



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON**  
**LA COLECTIVIDAD**

**UNIDAD DE GESTIÓN DE POSTGRADOS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y**  
**CONSTRUCCIÓN**

**MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL**  
**TÍTULO DE:**  
**MAGISTER EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**TEMA:**  
**DEFINICIÓN DEL AÑO METEOROLÓGICO TÍPICO EN BASE A**  
**LAS VARIABLES TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN Y**  
**VELOCIDAD DEL VIENTO, DE TRES REGIONES NATURALES**  
**DEL ECUADOR: COSTA, SIERRA Y ORIENTE.**

**AUTORES:**  
**ANDRES ANIBAL GUERRERO JIJÓN**  
**FAUSTO RENÉ VITERI MOYA**

**SANGOLQUÍ, Agosto de 2013**

## CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

Dr. René Parra

Certifica:

Que el trabajo titulado “Definición del año meteorológico típico en base a las variables temperatura, precipitación y velocidad del viento, de tres regiones naturales del Ecuador: Costa, Sierra y Oriente”, realizado por Andrés Aníbal Guerrero Jijón y Fausto René Viteri Moya, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Maestranteros de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a la importancia de este proyecto como línea base para posteriores investigaciones si recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de (un) documento empastado y (un) disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Andrés Aníbal Guerrero Jijón y Fausto René Viteri Moya que lo entreguen al Dr. David Carrera, en su calidad de Directora de la Maestría en Sistemas de Gestión Ambiental.

Sangolquí, 14 de agosto de 2013

---

Dr. René Parra

DIRECTOR

## DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Andrés Aníbal Guerrero Jijón y Fausto René Viteri Moya

Declaramos que:

El proyecto de grado denominado “Definición del año meteorológico típico en base a las variables temperatura, precipitación y velocidad del viento, de tres regiones naturales del Ecuador: Costa, Sierra y Oriente”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 14 de agosto de 2013

---

Andrés Aníbal Guerrero Jijón

---

Fausto René Viteri Moya

## AUTORIZACIÓN

Nosotros, Andrés Aníbal Guerrero Jijón y Fausto René Viteri Moya

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “Definición del año meteorológico típico en base a las variables temperatura, precipitación y velocidad del viento, de tres regiones naturales del Ecuador: Costa, Sierra y Oriente”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 14 de agosto de 2013

---

Andrés Aníbal Guerrero Jijón

---

Fausto René Viteri Moya

## DEDICATORIA

A Dios por colmarme de felicidad en todo mi vida personal y profesional.

A mi hermano que es mi mayor orgullo.

A mis padres por su apoyo.

A mi novia Paola Oña por todo su amor y dedicación

A mis amigos por siempre apoyarme y darme una mano en los momentos difíciles.

### **Andrés**

A Jesús por sacrificarse por mí y haberme dado la vida eterna, a Dios por estar conmigo cuando pensaba que nadie me podía ayudar, la Gloria perpetua al Rey de Reyes!

A mi madre por todas sus oraciones y su apoyo incondicional.

A mi familia entera por haber confiado en mí durante toda mi vida.

A mis maestros que con sus sabias palabras han guiado mi camino.

A mis amigos por haberme brindado su confianza y apoyo.

### **Fausto**

## AGRADECIMIENTO

A Dios por siempre acompañarme en cada paso de mi vida,

A mis padres fuente de conocimiento y aliento constante.

A mi amigo Fausto Viteri por su tenacidad y entrega en la elaboración de la tesis.

Al Dr. Rene Parra por su compromiso y valiosa ayuda.

A todos los que aportaron en la culminación de esta tesis.

**Andrés**

A Jesucristo porque cada día me brinda aliento, esperanza y fuerzas para seguir adelante.

A mi madre, mis hermanos y mis sobrinos que han estado ahí conmigo viviendo cada día, cada experiencia.

Al Dr. René Parra por su continua colaboración y apoyo en todo en cuanto estuvo a su alcance.

A todos mis amigos de la Promoción VIII de la Maestría en Sistemas de Gestión Ambiental de la ESPE.

A Pavel García por su apoyo incondicional al desarrollo de este trabajo y a todos los que contribuyeron en la culminación de esta tesis.

**Fausto**

## Índice de contenidos

I. Revisión de Literatura.....	8
1.1. Zonas del Ecuador.....	8
1.2. Condiciones climáticas en las regiones naturales de Ecuador .....	9
1.2.1. Factores que controlan las condiciones climáticas .....	10
1.2.2. Climas por región natural para el Ecuador .....	11
1.3. Establecimiento de condiciones climáticas .....	19
1.3.1. Parámetros meteorológicos.....	21
1.3.2. Estaciones meteorológicas .....	44
1.4. Año meteorológico típico .....	47
1.4.1. Aplicaciones para el año meteorológico típico .....	47
1.4.2. Metodología clásica Método Sandía Revisado .....	48
II. Metodología.....	50
2.1. Etapa inicial .....	50
2.2. Etapa intermedia.....	50
2.3. Etapa final.....	51
III. Resultados y Discusión .....	53
3.1. Estaciones meteorológicas seleccionadas .....	53
3.2. Índices ponderados WS de la Sierra para formar el año típico meteorológico .....	56
3.2.1. Estaciones preseleccionadas para la Región Sierra .....	59
3.2.2. Análisis visual de las frecuencias acumuladas de todos los meses del año en la Región Sierra .....	61
3.3. Índices ponderados WS de la Costa para formar del año típico meteorológico .....	91
3.3.1. Estaciones preseleccionadas para la Región Costa .....	95

3.3.2. Análisis visual de las frecuencias acumuladas de todos los meses del año en la Región Costa .....	96
3.4. Índices ponderados WS del Oriente para formar del año típico meteorológico .....	127
3.4.1. Estaciones preseleccionadas para la Región Oriente .....	130
3.4.2. Análisis visual de las frecuencias acumuladas de todos los meses del año en la Región Oriente .....	132
3.5. Definición del Año Típico Meteorológico para las tres zonas climáticas del Ecuador .....	163
IV. Conclusiones y Recomendaciones.....	164
4.1. Conclusiones .....	164
4.2. Recomendaciones .....	165
V. Bibliografía.....	167
VI. Anexos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Equivalencias de climas según Thornthwaite .....	13
Tabla 2. Tipos de clima de Köeppen.....	14
Tabla 3. Subclasificación de los climas de Köeppen .....	14
Tabla 4. Clasificación de los climas de Köeppen .....	15
Tabla 5. Escalas de temperatura .....	27
Tabla 6. Escala Beaufort de velocidad del viento .....	33
Tabla 7. Albedo medio de algunas superficies sobre la superficie terrestre .....	36
Tabla 8. Equivalencias de la constante solar .....	37
Tabla 9. Variación de la presión por la altitud .....	42
Tabla 10. Unidades de medida de la presión atmosférica .....	42
Tabla 11. Pesos asignados a cada variable .....	49
Tabla 12. Pesos ponderados adaptados para cada variable .....	52
Tabla 13. Estaciones y períodos seleccionados por región .....	54
Tabla 14. Índices ponderados WS para la Sierra para el primer bimestre del año típico meteorológico .....	56
Tabla 15. Índices ponderados WS para la Sierra para el segundo bimestre del año típico meteorológico .....	57
Tabla 16. Índices ponderados WS para la Sierra para el tercer bimestre del año típico meteorológico .....	57
Tabla 17. Índices ponderados WS para la Sierra para el tercer bimestre del año típico meteorológico .....	58
Tabla 18. Índices ponderados WS para la Sierra para el cuarto bimestre del año típico meteorológico .....	58
Tabla 19. Índices ponderados WS para la Sierra para el quinto bimestre del año típico meteorológico .....	59
Tabla 20. Índice WS de las estaciones preseleccionadas para la Región Sierra, primer semestre del año meteorológico típico.....	60
Tabla 21. Índice WS de las estaciones preseleccionadas para la Región Sierra, segundo semestre del año meteorológico típico .....	60
Tabla 22. Índices ponderados WS para la Costa para el primer bimestre del año típico meteorológico .....	92

Tabla 23. Índices ponderados WS para la Costa para el segundo bimestre del año típico meteorológico .....	92
Tabla 24. Índices ponderados WS para la Costa para el tercer bimestre del año típico meteorológico .....	93
Tabla 25. Índices ponderados WS para la Costa para el cuarto bimestre del año típico meteorológico .....	93
Tabla 26. Índices ponderados WS para la Costa para el quinto bimestre del año típico meteorológico .....	94
Tabla 27. Índices ponderados WS para la Costa para el sexto bimestre del año típico meteorológico .....	94
Tabla 28. Índice WS de las estaciones preseleccionadas para la Región Costa, primer semestre del año meteorológico típico .....	95
Tabla 29. Índice WS de las estaciones preseleccionadas para la Región Costa, segundo semestre del año meteorológico típico .....	96
Tabla 30. Índices ponderados WS para el Oriente para el primer bimestre del año típico meteorológico .....	127
Tabla 31. Índices ponderados WS para el Oriente para el segundo bimestre del año típico meteorológico .....	128
Tabla 32. Índices ponderados WS para el Oriente para el tercer bimestre del año típico meteorológico .....	128
Tabla 33. Índices ponderados WS para el Oriente para el cuarto bimestre del año típico meteorológico .....	129
Tabla 34. Índices ponderados WS para el Oriente para el quinto bimestre del año típico meteorológico .....	129
Tabla 35. Índices ponderados WS para el Oriente para el sexto bimestre del año típico meteorológico .....	130
Tabla 36. Índice WS de las estaciones preseleccionadas para la Región Oriente, primer semestre del año meteorológico típico.....	131
Tabla 37. Índice WS de las estaciones preseleccionadas para la Región Oriente, segundo semestre del año meteorológico típico .....	131
Tabla 38. Estaciones escogidas para el Año Meteorológico Típico de la Región Sierra .....	163

Tabla 39. Estaciones escogidas para el Año Meteorológico Típico de la Región Costa .....	163
Tabla 40. Estaciones escogidas para el Año Meteorológico Típico de la Región Oriente.....	163

## Índice de figuras

Figura 1. Mapa del Ecuador dividido en las cuatro regiones naturales.....	8
Figura 2. Clasificación de climas por regiones naturales del Ecuador.....	18
Figura 3. Relación entre la temperatura y altitud .....	23
Figura 4. Relación entre la temperatura y latitud .....	24
Figura 5. Termómetro de mínima, alcohol (arriba), termómetro de máxima, mercurio (abajo) .....	28
Figura 6. Pluviómetro y pluviógrafo.....	30
Figura 7. Rosa de los vientos y grados de dirección.....	31
Figura 8. Instrumentos de medición del viento .....	32
Figura 9. Distribución de la radiación solar que llega a la Tierra expresada en kcal/cm <sup>2</sup> /año.....	35
Figura 10. Flujos de energía solar .....	37
Figura 11. Heliógrafo de Campbell –Stokes .....	38
Figura 12. Solarímetro .....	39
Figura 13. Psicrómetro.....	41
Figura 14. Tipos de medidores de presión.....	43
Figura 15. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas analizadas.....	55
Figura 16. Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura mínima .....	61
Figura 17. Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura media .....	62
Figura 18. Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura máxima .....	62
Figura 19. Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con el viento .....	63
Figura 20. Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la precipitación.....	63
Figura 21. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura mínima .....	64

Figura 22. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura media .....	64
Figura 23. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura máxima .....	65
Figura 24. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con el viento .....	65
Figura 25. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la precipitación .....	66
Figura 26. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura mínima .....	66
Figura 27. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura media .....	67
Figura 28. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura máxima .....	67
Figura 29. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con el viento .....	68
Figura 30. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la precipitación .....	68
Figura 31. Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura mínima .....	69
Figura 32. Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura media .....	69
Figura 33. Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura máxima .....	70
Figura 34. Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con el viento .....	70
Figura 35. Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la precipitación .....	71
Figura 36. Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura mínima .....	71
Figura 37. Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura media .....	72

Figura 38. Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura máxima .....	72
Figura 39. Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con el viento .....	73
Figura 40. Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la precipitación.....	73
Figura 41. Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura mínima.....	74
Figura 42. Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura media.....	74
Figura 43. Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura máxima .....	75
Figura 44. Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con el viento .....	75
Figura 45. Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la precipitación.....	76
Figura 46. Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura mínima.....	76
Figura 47. Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura media.....	77
Figura 48. Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura máxima .....	77
Figura 49. Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con el viento .....	78
Figura 50. Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la precipitación.....	78
Figura 51. Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura mínima .....	79
Figura 52. Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura media .....	79
Figura 53. Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura máxima .....	80

Figura 54. Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con el viento .....	80
Figura 55. Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la precipitación.....	81
Figura 56. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura mínima .....	81
Figura 57. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura media .....	82
Figura 58. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura máxima .....	82
Figura 59. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con el viento.....	83
Figura 60. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la precipitación .....	83
Figura 61. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura mínima .....	84
Figura 62. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura media .....	84
Figura 63. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura máxima .....	85
Figura 64. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con el viento .....	85
Figura 65. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la precipitación .....	86
Figura 66. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura mínima .....	86
Figura 67. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura media .....	87
Figura 68. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura máxima .....	87
Figura 69. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con el viento.....	88

Figura 70. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la precipitación .....	88
Figura 71. Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura mínima .....	89
Figura 72. Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura media .....	89
Figura 73. Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura máxima .....	90
Figura 74. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con el viento.....	90
Figura 75. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la precipitación .....	91
Figura 76. Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura mínima .....	97
Figura 77. Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura media .....	97
Figura 78. Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura máxima .....	98
Figura 79. Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con el viento .....	98
Figura 80. Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la precipitación .....	99
Figura 81. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura mínima .....	99
Figura 82. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura media .....	100
Figura 83. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura máxima .....	100
Figura 84. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con el viento .....	101
Figura 85. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la precipitación .....	101

Figura 86. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura mínima .....	102
Figura 87. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura media .....	102
Figura 88. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura máxima .....	103
Figura 89. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con el viento .....	103
Figura 90. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la precipitación .....	104
Figura 91. Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura mínima.....	104
Figura 92. Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura media.....	105
Figura 93. Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura máxima .....	105
Figura 94. Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con el viento .....	106
Figura 95. Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la precipitación.....	106
Figura 96. Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura mínima.....	107
Figura 97. Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura media.....	107
Figura 98. Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura máxima .....	108
Figura 99. Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con el viento .....	108
Figura 100. Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la precipitación.....	109
Figura 101. Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura mínima .....	109

Figura 102. Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura media .....	110
Figura 103. Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura máxima .....	110
Figura 104. Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con el viento .....	111
Figura 105. Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la precipitación .....	111
Figura 106. Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura mínima.....	112
Figura 107. Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura media.....	112
Figura 108. Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura máxima .....	113
Figura 109. Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con el viento .....	113
Figura 110. Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la precipitación.....	114
Figura 111. Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura mínima .....	114
Figura 112. Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura media .....	115
Figura 113. Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura máxima .....	115
Figura 114. Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con el viento .....	116
Figura 115. Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la precipitación .....	116
Figura 116. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura mínima.....	117
Figura 117. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura media.....	117

Figura 118. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura máxima.....	118
Figura 119. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con el viento .....	118
Figura 120. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la precipitación.....	119
Figura 121. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura mínima .....	119
Figura 122. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura media .....	120
Figura 123. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura máxima .....	120
Figura 124. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con el viento.....	121
Figura 125. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la precipitación .....	121
Figura 126. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura mínima .....	122
Figura 127. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura media .....	122
Figura 128. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura máxima .....	123
Figura 129. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con el viento.....	123
Figura 130. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la precipitación .....	124
Figura 131. Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura mínima .....	124
Figura 132. Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura media .....	125
Figura 133. Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura máxima .....	125

Figura 134. Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con el viento.....	126
Figura 135. Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la precipitación .....	126
Figura 136. Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura mínima .....	132
Figura 137. Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura media.....	133
Figura 138. Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura máxima .....	133
Figura 139. Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con el viento .....	134
Figura 140. Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la precipitación.....	134
Figura 141. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura mínima .....	135
Figura 142. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura media .....	135
Figura 143. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura máxima .....	136
Figura 144. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con el viento.....	136
Figura 145. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la precipitación .....	137
Figura 146. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura mínima .....	137
Figura 147. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura media.....	138
Figura 148. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura máxima .....	138
Figura 149. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con el viento .....	139

Figura 150. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la precipitación .....	139
Figura 151. Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura mínima.....	140
Figura 152. Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura media.....	140
Figura 153. Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura máxima .....	141
Figura 154. Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con el viento .....	141
Figura 155. Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la precipitación.....	142
Figura 156. Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura mínima .....	142
Figura 157. Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura media .....	143
Figura 158. Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura máxima .....	143
Figura 159. Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con el viento .....	144
Figura 160. Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la precipitación.....	144
Figura 161. Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura mínima .....	145
Figura 162. Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura media .....	145
Figura 163. Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura máxima .....	146
Figura 164. Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con el viento .....	146
Figura 165. Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la precipitación .....	147

Figura 166. Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura mínima.....	147
Figura 167. Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura media.....	148
Figura 168. Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura máxima .....	148
Figura 169. Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con el viento .....	149
Figura 170. Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la precipitación.....	149
Figura 171. Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura mínima .....	150
Figura 172. Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura media .....	150
Figura 173. Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura máxima .....	151
Figura 174. Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con el viento .....	151
Figura 175. Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la precipitación .....	152
Figura 176. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura mínima.....	152
Figura 177. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura media.....	153
Figura 178. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura máxima .....	153
Figura 179. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con el viento .....	154
Figura 180. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la precipitación.....	154
Figura 181. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura mínima .....	155

Figura 182. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura media .....	155
Figura 183. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura máxima .....	156
Figura 184. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con el viento.....	156
Figura 185. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la precipitación .....	157
Figura 186. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura mínima .....	157
Figura 187. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura media .....	158
Figura 188. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura máxima .....	158
Figura 189. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con el viento.....	159
Figura 190. Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la precipitación .....	159
Figura 191. Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura mínima .....	160
Figura 192. Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura media .....	160
Figura 193. Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura máxima .....	161
Figura 194. Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con el viento.....	161
Figura 195. Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la precipitación .....	162

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento del comportamiento de las condiciones atmosféricas es indispensable para una gran variedad de aspectos relacionados con la gestión ambiental, entre las que se incluyen los estudios de impacto ambiental, el comportamiento estacional relacionado con los periodos calurosos y fríos, de lluvia y de sequía, que influyen directamente en la productividad agrícola; la contaminación atmosférica, el cambio climático, la gestión de cuencas hidrográficas y de ecosistemas. Adicionalmente, el conocimiento adecuado de las variables atmosféricas constituye la base para el diseño para la explotación de energías renovables, como la fotovoltaica y eólica.

