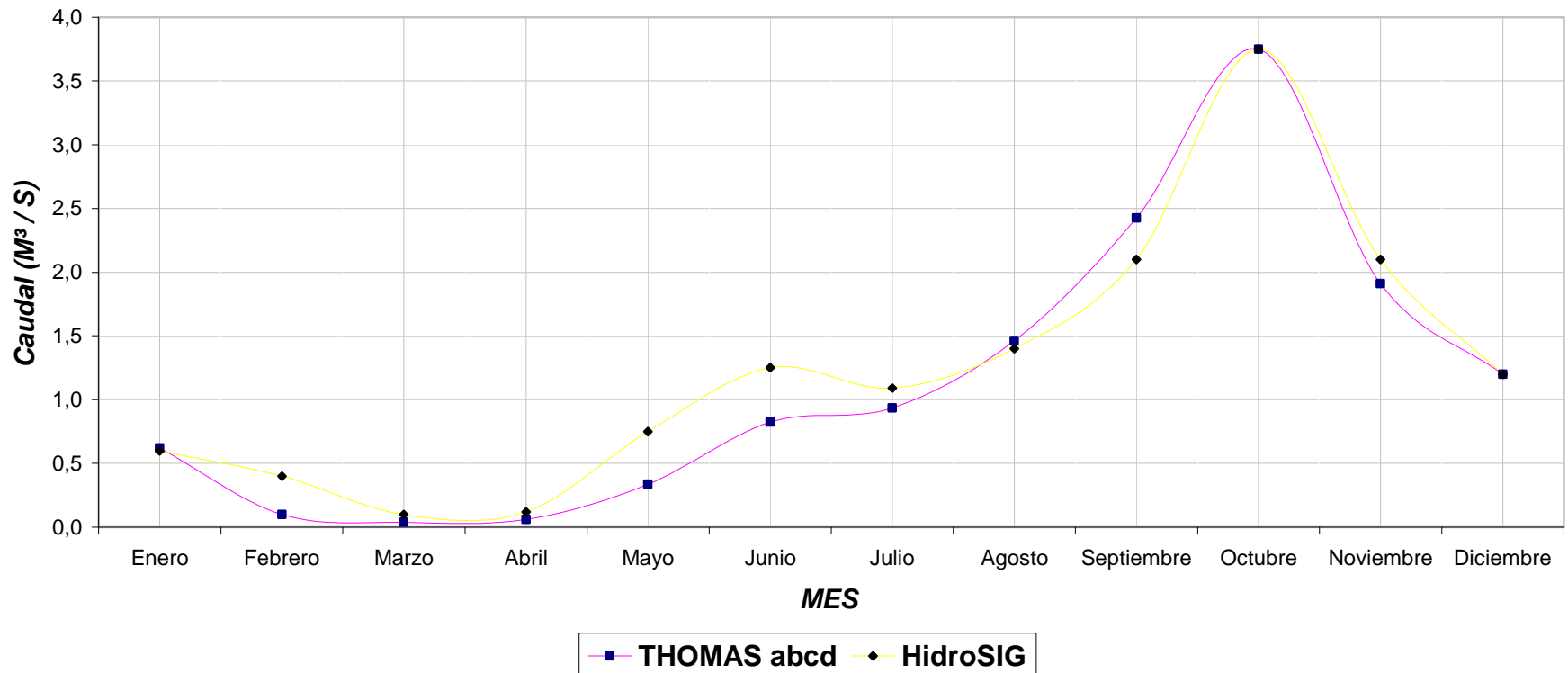


Grafico 75, Ciclo anual de caudales cuenca del Río Manzanares punto de calibración Desembocadura





De otra parte poder visualizar la forma como varia el ciclo de caudales de acuerdo a una misma metodología, ésta es una buena forma de ver cómo es el comportamiento de la cuenca en cada uno de los puntos de calibración dentro de un mismo esquema en el cual se muestren los ciclos de caudales y se pueda ver como varia los caudales de un punto a otro y de un mes a otro siguiendo una buena metodología como se muestran a continuación:

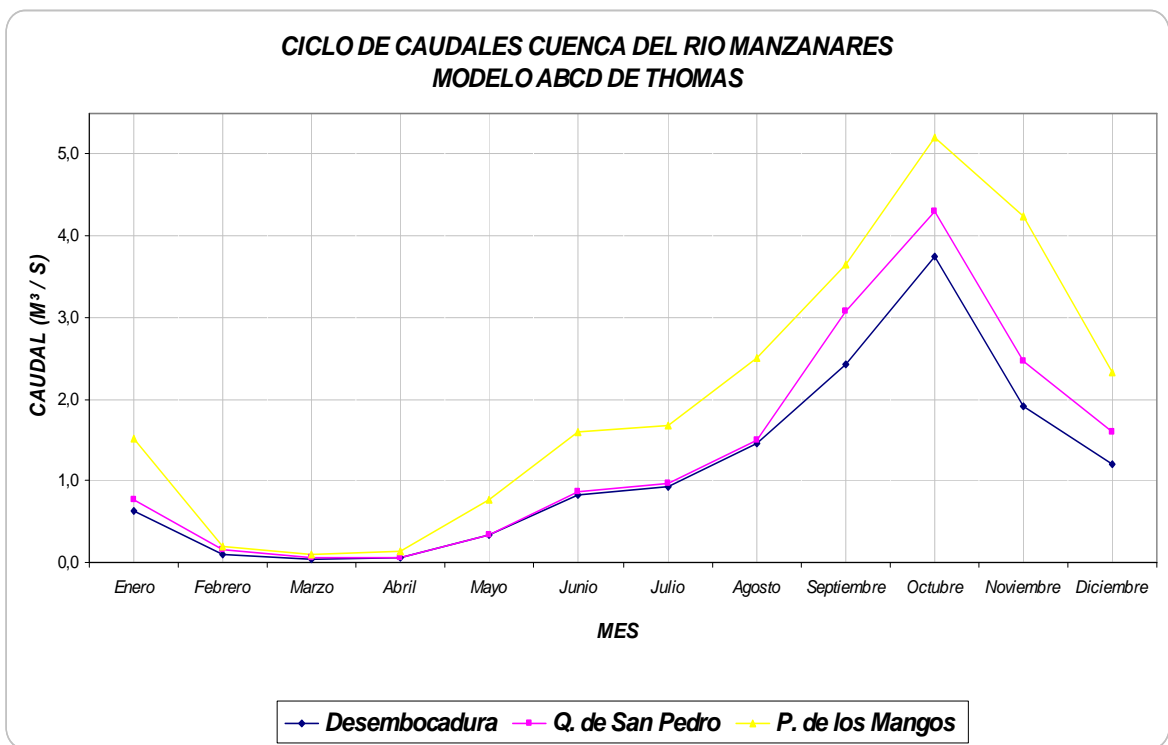


Grafico 76, modelación hidrológica cuenca Río Manzanares Modelo abcd de Thomas



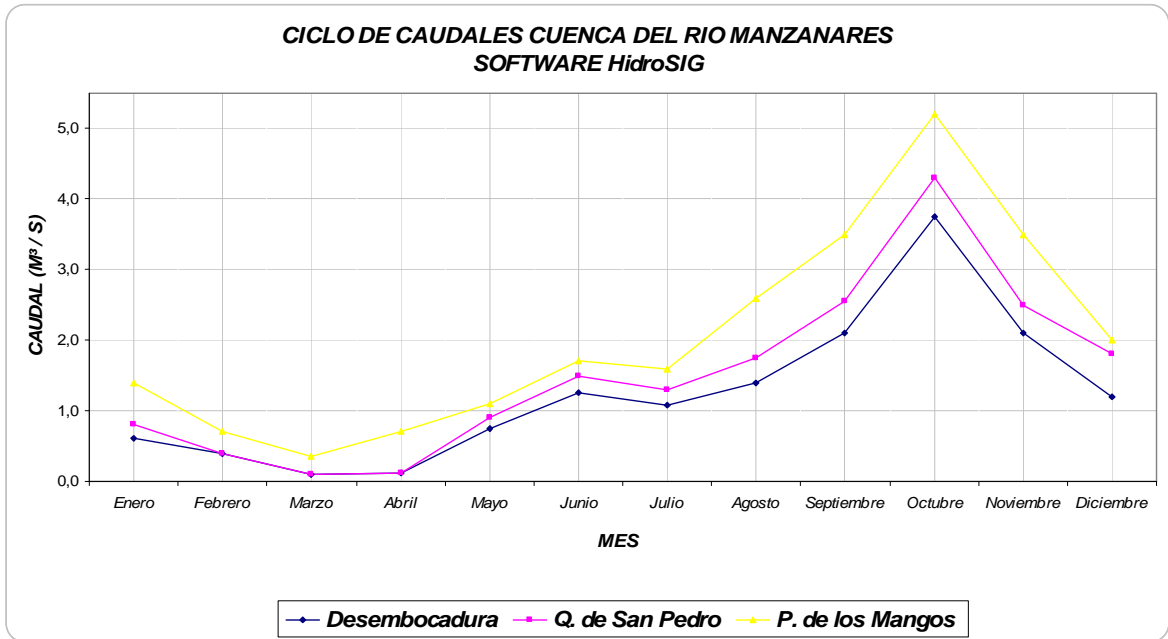


Grafico 77, modelación hidrológica cuenca Río Manzanares Modelo Software HidroSIG

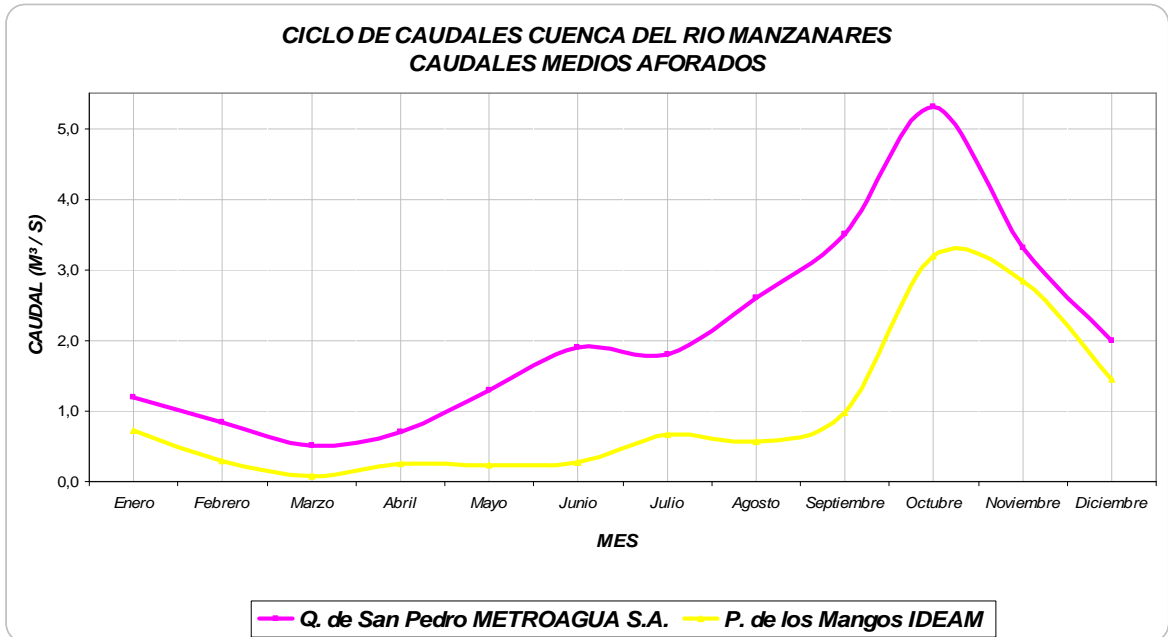


Grafico 78, Ciclo de Caudales aforados medios multianuales cuenca del Río Manzanares



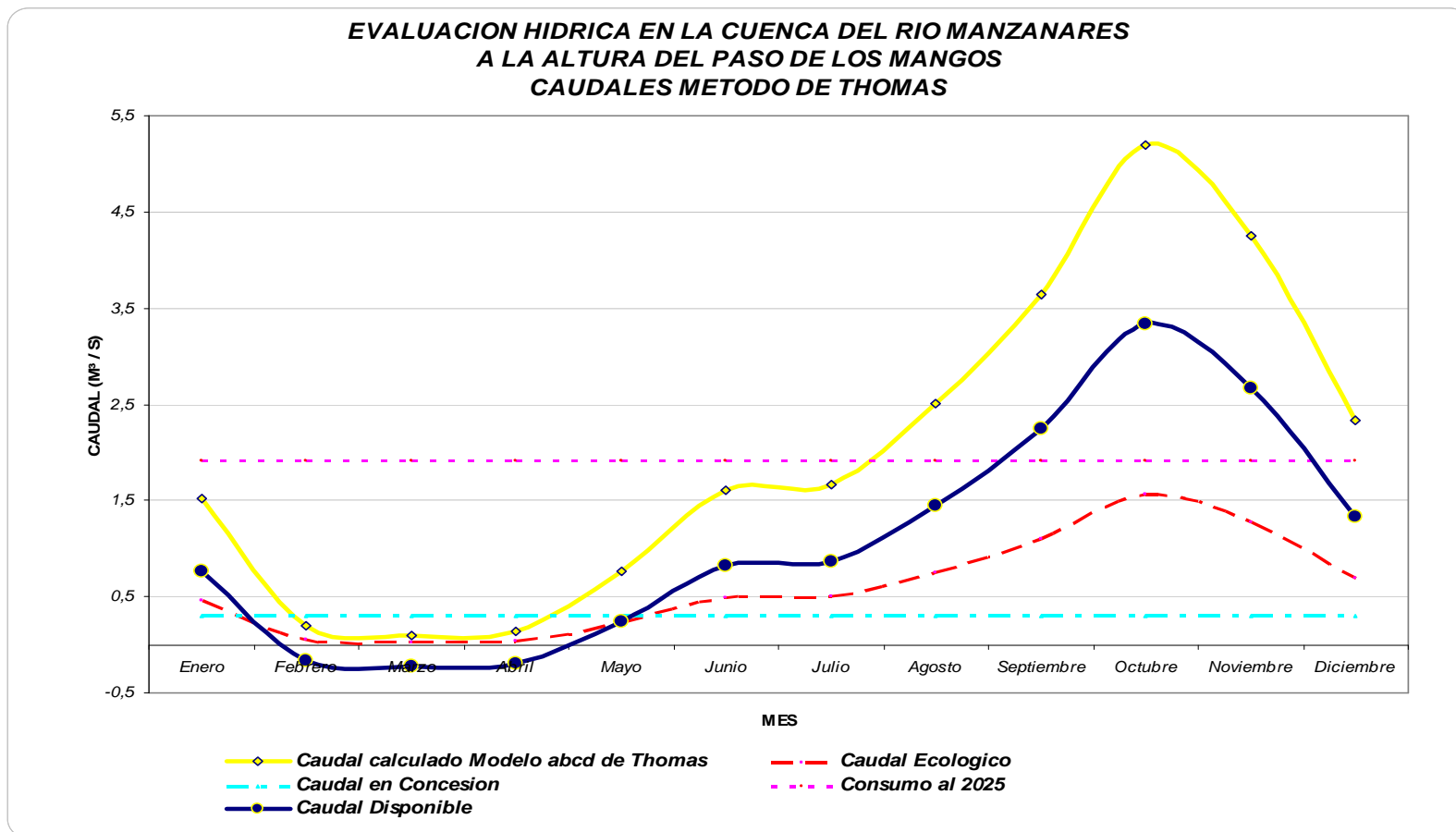


Grafico 79, Caudal disponible en la cuenca del Río Manzanares a la altura de la obra de captación en el paso de los mangos, considerando un caudal ecológico del 30% del caudal circulante



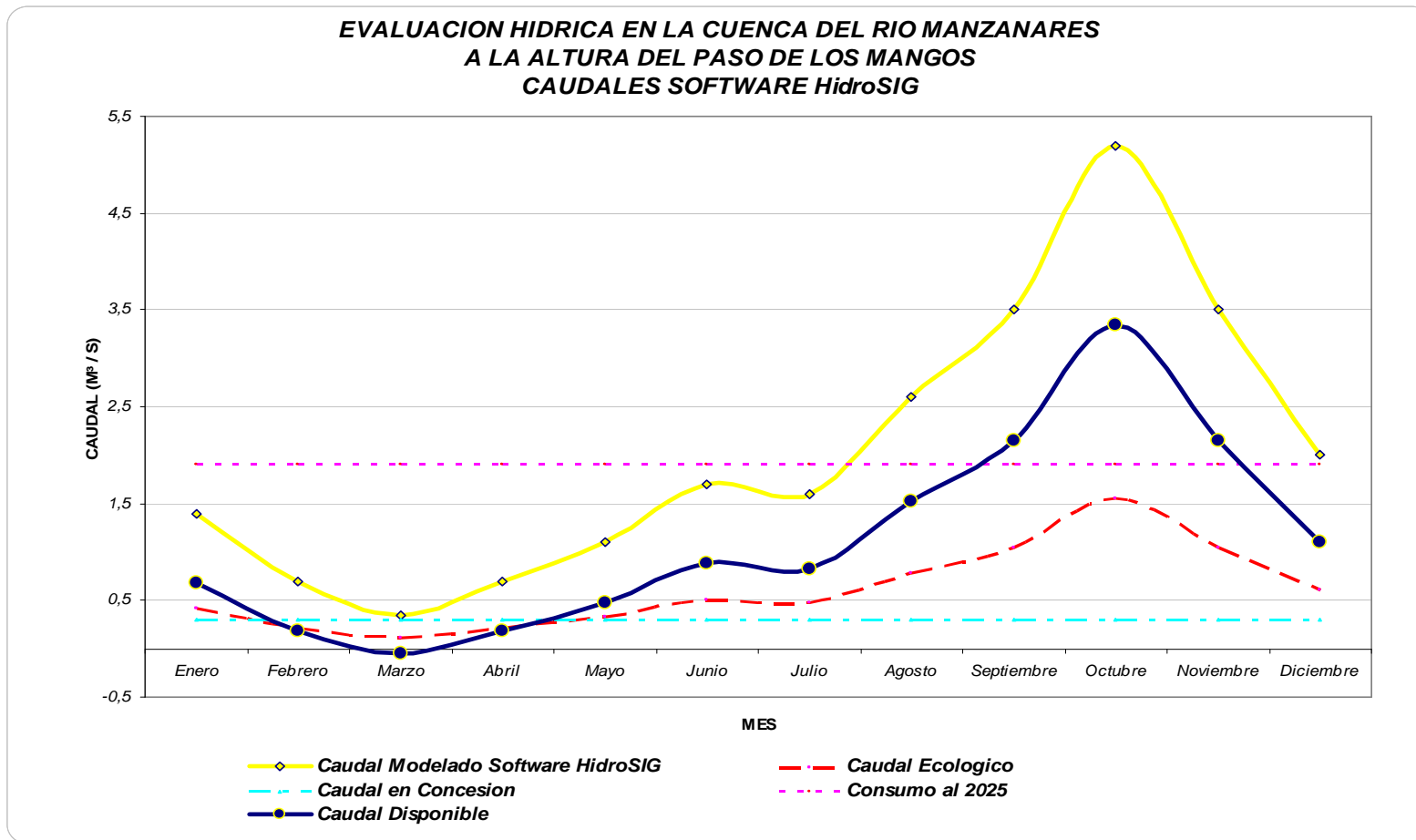


Grafico 80, Caudal disponible en la cuenca del Río Manzanares a la altura de la obra de captación en el paso de los mangos, considerando un caudal ecológico del 30% del caudal circulante





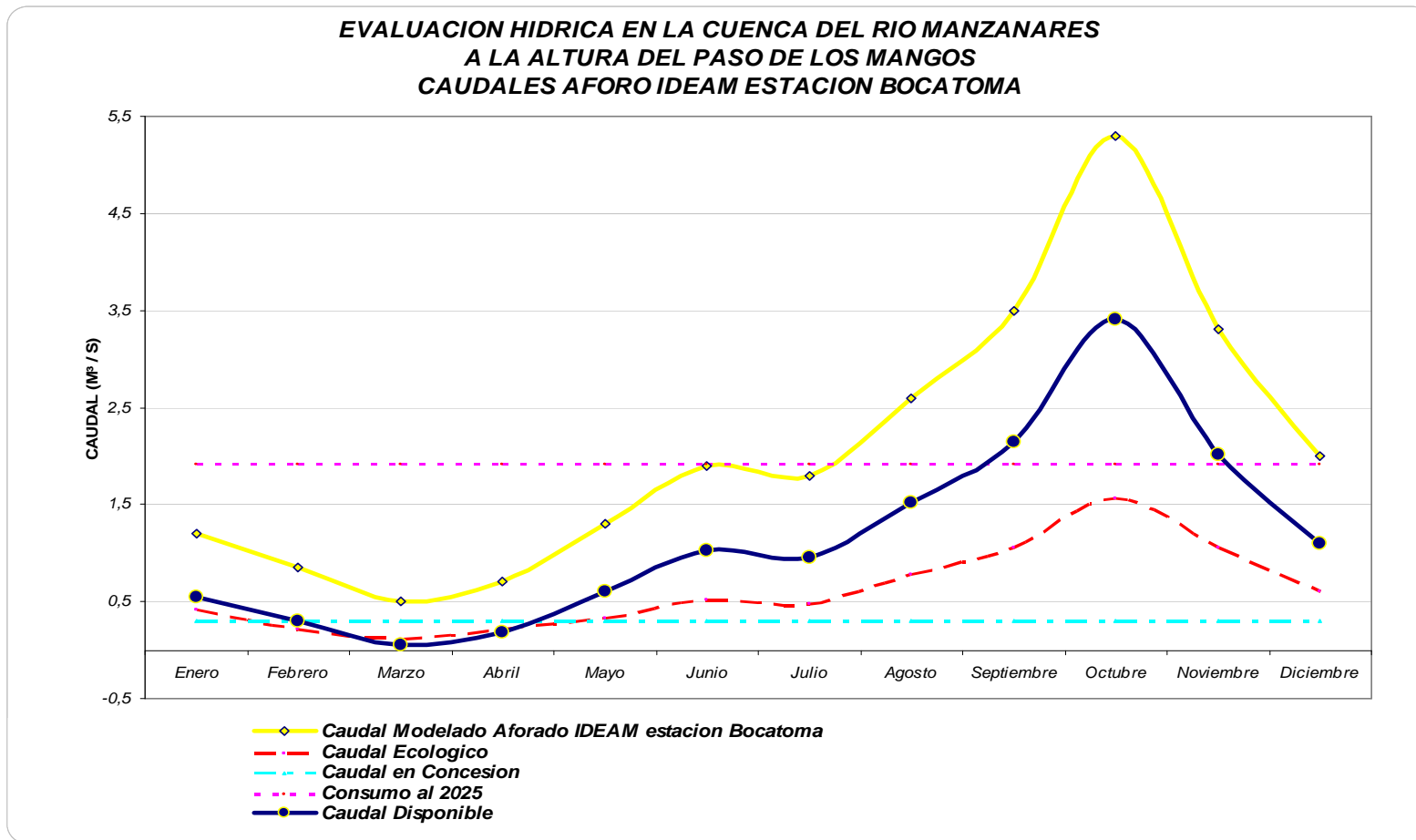


Grafico 81, Caudal disponible en la cuenca del Río Manzanares a la altura de la obra de captación en el paso de los mangos, considerando un caudal ecológico del 30% del caudal circulante





**EVALUACION HIDRICA EN LA CUENCA DEL RIO MANZANARES  
A LA ALTURA DEL PASO DE LOS MANGOS  
CAUDALES PROMEDIO SOFTWARE HIDROSIG - MODELO DE THOMAS**

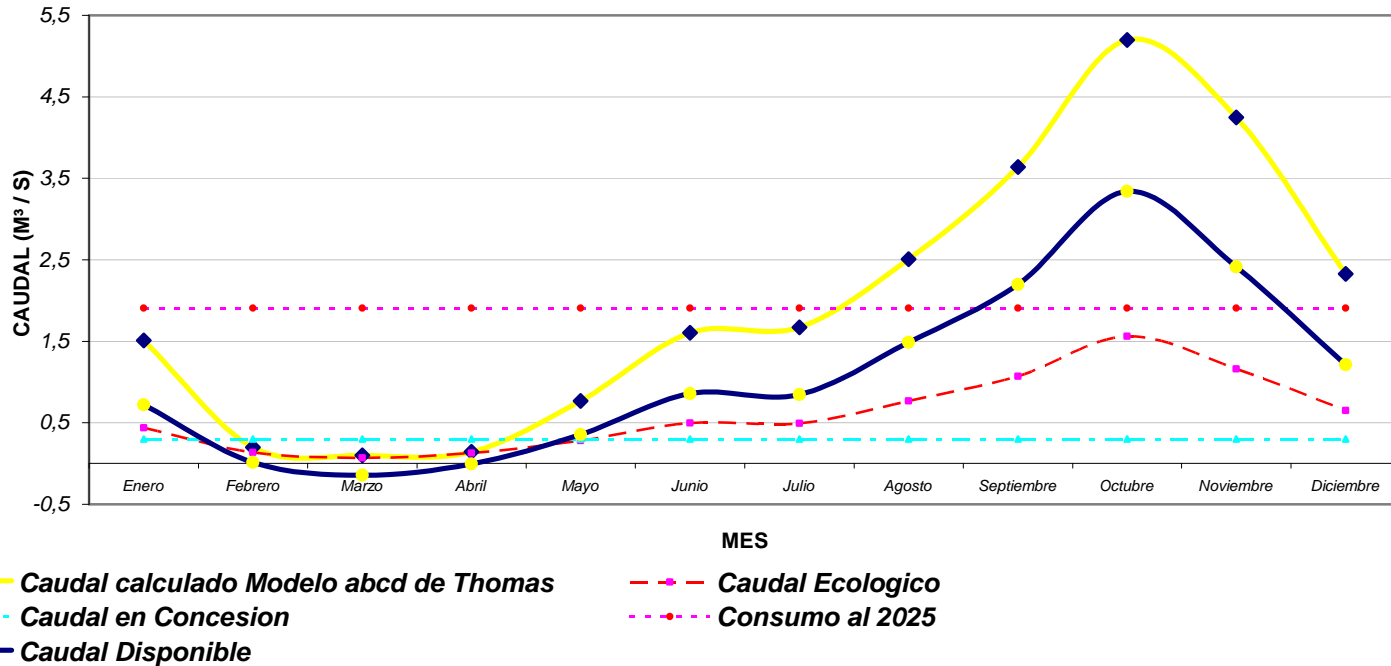


Grafico 82, Caudal disponible en la cuenca del Río Manzanares a la altura de la obra de captación en el paso de los mangos, considerando un caudal ecológico del 30% del caudal circulante





En los gráficos anteriores se representa la evaluación del recurso hídrico de la cuenca del Río Manzanares a la altura de la obra de captación en el paso de los mangos, teniendo en cuenta un caudal ecológico del 30% del caudal que circula por la cuenca en cada uno de los meses del año; en este se muestra claramente que en las épocas secas del año la cuenca presenta un déficit para suplir las demandas a las cuales se ve sometida por el hombre y el medio ambiente que se abastece de ella.

## **18 ANÁLISIS DE LAS SERIES DE TIEMPO (ANSET)**

El análisis de las series de tiempo detallado en el presente proyecto, al no tenerse un registro de caudales con que compararlo nos sirve como estimativo del comportamiento de la cuenca a través del tiempo y además de esto son muy ventajosas ya que en ellas se observa la influencia de los episodios calidos/El Niño y Frío/La Niña los cuales forman parte de un ciclo conocido como El Niño Oscilación del Sur (ENSO) y La niña oscilación del Atlántico Norte, evento que ha cambiado muy notoriamente el comportamiento del medio ambiente en todo el mundo generando extremos muy dañinos, por un lado olas invernales muy fuertes con La Niña y Sequías Severas con El Niño. A continuación se presentan las graficas del análisis de las series de tiempo en la cuenca del Río Manzanares en el periodo 1982 – 1997 debido a la falta de datos en algunas estaciones, por lo cual se tuvo que tomar solo este periodo en el cual de todas las estaciones se obtuvieron datos.



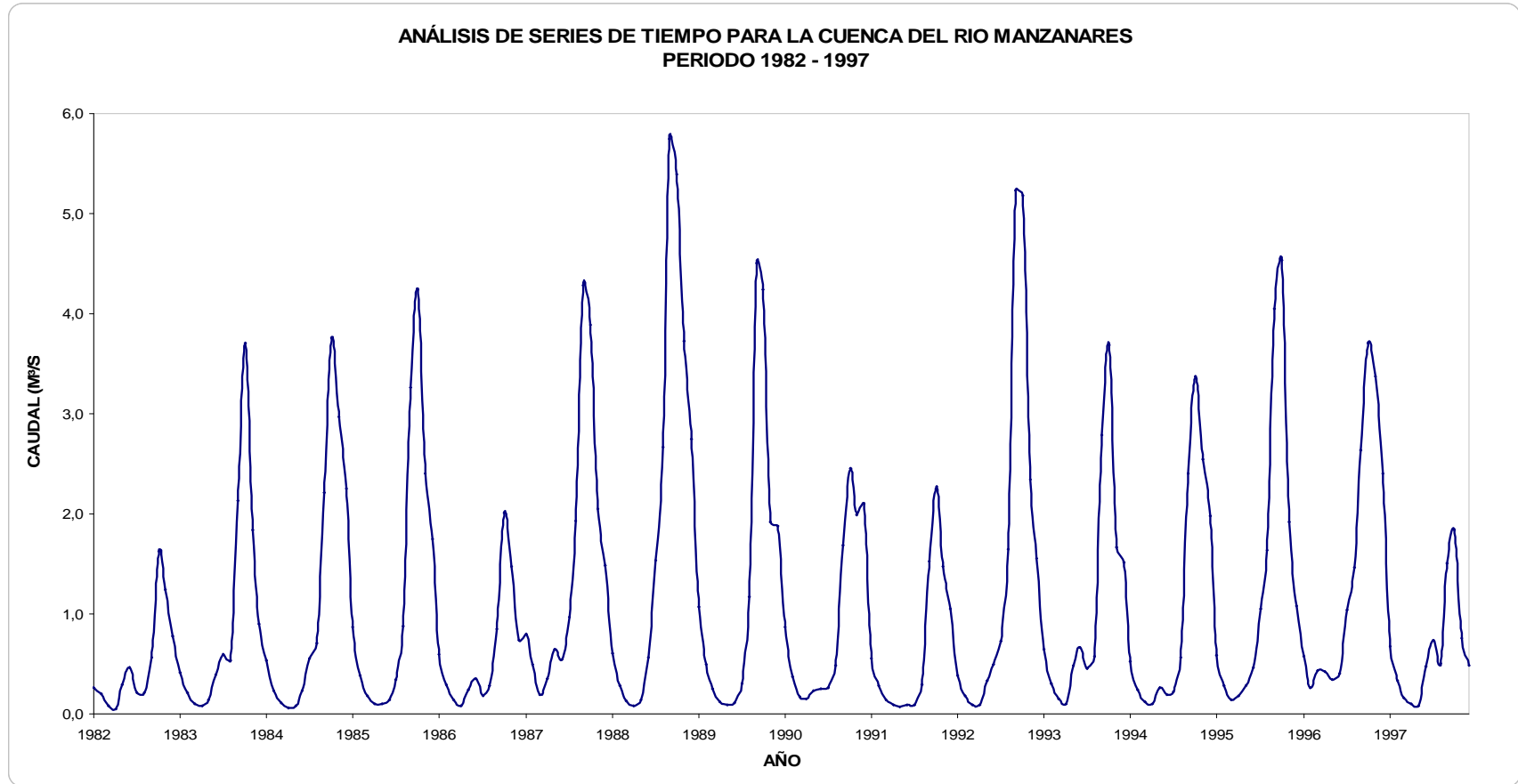


Grafico 83, Análisis de las series de Tiempo en la cuenca del Río Manzanares Periodo 1982 - 1997



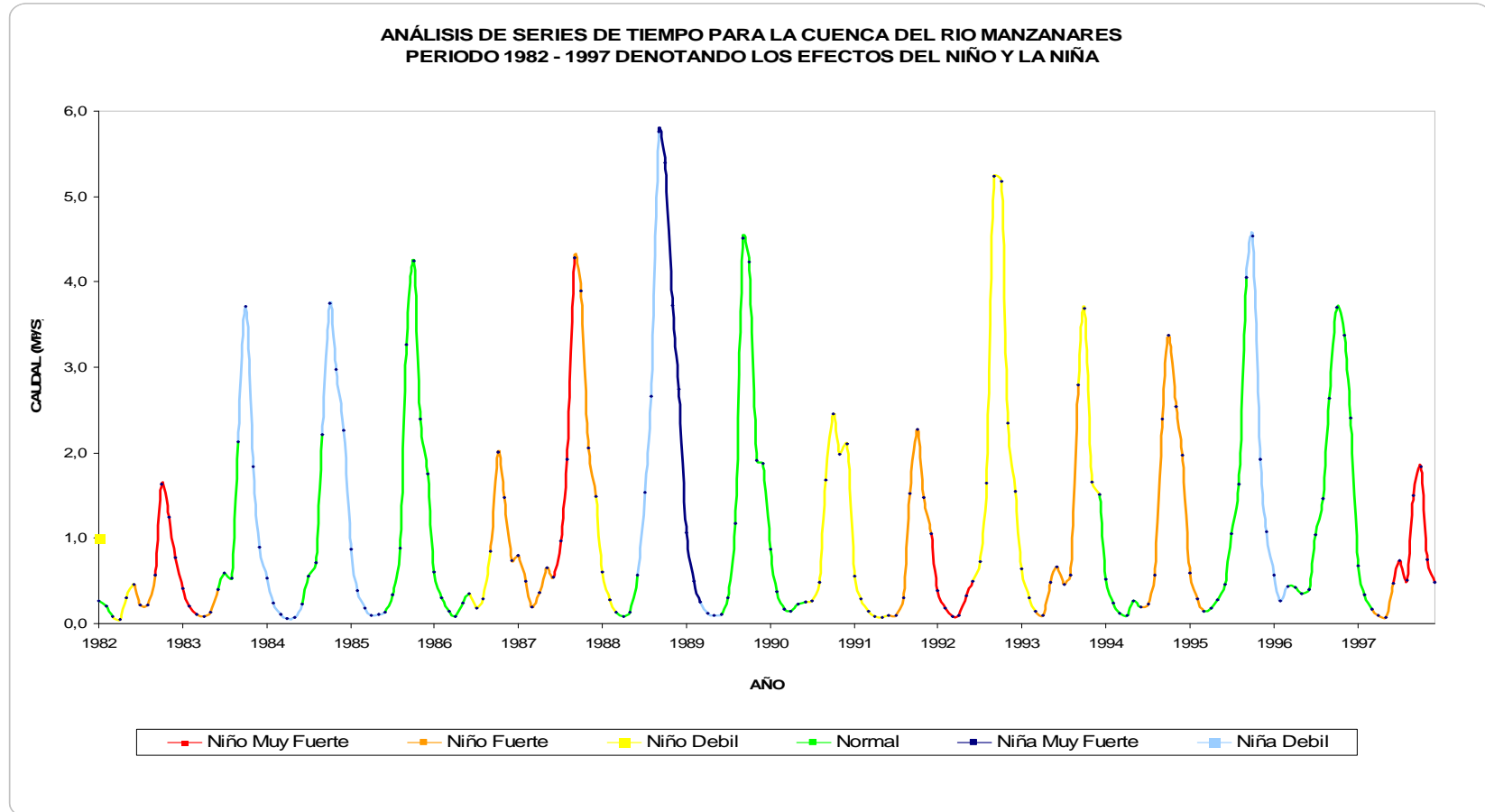


Grafico 84, Análisis de las series de Tiempo en la cuenca del Río Manzanares Periodo 1982 – 1997, denotando periodos con ENSO y NAO





los gráficos de análisis de series de tiempo nos permiten ver como ha sido la posible evolución de los caudales en una cuenca dada a través del tiempo mas sin embargo contrastando los valores del ciclo de caudal para el periodo de tiempo tomado con el análisis hecho por la Universidad del Valle para Colombia en general podemos observar que aun en epocas de El Niño muy fuerte la cuenca se comporta como si estos efectos no actuaran sobre ella o los efectos mostrados por el estudio sean muy generales y se alejen de la realidad de ciertos tipos de cuencas como las cuencas de La Sierra nevada de Santa Marta las cuales cuentan con un régimen totalmente diferente al del resto del país debido a que es un sistema montañoso aislado y aparte de eso esta muy cerca de una costa.

## **CONCLUSIONES**

La cuenca del Río Manzanares definitivamente en la actualidad se encuentra mal administrada debido a que aun en las épocas de estiaje se usa sin control de la conservación del Caudal Ecológico que debe circular a través del río como fuente de vida para el Nicho Ecológico que vive alrededor del mismo (el cual a su vez es fuente de vida para el Río mismo), mas aun cuando no se tiene un estudio detallado que reúna todas las áreas del conocimiento encargadas de los estudios ambientales necesarios para poder conocer a ciencia cierta la disponibilidad del recurso hídrico que podemos aprovechar para nuestros diversos usos, aunque es evidente que nosotros como todo ser vivo tenemos la necesidad de hacer uso del recurso hídrico, también debemos pensar que somos los únicos seres vivos que razonamos para hacer las cosas es decir no hacemos las cosas por instinto y en virtud de esto es que debemos usar nuestra razón para aprovechar nuestros recursos naturales de una manera mas racional valga la redundancia para de esta manera garantizar que mañana mas tarde no nos vayan a hacer falta o que las





generaciones futuras solo puedan ver la belleza de la naturaleza que nos dio el creador en videos o fotos.

## **RECOMENDACIONES**

*A las entidades ambientales:*

*Desarrollar un estudio integral de la cuenca para que este conlleve a un completo plan de manejo ambiental alrededor de la cuenca del Río Manzanares, lo cual sería el primer paso a dar en la conservación de la cuenca misma, además de esto apoyar proyectos como el presente que brindan tan buenas herramientas para darse cuenta de la realidad del estado de nuestros recursos naturales dejando a un lado ese pensamiento poco productivo de que toda la información que ellos manejan es información clasificada y que para su uso se necesita una cantidad de papeleos que finalmente lo que hacen es hacer desistir a los estudiantes de pregrado de realizar proyectos de índole ambiental, ya que a quienes mas interesan los proyectos son quienes menos los apoyan.*

*Realizar un análisis a fondo del comportamiento climático de la cuenca debido a que esta se encuentra en medio del conjunto de cuencas de La Sierra Nevada de Santa Marta las cuales cuentan con regimenes especiales de clima debido a su cercanía de las costas del mar caribe, además de nacer en un sistema montañoso aislado lo cual las hace especiales en su comportamiento.*

*A las autoridades civiles:*





*Emprender campañas de Cultura Ciudadana, en las cuales se muestre la realidad de los recursos de tal manera que generen en la comunidad conciencia de que los recursos naturales no son del todo renovables y que su uso indiscriminado puede desembocar en la extinción.*

*A la Administración del Distrito Turístico, Cultural e Histórico de Santa Marta:*

*Para que aproveche estos trabajos para mostrarle al Gobierno Nacional, que si no realiza una inversión pronto en las cuencas de la sierra nevada estas se seguirán acabando, por lo cual deben trabajar en conjunto, para efectuar inversiones que desemboquen en macroproyectos de control y desarrollo ambiental como por ejemplo el embalse de las aguas de tal manera que se garantice que en época de estiaje el Río aun conserve un caudal que nos garantice el uso humano y la esorrentía mínima para la conservación del nicho ecológico que debe subsistir alrededor del Río Manzanares.*







## **BIBLIOGRAFIA**

### **ESTADISTICA SOBRE EL RECURSO DEL AGUA EN COLOMBIA**

Rodrigo Marín Ramírez, segunda edición. Ministerio de agricultura, HIMAT.1992  
Santa Fe de Bogotá

Planchas Instituto Agustín Codazzi "IGAC" Millón Norte Millón Este. Datum  
Bogotá D.C.

INSTITUTO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Normas Colombianas  
para la Presentación de Tesis de Grado. Bogotá: ICONTEC, 2000 100 p NTC  
1307.

JACQUES WHITFORD ENVIRONMENT. Informe hidrológico para el diseño de las  
estructuras de recarga acuífero de Santa Marta, recarga artificial (1993).  
Universidad de los Andes, Colsiencias, Centro internacional de investigaciones  
para el desarrollo (Canadá).

HERNÁNDEZ, SANTIAGO. Ecología para ingenieros, el impacto ambiental.  
Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos 1995 (Madrid). 427Pag.

Planchas Instituto Agustín Codazzi "IGAC" Millón Norte Millón Este. Datum  
Bogotá D.C.

RIBON MARLLOY, DANILO RODRÍGUEZ. Río Manzanares, recuperación fluvial e  
integral, propuesta de manejo en su zona baja y urbana. Tesis 0002 ic  
Universidad del Magdalena, Tomos I- VIII 2002 (Santa Marta).





CHOW, VEN TE. *Hidrología Aplicada*. Editorial Mc Graw Hill Book Company 1998 (Bogotá). 584 Pág.

SUAREZ, DIAZ JAIME. *Control de erosión en zonas tropicales*. Ediciones Universidad Industrial de Santander (2001)

MONSALVE SÁENZ, GERMÁN. *Hidrológica en la Ingeniería*. ECOE ediciones 1995 (Bogotá). 382 Pág.

DE LEÓN DORIS, NADER RODRÍGUEZ. *Quebrada Tamacá, estudio para la recuperación fluvial, propuesta de manejo en su zona baja y urbana*. Tesis 0002 ic Universidad del Magdalena, Tomos I-VII 2002 (Santa Marta).

INSTITUTO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. *Normas Colombianas para la Presentación de Tesis de Grado*. Bogotá: ICONTEC, 2000 100 p NTC 1307.

DAPPELS, E. C. *Geología básica en ciencias e ingeniería*. Edición omega. S.A. 1963 (Barcelona). 637 Pág.

JUAN PEDRO MARTIN VIDE, *Ingeniería Fluvial*, ediciones UPC universitat politécnica de Catalunya. Editorial escuela Colombiana de Ingeniería (Barcelona) 1959.

ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA. *Instituto de Hidrología, Metereología y Estudios Ambientales, IDEAM*. Bogota 1999.





SIAC “Sistema de Información Ambiental de Colombia” Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. Bogotá 2002.

RODRIGO MARIN RAMIREZ. *Estadísticas Sobre el Recurso Agua en Colombia*. Ministerio de Agricultura, Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras. Segunda edición (Santa Fé de Bogotá) 1992.

MIGUEL ANGEL ESCALLON ORTIZ. *Código Nacional de Recursos Naturales*. Décima primera edición. Editorial Leyer. (Santa fe de Bogotá) 2004.

RODRIGO MARIN RAMIREZ. *El Agua un Derecho Intransferible*. Editorial Kimpres Ltda. (Bogotá, D.C., Colombia) 2004.

JAIME I. VELEZ, GERMAN POVEDA, OSCAR MESA. *Balances Hidrológicos de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Medellín 2000.

FRANCISCO JAVIER APARICION MIJARES. *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Editorial LIMUSA, S.A. Grupo Noriega Editores. México 1997.

EL AGUA UN BIEN PUBLICO. *Ecofondo*. Editorial Tiempos de acción solidaria en defensa de la vida. (Bogotá, D.C. Colombia) 2005.

FORO NACIONAL AMBIENTAL PROYECTO DE LEY DEL AGUA. *Policy paper 5, 6, 7, 8*. (Bogotá Colombia) 2005.





# ***ANEXOS***





## **Anexo 1**

# ***Valores para cálculo de la pendiente media por el método de las cuadrículas***





Cuadro 33 Valores para calculo de la pendiente media por el método de las cuadrículas

PUNTO	COTA Max. (m)	COTA Min.(m)	DISTANCIA PUNTO(m)	DISTANCIA CURVAS(m)	ELEVACIÓN PUNTO(m)	PENDIENTE
1	1950	1900	36,73	87,08	1921,09	57,4%
2	1750	1700	36,8	53,7	1734,26	93,1%
3	2050	2000	51,45	91,54	2028,10	54,6%
4	1800	1750	5,54	142,55	1751,94	35,1%
5	1600	1550	222,81	270,12	1591,24	18,5%
6	1700	1650	16,41	72,86	1661,26	68,6%
7	1500	1450	81,75	86,67	1497,16	57,7%
8	500	475	299,6	301,86	499,81	8,3%
9	475	450	11,06	30,01	459,21	83,3%
10	475	450	58,25	95,99	465,17	26,0%
11	275	250	28,55	73,88	259,66	33,8%
12	325	300	38	57,33	316,57	43,6%
13	450	425	13,8	46,14	432,48	54,2%
14	700	650	10,95	174,38	653,14	28,7%
15	1100	1050	34,99	58,57	1079,87	85,4%
16	1100	1050	18,64	105,97	1058,79	47,2%
17	1000	950	123,98	130,34	997,56	38,4%
18	1100	1050	150,17	208,69	1085,98	24,0%
19	1250	1200	46,5	59,42	1239,13	84,1%
20	1750	1700	23,14	55,38	1720,89	90,3%
21	1500	1450	62,79	79,28	1489,60	63,1%
22	1100	1050	52,01	104,78	1074,82	47,7%
23	900	850	47,97	59,89	890,05	83,5%
24	750	700	118,81	314,58	718,88	15,9%
25	750	700	60,22	113,58	726,51	44,0%
26	900	850	59,62	75,26	889,61	66,4%
27	850	800	2,77	50,06	802,77	99,9%
28	650	600	34,97	119,5	614,63	41,8%
29	325	300	257,07	284,13	322,62	8,8%
30	250	225	52,28	408,97	228,20	6,1%
31	325	300	28,1	100,51	306,99	24,9%
32	375	350	268,02	349,06	369,20	7,2%
33	1200	1150	96,87	114,89	1192,16	43,5%
34	850	800	53,51	119,14	822,46	42,0%
35	600	575	162	186,42	596,73	13,4%
36	550	525	30,77	49,31	540,60	50,7%
37	850	800	81,08	98,37	841,21	50,8%
38	850	800	0,95	60,37	800,79	82,8%





39	650	600	23,19	102,45	611,32	48,8%
40	400	375	2,15	112,55	375,48	22,2%
41	250	225	24,36	201,36	228,02	12,4%
42	150	125	246,51	407,77	140,11	6,1%
43	350	325	6,16	76,09	327,02	32,9%
44	175	150	144,84	272,14	163,31	9,2%
45	1400	1350	74,06	85,86	1393,13	58,2%
46	1000	950	49,73	98,35	975,28	50,8%
47	750	700	618,47	652,84	747,37	7,7%
48	650	600	265,23	279,85	647,39	17,9%
49	650	600	0,17	60,31	600,14	82,9%
50	400	375	15,37	75,01	380,12	33,3%
51	500	475	308,16	324,63	498,73	7,7%
52	575	550	32,47	77,21	560,51	32,4%
53	550	525	4,38	25,66	529,27	97,4%
54	400	375	49,86	216,56	380,76	11,5%
55	175	150	315,3	365,65	171,56	6,8%
56	125	100	271,78	400,96	116,95	6,2%
57	150	125	19,05	359,81	126,32	6,9%
58	75	50	254,46	344,31	68,48	7,3%
59	1150	1100	98,72	125,64	1139,29	39,8%
60	850	800	127,53	307,75	820,72	16,2%
61	850	800	48,41	279,15	808,67	17,9%
62	575	550	77,76	99,65	569,51	25,1%
63	450	425	4,15	48,49	427,14	51,6%
64	400	375	150,88	159,88	398,59	15,6%
65	375	350	120,14	163,69	368,35	15,3%
66	375	350	79,36	182	360,90	13,7%
67	300	275	89,83	106,42	296,10	23,5%
68	300	275	9,69	171,1	276,42	14,6%
69	175	150	207,79	316,88	166,39	7,9%
70	125	100	228,5	378,68	115,09	6,6%
71	75	75	256,66	310,71	75,00	0,0%
72	50	25	3051,78	3756,23	45,31	0,7%
73	50	25	1393,97	2137,84	41,30	1,2%
74	50	25	2231,72	2463,13	47,65	1,0%
75	1400	1400	11,64	81,51	1400,00	0,0%
76	1000	950	77,48	105,6	986,69	47,3%
77	750	700	36,51	153,39	711,90	32,6%
78	550	525	152,42	301,76	537,63	8,3%
79	400	375	4,02	43,37	377,32	57,6%
80	275	250	296,93	375,86	269,75	6,7%
81	325	300	160,84	188,61	321,32	13,3%
82	250	225	368,24	624,19	239,75	4,0%





83	175	150	12,85	273,11	151,18	9,2%
84	175	150	265,73	274,3	174,22	9,1%
85	150	125	143,88	160,26	147,44	15,6%
86	125	100	153,94	247,42	115,55	10,1%
87	100	75	46,08	211,44	80,45	11,8%
88	50	25	2642,17	3225,7	45,48	0,8%
89	50	25	1838,69	3076,03	39,94	0,8%
90	50	25	815,87	2644,8	32,71	0,9%
91	800	750	79,95	82,11	798,68	60,9%
92	750	700	32,32	214,17	707,55	23,3%
93	750	700	7,82	757,37	700,52	6,6%
94	475	450	294,05	307,25	473,93	8,1%
95	300	275	37,62	44,42	296,17	56,3%
96	175	150	250,7	929,2	156,75	2,7%
97	175	150	44,66	604,61	151,85	4,1%
98	125	100	104,13	393,08	106,62	6,4%
99	175	125	50,43	307,56	133,20	16,3%
100	100	100	128,32	199,26	100,00	0,0%
101	150	125	357,87	390,21	147,93	6,4%
102	50	25	469,01	3680,26	28,19	0,7%
103	50	25	1469,01	3680,26	34,98	0,7%
104	50	25	2409,01	3680,26	41,36	0,7%
105	50	25	3409,01	3680,26	48,16	0,7%
106	100	75	53,43	60,02	97,26	41,7%
107	200	150	65,39	66,82	198,93	74,8%
108	900	850	55,32	73,07	887,85	68,4%
109	850	800	11,18	67,68	808,26	73,9%
110	600	550	108,98	136,41	589,95	36,7%
111	400	350	239,71	305,95	389,17	16,3%
112	500	450	65,07	73,82	494,07	67,7%
113	450	425	381,68	448,35	446,28	5,6%
114	250	225	71,99	111,48	241,14	22,4%
115	150	125	97,45	165,44	139,73	15,1%
116	125	100	133,7	137,94	124,23	18,1%
117	100	75	788,64	960,56	95,53	2,6%
118	100	75	2,54	63,82	75,99	39,2%
119	75	50	112,37	394,49	57,12	6,3%
120	75	50	40,16	106,93	59,39	23,4%
121	50	50	288,01	995,74	50,00	0,0%
122	50	25	1778,03	3304,97	38,45	0,8%
123	50	25	1416,88	3861,15	34,17	0,6%
124	25	25	404,21	852,76	25,00	0,0%
125	25	25	1009,63	1597,38	25,00	0,0%
126	25	25	1137,44	2274,87	25,00	0,0%







127	25	25	58,52	378,52	25,00	0,0%
128	650	600	96,12	340,18	614,13	14,7%
129	450	400	96,94	311,21	415,57	16,1%
130	400	350	90,42	169,24	376,71	29,5%
131	300	250	69,66	196,83	267,70	25,4%
132	275	250	32,1	55,23	264,53	45,3%
133	250	225	58,96	342,22	229,31	7,3%
134	175	150	106,94	635,56	154,21	3,9%
135	100	100	417,76	445,08	100,00	0,0%
136	100	75	167,01	379,65	86,00	6,6%
137	100	75	77,46	558,11	78,47	4,5%
138	75	50	858,7	1506,53	64,25	1,7%
139	50	50	126,06	834,72	50,00	0,0%
140	50	25	815,53	1025,09	44,89	2,4%
141	25	25	2206,77	2295,94	25,00	0,0%
142	25	25	1216,69	2295,94	25,00	0,0%
143	25	25	301,36	2295,94	25,00	0,0%
144	25	0	772,06	3637,44	5,31	0,7%
145	25	0	1772,06	3637,44	12,18	0,7%
146	25	0	2772,06	3637,44	19,05	0,7%
147	800	800	4137	66,82	800,00	0,0%
148	700	650	23,81	165,36	657,20	30,2%
149	400	350	87,59	93,65	396,76	53,4%
150	300	250	0,18	591,91	250,02	8,4%
151	250	225	14,66	303,93	226,21	8,2%
152	200	175	69,51	296,69	180,86	8,4%
153	150	125	259,17	350,33	143,49	7,1%
154	125	100	47,95	316,08	103,79	7,9%
155	100	75	363,51	881,97	85,30	2,8%
156	75	50	438,08	819,16	63,37	3,1%
157	50	50	375,45	449,56	50,00	0,0%
158	75	50	343,97	491,66	67,49	5,1%
159	75	50	79,1	361,06	55,48	6,9%
160	150	125	412,38	415,11	149,84	6,0%
161	25	0	5344,41	5469,44	24,43	0,5%
162	25	0	4344,41	5469,44	19,86	0,5%
163	25	0	3344,41	5469,44	15,29	0,5%
164	25	0	2344,41	5469,44	10,72	0,5%
165	25	0	1344,41	5469,44	6,15	0,5%
166	25	0	344,41	5469,44	1,57	0,5%
167	650	600	225,06	428,11	626,29	11,7%
168	500	450	29,69	91,12	466,29	54,9%
169	400	350	3,34	103,03	351,62	48,5%
170	300	250	134,67	193,06	284,88	25,9%





171	350	325	98,87	106,38	348,24	23,5%
172	200	175	378,59	388,16	199,38	6,4%
173	150	125	370,56	720,66	137,85	3,5%
174	100	75	360,62	540,28	91,69	4,6%
175	125	100	221,31	437,21	112,65	5,7%
176	150	125	93,41	181,62	137,86	13,8%
177	275	250	23,75	44,66	263,29	56,0%
178	150	125	36,81	189,76	129,85	13,2%
179	50	25	224,88	784,27	32,17	3,2%
180	50	25	104,55	220,52	36,85	11,3%
181	150	125	55,24	129,55	135,66	19,3%
182	125	100	145,31	155,65	123,34	16,1%
183	25	25	2091,93	2706,83	25,00	0,0%
184	25	25	2589,9	3072,05	25,00	0,0%
185	25	0	231,11	286,46	20,17	8,7%
186	200	175	38,09	44,35	196,47	56,4%
187	125	100	21,09	64,31	108,20	38,9%
188	125	100	27,29	224,26	103,04	11,1%
189	175	150	16,33	19,09	171,39	131,0%
190	425	400	129,03	171,27	418,83	14,6%
191	275	250	33,49	37,67	272,23	66,4%





# **Anexo 2:**

## **Resultados de la estadística hidrológica**





### ESTACION AEROPUERTO SIMON BOLIVAR

DATOS MAYORES	1987		
ENERO			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm)3
1980	0,0	-0,9	-0,8
1981	5,8	4,9	116,8
1982	0,1	-0,8	-0,5
1983	0,0	-0,9	-0,8
1984	6,6	5,7	182,1
1985	6,2	5,3	147,9
1986	1,4	0,5	0,1
1988	0,0	-0,9	-0,8
1989	0,0	-0,9	-0,8
1990	0,0	-0,9	-0,8
1991	0,0	-0,9	-0,8
1992	0,0	-0,9	-0,8
1993	0,9	0,0	0,0
1994	0,0	-0,9	-0,8
1995	0,0	-0,9	-0,8
1996	0,0	-0,9	-0,8
1997	0,0	-0,9	-0,8
1998	0,0	-0,9	-0,8
1999	0,0	-0,9	-0,8
2000	0,9	0,0	0,0
2001	0,0	-0,9	-0,8
2002	0,0	-0,9	-0,8
2003	0,0	-0,9	-0,8
2004	0,0	-0,91	-0,8
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)3</b>
24	0,91	2,1	433,5
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
8,9	23	22	2,3

DATOS MAYORES	1991		
FEBRERO			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm)3
1980	0,5	-0,7	-0,3
1981	0,2	-1,0	-0,9
1982	2,0	0,8	0,6
1983	6,0	4,8	114,1
1984	2,8	1,6	4,5
1985	2,7	1,6	3,8
1986	3,2	2,0	8,6
1987	0,3	-0,9	-0,6
1988	0,5	-0,7	-0,3
1989	0,0	-1,2	-1,5
1990	0,2	-1,0	-0,9
1992	0,0	-1,2	-1,5
1993	0,0	-1,2	-1,5
1994	0,0	-1,2	-1,5
1995	0,0	-1,2	-1,5
1996	0,0	-1,2	-1,5
1997	0,0	-1,2	-1,5
1998	7,3	6,1	232,6
1999	0,8	-0,4	0,0
2000	1,1	-0,1	0,0
2001	0,0	-1,2	-1,5
2002	0,0	-1,2	-1,5
2003	0,0	-1,2	-1,5
2004	0,0	-1,2	-1,5
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)3</b>
24	1,2	2,0	344,4
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
7,7	23	22	2,1

Cuadros 34 y 35 coeficiente de oblicuidad en los meses de Enero y Febrero respectivamente





DATOS MAYORES		1996	
MARZO			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm)3
1980	0,0	-0,5	-0,1
1981	0,7	0,2	0,0
1982	0,0	-0,5	-0,1
1983	0,0	-0,5	-0,1
1984	0,8	0,4	0,1
1985	0,9	0,5	0,1
1986	0,0	-0,5	-0,1
1987	0,2	-0,3	0,0
1988	0,0	-0,5	-0,1
1989	0,1	-0,4	0,0
1990	1,2	0,7	0,4
1991	0,0	-0,5	-0,1
1992	0,0	-0,5	-0,1
1993	0,8	0,3	0,0
1994	0,0	-0,5	-0,1
1995	2,3	1,8	6,2
1997	0,0	-0,5	-0,1
1998	1,2	0,7	0,4
1999	2,7	2,2	11,2
2000	0,0	-0,5	-0,1
2001	0,0	-0,5	-0,1
2002	0,1	-0,4	0,0
2003	0,0	-0,5	-0,1
2004	0,0	-0,5	-0,1
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)3</b>
24	0,5	0,8	17,0
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
0,4	23	22	1,9

ABRIL			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm)3
1980	18,6	8,0	515,8
1981	38,2	27,6	21069,3
1982	29,9	19,3	7210,9
1983	1,2	-9,4	-825,4
1984	13,7	3,1	30,0
1985	0,2	-10,4	-1118,5
1986	7,0	-3,6	-45,9
1987	29,4	18,8	6665,4
1988	0,0	-10,6	-1184,4
1989	0,0	-10,6	-1184,4
1990	1,8	-8,8	-676,9
1991	0,0	-10,6	-1184,4
1992	28,4	17,8	5658,4
1993	2,6	-8,0	-508,3
1994	0,4	-10,2	-1055,1
1995	0,0	-10,6	-1184,4
1996	9,0	-1,6	-3,8
1997	0,5	-10,1	-1024,3
1998	10,6	0,0	0,0
1999	39,0	28,4	22953,7
2000	2,7	-7,9	-489,4
2001	0,0	-10,6	-1184,4
2002	9,0	-1,6	-3,9
2003	4,3	-6,3	-247,7
2004	18,0	7,4	408,4
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)3</b>
25	10,6	12,9	52590,4
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
2123,7	24	23	1,1

Cuadros 36 y 37 coeficiente de oblicuidad en los meses de Marzo y Abril respectivamente





DATOS MENORES	1997		
MAYO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	85,0	22,3	11040,1
1981	112,6	49,9	124003,6
1982	46,8	-15,9	-4044,9
1983	3,1	-59,6	-212062,8
1984	56,1	-6,6	-292,0
1985	6,7	-56,0	-175928,6
1986	108,0	45,3	92755,4
1987	105,2	42,5	76585,8
1988	62,0	-0,7	-0,4
1989	34,6	-28,1	-22266,8
1990	23,1	-39,6	-62255,5
1991	26,3	-36,4	-48360,7
1992	47,3	-15,4	-3675,9
1993	141,1	78,4	481278,2
1994	0,7	-62,0	-238711,2
1995	60,2	-2,5	-16,3
1996	62,3	-0,4	-0,1
1998	136,6	73,9	403039,6
1999	3,7	-59,0	-205726,0
2000	7,0	-55,7	-173118,0
2001	76,2	13,5	2442,3
2002	94,0	31,3	30566,8
2003	64,5	1,8	5,5
2004	142,5	79,8	507535,4
n	Media	S	sumat(xi-Xm) <sup>3</sup>
24	62,7	45,4	582793,6
S3	n-1	n-2	Cs
93336,2	23	22	0,3

DATOS MENORES	1994		
JUNIO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	76,6	17,0	4908,6
1981	42,0	-17,6	-5456,5
1982	43,7	-15,9	-4023,6
1983	134,5	74,9	420103,5
1984	49,1	-10,5	-1151,7
1985	34,2	-25,4	-16397,0
1986	16,7	-42,9	-78981,9
1987	5,5	-54,1	-158385,4
1988	84,2	24,6	14877,6
1989	28,4	-31,2	-30386,3
1990	26,8	-32,8	-35304,1
1991	32,4	-27,2	-20135,0
1992	29,3	-30,3	-27832,2
1993	36,9	-22,7	-11705,0
1995	45,1	-14,5	-3051,9
1996	40,7	-18,9	-6756,8
1997	156,5	96,9	909708,9
1998	149,6	90,0	728875,5
1999	101,4	41,8	73007,8
2000	71,2	11,6	1558,8
2001	16,4	-43,2	-80650,3
2002	133,7	74,1	406784,6
2003	61,7	2,1	9,2
2004	13,9	-45,7	-95476,1
n	Media	S	sumat(xi-Xm) <sup>3</sup>
24	59,61	44,8	1984140,6
S3	n-1	n-2	Cs
90027,3	23	22	1,0

Cua  
dros

38 y 39 coeficiente de oblicuidad en los meses de Mayo y Junio respectivamente





DATOS MAYORES		1988	
JULIO			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	44,0	-5,8	-195,6
1981	64,7	14,9	3304,6
1982	7,8	-42,0	-74114,5
1983	56,1	6,3	249,5
1984	38,0	-11,8	-1636,8
1985	71,3	21,5	9931,4
1986	11,7	-38,1	-55328,1
1987	113,6	63,8	259633,0
1989	31,6	-18,2	-6033,5
1990	9,4	-40,4	-65963,7
1991	17,2	-32,6	-34661,9
1992	116,0	66,2	290051,8
1993	23,5	-26,3	-18201,8
1994	25,9	-23,9	-13660,5
1995	89,0	39,2	60213,2
1996	105,5	55,7	172762,2
1997	30,0	-19,8	-7768,3
1998	37,6	-12,2	-1818,1
1999	48,2	-1,6	-4,1
2000	61,2	11,4	1479,6
2001	13,4	-36,4	-48248,4
2002	18,0	-31,8	-32172,6
2003	112,4	62,6	245255,6
2004	49,2	-0,6	-0,2
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
24	49,81	35,2	683072,7
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
43439,5	23	22	0,7

AGOSTO			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	26,5	-31,1	-30109,1
1981	95,7	38,1	55263,0
1982	16,1	-41,5	-71524,8
1983	13,1	-44,5	-88180,3
1984	50,0	-7,6	-434,0
1985	140,0	82,4	559273,4
1986	92,4	34,8	42108,0
1987	45,6	-12,0	-1732,3
1988	139,2	81,6	543139,6
1989	45,6	-12,0	-1732,3
1990	48,4	-9,2	-781,2
1991	21,6	-36,0	-46694,7
1992	63,5	5,9	204,3
1993	36,4	-21,2	-9541,6
1994	28,7	-28,9	-24162,5
1995	97,5	39,9	63473,6
1996	16,2	-41,4	-71009,2
1997	13,5	-44,1	-85824,2
1998	97,1	39,5	61583,3
1999	74,6	17,0	4904,4
2000	13,7	-43,9	-84662,1
2001	94,9	37,3	51853,6
2002	63,8	6,2	237,2
2003	48,5	-9,1	-756,0
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
24	57,61	38,65	864895,95
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
57755,92	23	22	0,7

Cuadros 40 y 41 coeficiente de oblicuidad en los meses de Julio y Agosto respectivamente





SEPTIEMBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	42,2	-3,7	-52,6
1981	45,5	-0,4	-0,1
1982	10,7	-35,2	-43785,9
1983	21,5	-24,4	-14609,3
1984	83,2	37,3	51702,8
1985	6,4	-39,5	-61846,1
1986	17,5	-28,4	-23018,1
1987	78,0	32,1	32933,7
1988	19,4	-26,5	-18707,0
1989	83,3	37,4	52120,3
1990	4,1	-41,8	-73276,7
1991	12,9	-33,0	-36087,9
1992	33,9	-12,0	-1748,0
1993	154,9	109,0	1293385,3
1994	52,3	6,4	258,3
1995	98,8	52,9	147648,9
1996	50,9	5,0	121,6
1997	22,2	-23,7	-13389,9
1998	21,3	-24,6	-14970,9
1999	15,8	-30,1	-27396,5
2000	11,8	-34,1	-39813,0
2001	124,2	78,3	479200,6
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
24	88,4	54,36	2754406,1
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
160590,3	23	22	0,8

DATOS MAYORES		2000	
OCTUBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	41,8	-68,2	-317396,6
1981	227,1	117,1	1605186,7
1982	51,0	-59,0	-205515,2
1983	44,3	-65,7	-283762,3
1984	156,6	46,6	101109,7
1985	143,2	33,2	36551,3
1986	98,5	-11,5	-1526,1
1987	38,1	-71,9	-371897,3
1988	105,6	-4,4	-85,9
1989	73,5	-36,5	-48679,3
1990	327,0	217,0	10216470,5
1991	103,9	-6,1	-228,4
1992	19,1	-90,9	-751412,8
1993	11,0	-99,0	-970682,6
1994	84,3	-25,7	-17000,5
1995	141,1	31,1	30042,4
1996	175,3	65,3	278278,3
1997	82,9	-27,1	-19931,3
1998	77,8	-32,2	-33426,8
1999	262,5	152,5	3545668,2
2001	86,2	-23,8	-13503,4
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
23	110,01	78,0	12745679,61
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
474543,95	22	21	1,3

Cuadros 42 y 43 coeficiente de oblicuidad en los meses de Septiembre y Octubre respectivamente







DATOS MAYORES		1982-1999	
NOVIEMBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	42,2	-3,7	-52,6
1981	45,5	-0,4	-0,1
1983	10,7	-35,2	-43785,9
1984	21,5	-24,4	-14609,3
1985	83,2	37,3	51702,8
1986	6,4	-39,5	-61846,1
1987	17,5	-28,4	-23018,1
1988	78,0	32,1	32933,7
1989	19,4	-26,5	-18707,0
1990	83,3	37,4	52120,3
1991	4,1	-41,8	-73276,7
1992	12,9	-33,0	-36087,9
1993	33,9	-12,0	-1748,0
1994	154,9	109,0	1293385,3
1995	52,3	6,4	258,3
1996	98,8	52,9	147648,9
1997	50,9	5,0	121,6
1998	22,2	-23,7	-13389,9
2000	21,3	-24,6	-14970,9
2001	15,8	-30,1	-27396,5
2002	11,8	-34,1	-39813,0
2003	124,2	78,3	479200,6
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
22	45,9	41,3	1688669,4
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
70476,3	21	20	1,3

DICIEMBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	11,4	-5,5	-169,8
1981	65,2	48,3	112416,3
1982	0,0	-16,9	-4859,0
1983	0,0	-16,9	-4859,0
1984	5,1	-11,8	-1658,7
1985	39,3	22,4	11183,1
1986	2,0	-14,9	-3333,0
1987	16,9	0,0	0,0
1988	0,4	-16,5	-4522,8
1989	75,3	58,4	198793,3
1990	45,3	28,4	22815,7
1991	0,0	-16,9	-4859,0
1992	0,0	-16,9	-4859,0
1993	0,2	-16,7	-4688,9
1994	0,0	-16,9	-4859,0
1995	0,0	-16,9	-4859,0
1996	0,6	-16,3	-4360,7
1997	0,0	-16,9	-4859,0
1998	1,8	-15,1	-3468,7
1999	51,6	34,7	41646,6
2000	40,6	23,7	13249,0
2001	1,2	-15,7	-3897,7
2002	0,0	-16,9	-4859,0
2003	49,6	32,7	34845,6
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
24	16,94	24,5	369977,1
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
14784,1	23	22	1,2

Cuadros 44 y 45 coeficiente de oblicuidad en los meses de Noviembre y Diciembre respectivamente





**ESTACION JIROCASACA**

DATOS MAYORES		1969-1987	
ENERO			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1968	0,0	-9,7	-911,7
1970	60,0	50,3	127290,6
1972	0,0	-9,7	-911,7
1973	0,0	-9,7	-911,7
1974	3,5	-6,2	-237,9
1975	0,0	-9,7	-911,7
1976	0,0	-9,7	-911,7
1979	0,8	-8,9	-704,1
1980	0,0	-9,7	-911,7
1981	34,3	24,6	14893,4
1982	70,5	60,8	224795,3
1983	0,0	-9,7	-911,7
1984	0,0	-9,7	-911,7
1985	1,2	-8,5	-613,4
1986	20,5	10,8	1261,0
1988	0,0	-9,7	-911,7
1989	0,0	-9,7	-911,7
1990	0,0	-9,7	-911,7
1991	0,0	-9,7	-911,7
1992	1,9	-7,8	-473,9
1994	0,0	-9,7	-911,7
1995	2,5	-7,2	-372,7
1996	10,2	0,5	0,1
1997	2,0	-7,7	-455,9
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
28	9,70	18,68	369629,5
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
6518,7	27	26	2,3

DATOS MAYORES		1980-1987	
FEBRERO			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1968	8,0	5,7	185,6
1971	0,0	-2,3	-12,1
1972	0,0	-2,3	-12,1
1973	0,0	-2,3	-12,1
1975	0,0	-2,3	-12,1
1976	0,8	-1,5	-3,4
1977	0,0	-2,3	-12,1
1978	6,0	3,7	50,8
1979	0,0	-2,3	-12,1
1982	1,0	-1,3	-2,2
1983	9,5	7,2	373,8
1984	0,0	-2,3	-12,1
1985	0,0	-2,3	-12,1
1986	8,6	6,3	250,5
1988	0,0	-2,3	-12,1
1989	9,2	6,9	329,0
1990	0,6	-1,7	-4,9
1991	0,0	-2,3	-12,1
1992	1,3	-1,0	-1,0
1993	0,0	-2,3	-12,1
1994	0,0	-2,3	-12,1
1995	3,8	1,5	3,4
1996	3,0	0,7	0,3
1997	8,5	6,2	238,8
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
28	2,3	3,4	1251,1
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
40,9	27	26	1,2

Cuadros 46 y 47 coeficiente de oblicuidad en los meses de Enero y Febrero respectivamente





DATOS MAYORES		1996	
MARZO			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm)3
1968	11,0	3,5	42,5
1969	5,6	-1,9	-7,0
1970	12,0	4,5	90,5
1971	1,0	-6,5	-275,9
1973	0,0	-7,5	-423,6
1974	24,0	16,5	4483,7
1975	29,7	22,2	10925,8
1976	0,0	-7,5	-423,6
1977	0,0	-7,5	-423,6
1978	1,0	-6,5	-275,9
1979	30,4	22,9	11992,7
1980	0,0	-7,5	-423,6
1981	20,2	12,7	2043,4
1982	0,0	-7,5	-423,6
1983	12,4	4,9	116,9
1984	0,0	-7,5	-423,6
1985	0,0	-7,5	-423,6
1986	2,9	-4,6	-98,0
1987	5,3	-2,2	-10,8
1988	0,0	-7,5	-423,6
1989	6,5	-1,0	-1,0
1990	0,0	-7,5	-423,6
1991	4,9	-2,6	-17,8
1992	0,0	-7,5	-423,6
1993	2,8	-4,7	-104,5
1994	0,0	-7,5	-423,6
1995	5,3	-2,2	-10,8
1997	0	-7,5	-423,6
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)3</b>
29	7,5	11,3	67758,5
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
1444,0	28	27	1,8

ABRIL			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm)3
1968	6,0	-33,9	-38889,3
1969	108,0	68,1	316099,6
1970	11,0	-28,9	-24087,5
1971	47,0	7,1	360,9
1972	32,7	-7,2	-370,1
1973	37,0	-2,9	-23,9
1974	42,6	2,7	20,1
1975	0,0	-39,9	-63425,7
1976	1,0	-38,9	-58773,1
1977	30,0	-9,9	-964,4
1978	55,0	15,1	3456,6
1979	44,7	4,8	112,0
1980	45,0	5,1	134,2
1982	11,0	-28,9	-24087,5
1983	48,2	8,3	575,9
1984	5,5	-34,4	-40636,6
1985	20,7	-19,2	-7055,8
1986	19,5	-20,4	-8464,7
1987	99,8	59,9	215137,2
1988	32,5	-7,4	-401,9
1989	2,6	-37,3	-51811,7
1990	66,2	26,3	18233,0
1991	26,5	-13,4	-2395,3
1992	45,0	5,1	134,2
1993	39,0	-0,9	-0,7
1994	82,5	42,6	77417,7
1995	99,8	59,9	215137,2
1996	20,6	-19,3	-7166,7
1997	41,0	1,1	1,4
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)3</b>
30	39,9	30,0	565389,0
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
27006,7	29	28	0,8

Cuadros 48 y 49 coeficiente de oblicuidad en los meses de Marzo y Abril respectivamente





DATOS MAYORES	1994		
MAYO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1968	42,5	-15,6	-3784,3
1969	41,0	-17,1	-4985,6
1970	44,2	-13,9	-2676,0
1971	33,3	-24,8	-15222,3
1972	84,5	26,4	18434,6
1973	47,0	-11,1	-1361,5
1974	69,3	11,2	1411,2
1975	49,0	-9,1	-749,4
1976	19,5	-38,6	-57438,0
1977	55,5	-2,6	-17,2
1978	106,2	48,1	111400,4
1979	73,3	15,2	3523,4
1980	31,1	-27,0	-19646,6
1981	68,8	10,7	1230,8
1982	86,0	27,9	21756,6
1983	70,7	12,6	2008,3
1984	50,0	-8,1	-528,2
1985	46,1	-12,0	-1720,8
1987	59,5	1,4	2,8
1988	55,3	-2,8	-21,6
1989	36,2	-21,9	-10479,5
1990	31,0	-27,1	-19865,8
1992	71,6	13,5	2469,5
1993	88,0	29,9	26775,6
1994	122,5	64,4	267297,4
1995	59,5	1,4	2,8
1996	31,3	-26,8	-19212,9
1997	45,8	-12,3	-1853,3
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
30	58,1	25,0	323646,5
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
15581,3	29	28	0,8

DATOS MAYORES	1977-1997		
1971-1994			
JUNIO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1968	76,5	21,3	9668,6
1969	107,0	51,8	139021,6
1970	60,0	4,8	110,8
1972	31,0	-24,2	-14166,0
1973	57,0	1,8	5,9
1974	18,6	-36,6	-49013,0
1975	25,5	-29,7	-26188,3
1976	63,0	7,8	475,2
1977	150,0	94,8	852071,3
1978	53,5	-1,7	-4,9
1979	59,8	4,6	97,6
1980	36,0	-19,2	-7073,8
1981	38,0	-17,2	-5085,2
1982	54,6	-0,6	-0,2
1983	101,6	46,4	99921,3
1984	42,0	-13,2	-2298,0
1985	65,5	10,3	1093,9
1986	58,4	3,2	32,9
1987	65,5	10,3	1093,9
1988	79,8	24,6	14893,7
1989	17,0	-38,2	-55726,8
1990	24,3	-30,9	-29493,0
1991	17,7	-37,5	-52718,8
1992	36,5	-18,7	-6535,3
1993	57,7	2,5	15,7
1995	66,0	10,8	1261,0
1996	27,8	-27,4	-20562,5
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
27	55,2	30,3	850897,7
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
27879,9	26	25	1,3

Cuadros 50 y 51 coeficiente de oblicuidad en los meses de Mayo y Junio respectivamente





DATOS MAYORES		1986-1996	
JULIO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1968	50,7	-7,2	-378,1
1969	33,0	-24,9	-15496,0
1970	115,0	57,1	185866,0
1971	10,0	-47,9	-110116,0
1972	8,1	-49,8	-123737,0
1973	53,2	-4,7	-105,9
1974	73,0	15,1	3421,8
1975	117,5	59,6	211378,2
1976	52,8	-5,1	-135,1
1977	23,0	-34,9	-42622,1
1978	146,2	88,3	687739,7
1979	27,5	-30,4	-28180,6
1980	14,0	-43,9	-84784,1
1981	35,5	-22,4	-11286,2
1982	32,5	-25,4	-16447,2
1983	44,0	-13,9	-2703,6
1984	45,1	-12,8	-2112,4
1985	60,2	2,3	11,7
1987	128,2	70,3	346969,0
1988	73,7	15,8	3921,1
1989	38,0	-19,9	-7917,5
1990	16,1	-41,8	-73197,4
1991	28,7	-29,2	-24976,6
1992	48,0	-9,9	-979,5
1993	50,0	-7,9	-498,9
1994	48,4	-9,5	-865,8
1995	103,0	45,1	91544,6
1996	183,0	125,1	1956359,5
1997	21,6	-36,3	-47954,9
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
29	57,9	43,7	2892716,7
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
83170,7	28	27	1,3

DATOS MAYORES		1970	
AGOSTO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1968	33,3	-37,0	-50570,9
1969	75,0	4,7	105,2
1970	187,0	116,7	1590141,7
1971	58,0	-12,3	-1851,8
1972	43,4	-26,9	-19421,7
1973	57,0	-13,3	-2342,0
1974	45,3	-25,0	-15587,5
1975	96,0	25,7	17014,3
1976	31,0	-39,3	-60605,8
1977	94,0	23,7	13345,8
1978	47,8	-22,5	-11360,3
1979	58,5	-11,8	-1634,7
1980	79,0	8,7	663,1
1981	54,5	-15,8	-3929,4
1982	37,5	-32,8	-35223,0
1983	26,0	-44,3	-86820,6
1984	40,8	-29,5	-25620,2
1985	33,3	-37,0	-50570,9
1986	64,5	-5,8	-193,1
1987	107,8	37,5	52818,8
1988	91,7	21,4	9827,8
1989	166,0	95,7	877017,1
1990	48,0	-22,3	-11059,8
1991	105,5	35,2	43688,6
1992	152,0	81,7	545739,1
1993	66,9	-3,4	-38,6
1994	56,4	-13,9	-2674,0
1995	59,5	-10,8	-1252,7
1996	53,0	-17,3	-5159,8
1997	39,7	-30,6	-28596,5
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
30	70,3	40,1	2735848,0
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
64676,6	29	28	1,6

Cuadros 52 y 53 coeficiente de oblicuidad en los meses de Julio y Agosto respectivamente





DATOS MAYORES		1974-1992	
SEPTIEMBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1968	91,0	22,2	10941,0
1969	64,2	-4,6	-97,3
1970	69,0	0,2	0,0
1971	100,0	31,2	30371,3
1972	58,0	-10,8	-1259,7
1973	76,8	8,0	512,0
1975	68,0	-0,8	-0,5
1976	70,1	1,3	2,2
1977	65,4	-3,4	-39,3
1978	56,5	-12,3	-1860,9
1979	63,4	-5,4	-157,5
1980	102,0	33,2	36594,4
1981	80,6	11,8	1643,0
1982	81,0	12,2	1815,8
1983	72,5	3,7	50,7
1984	62,4	-6,4	-262,1
1985	60,8	-8,0	-512,0
1986	54,7	-14,1	-2803,2
1987	51,0	-17,8	-5639,8
1988	80,0	11,2	1404,9
1989	78,1	9,3	804,4
1990	50,0	-18,8	-6644,7
1991	52,5	-16,3	-4330,7
1993	54,0	-14,8	-3241,8
1994	73,4	4,6	97,3
1995	64,5	-4,3	-79,5
1996	42,0	-26,8	-19248,8
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
28	68,8	14,8	41929,1
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
3264,4	27	26	0,5

DATOS MAYORES		1972-1992-1994	
OCTUBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1968	50,5	-32,0	-32866,8
1969	85,0	2,5	15,0
1970	72,5	-10,0	-1009,7
1971	70,0	-12,5	-1968,2
1973	90,0	7,5	416,5
1974	87,4	4,9	115,3
1975	64,3	-18,2	-6060,6
1976	129,5	47,0	103610,1
1977	92,5	10,0	990,4
1978	95,4	12,9	2130,7
1979	89,8	7,3	383,9
1980	40,0	-42,5	-76939,9
1981	76,0	-6,5	-278,7
1982	64,5	-18,0	-5863,3
1983	63,0	-19,5	-7451,6
1984	82,8	0,3	0,0
1985	98,8	16,3	4305,2
1986	84,4	1,9	6,5
1987	77,3	-5,2	-143,2
1988	77,5	-5,0	-127,4
1989	71,5	-11,0	-1342,7
1990	106,0	23,5	12924,7
1991	47,5	-35,0	-42993,2
1992	89,3	6,8	310,0
1994	170,0	87,5	669183,9
1995	80,1	-2,4	-14,4
1996	126,5	44,0	84997,5
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
28	82,5	28,2	547197,4
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
22512,9	27	26	1,0

Cuadros 54 y 55 coeficiente de oblicuidad en los meses de Septiembre y Octubre respectivamente





NOVIEMBRE			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1968	72,2	8,4	582,9
1969	82,0	18,2	5982,3
1970	74,0	10,2	1046,7
1971	38,0	-25,8	-17266,9
1972	53,0	-10,8	-1276,1
1973	118,3	54,5	161463,1
1974	63,2	-0,6	-0,3
1975	63,5	-0,3	0,0
1976	51,2	-12,6	-2022,7
1977	60,5	-3,3	-37,5
1978	112,9	49,1	118033,6
1979	56,5	-7,3	-396,5
1980	20,0	-43,8	-84296,5
1981	68,3	4,5	88,3
1982	47,9	-15,9	-4055,2
1983	24,9	-38,9	-59076,0
1984	75,5	11,7	1582,5
1985	30,4	-33,4	-37416,1
1986	20,5	-43,3	-81445,5
1987	21,9	-41,9	-73806,1
1988	71,3	7,5	414,0
1989	61,8	-2,0	-8,6
1990	98,5	34,7	41613,6
1991	79,3	15,5	3690,3
1992	107,2	43,4	81483,1
1993	81,0	17,2	5047,1
1994	92,6	28,8	23771,9
1995	50,8	-13,0	-2220,7
1996	77,5	13,7	2545,2
1997	40,7	-23,1	-12401,2
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
30	63,8	26,8	71618,8
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
19325,0	29	28	0,1

DICIEMBRE			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1968	12,7	-18,7	-6497,3
1969	53,0	21,6	10133,8
1970	95,0	63,6	257745,2
1971	0,0	-31,4	-30841,0
1972	7,7	-23,7	-13244,8
1973	26,0	-5,4	-154,0
1974	6,4	-25,0	-15550,1
1975	36,3	4,9	120,6
1976	8,5	-22,9	-11946,2
1977	0,0	-31,4	-30841,0
1978	8,5	-22,9	-11946,2
1979	47,1	15,7	3899,5
1980	49,5	18,1	5969,1
1981	67,5	36,1	47202,4
1982	15,0	-16,4	-4378,7
1983	1,4	-30,0	-26892,1
1984	62,3	30,9	29618,4
1985	84,8	53,4	152615,7
1986	13,3	-18,1	-5890,5
1987	77,7	46,3	99510,3
1988	27,4	-4,0	-62,1
1989	75,9	44,5	88359,0
1990	73,0	41,6	72199,2
1991	0,0	-31,4	-30841,0
1992	2,9	-28,5	-23051,8
1993	28,5	-2,9	-23,4
1994	8,1	-23,3	-12584,3
1995	13,5	-17,9	-5697,0
1996	33,0	1,6	4,4
1997	5,8	-25,6	-16698,7
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
30	31,4	29,7	520237,4
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
26074,9	29	28	0,7

Cuadros 56 y 57 coeficiente de oblicuidad en los meses de Noviembre y Diciembre respectivamente





### ESTACION MINCA

DATOS MAYORES		1982-1987	
ENERO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	8,0	6,17	235,3
1981	8,0	6,17	235,3
1983	0,0	-1,83	-6,1
1984	10,0	8,17	546,1
1985	0,0	-1,83	-6,1
1986	0,0	-1,83	-6,1
1988	0,0	-1,83	-6,1
1989	0,0	-1,83	-6,1
1990	0,0	-1,83	-6,1
1991	0,0	-1,83	-6,1
1992	0,0	-1,83	-6,1
1993	9,0	7,17	369,2
1994	0,0	-1,83	-6,1
1995	0,0	-1,83	-6,1
1996	0,0	-1,83	-6,1
1997	0,0	-1,83	-6,1
1998	0,0	-1,83	-6,1
1999	0,0	-1,83	-6,1
2000	4,0	2,17	10,3
2001	0,0	-1,83	-6,1
2002	3,0	1,17	1,6
2003	0,0	-1,83	-6,1
2004	0,0	-1,83	-6,1
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
23	1,83	3,4	1294,4
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
40,0	22	21	1,6

DATOS MAYORES		1988	
FEBRERO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	17,0	11,6	1557,5
1981	31,0	25,6	16760,8
1982	10,0	4,6	96,8
1983	10,0	4,6	96,8
1984	0,0	-5,4	-158,2
1985	0,0	-5,4	-158,2
1986	0,5	-4,9	-118,3
1987	2,7	-2,7	-19,9
1989	0,0	-5,4	-158,2
1990	0,3	-5,1	-133,3
1991	0,3	-5,1	-133,3
1993	0,0	-5,4	-158,2
1994	0,0	-5,4	-158,2
1995	0,0	-5,4	-158,2
1996	0,0	-5,4	-158,2
1997	1,0	-4,4	-85,7
1998	1,0	-4,4	-85,7
1999	22,0	16,6	4567,4
2000	1,0	-4,4	-85,7
1983	33,0	27,6	21005,5
2001	0,0	-5,4	-158,2
2002	0,0	-5,4	-158,2
2003	0,0	-5,4	-158,2
2004	0,0	-5,4	-158,2
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
24	5,4	10,1	41683,1
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
1020,8	23	22	1,9

Cuadros 58 y 59. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Enero y Febrero respectivamente.







DATOS MAYORES			
1996			
MARZO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	0,00	-6,97	-338,7
1981	31,00	24,03	13874,5
1982	0,00	-6,97	-338,7
1983	13,00	6,03	219,2
1984	0,00	-6,97	-338,7
1985	0,00	-6,97	-338,7
1986	6,00	-0,97	-0,9
1987	0,40	-6,57	-283,7
1988	0,00	-6,97	-338,7
1989	0,70	-6,27	-246,6
1990	0,00	-6,97	-338,7
1991	31,00	24,03	13874,5
1992	0,00	-6,97	-338,7
1993	15,00	8,03	517,6
1994	0,00	-6,97	-338,7
1995	10,00	3,03	27,8
1997	0,00	-6,97	-338,7
1998	37,00	30,03	27078,8
1999	4,00	-2,97	-26,2
2000	0,00	-6,97	-338,7
2001	5,00	-1,97	-7,7
2002	14,00	7,03	347,3
2003	0,20	-6,77	-310,4
2004	0,00	-6,97	-338,7
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
24	7,0	11,2	51338,1
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
1410,3	23	22	1,7

DATOS MAYORES			
1987-1989			
ABRIL			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	65,00	58,03	195406,5
1981	240,00	233,03	12654087,9
1982	28,00	21,03	9299,6
1983	66,00	59,03	205683,7
1984	65,00	58,03	195406,5
1985	27,00	20,03	8035,1
1986	45,00	38,03	54998,4
1987	328,10	321,13	33116105,5
1988	68,20	61,23	229548,8
1989	0,80	-6,17	-235,0
1990	131,60	124,63	1935793,7
1991	53,00	46,03	97521,3
1992	121,00	114,03	1482681,4
1993	90,00	83,03	572390,0
1994	41,00	34,03	39405,2
1995	208,00	201,03	8124136,6
1997	33,00	26,03	17635,2
1998	74,00	67,03	301156,0
1999	83,00	76,03	439481,6
2000	20,00	13,03	2211,8
2001	6,00	-0,97	-0,9
2002	66,00	59,03	205683,7
2003	159,40	152,43	3541638,5
2004	111,30	104,33	1135578,6
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
23	87,8	79,9	63428071,2
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
510161,6	22	21	6,2

Cuadros 60 y 61 coeficiente de oblicuidad en los meses de Marzo y Abril respectivamente





MAYO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	217,00	-36,56	-48851,3
1981	633,00	379,44	54631493,0
1982	511,00	257,44	17062722,3
1983	198,00	-55,56	-171471,9
1984	182,00	-71,56	-366385,4
1985	104,00	149,56	-3345118,6
1986	129,00	124,56	-1932386,3
1987	186,10	-67,46	-306945,8
1988	226,80	-26,76	-19154,2
1989	121,40	132,16	-2308132,1
1990	376,80	123,24	1871963,4
1991	137,00	116,56	-1583448,4
1992	512,00	258,44	17262327,9
1993	627,00	373,44	52080657,5
1994	194,00	-59,56	-211240,2
1995	261,00	7,44	412,5
1996	326,00	72,44	380195,8
1997	60,00	193,56	-7251367,5
1998	329,00	75,44	429411,9
1999	126,00	127,56	-2075404,1
2000	141,00	112,56	-1425955,4
2001	212,00	-41,56	-71763,1
2002	109,00	144,56	-3020705,4
2003	143,60	109,96	-1329403,4
2004	276,20	22,64	11610,7
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
25	253,6	162,2	118263062,0
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
4269309,0	24	23	1,3

Datos Mayores	1994		
JUNIO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	263,00	32,69	34939,05756
1981	482,00	251,69	15944338,64
1982	188,00	-42,31	75731,70806
1983	177,00	-53,31	151490,4704
1984	267,00	36,69	49397,1984
1985	80,00	-150,31	3395855,311
1986	179,50	-50,81	131161,0386
1987	66,70	-163,61	4379416,614
1988	435,90	205,59	8689934,875
1989	191,00	-39,31	60737,07744
1990	208,30	-22,01	10660,10458
1991	135,00	-95,31	865750,2491
1992	221,00	-9,31	806,5211881
1993	108,00	-122,31	1829650,525
1995	349,00	118,69	1672093,985
1996	326,00	95,69	876238,5507
1997	332,00	101,69	1051613,362
1998	205,00	-25,31	16210,28452
1999	276,00	45,69	95391,79027
2000	203,00	-27,31	20365,05494
2001	57,00	-173,31	5205450,695
2002	147,00	-83,31	578183,0266
2003	467,10	236,79	13276978,23
2004	162,90	-67,41	-306295,607
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
24	230,31	118,9	24663161,4
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
1682919,5	23	22	0,7

Cuadros 62 y 63. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Mayo y Junio respectivamente





DATOS MAYORES			
1986			
JULIO			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	309,0	51,1	133400,2
1981	330,0	72,1	374740,4
1982	25,0	-232,9	-12633735,3
1983	181,0	-76,9	-454830,5
1984	362,0	104,1	1127976,5
1985	333,0	75,1	423494,3
1987	267,7	9,8	940,0
1988	528,6	270,7	19835571,3
1989	302,4	44,5	88096,4
1990	252,7	-5,2	-140,9
1991	41,0	-216,9	-10204780,9
1992	385,0	127,1	2053023,6
1993	88,0	-169,9	-4904695,9
1994	180,0	-77,9	-472805,0
1995	394,0	136,1	2520777,3
1996	325,0	67,1	302055,4
1997	158,0	-99,9	-997127,8
1998	286,0	28,1	22178,2
1999	286,0	28,1	22178,2
2000	309,0	51,1	133400,2
2001	230,0	-27,9	-21727,4
2002	103,0	-154,9	-3716972,1
2003	326,8	68,9	327023,4
2004	186,5	-71,4	-364058,1
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
24	257,90	119,7	-6406018,6
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
1716839,3	23	22	-0,2

DATOS MAYORES			
1997			
AGOSTO			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	281,0	-36,0	-46802,0
1981	558,0	241,0	13990987,9
1982	237,0	-80,0	-512720,3
1983	190,0	-127,0	-2050198,0
1984	168,0	-149,0	-3310447,2
1985	529,0	212,0	9523072,7
1986	151,0	-166,0	-4577396,8
1987	439,0	122,0	1814174,1
1988	524,6	207,6	8942247,4
1989	266,5	-50,5	-129074,7
1990	387,8	70,8	354331,3
1991	205,0	-112,0	-1406339,7
1992	377,0	60,0	215595,3
1993	223,0	-94,0	-831578,4
1994	331,5	14,5	3025,0
1995	382,0	65,0	274150,0
1996	261,0	-56,0	-175969,0
1998	281,0	-36,0	-46802,0
1999	549,0	232,0	12481113,8
2000	235,0	-82,0	-552124,8
2001	266,0	-51,0	-132943,8
2002	244,6	-72,4	-380093,4
2003	180,4	-136,6	-2550995,7
2004	341,5	24,5	14638,7
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
24	317,04	125,74	30909850,13
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
1988074,36	23	22	0,7

Cuadros 64y 65. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Julio y Agosto respectivamente





DATOS MAYORES			
1986			
SEPTIEMBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	537,0	89,6	719846,8
1981	558,0	110,6	1353696,9
1982	496,0	48,6	114945,4
1983	537,0	89,6	719846,8
1984	502,0	54,6	162965,8
1985	621,0	173,6	5233742,0
1987	385,3	-62,1	-239231,6
1988	532,0	84,6	605962,6
1989	504,1	56,7	182494,0
1990	125,4	-322,0	33379486,5
1991	310,0	-137,4	-2592710,6
1992	589,0	141,6	2840467,1
1993	769,0	321,6	33268727,4
1994	500,0	52,6	145712,1
1995	508,0	60,6	222784,6
1996	346,0	-101,4	-1041920,3
1997	130,0	-317,4	31969182,3
1998	444,0	-3,4	-38,6
1999	415,0	-32,4	-33943,8
2000	537,0	89,6	719846,8
2001	194,0	-253,4	16267022,0
2002	269,3	-178,1	-5647194,1
2003	480,6	33,2	36666,3
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
23	447,4	157,77	44843025,0
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
3927258,4	22	21	-0,6

DATOS MAYORES			
1990			
OCTUBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	530,0	110,5	1347958,9
1981	593,0	173,5	5219599,9
1982	635,0	215,5	10003028,7
1983	473,0	53,5	152831,9
1984	663,0	243,5	14431476,7
1985	510,0	90,5	740363,3
1986	551,3	131,8	2287717,3
1987	399,8	-19,7	-7685,9
1988	672,6	253,1	16206803,7
1989	182,5	237,0	13317915,0
1991	482,0	62,5	243733,2
1992	234,0	185,5	-6386692,7
1993	168,0	251,5	15914542,0
1994	288,0	131,5	-2275735,8
1995	397,0	-22,5	-11443,5
1996	538,0	118,5	1662541,8
1997	156,0	263,5	18302643,9
1998	339,0	-80,5	-522336,6
1999	541,0	121,5	1792073,4
2000	257,0	162,5	-4293771,6
2001	353,0	-66,5	-294541,3
2002	201,2	218,3	10408036,0
2003	484,9	65,4	279280,2
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
23	419,53	165,7	17367935,3
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
4548268,69	22	21	-0,2

Cuadros 66 y 67 coeficiente de oblicuidad en los meses de Septiembre y Octubre respectivamente





DATOS MAYORES		1986	
NOVIEMBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	335,0	123,0	1859288,8
1981	427,0	215,0	9933552,3
1982	136,0	-76,0	-439579,0
1983	127,0	-85,0	-614879,2
1984	239,0	27,0	19607,0
1985	78,3	-	-
1987	142,3	-69,7	-339116,1
1988	416,8	204,8	8585558,7
1989	204,2	-7,8	-480,9
1990	76,3	-	-
1991	213,0	1,0	0,9
1992	138,0	-74,0	-405795,7
1993	358,0	146,0	3109912,3
1994	330,0	118,0	1641579,5
1995	44,0	-	-
1996	302,0	90,0	728155,1
1997	78,0	-	-
1998	115,0	-97,0	-913655,2
1999	349,0	137,0	2569395,0
2000	270,0	58,0	194761,2
2001	200,0	-12,0	-1743,1
2002	102,0	-	-
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
23	212,0	116,2	12544928,5
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
1570763,7	22	21	0,4

DATOS MAYORES		1999	
DICIEMBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	80,0	32,5	34466,1
1981	80,0	32,5	34466,1
1982	14,0	-33,5	-37449,2
1983	0,0	-47,5	-106877,9
1984	10,0	-37,5	-52551,2
1985	43,9	-3,6	-45,0
1986	25,2	-22,3	-11024,8
1987	28,1	-19,4	-7252,4
1988	0,9	-46,6	-100911,7
1989	155,6	108,1	1264739,3
1990	109,0	61,5	233102,1
1991	6,0	-41,5	-71249,0
1992	0,0	-47,5	-106877,9
1993	17,0	-30,5	-28251,5
1994	4,0	-43,5	-82066,3
1995	37,0	-10,5	-1143,3
1996	3,0	-44,5	-87863,1
1997	55,0	7,5	429,3
1998	149,0	101,5	1047022,7
2000	55,0	7,5	429,3
2001	93,0	45,5	94466,7
2002	22,1	-25,4	-16303,1
2003	103,7	56,2	177916,6
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
23	47,46	48,0	2177171,8
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
110315,0	22	21	1,0

Cuadros 68 y 69. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Noviembre y Diciembre respectivamente





### ESTACION SAN LORENZO

DATOS MAYORES			
1982			
ENERO			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1983	0,2	-12,7	-2070,7
1984	13,8	0,9	0,6
1985	9,6	-3,3	-37,5
1986	13,6	0,7	0,3
1987	55,1	42,2	74906,5
1988	2,0	-10,9	-1311,5
1989	3,3	-9,6	-897,5
1990	4,0	-8,9	-715,9
1991	6,2	-6,8	-311,9
1992	0,2	-12,7	-2070,7
1993	43,7	30,8	29087,7
1994	0,0	-12,9	-2169,7
1995	10,0	-2,9	-25,6
1996	12,2	-0,7	-0,4
1997	8,7	-4,2	-76,5
1998	0,0	-12,9	-2169,7
1999	14,8	1,9	6,4
2000	57,4	44,5	87848,7
2001	6,4	-6,5	-280,5
2002	10,7	-2,2	-11,3
2003	0,0	-12,9	-2169,7
n	Media	S	sumat(xi-Xm) <sup>3</sup>
21	12,95	17,26	21
S3	n-1	n-2	Cs
5139,7	20	19	1,9

DATOS MAYORES			
1991			
FEBRERO			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1982	29,0	10,4	1132,6
1983	16,4	-2,2	-10,3
1984	13,1	-5,5	-164,2
1985	11,7	-6,9	-325,1
1986	27,0	8,4	597,8
1987	9,5	-9,1	-747,7
1988	4,1	-14,5	-3033,6
1989	36,7	18,1	5953,2
1990	3,0	-15,6	-3779,1
1992	0,0	-18,6	-6410,2
1993	20,1	1,5	3,5
1994	0,4	-18,2	-6004,9
1995	0,0	-18,6	-6410,2
1996	28,3	9,7	919,4
1997	14,8	-3,8	-53,8
1998	35,1	16,5	4511,6
1999	59,4	40,8	68036,3
2000	79,9	61,3	230614,9
2001	0,0	-18,6	-6410,2
2002	0,0	-18,6	-6410,2
2003	1,6	-17,0	-4892,4
n	Media	S	sumat(xi-Xm) <sup>3</sup>
21	18,6	21,1	267117,4
S3	n-1	n-2	Cs
9442,5	20	19	1,6

Cuadros 70 y 71 coeficiente de oblicuidad en los meses de Enero y Febrero respectivamente





MARZO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1982	15,5	-16,5	-4469,9
1983	8,2	-23,8	-13435,0
1984	3,3	-28,7	-23572,6
1985	9,6	-22,4	-11198,4
1986	26,0	-6,0	-213,1
1987	35,1	3,1	30,6
1988	8,0	-24,0	-13776,9
1989	20,2	-11,8	-1631,7
1990	6,4	-25,6	-16723,7
1991	71,4	39,4	61290,1
1992	0,3	-31,7	-31772,9
1993	60,4	28,4	22972,4
1994	7,0	-25,0	-15573,9
1995	115,7	83,7	586949,6
1996	93,8	61,8	236341,7
1997	0,0	-32,0	-32684,3
1998	17,0	-15,0	-3356,6
1999	26,9	-5,1	-130,5
2000	2,7	-29,3	-25083,6
2001	102,9	70,9	356812,3
2002	51,2	19,2	7108,1
2003	21,8	-10,2	-1052,7
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
22	32,0	35,2	1076829,0
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
43632,4	21	20	1,3

DATOS MAYORES	1987-1989		
ABRIL			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1982	68,4	-77,1	-457422,9
1983	145,0	-0,5	-0,1
1984	101,3	-44,2	-86058,2
1985	77,1	-68,4	-319312,2
1986	235,4	90,0	727785,7
1988	147,3	1,8	6,3
1990	268,0	122,6	1840517,5
1991	125,8	-19,7	-7587,3
1992	205,7	60,3	218711,3
1993	178,2	32,8	35126,4
1994	66,7	-78,8	-488373,0
1995	147,9	2,4	14,7
1996	125,8	-19,7	-7587,3
1997	100,9	-44,6	-88418,5
1998	181,7	36,3	47634,8
1999	249,4	104,0	1123242,4
2000	62,9	-82,6	-562537,2
2001	54,0	-91,5	-764805,7
2002	231,5	86,1	637166,0
2003	136,0	-9,5	-843,9
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
20	145,5	66,5	1847258,7
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
294638,1	19	18	0,4

Cuadros 72 y 73 Coeficiente de oblicuidad en los meses de Marzo y Abril respectivamente





DATOS MAYORES			
1992			
MAYO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1982	311,2	48,8	116075,9
1983	163,9	-98,5	-956235,9
1984	159,4	103,0	-1093344,0
1985	119,1	143,3	-2943843,9
1986	266,9	4,5	90,0
1987	304,9	42,5	76660,7
1988	310,2	47,8	109082,6
1989	236,2	-26,2	-18024,7
1990	245,1	-17,3	-5188,8
1991	201,0	-61,4	-231694,8
1993	486,3	223,9	11221463,4
1994	130,0	132,4	-2321959,6
1995	208,7	-53,7	-155021,9
1996	400,1	137,7	2609867,3
1997	219,8	-42,6	-77414,3
1998	366,4	104,0	1124235,2
1999	187,4	-75,0	-422202,1
2000	274,9	12,5	1944,1
2001	498,2	235,8	13107634,1
2002	177,3	-85,1	-616716,2
2003	243,8	-18,6	-6455,0
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
21	262,4	105,6	19518952,0
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
1178967,7	20	19	0,9

DATOS MAYORES			
1994			
JUNIO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1982	208,0	106,3	-1200798,7
1983	336,0	21,7	10233,3
1984	265,0	-49,3	-119746,1
1985	167,2	147,1	-3182323,9
1986	311,7	-2,6	-17,4
1987	289,9	-24,4	-14507,9
1988	457,7	143,4	2949466,7
1989	155,6	158,7	-3996170,3
1990	291,4	-22,9	-12027,0
1991	253,3	-61,0	-226863,0
1992	355,9	41,6	72046,2
1993	187,9	126,4	-2018981,1
1995	324,5	10,2	1064,5
1996	284,5	-29,8	-26435,4
1997	577,7	263,4	18276776,5
1998	428,2	113,9	1478060,1
1999	496,9	182,6	6089445,5
2000	348,3	34,0	39340,7
2001	227,2	-87,1	-660535,7
2002	317,9	3,6	47,1
2003	315,3	1,0	1,0
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
21	314,3	107,1	17458075,0
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
1229931,6	20	19	0,8

Cuadros 74 y 75 Coeficiente de oblicuidad en los meses de Mayo y Junio respectivamente







JULIO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1982	112,0	-	-8633344,2
1983	372,8	55,7	172395,7
1984	246,5	-70,6	-352560,3
1985	402,6	85,5	624053,0
1986	142,5	174,6	-5326771,4
1987	472,9	155,8	3778600,1
1988	573,1	256,0	16768486,3
1989	400,1	83,0	570869,7
1990	274,7	-42,5	-76589,2
1991	134,3	182,8	-6112868,5
1992	404,0	86,9	655229,3
1993	197,9	119,2	-1695563,6
1994	86,9	230,2	12205829,0
1995	487,7	170,6	4961327,3
1996	444,8	127,7	2080269,1
1997	171,5	145,6	-3089452,0
1998	313,8	-3,3	-37,4
1999	387,6	70,5	349740,9
2000	501,7	184,6	6286104,8
2001	251,6	-65,5	-281583,3
2002	247,8	-69,3	-333452,8
2003	350,4	33,3	36778,5
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
22	317,1	139,8	-1824196,9
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
2732864,0	21	20	0,0

DATOS MAYORES 1988			
AGOSTO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1982	359,4	-7,7	-456,1
1983	316,5	-50,6	-129191,0
1984	353,0	-14,1	-2775,1
1985	356,4	-10,7	-1208,9
1986	340,4	-26,7	-18933,1
1987	440,6	73,5	397833,0
1989	384,6	17,5	5403,0
1990	374,8	7,8	471,9
1991	324,9	-42,2	-74898,9
1992	378,7	11,7	1585,4
1993	299,8	-67,3	-304178,5
1994	211,9	155,2	-3734889,3
1995	479,1	112,0	1406710,0
1996	223,6	143,5	-2952064,7
1997	215,9	151,2	-3453404,4
1998	394,6	27,5	20904,4
1999	434,1	67,0	301400,9
2000	507,7	140,6	2782239,5
2001	434,3	67,2	304106,1
2002	461,1	94,0	831839,3
2003	416,7	49,6	122373,6
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
21	367,1	82,7	-4497132,8
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
565512,5	20	19	-0,4

Cuadros 76 y 77. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Julio y Agosto respectivamente





SEPTIEMBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1982	412,2	-8,8	-674,4
1983	360,3	-60,7	-223256,9
1984	474,6	53,6	154296,4
1985	577,0	156,0	3799005,1
1986	315,7	105,3	-1166396,9
1987	413,1	-7,9	-486,4
1988	531,0	110,0	1332287,4
1989	494,2	73,2	392793,4
1990	411,6	-9,3	-814,7
1991	363,1	-57,9	-193748,2
1992	370,3	-50,7	-130050,6
1993	397,4	-23,6	-13085,1
1994	231,2	189,8	-6833531,9
1995	405,4	-15,6	-3770,6
1996	447,9	26,9	19542,2
1997	339,1	-81,9	-548640,1
1998	608,7	187,7	6616661,2
1999	336,2	-84,8	-609035,6
2000	428,8	7,8	481,1
2001	340,4	-80,6	-522915,9
2002	502,6	81,6	544047,0
2003	500,4	79,4	501237,0
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
22	421,0	90,4	3113943,4
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
739881,6	21	20	0,2

OCTUBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1982	385,8	16,9	4791,6
1983	386,5	17,6	5434,9
1984	446,7	77,8	470580,0
1985	550,5	181,6	5987103,3
1986	405,0	36,1	46974,7
1987	318,2	-50,7	-130464,5
1988	492,4	123,5	1882819,0
1989	285,7	-83,2	-576309,0
1990	360,0	-8,9	-703,6
1991	358,8	-10,1	-1035,9
1992	242,1	126,8	-2039600,1
1993	205,3	163,6	-4380211,2
1994	263,6	105,3	-1168182,3
1995	249,6	119,3	-1698714,4
1996	385,9	17,0	4897,2
1997	350,2	-18,7	-6558,3
1998	486,7	117,8	1633933,1
1999	474,1	105,2	1163647,5
2000	292,2	-76,7	-451539,4
2001	340,8	-28,1	-22231,2
2002	472,9	104,0	1124272,7
2003	363,2	-5,7	-187,0
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
22	368,9	91,8	1848717,0
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
774606,2	21	20	0,1

Cuadros 78 y 79. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Septiembre y Octubre respectivamente





NOVIEMBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1982	181,5	-32,4	-33855,0
1983	77,9	136,0	-2512682,6
1984	312,3	98,5	954217,0
1985	172,0	-41,9	-73297,0
1986	99,1	114,8	-1510977,8
1987	142,8	-71,1	-358667,7
1988	222,0	8,1	541,3
1989	206,7	-7,2	-365,5
1990	371,3	157,5	3903264,6
1991	382,8	169,0	4822526,1
1992	58,7	155,2	-3734696,7
1993	130,2	-83,7	-585326,0
1994	265,8	52,0	140202,8
1995	87,9	126,0	-1997995,5
1996	427,0	213,2	9684027,4
1997	124,6	-89,3	-710926,5
1998	273,4	59,6	211176,4
1999	345,3	131,5	2271338,0
2000	208,0	-5,9	-200,2
2001	310,1	96,3	891666,0
2002	173,0	-40,9	-68167,3
2003	132,3	-81,6	-542340,3
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
22	213,9	107,8	10749461,5
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
1253305,4	21	20	0,4

DATOS MAYORES		1999	
DICIEMBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1982	35,7	-31,1	-30119,2
1983	35,8	-31,0	-29829,7
1984	22,3	-44,5	-88200,9
1985	154,1	87,3	665031,6
1986	29,6	-37,2	-51534,6
1987	79,1	12,3	1854,8
1988	46,9	-19,9	-7896,6
1989	83,0	16,2	4241,0
1990	120,3	53,5	153015,1
1991	15,3	-51,5	-136697,8
1992	48,0	-18,8	-6658,9
1993	14,1	-52,7	-146475,1
1994	0,0	-66,8	-298257,4
1995	24,6	-42,2	-75223,2
1996	78,2	11,4	1476,3
1997	3,1	-63,7	-258638,4
1998	253,9	187,1	6548289,2
2000	102,9	36,1	46993,4
2001	182,0	115,2	1528289,2
2002	28,8	-38,0	-54930,2
2003	45,4	-21,4	-9843,6
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
21	66,8	64,9	7754885,0
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
273566,2	20	19	1,6

Cuadros 80 y 81. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Noviembre y Diciembre respectivamente





### ESTACION UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

DATOS MAYORES	1981-1986		
ENERO			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	0,0	-0,37	-0,05
1982	0,9	0,53	0,15
1983	0,0	-0,37	-0,05
1984	0,0	-0,37	-0,05
1985	0,0	-0,37	-0,05
1987	1,9	1,53	3,60
1988	0,0	-0,37	-0,05
1989	0,0	-0,37	-0,05
1990	0,0	-0,37	-0,05
1991	0,0	-0,37	-0,05
1992	0,0	-0,37	-0,05
1993	0,0	-0,37	-0,05
1994	0,0	-0,37	-0,05
1995	0,0	-0,37	-0,05
1996	2,1	1,73	5,20
1997	0,1	-0,27	-0,02
1998	0,0	-0,37	-0,05
1999	0,0	-0,37	-0,05
2000	1,7	1,33	2,36
2001	0,7	0,29	0,02
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
20	0,37	0,7	10,6
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
8,9	23	22	2,3

DATOS MAYORES	1981		
FEBRERO			
Año	Precipitacion	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	8,0	6,13	230,72
1982	0,0	-1,87	-6,50
1983	5,4	3,53	44,11
1984	0,0	-1,87	-6,50
1985	0,0	-1,87	-6,50
1986	0,0	-1,87	-6,50
1987	0,0	-1,87	-6,50
1988	0,0	-1,87	-6,50
1989	0,0	-1,87	-6,50
1990	0,0	-1,87	-6,50
1991	11,3	9,43	839,45
1992	0,0	-1,87	-6,50
1993	0,0	-1,87	-6,50
1994	0,0	-1,87	-6,50
1995	0,0	-1,87	-6,50
1996	1,8	-0,07	0,00
1997	0,0	-1,87	-6,50
1998	5,2	3,33	37,04
1999	1,5	-0,37	-0,05
2000	6,0	4,13	70,62
2001	0,0	-1,87	-6,50
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
21	1,9	3,3	1130,8
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
35,5	20	19	1,8

Cuadros 82 y 83. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Enero y Febrero respectivamente





DATOS MAYORES		1987-1989-1986	
MARZO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	0,0	-0,09	0,00
1981	0,0	-0,09	0,00
1982	0,0	-0,09	0,00
1983	0,0	-0,09	0,00
1984	0,0	-0,09	0,00
1985	0,0	-0,09	0,00
1986	0,0	-0,09	0,00
1988	0,0	-0,09	0,00
1990	0,0	-0,09	0,00
1991	0,7	0,61	0,23
1992	0,0	-0,09	0,00
1993	0,0	-0,09	0,00
1994	0,0	-0,09	0,00
1995	0,4	0,31	0,03
1997	0,0	-0,09	0,00
1998	0,0	-0,09	0,00
1999	0,2	0,11	0,00
2000	0,0	-0,09	0,00
2001	0,4	0,31	0,03
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
19	0,1	0,2	0,3
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
0,0	19	18	2,1