La información que bajo la coordinación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), reúnen, administran, analizan y reportan instituciones nacionales e internacionales, sirve de base para la planificación e investigación, y permite tomar decisiones para la gestión de riesgos y la optimización de beneficios socioeconómicos.

El año meteorológico típico de una región trata de mostrar las condiciones con carácter climatológico que se presentan durante las diferentes estaciones (Lerum, 2008). La información climatológica es clave para proyectos de eficiencia energética. (Skeiker & Ghani, 2008)

Las condiciones climáticas definen las características y definen el diseño energético de edificios que buscan aprovechar de la mejor manera la energía solar. (Vertacnik, 2008).

Otra aplicación en relación a la descripción de los parámetros climatológicos es la producción de vino. Mediante la determinación del análisis del año meteorológico típico se puede mantener un mejor control de estos factores para disminuir las mermas en la producción de vino. (Ruiz de Adana, 2002)

Mediante el presente estudio se pretende conformar el año típico meteorológico para las tres regiones del territorio continental del Ecuador.

Se busca establecer las condiciones meteorológicas que mejor representen a cada zona, en base a los registros meteorológicos de la precipitación, temperatura y velocidad del viento obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

Al establecer el año meteorológico típico, se logrará identificar claramente el comportamiento de variables atmosféricas, permitiendo tener un solo año meteorológico, que recoge el comportamiento de todos los años para una zona en particular, lo que reduce notablemente los tiempos de una investigación que considere las variables meteorológicas.

Los resultados del presente estudio, establecerán una línea base para realizar estudios de mayor alcance, que permitan describir el comportamiento típico de las variables atmosféricas en el territorio nacional ecuatoriano. La aplicación inmediata se refiere al uso de modelos numéricos meteorológicos de última generación, para el año meteorológico típico, a fin de obtener mapas de alta resolución espacial de las variables atmosféricas, que sean representativos para cada región ecuatoriana.

La presente investigación tiene como objetivos, definir el año meteorológico típico en base a las variables temperatura, precipitación y velocidad del viento, de tres regiones naturales geográficas del Ecuador, Costa, Sierra y Oriente; establecer el método estadístico de mayor confiabilidad para obtener el año típico en una zona determinada del Ecuador e identificar los meses más representativos de cada zona en particular para las variables precipitación, temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura media y velocidad del viento; a partir de registros meteorológicos de aproximadamente 30 años.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación considera el estudio de cinco parámetros meteorológicos; temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima, precipitación y velocidad del viento, extraídos del INAMHI, tomando en cuenta más de cien estaciones alrededor de todo el territorio ecuatoriano, quedando al final seleccionadas solo cuatro estaciones en la Sierra, La Tola - Pichincha (M002), Izobamba - Pichincha (M003), Rumipamba-Salcedo - Cotopaxi (M004) e Iñaquito - Pichincha (M024); tres estaciones en la Costa, Pichilingue - Los Ríos (M006), Arenillas - El Oro (M179) y Alluriquín INECEL - Santo Domingo de los Tsáchilas (M209); y tres estaciones en la Amazonía, Nuevo Rocafuerte - Orellana (M007), Yanzatza - Zamora Chinchipe (M190) y Gualaquiza Inamhi - Morona Santiago (M189). Las estaciones seleccionadas cumplieron varios requisitos; mínimo diez años en cada estación meteorológica, por lo menos 5 datos diarios en cada mes y tener el mismo período de años por cada estación meteorológica de cada región considerada. Al revisar detalladamente los datos disponibles de cada estación se observó que no estuvieron completos, por lo que se realizó un procedimiento de relleno de datos mediante una regresión cúbica en el software SPSS, y así se obtuvieron datos muy semejantes a los reales. Posteriormente se determinaron frecuencias acumuladas y con éstas se realizó una suma absoluta. Al obtener estos valores, se utilizó la fórmula de Finkelstein-Schafer, la cual arroja un índice entre 0 y 1, de cada mes de todos los años analizados. Eligiéndose los valores mas cercanos a 0 para poder establecer el año típico de cada región del Ecuador. Para la conformación del Año Típico Meteorológico de la Sierra se escogió, durante el período de 1986 a 1996, a la estación M024 para los meses

de enero, febrero, abril, junio, noviembre y diciembre; a la estación M003 para los meses de marzo y septiembre; a la estación M004 para el mes de agosto y la estación M002 para los meses de mayo, julio y octubre. Para la conformación del Año Típico Meteorológico de la Costa, durante el período de 1982 a 1992, se escogió a la estación M179 para los meses de enero, junio, agosto, septiembre y octubre; a la estación M006 para los meses de febrero, marzo, julio y noviembre; a la estación M209 para los meses de abril, mayo y diciembre. Para la conformación del Año Típico Meteorológico del Oriente, durante el período de 1988 a 1998, se escogió a la estación M007 para los meses enero, marzo, abril, junio, octubre y diciembre; a la estación M189 para los meses febrero, mayo, julio, agosto, septiembre y noviembre. El presente proyecto demuestra que las variaciones en las estaciones meteorológicas alrededor del Ecuador tienen condiciones atmosféricas variables, por lo que se las agrupó por regiones climáticas semejantes, Costa, Sierra y Oriente. Para investigaciones posteriores, se recomienda trabajar con datos más actuales, los cuales deben ser liberados por el organismo competente, para que la información sea actual y pueda ser utilizada en estudios modernos.

**PALABRAS CLAVE:** Año Meteorológico Típico, Ecuación estadística de Finkelstein-Schafer, Estación meteorológica, Frecuencia acumulada.

## SUMMARY

The present research considers the study of five meteorological parameters, maximum temperature, average temperature, minimum temperature, precipitation and wind speed, recorded by INAMHI, which were taken over a hundred stations around throughout Ecuador, being selected only four seasons in the Highlands, La Tola - Pichincha (M002), Izobamba - Pichincha (M003), Rumipamba-Salcedo - Cotopaxi (M004) and Iñaquito - Pichincha (M024), three stations in the Coast, Pichilingue - Rivers (M006), Arenillas - Gold (M179) and Alluriquín INECEL - Santo Domingo de los Tsáchilas (M209) and three stations in the Amazon, New Rocafuerte - Orellana (M007), Yanzatza - Zamora Chinchipe (M190) and Gualaquiza INAMHI - Morona Santiago (M189). The selected stations fulfilled various requirements; at least ten years in each weather station, at least 5 daily data for each month and have the same period of years for each weather station for each region studied. Reviewing in detail the available data for each station were observed that were not complete, so it proceeded to perform a procedure of filling data using a cubic regression in SPSS software, data, and get very similar to the real ones. Subsequently obtained with these cumulative frequencies and to perform a total sum thereof. To obtain these values, it was used the formula of Finkelstein-Schafer, which yields an index between 0 and 1, for each month of all years. At the end were chose the values closest to 0 in order to establish the typical year of each region of Ecuador. To form the Typical Meteorological Year of the Highlands, during 1986 to 1996, was chosen M024 station for the months of January, February, April, June, November and December, the station M003 for the months of March and September, the station M004 to August and the

station M002 for May, July and October. To form the Typical Meteorological Year to the Coast, during 1982 to 1992, was chosen M179 station for the months of January, June, August, September and October, the M006 station for the months of February, March, July and November, the station M209 for the months of April, May and December. To form the Typical Meteorological Year of the Amazon, during 1988 to 1998, was chosen M007 station for the months January, March, April, June, October and December, M189 station for the months February, May, July, August, September and November. This project demonstrates that variations in the weather stations around Ecuador have variable weather conditions, so they are grouped by similar climatic regions, Coast, Highland and Amazon. For further research, it is advisable to work with current data, which should be released by the competent body, so that the information is current and can be used in modern studies.

**KEYWORDS:** Cumulative Frequency, Finkelstein-Schafer Statistical Equation, Meteorological station, Typical Meteorological Year.

## **I. REVISIÓN DE LITERATURA**

## I. Revisión de Literatura

### 1.1. Zonas del Ecuador

La forma más aceptada para dividir al Ecuador, es en cuatro regiones naturales, las cuales son diferenciadas por sus características climáticas, orográficas, y también por las características socioculturales y antropogénicas de la población; siendo las cuatro regiones naturales: Costa, Sierra, Amazonia u Oriente y Galápagos. (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecología Andina, 1997). En la Figura 1, se puede observar las regiones naturales del Ecuador.



**Figura 1.** Mapa del Ecuador dividido en las cuatro regiones naturales  
(Turismo Ecuador, 2012)

Las cuatro regiones naturales del Ecuador están divididas en 24 provincias:

- En la Región Costa, se encuentran las provincias de Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí, Los Ríos, Guayas, Santa Elena y El Oro.
- En la Región Sierra, en la zona norte de los Andes, están Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo; en el sector sur se encuentran Bolívar, Cañar, Azuay y Loja.
- En la Amazonía están Sucumbíos, Napo, Pastaza, Orellana, Morona Santiago y Zamora Chinchipe.
- En la región insular, se encuentra la provincia de Galápagos, la misma que tiene trece islas.

## **1.2. Condiciones climáticas en las regiones naturales de Ecuador**

Debido a su posición geográfica y a la diversidad de alturas impuesta por la cordillera de los Andes, el Ecuador presenta una gran variedad de climas y cambios considerables en cortas distancias. Ecuador está ubicado dentro del cinturón de bajas presiones atmosféricas donde se sitúa la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Por esta razón, ciertas áreas del Ecuador reciben la influencia de masas de aire con diferentes características de temperatura y humedad. (Valverde & Cano, 2005)

En la región continental del Ecuador, hay climas tropicales y templados, regiones con características subtropicales, situadas principalmente en las estribaciones de la cordillera; también se encuentran zonas desérticas, semi-desérticas, estepas frías y cálidas, etc.

### 1.2.1. Factores que controlan las condiciones climáticas

Las características climatológicas del Ecuador, responden a una diversidad de factores como: latitud geográfica, altitud del suelo, dirección de las cadenas montañosas, vegetación, acercamiento y alejamiento del océano, corrientes marinas y los vientos.

Las tres regiones del territorio ecuatoriano continental, Costa, Sierra y Oriente se diferencian mucho entre sí, ya que son el lugar de origen de grandes masas de aire, que con su desplazamiento, producen ciertas modificaciones, cuando se movilizan hacia regiones con diferentes cualidades. Por consiguiente en el Ecuador se puede considerar las siguientes masas de aire: Masas tropicales marítimas, masas tropicales continentales, masas templadas, y masas frías.

Los vientos predominantes en el Ecuador son los alisios del Nordeste en el Hemisferio Norte y los del Sudeste en el Hemisferio Sur, alterándose esta prevalencia por el comportamiento de las masas de aire y los desplazamientos del cinturón ecuatorial. (Maldonado, 2006)

La región costanera central (Península de Santa Elena y Sur de Manabí), en la mayor parte del tiempo está bajo la influencia de la corriente fría de Humboldt. En Salinas la temperatura de la superficie marítima disminuye entre junio y septiembre, que corresponden al invierno austral. Masas de aire marítimo relativamente frío invaden la faja costanera dando lugar a neblinas y lloviznas con valores de precipitaciones muy débiles, determinando un clima seco. Sin embargo, tiene una influencia importante en las partes altas de los

relieves (Cordillera Costanera) donde son responsables de zonas notablemente más húmedas. (Calderón, 2010)

La región Interandina, se encuentra bajo la influencia alterna de "Masas de Aire Tropical Marítimo" (MATM) y "Masas de Aire Tropical Continental" (MATC). Desde inicios de septiembre, la Zona de Convergencia Intertropical, ZCIT, (que se encuentra a esa época del año sobre el Hemisferio Norte y en proceso de alcanzar el Ecuador), después de rechazar los alisios del Sudeste, moviliza hacia el continente las MATM. (INAMHI, 2007)

## **1.2.2. Climas por región natural para el Ecuador**

### **1.2.2.1. Clasificación de los climas**

Para poder entender la clasificación de los climas del Ecuador, primero se debe conocer la clasificación de los climas en todo el mundo.

Para ello se enumeran algunas de las clasificaciones más conocidas (Universidad de la República, 2007):

- Clasificación de Martonne
- Clasificación de W. Köppen
- Clasificación de C.W. Thornthwaite
- Clasificación de Heinrich Walter

#### **1.2.2.1.1. Clasificación de Martonne**

La presente clasificación está fundada en criterios geográficos, descansando sobre el reconocimiento de los climas astronómicos clásicos, hay

siete tipos designados por cifras romanas, cada uno de los cuales comprende un grupo de climas afines, en la siguiente forma (Iranzo, 2010):

- I. **Climas cálidos:** Ecuatorial, Subecuatorial. Ecuatorial oceánico. Tropical oceánico. Ecuatorial de montaña. Tropical de montaña.
- II. **Monzónicos:** Tropical. Subtropical (Indico).
- III. **Templados sin invierno:** Mediterráneo.
- IV. **Templados con invierno.**
- V. **Fríos:** Oceánico. Continental.
- VI. **Polar**
- VII. **Desértico.**

#### 1.2.2.1.2. Clasificación de C.W. Thornthwaite

En 1931, el climatólogo estadounidense C.W. Thornthwaite, estableció un método que se basaba en la relación entre zonas de precipitación y los tipos de vegetación. En vista de la dificultad que presentaba el manejo de la evaporación para su uso climático se introdujo el índice de eficacia de la precipitación (P-E) en el cual la evaporación se sustituye por la temperatura. Fue muy útil para los Estados Unidos, pero no fue del todo aplicable para el resto del mundo.

$$P - E = 115 \left( \frac{P}{t} - 10 \right)^{\frac{10}{9}} \quad [1]$$

p=precipitación mensual en mm

t= temperatura en grados Fahrenheit

**Tabla 1.** Equivalencias de climas según Thornthwaite

<b>Índice P-E</b>	<b>Nombre</b>	<b>Vegetación</b>
Superior a 128	Muy húmedo	Bosques lluviosos
64 hasta 127	Húmedo	Bosques
32 hasta 63	Subhúmedo	Praderas
16 hasta 31	Semiárido	Estepa
Inferior a 16	Árido	Desierto

(Iranzo, 2010)

**1.2.2.1.3. Clasificación de Heinrich Walter**

Heinrich Walter (1976), acuñó el concepto de "bioma", para referirse a grandes unidades ecológicas que incluyen tanto al ambiente como a los componentes bióticos. Además reconoció en la biósfera nueve biomas zonales o "zonobiomas" (ecuatorial, tropical, subtropical árido, mediterráneo, templado cálido, templado, templado árido, boreal y ártico), cuyo mayor determinante era el clima. También marcó, dentro de los zonobiomas, la necesidad de establecer subdivisiones en función fundamentalmente de la cuantía o efectividad de las precipitaciones. (Universidad de la República, 2007)

Los 9 zonobiomas son los siguientes:

1. ZBI ecuatorial
2. ZBII tropical con verano lluvioso
3. ZBIII subtropical árido (clima desértico)
4. ZBIV verano lluvioso e invierno seco
5. ZBV cálido-templado (marítimo)
6. ZBVI templado con período corto de heladas
7. ZBVII árido-templado con invierno frío (continental)
8. ZBVIII frío-templado (boreal)

## 9. ZBIX ártico (incluye Antártida)

**1.2.2.1.4. Clasificación de W. Köppen**

Es el sistema más ampliamente usado para clasificar los climas del mundo. Fue estructurado en 1900 por el climatólogo y botánico alemán-ruso Vladimir Köppen, quien dividió la superficie terrestre en cinco principales tipos de clima; cada uno designado con una letra mayúscula, definida por los promedios anual y mensual de la temperatura y precipitación, y que coinciden con la distribución de los principales biomas. Además se incluye un subsistema de letras minúsculas que se añaden como sufijos para señalar otras variaciones. Estableció 5 zonas climáticas, con 13 categorías de climas. (Sánchez, 2003)

**Tabla 2.** Tipos de clima de Köppen

<b>Tipos de clima</b>	<b>Descripción</b>
A	Tropical
B	Seco
C	Templado
D	Frío
E	Polar

(Allaby, 2002)

**Tabla 3.** Subclasificación de los climas de Köppen

<b>Traducción de algunos símbolos de la clasificación de Köppen</b>	
S = Steppe = estepa	f = feucht = húmedo
W = Wüste = desierto	w = winterlich = invernal
F = Frost = hielo	s = sommerlich = veraniego
B = Berg = montaña	h = heisst = caliente
i = isothermal = isotermal	k = kalt = frío
v = verspaten = retrasada	n = nebeling niebla

(Ayllón, 2003)

Para realizar una distribución adecuada de los climas establecidos por Köppen, se toma una clasificación que muestra la nomenclatura de letras mayúsculas con las letras minúsculas mencionadas anteriormente, de tal manera que se completa una lista de climas para todo el planeta.