DATOS MAYORES		1987	
ABRIL			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	0,0	-12,14	-1790,45
1981	66,3	54,16	158842,69
1982	25,8	13,66	2547,30
1983	7,0	-5,14	-136,02
1984	0,6	-11,54	-1537,94
1985	0,0	-12,14	-1790,45
1986	23,7	11,56	1543,66
1988	0,3	-11,84	-1661,00
1989	0,0	-12,14	-1790,45
1990	16,0	3,86	57,38
1991	0,0	-12,14	-1790,45
1992	56,1	43,96	84935,33
1993	13,5	1,36	2,50
1994	0,3	-11,84	-1661,00
1995	26,5	14,36	2959,40
1996	4,1	-8,04	-520,27
1997	1,8	-10,34	-1106,42
1998	2,9	-9,24	-789,62
1999	10,0	-2,14	-9,84
2000	0,1	-12,04	-1746,58
2001	0,0	-12,14	-1790,45
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
21	12,14	18,70	232767,3
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
6537,12	20	19	2,0

Cuadros 84y 85. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Marzo y Abril respectivamente





DATOS MAYORES		1987-1989-1986	
MAYO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	64,2	4,48	90,02
1981	74,7	14,98	3362,74
1982	135,2	75,48	430058,03
1983	3,3	-56,42	-179579,71
1984	2,9	-56,82	-183426,47
1985	65,4	5,68	183,43
1986	189,6	129,88	2191013,63
1987	182,9	123,18	1869131,39
1988	45,6	-14,12	-2814,08
1989	8,8	-50,92	-132013,60
1990	34,8	-24,92	-15472,09
1991	5,8	-53,92	-156749,34
1992	54,0	-5,72	-186,97
1993	167,2	107,48	1241666,64
1994	57,7	-2,02	-8,22
1995	8,7	-51,02	-132792,92
1996	26,0	-33,72	-38334,73
1997	0,0	-59,72	-212970,64
1998	103,3	43,58	82778,21
1999	8,6	-51,12	-133575,31
2000	9,4	-50,32	-127401,58
2001	65,7	5,98	214,04
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
22	59,7	60,4	4503172,5
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
220835,2	21	20	1,1

DATOS MAYORES		1994	
JUNIO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	24,0	-55,26	-168750,47
1981	57,5	-21,76	-10304,05
1982	24,8	-54,46	-161527,12
1983	143,9	64,64	270080,66
1984	137,1	57,84	193496,47
1985	14,5	-64,76	-271600,81
1986	5,4	-73,86	-402937,00
1987	12,2	-67,06	-301578,81
1988	212,6	133,34	2370698,00
1989	45,9	-33,36	-37127,75
1990	19,6	-59,66	-212354,36
1991	58,6	-20,66	-8819,09
1992	72,5	-6,76	-308,99
1993	13,5	-65,76	-284377,87
1995	56,3	-22,96	-12104,46
1996	45,5	-33,76	-38479,33
1997	186,7	107,44	1240199,77
1998	169,4	90,14	732394,53
1999	123,6	44,34	87170,93
2000	131,1	51,84	139309,85
2001	109,8	30,51	28401,87
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
21	79,26	64,2	3151482,0
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
264121,9	20	19	0,7

Cuadros 86 y 87 coeficiente de oblicuidad en los meses de Mayo y Junio respectivamente





JULIO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	39,4	-	-7612,77
1981	70,4	11,33	1453,67
1982	19,4	39,67	-62438,26
1983	47,8	11,27	-1432,18
1984	81,0	21,93	10543,86
1985	44,7	14,37	-2968,57
1986	0,0	59,07	-206131,34
1987	158,9	99,83	994850,23
1988	151,1	92,03	779400,35
1989	109,5	50,43	128237,90
1990	4,1	54,97	-166120,62
1991	7,5	51,57	-137164,20
1992	71,1	12,03	1740,14
1993	23,3	35,77	-45774,96
1994	31,6	27,47	-20733,31
1995	106,9	47,83	109407,70
1996	65,9	6,83	318,34
1997	33,2	25,87	-17317,60
1998	39,8	19,27	-7157,76
1999	91,1	32,03	32854,23
2000	54,8	-4,27	-77,96
2001	48,1	10,99	-1326,99
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
22	59,07	43,5	1382549,9
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
82418,4	21	20	0,9

AGOSTO			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	81,8	-10,03	-1008,51
1981	133,1	41,27	70300,42
1982	14,0	-77,83	-471424,53
1983	16,8	-75,03	-422352,28
1984	55,7	-36,13	-47156,50
1985	115,2	23,37	12766,52
1986	65,7	-26,13	-17837,42
1987	103,6	11,77	1631,25
1988	233,9	142,07	2867629,12
1989	190,0	98,17	946148,48
1990	29,2	-62,63	-245646,91
1991	23,0	-68,83	-326062,32
1992	155,7	63,87	260570,94
1993	35,7	-56,13	-176825,56
1994	111,0	19,17	7046,67
1995	86,9	-4,93	-119,70
1996	14,4	-77,43	-464193,14
1997	37,9	-53,93	-156837,36
1998	173,2	81,37	538791,34
1999	185,7	93,87	827188,38
2000	53,9	-37,93	-54561,86
2001	103,8	11,99	1725,29
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
22	91,83	64,80	3149772,33
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
272125,06	21	20	0,6

Cuadros 88 y 89. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Julio y Agosto respectivamente





DATOS MAYORES		1986	
SEPTIEMBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	75,1	-44,7	-89486,0
1981	68,1	-51,7	-138417,6
1982	190,6	70,8	354465,4
1983	132,0	12,2	1803,1
1984	64,6	-55,2	-168457,9
1985	68,3	-51,5	-136818,3
1987	109,3	-10,5	-1167,1
1988	125,7	5,9	202,4
1989	178,6	58,8	203001,3
1990	113,3	-6,5	-278,3
1991	82,9	-36,9	-50360,2
1992	97,3	-22,5	-11434,1
1993	171,2	51,4	135570,4
1994	24,7	-95,1	-860860,8
1995	227,5	107,7	1248249,6
1996	76,7	-43,1	-80222,3
1997	123,5	3,7	49,5
1998	145,5	25,7	16918,0
1999	229,7	109,9	1326338,3
2000	185,1	65,3	278079,7
2001	26,7	-93,1	-807697,7
n	Media	S	sumat(xi-Xm) <sup>3</sup>
21	119,8	59,95	1219477,5
S3	n-1	n-2	Cs
215420,2	20	19	0,3

OCTUBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	93,3	-41,8	-73146,7
1981	242,6	107,5	1241556,4
1982	56,1	-79,0	-493439,1
1983	176,5	41,4	70848,2
1984	198,1	63,0	249792,7
1985	168,4	33,3	36855,0
1986	227,0	91,9	775610,4
1987	182,4	47,3	105680,5
1988	177,8	42,7	77737,7
1989	70,1	-65,0	-274895,9
1990	290,3	155,2	3736765,1
1991	48,6	-86,5	-647694,3
1992	86,7	-48,4	-113530,1
1993	54,5	-80,6	-524023,1
1994	69,0	-66,1	-289084,9
1995	79,8	-55,3	-169308,4
1996	262,6	127,5	2071630,2
1997	79,1	-56,0	-175817,1
1998	124,3	-10,8	-1267,2
1999	103,3	-31,8	-32222,3
2000	92,2	-42,9	-78961,1
2001	90,0	-45,2	-92170,0
n	Media	S	sumat(xi-Xm) <sup>3</sup>
22	135,12	74,1	5400915,906
S3	n-1	n-2	Cs
406833,91	21	20	0,7

Cuadros 90 y 91. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Septiembre y Octubre respectivamente







DATOS MAYORES		1982	
NOVIEMBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	44,8	-32,4	-33936,5
1981	115,5	38,3	56287,8
1983	5,3	-71,9	-371322,1
1984	111,4	34,2	40086,1
1985	70,8	-6,4	-259,2
1986	14,4	-62,8	-247388,7
1987	35,3	-41,9	-73433,5
1988	116,4	39,2	60347,2
1989	104,7	27,5	20851,5
1990	137,1	59,9	215180,8
1991	49,8	-27,4	-20516,7
1992	43,8	-33,4	-37179,3
1993	105,8	28,6	23452,7
1994	95,9	18,7	6564,5
1995	21,0	-56,2	-177276,6
1996	116,1	38,9	58973,1
1997	21,1	-56,1	-176331,5
1998	45,4	-31,8	-32084,5
1999	185,4	108,2	1267568,1
2000	87,9	10,7	1218,9
1980	44,8	-32,4	-33936,5
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
21	77,2	47,1	584643,1
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
104622,8	20	19	0,3

DATOS MAYORES		1999	
DICIEMBRE			
Año	Precipitación	(xi-Xm)	(xi-Xm) <sup>3</sup>
1980	34,5	11,0	1344,0
1981	34,1	10,6	1203,1
1982	34,2	10,7	1237,4
1983	0,0	-23,5	-12918,6
1984	9,8	-13,7	-2551,2
1985	71,3	47,9	109598,3
1986	18,7	-4,8	-108,1
1987	55,1	31,6	31661,9
1988	20,2	-3,3	-34,8
1989	36,8	13,3	2371,7
1990	78,4	54,9	165793,2
1991	0,5	-23,0	-12110,3
1992	20,2	-3,3	-34,8
1993	1,5	-22,0	-10596,1
1994	0,0	-23,5	-12918,6
1995	3,7	-19,8	-7720,4
1996	9,8	-13,7	-2551,2
1997	0,0	-23,5	-12918,6
1998	49,9	26,4	18474,7
2000	7,2	-16,3	-4305,4
2001	6,8	-16,6	-4601,0
<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>S</b>	<b>sumat(xi-Xm)<sup>3</sup></b>
21	23,46	24,0	248315,2
<b>S3</b>	<b>n-1</b>	<b>n-2</b>	<b>Cs</b>
13872,0	20	19	1,0

Cuadros 92 y 93. Coeficiente de oblicuidad en los meses de Noviembre y Diciembre respectivamente





# **Anexo 3**

## **RESULTADOS MES A MES**

### **DISTRIBUCION GUMBEL**





<b>EVENTOS EXTREMOS DISTRIBUCION GUMBEL</b>										
<b>MES</b>	<b>MEDIA</b>	<b>S</b>	<b>n</b>	<b>Sn</b>	<b>Yn</b>	<b>5 Y=1,500</b>	<b>10 Y=2,250</b>	<b>25 Y=3,125</b>	<b>50 Y=3,902</b>	<b>100 Y=4,600</b>
<b>ENERO</b>	0,912	2,075	24	1,08264	0,52864	2,8	4,2	5,9	7,4	8,7
<b>FEBRERO</b>	1,150	1,972	24	1,08264	0,52864	2,9	4,2	5,9	7,3	8,6
<b>MARZO</b>	0,462	0,756	24	1,08264	0,52864	1,1	1,6	2,3	2,8	3,3
<b>ABRIL</b>	10,580	12,854	25	1,08760	0,52990	22,0	30,6	41,3	50,4	58,7
<b>MAYO</b>	62,733	45,361	24	1,08264	0,52864	103,4	133,8	171,5	204,1	233,3
<b>JUNIO</b>	59,605	44,819	24	1,08264	0,52864	99,8	129,8	167,1	199,3	228,1
<b>JULIO</b>	49,805	35,153	24	1,08264	0,52864	81,3	104,9	134,1	159,3	182,0
<b>AGOSTO</b>	57,610	38,654	24	1,08264	0,52864	92,3	118,2	150,3	178,1	203,0
<b>SEPTIEMBRE</b>	88,353	54,355	24	1,08264	0,52864	137,1	173,5	218,7	257,7	292,8
<b>OCTUBRE</b>	110,013	78,000	23	1,07768	0,52738	180,4	232,9	298,0	354,3	404,8
<b>NOVIEMBRE</b>	45,946	41,306	22	1,07272	0,52612	83,4	111,4	146,0	175,9	202,8
<b>DICIEMBRE</b>	16,938	24,543	24	1,08264	0,52864	39,0	55,4	75,8	93,4	109,2

Cuadro 94. Calculo de Distribución. Gumbel Estación Aeropuerto Simón Bolívar

<b>EVENTOS EXTREMOS DISTRIBUCION GUMBEL</b>										
<b>MES</b>	<b>MEDIA</b>	<b>S</b>	<b>n</b>	<b>Sn</b>	<b>Yn</b>	<b>5 Y=1,500</b>	<b>10 Y=2,250</b>	<b>25 Y=3,125</b>	<b>50 Y=3,902</b>	<b>100 Y=4,600</b>
<b>ENERO</b>	9,696	18,680	28	1,10248	0,53368	26,1	38,4	53,6	66,8	78,6
<b>FEBRERO</b>	2,296	3,446	27	1,09752	0,53242	5,3	7,6	10,4	12,9	15,1
<b>MARZO</b>	7,510	11,303	29	1,10744	0,53494	17,4	24,8	33,9	41,9	49,0
<b>ABRIL</b>	39,880	30,002	30	1,11240	0,53620	65,9	85,4	109,7	130,7	149,5
<b>MAYO</b>	58,083	24,977	30	1,11240	0,53620	79,7	96,0	116,2	133,7	149,3
<b>JUNIO</b>	55,196	30,322	27	1,09752	0,53242	81,9	102,0	126,8	148,3	167,6
<b>JULIO</b>	57,931	43,651	29	1,10744	0,53494	96,0	124,5	160,0	190,6	218,2
<b>AGOSTO</b>	70,280	40,140	30	1,11240	0,53620	105,1	131,2	163,7	191,7	216,9
<b>SEPTIEMBRE</b>	68,800	14,834	28	1,10248	0,53368	81,8	91,6	103,7	114,1	123,5
<b>OCTUBRE</b>	82,532	28,236	28	1,10248	0,53368	107,3	125,8	148,9	168,8	186,7
<b>NOVIEMBRE</b>	63,847	26,835	30	1,11240	0,53620	87,1	104,6	126,3	145,0	161,9
<b>DICIEMBRE</b>	31,360	29,653	30	1,11240	0,53620	57,1	76,4	100,4	121,1	139,7

Cuadro 95. Calculo de Distribución. Gumbel Estación Jirocasaca





<b>EVENTOS EXTREMOS DISTRIBUCION GUMBEL</b>										
<b>MES</b>	<b>MEDIA</b>	<b>S</b>	<b>n</b>	<b>Sn</b>	<b>Yn</b>	<b>5 Y=1,500</b>	<b>10 Y=2,250</b>	<b>25 Y=3,125</b>	<b>50 Y=3,902</b>	<b>100 Y=4,600</b>
<b>ENERO</b>	1,826	3,420	23	1,07768	0,52738	4,9	7,2	10,1	12,5	14,8
<b>FEBRERO</b>	5,408	10,069	24	1,08264	0,52864	14,4	21,2	29,6	36,8	43,3
<b>MARZO</b>	6,971	11,214	24	1,08264	0,52864	17,0	24,5	33,9	41,9	49,1
<b>ABRIL</b>	84,196	59,403	23	1,07768	0,52738	137,8	177,8	227,4	270,2	308,7
<b>MAYO</b>	253,556	162,226	25	1,08760	0,52990	398,3	506,4	640,6	756,5	860,6
<b>JUNIO</b>	230,308	118,947	24	1,08264	0,52864	337,0	416,7	515,6	600,9	677,6
<b>JULIO</b>	257,904	119,741	24	1,08264	0,52864	365,3	445,5	545,1	631,0	708,2
<b>AGOSTO</b>	317,038	125,741	24	1,08264	0,52864	429,9	514,1	618,6	708,8	789,9
<b>SEPTIEMBRE</b>	447,378	157,772	23	1,07768	0,52738	589,8	695,9	827,7	941,4	1043,6
<b>OCTUBRE</b>	419,535	165,685	23	1,07768	0,52738	569,1	680,5	818,9	938,4	1045,7
<b>NOVIEMBRE</b>	212,035	116,244	23	1,07768	0,52738	316,9	395,1	492,2	576,0	651,3

Cuadro 96. Calculo de Distribución. Gumbel Estación Minca

<b>EVENTOS EXTREMOS DISTRIBUCION GUMBEL</b>										
<b>MES</b>	<b>MEDIA</b>	<b>S</b>	<b>n</b>	<b>Sn</b>	<b>Yn</b>	<b>5 Y=1,500</b>	<b>10 Y=2,250</b>	<b>25 Y=3,125</b>	<b>50 Y=3,902</b>	<b>100 Y=4,600</b>
<b>ENERO</b>	12,946	17,258	21	1,06776	0,52486	28,7	40,4	55,0	67,5	78,8
<b>FEBRERO</b>	18,576	21,136	21	1,06776	0,52486	37,9	52,2	70,0	85,4	99,2
<b>MARZO</b>	31,973	35,205	22	1,07272	0,52612	63,9	87,7	117,3	142,8	165,7
<b>ABRIL</b>	145,450	66,542	20	1,06280	0,52360	206,6	252,0	308,3	357,0	400,7
<b>MAYO</b>	262,419	105,641	21	1,06776	0,52486	358,9	430,6	519,7	596,5	665,6
<b>JUNIO</b>	314,289	107,142	21	1,06776	0,52486	412,1	484,9	575,2	653,2	723,2
<b>JULIO</b>	317,144	139,810	22	1,07272	0,52612	444,1	538,6	655,9	757,1	848,1
<b>AGOSTO</b>	367,053	82,695	21	1,06776	0,52486	442,6	498,7	568,4	628,6	682,7
<b>SEPTIEMBRE</b>	420,965	90,446	22	1,07272	0,52612	503,1	564,2	640,1	705,6	764,5
<b>OCTUBRE</b>	368,918	91,839	22	1,07272	0,52612	452,3	514,4	591,4	657,9	717,7
<b>NOVIEMBRE</b>	213,850	107,817	22	1,07272	0,52612	311,7	384,6	475,1	553,2	623,3
<b>DICIEMBRE</b>	66,813	64,916	21	1,06776	0,52486	126,1	170,2	224,9	272,1	314,6

Cuadro 97. Calculo de Distribución. Gumbel Estación San Lorenzo





<b>EVENTOS EXTREMOS DISTRIBUCION GUMBEL</b>										
<b>MES</b>	<b>MEDIA</b>	<b>S</b>	<b>n</b>	<b>Sn</b>	<b>Yn</b>	<b>5 Y=1,500</b>	<b>10 Y=2,250</b>	<b>25 Y=3,125</b>	<b>50 Y=3,902</b>	<b>100 Y=4,600</b>
<b>ENERO</b>	0,368	0,705	20	1,06280	0,52360	1,0	1,5	2,1	2,6	3,1
<b>FEBRERO</b>	1,867	3,288	21	1,06776	0,52486	4,9	7,1	9,9	12,3	14,4
<b>MARZO</b>	0,089	0,197	19	1,06600	0,52200	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8
<b>ABRIL</b>	12,143	18,698	21	1,06776	0,52486	29,2	41,9	57,7	71,3	83,5
<b>MAYO</b>	59,718	60,444	22	1,07272	0,52612	114,6	155,4	206,2	249,9	289,3
<b>JUNIO</b>	79,261	64,161	22	1,07272	0,52612	137,5	180,9	234,7	281,2	322,9
<b>JULIO</b>	59,072	43,519	22	1,07272	0,52612	98,6	128,0	164,5	196,0	224,3
<b>AGOSTO</b>	91,828	64,802	22	1,07272	0,52612	150,7	194,5	248,8	295,8	337,9
<b>SEPTIEMBRE</b>	119,829	59,946	21	1,06776	0,52486	174,6	215,3	265,8	309,4	348,6
<b>OCTUBRE</b>	135,121	74,098	22	1,07272	0,52612	202,4	252,5	314,6	368,3	416,5
<b>NOVIEMBRE</b>	77,176	47,120	21	1,06776	0,52486	120,2	152,2	191,9	226,2	257,0
<b>DICIEMBRE</b>	23,464	24,028	21	1,06776	0,52486	45,4	61,7	82,0	99,5	115,2

Cuadro 98. Cálculo de Distribución. Gumbel Estación Universidad del Magdalena





# **Anexo 4**

## ***EVENTOS EXTREMOS***

### ***MES A MES METODO***

#### ***PEARSON TIPO III***





MES	MEDIA	S	Cs	Kt					X t				
				5	10	25	50	100	5	10	20	50	100
ENER	0,912	2,075	2,3	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	2,06	3,56	5,58	7,13	8,70
FEBR	1,150	1,972	2,1	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656	2,32	3,70	5,55	6,95	8,36
MAR	0,462	0,756	1,9	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	0,94	1,45	2,13	2,64	3,15
ABR	10,580	12,854	1,1	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	20,16	27,82	37,14	43,81	50,26
MAY	62,733	45,361	0,3	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	100,11	122,11	146,61	163,03	178,13
JUN	59,605	44,819	1,0	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	93,58	119,66	151,17	173,53	195,05
JUL	49,805	35,153	0,7	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	77,58	96,66	118,95	134,42	149,08
AGO	57,610	38,654	0,7	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	88,15	109,14	133,64	150,65	166,77
SEP	88,353	54,355	0,8	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	130,75	160,97	196,68	221,69	245,49
OCT	110,013	78,000	1,3	0,732	1,339	2,108	2,666	3,211	167,11	214,45	274,44	317,96	360,47
NOV	45,946	41,306	1,3	0,732	1,339	2,108	2,666	3,211	76,18	101,26	133,02	156,07	178,58
DICI	16,938	24,543	1,2	0,719	1,340	2,087	2,626	3,149	34,58	49,83	68,16	81,39	94,22

Cuadro 99. Cálculo de Distribución. Pearson Tipo III. Estación Aeropuerto Simón Bolívar

MES	MEDIA	S	Cs	Kt					X t				
				5	10	25	50	100	5	10	20	50	100
ENER	9,70	18,68	2,3	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	20,06	33,50	51,69	65,68	79,80
FEBR	2,30	3,45	1,2	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	4,82	6,91	9,49	11,35	13,15
MAR	7,51	11,30	1,8	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	14,78	22,41	32,30	39,70	47,06
ABR	39,88	30,00	0,8	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	63,28	79,96	99,67	113,48	126,62
MAY	58,08	24,98	0,8	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	77,57	91,45	107,86	119,35	130,29
JUN	55,20	30,32	1,3	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	77,00	95,80	119,12	136,04	152,56
JUL	57,93	43,65	1,3	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	89,32	116,38	149,95	174,30	198,09
AGO	70,28	40,14	1,6	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	97,37	123,63	157,10	181,87	206,28
SEP	68,80	14,83	0,5	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	80,79	88,43	97,13	103,08	108,65
OCT	82,53	28,24	1,0	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	103,94	120,37	140,22	154,31	167,86
NOV	63,85	26,84	0,1	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	86,28	98,52	111,75	120,39	128,25
DICI	31,36	29,65	0,7	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	54,79	70,89	89,69	102,74	115,10

Cuadro 100. Cálculo de Distribución. Pearson Tipo III. Estación Jirocasaca





MES	MEDIA	S	Cs	Kt					X t				
				5	10	25	50	100	5	10	20	50	100
ENER	1,83	3,42	1,6	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	4,13	6,37	9,22	11,33	13,41
FEBR	5,41	10,07	1,9	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	11,72	18,60	27,63	34,42	41,18
MAR	6,97	11,21	1,7	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444	14,37	21,82	31,41	38,54	45,59
ABR	84,20	59,40	1,2	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	127,68	163,80	208,17	240,19	271,25
MAY	253,56	162,23	1,3	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	370,20	470,78	595,53	686,05	774,46
JUN	230,31	118,95	0,7	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	324,28	388,87	464,28	516,61	566,22
JUL	257,90	119,74	-0,2	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	359,68	408,54	459,07	490,80	518,70
AGO	317,04	125,74	0,7	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	416,37	484,65	564,37	619,70	672,13
SEP	447,38	157,77	-0,6	0,857	1,200	1,528	1,720	1,180	582,59	636,70	688,45	718,75	633,55
OCT	419,53	165,68	-0,2	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	560,37	627,97	697,88	741,79	780,40
NOV	212,03	116,24	0,4	0,816	1,317	1,180	2,261	2,615	306,89	365,13	349,20	474,86	516,01
DICI	47,46	47,96	1,0	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	83,81	111,72	145,44	169,37	192,39

Cuadro 101. Cálculo de Distribución. Pearson Tipo III. Estación Minca

MES	MEDIA	S	Cs	Kt					X t				
				5	10	25	50	100	5	10	20	50	100
ENER	12,95	17,26	1,9	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	23,77	35,55	51,03	62,66	74,26
FEBR	18,58	21,14	1,6	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	32,84	46,67	64,29	77,34	90,19
MAR	31,97	35,20	1,3	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	57,29	79,11	106,18	125,83	145,02
ABR	145,45	66,54	0,4	0,816	1,317	1,180	2,261	2,615	199,75	233,09	223,97	295,90	319,46
MAY	262,42	105,64	0,9	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	343,66	403,87	475,60	526,31	574,80
JUN	314,29	107,14	0,8	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	397,86	457,43	527,82	577,11	624,04
JUL	317,14	139,81	0,0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	434,86	496,38	561,95	604,31	642,34
AGO	367,05	82,70	-0,4	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	437,76	468,85	499,86	518,72	534,84
SEP	420,96	90,45	0,2	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	496,03	538,63	585,39	616,24	644,55
OCT	368,92	91,84	0,1	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	445,70	487,57	532,85	562,42	589,33
NOV	213,85	107,82	0,4	0,816	1,317	1,180	2,261	2,615	301,83	355,84	341,07	457,62	495,79
DICI	66,81	64,92	1,6	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	110,63	153,09	207,23	247,28	286,75

Cuadro 102. Cálculo de Distribución. Pearson Tipo III. Estación San Lorenzo







MES	MEDIA	S	Cs	Kt					X t				
				5	10	25	50	100	5	10	20	50	100
ENER	0,37	0,71	1,8	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	0,82	1,30	1,91	2,38	2,84
FEBR	1,87	3,29	1,8	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	3,98	6,20	9,08	11,23	13,37
MAR	0,09	0,20	2,1	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656	0,21	0,34	0,53	0,67	0,81
ABR	12,14	18,70	2,0	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	23,53	36,49	53,63	66,59	79,55
MAY	59,72	60,44	1,1	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	104,75	140,77	184,60	215,97	246,31
JUN	79,26	64,16	0,7	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	129,95	164,79	205,46	233,69	260,45
JUL	59,07	43,52	0,9	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	92,54	117,34	146,89	167,78	187,76
AGO	91,83	64,80	0,6	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	143,67	177,89	217,48	244,70	270,36
SEP	119,83	59,95	0,3	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	169,22	198,30	230,67	252,37	272,33
OCT	135,12	74,10	0,7	0,732	1,339	2,108	2,666	3,211	189,36	234,34	291,32	332,67	373,05
NOV	77,18	47,12	0,3	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	116,00	138,86	164,30	181,36	197,05
DICI	23,46	24,03	1,0	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	41,68	55,66	72,55	84,54	96,08

Cuadro 103. Cálculo de Distribución. Pearson Tipo III. Estación Universidad del Magdalena





**Anexo 5**

***EVENTOS EXTREMOS***

***MES AMES METODO LOG***

***PEARSON TIPO III***





MES	MEDIA	S	Cs	Kt					X t				
				5	10	25	50	100	5	10	25	50	100
ENERO	0,204	0,660	-0,9	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	5,86	9,15	13,58	16,85	19,94
FEBRERO	0,058	0,539	0,0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	3,25	5,60	10,02	14,60	20,46
MARZO	-0,191	0,496	-0,7	0,857	1,183	1,488	1,163	1,806	1,71	2,49	3,52	2,43	5,07
ABRIL	0,771	0,696	-0,7	0,857	1,183	1,488	1,163	1,806	23,35	39,38	64,22	38,14	106,94
MAYO	1,562	0,611	-1,4	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	117,63	157,81	196,79	217,76	232,96
JUNIO	1,649	0,359	-0,5	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	90,52	121,92	162,99	193,90	224,66
JULIO	1,576	0,353	-0,3	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	75,36	103,62	143,16	174,97	208,19
AGOSTO	1,651	0,332	-0,3	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	86,09	116,21	157,58	190,36	224,23
SEPTIEMBRE	1,860	0,293	-0,4	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	129,04	166,34	214,28	249,95	285,13
OCTUBRE	1,930	0,345	-0,7	0,857	1,183	1,488	1,163	1,806	168,07	217,78	277,52	214,34	357,33
NOVIEMBRE	1,483	0,426	-0,2	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	70,38	95,41	130,87	146,93	166,44
DICIEMBRE	0,892	0,885	-0,5	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	44,62	92,93	190,06	291,61	419,16

Cuadro 104. Cálculo de Distribución. Log Pearson Tipo III. Estación Aeropuerto Simón Bolívar

MES	MEDIA	S	Cs	Kt					X t				
				5	10	25	50	100	5	10	25	50	100
ENERO	0,907	0,661	0,0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	29,09	56,81	115,97	183,88	278,13
FEBRERO	0,505	0,448	-0,4	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	7,74	11,41	16,80	21,26	26,00
MARZO	0,888	0,490	-0,3	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	20,22	31,46	49,28	65,11	82,88
ABRIL	1,447	0,479	-1,4	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	70,07	88,24	104,91	113,58	119,76
MAYO	1,725	0,190	-0,2	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	74,57	78,52	80,75	81,49	81,85
JUNIO	1,680	0,243	-0,2	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	73,85	78,89	81,76	82,73	83,19
JULIO	1,646	0,338	-0,3	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	85,81	116,39	158,60	192,18	226,97
AGOSTO	1,791	0,217	0,5	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	92,50	119,70	160,56	196,24	236,74
SEPTIEMBRE	1,828	0,093	0,0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	80,61	88,59	97,97	104,54	110,83
OCTUBRE	1,892	0,155	-0,6	0,857	1,2	1,528	1,720	1,180	105,72	119,45	134,26	143,76	118,61
NOVIEMBRE	1,760	0,216	-0,8	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	88,05	102,74	120,60	127,89	136,24
DICIEMBRE	1,334	0,491	-0,6	0,857	1,2	1,528	1,720	1,180	56,84	83,78	121,41	150,86	81,90

Cuadro 105. Cálculo de Distribución. Log Pearson Tipo III. Estación Jirocasaca





MES	MEDIA	S	Cs	Kt					X t				
				5	10	25	50	100	5	10	25	50	100
ENERO	0,807	0,214	-1,0	0,846	1,27	1,716	2,000	2,252	9,71	11,97	14,90	17,14	19,40
FEBRERO	0,513	0,777	0,0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	14,70	32,31	74,80	128,65	209,34
MARZO	0,755	0,740	-0,9	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	24,35	40,11	62,45	79,53	96,08
ABRIL	1,808	0,360	-0,9	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	130,59	166,54	206,64	232,48	254,91
MAYO	2,327	0,261	0,2	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	350,11	464,78	634,32	778,73	940,06
JUNIO	2,301	0,248	-0,5	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	326,05	400,49	489,41	551,78	610,84
JULIO	2,335	0,314	-1,8	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	385,55	428,47	457,27	468,65	474,79
AGOSTO	2,470	0,168	0,2	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	406,60	487,92	596,02	680,13	767,73
SEPTIEMBRE	2,613	0,205	-1,5	0,825	1,018	1,157	1,217	1,256	605,77	663,46	708,38	728,70	742,22
OCTUBRE	2,583	0,201	-0,7	0,857	1,183	1,488	1,163	1,806	569,47	662,41	763,04	656,29	884,28
NOVIEMBRE	2,253	0,272	-0,5	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	306,44	384,06	478,62	546,00	610,48
DICIEMBRE	1,441	0,606	-0,9	0,854	1,147	1,407	1,549	1,66	90,97	136,92	196,82	239,95	280,16

Cuadro 106. Cálculo de Distribución. Log Pearson Tipo III. Estación Minca

MES	MEDIA	S	Cs	Kt					X t				
				5	10	25	50	100	5	10	25	50	100
ENERO	0,85	0,68	-1,1	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	26,65	40,05	56,33	67,07	76,42
FEBRERO	1,11	0,59	-1,2	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	40,82	56,80	74,22	84,73	93,23
MARZO	1,225	0,624	-1,0	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	57,08	84,86	119,45	143,15	164,31
ABRIL	2,115	0,215	-0,3	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	198,91	241,53	294,15	332,43	369,59
MAYO	2,387	0,170	0,1	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	338,46	404,78	491,17	557,33	625,24
JUNIO	2,474	0,148	-0,1	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	397,76	436,94	473,82	494,58	511,01
JULIO	2,450	0,230	-0,8	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	444,18	523,51	620,96	661,04	707,08
AGOSTO	2,553	0,108	-0,9	0,854	1,147	1,407	1,549	1,66	441,80	475,27	507,09	525,36	540,10
SEPTIEMBRE	2,614	0,096	-0,5	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	497,63	539,06	582,78	610,61	635,24
OCTUBRE	2,553	0,113	-0,4	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	446,46	492,21	542,51	575,58	605,45
NOVIEMBRE	2,271	0,241	-0,4	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	300,10	369,71	455,21	516,59	575,62
DICIEMBRE	1,663	0,447	-0,6	0,857	1,2	1,528	1,720	1,180	111,24	158,31	221,86	270,31	155,09

Cuadro 107. Cálculo de Distribución. Log Pearson Tipo III. Estación San Lorenzo





MES	MEDIA	S	Cs	Kt					X t				
				5	10	25	50	100	5	10	25	50	100
ENERO	-0,07	0,50	-1,7	0,808	0,97	1,075	1,116	1,140	2,17	2,62	2,95	3,09	3,18
FEBRERO	0,66	0,33	-0,7	0,857	1,183	1,488	1,163	1,806	8,66	11,06	13,89	10,89	17,63
MARZO	-0,41	0,22	-0,4	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	0,60	0,73	0,88	0,99	1,10
ABRIL	0,69	0,87	-0,6	0,857	1,2	1,528	1,720	1,180	27,26	54,24	104,72	153,92	52,10
MAYO	1,52	0,58	-0,5	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	103,54	167,64	268,17	355,21	450,78
JUNIO	1,71	0,46	-0,5	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	127,50	186,15	269,23	335,74	404,83
JULIO	1,66	0,39	-1,2	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	99,01	123,24	147,15	160,65	171,15
AGOSTO	1,83	0,38	-0,5	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	143,08	196,24	267,03	321,07	375,36
SEPTIEMBRE	2,01	0,27	-0,9	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	173,87	207,98	243,82	265,94	284,61
OCTUBRE	2,07	0,24	0,1	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	185,70	238,98	313,89	375,08	441,07
NOVIEMBRE	1,77	0,38	-1,2	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	123,75	153,19	182,08	198,34	210,97
DICIEMBRE	1,19	0,59	-1,1	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	48,93	69,70	93,75	109,10	122,20

Cuadro 108. Cálculo de Distribución. Log Pearson Tipo III. Estación Universidad del Magdalena





# **Anexo 6.**

## **RESULTADOS DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL O DE GAUSS MES A MES**





6

MES	MEDIA	S	Xt				
			5	10	25	50	100
ENERO	0,912	2,075	2,658	3,571	4,545	5,174	5,739
FEBRERO	1,150	1,972	2,810	3,678	4,604	5,202	5,739
MARZO	0,462	0,756	1,098	1,431	1,785	2,014	2,220
ABRIL	10,580	12,854	21,396	27,056	33,088	36,985	40,488
MAYO	62,733	45,361	100,903	120,874	142,164	155,913	168,279
JUNIO	59,605	44,819	97,318	117,050	138,086	151,671	163,888
JULIO	49,805	35,153	79,385	94,862	111,360	122,016	131,598
AGOSTO	57,610	38,654	90,136	107,154	125,297	137,013	147,550
SEPTIEMBRE	88,353	54,355	134,090	158,021	183,533	200,008	214,825
OCTUBRE	110,013	78,000	175,646	209,987	246,596	270,239	291,501
NOVIEMBRE	45,946	41,306	80,703	98,889	118,276	130,797	142,057
DICIEMBRE	16,938	24,543	37,590	48,395	59,915	67,354	74,044

Cuadro 109. Cálculo de Distribución. Normal o Gauss. Estación Aeropuerto Simón Bolívar

MES	MEDIA	S	Xt				
			5	10	25	50	100
ENERO	9,696	18,680	25,415	33,640	42,407	48,069	53,162
FEBRERO	2,296	3,446	5,196	6,713	8,331	9,375	10,314
MARZO	7,510	11,303	17,021	21,998	27,303	30,729	33,810
ABRIL	39,880	30,002	65,126	78,335	92,417	101,511	109,689
MAYO	58,083	24,977	79,100	90,097	101,819	109,390	116,199
JUNIO	55,196	30,322	80,711	94,061	108,293	117,484	125,750
JULIO	57,931	43,651	94,661	113,879	134,367	147,598	159,497
AGOSTO	70,280	40,140	104,056	121,729	140,569	152,736	163,678
SEPTIEMBRE	68,800	14,834	81,282	87,814	94,776	99,273	103,316
OCTUBRE	82,532	28,236	106,292	118,724	131,976	140,535	148,232
NOVIEMBRE	63,847	26,835	86,427	98,242	110,837	118,971	126,287
DICIEMBRE	31,360	29,653	56,312	69,368	83,285	92,274	100,357

Cuadro 110. Cálculo de Distribución. Normal o Gauss. Jirocasaca





MES	MEDIA	S	Xt				
			5	10	25	50	100
ENERO	1,83	3,42	4,70	6,21	7,81	8,85	9,78
FEBRERO	5,41	10,07	13,88	18,31	23,04	26,09	28,84
MARZO	6,97	11,21	16,41	21,34	26,61	30,01	33,06
ABRIL	84,20	59,40	134,18	160,33	188,21	206,22	222,41
MAYO	253,56	162,23	390,06	461,49	537,63	586,80	631,02
JUNIO	230,31	118,95	330,40	382,77	438,59	474,65	507,07
JULIO	257,90	119,74	358,66	411,38	467,58	503,87	536,52
AGOSTO	317,04	125,74	422,84	478,20	537,22	575,33	609,61
SEPTIEMBRE	447,38	157,77	580,14	649,60	723,65	771,47	814,48
OCTUBRE	419,53	165,68	558,95	631,90	709,66	759,88	805,05
NOVIEMBRE	212,03	116,24	309,85	361,03	415,59	450,82	482,51
DICIEMBRE	47,46	47,96	87,81	108,93	131,44	145,98	159,05

Cuadro 111. Calculo de Distribución. Normal o Gauss. Estación Minca

MES	MEDIA	S	Xt				
			5	10	25	50	100
ENERO	12,946	17,258	27,467	35,065	43,165	48,396	53,101
FEBRERO	18,576	21,136	36,361	45,667	55,587	61,994	67,756
MARZO	31,973	35,205	61,596	77,096	93,619	104,290	113,887
ABRIL	145,450	66,542	201,442	230,739	261,970	282,140	300,279
MAYO	262,419	105,641	351,312	397,823	447,405	479,427	508,224
JUNIO	314,289	107,142	404,445	451,617	501,904	534,380	563,586
JULIO	317,144	139,810	434,789	496,343	561,963	604,341	642,453
AGOSTO	367,053	82,695	436,637	473,046	511,858	536,924	559,467
SEPTIEMBRE	420,965	90,446	497,071	536,891	579,342	606,757	631,412
OCTUBRE	368,918	91,839	446,197	486,631	529,735	557,573	582,608
NOVIEMBRE	213,850	107,817	304,573	352,042	402,645	435,326	464,716
DICIEMBRE	66,813	64,916	121,438	150,019	180,487	200,164	217,860

Cuadro 112. Calculo de Distribución. Normal o Gauss. Estación San Lorenzo







MES	MEDIA	S	Xt				
			5	10	25	50	100
ENERO	0,368	0,705	0,961	1,272	1,603	1,817	2,009
FEBRERO	1,867	3,288	4,633	6,081	7,624	8,621	9,517
MARZO	0,089	0,197	0,255	0,342	0,434	0,494	0,548
ABRIL	12,143	18,698	27,876	36,109	44,885	50,552	55,649
MAYO	59,718	60,444	110,580	137,192	165,561	183,882	200,359
JUNIO	79,261	64,161	133,249	161,497	191,611	211,058	228,548
JULIO	59,072	43,519	95,691	114,851	135,276	148,467	160,330
AGOSTO	91,828	64,802	146,356	174,887	205,302	224,944	242,609
SEPTIEMBRE	119,829	59,946	170,271	196,663	224,799	242,970	259,311
OCTUBRE	135,121	74,098	197,472	230,095	264,872	287,332	307,531
NOVIEMBRE	77,176	47,120	116,826	137,572	159,687	173,970	186,815
DICIEMBRE	23,464	24,028	43,682	54,261	65,539	72,822	79,372

Cuadro 113. Cálculo de Distribución Normal o Gauss. Estación Universidad del Magdalena





**Anexo 7**

**RESULTADOS DE LA**

**DISTRIBUCIÓN LOG**

**NORMAL**

**MES A MES**





		Z	0,841	1,282	1,751	2,054	2,327
		S	Xt				
MES	MEDIA		5	10	25	50	100
ENERO	0,204	0,660	5,748	11,223	22,905	36,308	54,946
FEBRERO	0,058	0,539	3,243	5,600	10,025	14,602	20,478
MARZO	-0,191	0,496	1,685	2,785	4,758	6,725	9,180
ABRIL	0,771	0,696	22,772	46,134	97,923	159,213	246,502
MAYO	1,562	0,611	119,203	221,381	428,300	655,910	962,290
JUNIO	1,649	0,359	89,439	128,729	189,790	243,869	305,546
JULIO	1,576	0,353	74,656	106,753	156,300	199,935	249,492
AGOSTO	1,651	0,332	85,333	119,517	171,163	215,846	265,911
SEPTIEMBRE	1,860	0,293	127,861	172,135	236,334	290,020	348,641
OCTUBRE	1,930	0,345	166,005	235,557	342,064	435,248	540,547
NOVIEMBRE	1,483	0,426	69,386	106,884	169,414	228,105	298,068
DICIEMBRE	0,892	0,885	43,312	106,258	276,603	513,084	894,347

Cuadro 114. Calculo de Distribución. Log Normal. Estación Aeropuerto Simón Bolívar

		Z	0,841	1,282	1,751	2,054	2,327
		S	Xt				
MES	MEDIA		5	10	25	50	100
ENERO	0,907	0,661	29,064	56,789	115,979	183,932	278,465
FEBRERO	0,505	0,448	7,631	12,021	19,515	26,685	35,357
MARZO	0,888	0,490	19,958	32,789	55,667	78,352	106,550
ABRIL	1,447	0,479	70,808	115,060	193,059	269,679	364,242
MAYO	1,725	0,190	76,704	92,982	114,156	130,329	146,821
JUNIO	1,680	0,243	76,559	97,930	127,320	150,837	175,675
JULIO	1,646	0,338	85,048	119,763	172,503	218,346	269,890
AGOSTO	1,791	0,217	94,065	117,249	148,288	172,575	197,796
SEPTIEMBRE	1,828	0,093	80,603	88,586	97,968	104,549	110,844
OCTUBRE	1,892	0,155	105,134	122,982	145,359	161,929	178,439
NOVIEMBRE	1,760	0,216	87,412	108,830	137,473	159,862	183,095
DICIEMBRE	1,334	0,491	55,846	91,893	156,261	220,169	299,689

Cuadro 115. Calculo de Distribución. Log Normal. Estación Jirocasaca





		Z	0,841	1,282	1,751	2,054	2,327
		S	Xt				
MES	MEDIA		5	10	25	50	100
ENERO	0,807	0,214	9,691	12,035	15,160	17,598	20,123
FEBRERO	0,513	0,777	14,687	32,296	74,811	128,698	209,633
MARZO	0,755	0,740	23,837	50,450	112,193	187,989	299,042
ABRIL	1,808	0,360	129,241	186,238	274,927	353,554	443,299
MAYO	2,327	0,261	352,530	459,422	609,289	731,153	861,432
JUNIO	2,301	0,248	323,349	415,812	543,670	646,447	755,371
JULIO	2,335	0,314	397,566	546,558	767,346	955,335	1163,428
AGOSTO	2,470	0,168	408,404	484,291	580,779	653,084	725,766
SEPTIEMBRE	2,613	0,205	610,486	751,277	937,294	1081,243	1229,487
OCTUBRE	2,583	0,201	565,382	693,437	862,039	992,132	1125,814
NOVIEMBRE	2,253	0,272	303,655	400,218	537,195	649,666	770,791
DICIEMBRE	1,441	0,606	89,390	165,248	318,128	485,642	710,451

Cuadro 116. Calculo de Distribución.Log Normal. Estación Minca

		Z	0,841	1,282	1,751	2,054	2,327
		S	Xt				
MES	MEDIA		5	10	25	50	100
ENERO	0,847	0,683	26,379	52,707	110,236	177,532	272,519
FEBRERO	1,111	0,593	40,680	74,195	140,801	212,958	308,952
MARZO	1,225	0,624	56,224	105,826	207,687	321,007	474,877
ABRIL	2,115	0,215	197,779	245,964	310,324	360,584	412,701
MAYO	2,387	0,170	339,182	403,149	484,678	545,897	607,530
JUNIO	2,474	0,148	396,338	460,418	540,179	598,890	657,122
JULIO	2,450	0,230	440,766	556,637	713,888	838,332	968,670
AGOSTO	2,553	0,108	440,422	491,505	552,502	595,862	637,755
SEPTIEMBRE	2,614	0,096	496,026	546,992	607,104	649,392	689,932
OCTUBRE	2,553	0,113	444,890	498,731	563,323	609,418	654,085
NOVIEMBRE	2,271	0,241	297,852	380,261	493,366	583,718	679,022
DICIEMBRE	1,663	0,447	109,475	172,202	279,095	381,232	504,651

Cuadro 117. Calculo de Distribución.Log Normal. Estación San Lorenzo





		Z	0,841	1,282	1,751	2,054	2,327
		S	Xt				
MES	MEDIA		5	10	25	50	100
<b>ENERO</b>	-0,07	0,50	2,256	3,741	6,414	9,085	12,425
<b>FEBRERO</b>	0,66	0,33	8,564	11,906	16,917	21,225	26,029
<b>MARZO</b>	-0,41	0,22	0,596	0,747	0,950	1,109	1,276
<b>ABRIL</b>	0,69	0,87	26,421	63,899	163,823	300,908	519,887
<b>MAYO</b>	1,52	0,58	101,542	183,055	343,100	514,782	741,459
<b>JUNIO</b>	1,71	0,46	125,565	199,473	326,717	449,328	598,442
<b>JULIO</b>	1,66	0,39	98,780	147,117	224,947	295,924	378,695
<b>AGOSTO</b>	1,83	0,38	141,264	207,891	313,849	409,495	520,170
<b>SEPTIEMBRE</b>	2,01	0,27	172,542	225,842	300,911	362,182	427,872
<b>OCTUBRE</b>	2,07	0,24	186,264	237,622	308,055	364,284	423,565
<b>NOVIEMBRE</b>	1,77	0,38	123,476	182,038	275,345	359,699	457,422
<b>DICIEMBRE</b>	1,19	0,59	48,495	88,489	168,007	254,184	368,864

Cuadro 118. Cálculo de Distribución Log Normal. Estación Universidad del Magdalena





# **Anexo 8**

## **RESULTADOS DE LA PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE**





ESTACION AEROPUERTO SIMON BOLIVAR						
MES	METODO ESCOGIDO	5	10	25	50	100
ENERO	PEARSON	2,063	3,555	5,576	7,130	8,699
FEBRERO	PEARSON	2,318	3,703	5,549	6,953	8,361
MARZO	PEARSON	0,936	1,452	2,130	2,639	3,147
ABRIL	PEARSON	20,157	27,817	37,136	43,807	50,260
MAYO	NORMAL	100,903	120,874	142,164	155,913	168,279
JUNIO	GUMBEL	93,578	119,662	151,169	173,534	195,047
JULIO	GUMBEL	81,345	104,885	134,108	159,337	182,001
AGOSTO	GUMBEL	92,291	118,177	150,310	178,052	202,973
SEPTIEMBRE	GUMBEL	137,121	173,520	218,706	257,716	292,760
OCTUBRE	GUMBEL	180,409	232,882	298,022	354,259	404,778
NOVIEMBRE	GUMBEL	83,446	111,363	146,018	175,938	202,815
DICIEMBRE	GUMBEL	34,584	49,825	68,159	81,388	94,224

Cuadro 119. Resultado de la Prueba de bondad de ajuste Estación Aeropuerto Simón Bolívar

ESTACION JIROCASACA						
MES	METODO ESCOGIDO	5	10	25	50	100
ENERO	PEARSON	20,060	33,500	51,690	65,680	79,800
FEBRERO	PEARSON	4,820	6,910	9,490	11,350	13,150
MARZO	GUMBEL	14,780	22,410	32,300	39,700	47,060
ABRIL	NORMAL	65,130	78,340	92,420	101,510	109,690
MAYO	GUMBEL	77,570	91,450	107,860	119,350	130,290
JUNIO	NORMAL	80,710	94,060	108,290	117,480	125,750
JULIO	NORMAL	94,660	113,880	134,370	147,600	159,500
AGOSTO	NORMAL	104,060	121,730	140,570	152,740	163,680
SEPTIEMBRE	NORMAL	81,280	87,810	94,780	99,270	103,320
OCTUBRE	NORMAL	106,290	118,720	131,980	140,540	148,230
NOVIEMBRE	GUMBEL	86,280	98,520	111,750	120,390	128,250
DICIEMBRE	GUMBEL	54,790	70,890	89,690	102,740	115,100

Cuadro 120. Resultado de la Prueba de bondad de ajuste Estación Jirocasaca





ESTACION MINCA						
MES	METODO ESCOGIDO	5	10	25	50	100
ENERO	PEARSON	4,135	6,371	9,223	11,333	13,413
FEBRERO	PEARSON	11,721	18,598	27,630	34,416	41,182
MARZO	PEARSON	14,372	21,819	31,407	38,539	45,593
ABRIL	GUMBEL	137,807	177,770	227,379	270,208	308,682
MAYO	GUMBEL	398,255	506,396	640,639	756,536	860,649
JUNIO	GUMBEL	337,030	416,684	515,565	600,932	677,620
JULIO	NORMAL	358,661	411,380	467,580	503,875	536,516
AGOSTO	GUMBEL	429,854	514,058	618,587	708,830	789,898
SEPTIEMBRE	NORMAL	580,137	649,599	723,649	771,472	814,480
OCTUBRE	NORMAL	558,951	631,897	709,661	759,882	805,047
NOVIEMBRE	GUMBEL	316,946	395,149	492,227	576,038	651,328
DICIEMBRE	GUMBEL	90,741	123,006	163,058	197,637	228,700

Cuadro 121. Resultado de la Prueba de bondad de ajuste Estación Minca

ESTACION SAN LORENZO						
MES	METODO ESCOGIDO	5	10	25	50	100
ENERO	PEARSON	23,770	35,550	51,030	62,660	74,260
FEBRERO	NORMAL	36,360	45,670	55,590	61,990	67,760
MARZO	GUMBEL	63,930	87,730	117,260	142,760	165,670
ABRIL	NORMAL	201,440	230,740	261,970	282,140	300,280
MAYO	GUMBEL	358,900	430,630	519,670	596,540	665,600
JUNIO	NORMAL	404,440	451,620	501,900	534,380	563,590
JULIO	NORMAL	434,790	496,340	561,960	604,340	642,450
AGOSTO	NORMAL	436,640	473,050	511,860	536,920	559,470
SEPTIEMBRE	GUMBEL	503,080	564,200	640,090	705,600	764,450
OCTUBRE	NORMAL	446,200	486,630	529,740	557,570	582,610
NOVIEMBRE	GUMBEL	311,730	384,600	475,060	553,150	623,310
DICIEMBRE	GUMBEL	126,100	170,180	224,890	272,130	314,570

Cuadro 122. Resultado de la Prueba de bondad de ajuste Estación San Lorenzo







ESTACION UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA						
MES	METODO ESCOGIDO	5	10	25	50	100
ENERO	NORMAL	0,961	1,272	1,603	1,817	2,009
FEBRERO	PEARSON	3,980	6,200	9,080	11,230	13,370
MARZO	PEARSON	0,210	0,340	0,530	0,670	0,810
ABRIL	GUMBEL	29,220	41,910	57,680	71,280	83,500
MAYO	GUMBEL	114,590	155,440	206,160	249,940	289,270
JUNIO	PEARSON	129,950	164,790	205,460	233,690	260,450
JULIO	GUMBEL	98,580	127,990	164,500	196,030	224,340
AGOSTO	GUMBEL	150,660	194,460	248,820	295,760	337,930
SEPTIEMBRE	GUMBEL	174,570	215,280	265,810	309,430	348,620
OCTUBRE	GUMBEL	202,390	252,470	314,640	368,310	416,520
NOVIEMBRE	NORMAL	116,830	137,570	159,690	173,970	186,810
DICIEMBRE	GUMBEL	45,410	61,720	81,970	99,460	115,170

Cuadro 123. Resultado de la Prueba de bondad de ajuste Estación Universidad del Magdalena

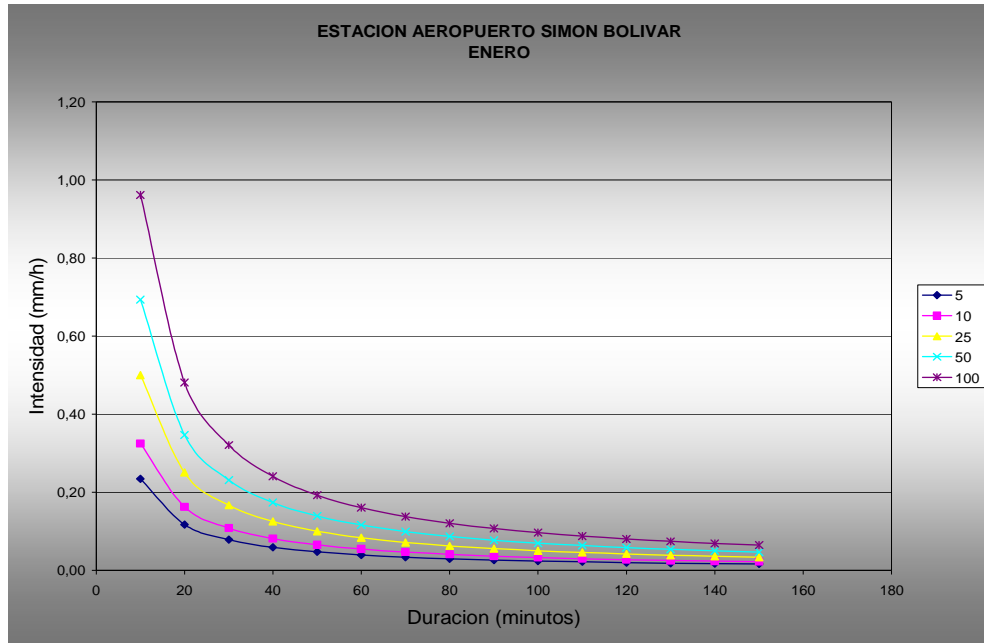




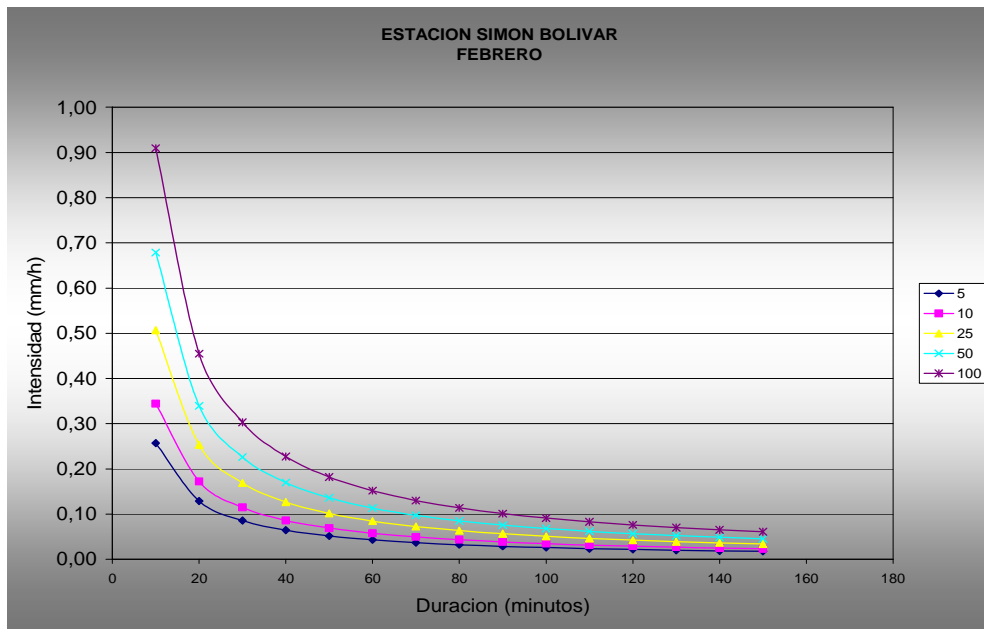
# **Anexo 9**

## ***CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA MES A MES***



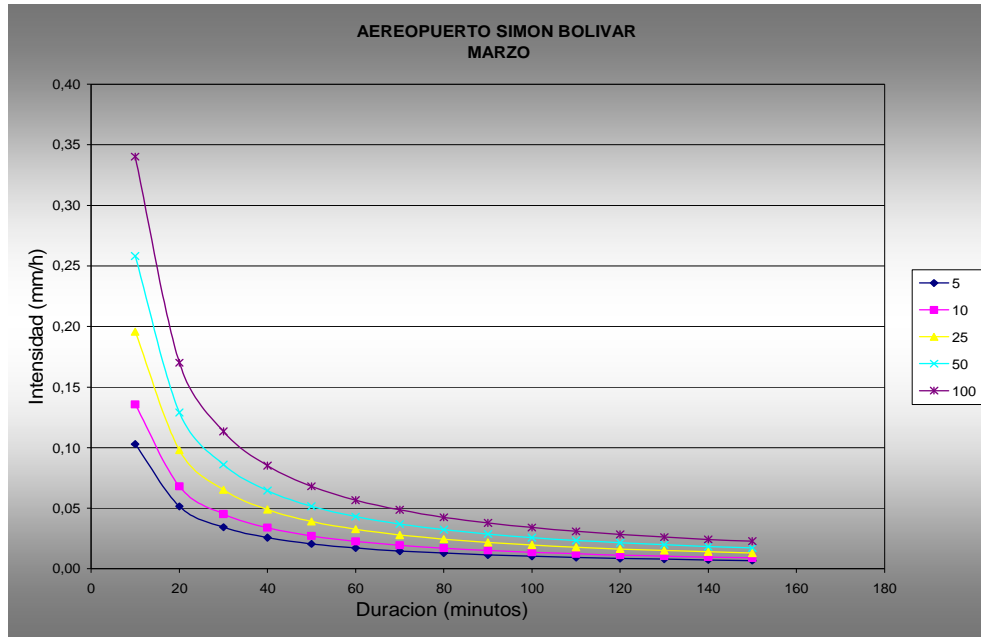


**Gráfica 85. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Enero**

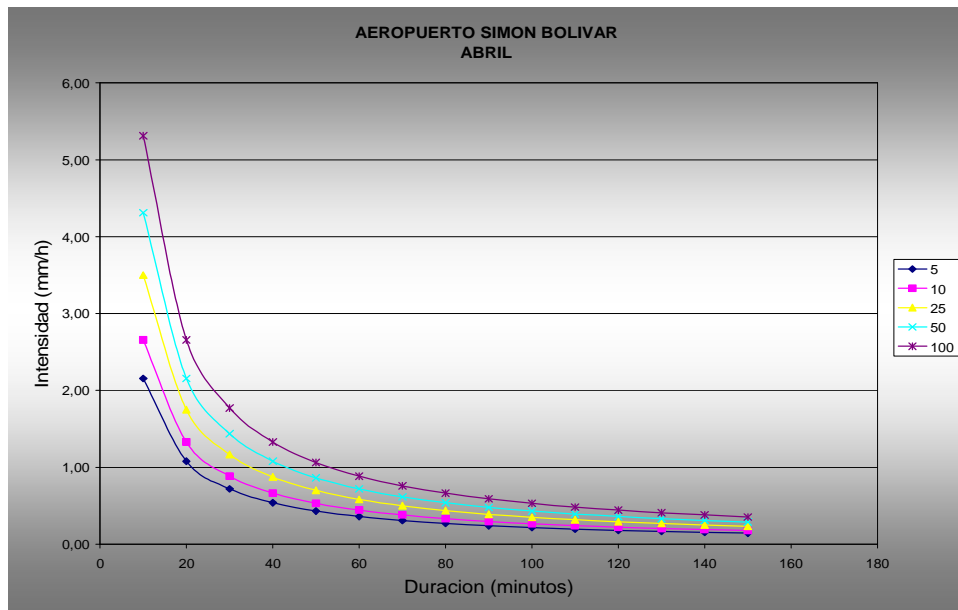


**Gráfica 86. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Febrero**



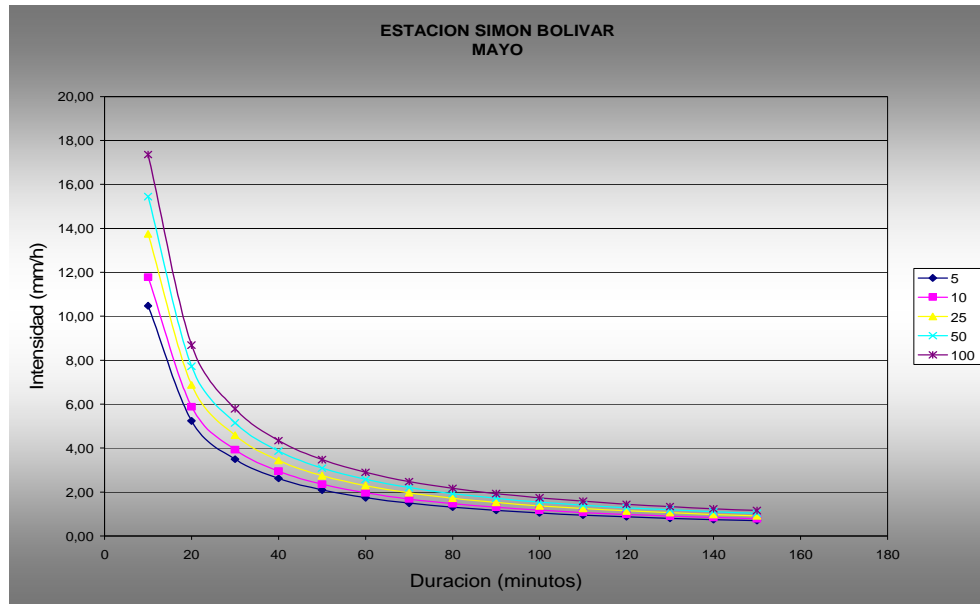


**Grafica 87. Curvas IDF Estacion Simón Bolívar. Marzo**

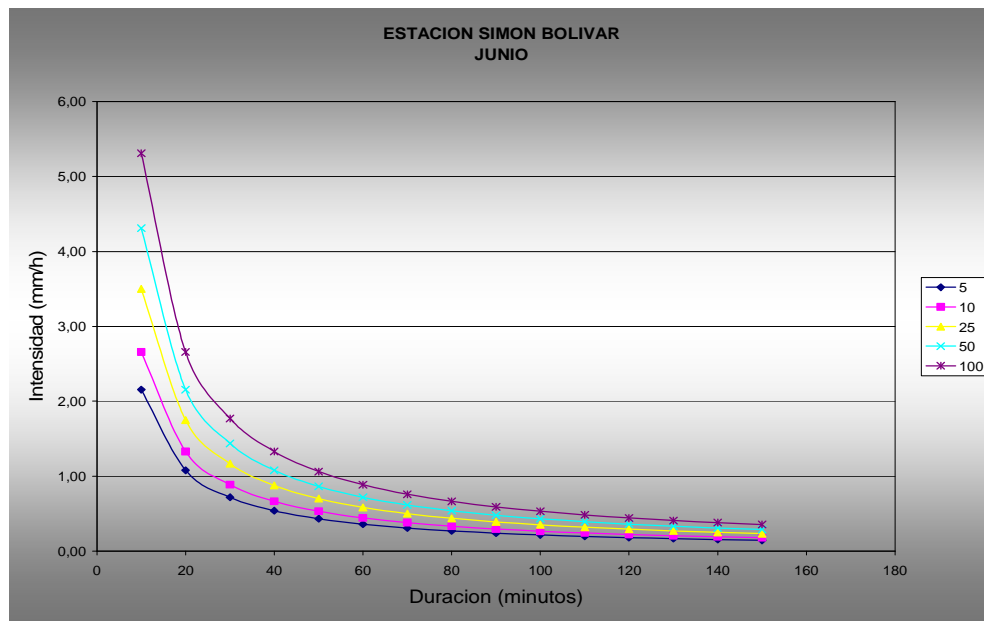


**Grafica 88. Curvas IDF Estacion Simón Bolívar Abril**



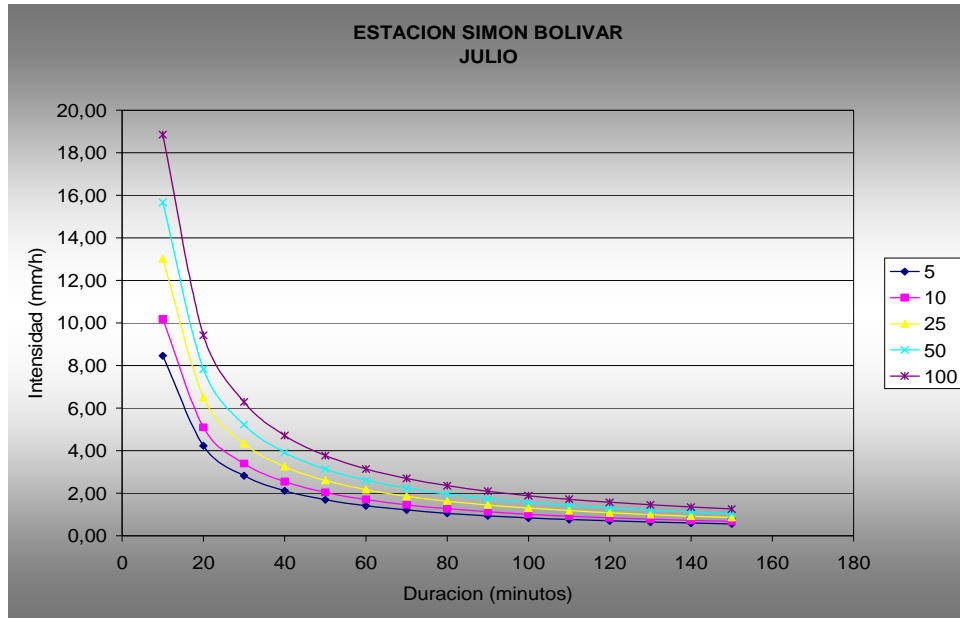


Grafica 89. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Mayo

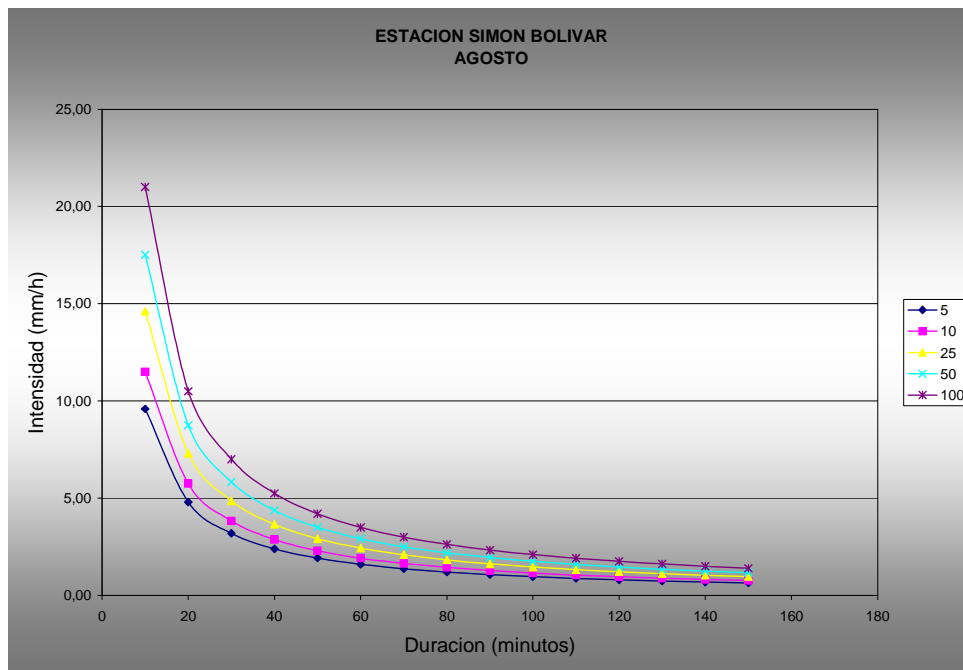


Grafica 90. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Junio



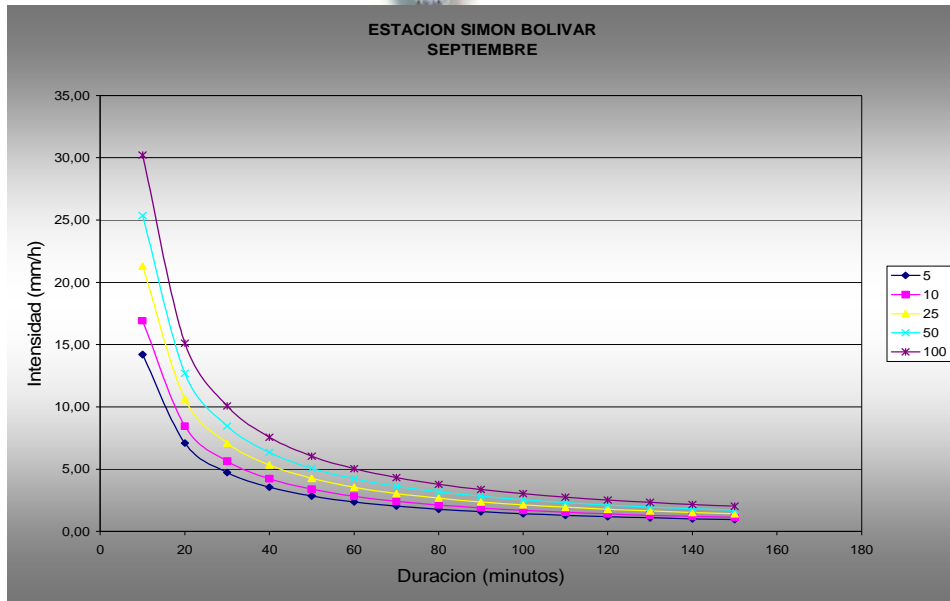


**Grafica 91. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Julio**

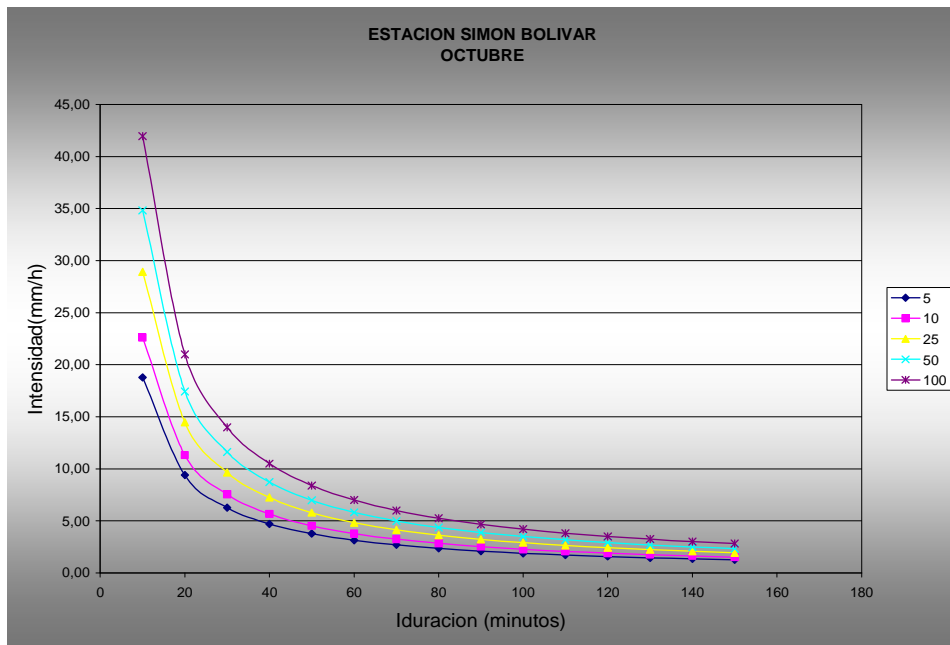


**Grafica 92. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Agosto**



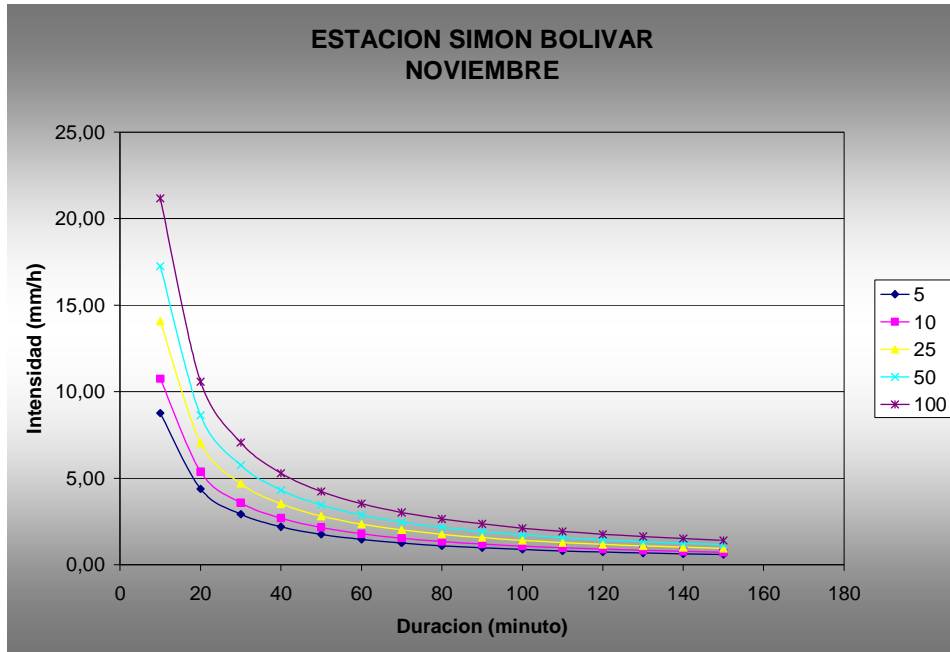


**Gráfica 93. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Septiembre**

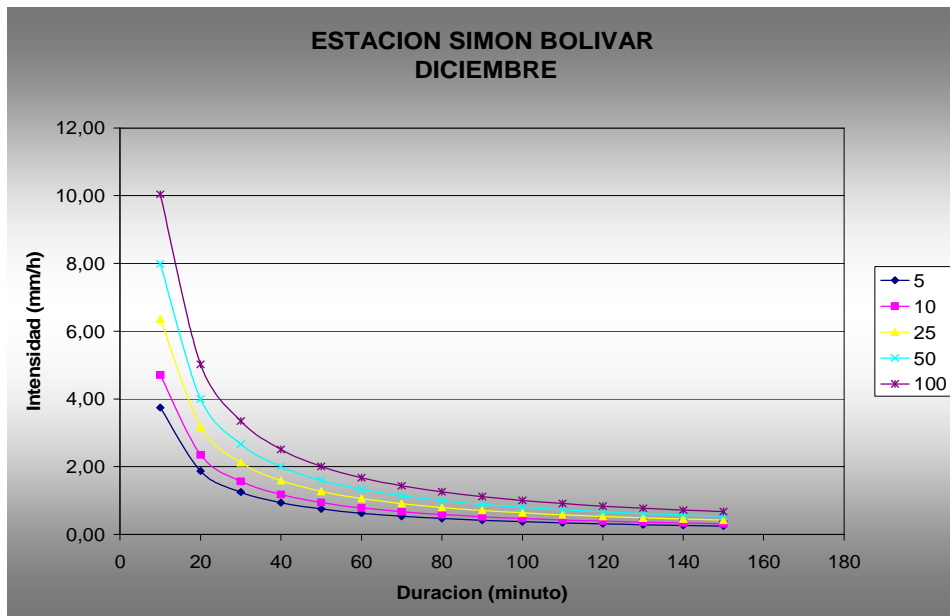


**Gráfica 94. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Octubre**





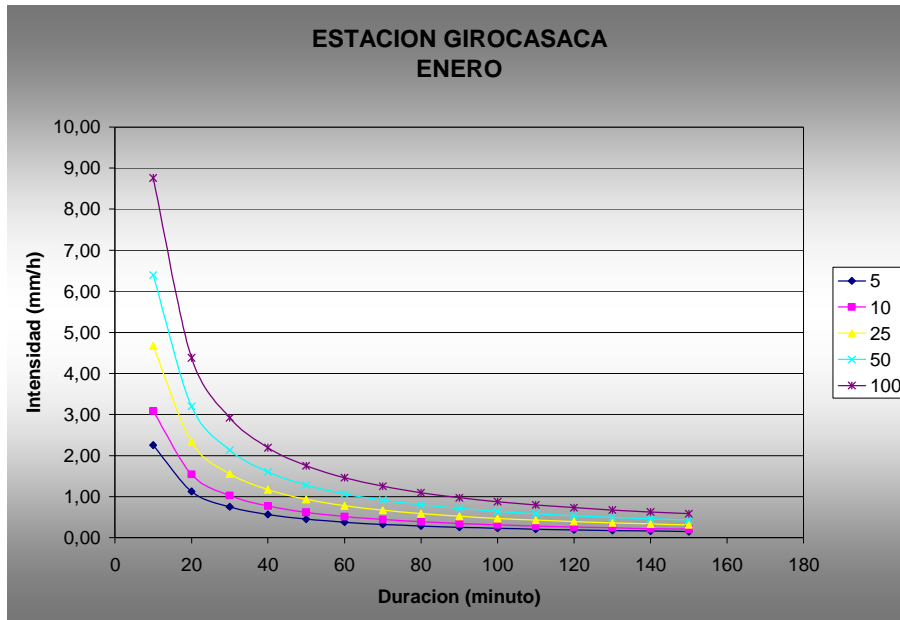
**Grafica 95. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Noviembre**



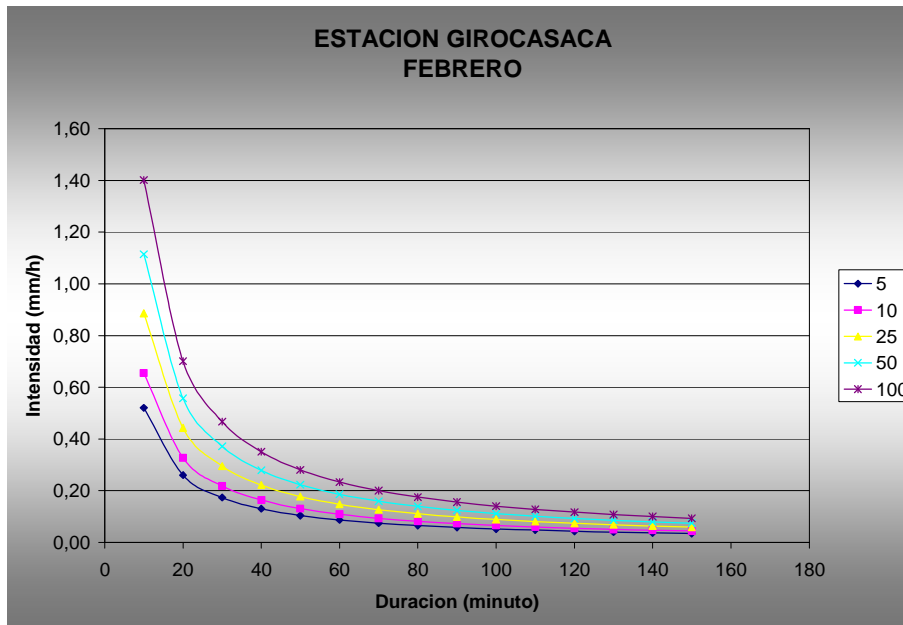
**Grafica 96. Curvas IDF Estación Simón Bolívar. Diciembre**





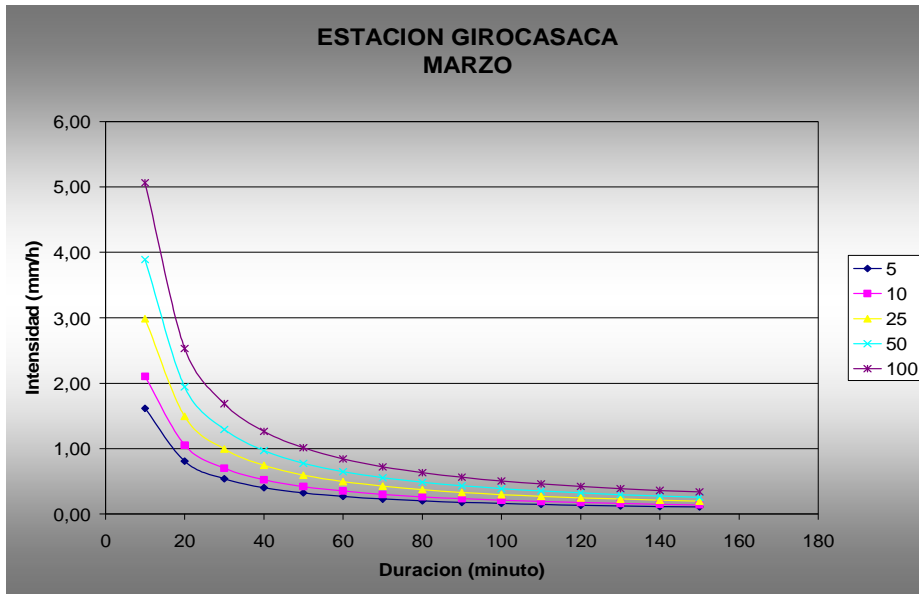


**Grafica 97. Curvas IDF Estación Girocasaca. Enero**

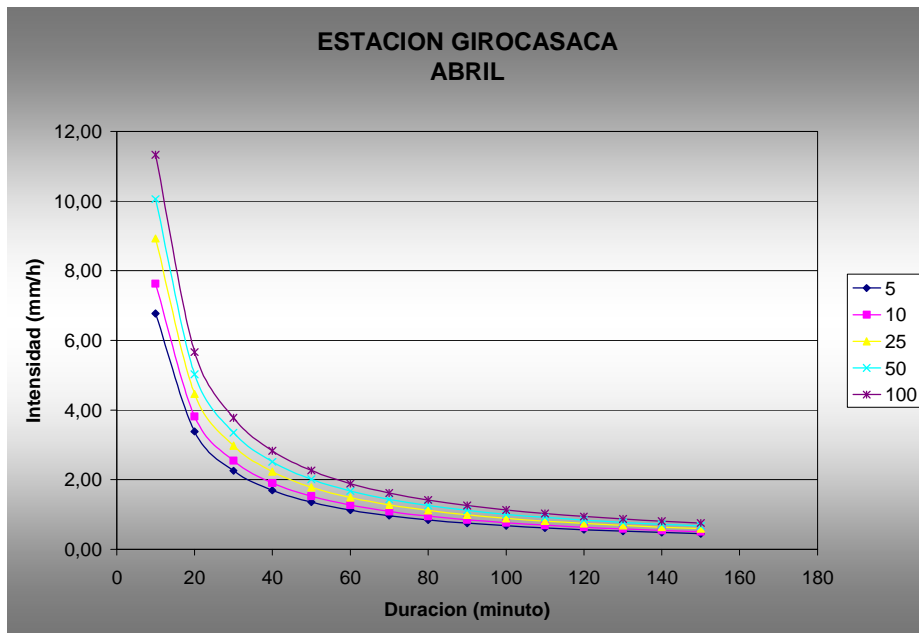


**Grafica 98. Curvas IDF Estación Girocasaca. Febrero**



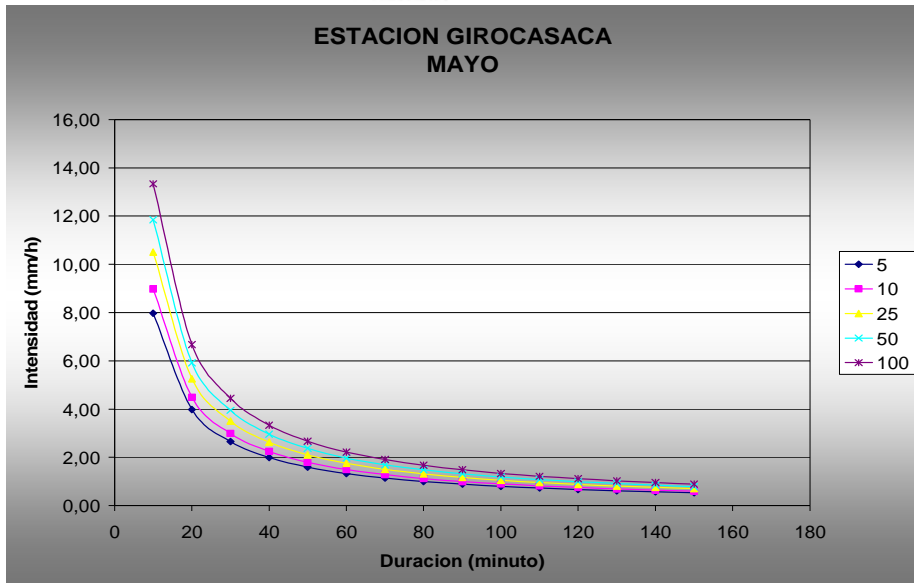


**Grafica 99. Curvas IDF Estación Girocasaca. Marzo**

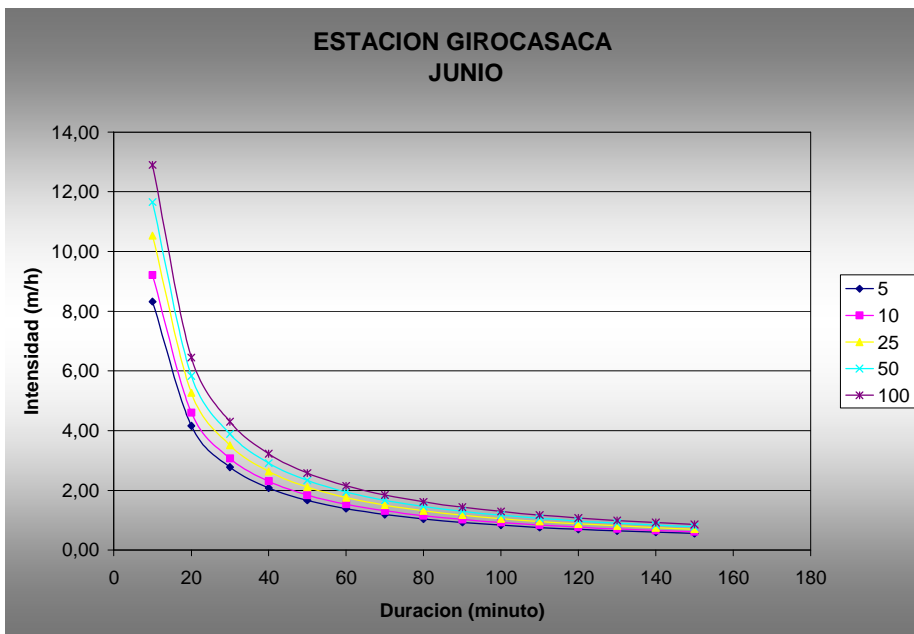


**Grafica 100. Curvas IDF Estación Girocasaca. Abril**



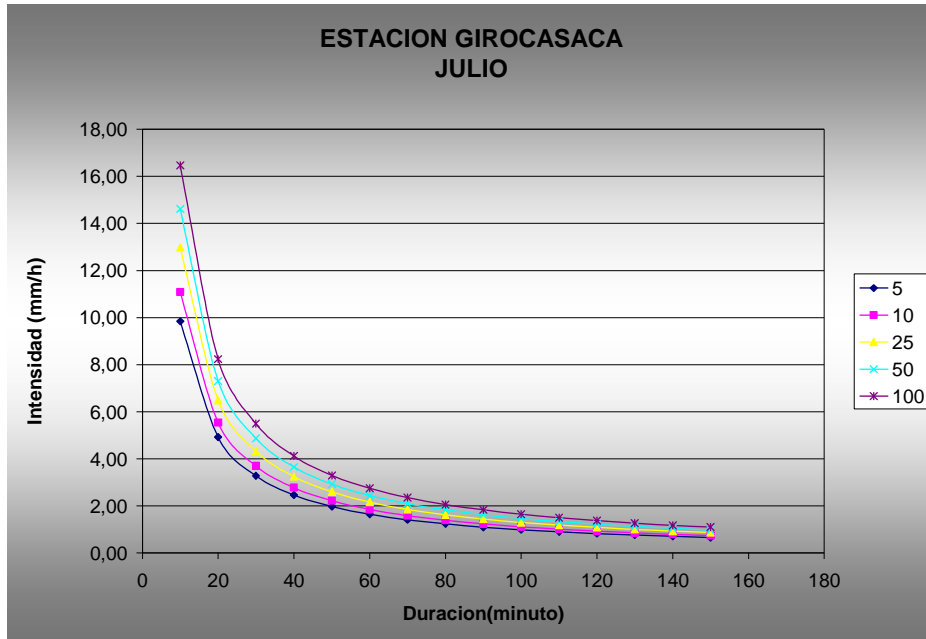


**Grafica 101. Curvas IDF Estación Girocasaca. Mayo**

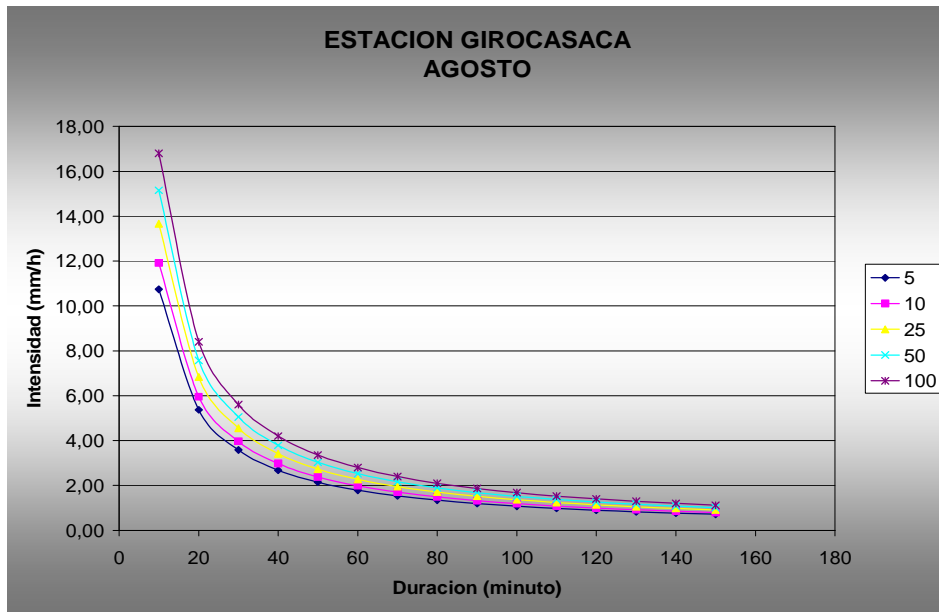


**Grafica 102. Curvas IDF Estación Girocasaca. Junio**



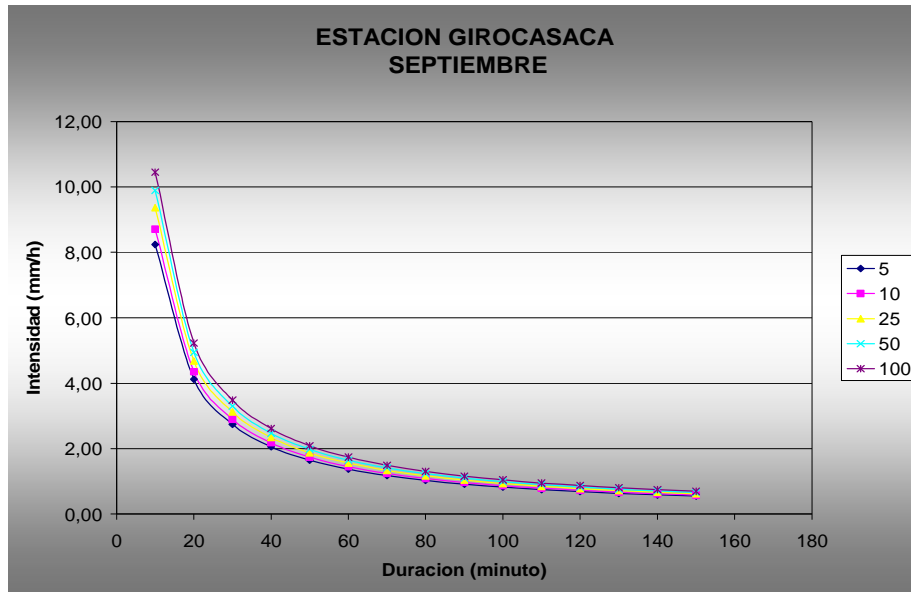


**Grafica 103. Curvas IDF Estación Girocasaca. Julio**

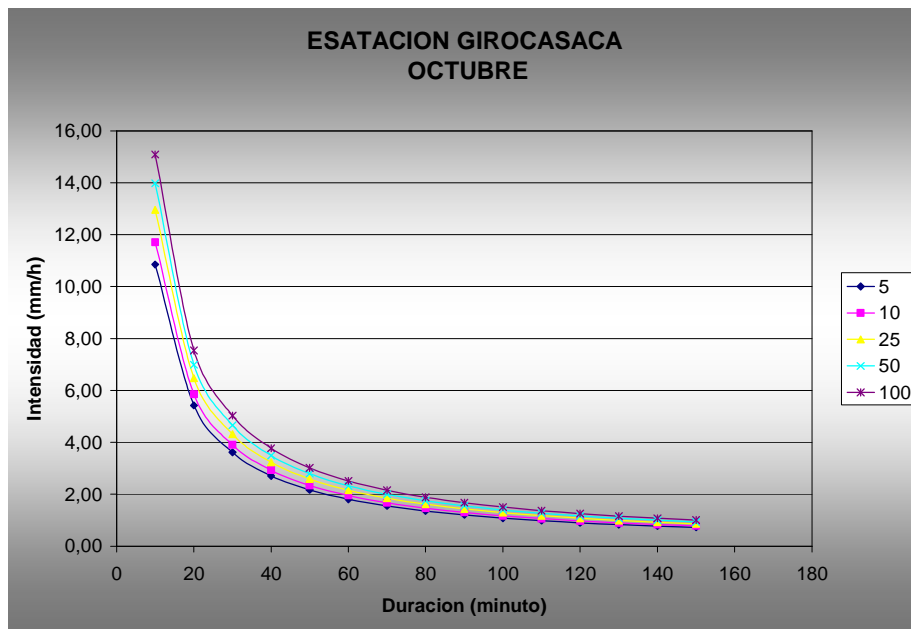


**Grafica 104. Curvas IDF Estación Girocasaca. Agosto**



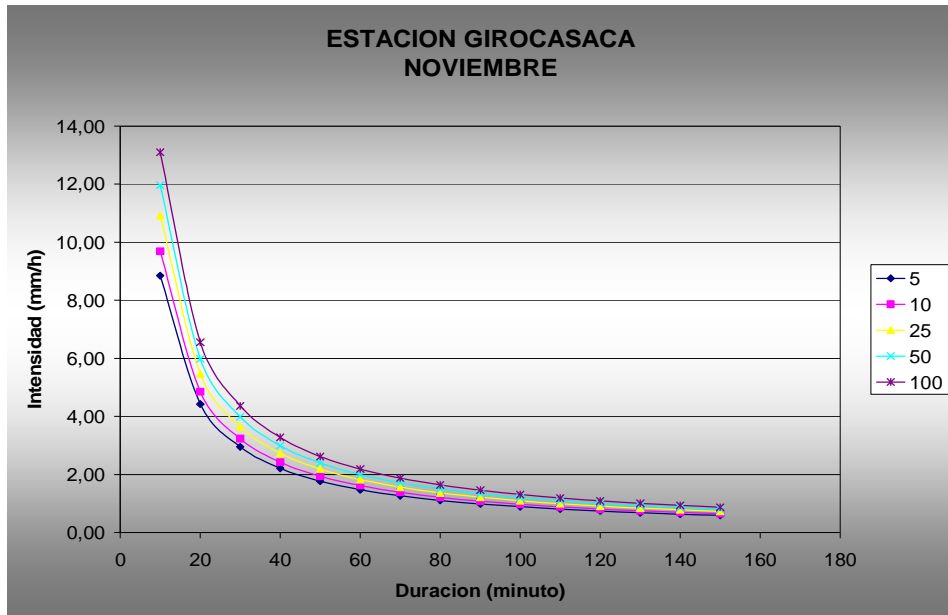


**Grafica 105. Curvas IDF Estación Girocasaca. Septiembre**

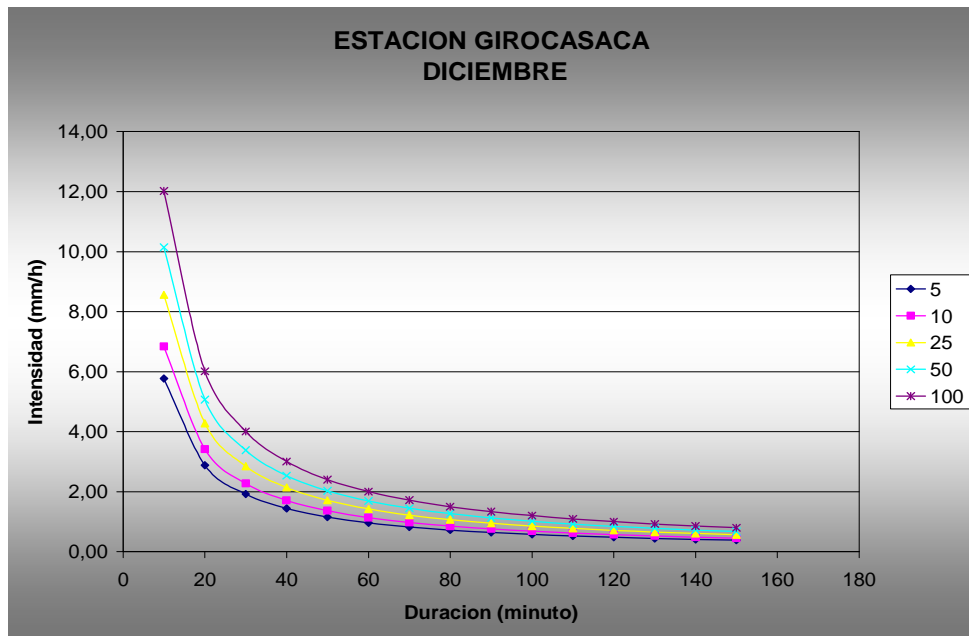


**Grafica 106. Curvas IDF Estación Girocasaca. Octubre**



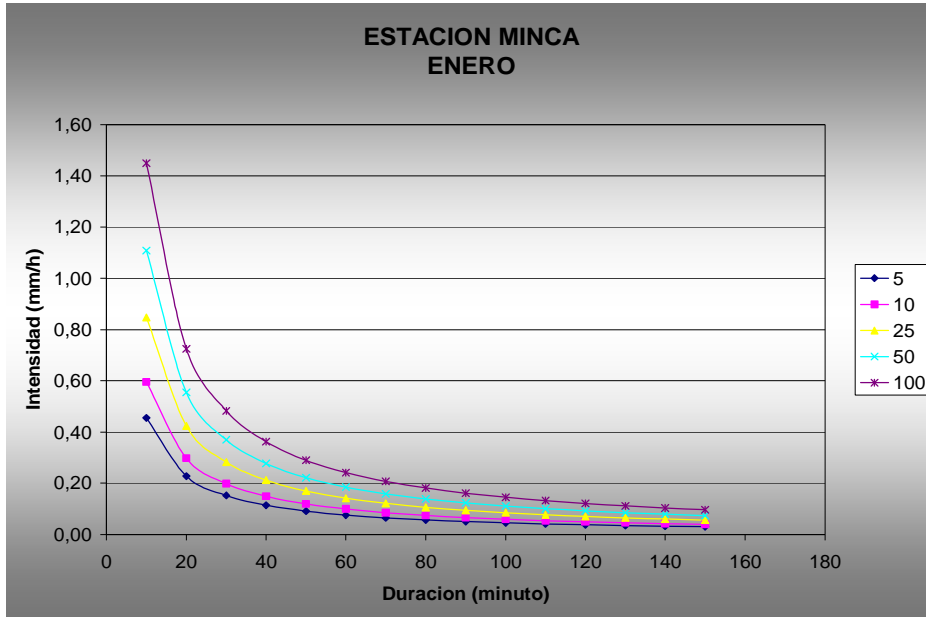


**Grafica 107. Curvas IDF Estación Girocasaca. Noviembre**

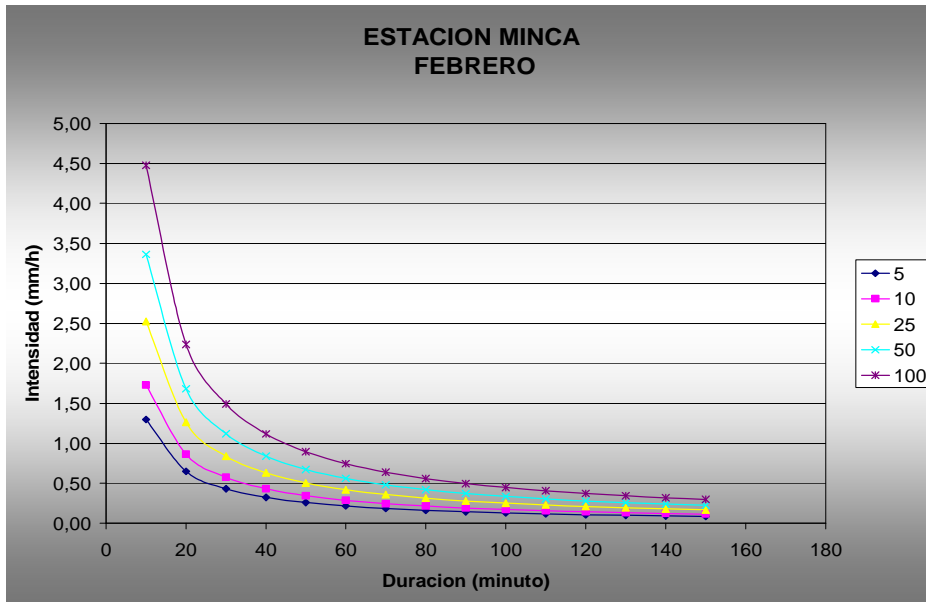


**Grafica 108. Curvas IDF Estación Girocasaca. Diciembre**



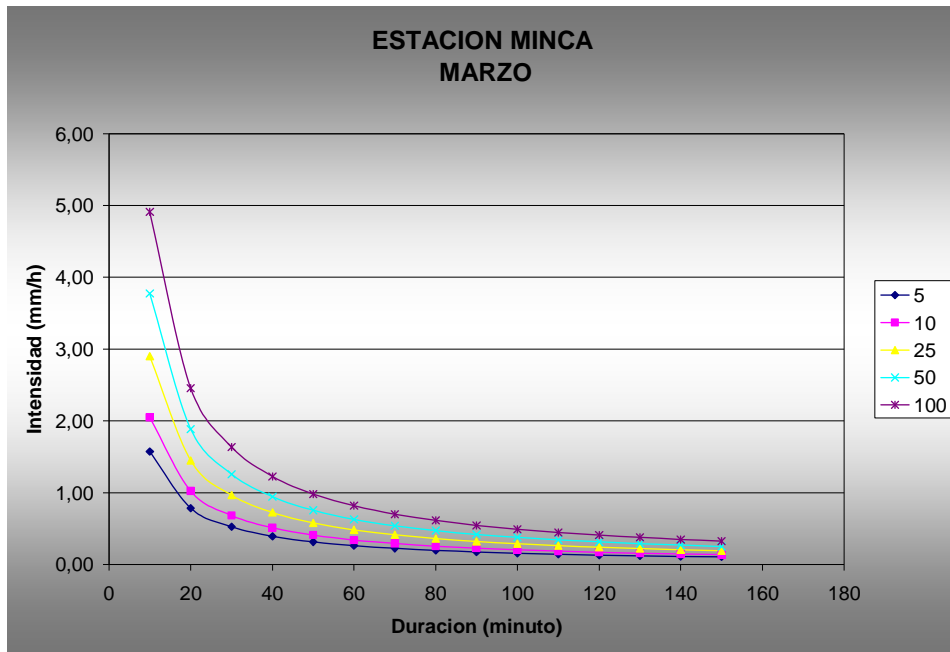


Grafica 109. Curvas IDF Estación Minca. Enero

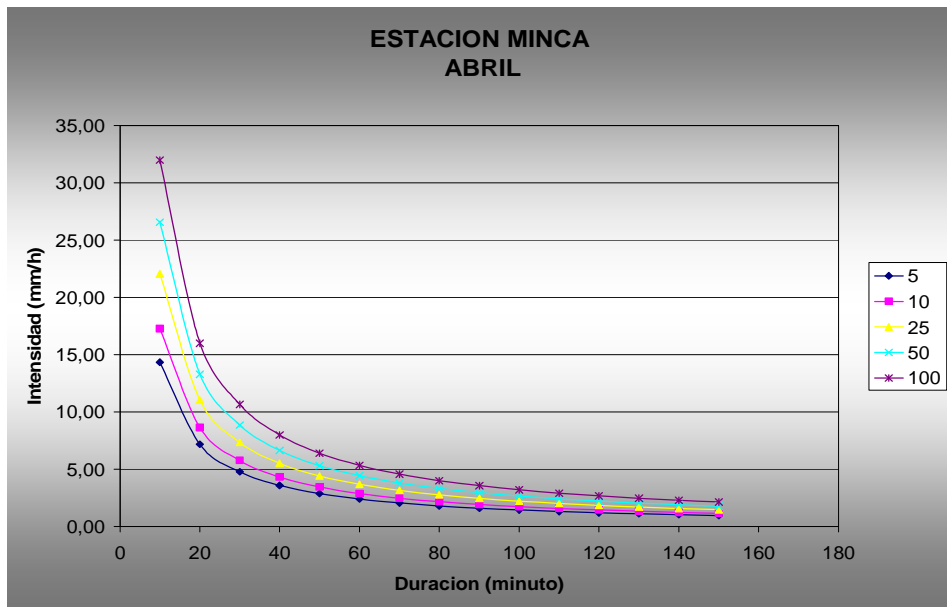


Grafica 110. Curvas IDF Estación Minca. Febrero





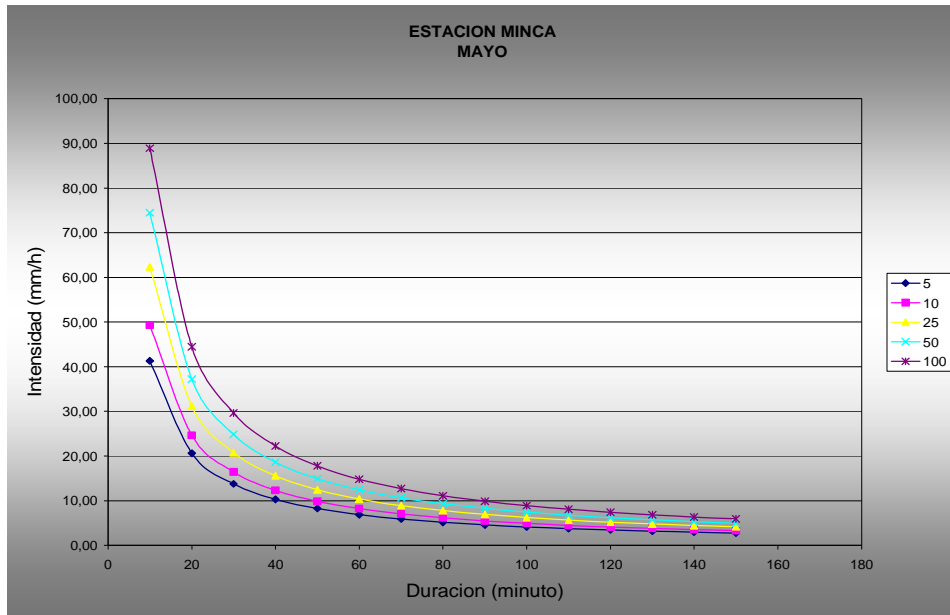
**Grafica 111. Curvas IDF Estación Minca. Marzo**



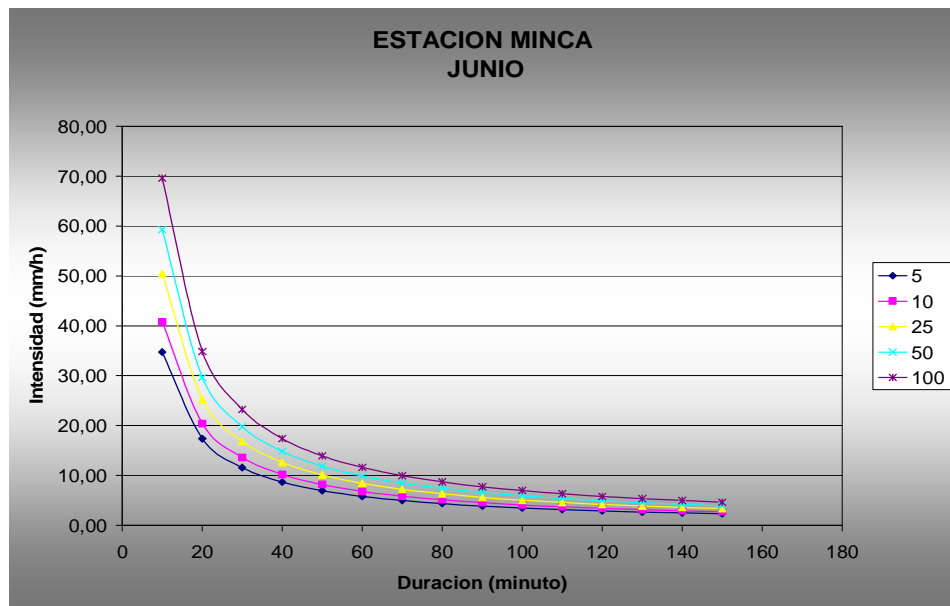
**Grafica 112. Curvas IDF Estación Minca. Abril**