**Tabla 4.** Clasificación de los climas de Köppen

Grupo	Tipo de clima	Características
A	Tropicales lluviosos	Climas con temperatura del mes más frío que 18°C Localizado en áreas desde el Ecuador hasta los trópicos Alturas inferiores a 800-1000 m Precipitación anual superiores a 750mm También llamados Megatérmicos o cálidos con bosques Tres tipos de climas: Af, Aw, Am
Af	Ecuatorial	Caliente y húmedo (selva tropical) Precipitación anual superiores a 2000mm Se da en las calmas ecuatoriales entre 10°S y 10°N Temperatura oscila entre 20 y 27°C todo el año Amplitud térmica anual inferior a los 5°C Humedad relativa muy alta
Aw	Tropical	Caliente subhúmedo con lluvias en verano Precipitación mínima superior a 100mm Temperatura media del mes menos cálido por encima de los 18°C Amplitud térmica puede ser de 10°C Se da entre la zona ecuatorial y en los desiertos cálidos, entre 10 y 25° de latitud Norte y Sur
Am	Monzónico	Caliente, húmedo, con lluvias abundantes en verano, con influencia del monzón. La precipitación mínima supera los 400 mm en pocos meses Temperaturas medias de invierno 15°C, de verano 35°C Es el clima más húmedo del planeta, aunque tiene una corta estación seca invernal.
B	Climas secos	Precipitaciones escasas, suelos sensibles a la erosión hídrica. La evaporación excede a la precipitación Existen dos subdivisiones principales, BS y los BW
BSh	Estepas cálidas (semiáridos)	En los límites de los grandes desiertos cálidos Precipitación anual escasas e irregulares, entre 250 y 500 mm Temperaturas elevadas durante todo el año, con una gran amplitud térmica de 10°C

BSk	Estepas frías (semiáridos)	En latitudes medias del interior de los continentes mas grandes Precipitación muy escasa e irregular, en forma de chaparrones Las temperaturas similares a las continentales, inviernos fríos y fuerte amplitud térmica anual.
BWh	Desiertos cálidos (áridos)	Tiene influencia de los anticiclones subtropicales que los protegen de los vientos húmedos Temperaturas anuales sobre los 18°C Desiertos sobre áreas inferiores entre los 15° y los 35° de altitud Precipitación anual escasa e irregular, inferior a 100mm Evaporación potencial anual de 3000mm Humedad relativa muy baja
BWk	Desiertos fríos (áridos)	Precipitación anual menor a 100 mm Inviernos fríos y oscilación térmica anual muy elevada Ligados a factores geográficos como los continentes y latitud
C	Climas templados lluviosos	Temperatura media del mes mas frio entre 18°C y -3°C Temperatura media del mes mas cálido superior a 10°C
Cf	Clima oceánico (templado húmedo)	Precipitación anual entre 1000 a 2000 mm Esta entre los 35° y 60° de latitud, con los sistemas ciclónicos No tienen estación seca
Cw	Clima Chino (templado húmedo)	Precipitación anual supera los 1000 mm Clima de transición entre el tropical lluvioso y el templado continental Olas de frío invernales
Cs	Clima mediterráneo (templado húmedo de verano seco)	Clima subtropical de la zona templada, entre los 30 y 45° latitud norte y sur Precipitación anual entre 400 y 700 mm Marcada sequía estival
D	Climas fríos de los bosques nevados	Inviernos rigurosos Temperatura media más fría a -3°C Temperatura media más cálida de 10°C Se caracteriza por estar cubiertos de nieve uno o más meses
Df	Continental húmedo	Está en la mayor parte de la zona templada Infierno muy frío y seco Oscilación térmica anual muy elevada Precipitaciones regulares no muy abundantes
Dw	Continental suave	Tiene una estación seca en invierno
E	Climas polares	Temperatura media del mes más cálido inferior a 10°C Precipitación anual menor a 300 mm Zonas de altas presiones polares entre el polo y la isoterma de 0°C

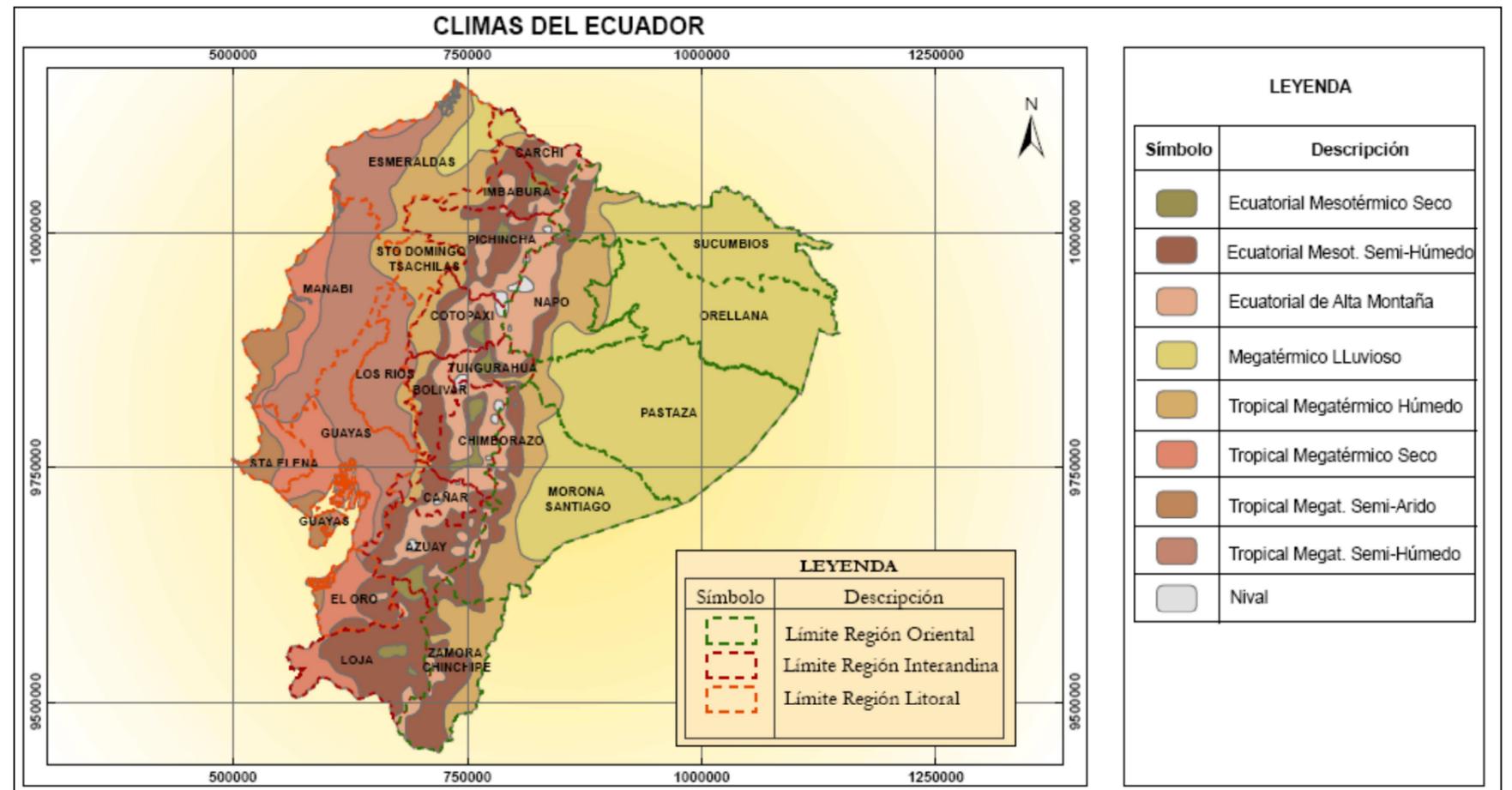
		Precipitaciones escasas en forma de nieve con un espesor de 30 cm Frio intenso y constante, no posibilita la existencia de vegetación
ET	Tundra	Zonas de altas presiones polares entre el polo y la isoterma de 0°C Frio intenso y constante, no supera los 10°C Precipitaciones escasas en forma de nieve Breve estación de plantas, helechos, líquenes, musgos y gramíneas
H	Climas de altura	Climas de tipo polar, solo influye al altura sobre los 3000 m, determinando climas de montaña Precipitación anual de 1000 mm La vegetación es muy variable Clima normalmente húmedo alrededor del mundo en zonas como los Andes, Alpes y Rocallosos.

(Ministerio de planificación territorial y medio ambiente, 2006)

En base a la clasificación de Köppen el clima para cada una de las regiones naturales del Ecuador es el siguiente (Vargas, 2008):

- a) *Región Interandina*.- Se considera 4 diferentes zonas climáticas: Ecuatorial Mesotérmico Semi húmedo, Ecuatorial Mesotérmico Seco, Ecuatorial de Alta Montaña y Nieval.
- b) *Región del Litoral*.- Se considera 4 zonas climáticas: Tropical Húmedo, Tropical Monzón, Tropical de Sabana y Tropical Seco.
- c) *Región Oriental*.- Se divide en 2 zonas climáticas: Amazónico Húmedo y Amazónico Semi-húmedo.

Se puede apreciar la distribución de los climas del Ecuador, en base a la clasificación de Köppen en la Figura 2.



**Figura 2.** Clasificación de climas por regiones naturales del Ecuador

(Vargas, 2008)

### 1.3. Establecimiento de condiciones climáticas

Para poder realizar estimaciones del comportamiento climático de una zona definida, los científicos utilizan a la meteorología como su herramienta de predicción de fenómenos atmosféricos, los cuales que están enlazados a mediciones con satélite, con globos sonda, y mediciones *in situ*.

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), monitorea algunos parámetros meteorológicos; entre los más importantes se encuentran: temperatura, humedad, precipitación, heliofanía, radiación, presión, dirección y velocidad del viento.

A continuación se detalla las características de cada uno de los parámetros que son considerados en la medición meteorológica para establecer parámetros de clima:

a) Heliofanía.- Se refiere al número de horas en que el sol se hace presente en un lugar determinado. En toda la llanura litoral, hasta una altura de 500 m, en la ladera de la cordillera Occidental, el promedio anual de horas de brillo solar fluctúa entre las 600 y 1700 horas. En la región interandina, la insolación fluctúa entre las 1200 y 2000 horas anuales con ciertas excepciones de lugares muy lluviosos.

Pese a la poca información de datos existentes en la región amazónica se ha determinado que la insolación varía entre las 1000 y 1400 horas anuales. En el Archipiélago de Galápagos, el promedio anual de insolación se ubica alrededor de las 2000 horas anuales. (INAMHI, 2007)

b) Temperatura.- Es el grado de calor o de frío de la atmósfera. En la Región Interandina la temperatura está vinculada estrechamente con la altura. Entre los 1500 y 3000 metros los valores medios varían entre los 10°C y 16°C.

En la región Oriental, zona Litoral e Islas Galápagos, la media anual se establece entre los 24 °C y 26°C, con extremos que raramente sobrepasan los 36°C o bajan a menos de los 14°C. (INAMHI, 2007)

c) Precipitación.- Es la cantidad de agua procedente de la atmósfera. La Región Amazónica, al igual que el noreste de la provincia de Esmeraldas, son las zonas más lluviosas con totales anuales que fluctúan entre los 3000 y 4000 mm.

En la Región Litoral, las precipitaciones anuales aumentan de Oeste a Este. Los valores más bajos se registran en el sector comprendido entre Manta y la Península de Santa Elena cuyos registros alcanzan los 250 mm, mientras que precipitaciones anuales superiores a los 3000 mm., pueden observarse hacia el interior de la Región hasta una altura aproximada de los 1500 m.

En la Región Interandina, se observan dos estaciones lluviosas, de febrero a mayo y de octubre a noviembre, con una primera estación seca muy marcada entre junio y septiembre, y con una segunda menos acentuada en diciembre-enero. Los totales pluviométricos fluctúan entre los 700 y 1500 mm.

Por otra parte, en las regiones situadas sobre los 3500 m de altura, se observan frecuentes neblinas y las lluvias son generalmente de larga duración y débil intensidad. (INAMHI, 2007)

d) Humedad relativa (HR).- Es la proporción entre la cantidad de vapor de agua que contiene la atmósfera y el máximo que necesita para la saturación.

e) Radiación.- Es la energía electromagnética, registrada en la superficie que proviene del sol. (Zuñiga & Crespo, 2010)

f) Dirección del viento.- Representada por la rosa de los vientos, que consiste en un diagrama circular donde figuran las 16 direcciones más importantes según los puntos cardinales, determinando así la dirección desde donde viene el viento. (Guevara, 2009)

g) Velocidad del viento.- Es el espacio recorrido por el viento en una unidad de tiempo. El viento originalmente es un vector, pero en velocidad se traduce en magnitud, en unidades como km/h, mph, nudos, etc. (Ayllón, 2003)

### **1.3.1. Parámetros meteorológicos**

En el presente estudio se tomarán en consideración los parámetros comunes registrados en estaciones meteorológicas, entre los cuales están: temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura media, precipitación, velocidad del viento, radiación y humedad; por lo que la revisión literaria se enfoca en solamente en los parámetros ya nombrados.

#### **1.3.1.1. Temperatura**

Se debe empezar por definir claramente que el calor y la temperatura son dos conceptos totalmente diferentes. El calor es una forma de energía, la energía calorífica y como tal se mide en unidades de energía, en cambio la temperatura no es una forma de energía, y se define como la cualidad que

determina la dirección del flujo calorífico entre dos cuerpos. Para determinar el clima, se mide la temperatura en unidades específicas, como por ejemplo los grados centígrados. (Cuadrat & Pita, 2009)

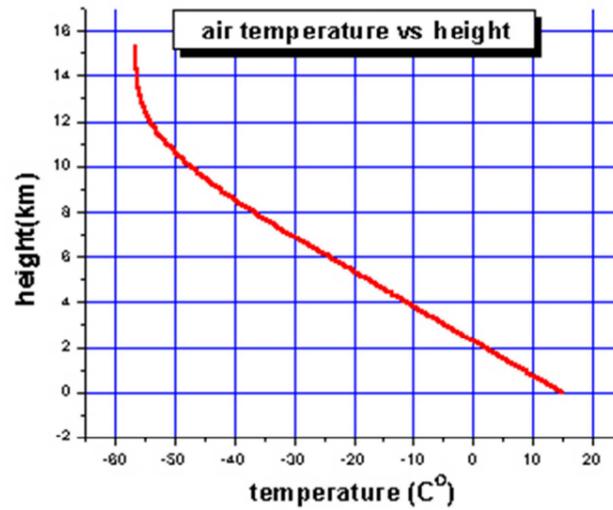
#### **1.3.1.1.1. Factores que influyen en la temperatura**

La temperatura se ve afectada por las distintas zonas del planeta, ya que la tierra no es homogénea sino más bien tiene un sinnúmero de accidentes geográficos que afectan el clima.

**Influencia de tierra y mares;** la tierra, el agua y el aire tienen diferente capacidad conductora, la cual determina la magnitud de los cambios de temperatura, la diferente conductividad térmica; que a su vez influye en la profundidad de penetración del calentamiento.

Los cuerpos de agua tienen mayor calor específico que la tierra, por ello la temperatura es diferente y tiene una mayor oscilación térmica en los continentes que en los mares y océanos. En los continentes, la oscilación térmica, varía entre los 10 a 25°C, y en los océanos en cambio va desde los 0,2 a 0,5°C. (Ayllón, 2003)

**Influencia de la altitud;** cuando un volumen de aire asciende va disminuyendo su presión, por lo tanto, se expande y se enfría, como lo demuestra la Figura 3. Si desciende, se comprime y aumenta su temperatura. Así incrementan o decrece la temperatura, teniendo en cuenta un gradiente térmico, el cual es en promedio 0,6°C/100m.

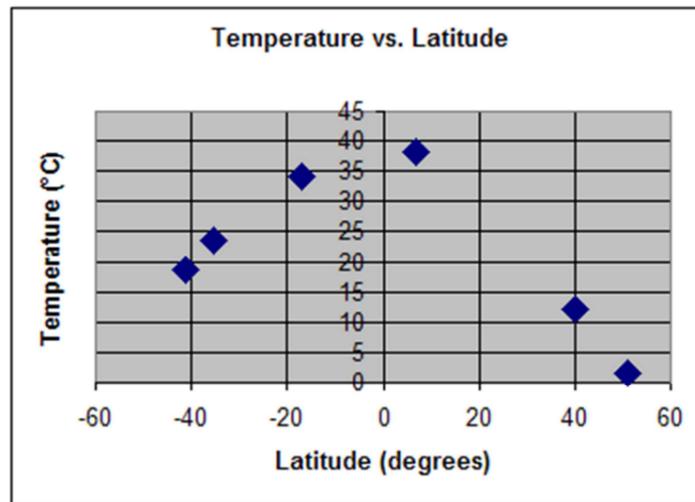


**Figura 3.** Relación entre la temperatura y altitud

(Faculty of Pure and Applied Science, York University, 2010)

**Influencia de la latitud;** la cantidad de radiación que llega a la tierra varía con la latitud, como lo demuestra la Figura 4, porque depende de la altura del sol en el horizonte, y de la diferente inclinación con que inciden los rayos solares en la superficie terrestre. Cuanto más vertical sea la incidencia solar, mayor es la cantidad de radiación recibida por área, en cambio como la incidencia de luz en los polos es oblicua, la radiación se distribuye en más superficie y corresponde a menor radiación por unidad de área.

Se entiende por temperatura del aire en la superficie a la que existe a una altura comprendida entre 1,25 y 2m sobre el nivel del suelo, es la que se acepta como representativa de las condiciones en que se desarrolla la actividad humana. (Ayllón, 2003)



**Figura 4.** Relación entre la temperatura y latitud  
(The Center for Innovation in Science and Engineering, 2012)

#### 1.3.1.1.2. Promedios de temperatura

Durante un año, la temperatura presenta una amplia oscilación, cuya magnitud depende de la latitud, altitud y época del año. Para determinar la temperatura media diaria, lo usual es obtener el promedio de las temperaturas obtenidas cada hora en el transcurso de 24 horas del día. También se acostumbra considerar la temperatura media como el promedio de la máxima y la mínima registrada en el día.

La media mensual se obtiene sumando las medias diarias y dividiendo entre el número de días del mes. La media anual es el promedio de las 12 medias mensuales.

El conjunto de los valores normales de los diversos elementos meteorológicos, sus oscilaciones y la variación normal de los mismos son elementos básicos para definir el clima local.

**Temperatura mínima;** Es la menor temperatura registrada en un día, y se puede observar en entre las 06:00 y las 08:00 horas. (TUTTIEMPO NETWORK, 2012)

**Temperatura máxima;** Es la mayor temperatura registrada en un día, y que se presenta entre las 14:00 y las 16:00 horas. (TUTTIEMPO NETWORK, 2012)

**Temperatura media;** generalmente se utiliza la temperatura media diaria, la cual es el promedio de las 24 lecturas practicadas de hora a hora durante el día. (Guevara, 2009)

#### 1.3.1.1.3. Medición de la temperatura

Para medir la temperatura se usan los termómetros. Los puntos fijos aceptados internacionalmente, y en los que se basan las escalas termométricas, son, el punto de fusión del hielo, la temperatura a la cual el hielo se funde, y el punto de ebullición del agua pura, ambas tomadas a la presión del nivel del mar.

El **grado Celsius**, denominado *grado centígrado* hasta 1948, representado como **°C**, es la unidad creada por Andrés Celsius para su escala de temperatura. Es una de las unidades incluidas en el Sistema Internacional de Unidades y la más utilizada internacionalmente.

Se define asignando el valor 0 a la temperatura de congelación y el valor 100 a la de temperatura de ebullición del agua, ambas medidas a una atmósfera de presión, y dividiendo la escala resultante en 100 partes iguales, cada una de ellas definida como 1 grado Celsius. (García, 2011)

El **grado Fahrenheit** es una unidad de temperatura propuesta por Gabriel Fahrenheit en 1724, cuya escala fija el cero y el cien en las temperaturas de congelación y evaporación del cloruro amónico en agua. Similar a lo que fija la escala Celsius con la congelación y evaporación del agua.