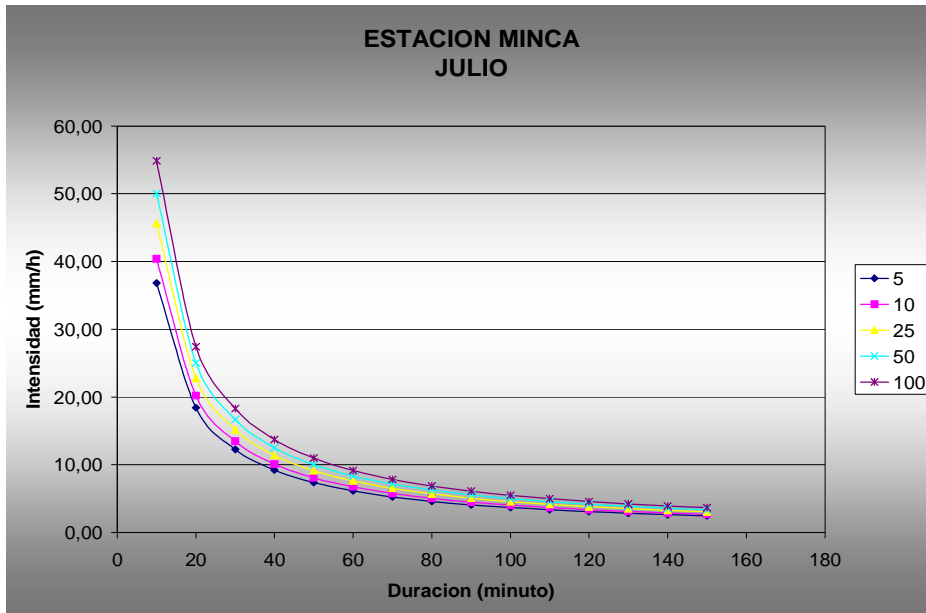


**Grafica 113. Curvas IDF Estación Minca. Mayo**

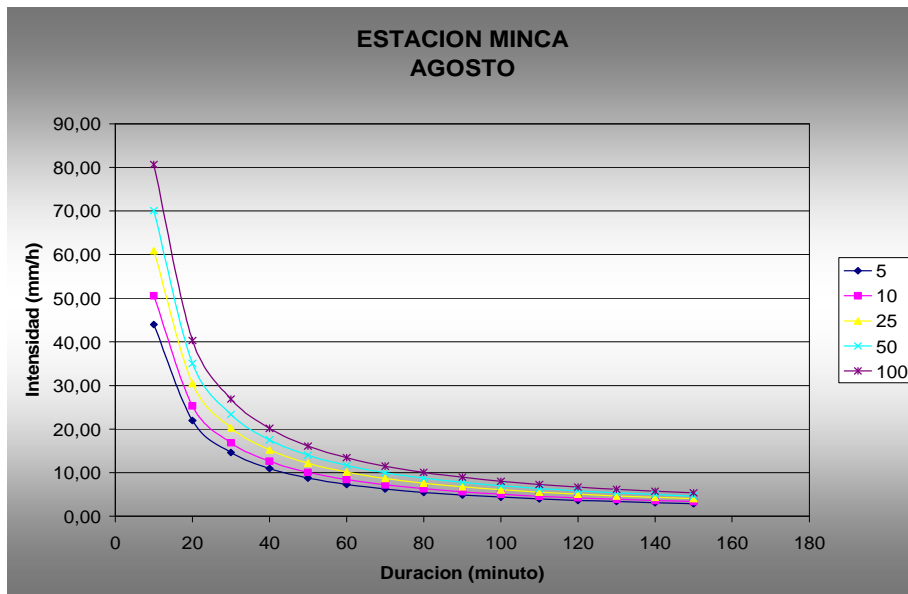


**Grafica 114. Curvas IDF Estación Minca. Junio**



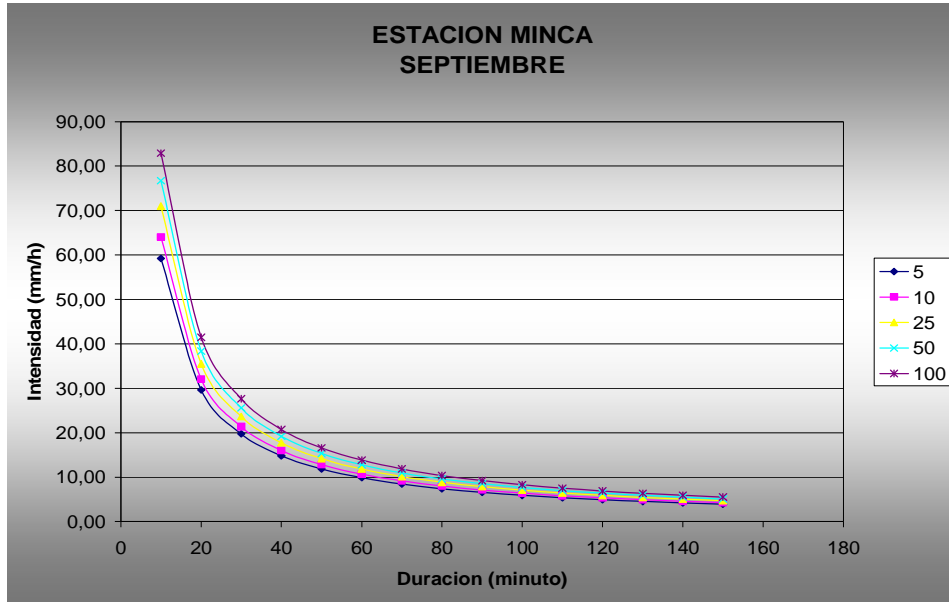


**Grafica 115 Curvas IDF Estación Minca. Julio**

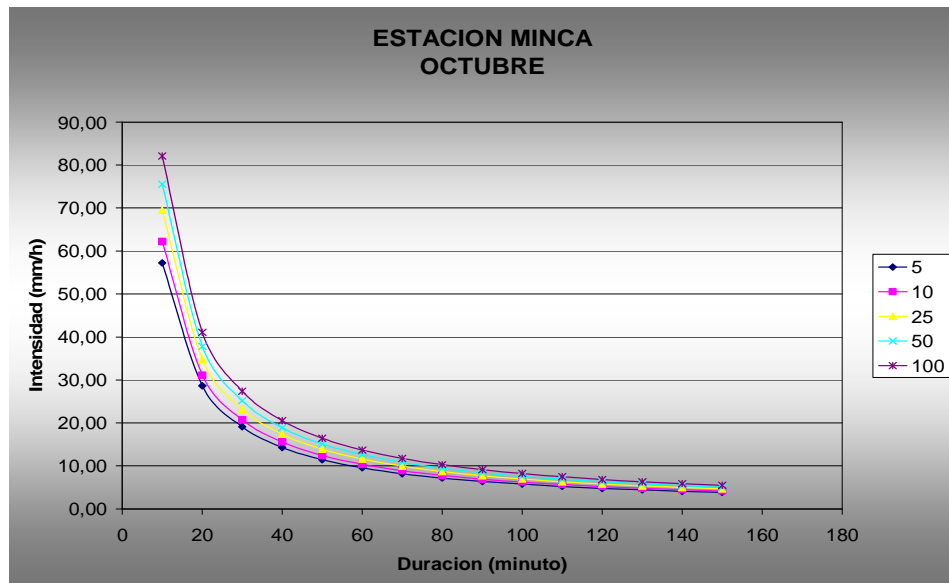


**Grafica 116. Curvas IDF Estación Minca. Agosto**



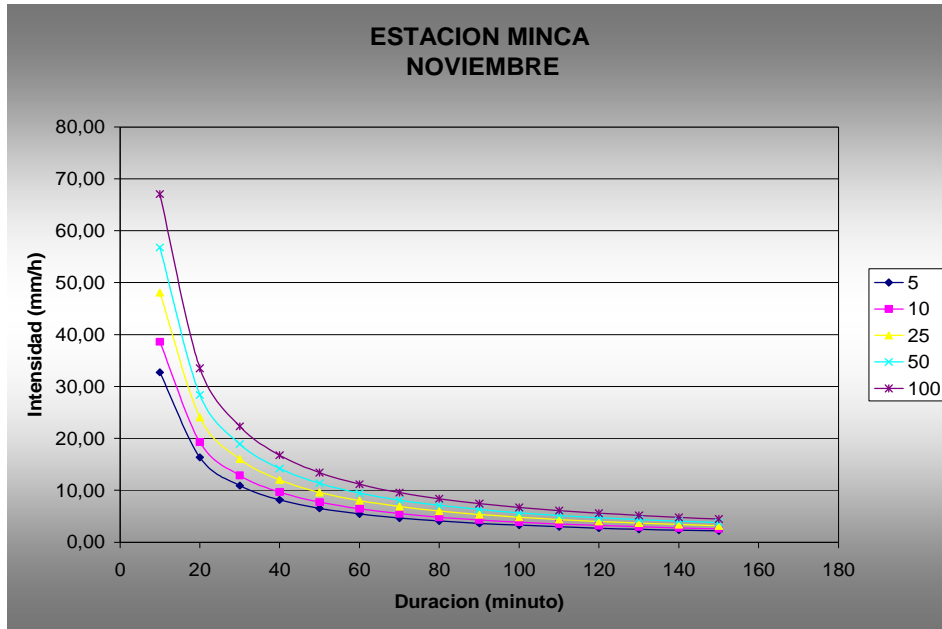


**Grafica 117 Curvas IDF Estación Minca. Septiembre**

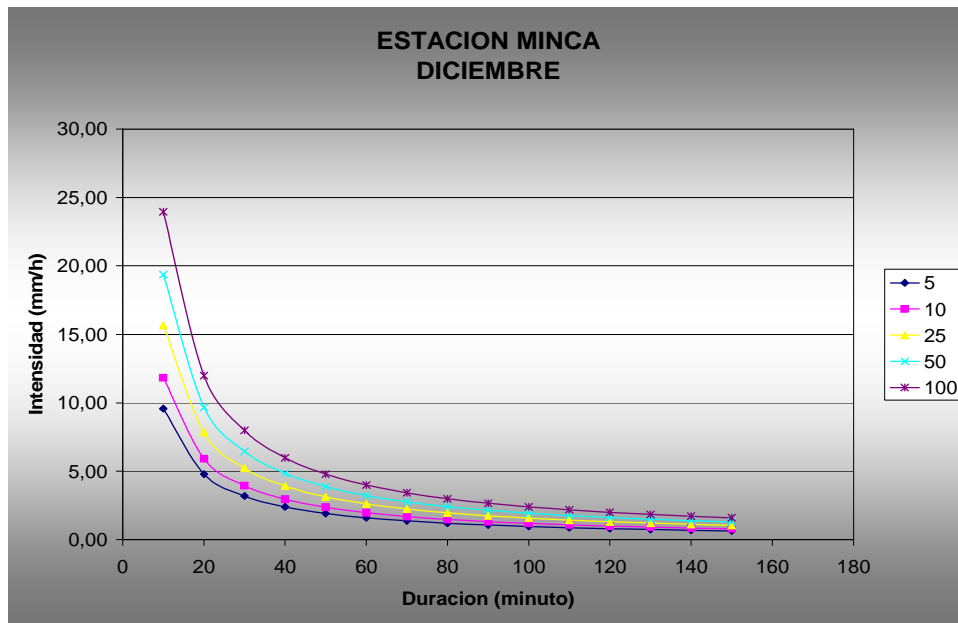


**Grafica 118. Curvas IDF Estación Minca. Octubre**



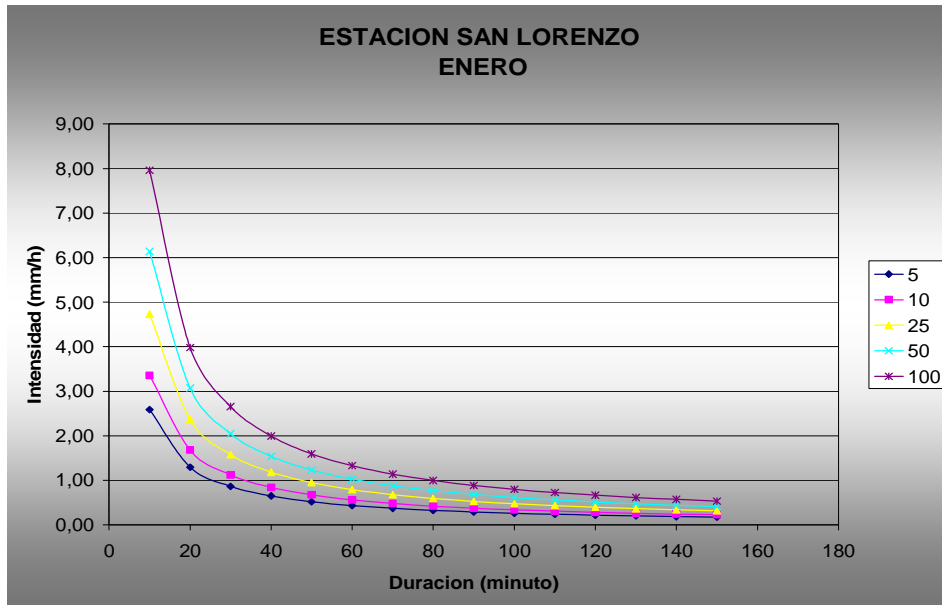


Grafica 119. Curvas IDF Estación Minca. Noviembre

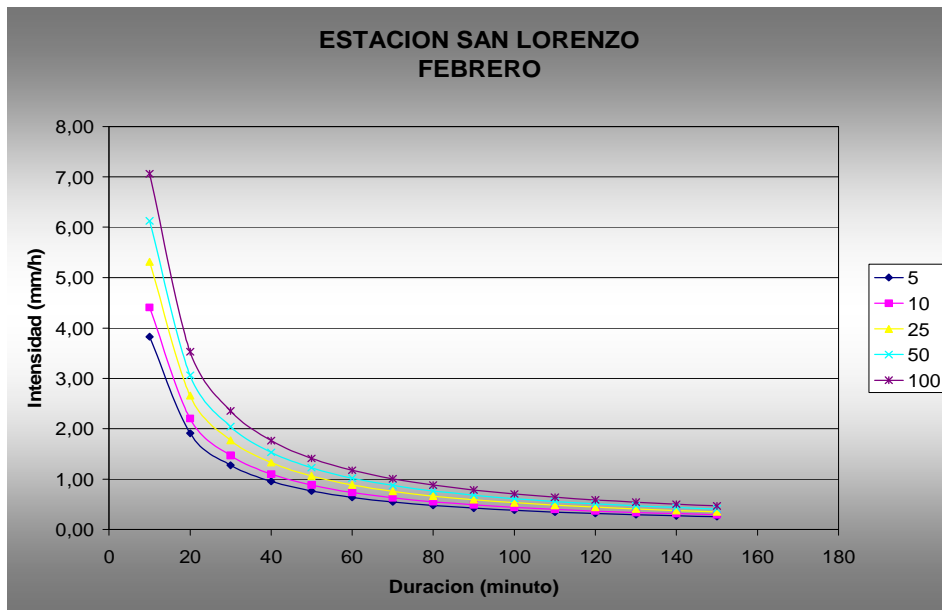


Grafica 120. Curvas IDF Estación Minca. Diciembre



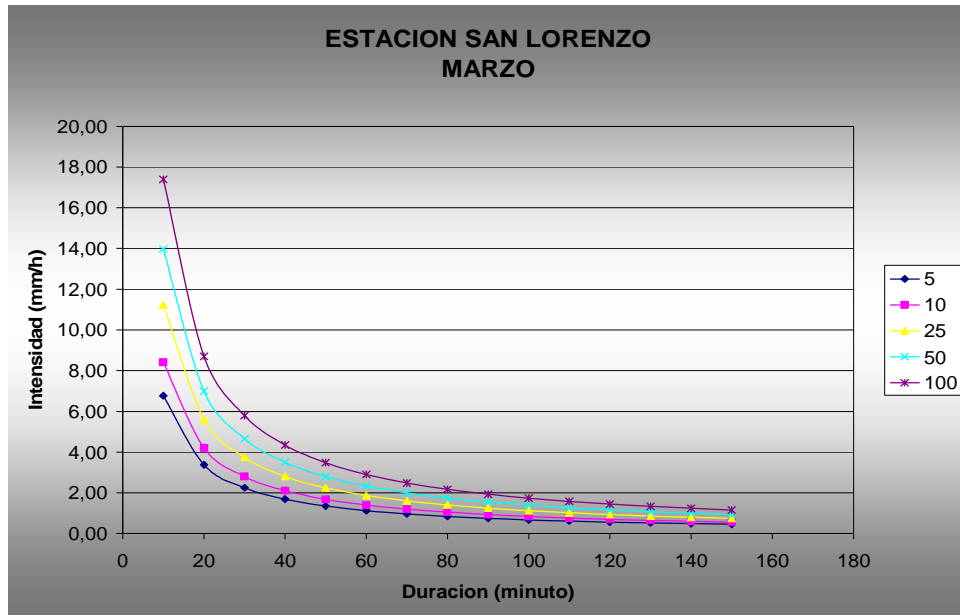


**Grafica 121. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Enero**

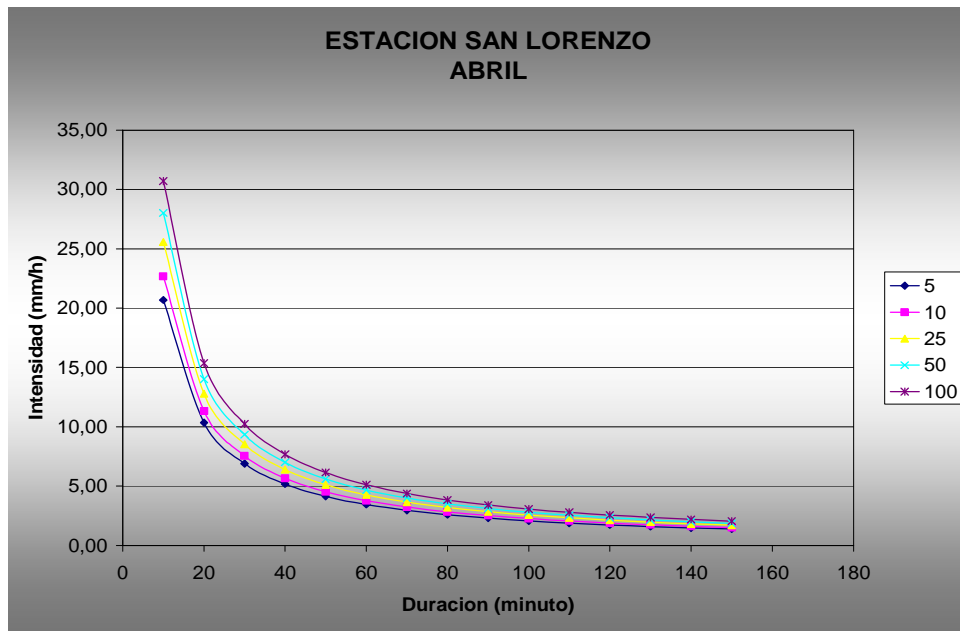


**Grafica 122. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Febrero**



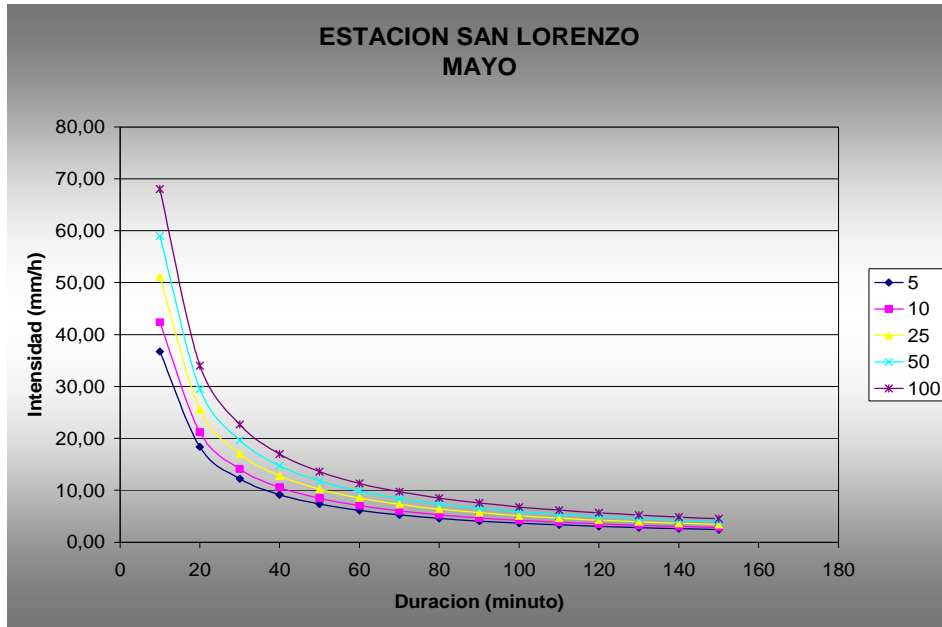


**Grafica 123. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Marzo**

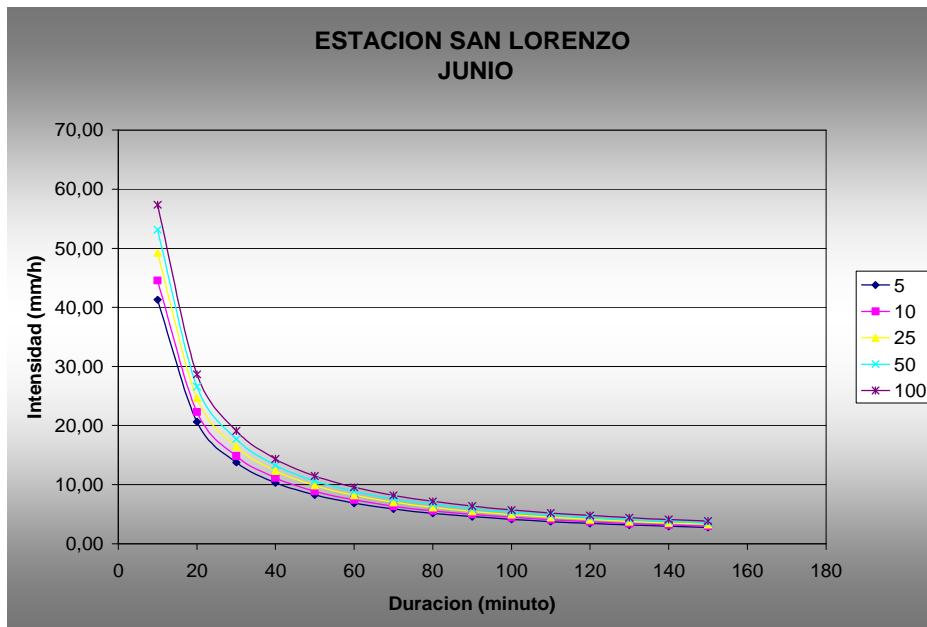


**Grafica 124. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Abril**



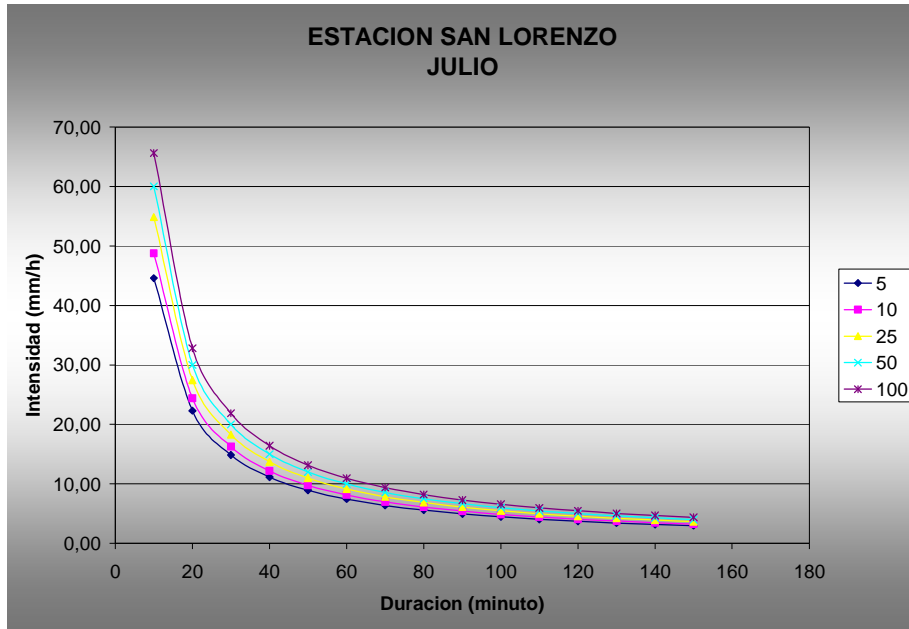


Gráfica 125. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Mayo

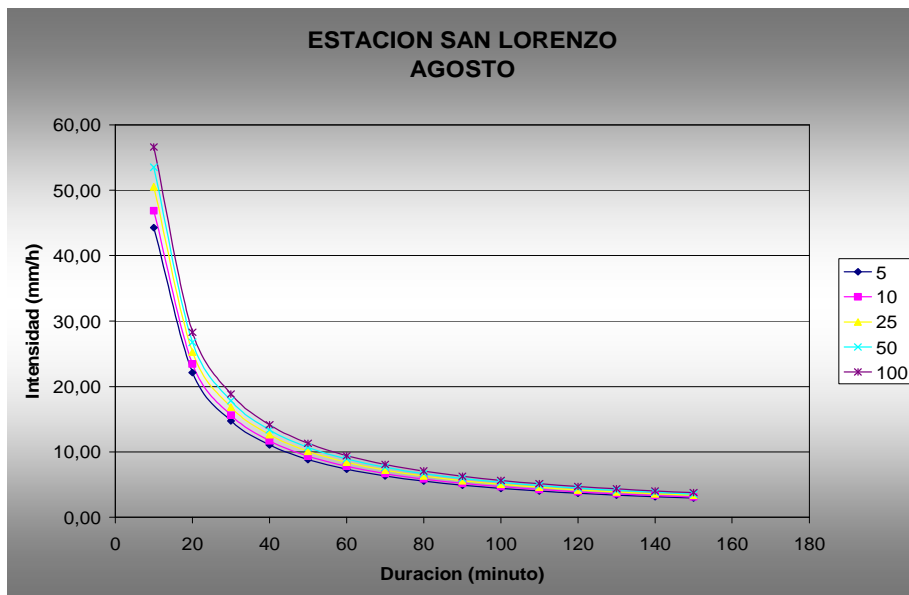


Gráfica 126. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Junio





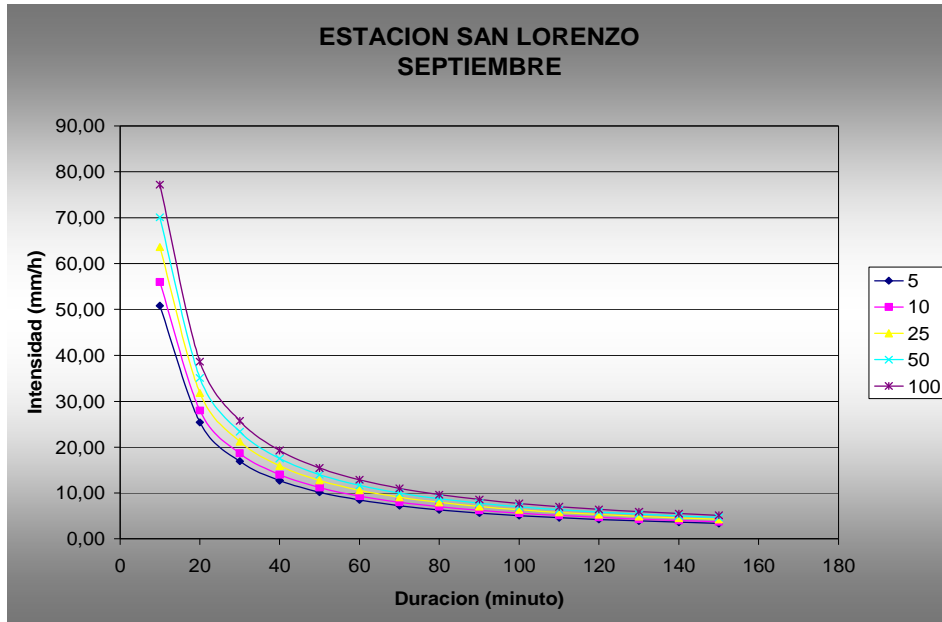
**Grafica 127. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Julio**



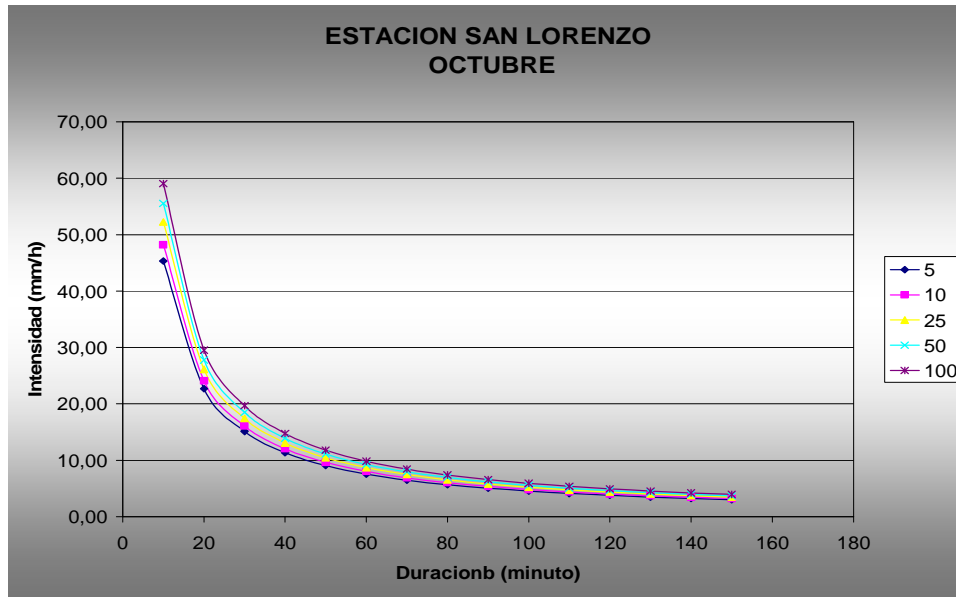
**Grafica 128. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Agosto**





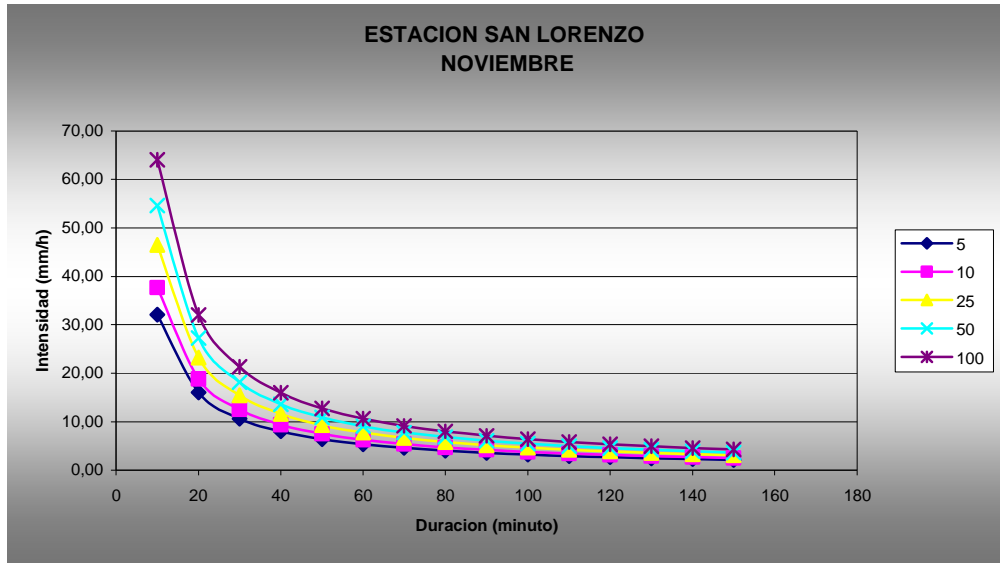


**Grafica 129. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Septiembre**

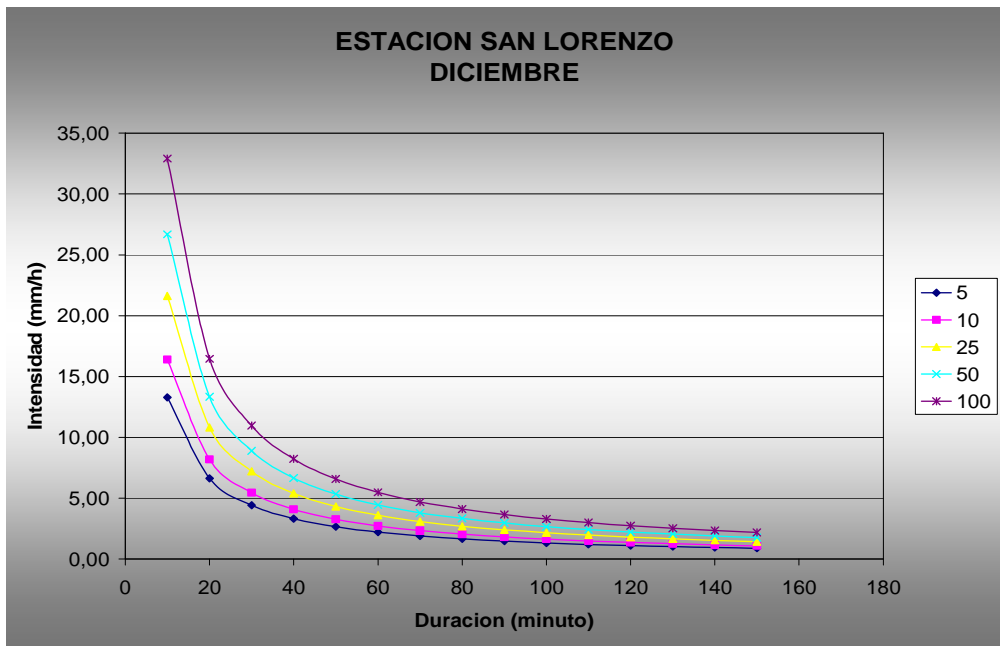


**Grafica 130. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Octubre**



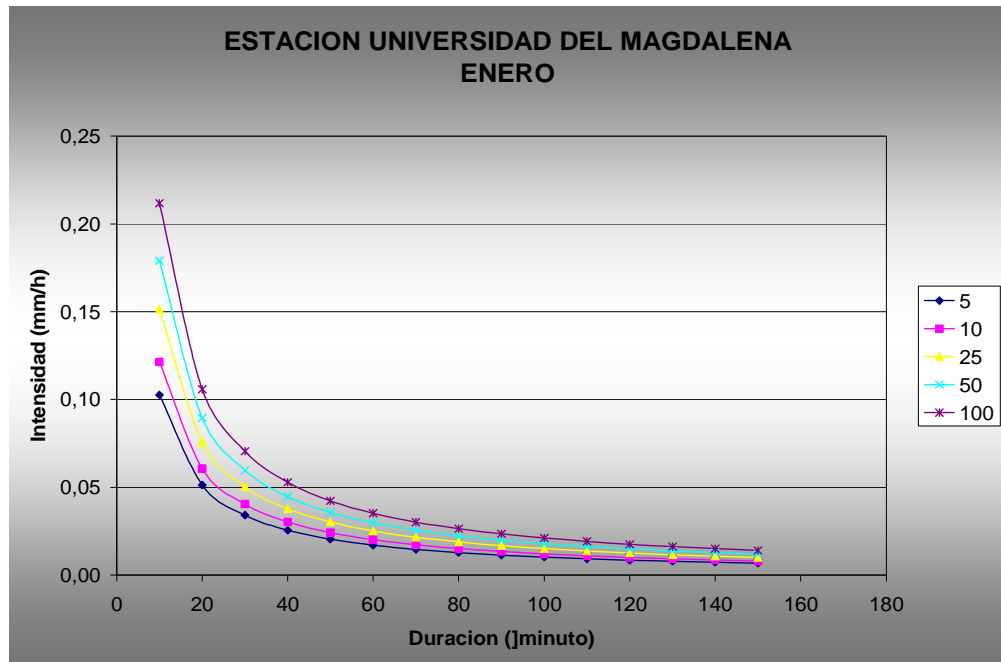


Grafica 131. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Noviembre

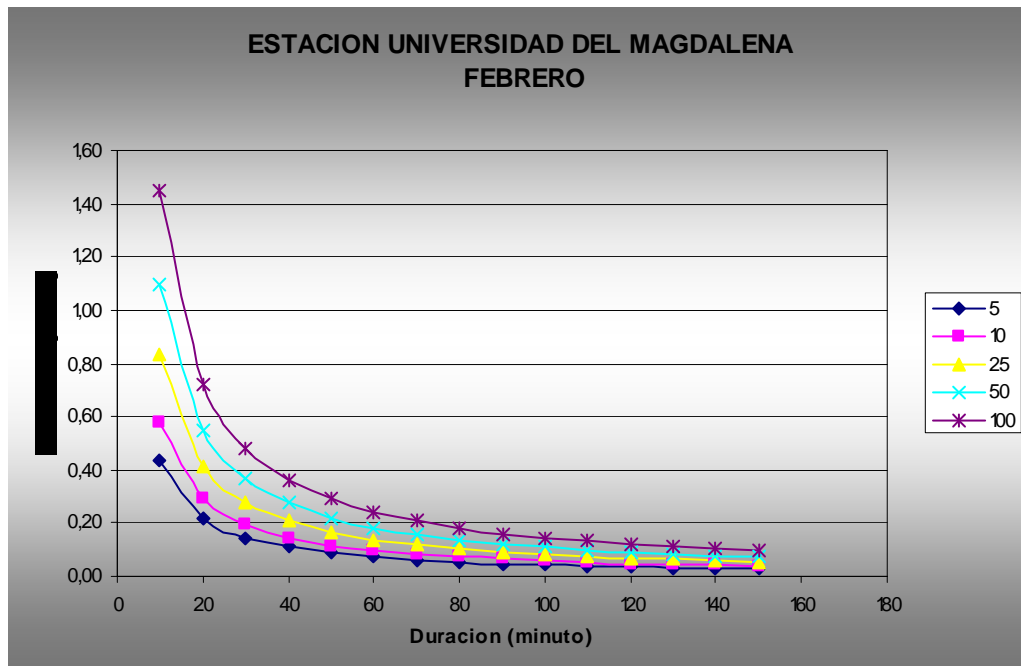


Grafica 132. Curvas IDF Estación San Lorenzo. Diciembre



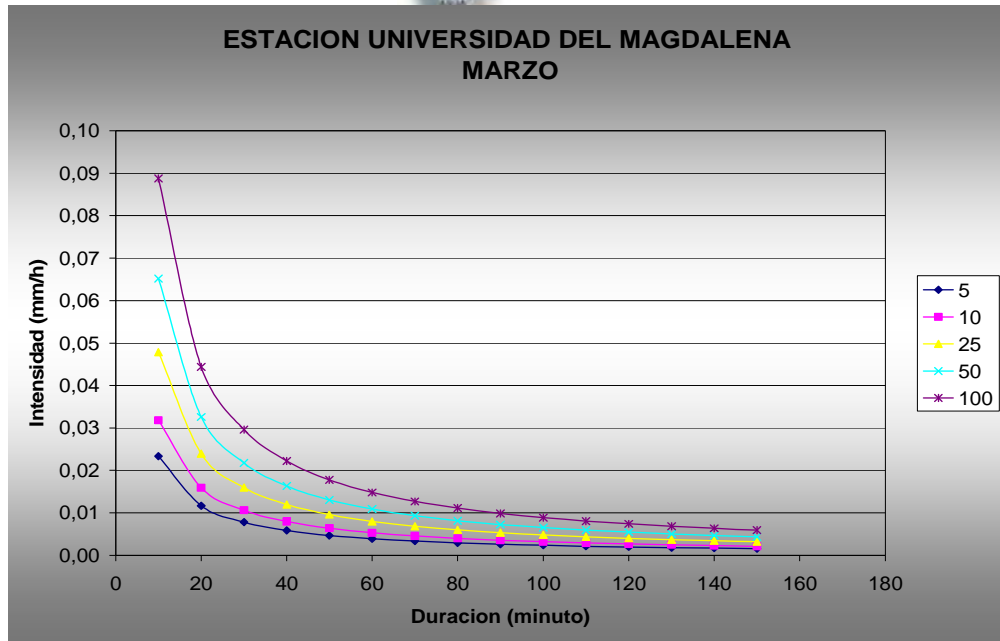


**Grafica 133. Curvas IDF Estación Unimag. Enero**

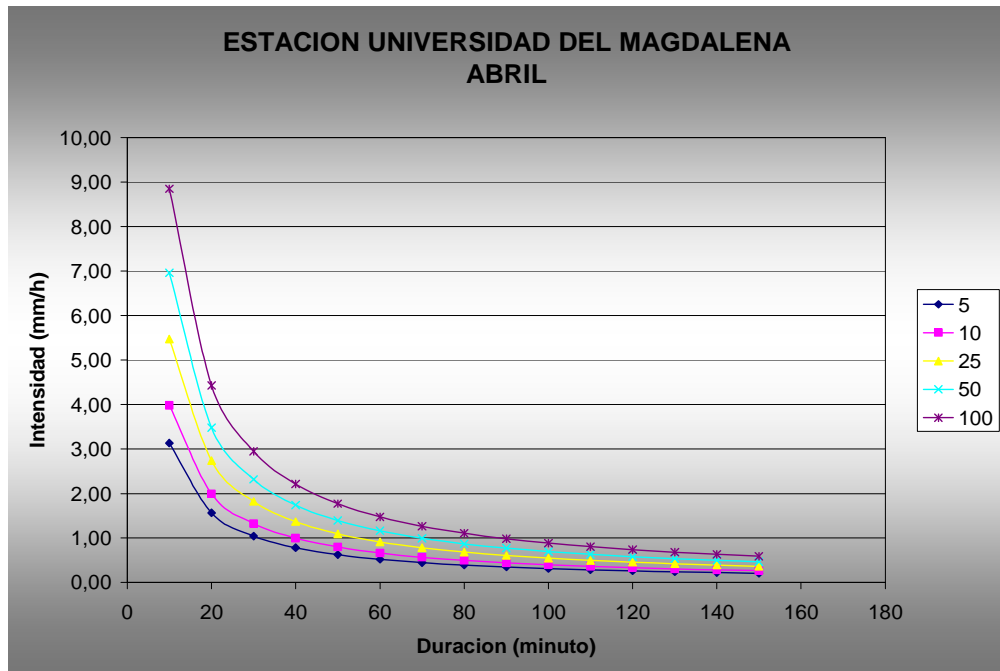


**Grafica 134. Curvas IDF Estación Unimag. Febrero**





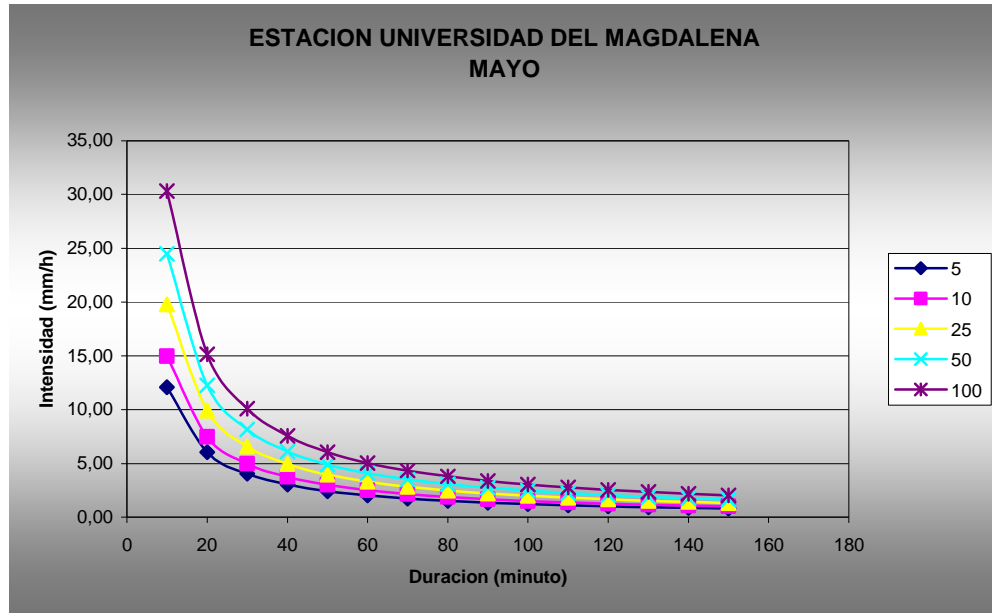
**Grafica 135. Curvas IDF Estación Unimag. Marzo**



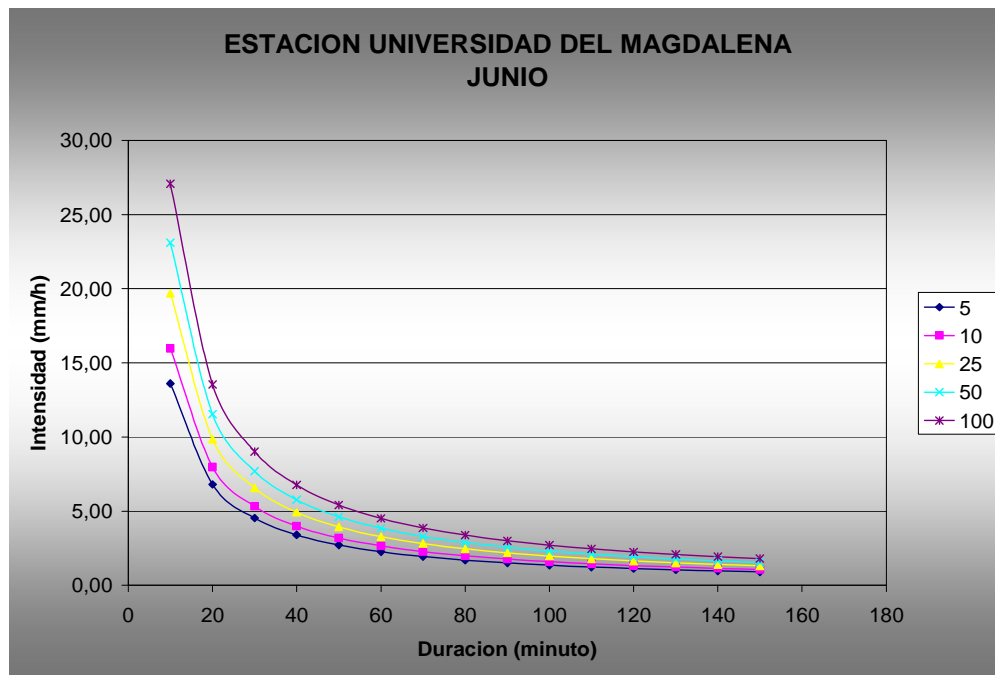
**Grafica 136. Curvas IDF Estación Unimag. Abril**