En la escala Fahrenheit, el punto de fusión del agua es de 32 grados, y el de ebullición es de 212 grados. Una diferencia de 1,8 grados Fahrenheit equivale a la de 1 grado centígrado. (Velasco & Fernández, 2005)

El **kelvin** es una unidad de temperatura creada por Lord Kelvin sobre la base de la escala centígrada, estableciendo el punto cero en el cero absoluto (-273,15°C) y conservando la misma dimensión para los grados.

El kelvin es la unidad de temperatura en el Sistema Internacional de Unidades, correspondiente a una fracción de  $1/273.16$  partes de la temperatura del punto triple del agua. Se representa con la letra *K*. Coincidiendo el incremento en un grado Celsius con el de un kelvin, su importancia radica en el 0 de la escala: A la temperatura de 0 K se denomina cero absoluto y corresponde al punto en el que las moléculas y átomos de un sistema tienen la mínima energía térmica posible. Ningún sistema macroscópico puede tener una temperatura inferior. (Velasco & Fernández, 2005)

El grado **Rankin** tiene su punto de cero absoluto a -460°F y los intervalos de grado son idénticos al intervalo de grado Fahrenheit.

**Tabla 5.** Escalas de temperatura

<b>Escala</b>	<b>Temperatura de congelación</b>	<b>Temperatura de ebullición</b>
Celsius o centígrados	0°	100°
Fahrenheit	32°	212°
Kelvin o Celsius absolutos	273°	373°
Rankin o Fahrenheit absolutos	492°	672°

(Ayllón, 2003)

**1.3.1.1.4. Instrumentos de medición de la temperatura**

El instrumento de medición de temperatura es el termómetro, en meteorología, se aprovecha la propiedad de los líquidos y sólidos, también se emplean termómetros eléctricos en los cuales el órgano sensible es un fino alambre de un metal cuya resistencia eléctrica varía mucho con la temperatura. Para la observación de lectura directa, se emplean principalmente termómetros de líquido. (Vallée, 2006)

**Termómetro de máxima;** es de mercurio y señala la mayor temperatura registrada durante un cierto intervalo de tiempo, consiste en un tubo de vidrio cuyo taladro tiene un estrangulamiento cerca del bulbo, y su función consiste en permitir el paso del mercurio cuando aumenta la temperatura, sin embargo impide su regreso al depósito cuando la temperatura desciende, por lo que la columna de mercurio queda indicando la máxima registrada, como se indica en la Tabla 5. (Ayllón, 2003)

**Termómetro de mínima;** sirve para indicar la temperatura mínima registrada durante un determinado tiempo. Consiste en un termómetro de líquido orgánico; generalmente se usa alcohol etílico, ya que su punto de congelación es muy bajo,  $-110^{\circ}\text{C}$ . Está provisto de un índice de color brillante

que flota en el líquido, cuando la temperatura desciende, la tensión superficial del menisco de la columna lo mueve hacia el bulbo y cuando la temperatura aumenta, el líquido fluye alrededor del índice; éste permanece adherido al tubo capilar del instrumento indicando la temperatura más baja, como se indica en la Figura 5. (Ayllón, 2003)



**Figura 5.** Termómetro de mínima, alcohol (arriba), termómetro de máxima, mercurio (abajo)

(The Encyclopedia of Earth, 2010)

#### **1.3.1.2. Precipitación**

La palabra precipitación, proviene del latín *Praecipitatio*, una cosa que cae de repente. En su sentido meteorológico, es el vapor del agua condensado líquido o sólido que cae sobre la superficie de la tierra. La precipitación es uno de los elementos de mayor variación en el tiempo y en el espacio, no siempre está presente, ni ocurre en todas partes por igual. Entre más precipitación se produzca, más calor latente es liberado a la atmósfera. (Brenes & Saborío, 1995)

Una gota de nube generalmente tiene un diámetro de entre 10 a 30  $\mu\text{m}$ , y una gota de lluvia alrededor de entre 2000  $\mu\text{m}$ , el crecimiento de las

pequeñas gotas de nube puede ser por colisión directa entre las gotas o por coalescencia, unión de pequeñas gotas por el rompimiento de su estabilidad coloidal. (Ayllón, 2003)

#### **1.3.1.2.1. Tipos de precipitación**

La precipitación es el término adecuado para distinguir cualquier tipo de caída de agua desde la atmósfera, por lo que, el término lluvia es solo un tipo de precipitación. Existen diferentes tipos de precipitación (Ahrens, Jackson, & Jackson, 2011):

**Llovizna;** gotas finas de agua con diámetros menores a 0,5 mm que caen usualmente de una nube stratus.

**Lluvia;** la caída de gotas de agua que tienen diámetros mayores a 0,5 mm.

**Nieve;** Cristales de hielo blanco, en formas hexagonales complejas, muchas de ellas ramificadas, a temperaturas más altas de  $-0,5^{\circ}\text{C}$ , se une para formar copos de nieve.

**Lluvia helada;** gotas súper heladas de lluvia que pasan a través de una capa sub congelada y se congela cuando toca objetos fríos en la superficie.

**Llovizna congelada;** gotas súper heladas de llovizna que pasan a través de una capa sub congelada y se congela cuando toca objetos fríos en la superficie.

**Nieve granular;** partículas de hielo menores a 1 mm de diámetro que usualmente caen de desde nubes stratus, o niebla en pequeñas cantidades y son los equivalentes a la llovizna.

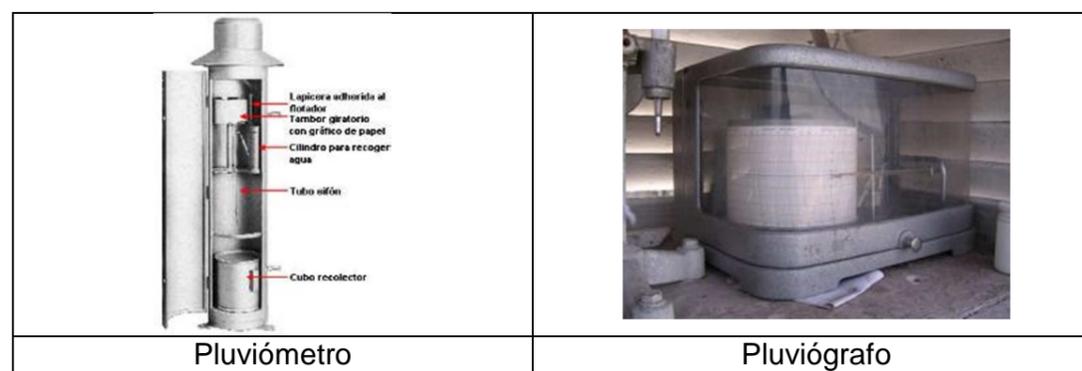
**Granizo;** partículas de hielo opacas o semitransparentes, con formas irregulares, semejantes a pelotitas, desde el tamaño de un guisante hasta el tamaño de una pelota de golf.

#### 1.3.1.2.2. Medición de la precipitación

Para medir la cantidad de precipitación se usan los pluviómetros. La información que de ellos se obtienen es importante porque sirve para el cálculo de presas, de la variación del caudal de ríos, cálculo del drenaje, calendario y tipo de siembras, etc.

El pluviómetro más común consiste en un cilindro metálico con un embudo de tapa, en su interior hay un recipiente graduado en centímetros, en donde el agua se acumula, y luego se hace la lectura de la altura del agua. (Vicuña, 2009)

Los pluviógrafos son instrumentos registradores de la cantidad de lluvia precipitada., como se indica en la Figura 6. Existen varios tipos; de flotador, de balanza, de balancín, etc. (INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA, 2011)



**Figura 6.** Pluviómetro y pluviógrafo

Pluviómetro (SEED, 2012) Pluviógrafo (Osservatorio L. Ferrajolo, 2007)

La medición de la precipitación, está dada en mm/m<sup>2</sup>, o en litros por m<sup>2</sup>, ésta medición representa la cantidad de agua que cubriría un área equivalente a un metro cuadrado con un espesor de un mm y equivale a un litro de agua. (Arroyo, 2006)

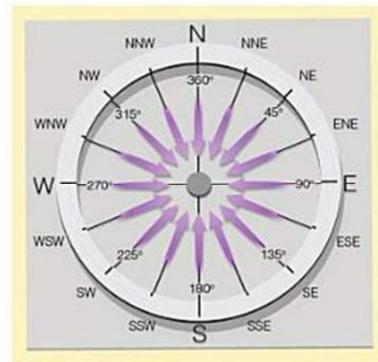
### 1.3.1.3. Viento

El viento es el aire en movimiento, siendo una magnitud vectorial y es caracterizado por su dirección y velocidad. Se considera que se mueve en el plano horizontal, a pesar de que también existen movimientos verticales, pero son menores que los movimientos horizontales. (Ledesma, 2011)

#### 1.3.1.3.1. Medición del viento

La dirección es el rumbo del cual procede el viento. Un viento del NE está soplando desde el NE. La dirección se determina de acuerdo con la rosa de los vientos, en 8 o 16 rumbos. (Moro, 2010)

La dirección también puede darse en grados, desde 1° a 360°, para mediciones más precisas, como los sondeos atmosféricos, como se indica en la Figura 7. (Donald, 2011)



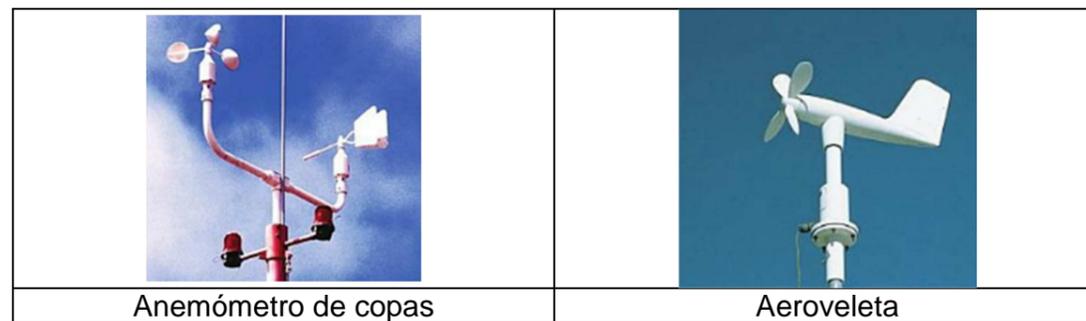
**Figura 7.** Rosa de los vientos y grados de dirección  
(Donald, 2011)

El instrumento que se utiliza para medir la dirección del viento es la veleta o anemoscopio, la cual se orienta hacia el norte geográfico, y con un mínimo rozamiento para poder registrar la medida.

La velocidad del viento es llamada también fuerza del viento. Se mide en metros por segundo, kilómetros por hora, o en nudos. La velocidad del viento en la superficie casi nunca es constante durante un gran intervalo de tiempo; por lo general varía continuamente. (Ayllón, 2003)

Para reconocer la velocidad del viento, se utilizan equipos llamados anemómetros o anemógrafos, el tipo más común de anemómetros es el anemómetro de copas, como se puede observar en la Figura 8.

Otro sistema de medida es la aroveleta, como se puede ver en la Figura 8, que indica tanto la dirección como la velocidad del viento, que consiste en una hélice que se mueve con el viento y da una tasa de medición de la velocidad, y posee también una veleta que registra la dirección del viento. (Donald, 2011)



**Figura 8.** Instrumentos de medición del viento

(Donald, 2011)

Para la observación sin instrumentos, se utiliza la Escala Beaufort, establecida desde 1805, la cual está basada en 12 grados de fuerza de viento, la misma que inicialmente fue para el viento en el mar, y posteriormente se adaptó a tierra.

**Tabla 6.** Escala Beaufort de velocidad del viento

Grado	Nombre	Velocidad (km/h)	Efectos en tierra	Efectos en mar
0	Calma	0 a 1	El humo sube	Como un espejo
1	Ventolina (brisa suave)	2 a 6	El humo se inclina	Rizo sin espuma
2	Viento suave	7 a 12	Mueve hojas de árboles	Olas pequeñas, crestas cristalinas
3	Viento leve	13 a 18	Agita hojas de árboles	Olas pequeñas, crestas rompientes
4	Viento moderado	19 a 26	Mueve ramas levanta polvo	Olas pequeñas crecientes, cabrilleo
5	Viento regular	27 a 35	Mueve arbolitos	Olas medianas, alguna salpicadura
6	Viento fuerte	36 a 44	Mueve ramas grandes	Olas grandes, frecuente salpicadura
7	Viento muy fuerte	45 a 54	Mueve árboles	Mar creciente, viento arrastra la espuma
8	Temporal	55 a 65	Desgaja ramas	Olas alargadas, torbellinos de salpicaduras
9	Temporal fuerte	66 a 77	Destroza chimeneas	Olas grandes, crestas rompen en rollos
10	Temporal muy fuerte	78 a 90	Arranca árboles	Olas muy grandes, crestas en penachos, poca visibilidad
11	Tempestad	91 a 104	Causa destrozos	Olas altísimas, todo el mar espumoso
12	Huracán	Más de 104	Grandes destrucciones	Aire lleno de espuma, visibilidad muy reducida

(Ayllón, 2003)

#### 1.3.1.4. **Radiación solar**

La fuente principal de energía que llega a la Tierra es el Sol, la cual se libera como radiación electromagnética cuando sale al espacio exterior, la radiación que llega al planeta recibe el nombre de onda corta. La distribución espectral de energías cae fundamentalmente dentro de 0,4 a 0,7  $\mu\text{m}$  del espectro del rango visible. La radiación en la atmósfera se ve afectada, una parte es absorbida, dispersada o directamente reflejada, alcanzando el suelo un 50% de la energía recibida en el tope de la atmósfera terrestre. (Sendiña, Pérez, & Pérez, 2006)

La radiación solar recibida afuera en la atmósfera sobre una superficie perpendicular es conocida como constante solar,  $1368 \text{ W/m}^2$ , casi un tercio de la energía llega a la tierra, el resto es dispersado, absorbido o reflejado por la atmósfera. (Rufes, 2009)

Existen tres tipos de radiación solar que llegan a la superficie de la tierra de tres maneras diferentes (CEAC, 2010):

**Radiación directa;** la luz solar es recibida directamente del Sol sin modificación de trayectoria, aunque filtrada por la atmósfera, los haces de luz son perfectamente paralelos.

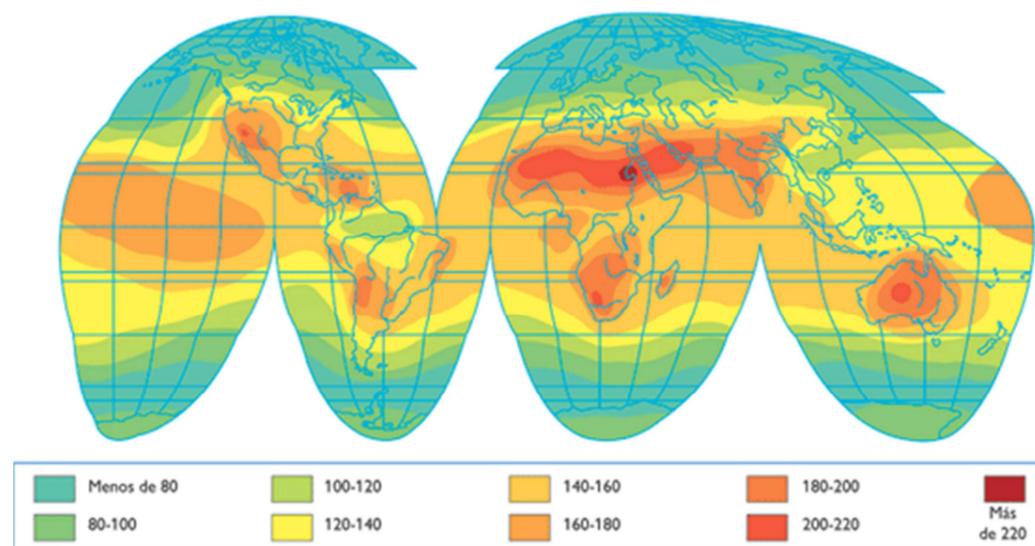
**Radiación difusa;** la luz llega distorsionada y sus haces han perdido el paralelismo por choques con las partículas y los gases atmosféricos.

**Radiación de albedo;** el albedo se produce cuando la luz del Sol llega reflejada desde objetos situados en tierra, se puede considerar como parte de la difusa.

#### 1.3.1.4.1. Distribución de la radiación solar

La Tierra recibe una gran cantidad de energía proveniente del Sol, pero la atmósfera constituye un importante filtro que hace inobservables radiaciones de longitud de onda inferior a las 0,29 micras por la fuerte absorción del ozono y oxígeno.

No todos los puntos de la superficie terrestre reciben la misma cantidad de radiación solar. La posición relativa de la Tierra respecto al Sol, y el movimiento de la misma alrededor del astro condicionan, por ejemplo, que en el ecuador se reciba más energía que en los polos y que en verano llegue más radiación solar que en invierno, como se puede apreciar en la Figura 9.



**Figura 9.** Distribución de la radiación solar que llega a la Tierra expresada en  $\text{kcal}/\text{cm}^2/\text{año}$

(Sarmiento, 2007)

Los valores más altos de radiación a nivel del suelo se registran en algunos desiertos, donde se han llegado a medir  $220 \text{ kcal}/(\text{cm}^2/\text{año})$ . Los

mínimos se dan en los polos, donde hay estimaciones inferiores a 80 kcal/(cm<sup>2</sup>/año). (Savornin, 2011)

#### 1.3.1.4.1.1. Balance de la radiación solar

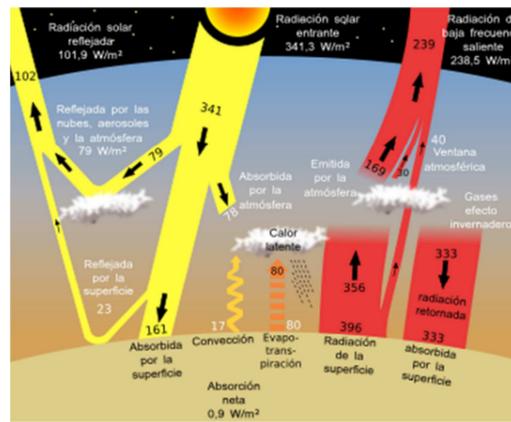
La cantidad media de energía que recibe la tierra resulta de dividir la constante solar para 4, teniendo un resultado de 340 W/m<sup>2</sup>.