ξ



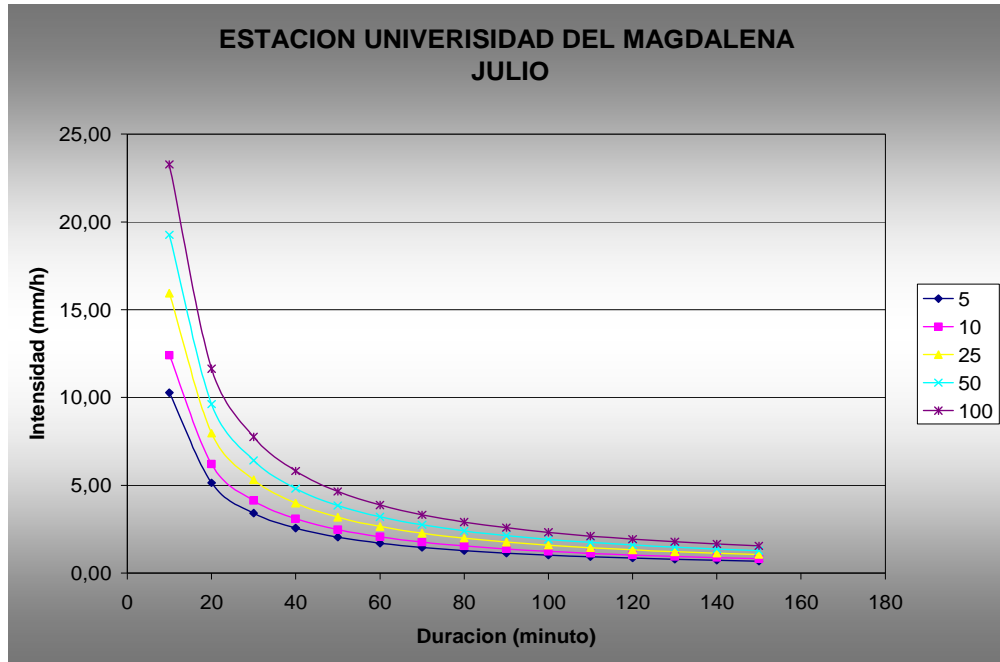


**Grafica 137. Curvas IDF Estación Unimag. Mayo**

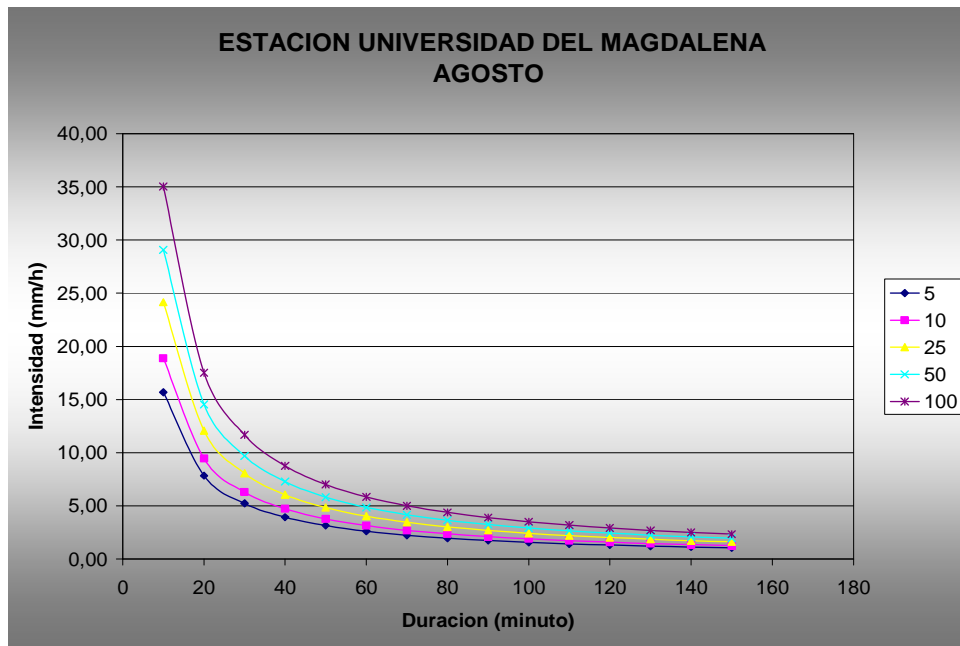


**Grafica 138. Curvas IDF Estación Unimag. Junio**



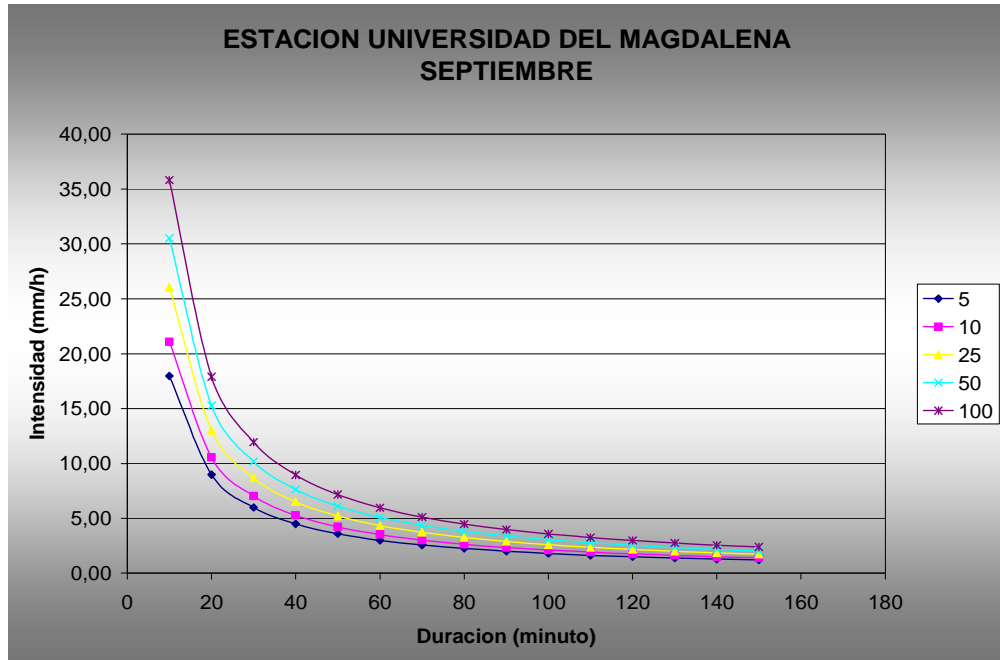


**Grafica 139. Curvas IDF Estación Unimag. Julio**

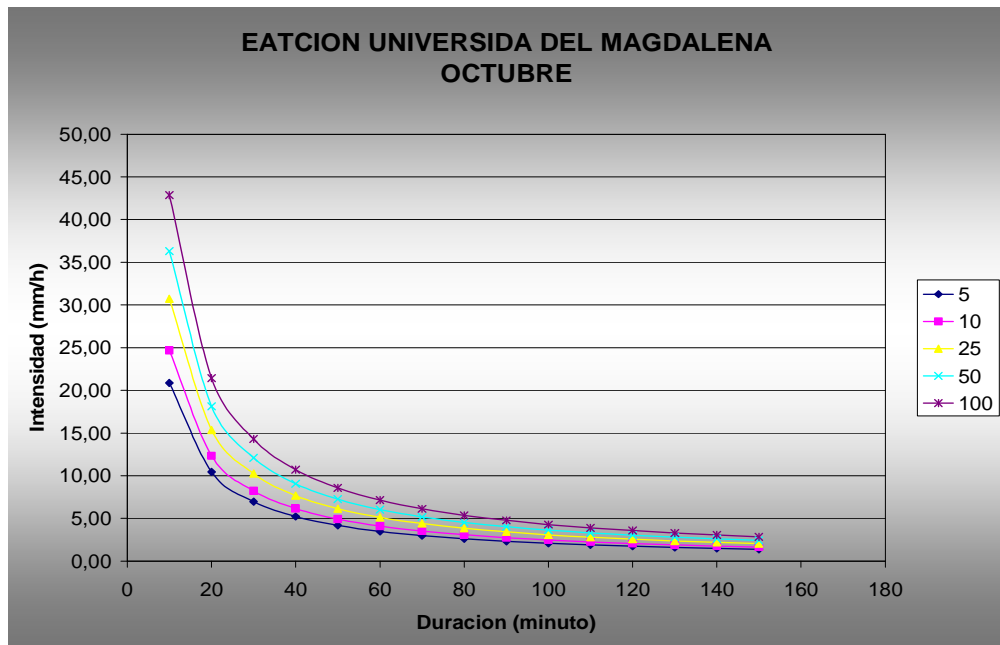


**Grafica 140. Curvas IDF Estación Unimag. Agosto**



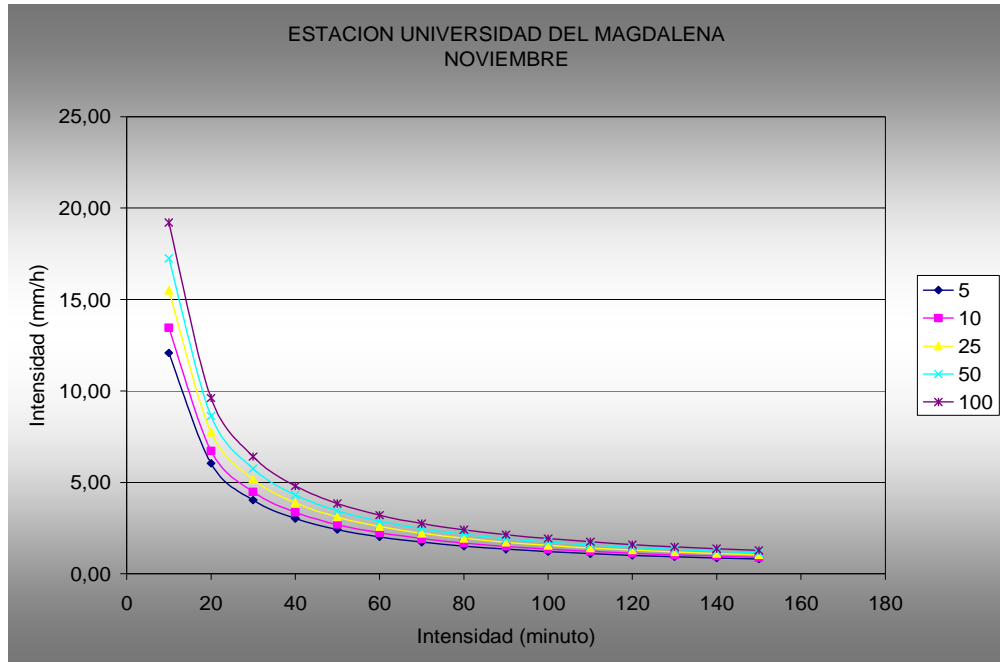


**Grafica 141. Curvas IDF Estación Unimag. Septiembre**

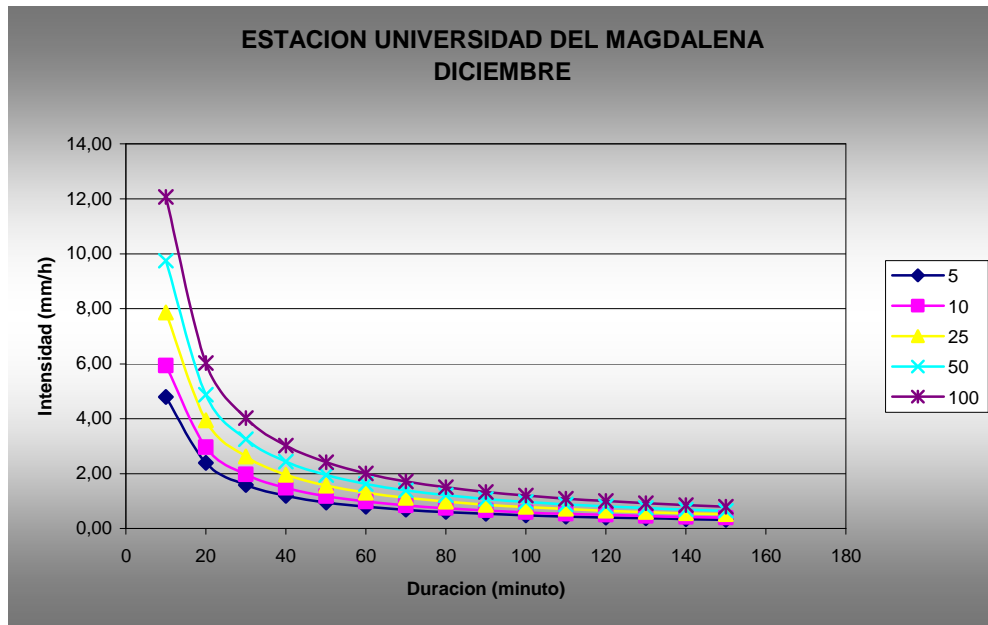


**Grafica 142. Curvas IDF Estación Unimag. Octubre**





**Grafica 143. Curvas IDF Estación Unimag. Noviembre**



**Grafica 144. Curvas IDF Estación Unimag. Diciembre**







**Anexo 10**

**MAPAS DE LLUVIA PARA  
CADA PERIODO DE  
RETORNO  
HidroSIG JAVA**



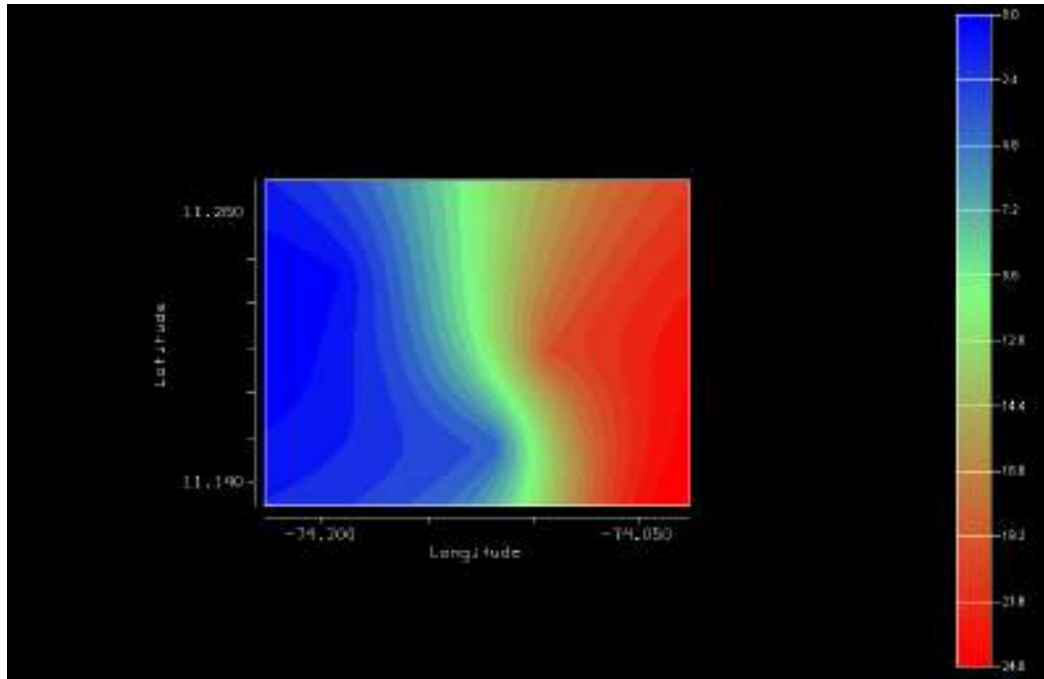


Grafico 145. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Enero

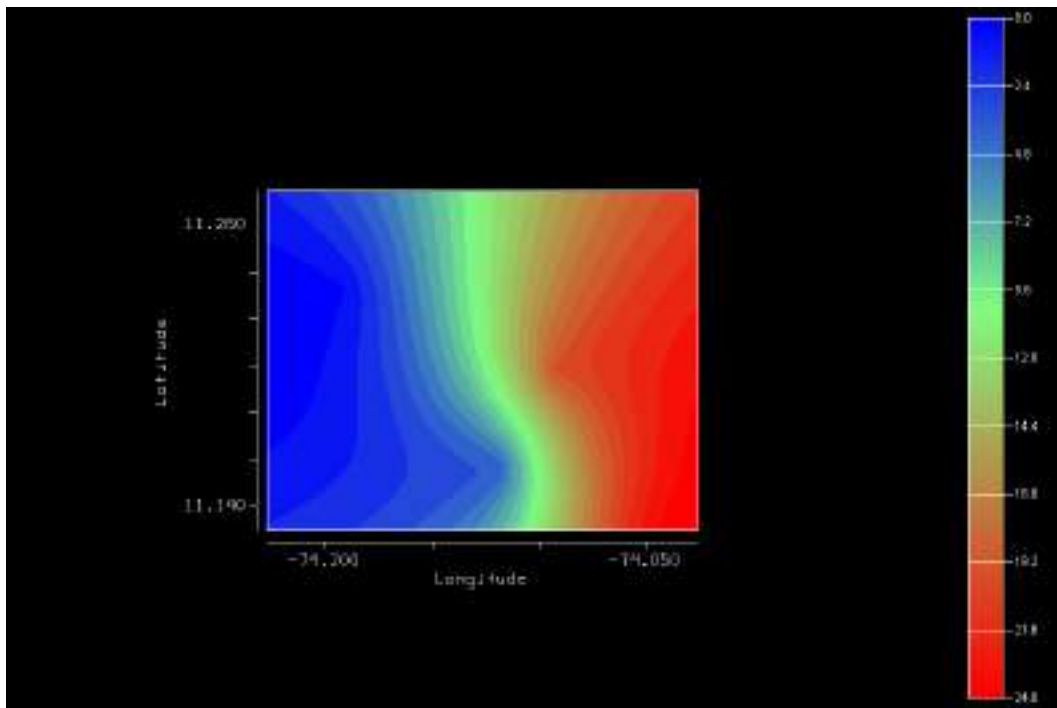


Grafico 146. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Febrero



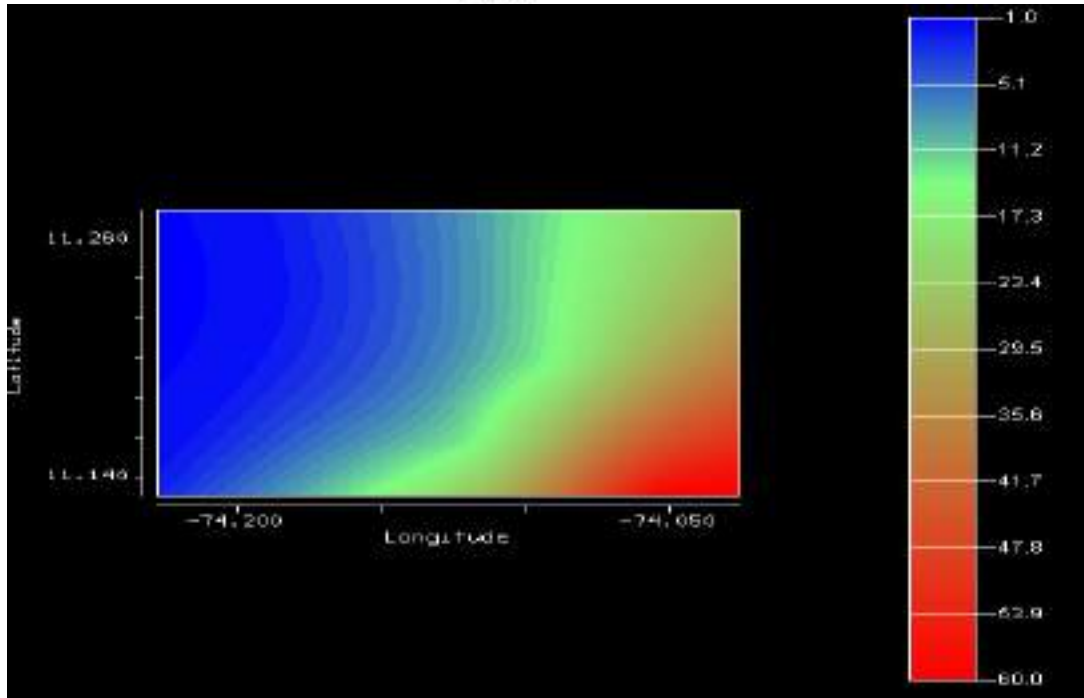


Grafico 147. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Marzo

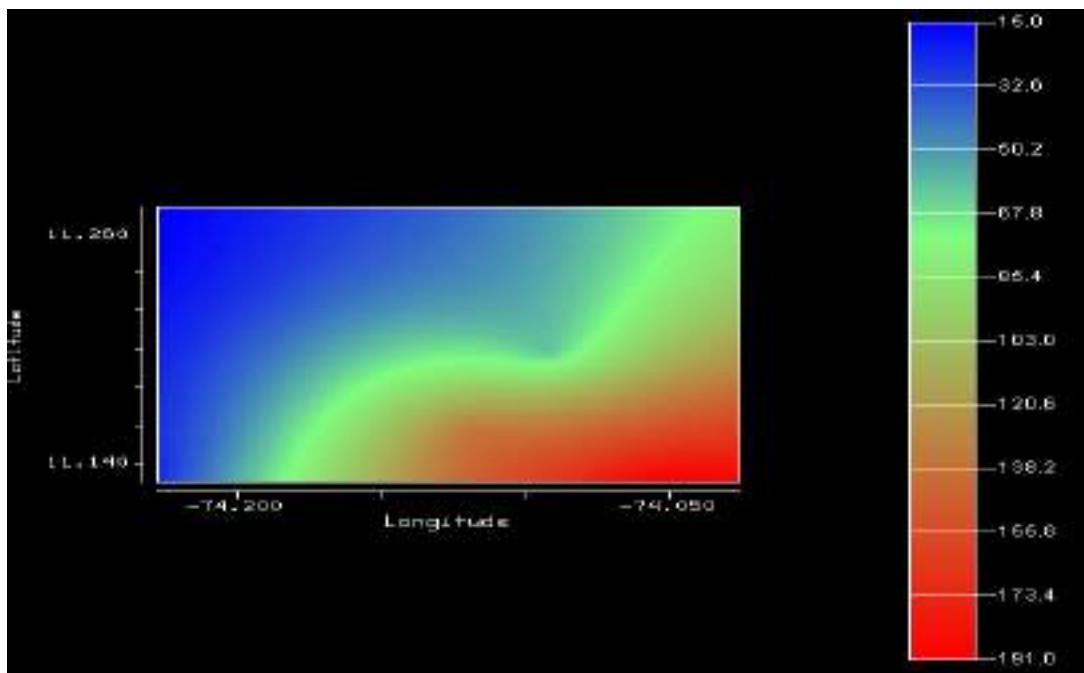


Grafico 148. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Abril



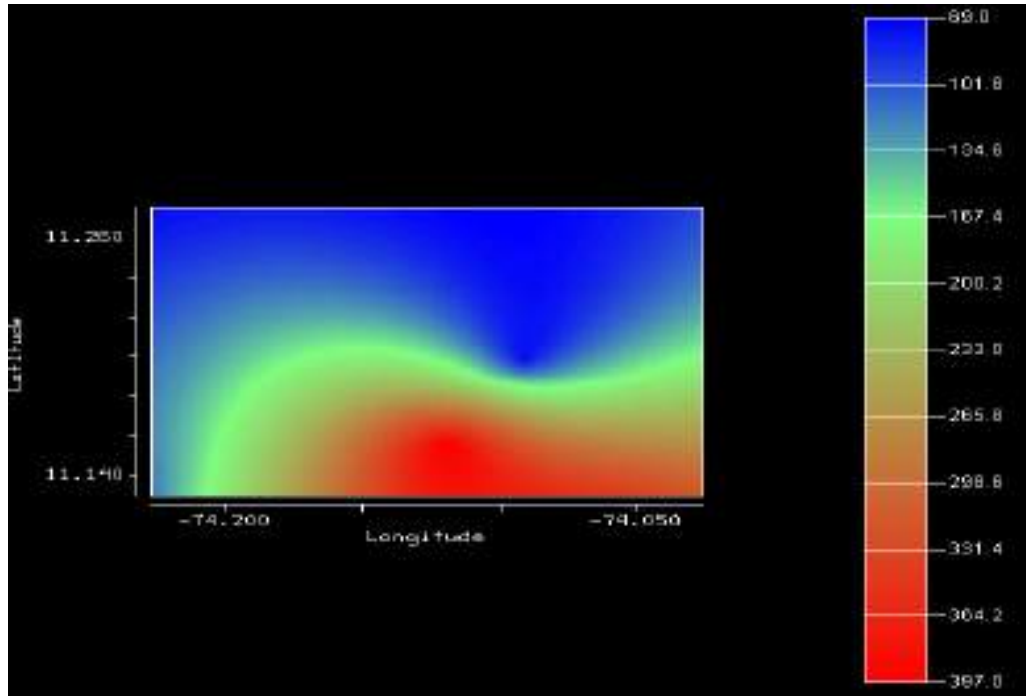


Grafico 149. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Mayo

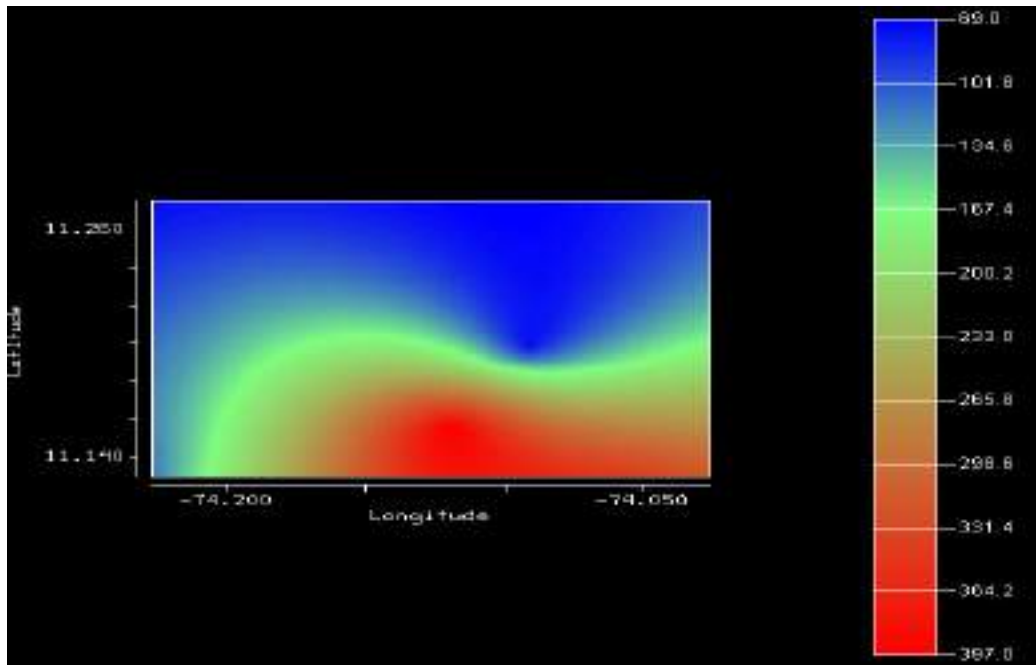


Grafico 150. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Junio



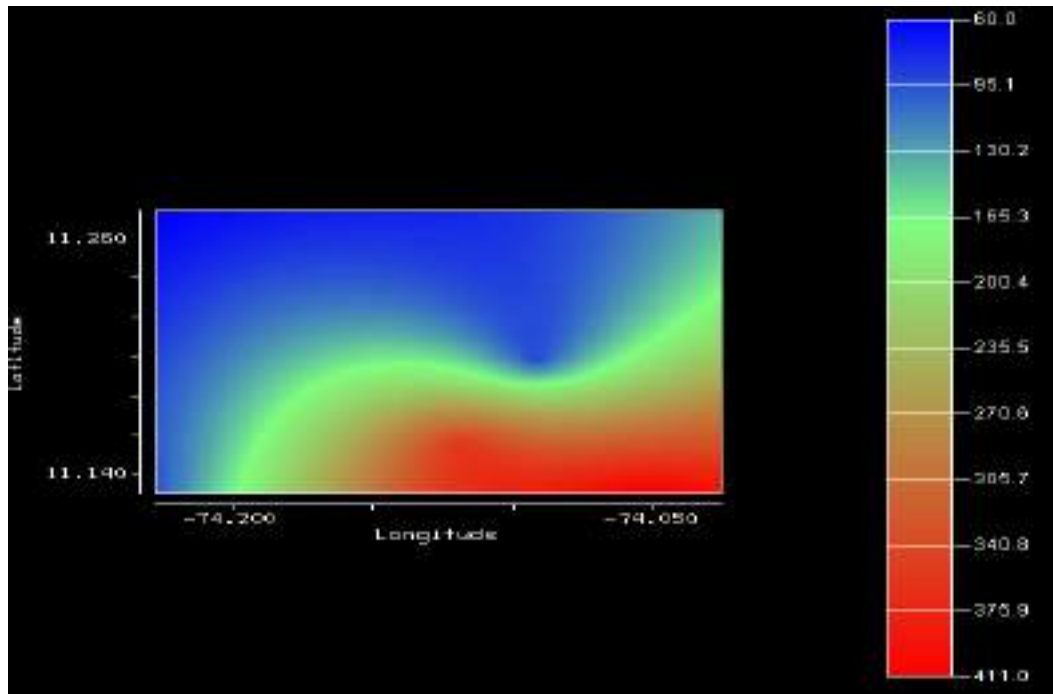


Grafico 151. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Julio

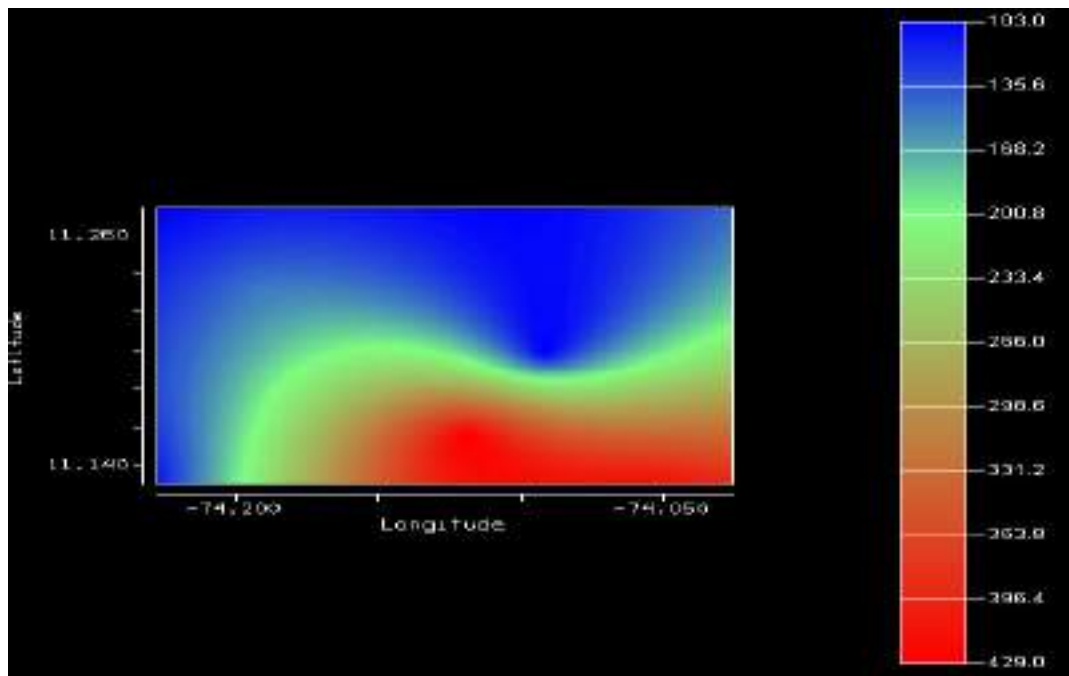


Grafico 152. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Agosto



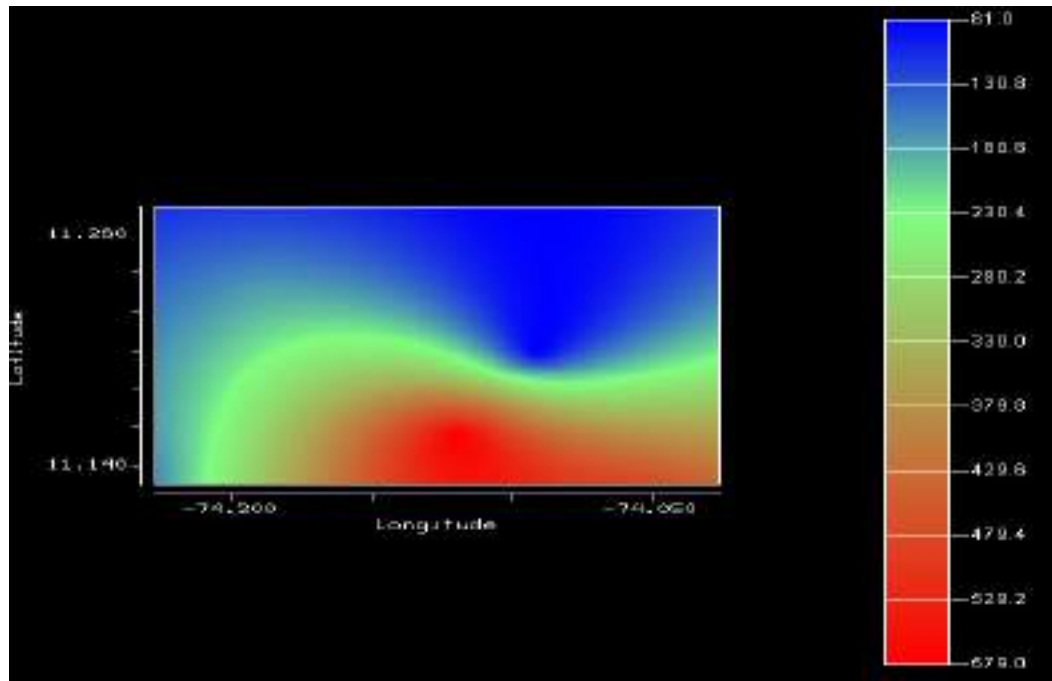


Grafico 153. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Septiembre

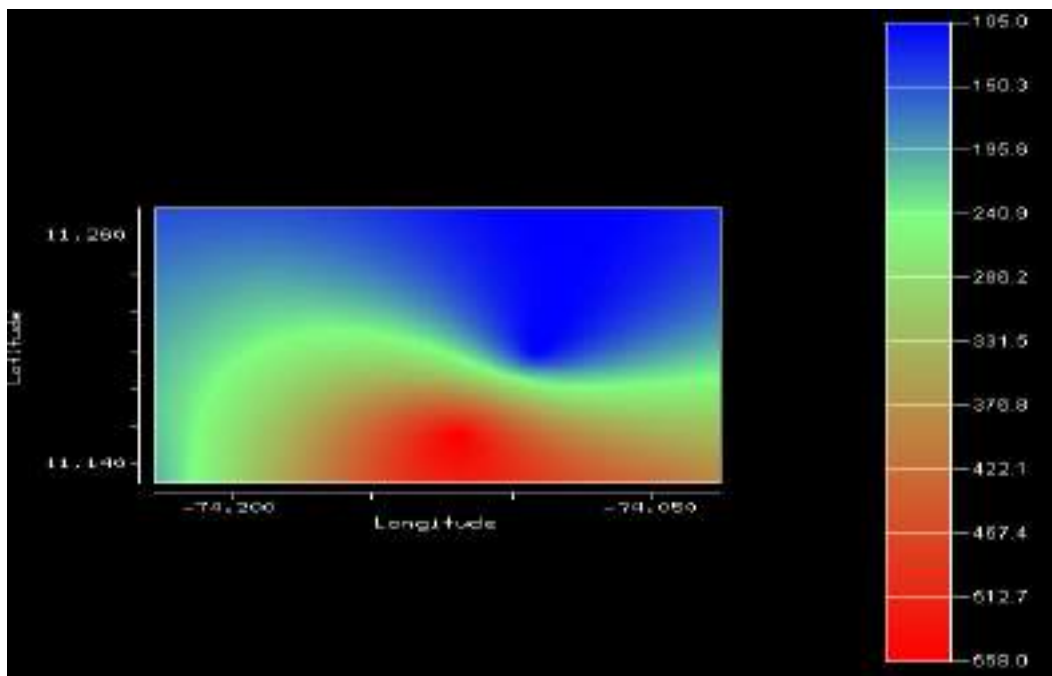


Grafico 154. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Octubre



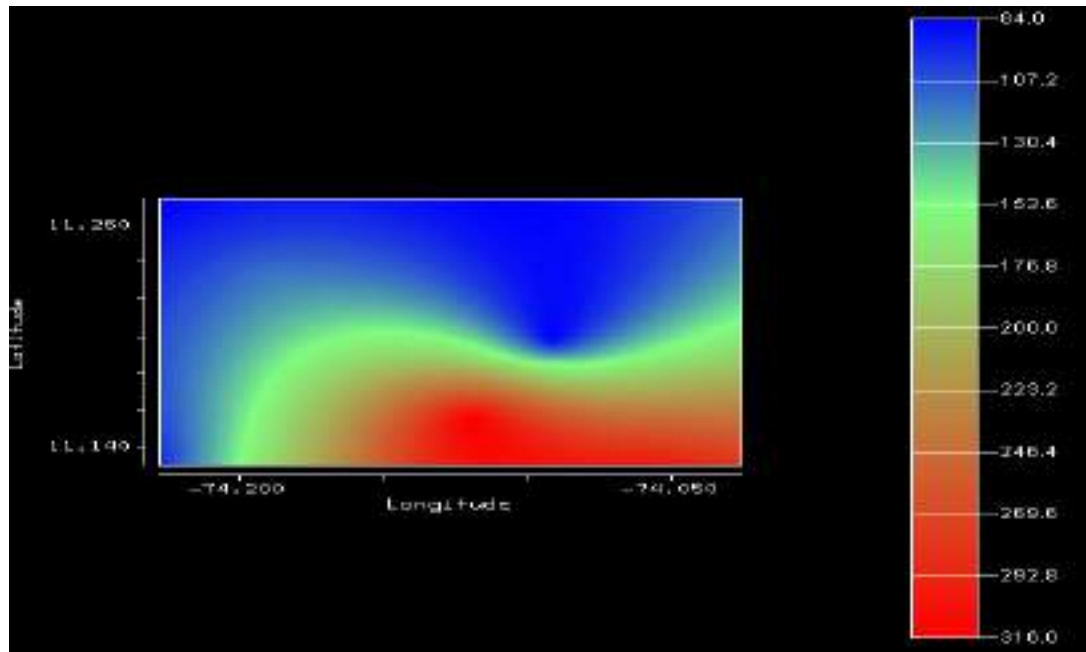


Grafico 155. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Noviembre

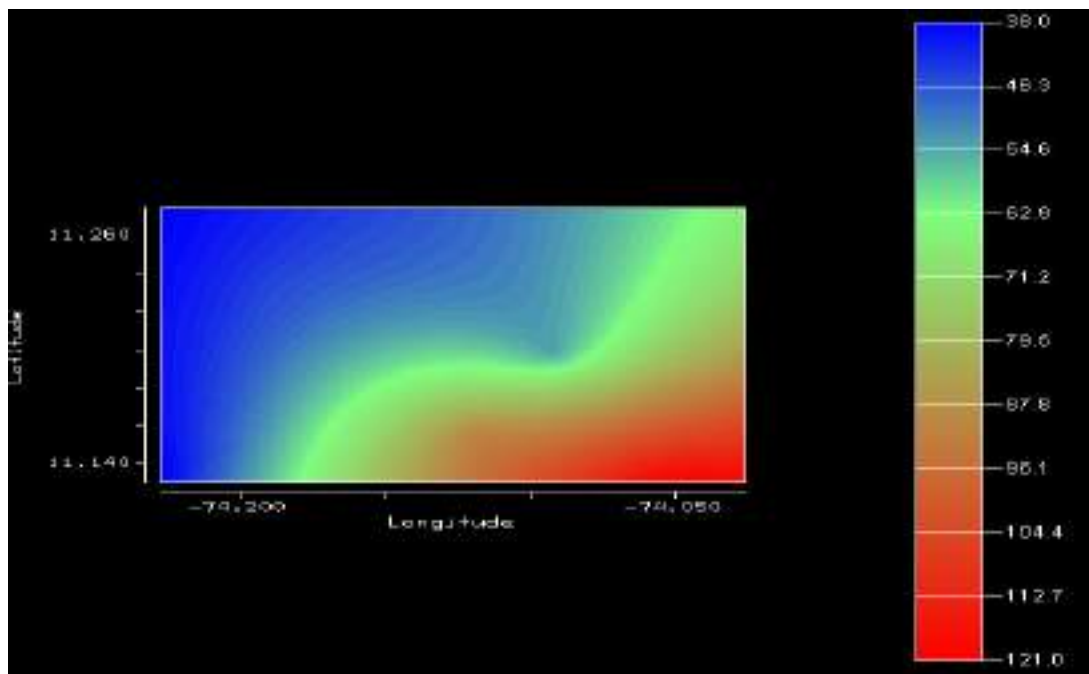


Grafico 156. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 5 años. Diciembre



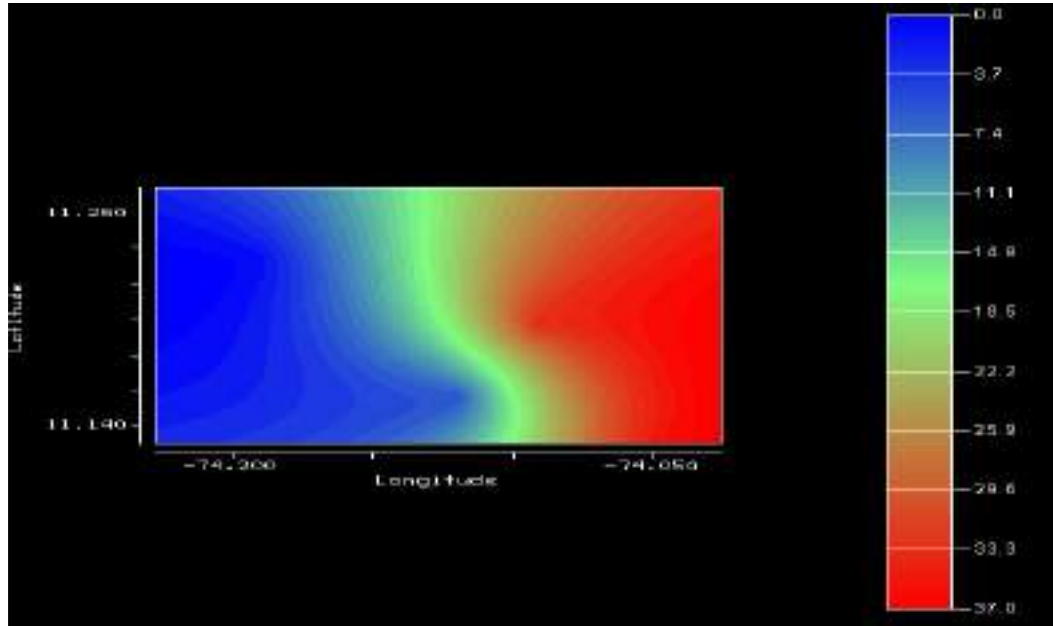


Grafico 157. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Enero

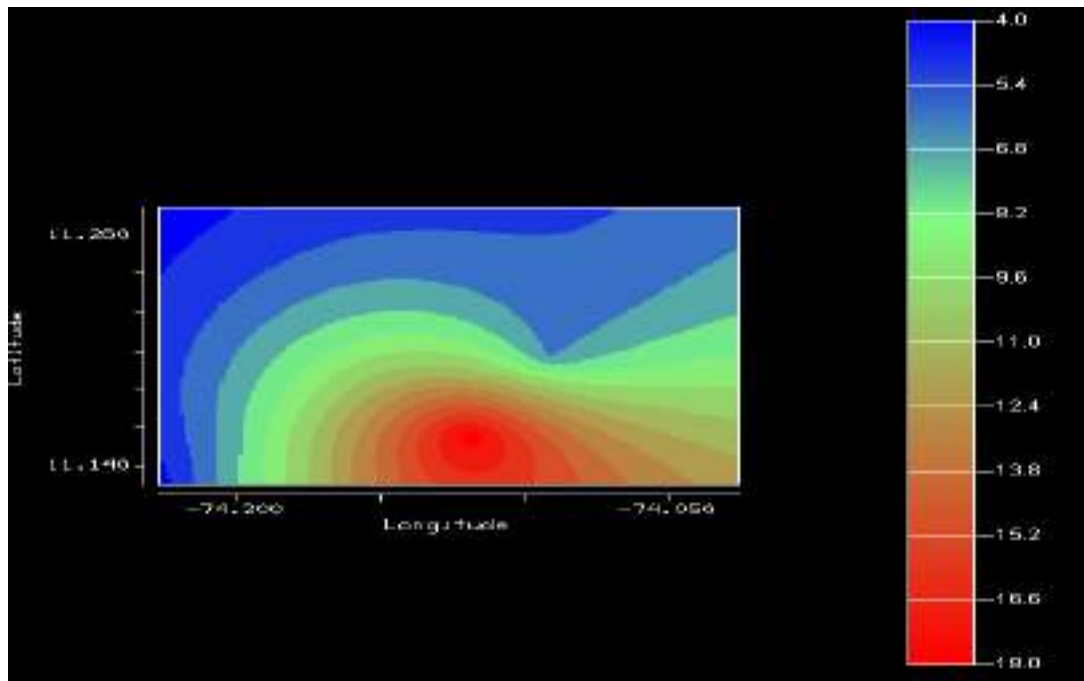


Grafico 158. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Febrero





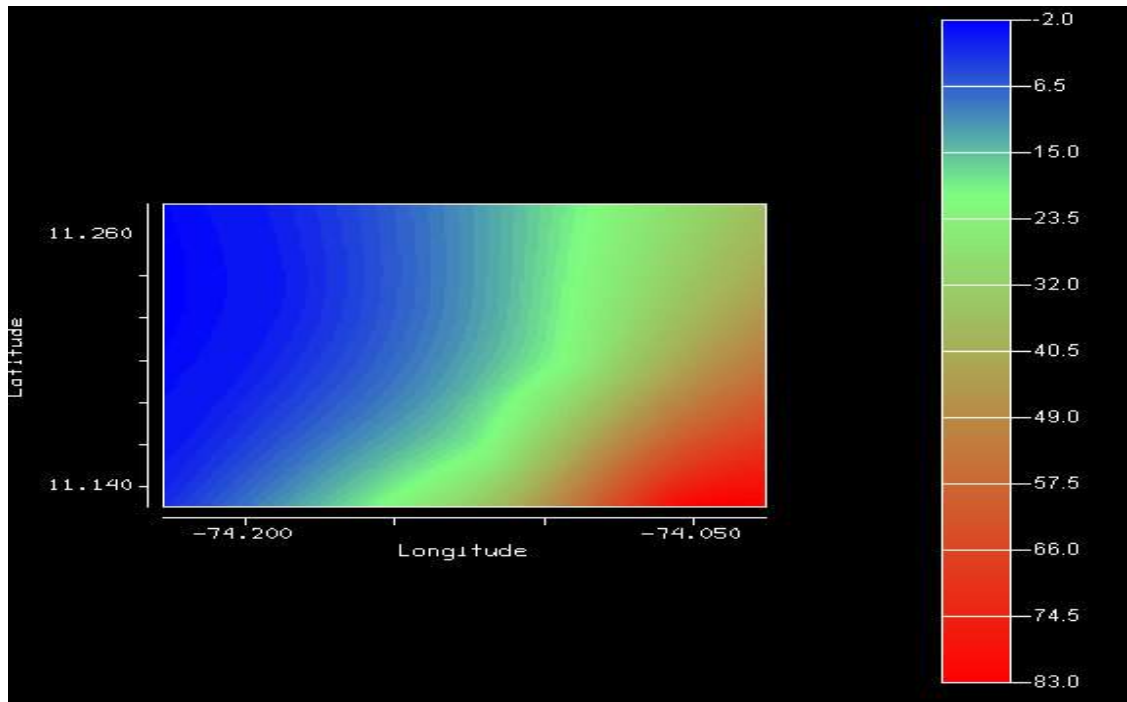


Grafico 159. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Marzo

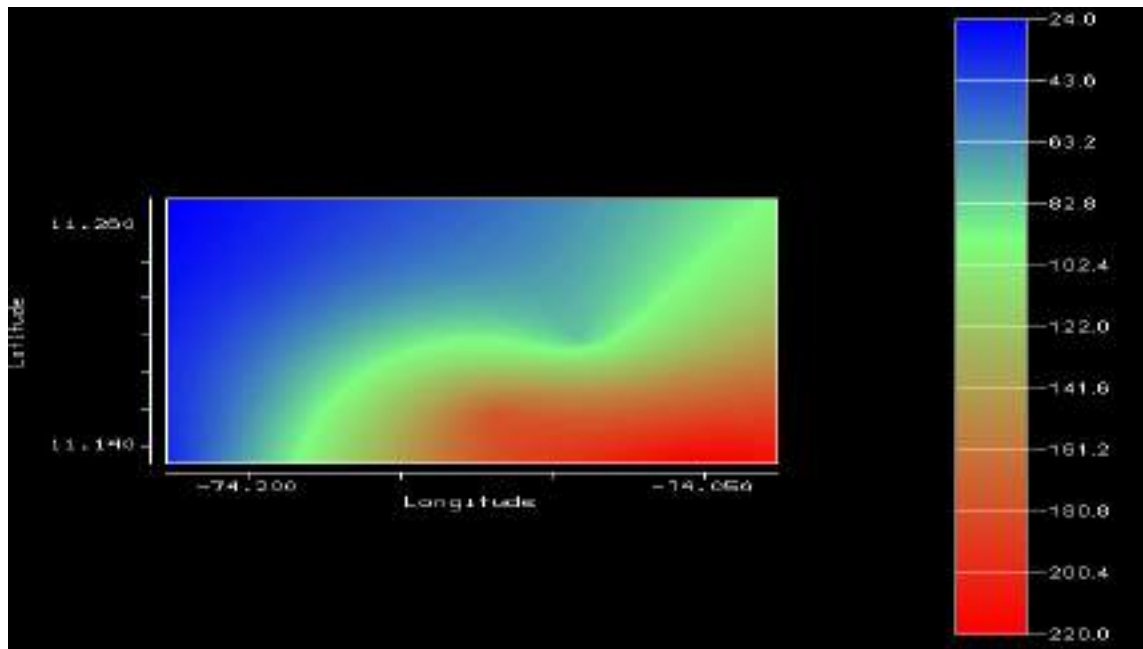


Grafico 160. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Abril



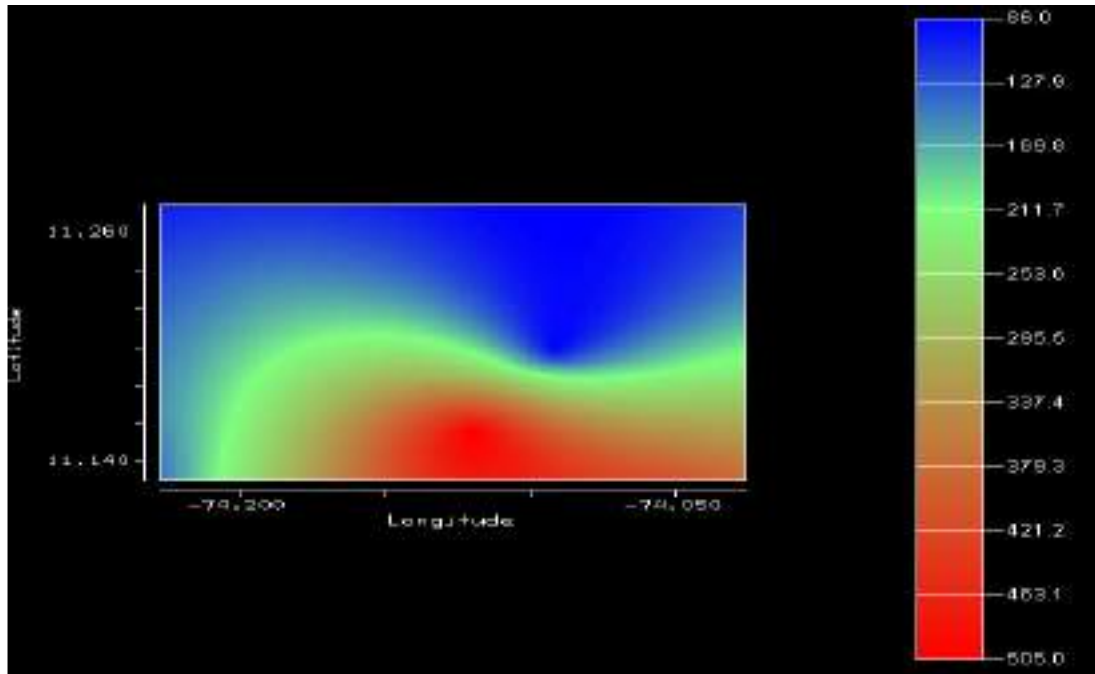


Grafico 161. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Mayo

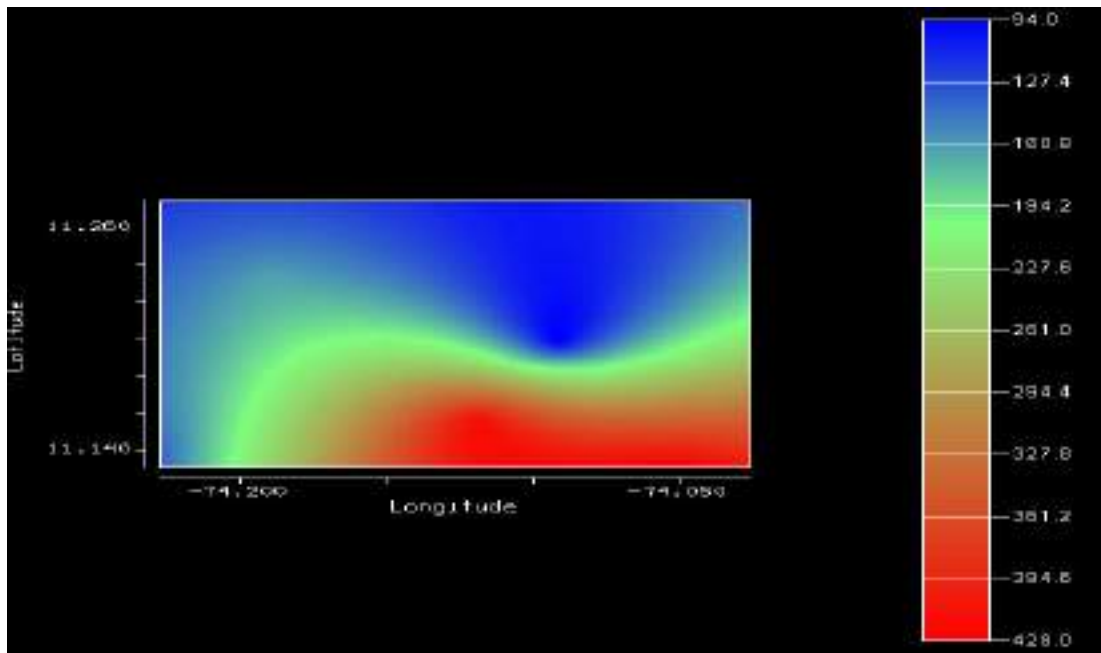


Grafico 162. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Junio



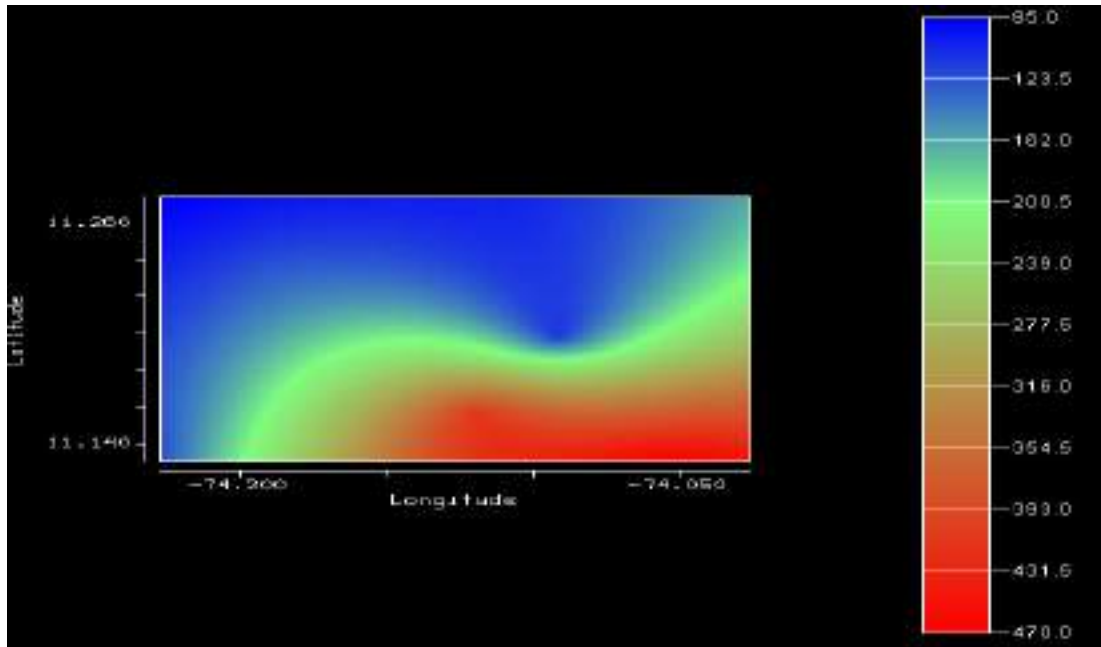


Grafico 163. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Julio

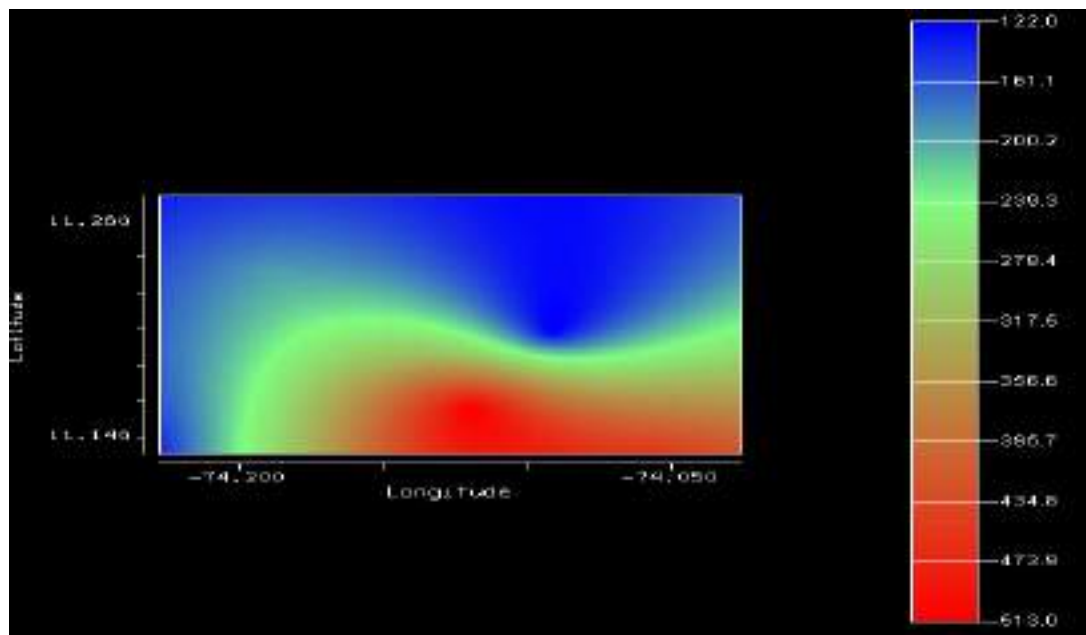


Grafico 164. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Agosto



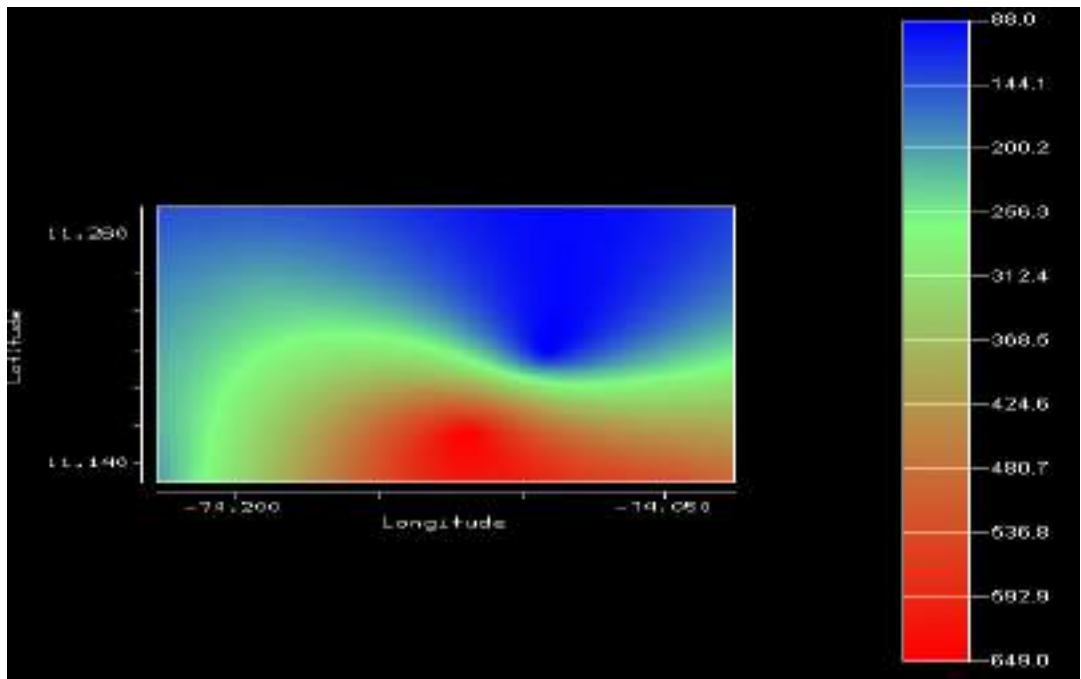


Grafico 165. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Septiembre

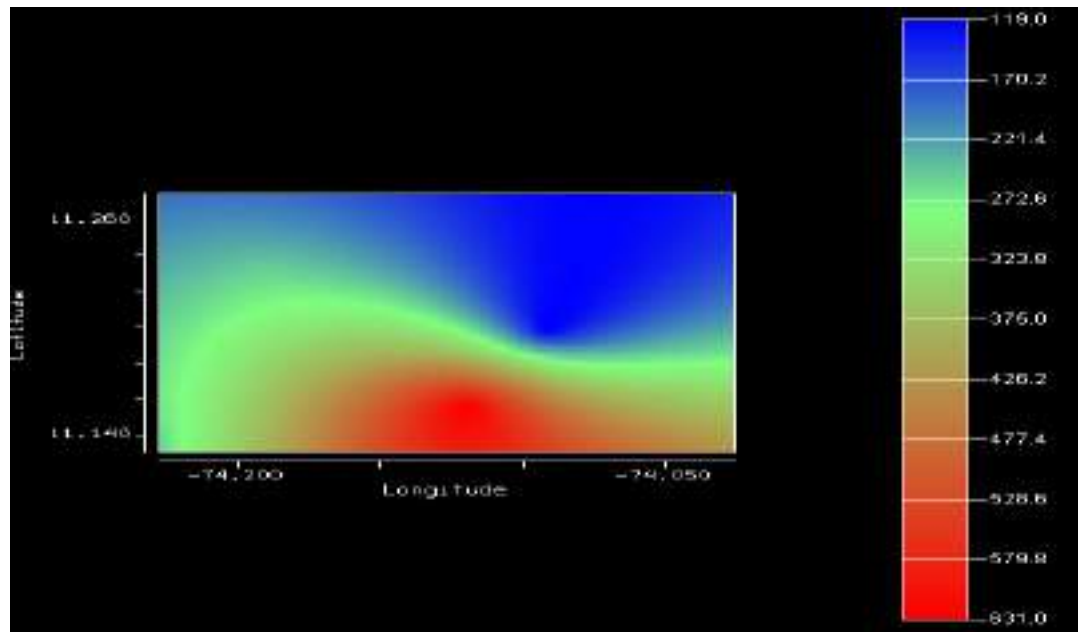


Grafico 166. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Octubre



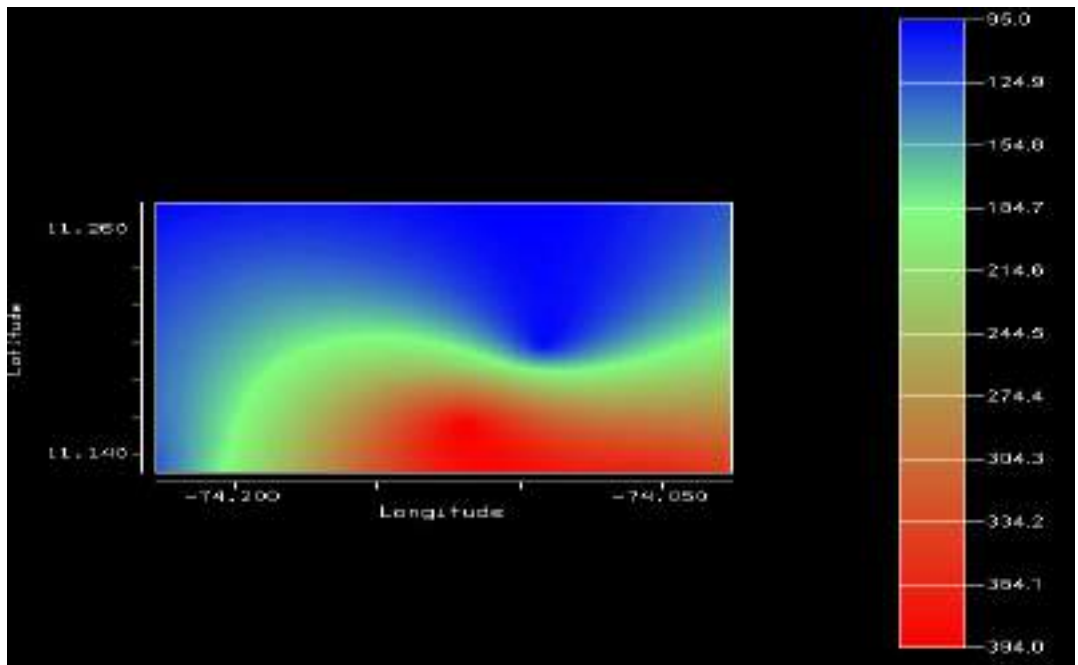


Grafico 167. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Noviembre

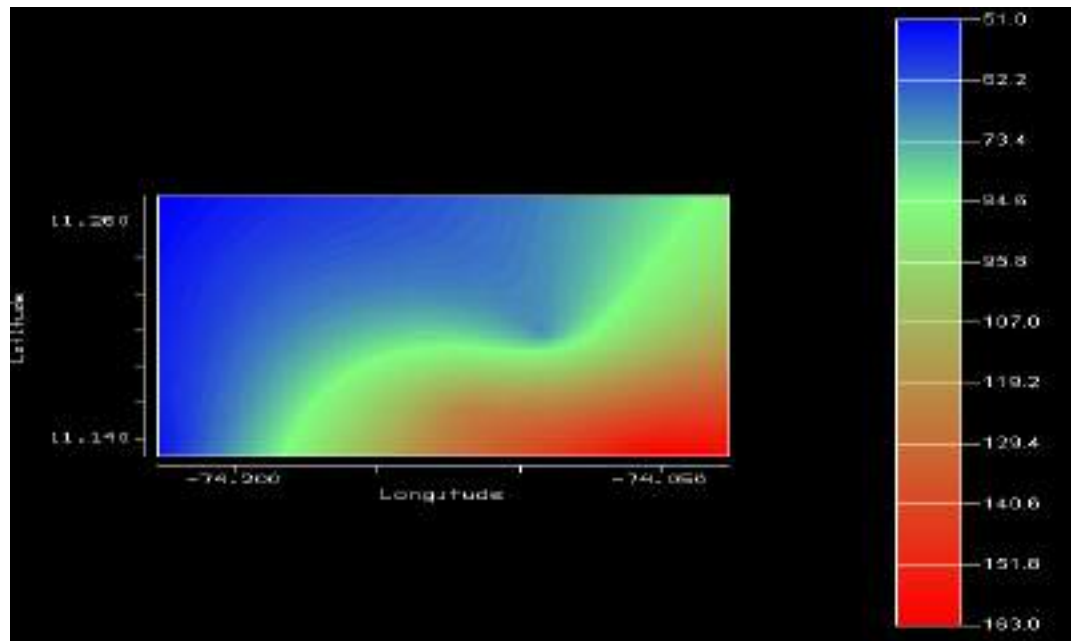


Grafico 168. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 10 años. Diciembre