Parte de la radiación solar que llega a la tierra es reflejada, el porcentaje reflejado se denomina albedo, el cual depende de los materiales que constituyan una superficie o un determinado lugar, teniendo un albedo planetario medio de 30%, como se observa en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Albedo medio de algunas superficies sobre la superficie terrestre

Material	Albedo (%)
Nieve polvo	80 – 95
Hielo	50 – 60
Nube densa	70 – 80
Nube ligera	20 – 30
Agua (Sol en el horizonte)	50 - 80
Agua (Sol en el cenit)	2 – 5
Asfalto	10 – 20
Cultivos	10 – 25
Terreno seco	20 – 25
Superficie terrestre	4
Albedo planetario	30 - 35

(Zuñiga & Crespo, 2010)



**Figura 10.** Flujos de energía solar  
(Castellis, 2012)

De la Figura 10, se puede deducir que: (Ayllón, 2003)

- 17% de la radiación incidente es absorbida por la atmósfera (*depleción*)
- 43% absorbida por superficie terrestre (*insolación*)
- 60% de la radiación solar entrante es térmicamente efectiva

#### 1.3.1.4.2. Medición de la radiación solar

La medición de radiación solar puede darse en varias unidades, si se considera un valor aproximado de la constante solar de 1368 W/m<sup>2</sup>, se pueden dar las diferentes unidades en las que se mide la radiación solar terrestre, como se indica en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Equivalencias de la constante solar

Constante solar	Unidades
1368 W/m <sup>2</sup>	1,94 cal/cm <sup>2</sup> min
	1,94 langley/min
	429 BTU/hpie <sup>2</sup>
	1353 J/m <sup>2</sup> s

(Sarmiento, 2007)

Como se vio anteriormente, la radiación solar se expresa en unidades de energía por superficie y por un tiempo determinado.

También se puede calcular las horas luz de un día o la duración de la radiación solar que tiene un día, la heliofanía.

Para la medición de la duración de la radiación solar o heliofanía en horas luz día, se utiliza el Heliógrafo de Campbell –Stokes, el cual se basa en una esfera de cristal que concentra los rayos solares y va quemando una franja, dejando una huella sobre una cinta graduada de papel, a medida que el Sol se va desplazando, como se observa en la Figura 11. (Huelvedo, Pardo, Quirós, & Espinoza, 2005)



**Figura 11.** Heliógrafo de Campbell –Stokes  
(TUTTIEMPO NETWORK, 2012)

Para medir la cantidad de radiación global (directa y difusa), se utiliza el Solarímetro también llamado Piranómetro, como se observa en la Figura 12. Para medir la radiación directa se utiliza el Pirheliómetro. Estos solarímetros utilizan sensores que convierten la radiación en temperatura, y generalmente están protegidos por una cúpula semiesférica de vidrio, la cual solo permite el

paso de las ondas cortas, es decir, de la radiación solar. (Huelvedo, Pardo, Quirós, & Espinoza, 2005)



**Figura 12.** Solarímetro  
(CAE, 2012)

#### **1.3.1.5. Humedad**

Uno de los componentes más importantes de la atmósfera es el vapor de agua. Es una variable y da lugar a numerosos fenómenos atmosféricos.

La humedad de la atmósfera, se puede indicar de diferentes formas: (Ayllón, 2003):

**Humedad Absoluta:** Cantidad de gramos de vapor de agua en un metro cúbico de aire, por lo tanto, esto constituye la densidad del vapor de agua, existente en el aire.

**Humedad Específica:** Cantidad de gramos de vapor de agua, contenidos en un kilogramo de aire puro, es la mezcla de aire seco y vapor de agua.

**Humedad Relativa:** Relación expresada en porcentaje, entre la cantidad de vapor de agua realmente existe en la atmósfera y la que existiría si el aire estuviera saturado a la misma temperatura.

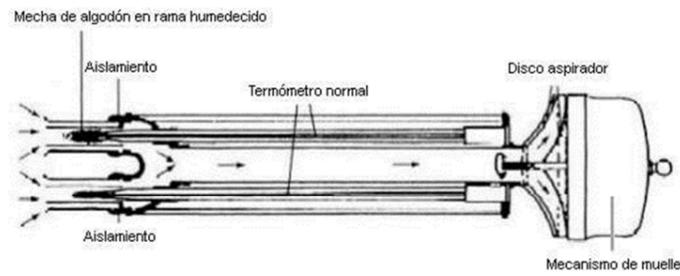
La humedad está íntimamente relacionada con la temperatura, ya que la capacidad de contención de vapor de agua del aire aumenta si la temperatura se eleva, resulta que la humedad relativa varía de acuerdo con la temperatura, sin esto significar que esto cambia la cantidad real de vapor de agua.

**Temperatura de punto de rocío:** Es la temperatura en la cual es necesario enfriar el aire para lograr su saturación a presión constante.

#### **1.3.1.5.1. Medición de la humedad**

Para medir la humedad se puede utilizar el Psicrómetro, que no es más que dos termómetros, uno con bulbo seco y otro con bulbo húmedo, como se aprecia en la Figura 13.

También se puede establecer las mediciones de humedad mediante higrómetros o higrógrafos, que dibujan la variación de la humedad, los cuales constan de una parte sensible que es un haz de cabellos u otro material higroscópico, que tenga la propiedad de absorber la humedad del aire y con eso acortarse o alargarse. (Millan, 2001)



**Figura 13.** Psicrómetro  
(Academia online, 2010)

#### 1.3.1.6. *Presión atmosférica*

La presión atmosférica actúa por igual en todas las direcciones, es decir cualquier superficie va a experimentar fuerzas de presión iguales en todas direcciones de tal forma que la fuerza neta es normal a ella y localmente solo va a depender de la altura de fluido situado encima.

Este hecho permite medir el valor de la presión atmosférica determinando la altura de la columna de mercurio de un barómetro de Torricelli que la atmósfera es capaz de equilibrar. El valor medio global de la presión al nivel del mar es de 760 mm de mercurio que equivale a aproximadamente  $101325 \text{ Pa} = 1013,25 \text{ mb}$ . (Sendiña, Pérez, & Pérez, 2006)

La variación de la presión está relacionada con la altitud, debido a que los gases que componen la atmósfera pierden densidad a medida que aumenta la altitud, por eso la presión atmosférica disminuye cuando aumenta la altitud; así la presión atmosférica es siempre menor en una montaña que al nivel del mar. (Brenes & Saborío, 1995)

**Tabla 9.** Variación de la presión por la altitud

Variación de presión por la altitud									
Altitud (m)	0	500	1500	2000	2500	3500	4000	5000	6000
Presión (mm)	760	700	650	600	550	500	450	400	350

(Ayllón, 2003)

Existe una variación de la presión, en función de la temperatura, la cual se observa en el transcurso del día y año, con el cambio de estaciones y da lugar a oscilaciones barométricas diarias y anuales. Durante el día, la variación de la presión tiene un carácter cíclico, tiene dos máximas: 10 am y 10 pm y dos mínimas 4 am y 4 pm. A esto se le llama marea barométrica. (Ayllón, 2003)

La variación de la presión está también determinada por la latitud, ya que la variación anual de la presión, es insignificante en el Ecuador, pero aumenta en altas latitudes.

#### 1.3.1.6.1. Medición de la presión atmosférica

La presión atmosférica es el peso del aire por unidad de área, como consecuencia de la atracción que ejerce la tierra sobre la masa de aire que le rodea.

La medición de la presión puede expresarse en varias unidades de medidas como se indican en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Unidades de medida de la presión atmosférica

Medidas de la presión atmosférica		
Bar	Hectopascasles= hPa	kg/cm <sup>2</sup>
Milibar= mb	Dinas/cm <sup>2</sup>	Psi
Pascales= Pa	mm de Hg	

(Vicuña, 2009)

Los instrumentos de medición más comunes para la presión atmosférica son los barómetros, teniendo dos clases (Pérez, Castells, Llevadot, & Jordi, 2009):

**Barómetros de mercurio:** formado por un tubo largo de vidrio de 850 mm, y con mercurio a un extremo.

**Barómetros aneroides:** formado por una caja cerrada con un tubo metálico, que es deformado por la presión atmosférica.

**Barógrafo:** instrumento que representa el valor actual de la presión y su evolución durante un tiempo pasado, mediante un dibujo trazado durante un periodo de tiempo.



**Figura 14.** Tipos de medidores de presión

(Baylina, 2005)

### 1.3.2. Estaciones meteorológicas

Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. (Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006)

Entre los elementos más comunes que debe tener toda estación meteorológica están:

- Termómetro, medida de temperaturas, en diversas horas del día.
- Termómetros de subsuelo (geotermómetros), para medir la temperatura a 5, 10, 20, 50 y 100 cm de profundidad.
- Termómetro de mínima junto al suelo, mide la temperatura mínima a una distancia de 15 cm sobre el suelo.
- Termógrafo, registra automáticamente las fluctuaciones de la temperatura.
- Barómetro, medida de presión atmosférica en superficie.
- Pluviómetro, medida de la cantidad de agua caída sobre el suelo en forma de lluvia, nieve o granizo.
- Psicrómetro o higrómetro, medida de la humedad relativa del aire y la temperatura del punto de rocío.
- Piranómetro, medida de la radiación solar global (directa + difusa).
- Heliógrafo, medida de las horas de luz solar.
- Anemómetro, medida de la velocidad del viento.
- Veleta, que indica la dirección del viento.

### **1.3.2.1. Tipos de estaciones meteorológicas del Ecuador**

La red meteorológica del Ecuador cuenta con algunos tipos de estaciones que responden a las normas técnicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y referencias establecidas por el INAMHI. (Barros, 2010)

Según, (Barros, 2010), el tipo de estaciones que existen en el Ecuador son:

- Estaciones Aeronáuticas
- Estaciones Agrometeorológicas
- Estaciones Climáticas Ordinarias
- Estaciones Climáticas Principales
- Estaciones Climáticas Especiales
- Estaciones Pluviográficas
- Estaciones Pluviométricas

**Estaciones aeronáuticas.-** Se trata de observaciones especiales que se efectúan en las estaciones meteorológicas instaladas en los aeródromos, esencialmente para satisfacer las necesidades de la aeronáutica, aunque comúnmente se hacen también observaciones sinópticas. Estas observaciones se comunican a otros aeródromos y, frecuentemente, a los aviones en el vuelo, pero en los momentos de despegue y aterrizaje, el piloto necesita algunos elementos esenciales de la atmósfera, como el tiempo presente, dirección y velocidad del viento, visibilidad, altura de las nubes bajas, reglaje altimétrico, etc., para seguridad de la nave, tripulación y pasajeros. (INAMHI, 2009)

**Estaciones agrometeorológicas.-** Son observaciones que se hacen de los elementos físicos y biológicos del medio ambiente, para determinar la

relación entre el tiempo y la vida de plantas y animales. Con estas observaciones, se trata de investigar la acción mutua que se ejerce entre los factores meteorológicos e hidrológicos, por una parte, y la agricultura en su más amplio sentido, por otra. Su objeto es detectar y definir dichos efectos para aplicar después los conocimientos que se tienen de la atmósfera a los aspectos prácticos de la agricultura. (INAMHI, 2009)

**Estaciones climáticas ordinarias.-** La función principal de una estación ordinaria es obtener las lecturas de precipitaciones y temperaturas extremas e instantáneas; en general se encuentran conformadas por pluviómetro, pluviógrafo y psicrómetro.

**Estaciones climáticas principales.-** Son estaciones de segundo orden en las cuales se realizan observaciones de visibilidad, tiempo atmosférico, características de la nubosidad existente, precipitaciones, humedad, viento, radiación solar, estado del suelo, heliofanía y evaporación.

**Estaciones Pluviográficas.-** Su finalidad es el registro analógico de las precipitaciones de manera continua en fajas de escala en décimas de mm, con esta información se permite hacer el estudio de las lluvias intensas. (Prieto, 2004)

**Estaciones Pluvióométricas.-** Solo registran la cantidad de precipitación ocurrida, entre dos observaciones sucesivas, por lo general diariamente, estas estaciones registran los valores diarios y mensuales, además de la precipitación máxima ocurrida en 24 horas con reconocimiento de fechas. (Zuñiga F. , 2004)

## **1.4. Año meteorológico típico**

Originalmente el año meteorológico típico fue definido como un conjunto de valores de la irradiación horaria correspondiente a un año hipotético que se construye eligiendo, para cada mes, un año real cuyo valor medio mensual de la irradiación global diaria horizontal coincida con el correspondiente a todos los años obtenidos de la base de datos. (Eca Formación, 2007)

Ahora este concepto, que originalmente fue enfocado solo en la radiación solar, ha cambiado, ya que se pueden utilizar otros datos meteorológicos para determinar los meses representativos de un grupo de datos analizados. (Kalogirou, 2003)

La generación de un año meteorológico típico es de gran importancia para los cálculos relativos a muchas aplicaciones en el campo de la ingeniería térmica, y para otras aplicaciones de energías renovables. (Kamal & Abdul, 2009)

### **1.4.1. Aplicaciones para el año meteorológico típico**

Las aplicaciones para utilizar el año meteorológico típico son varias, como se mencionó anteriormente, la principal aplicación es para encontrar lugares idóneos para aprovechar de mejor manera la radiación solar, de hecho se hacen en la actualidad muchos estudios para desarrollar edificios fotovoltaicos, los cuales aprovechan tanto la energía proveniente del sol, por los paneles solares, como red eléctrica normal. (Caamaño, 1998)

Otra aplicación es encontrar localidades para obtener energía solar como una energía renovable para una población en específico, tal es el caso de México que utiliza el año meteorológico típico para poder utilizar la energía

solar como una fuente de electricidad para diferentes ciudades en el país. (Universidad Nacional Autónoma de México , 2005)

De la misma manera que se utiliza en el aprovechamiento de la energía solar, y siguiendo este principio básico, se puede analizar el viento para aprovechamiento de energía eólica o también de la lluvia para utilizar la energía hidráulica.

#### 1.4.2. Metodología clásica Método Sandía Revisado

Está basado en nueve índices relativos a las temperaturas y humedades relativas máximas, medias y mínimas, la velocidad del viento y la radiación solar global, teniendo los siguientes pasos: (Ruiz de Adana, 2002)

1. Para cada mes del año se seleccionan 5 meses candidatos, haciendo una comparación de la semejanza de las funciones de distribución acumulada de frecuencia, CDF. Posteriormente se
2. calcula el índice de Finkelstein-Schafer, el cual compara la semejanza de distribuciones de las distintas mediciones de los meses seleccionados, respecto a la distribución de la variable en el mes en estudio a largo plazo:

$$FS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i$$

[2]

$\delta$ = es la diferencia absoluta entre la CDF del mes candidato y la CDF de todos los años de estudio

$n$ = número de grupos de los que se ha calculado la distribución de frecuencias

**Tabla 11.** Pesos asignados a cada variable

<b>Variable</b>	<b>Peso</b>
Temperatura máxima diaria	1/24
Temperatura media diaria	1/24
Temperatura mínima diaria	3/24
Humedad relativa máxima diaria	1/24
Humedad relativa media diaria	1/24
Humedad relativa mínima diaria	1/24
Velocidad máxima	2/24
Velocidad media	2/24
Radiación global	12/24

(Ruiz de Adana, 2002)

Después se utiliza el índice WS para tomar el índice FS, y multiplicándole por cada uno de los pesos otorgados a cada variable en estudio:

$$WS = \sum w_i FS_i \quad [3]$$

$w_i$  = peso de cada una de las variables

$FS_i$  = índice de Finkelstein-Schafer

3. Una vez calculado el índice de Finkelstein-Schafer ponderado es posible ordenar los meses candidatos por orden creciente. Teniendo los 5 meses candidatos con respecto a su cercanía con la distribución a largo plazo.
4. Se elige el mes con el menor índice ponderado de Finkelstein-Schafer.
5. Se elabora el AMT (año meteorológico típico) con los meses que tengan el menor índice.

## **II. METODOLOGÍA**

## **II. Metodología**

El presente estudio desarrolló una metodología adaptada al Método Sandía Revisado, mediante el uso de herramientas informáticas que permitían continuar con los pasos propuestos por dicha metodología, esto con el fin de alcanzar los objetivos planteados, durante tres etapas:

### **2.1. Etapa inicial**

- Se hizo una recopilación de información primaria y secundaria, analizando 180 estaciones meteorológicas tomadas de la base de datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2009).
- Se seleccionaron estaciones meteorológicas más representativas en la Costa, Sierra y Oriente.
- Se consideraron las variables de temperatura mínima, media, máxima, precipitación y velocidad del viento.
- Se tomaron en consideración un mínimo de 11 años para cada variable y cada estación meteorológica.

### **2.2. Etapa intermedia**

- Se aplicó un método de relleno para estimar datos faltantes en los años de análisis en cada una de las estaciones meteorológicas, mediante el uso del software estadístico SPSS.
- Se realizó un relleno de datos en base a medias de datos intermedios.
- Se hizo un suavizado exponencial de los datos para eliminar posibles falencias de los mismos, al tomar en cuenta todos los datos del mes.  
(Alvarado, 2008)

- Se realizó un cálculo de regresión cúbica para hacer que los datos se acoplen a la distribución que tienen durante el mes analizado, siguiendo los requisitos estadísticos para un error de 0.05. (Alea, 2001)
- Se hicieron cálculos estadísticos para cada mes y cada variable considerada en cada una de las estaciones meteorológicas previstas.
- Finalmente se aplicó la ecuación estadística de Finkelstein-Schafer, para todos los datos considerados, temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima, precipitación y velocidad del viento. (Kalamees & Kurnitski, 2005).

$$FS = \sum_{i=1}^m |f_i - \bar{f}_i| \quad [4]$$

$f_i$  = función de distribución acumulada (entre 0 y 1) hasta la clase  $i$ ,

$m$  = número de clases

### 2.3. Etapa final

- Se categorizaron los diferentes rangos de las variables tratadas, precipitación, temperatura y velocidad del viento. (Ruiz de Adana, 2002)
- Se multiplicaron cada uno de los valores obtenidos en la ecuación de Finkelstein-Schafer, de todos los parámetros meteorológicos analizados con los valores ponderados para obtener un índice WS. (Oko & Ostel., 2011)

$$WS = k_T FS_T + k_G FS_G \quad [5]$$

$FS_T$  o  $FS_G$ = valor encontrado con Finkelstein-Schafer (dependiendo del parámetro analizado)

$k_T$  o  $k_G$ = valores ponderados por parámetro meteorológico

**Tabla 12.** Pesos ponderados adaptados para cada variable

Esquema de ponderación para el Año Meteorológico Típico										
Tmax	Tmin	Tprom	RHmax	RHmin	RHprom	Viento	Heliofania	Precip	Evap	R global
0.04	0.05	0.09	0.04	0.04	0.08	0.08	0.04	0.01	0.04	0.5

(Oko &amp; Ostel., 2011)

Se determinaron un total de cinco años con los meses semejantes entre los diferentes años para las diferentes estaciones en las zonas del país.

- Se realizó un análisis de datos y de curvas entre los meses semejantes y se seleccionó el mes que mejor representa a cada zona.
- Se estableció el año típico en cada región, costa, sierra y oriente.

### **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **III. Resultados y Discusión**

#### **3.1. Estaciones meteorológicas seleccionadas**

Se encontraron cuatro estaciones para la región Sierra, tres estaciones para la región Costa y tres para el Oriente. Además se estableció un período de 11 años para las variables, temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima, precipitación y velocidad del viento.

Las estaciones seleccionadas cumplieron varios requisitos; mínimo diez años en cada estación meteorológica, por lo menos 5 datos diarios en cada mes y tener el mismo período de años por cada estación meteorológica de cada región considerada.

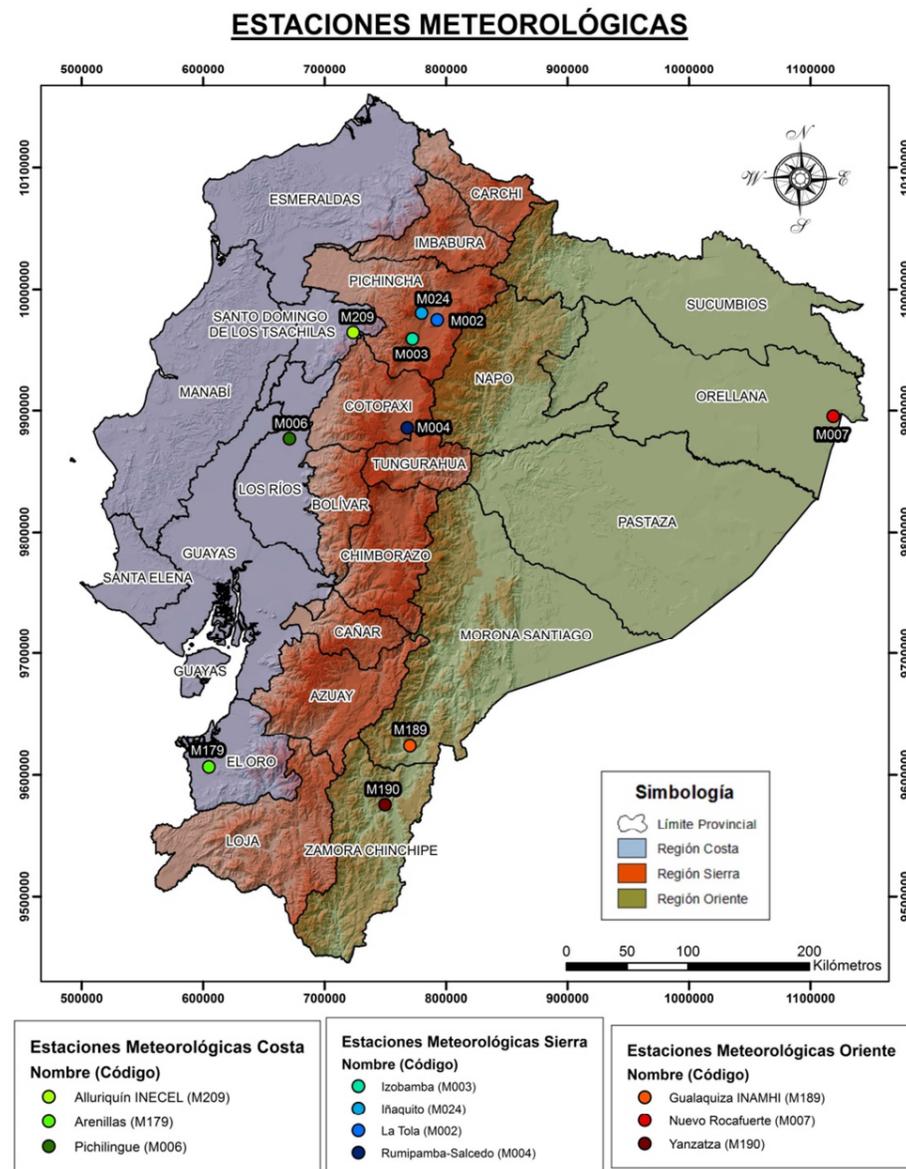
La selección de las estaciones meteorológicas observadas en la Tabla 13, son las que se encontraron a partir de los datos del INAMHI, debido a que muchos años de otras estaciones, no tenían datos consecutivos y no se podía utilizar la metodología propuesta por falta de los mismos.

Además, los años seleccionados de cada región del Ecuador varía por la misma razón anteriormente mencionada, y no se pudo establecer un período igual para todas las regiones.

En la Figura 15, se encuentra el posicionamiento geográfico de las estaciones meteorológicas en las tres regiones naturales del Ecuador, Costa, Sierra y Oriente.

**Tabla 13.** Estaciones y períodos seleccionados por región

<b>Región</b>	<b>Sierra</b>		<b>Costa</b>		<b>Oriente</b>	
<b>Rango de años</b>	1986-1996		1982-1992		1988-1998	
<b>Estación 1</b>	La Tola (M002)	Pichincha	Pichilingue (M006)	Los Ríos	Nuevo Rocafuerte (M007)	Orellana
<b>Estación 2</b>	Izobamba (M003)	Pichincha	Arenillas (M179)	El Oro	Yanzatza (M190)	Zamora Chinchipe
<b>Estación 3</b>	Rumipamba- Salcedo (M004)	Cotopaxi	Alluriquín INECEL (M209)	Santo Domingo de los Tsáchilas	Gualaquiza Inamhi (M189)	Morona Santiago
<b>Estación 4</b>	Iñaquito (M024)	Pichincha	-	-	-	-



**Figura 15.** Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas analizadas

Los rangos de años mencionados en la Tabla 13, cumplen con el requisito establecido de 10 años en el Método Sandia mencionado anteriormente. (Janjai & Deeyai, 2009)

### 3.2. Índices ponderados WS de la Sierra para formar el año típico meteorológico

El análisis se hizo uniendo todos los parámetros en un solo índice para tener mejor representatividad y que pueda expresar mejor las características de la zona en su totalidad.

En las siguientes tablas se puede encontrar los WS para todos los meses de la Sierra con el fin de construir el año meteorológico típico.

**Tabla 14.** Índices ponderados WS para la Sierra para el primer bimestre del año típico meteorológico

	Enero					Febrero			
Estación	M002	M003	M004	M024	Estación	M002	M003	M004	M024
Año					Año				
1986	0.260	0.270	0.272	0.229	1986	0.259	0.244	0.273	0.280
1987	0.198	0.265	0.285	0.229	1987	0.165	0.224	0.272	0.185
1988	0.274	0.240	0.266	0.246	1988	0.228	0.230	0.252	0.248
1989	0.290	0.261	0.310	0.291	1989	0.261	0.272	0.234	0.239
1990	0.274	0.241	0.312	0.148	1990	0.211	0.257	0.214	0.234
1991	0.246	0.271	0.259	0.224	1991	0.244	0.255	0.265	0.262
1992	0.203	0.284	0.248	0.213	1992	0.208	0.205	0.295	0.294
1993	0.281	0.300	0.253	0.308	1993	0.282	0.223	0.227	0.245
1994	0.278	0.266	0.331	0.261	1994	0.227	0.241	0.279	0.289
1995	0.271	0.259	0.272	0.224	1995	0.277	0.239	0.209	0.229
1996	0.315	0.308	0.280	0.284	1996	0.234	2.061	0.238	0.136

**Tabla 15.** Índices ponderados WS para la Sierra para el segundo bimestre del año típico meteorológico

	Marzo					Abril			
Estación	M002	M003	M004	M024	Estación	M002	M003	M004	M024
Año					Año				
1986	0.190	0.295	0.229	0.257	1986	0.175	0.178	0.232	0.163
1987	0.208	0.236	0.275	0.263	1987	0.168	0.191	0.195	0.194
1988	0.212	0.163	0.243	0.223	1988	0.160	0.194	0.150	0.165
1989	0.203	0.212	0.180	0.276	1989	0.158	0.162	0.228	0.129
1990	0.234	0.147	0.268	0.212	1990	0.177	0.171	0.239	0.206
1991	0.275	0.242	0.232	0.213	1991	0.200	0.180	0.204	0.172
1992	0.180	0.190	0.253	0.219	1992	0.197	0.200	0.197	0.191
1993	0.170	0.171	0.192	0.243	1993	0.138	0.204	0.162	0.226
1994	0.248	0.254	0.254	0.234	1994	0.141	0.162	0.188	0.190
1995	0.229	0.192	0.194	0.190	1995	0.179	0.145	0.251	0.212
1996	0.244	0.238	0.281	0.198	1996	0.178	0.201	0.212	0.221

**Tabla 16.** Índices ponderados WS para la Sierra para el tercer bimestre del año típico meteorológico

	Mayo					Junio			
Estación	M002	M003	M004	M024	Estación	M002	M003	M004	M024
Año					Año				
1986	0.172	0.180	0.197	0.233	1986	0.169	0.202	0.177	0.173
1987	0.218	0.181	0.189	0.256	1987	0.193	0.243	0.198	0.196
1988	0.157	0.157	0.183	0.262	1988	0.177	0.183	0.205	0.160
1989	0.168	0.180	0.213	0.273	1989	0.237	0.177	0.279	0.131
1990	0.161	0.190	0.164	0.239	1990	0.162	0.209	0.273	0.205
1991	0.146	0.187	0.251	0.273	1991	0.239	0.161	0.220	0.215
1992	0.219	0.247	0.152	0.279	1992	0.190	0.197	0.250	0.190
1993	0.175	0.207	0.210	0.269	1993	0.134	0.170	0.272	0.145
1994	0.222	0.175	0.188	0.258	1994	0.176	0.160	0.290	0.176
1995	0.174	0.188	0.237	0.228	1995	0.188	0.211	0.239	0.199
1996	0.203	0.177	0.173	0.262	1996	0.154	0.199	0.221	0.198

**Tabla 17.** Índices ponderados WS para la Sierra para el tercer bimestre del año típico meteorológico

		Julio						Agosto			
Estación		M002	M003	M004	M024	Estación		M002	M003	M004	M024
Año						Año					
1986		0.225	0.200	0.216	0.172	1986		0.194	0.152	0.241	0.201
1987		0.191	0.197	0.201	0.230	1987		0.192	0.221	0.246	0.285
1988		0.183	0.253	0.291	0.231	1988		0.215	0.175	0.144	0.246
1989		0.167	0.176	0.186	0.245	1989		0.192	0.146	0.203	0.250
1990		0.207	0.180	0.215	0.244	1990		0.219	0.171	0.239	0.213
1991		0.176	0.225	0.250	0.221	1991		0.195	0.189	0.200	0.196
1992		0.151	0.234	0.220	0.174	1992		0.177	0.150	0.238	0.180
1993		0.226	0.222	0.291	0.213	1993		0.160	0.156	0.256	0.207
1994		0.193	0.192	0.249	0.202	1994		0.188	0.212	0.215	0.202
1995		0.221	0.199	0.220	0.238	1995		0.177	0.163	0.238	0.202
1996		0.167	0.251	0.265	0.220	1996		0.149	0.176	0.221	0.191

**Tabla 18.** Índices ponderados WS para la Sierra para el cuarto bimestre del año típico meteorológico

		Septiembre						Octubre			
Estación		M002	M003	M004	M024	Estación		M002	M003	M004	M024
Año						Año					
1986		0.166	0.168	0.182	0.177	1986		0.175	0.188	0.191	0.212
1987		0.166	0.146	0.242	0.155	1987		0.219	0.191	0.218	0.238
1988		0.151	0.189	0.165	0.153	1988		0.125	0.157	0.235	0.230
1989		0.157	0.154	0.202	0.157	1989		0.212	0.252	0.187	0.231
1990		0.181	0.161	0.251	0.163	1990		0.219	0.164	0.188	0.234
1991		0.179	0.220	0.174	0.181	1991		0.217	0.192	0.236	0.173
1992		0.142	0.151	0.231	0.155	1992		0.130	0.169	0.215	0.213
1993		0.213	0.141	0.191	0.182	1993		0.151	0.184	0.227	0.216
1994		0.205	0.171	0.211	0.253	1994		0.214	0.200	0.205	0.227
1995		0.196	0.156	0.237	0.177	1995		0.170	0.139	0.190	0.267
1996		0.187	0.188	0.170	0.194	1996		0.210	0.194	0.193	0.213

**Tabla 19.** Índices ponderados WS para la Sierra para el quinto bimestre del año típico meteorológico

		Noviembre						Diciembre			
Estación		M002	M003	M004	M024	Estación		M002	M003	M004	M024
Año						Año					
1986		0.162	0.148	0.211	0.181	1986		0.256	0.242	0.263	0.230
1987		0.140	0.182	0.221	0.155	1987		0.290	0.255	0.284	0.217
1988		0.167	0.199	0.167	0.172	1988		0.252	0.288	0.247	0.240
1989		0.181	0.259	0.222	0.135	1989		0.278	0.291	0.280	0.237
1990		0.212	0.185	0.204	0.203	1990		0.262	0.256	0.235	0.182
1991		0.139	0.213	0.157	0.199	1991		0.244	0.280	0.261	0.204
1992		0.158	0.172	0.185	0.210	1992		0.241	0.230	0.268	0.210
1993		0.174	0.178	0.193	0.136	1993		0.263	0.256	0.251	0.212
1994		0.189	0.258	0.238	0.220	1994		0.290	0.260	0.298	0.227
1995		0.186	0.158	0.172	0.137	1995		0.269	0.293	0.244	0.218
1996		0.256	0.219	0.176	0.153	1996		0.237	0.246	0.280	0.178

### 3.2.1. Estaciones preseleccionadas para la Región Sierra

Una vez realizada la distribución de los datos, se selecciona la estación con menor índice ponderado de Filkestein-Schafer, eligiéndose los valores más cercanos a cero. Se utilizan los valores más bajos, ya que éstos son los que mas se acoplan al comportamiento repetitivo de la zona estudiada. Al finalizar el análisis, se obtuvieron cinco valores para cada mes del año meteorológico típico.

**Tabla 20.** Índice WS de las estaciones preseleccionadas para la Región Sierra, primer semestre del año meteorológico típico

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
<b>Estación</b>	M024	M024	M003	M024	M002	M024
<b>Año</b>	1990	1996	1990	1989	1991	1989
<b>Valor</b>	0.148	0.136	0.147	0.129	0.146	0.131
<b>Estación</b>	M002	M002	M003	M002	M004	M002
<b>Año</b>	1987	1987	1988	1993	1992	1993
<b>Valor</b>	0.198	0.165	0.163	0.138	0.152	0.134
<b>Estación</b>	M002	M024	M002	M002	M002	M024
<b>Año</b>	1992	1987	1993	1994	1988	1993
<b>Valor</b>	0.203	0.185	0.170	0.141	0.157	0.145
<b>Estación</b>	M024	M003	M003	M003	M003	M002
<b>Año</b>	1992	1992	1993	1995	1988	1996
<b>Valor</b>	0.213	0.205	0.171	0.145	0.157	0.154
<b>Estación</b>	M024	M002	M002	M004	M002	M003
<b>Año</b>	1991	1992	1992	1988	1990	1994
<b>Valor</b>	0.224	0.208	0.180	0.150	0.161	0.160

**Tabla 21.** Índice WS de las estaciones preseleccionadas para la Región Sierra, segundo semestre del año meteorológico típico

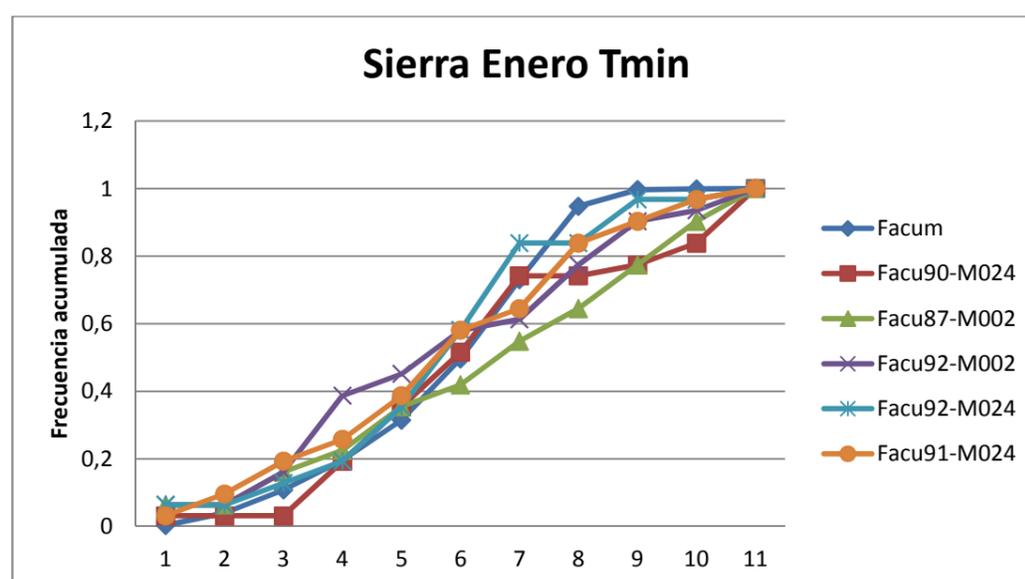
Mes	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>Estación</b>	M002	M004	M003	M002	M024	M024
<b>Año</b>	1992	1988	1993	1988	1989	1996
<b>Valor</b>	0.151	0.144	0.141	0.125	0.135	0.178
<b>Estación</b>	M002	M003	M002	M002	M024	M024
<b>Año</b>	1996	1989	1992	1992	1993	1990
<b>Valor</b>	0.167	0.146	0.142	0.130	0.136	0.182
<b>Estación</b>	M002	M002	M003	M003	M024	M024
<b>Año</b>	1989	1996	1987	1995	1995	1991
<b>Valor</b>	0.167	0.149	0.146	0.139	0.137	0.204
<b>Estación</b>	M024	M003	M002	M002	M002	M024
<b>Año</b>	1986	1992	1988	1993	1991	1992
<b>Valor</b>	0.172	0.150	0.151	0.151	0.139	0.210
<b>Estación</b>	M024	M003	M003	M003	M002	M024
<b>Año</b>	1992	1986	1992	1988	1987	1993
<b>Valor</b>	0.174	0.152	0.151	0.157	0.140	0.212