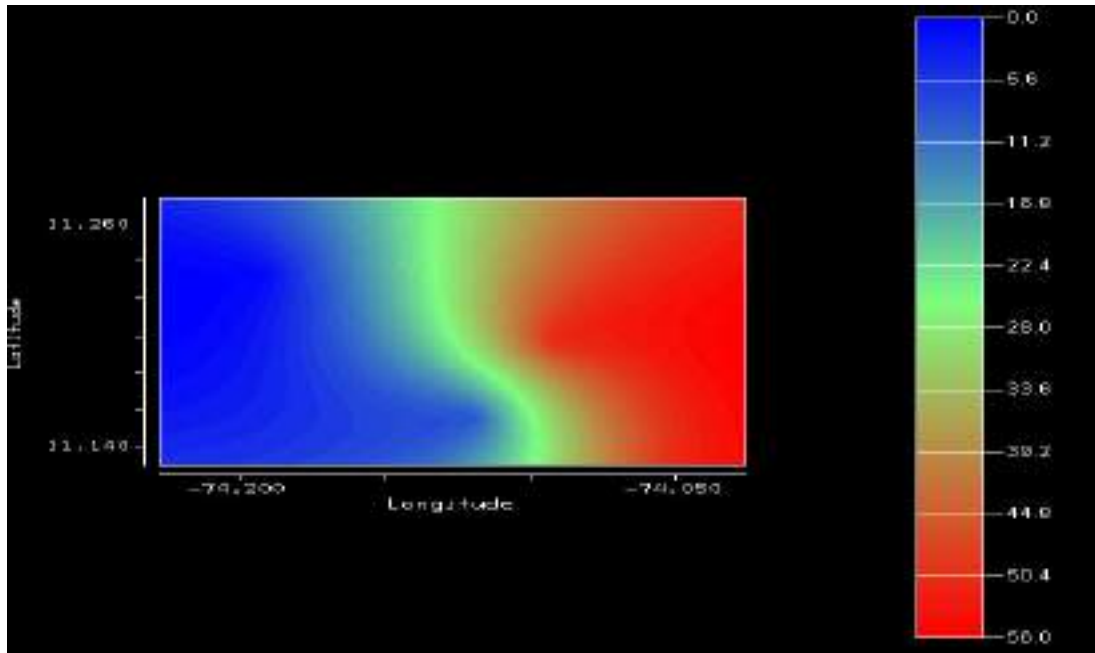


Grafico 169. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Enero

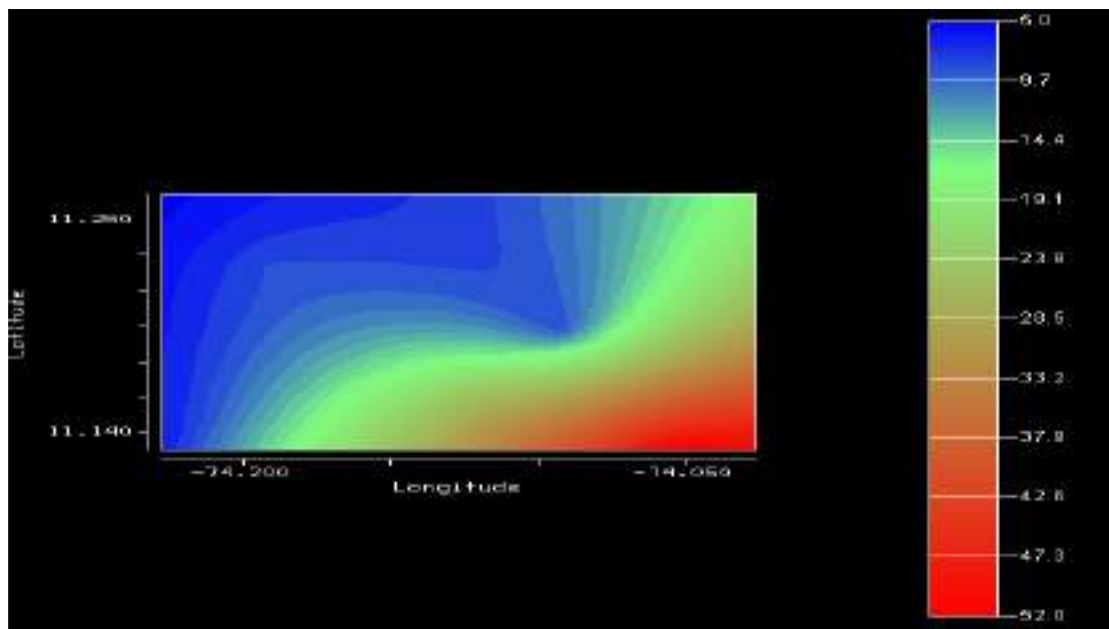


Grafico 170. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Febrero



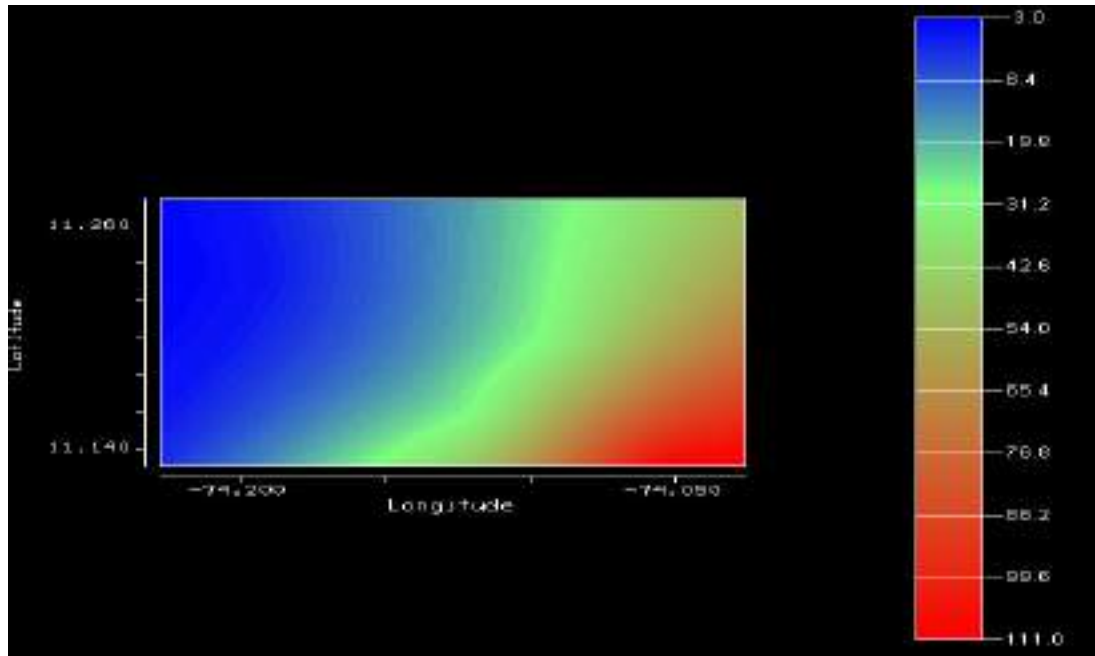


Grafico 171. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Marzo

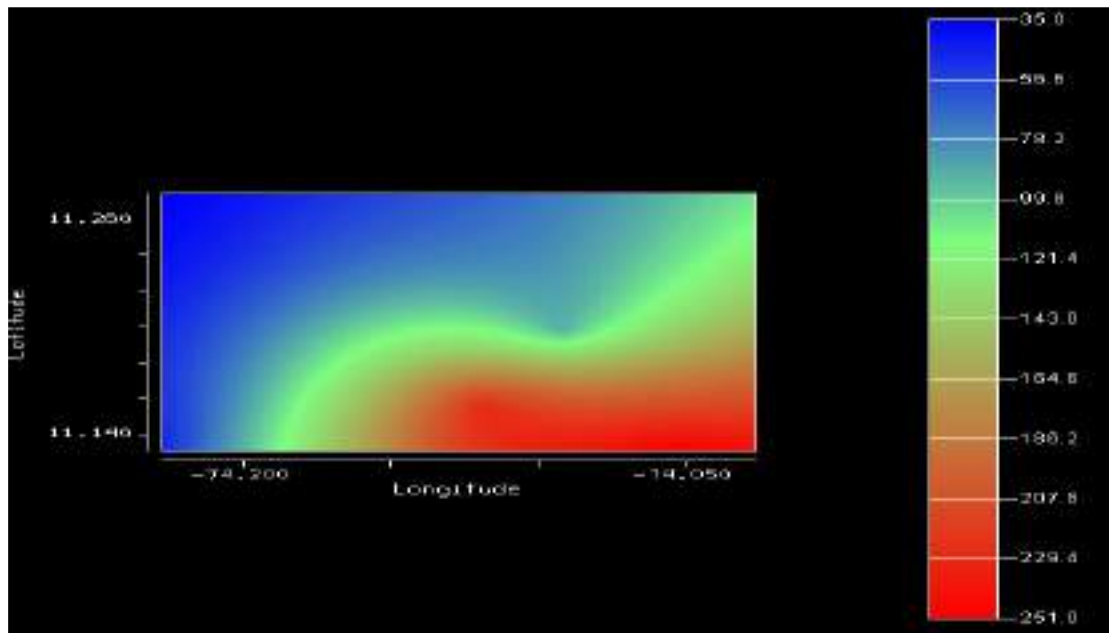


Grafico 172. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Abril





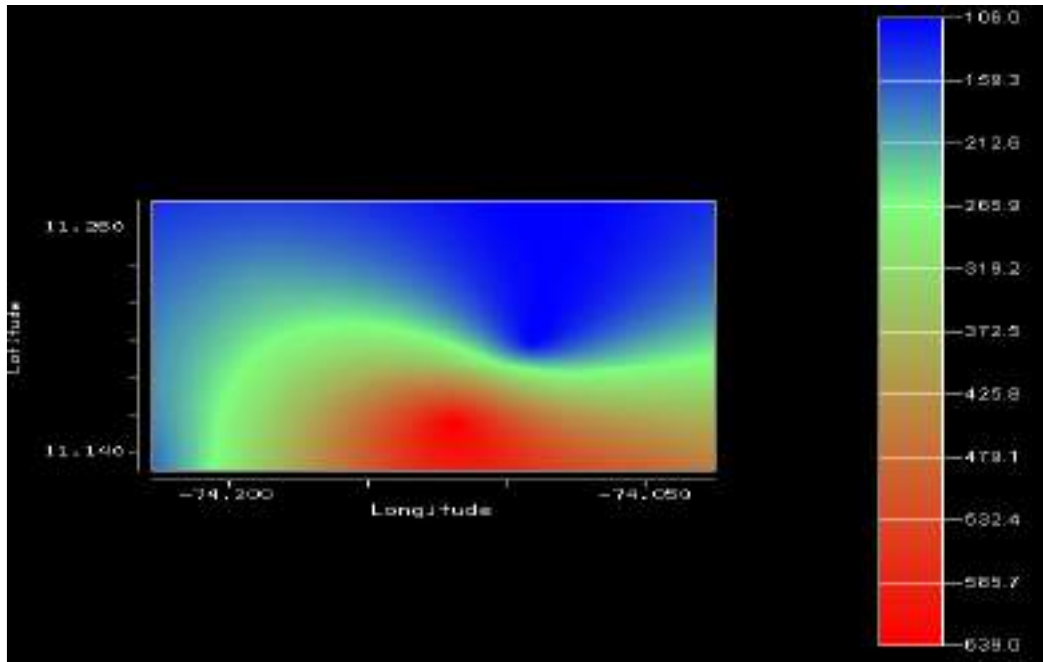


Grafico 173. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Mayo

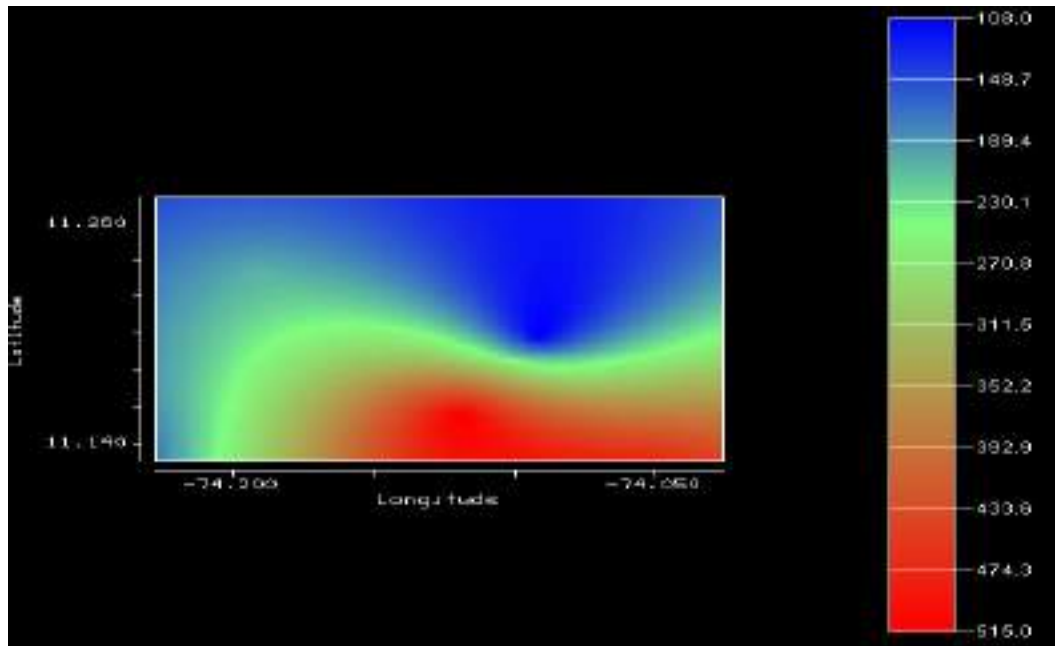


Grafico 174. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Junio





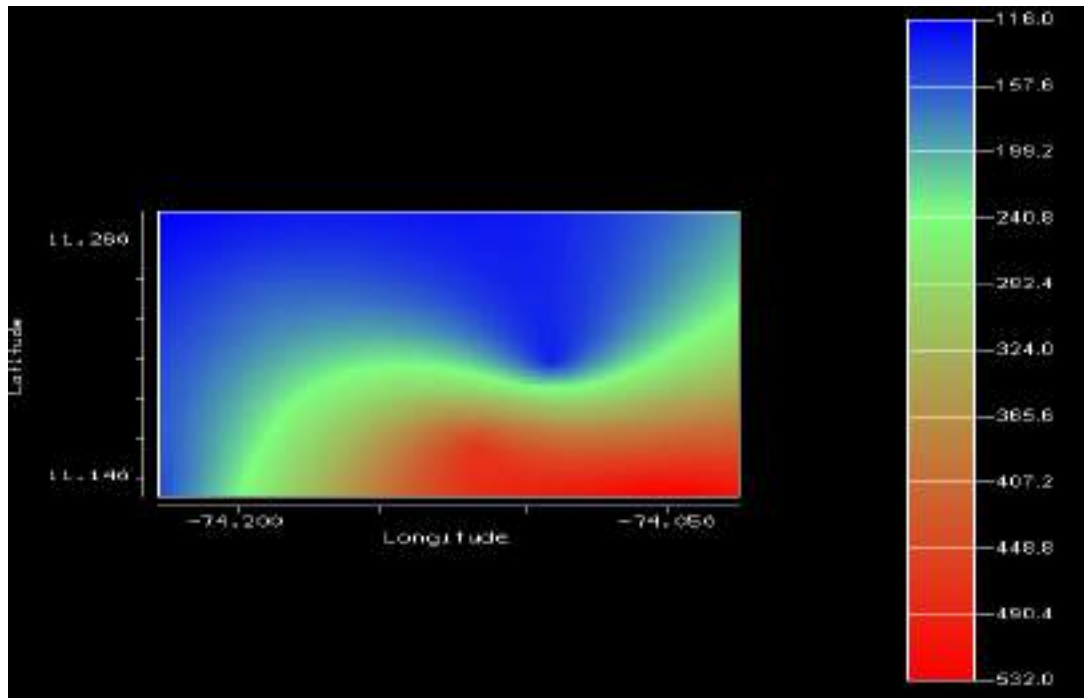


Grafico 175. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Julio

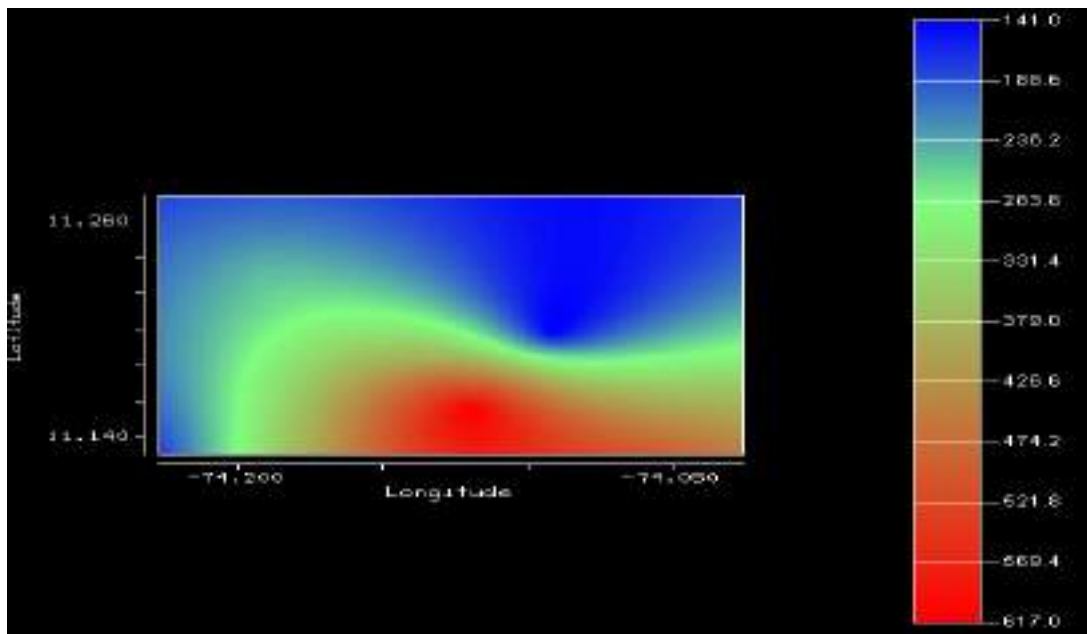


Grafico 176. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Agosto



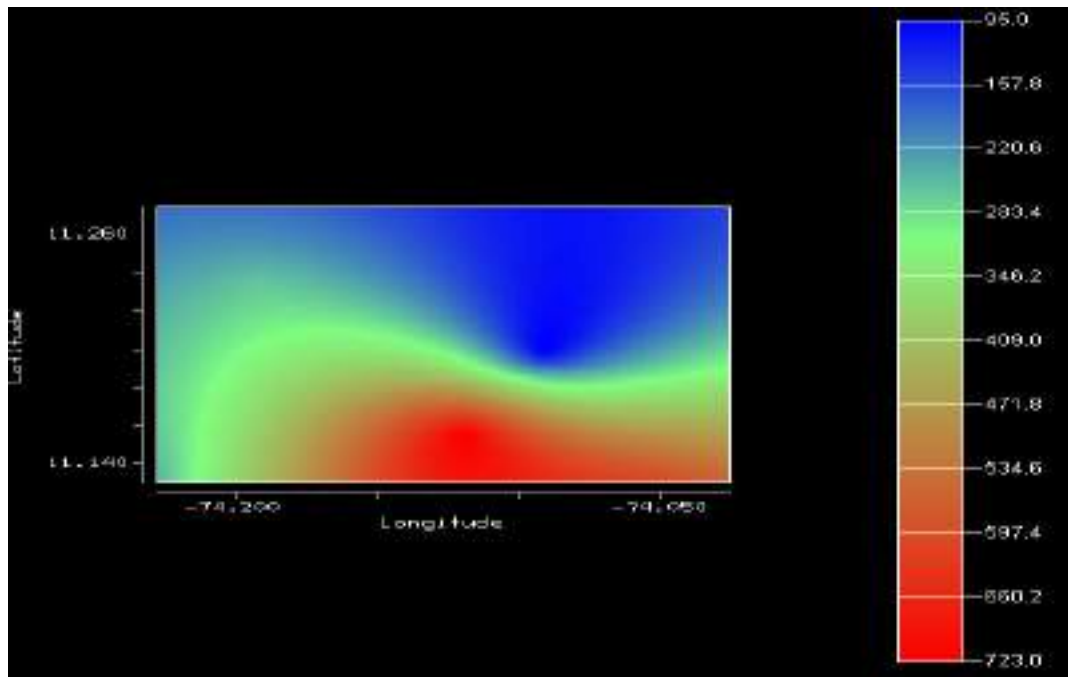


Grafico 177. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Septiembre

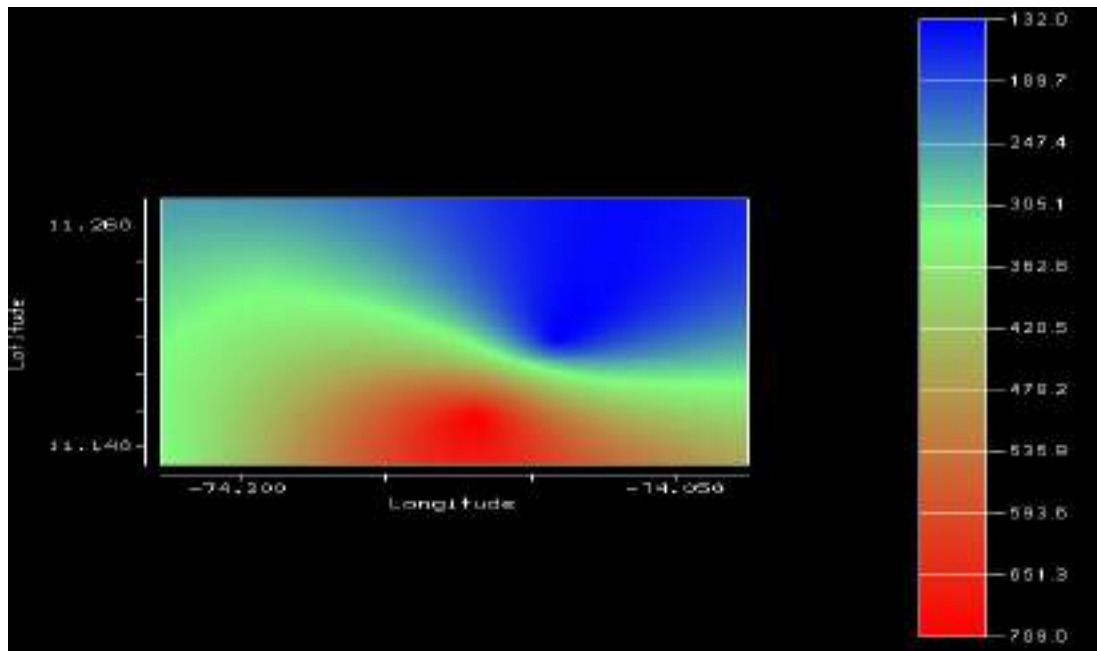


Grafico 178. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Octubre



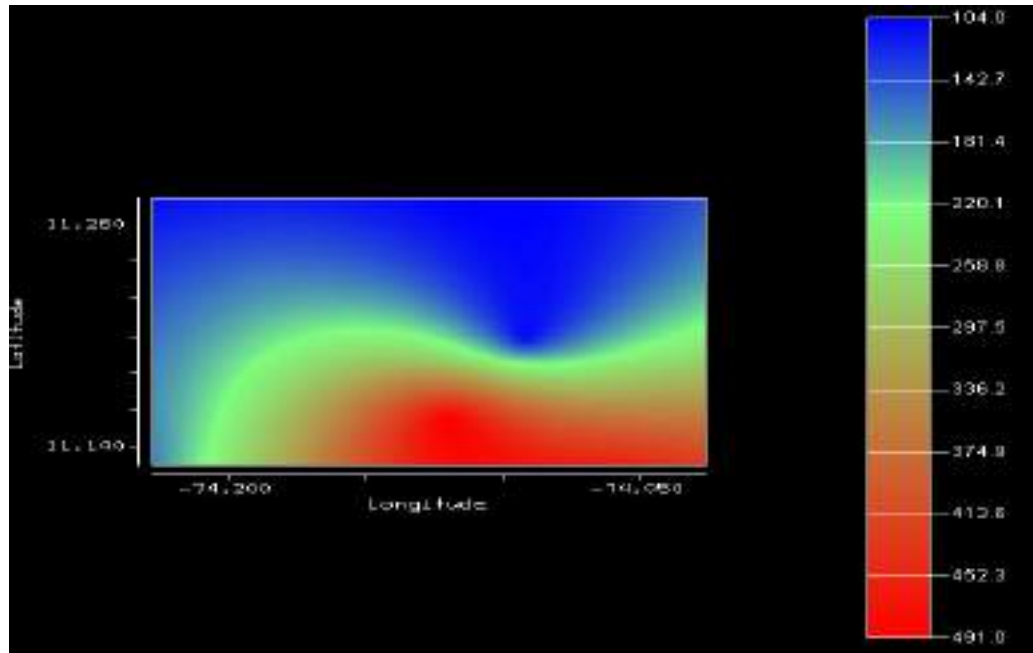


Grafico 179. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Noviembre

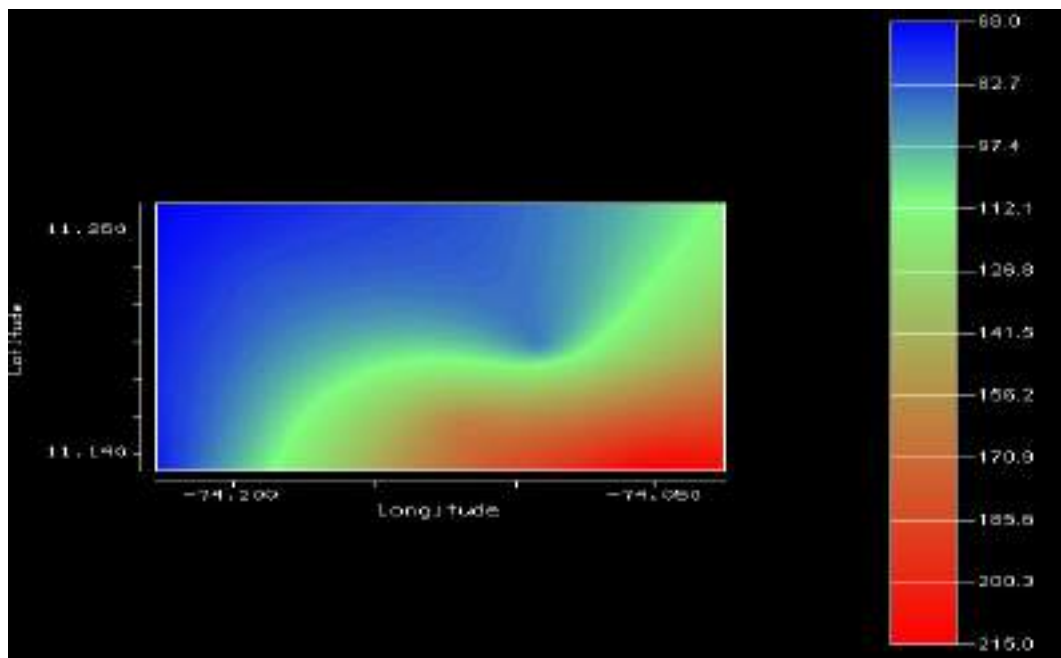


Grafico 180. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 25 años. Diciembre



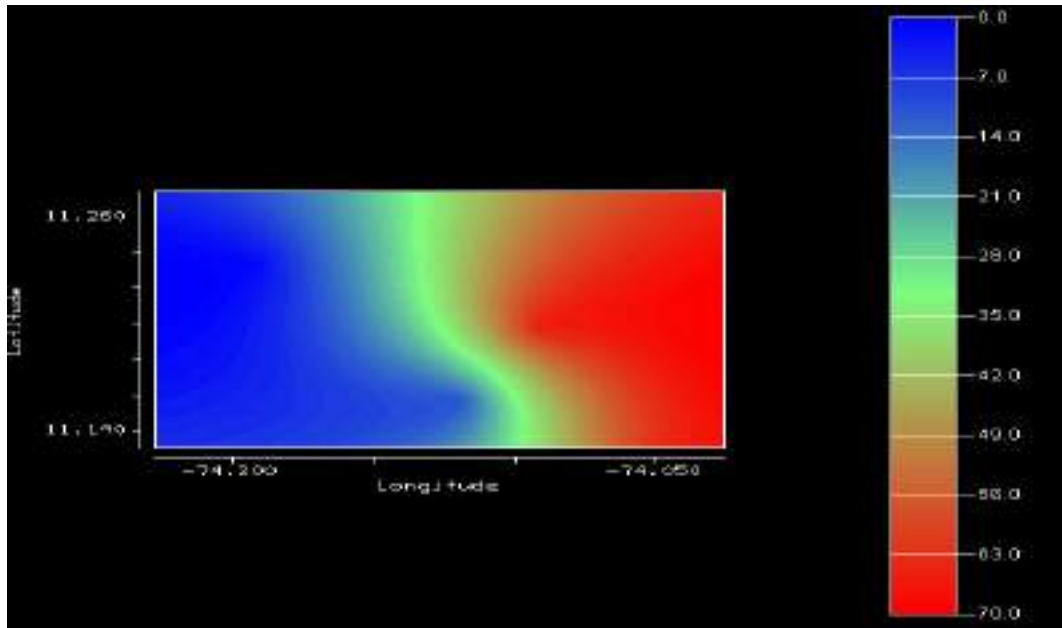


Grafico 181. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Enero

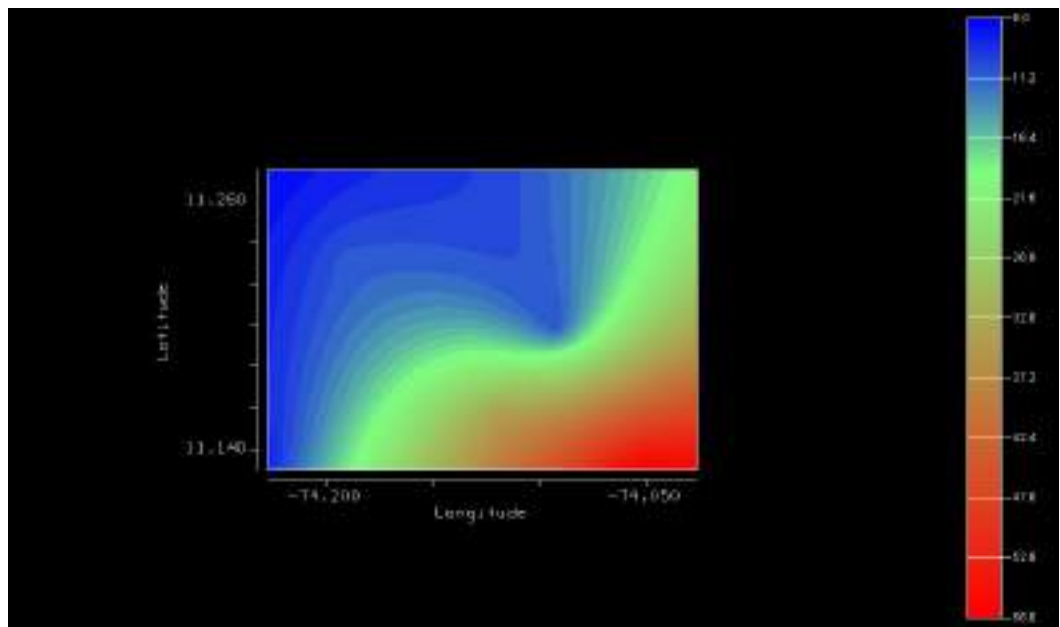


Grafico 182. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Febrero



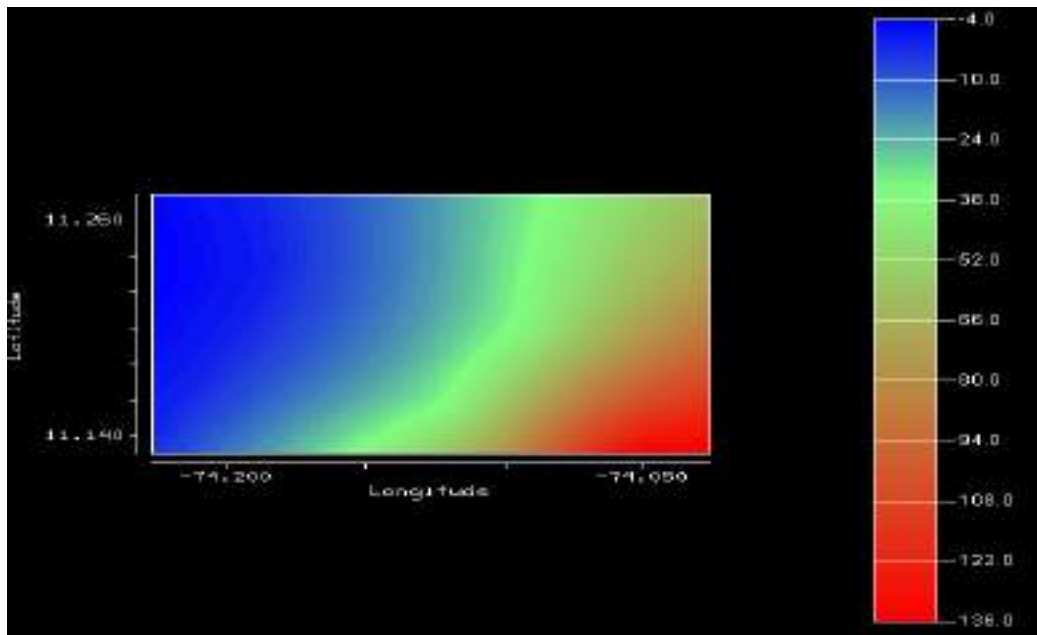


Grafico 183. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Marzo

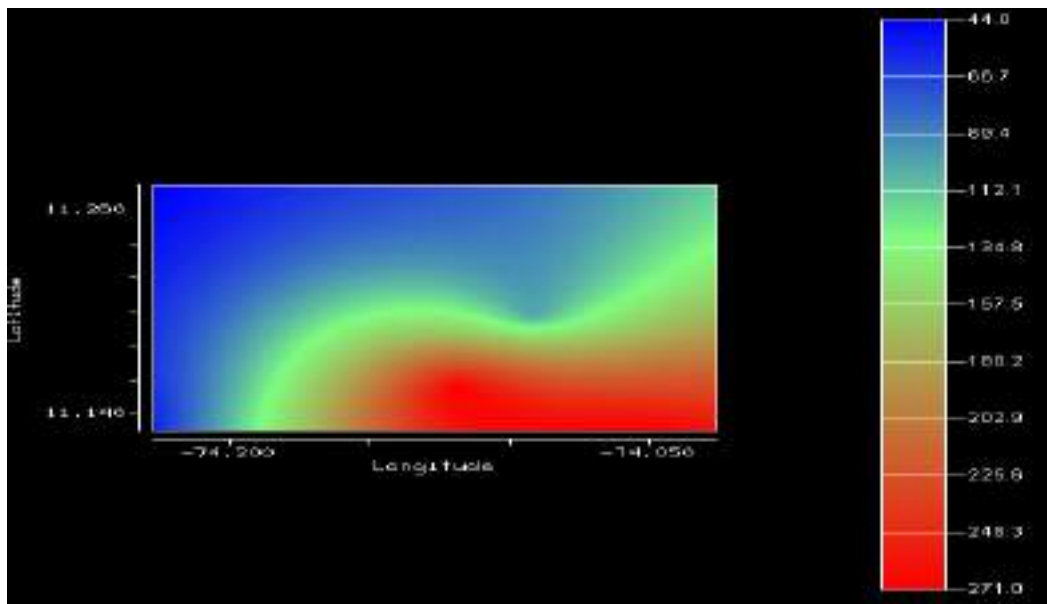


Grafico 184. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Abril



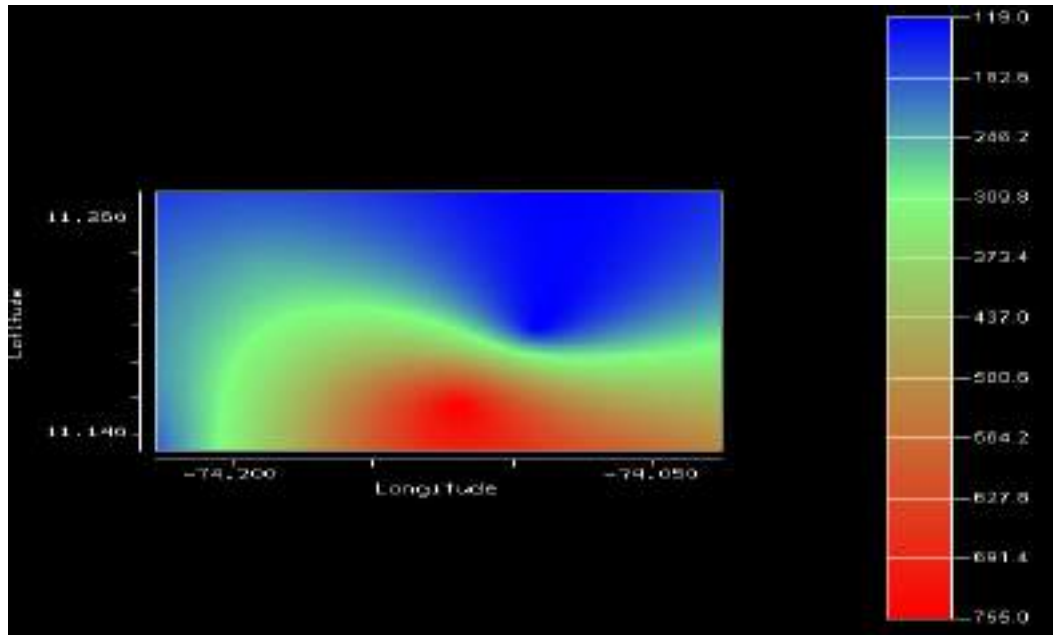


Grafico 185. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Mayo

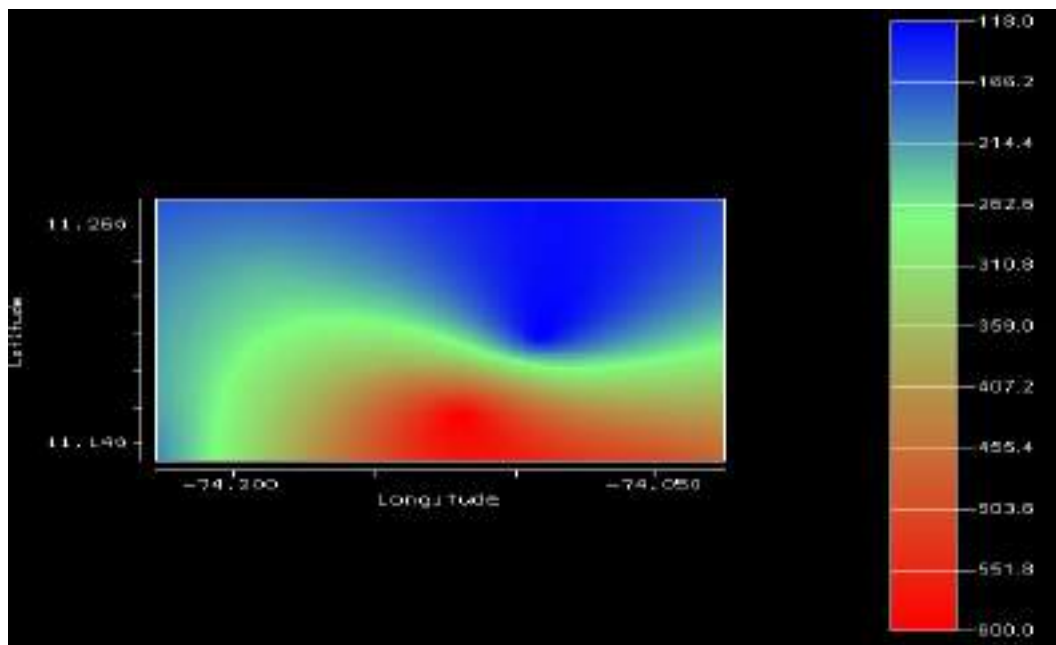


Grafico 186. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Junio



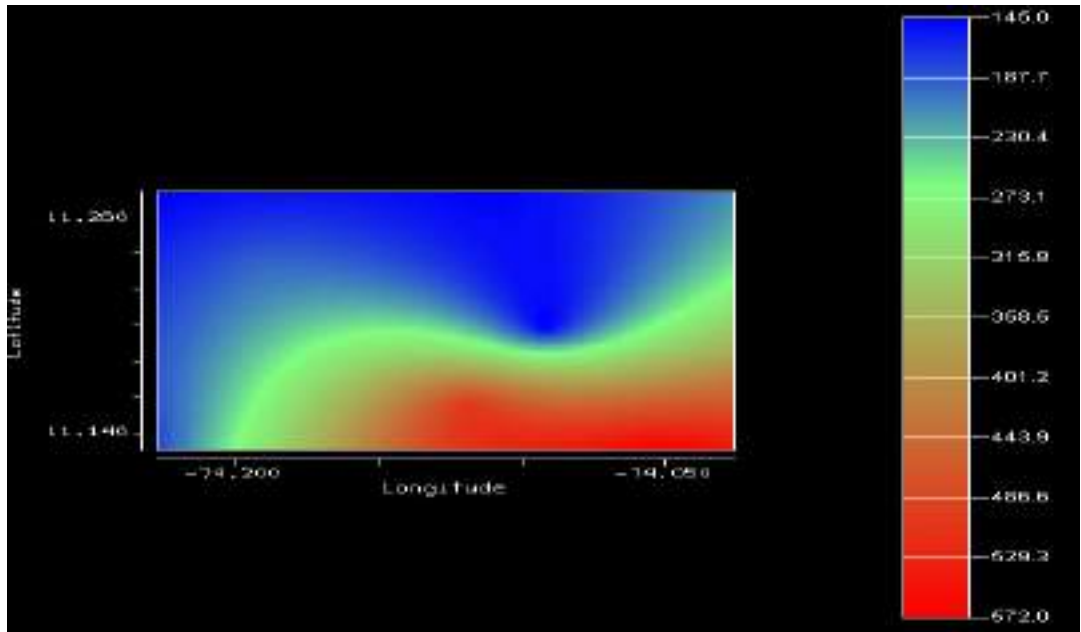


Grafico 187. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Julio

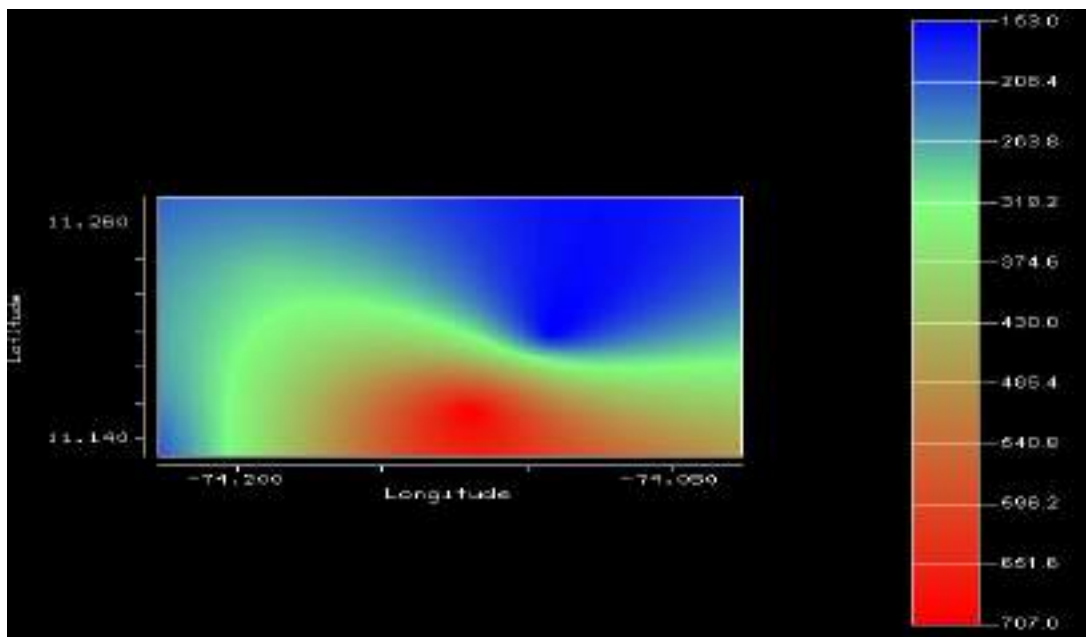


Grafico 188. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Agosto





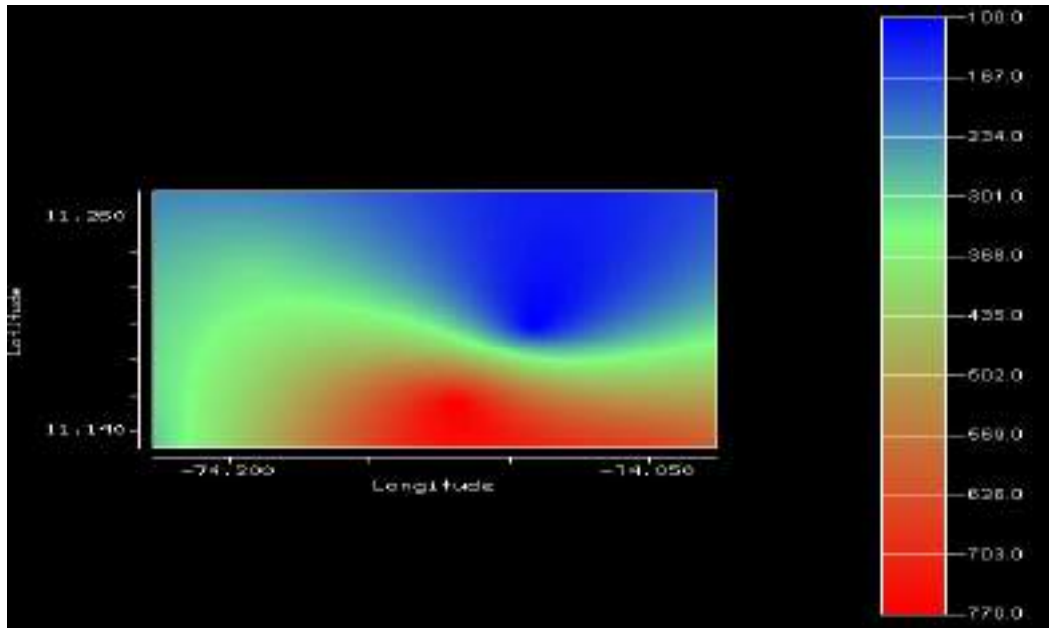


Grafico 189. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Septiembre

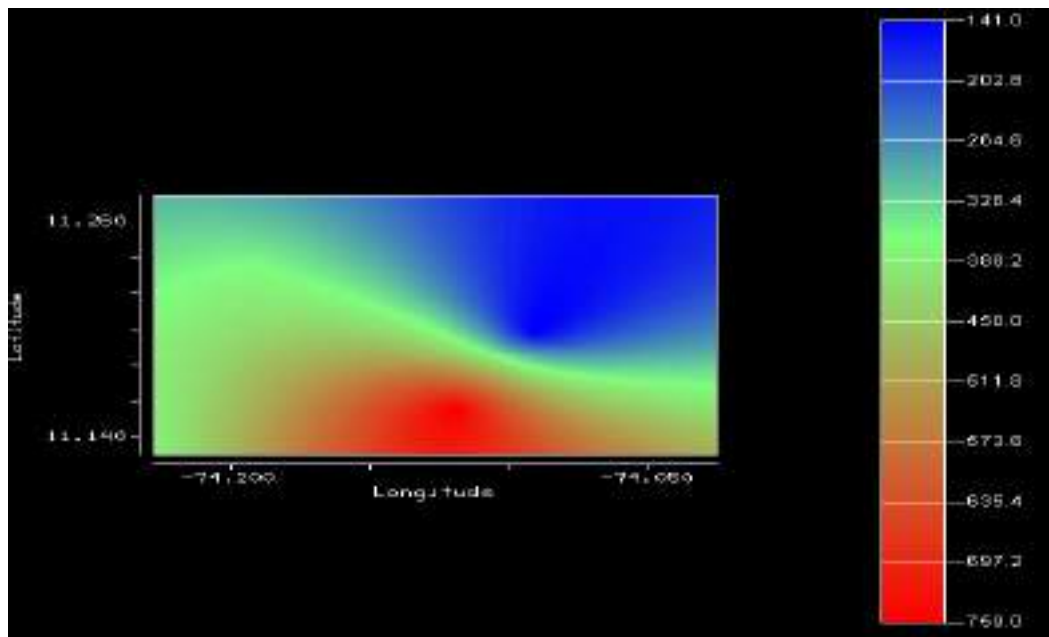


Grafico 190. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Octubre





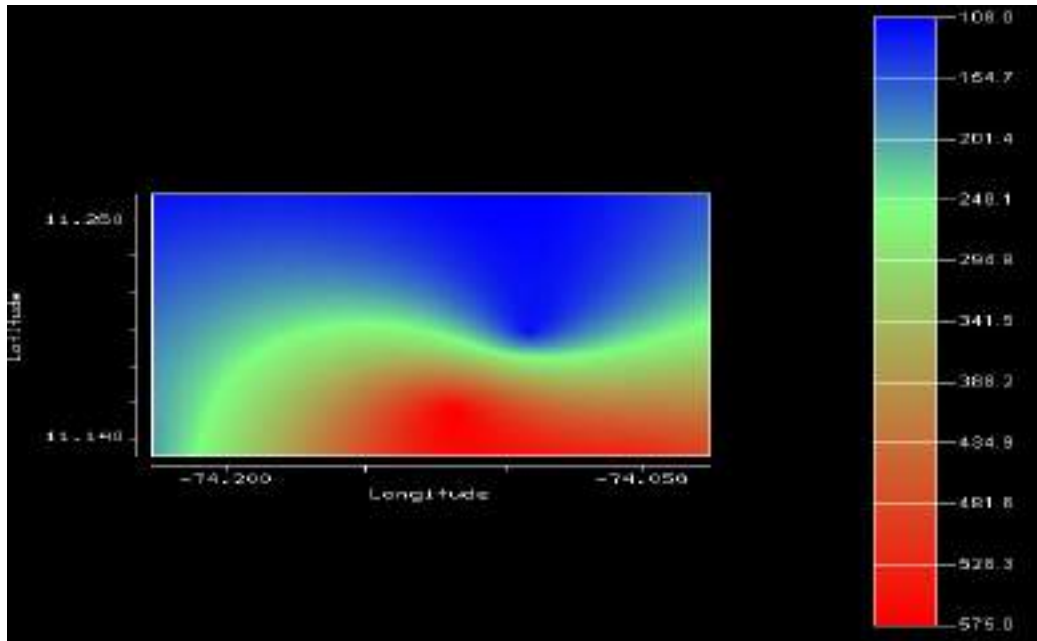


Grafico 191. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Noviembre

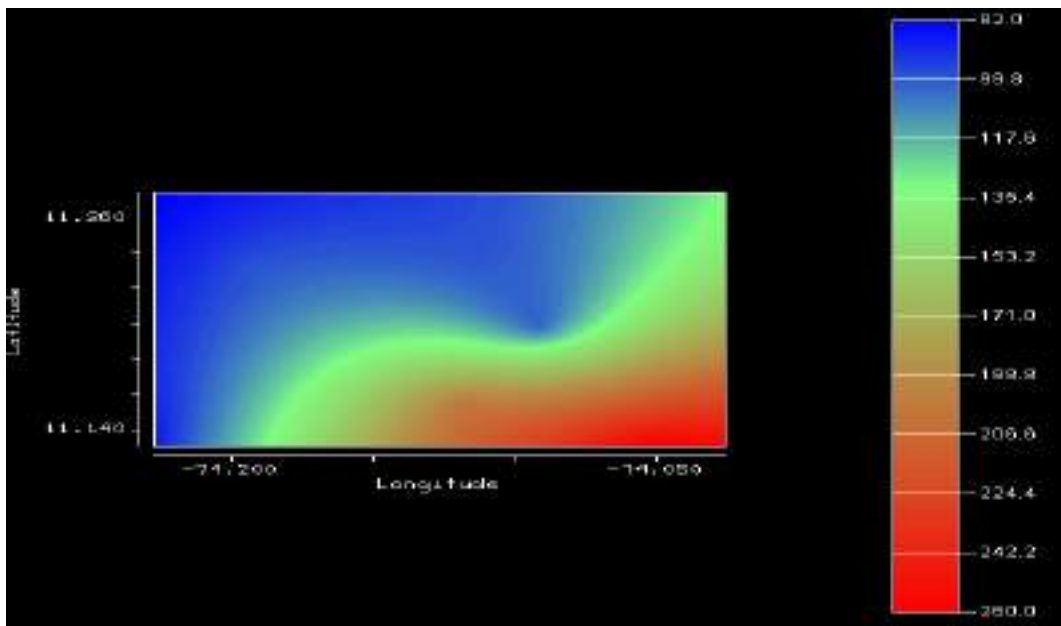


Grafico 192. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 50 años. Diciembre