### 3.2.2. Análisis visual de las frecuencias acumuladas de todos los meses del año en la Región Sierra

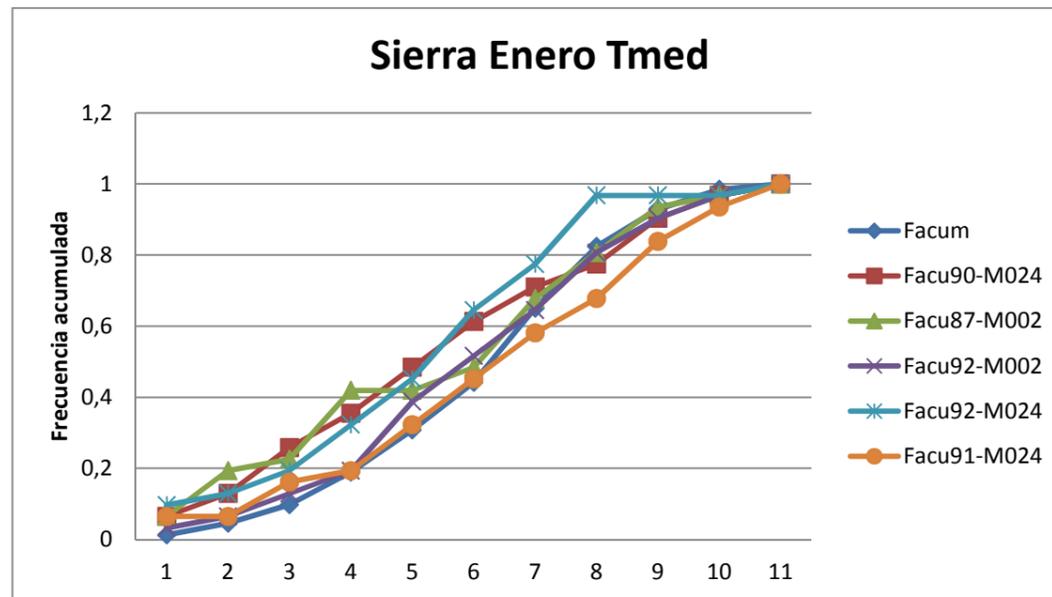
Se tomó las cinco opciones mostradas anteriormente, con estaciones meteorológicas y por año, para poder evidenciar como el valor WS mas bajo, es el valor que mejor representa las características de Temperatura mínima, media, máxima, Viento y Precipitación de esta región.

En las siguientes figuras se observa como la Frecuencia acumulada global "Facum" es el suceso ideal y como la primera opción que le sigue inmediatamente es la que más se acerca al comportamiento normal de dicha frecuencia.

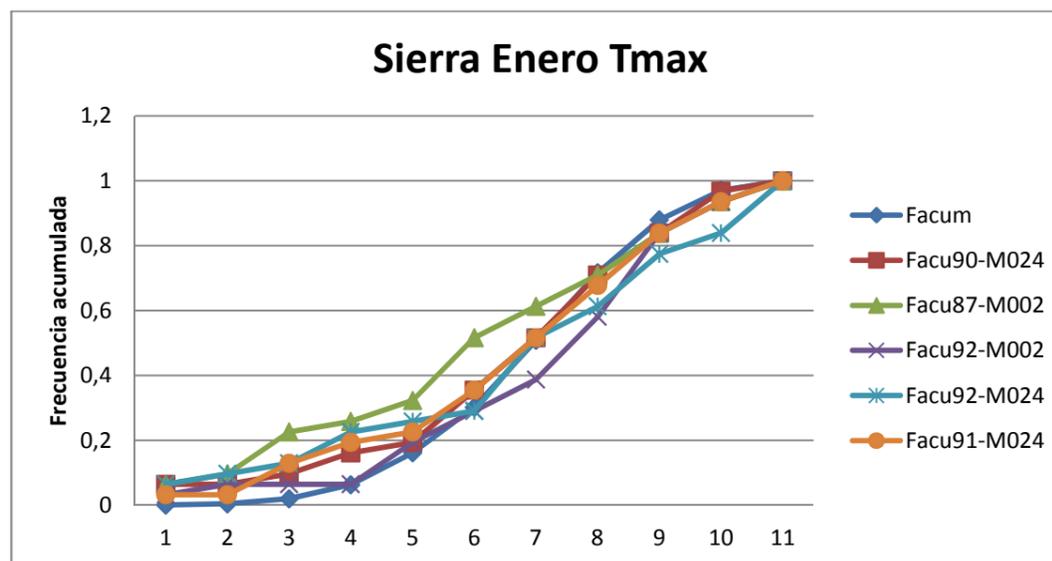
#### 3.2.2.1. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Enero en la Sierra



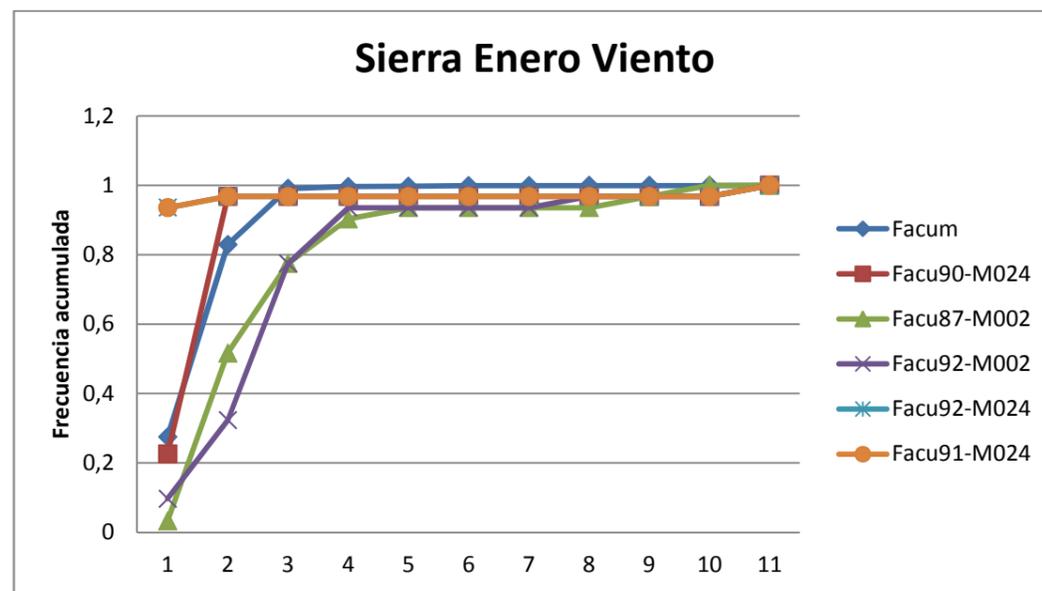
**Figura 16.** Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura mínima



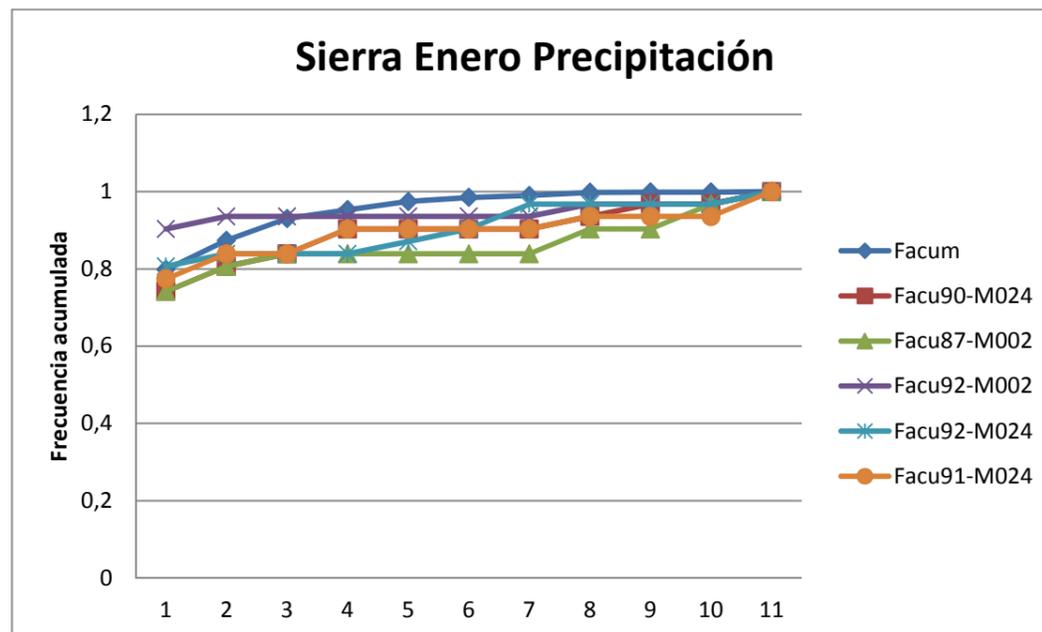
**Figura 17.** Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura media



**Figura 18.** Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura máxima

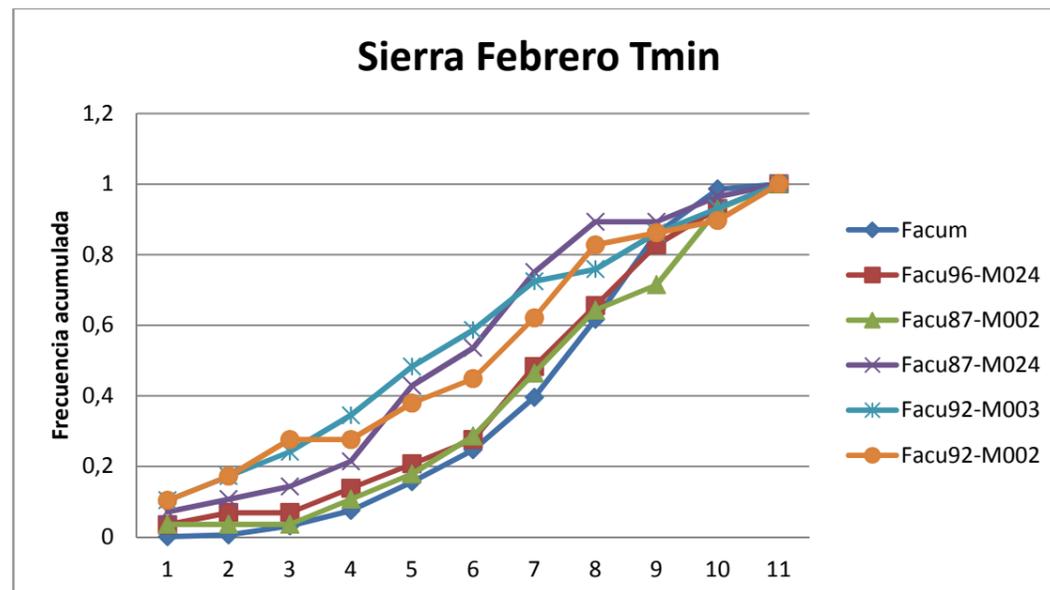


**Figura 19.** Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con el viento

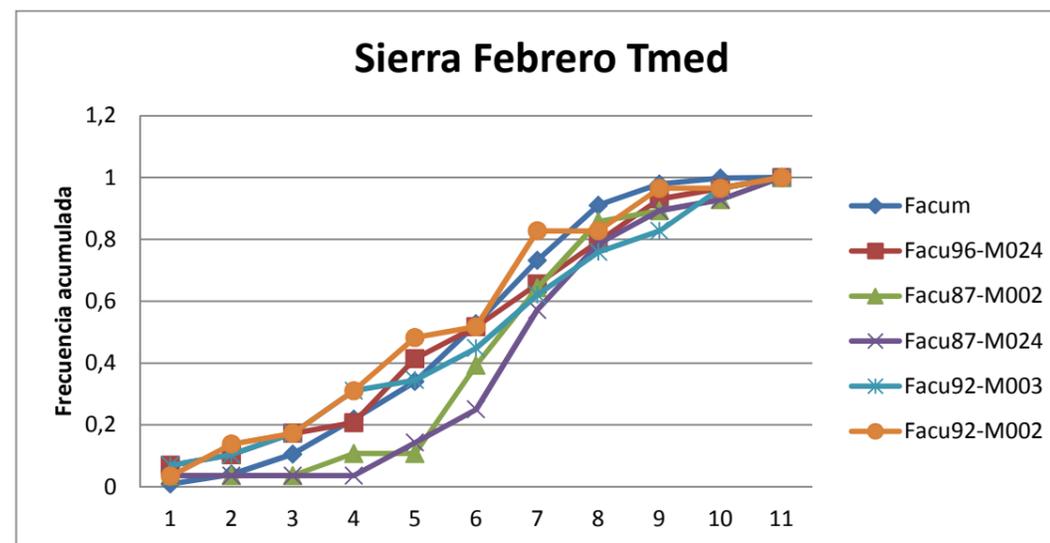


**Figura 20.** Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la precipitación

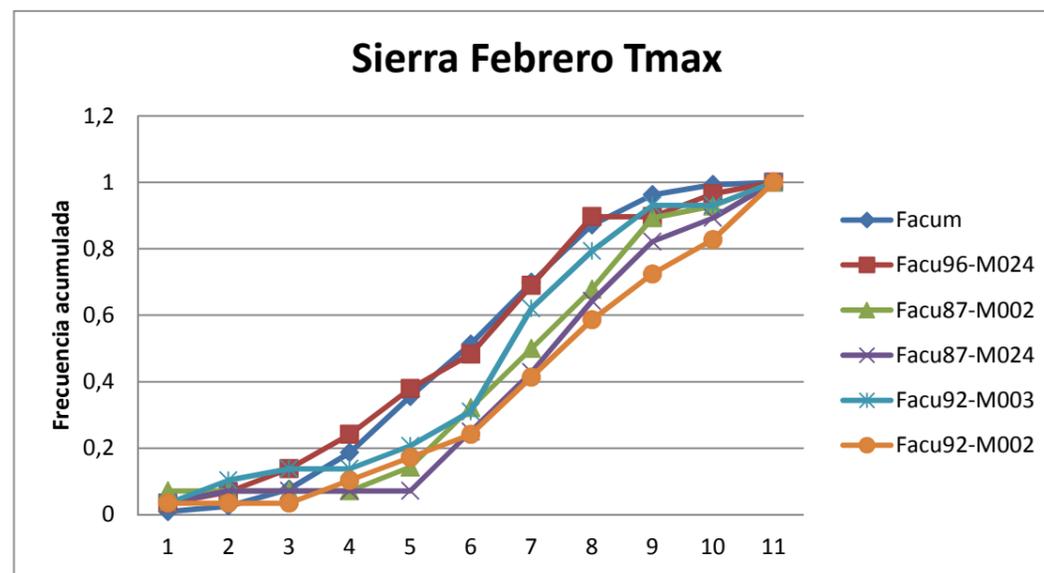
**3.2.2.2. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Febrero en la Sierra**



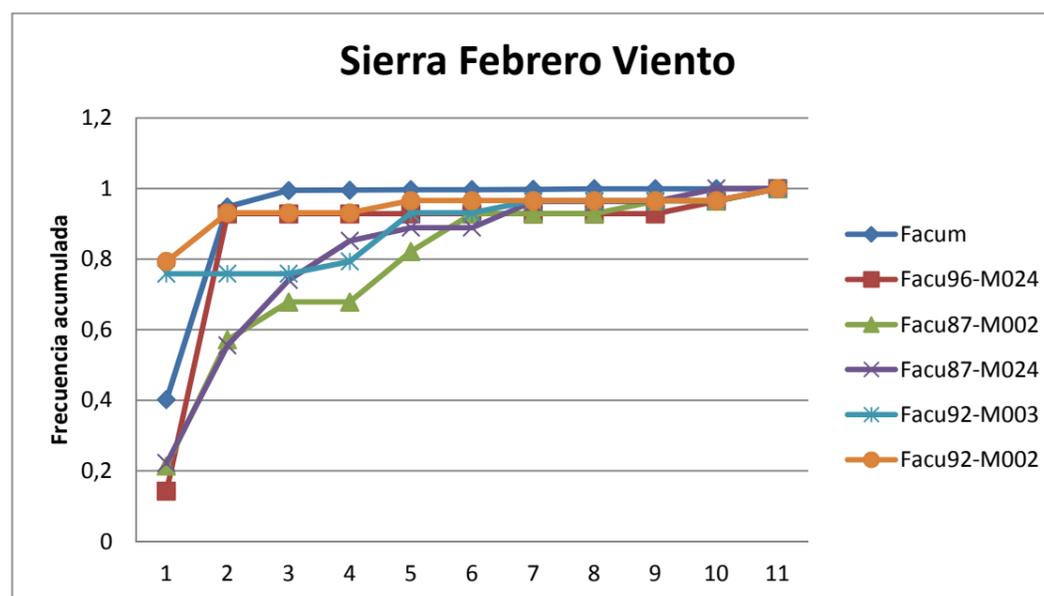
**Figura 21.** Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura mínima