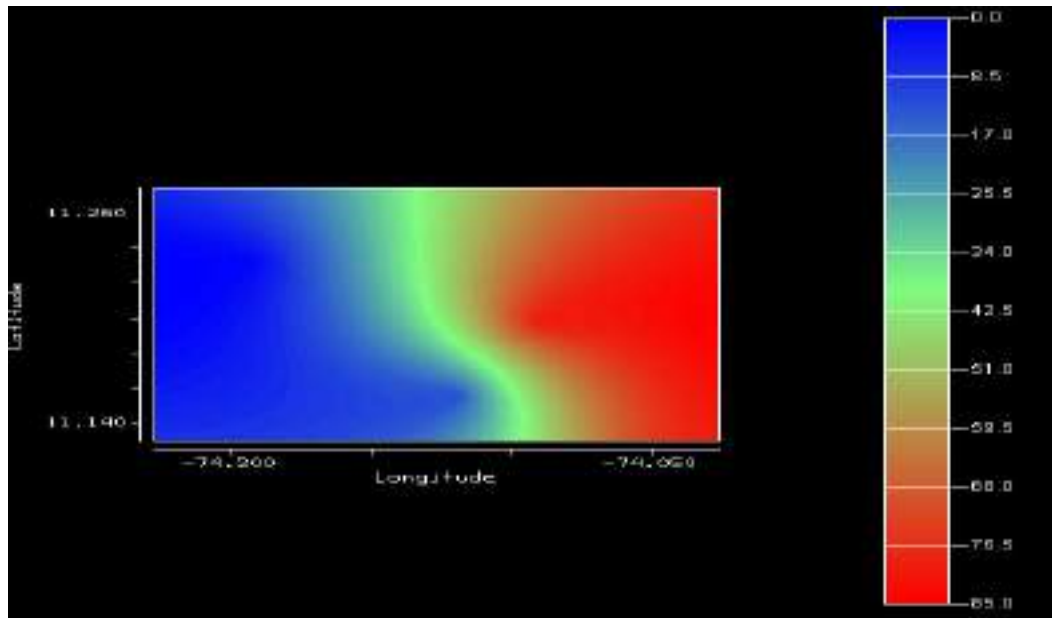


Grafico 193. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Enero

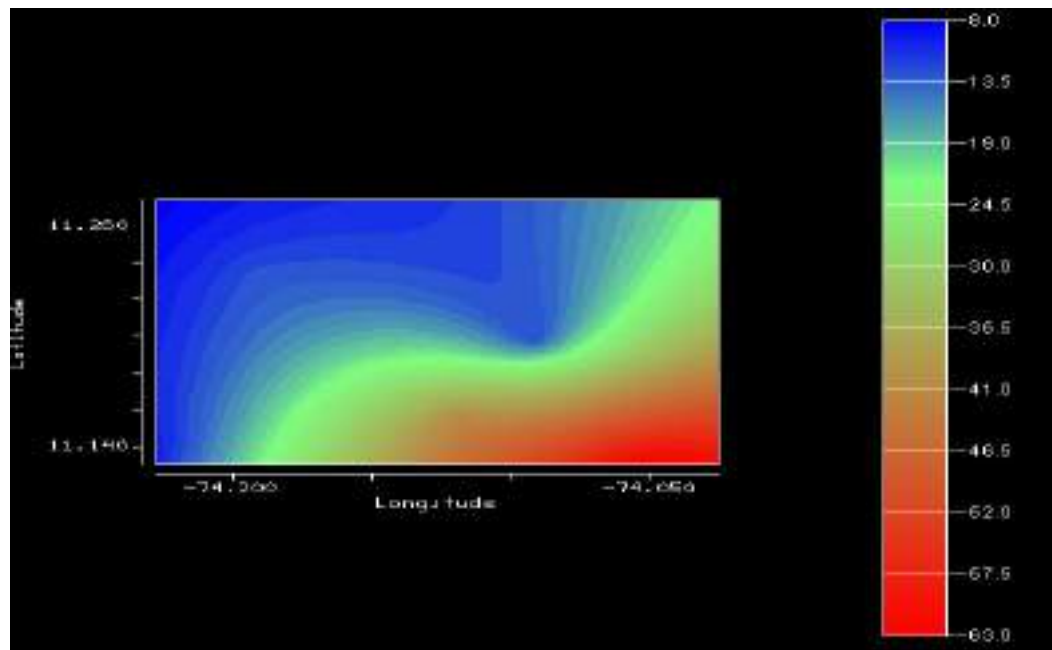


Grafico 194. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Febrero



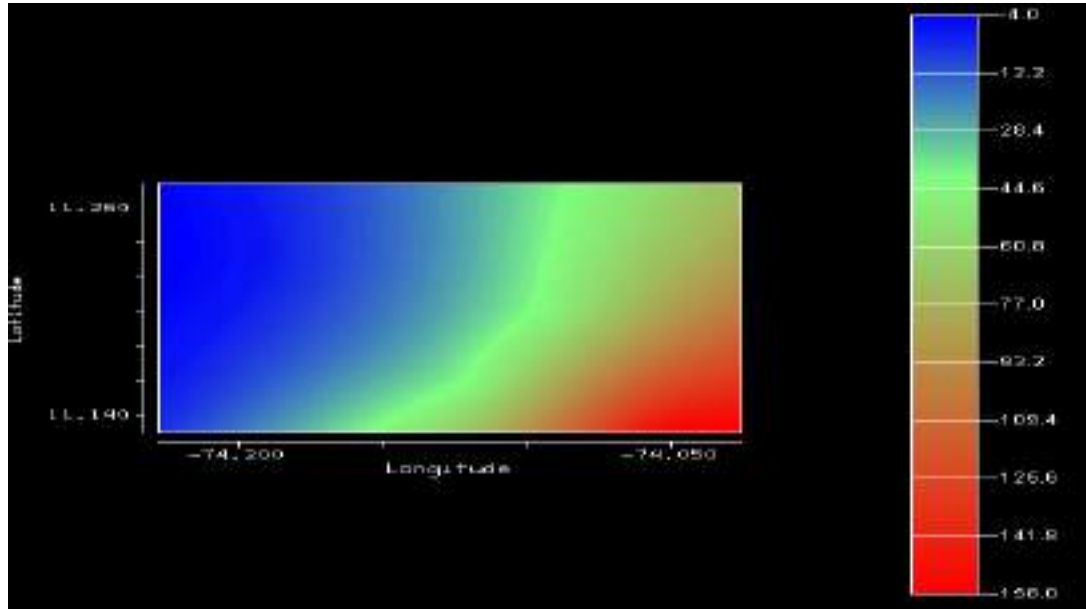


Grafico 195. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Marzo

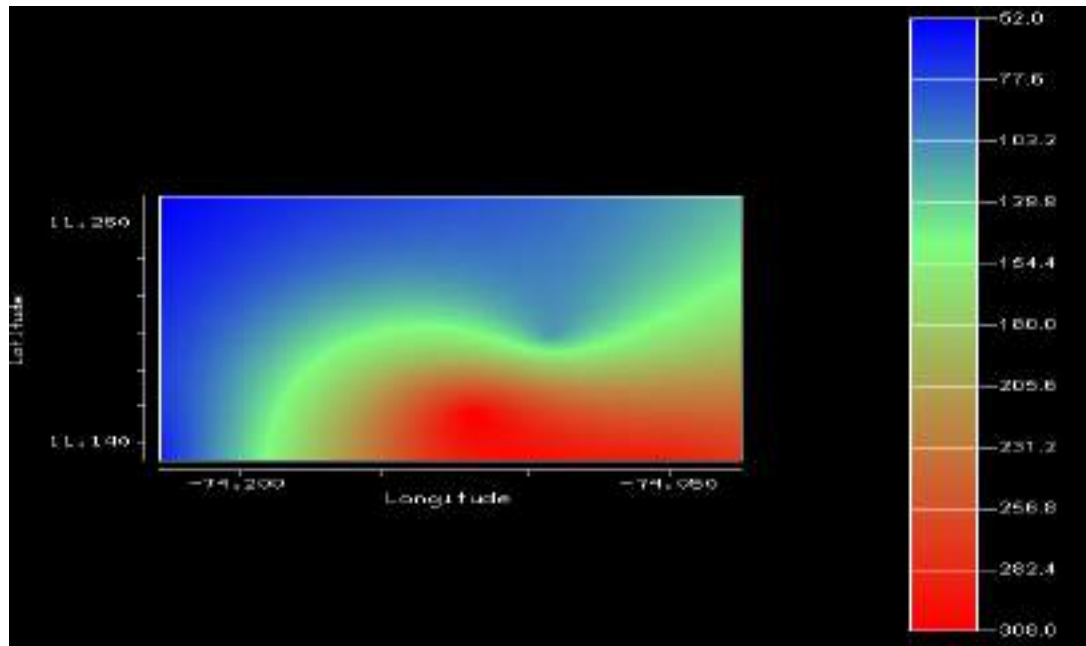


Grafico 196. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Abril



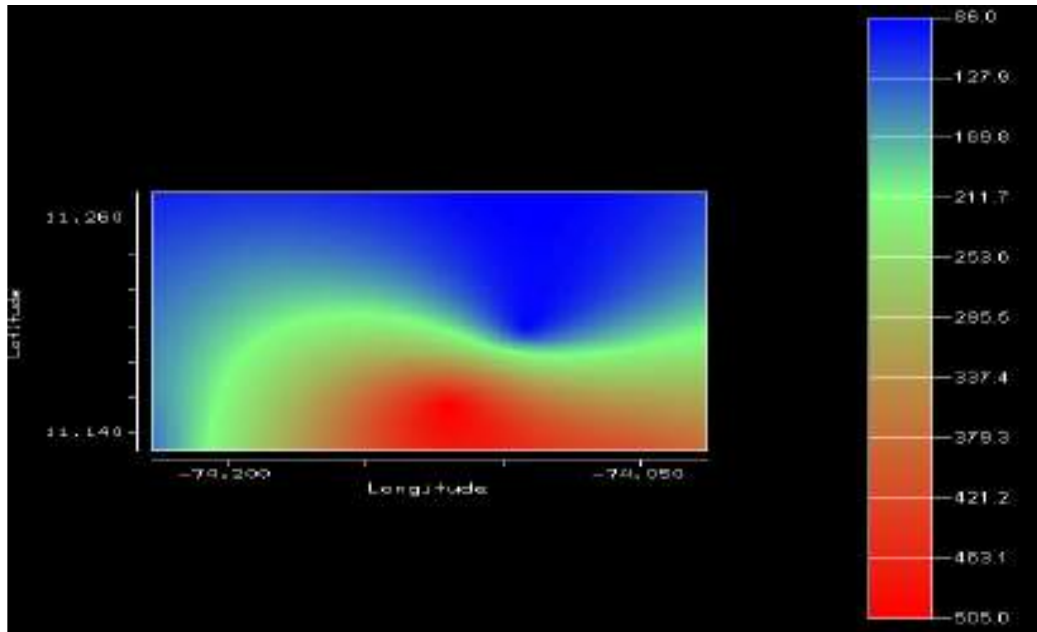


Grafico 197. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Mayo

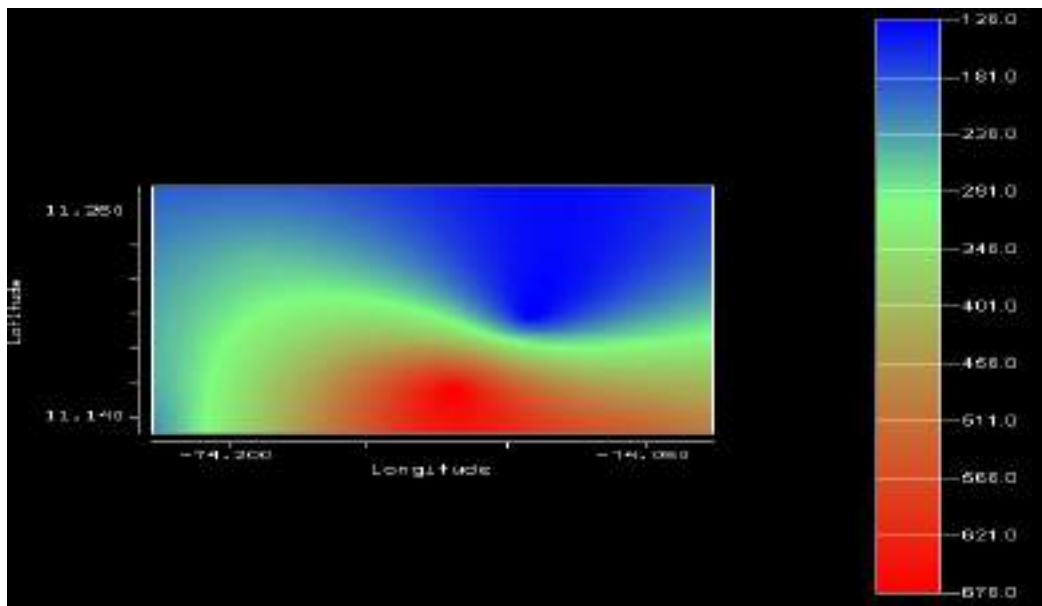


Grafico 198. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Junio



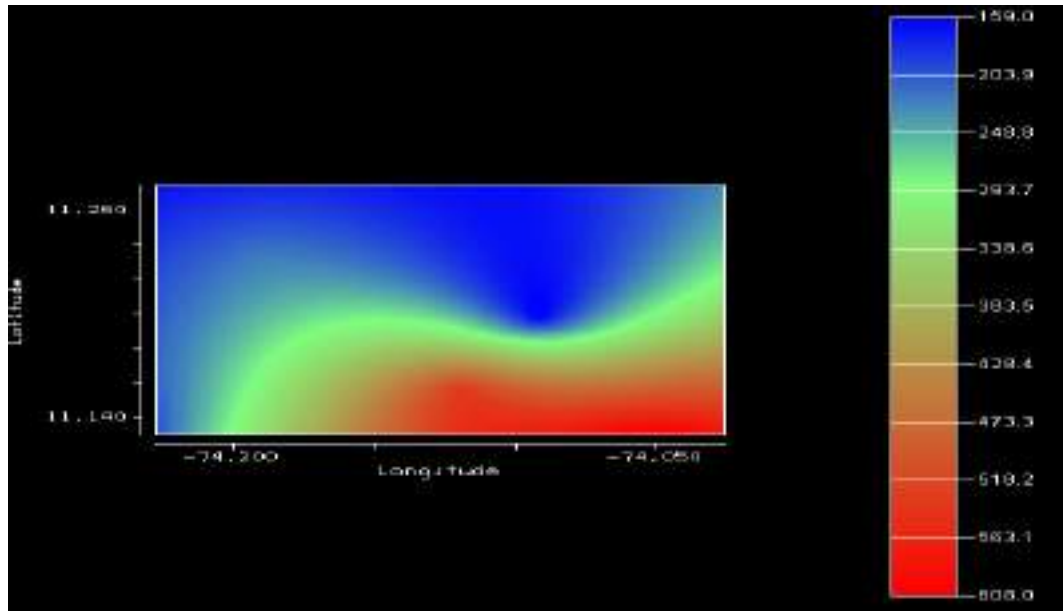


Grafico 199. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Julio

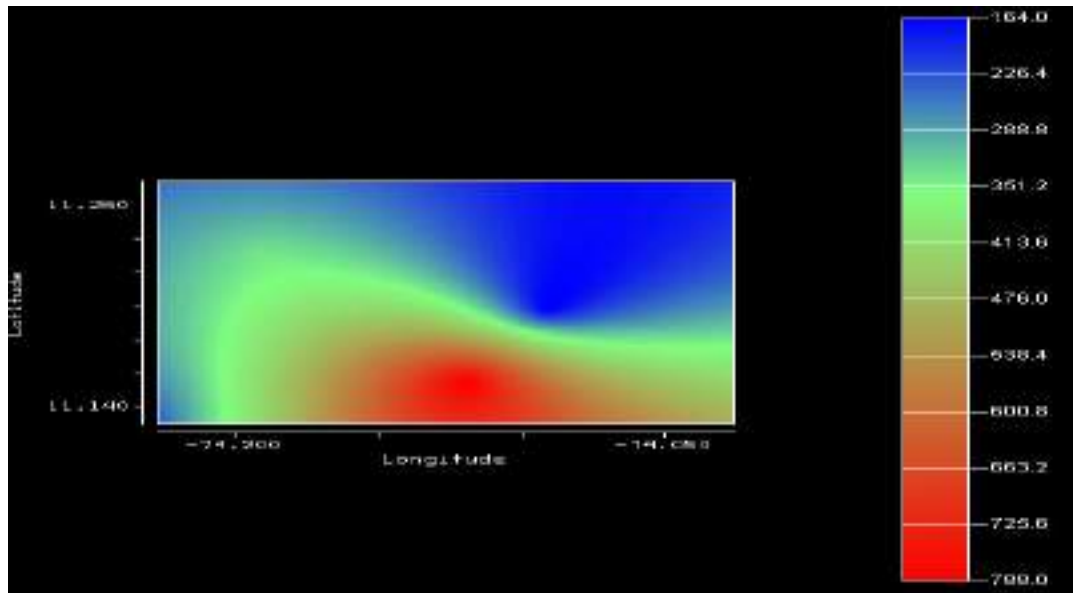


Grafico 200. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Agosto



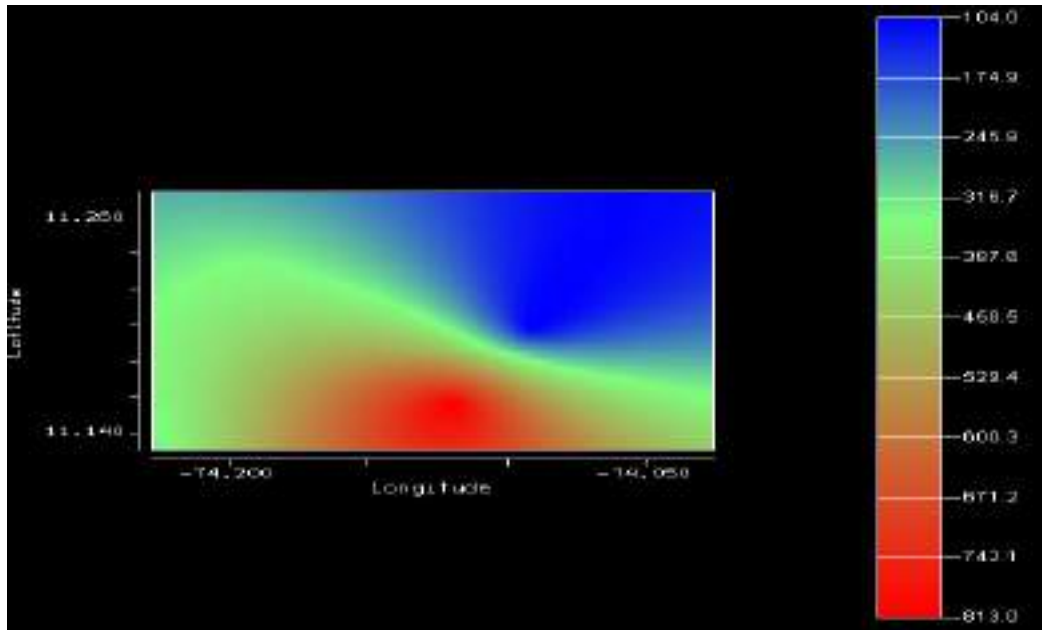


Grafico 201. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Septiembre

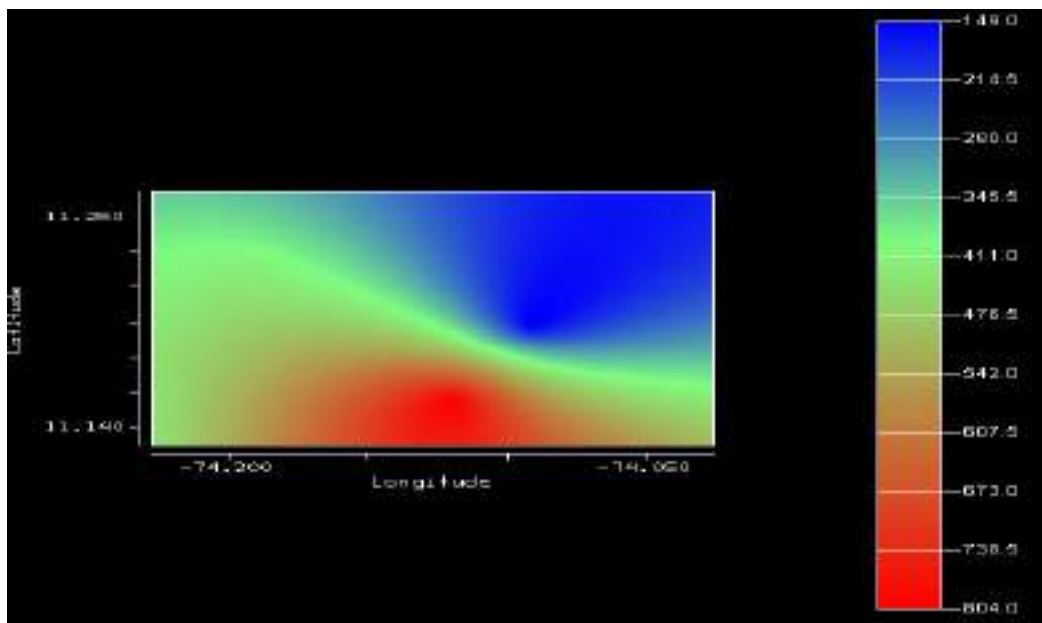


Grafico 202. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Octubre



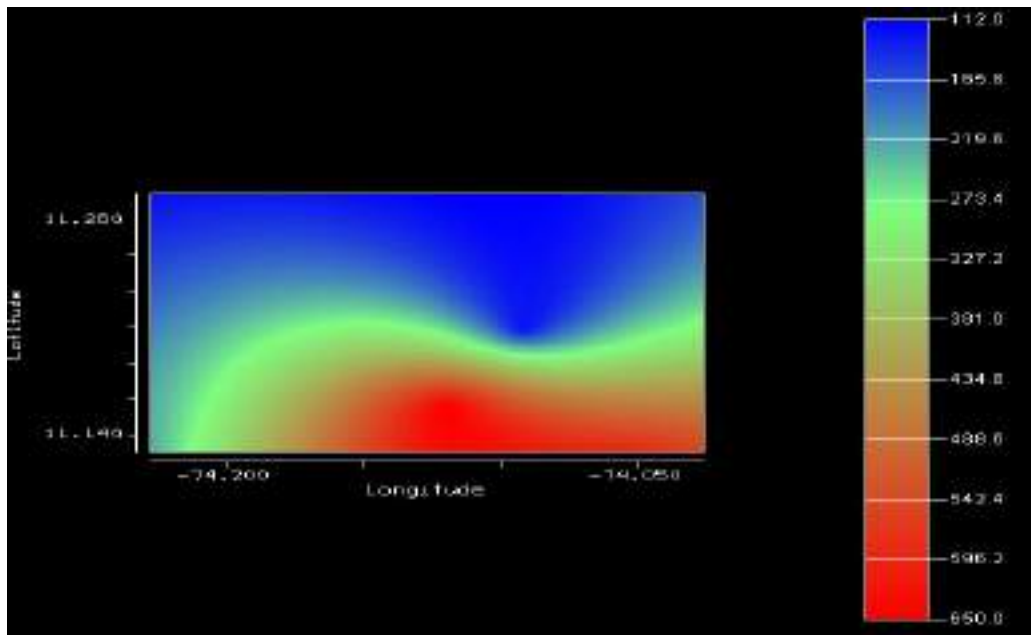


Grafico 203. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Noviembre

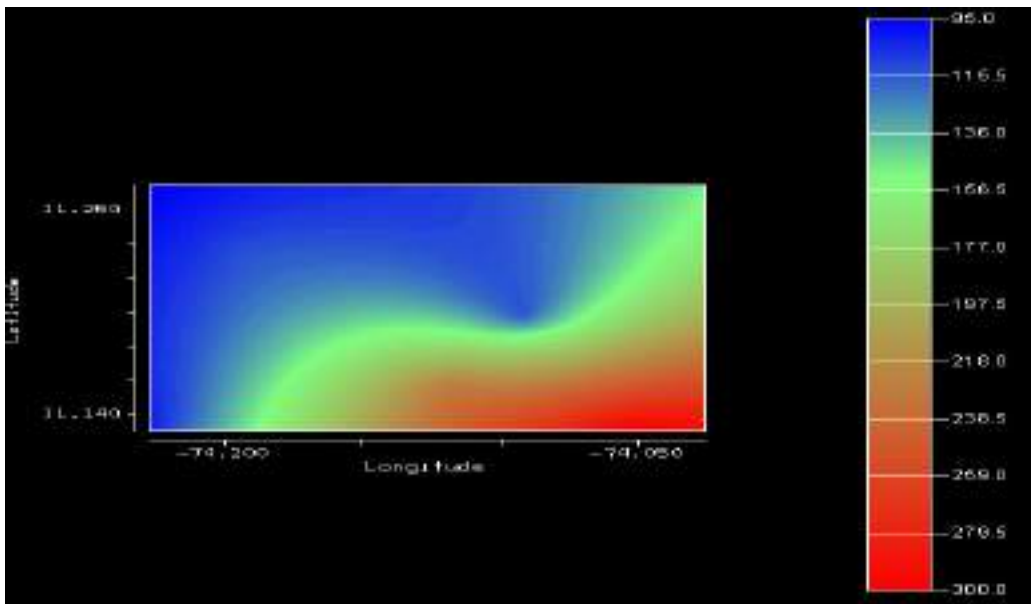


Grafico 204. Mapas de Lluvias para Periodo de Retorno 100 años. Diciembre





## **Anexo 11**

# **MAPAS DE LLUVIA MÍNIMO PARA CADA MES HidroSIG JAVA**





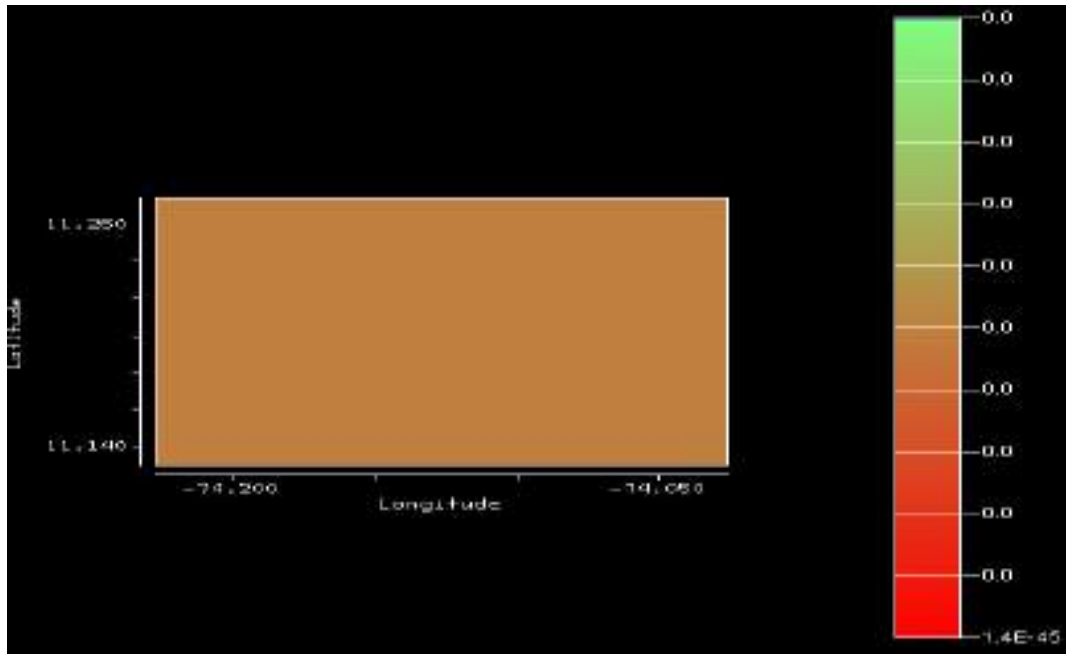


Grafico 205. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Enero

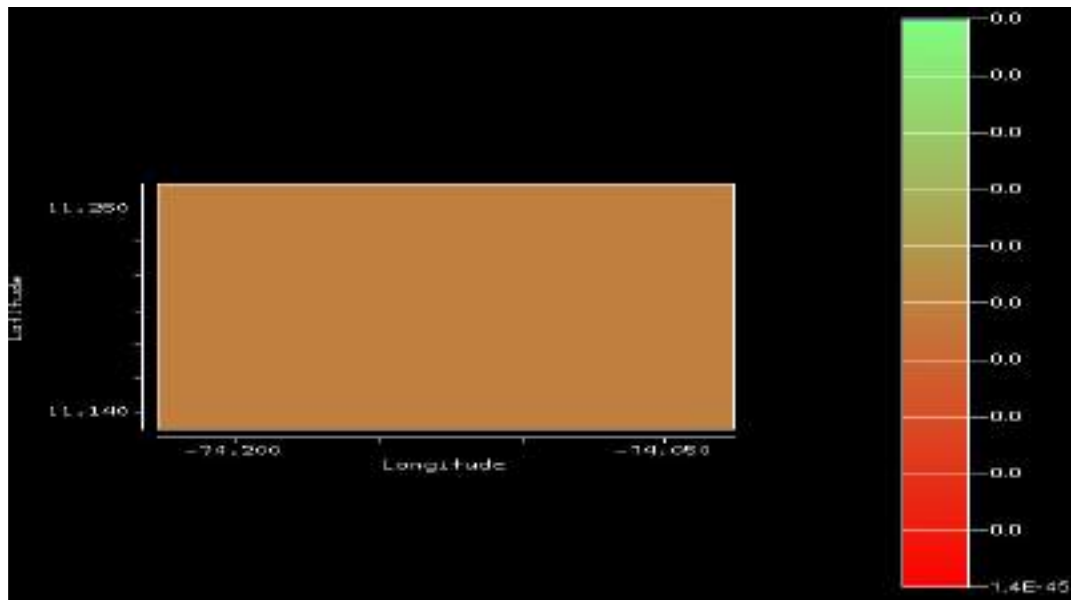


Grafico 206. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Febrero



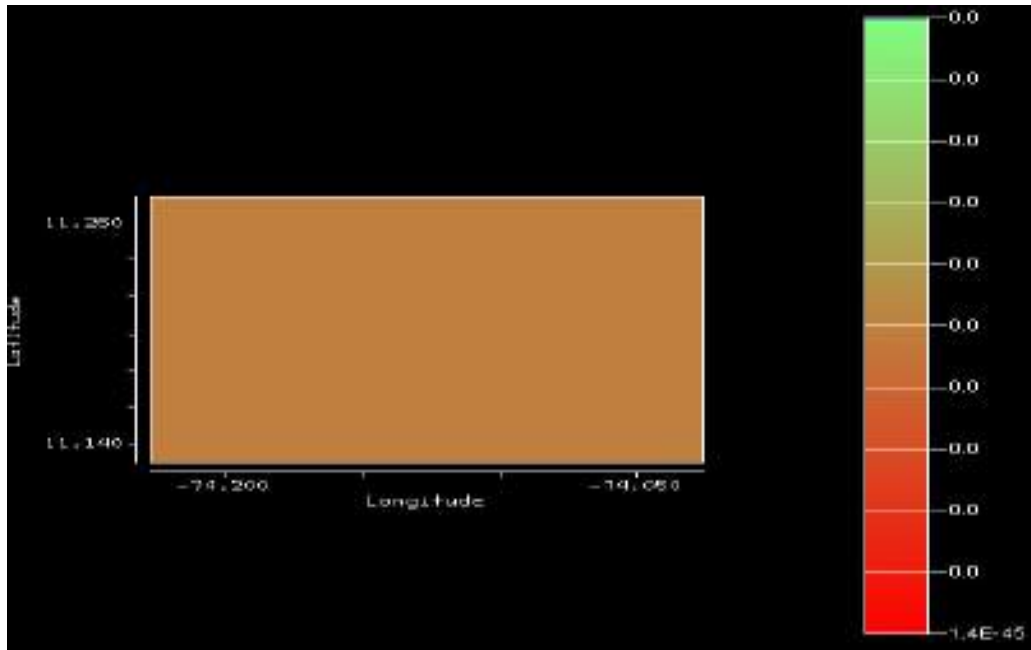


Grafico 207. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Marzo

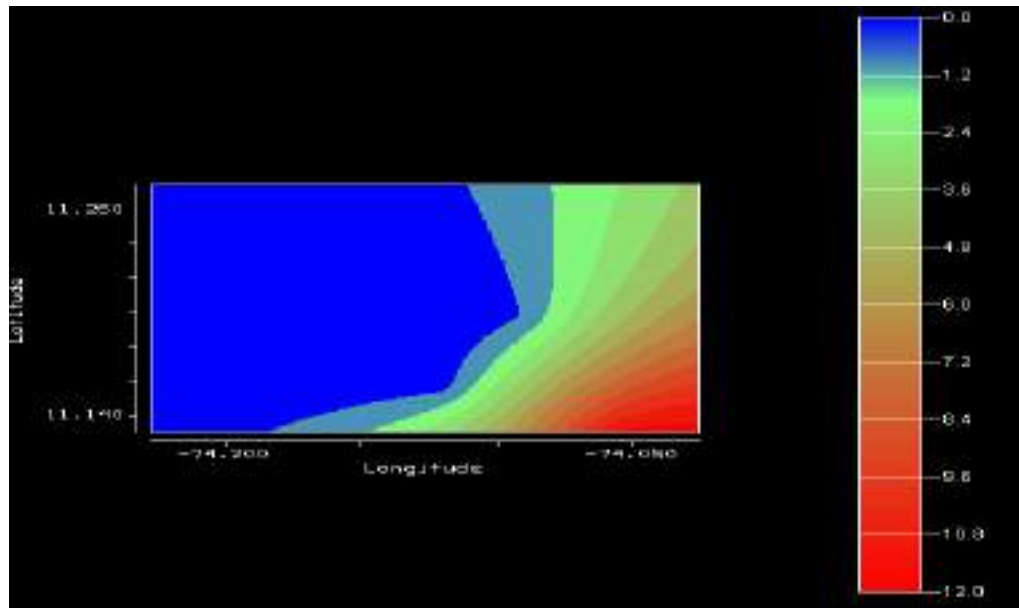


Grafico 208. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Abril



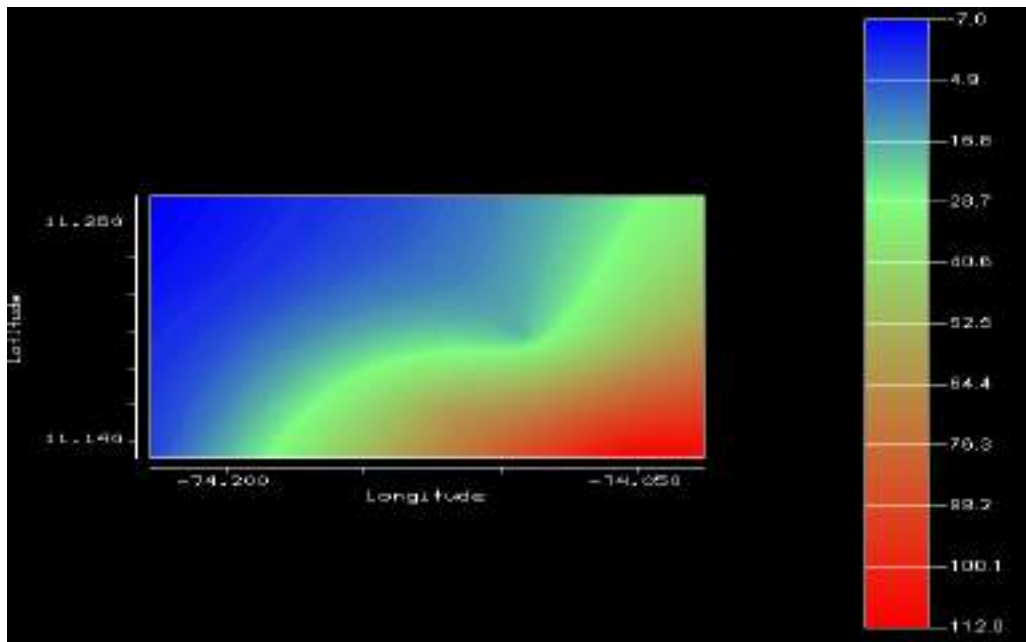


Grafico 209. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Mayo

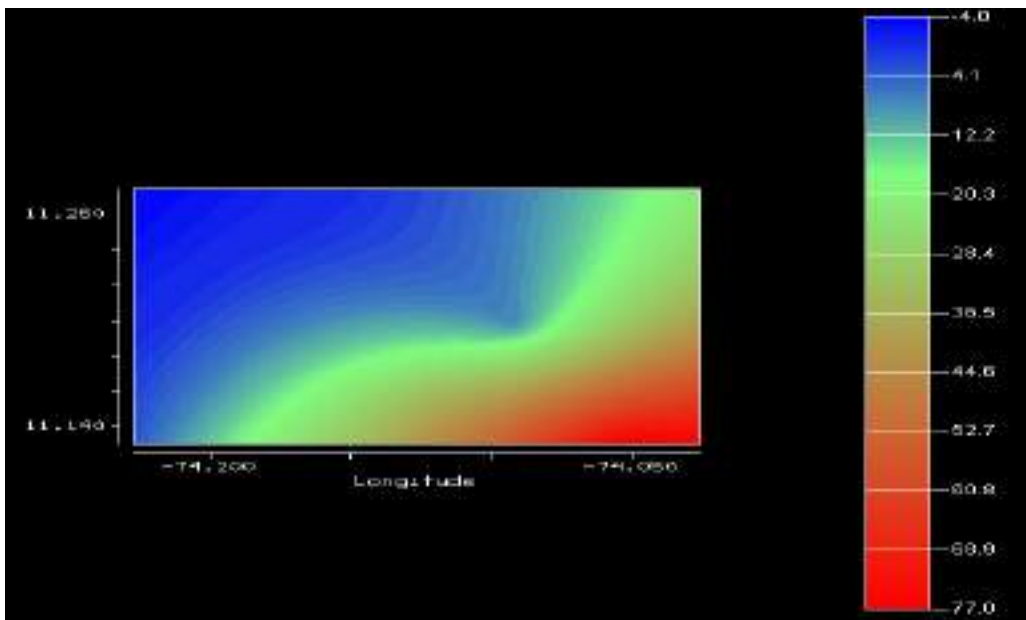


Grafico 210. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Junio



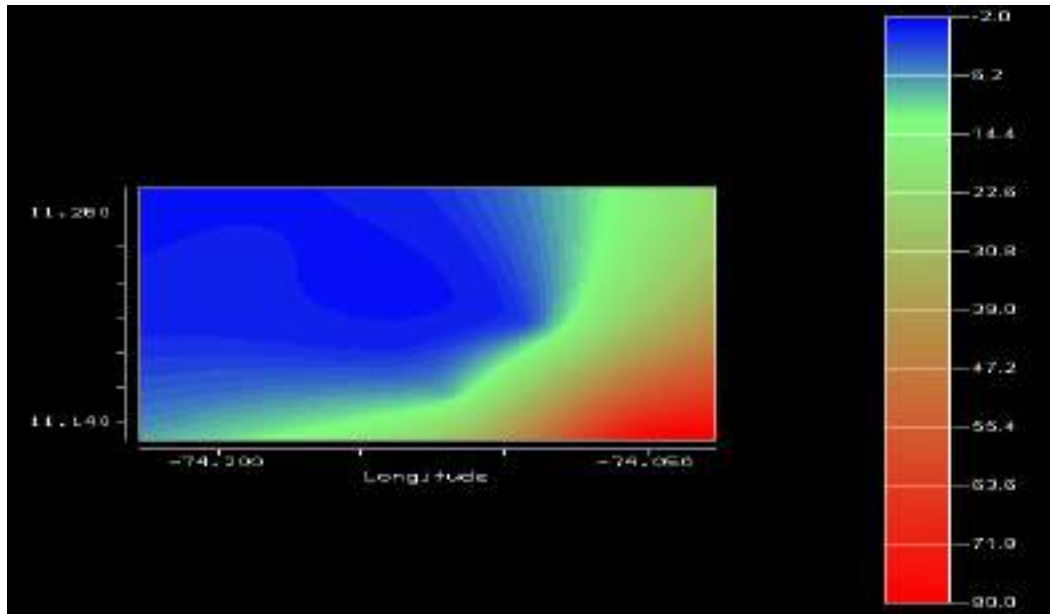


Grafico 211. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Julio

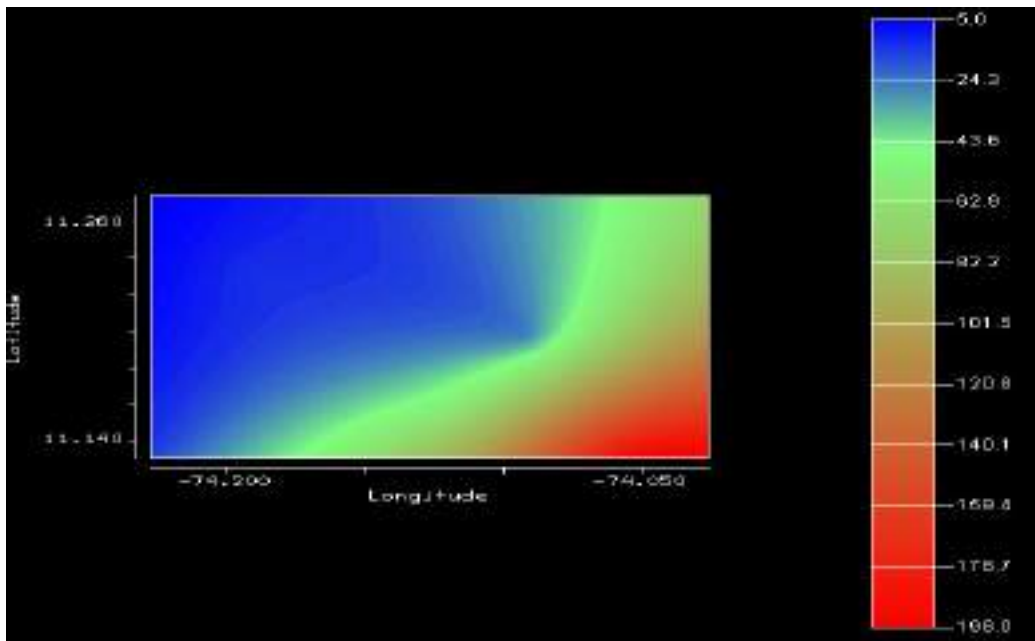


Grafico 212. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Agosto



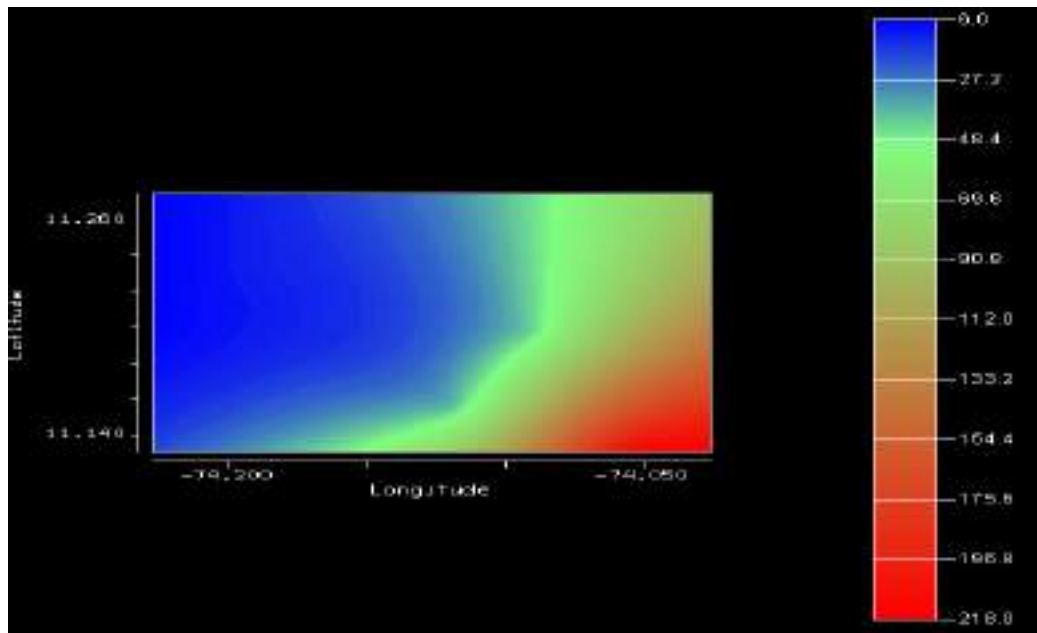


Grafico 213. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Septiembre

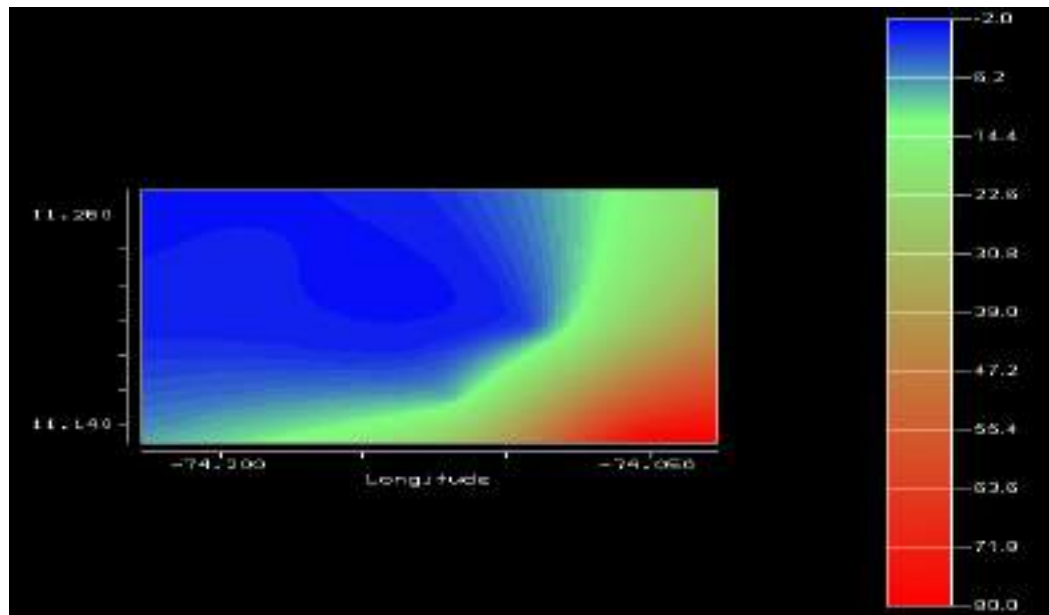


Grafico 214. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Octubre



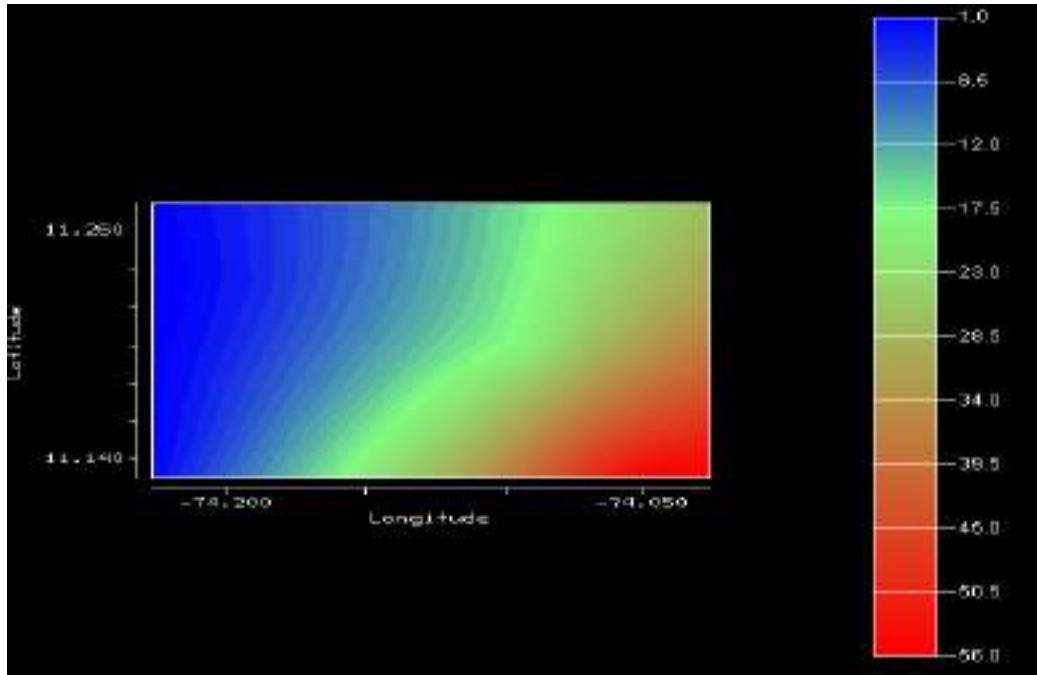


Grafico 215. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Noviembre

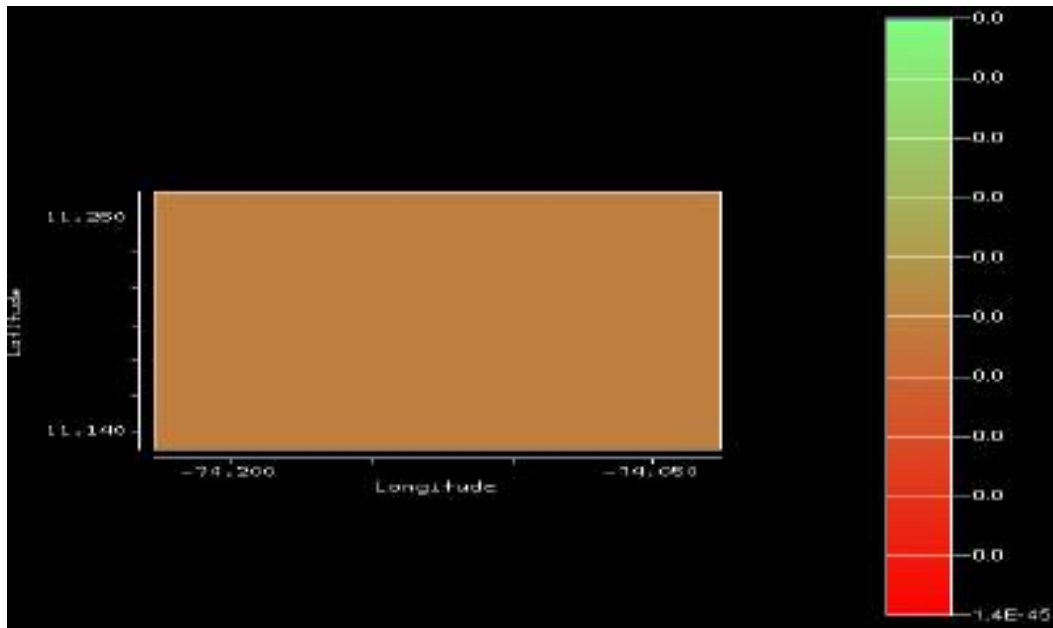


Grafico 216. Mapas de lluvias mínimas para el mes de Diciembre





**Anexo 12**

**RESOLUCIÓN No. CRA-150**  
**Consumos Básicos y**  
**Máximos**  
**LEY 373 de 1997**





## **RESOLUCIÓN No. CRA-150**

**Por la cual se establecen consumos básicos y máximos de conformidad con lo establecido en la Ley 373 de 1997**

### **LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**

*En ejercicio de sus facultades legales, es especial de las conferidas por las Leyes 142 de 1994 y 373 de 1997, los Decretos 1524 de 1994, 3102 de 1998, 1421 de 1999, 057 de 2000 y 1905 de 2000, y*

### **CONSIDERANDO**

**Que el Artículo 370 de la Constitución Política indica que “[...] Corresponde al Presidente de la República señalar, con sujeción a la ley, las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios [...]”.**

*Que el Artículo 68 de la Ley 142 de 1994 establece que el señalamiento de esas políticas lo hará mediante delegación en las Comisiones de Regulación.*

*Que en virtud de lo anterior, el Presidente de la República mediante Decreto 1524 de 1994, delegó las funciones presidenciales de señalar políticas generales de administración y control de eficiencia en los servicios públicos domiciliarios, en las Comisiones de Regulación.*

*Que el Artículo 73, numeral 73.11, de la Ley 142 de 1994 asignó a las Comisiones de Regulación la función de establecer fórmulas para la fijación de tarifas de los servicios públicos, cuando ello corresponda según lo previsto en el Artículo 88 de la misma Ley.*







Que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico mediante las Resoluciones 08 de 1995 y 15 de 1996 definió consumo básico como aquel que satisface las necesidades esenciales de una familia, el cual se fijó en 20m<sup>3</sup> mensuales por suscriptor o usuario facturado; y consumo complementario como el ubicado en la franja entre 20 m<sup>3</sup> y 40m<sup>3</sup> mensuales.

Que de conformidad con el Artículo 7 de la Ley 373 de 1997 “es deber de la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, de las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales, de acuerdo a sus competencias establecer consumos básicos en función de los usos del agua, desincentivar los consumos máximos de cada usuarios y establecer los procedimientos, las tarifas y las medidas a tomar para aquellos consumidores que sobrepasen el consumo máximo fijado”.

Que el Artículo 8 de la Ley 373 de 1997 establece que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico definirá una estructura tarifaria que incentive el uso eficiente y de ahorro del agua, y desestime su uso irracional.

Que el Artículo 1º de la Resolución 14 de 1997 señaló que hasta tanto no se expidan normas que lo modifiquen, el valor del consumo básico es el equivalente a 20m<sup>3</sup> por usuario al mes, en los términos establecidos en la Resolución 08 de 1995.

**Que de acuerdo con lo establecido en el Artículo 4º de la Resolución CRA 14 de 1997, la totalidad de los usuarios de las empresas prestadoras del servicio de acueducto y alcantarillado deben contar con medición a más tardar el 22 de julio de 2001.**

**Que el Artículo 4º de la Resolución CRA 23 de 1997 establece que cuando la continuidad del servicio sea inferior a 12 horas diarias, la entidad prestadora deberá colocar medidor volumétrico o regulador de caudal.**

**Que el Artículo 6º de la Resolución CRA 23 de 1997 establece excepciones para la instalación de Micro medidores así: “Por criterios de economía, para favorecer a la población subsidiable, en las zonas conformadas en su mayoría por usuarios de estratos 1 y 2, cuyo consumo promedio no supere el consumo básico establecido, las entidades prestadoras en lugar de instalar micromedidores a cada usuario, podrán efectuar la sectorización física de las redes de distribución respectivas. Una vez realizada la sectorización, colocarán macromedidores a la entrada del sector y**





**distribuirán proporcionalmente el consumo así medido entre los usuarios del sector correspondiente”.**

**Que el Artículo 10 del Decreto 3102 de 1997 establece que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico deberá estimar en sus regulaciones tarifarias, los consumos básicos y máximos de que trata la Ley 142 de 1994 y la Ley 373 de 1997, que incentiven el ahorro del agua.**

Que el Artículo 1 del Decreto 1311 de 1998 establece que las empresas de servicios públicos domiciliarios que prestan el servicio de suministro de agua potable deberán presentar, cada cuatro (4) meses, al Ministerio de Desarrollo Económico, toda la información relacionada con los consumos mensuales de agua facturada, por estratos y por uso, según el correspondiente ciclo de facturación de la entidad.

Que el Decreto 1421 de 1998 modificó el plazo concedido por el Artículo 10 del Decreto 3102 de 1997 estableciendo un plazo de diez y ocho (18 ) meses contados a partir de la entrada en vigencia del Decreto 1421 de 1998 para que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico adelantase los estudios técnicos necesarios y estableciera en sus metodologías tarifarias para el servicio público domiciliario de acueducto, los consumos básicos máximos por regiones, de conformidad con lo establecido por las Leyes 142 de 1994 y 373 de 1997.

**Que el Decreto 057 de 2000 amplió el plazo concedido en el Artículo 1 del Decreto 1421 de 1998 por un (1) año más a partir del 24 de Enero de 2000.**

**Que la Comisión en su sesión del 23 de Enero de 2001, analizó los estudios técnicos necesarios, que había adelantado la entidad para definir el consumo básico, dando cumplimiento a lo establecido en el Artículo 1 del Decreto 1421 de 1998, encontrando lo siguiente:**

- El consumo de agua potable para la muestra seleccionada presenta una clara tendencia a la disminución del consumo. La disminución es generalizada por municipio y estrato socioeconómico.
- De acuerdo con el estudio presentado, se observa que el consumo de agua en el tiempo viene disminuyendo, alcanzando el objetivo planteado por la política pública. La Comisión no consideró oportuno modificar el rango del consumo básico, dado que no se han alcanzado las tarifas metas y que el Artículo 2 de la Ley 632 de 2000 amplió el período de transición en materia de subsidios y contribuciones hasta el 31 de diciembre de 2005. Por estas





razones, se espera que el consumo de agua potable continúe su tendencia decreciente.

- Por ello, en diciembre de 2002 la CRA deberá determinar si se modifican o ratifican los rangos de consumo que se establecen en la presente resolución.

## **RESUELVE**

**ARTÍCULO PRIMERO.- Ámbito de aplicación.-** La presente resolución se aplica a todas las entidades del país que presten el servicio público domiciliario de acueducto y alcantarillado.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- Rangos de Consumo.-** Se ratifican los rangos de consumos establecidos en las Resoluciones 08 de 1995, 09 de 1995, 15 de 1996 y 14 de 1997, hasta el 31 de diciembre de 2002.

**CONSUMO BÁSICO:** Es aquel que satisface las necesidades esenciales de una familia, el cual se ha fijado en 20 m<sup>3</sup> mensuales por suscriptor o usuario facturado.

**CONSUMO COMPLEMENTARIO:** Es el consumo ubicado en la franja entre 20 m<sup>3</sup> y 40 m<sup>3</sup> mensuales.

**CONSUMO SUNTUARIO:** Es el consumo mayor a 40 m<sup>3</sup> mensuales.

**PARÁGRAFO 1:** En diciembre de 2002 la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico determinará, con base en la información obtenida y en los análisis efectuados, si los rangos de consumos deberán ser modificados o ratificados.

**PARÁGRAFO 2:** De acuerdo con lo establecido en el Artículo 4º de la Resolución CRA 14 de 1997 la totalidad de los usuarios de las empresas prestadoras del servicio de acueducto y alcantarillado deben contar con medición a más tardar el 22 de julio de 2001.





**PARÁGRAFO 3:** De acuerdo con lo establecido en el Artículo 4º de la Resolución CRA 23 de 1997, cuando la continuidad del servicio sea inferior a 12 horas diarias, la entidad prestadora deberá colocar medidor volumétrico o regulador de caudal.

**PARÁGRAFO 4:** De acuerdo con lo establecido en el Artículo 6º de la Resolución CRA 23 de 1997, por criterios de economía, para favorecer a la población subsidiable, en las zonas conformadas en su mayoría por usuarios de estratos 1 y 2, cuyo consumo promedio no supere el consumo básico establecido, las entidades prestadoras en lugar de instalar micromedidores a cada usuario, podrán efectuar la sectorización física de las redes de distribución respectivas. Una vez realizada la sectorización, colocarán macromedidores a la entrada del sector y distribuirán proporcionalmente el consumo así medido entre los usuarios del sector correspondiente.

**PARÁGRAFO 5:** De acuerdo con lo establecido en el Artículo 1º del Decreto 1311 de 1998 las empresas de servicios públicos domiciliarios que prestan el servicio de suministro de agua potable deberán presentar, cada cuatro (4) meses, al Ministerio de Desarrollo Económico, toda la información relacionada con los consumos mensuales de agua facturada, por estratos y por uso, según el correspondiente ciclo de facturación de la entidad.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- Vigencia.-** La presente resolución rige a partir de la fecha de su publicación

PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE.

Dada en Bogotá, D.C., a 23 de enero de 2.001

**JUAN ALFREDO PINTO SAAVEDRA**

Presidente (E)

**JAIME SALAMANCA LEÓN**

Director Ejecutivo

**VoBo. VICTOR EDUARDO QUIROGA**

Jefe Oficina Jurídica