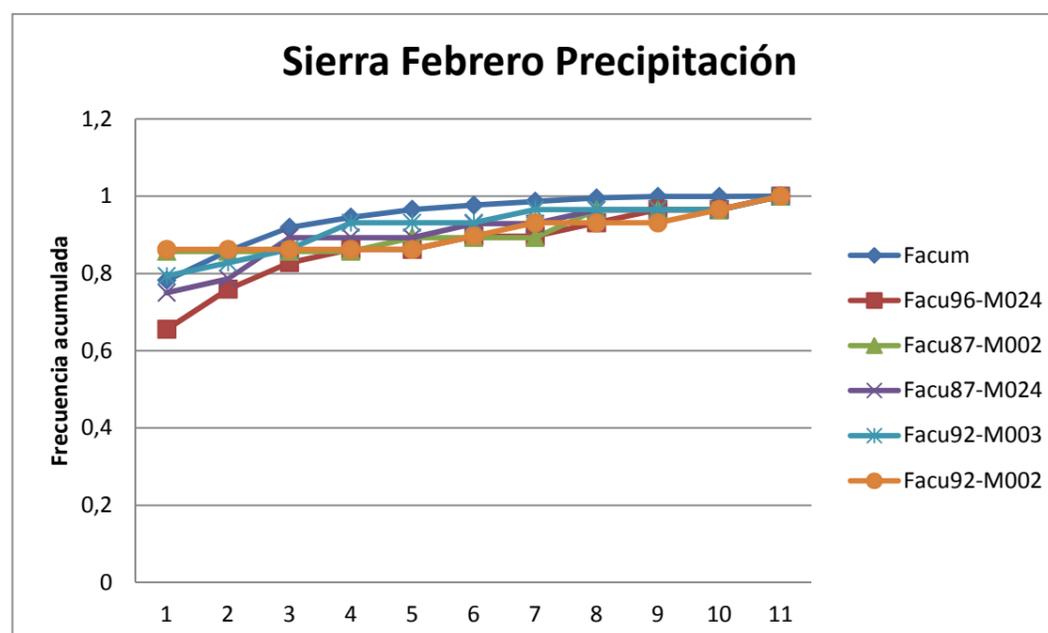
**Figura 22.** Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura media



**Figura 23.** Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura máxima

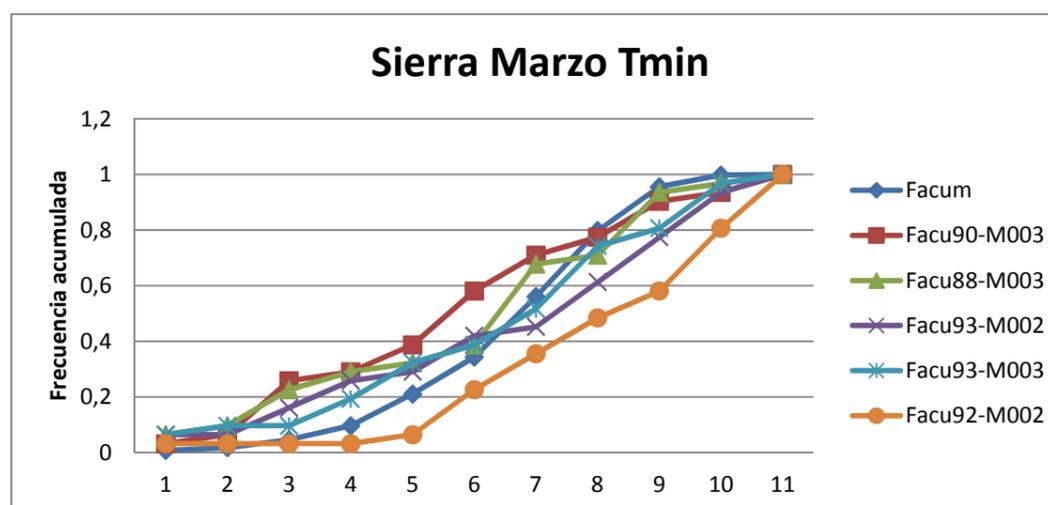


**Figura 24.** Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con el viento

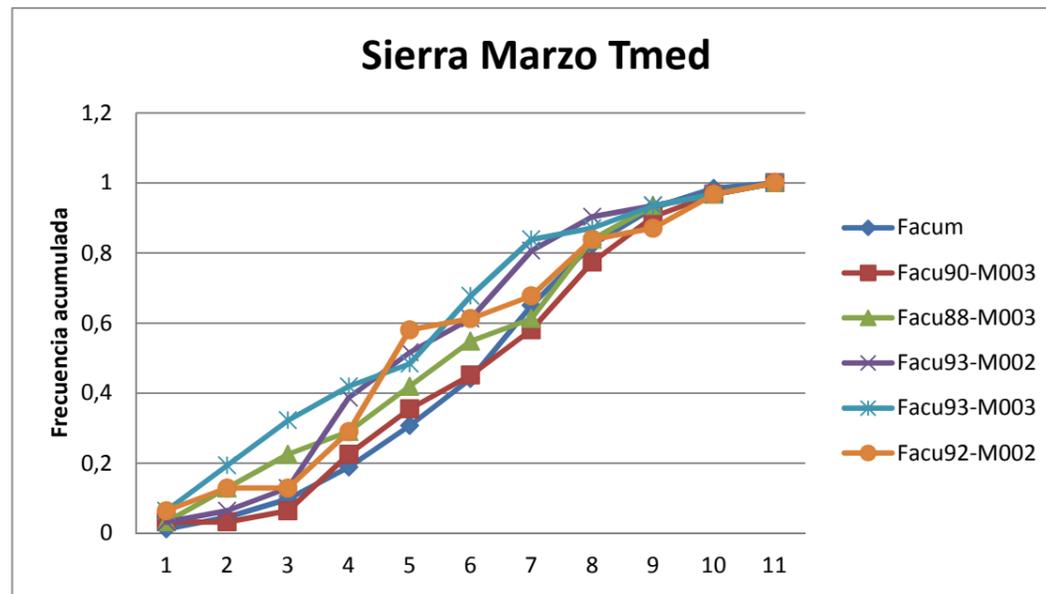


**Figura 25.** Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la precipitación

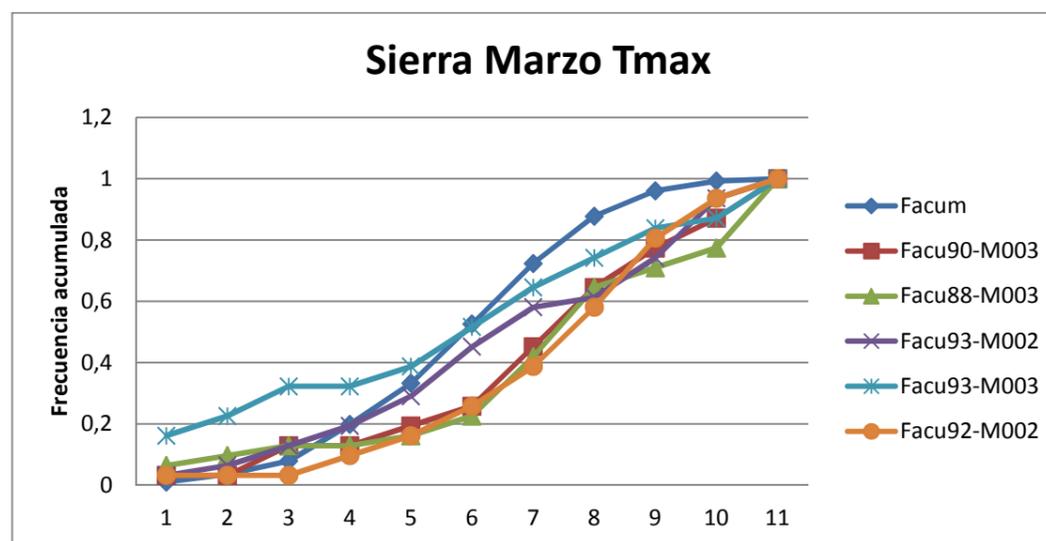
### 3.2.2.3. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Marzo en la Sierra



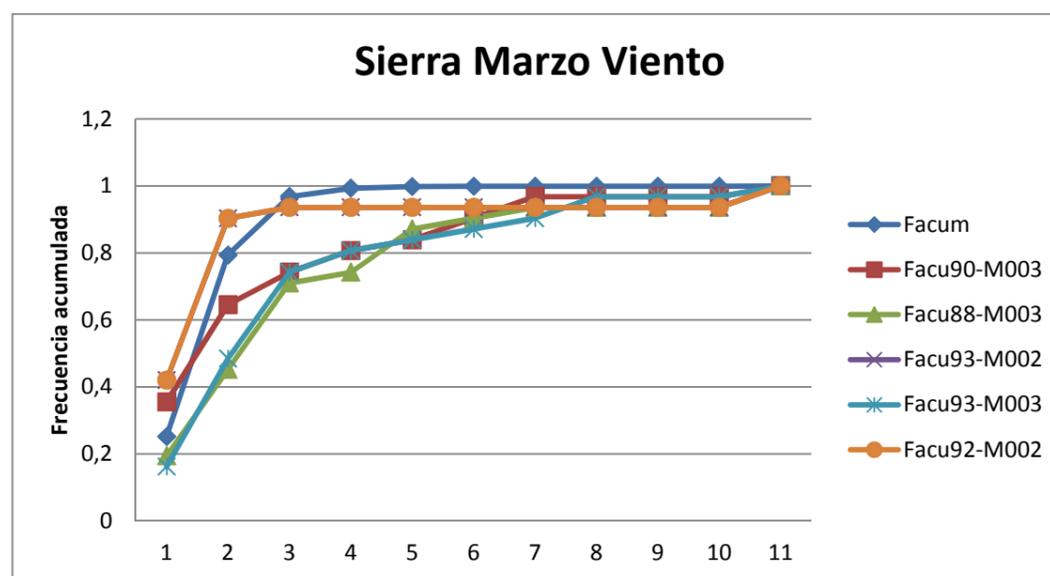
**Figura 26.** Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura mínima



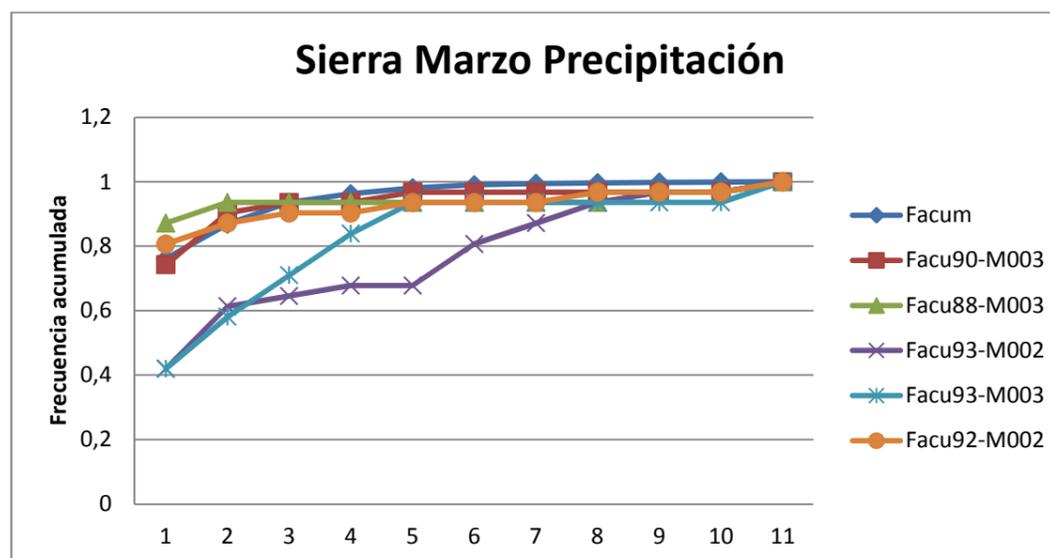
**Figura 27.** Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura media



**Figura 28.** Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura máxima

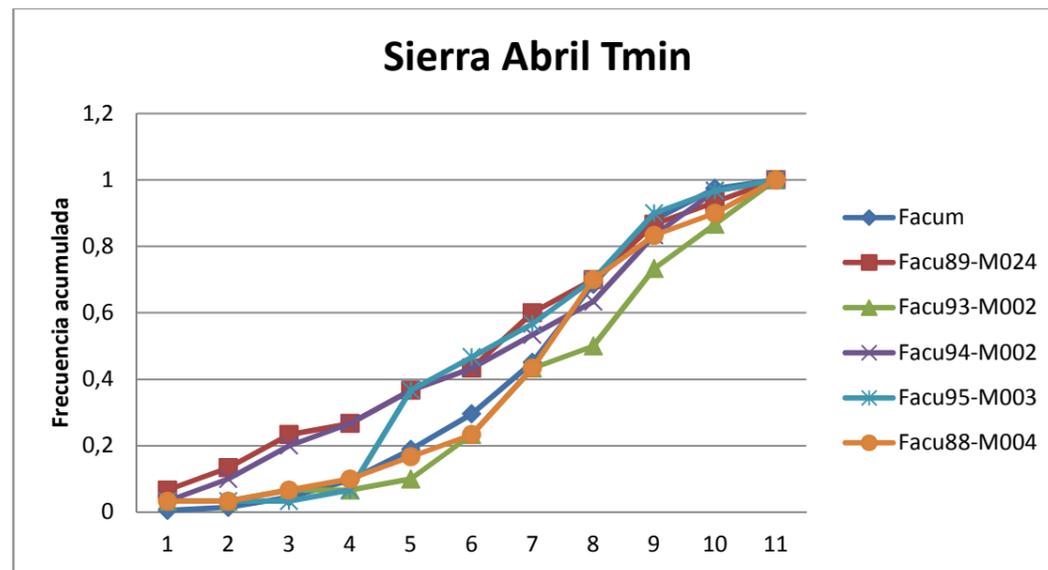


**Figura 29.** Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con el viento

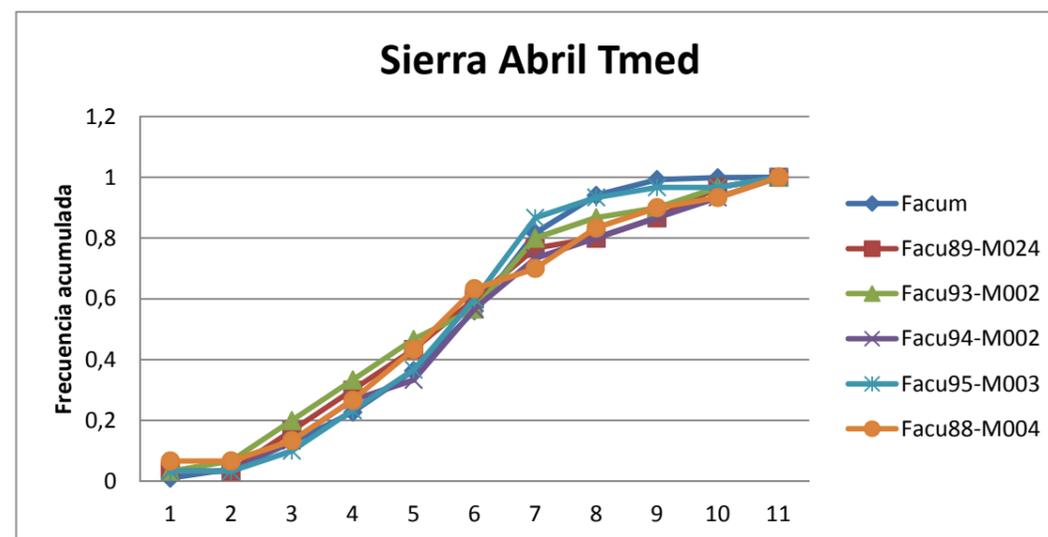


**Figura 30.** Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la precipitación

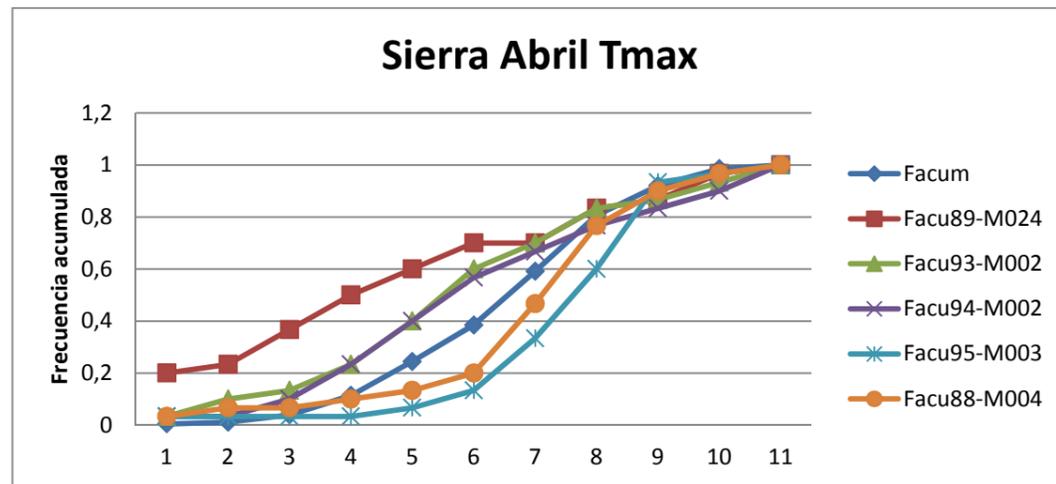
**3.2.2.4. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Abril en la Sierra**



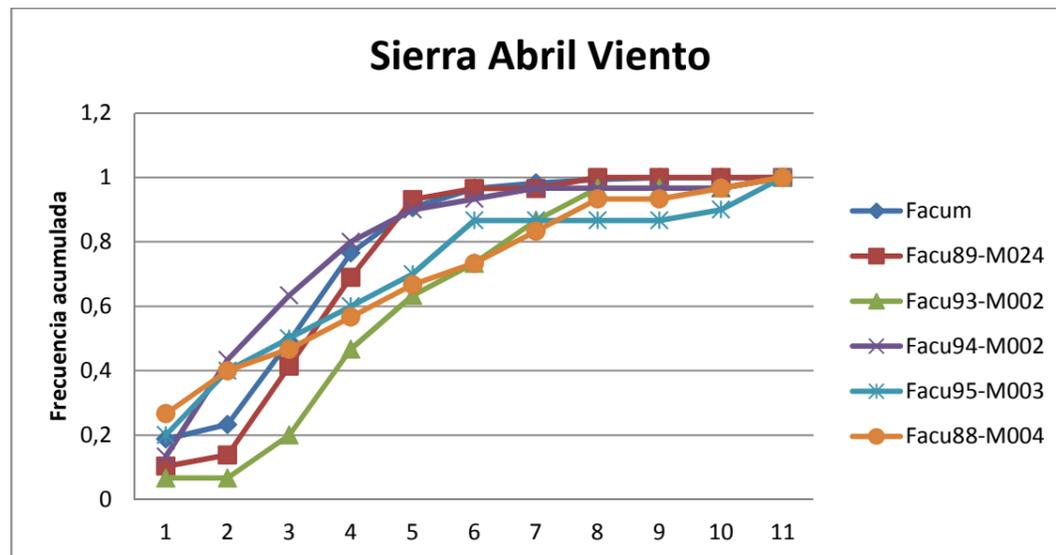
**Figura 31.** Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura mínima



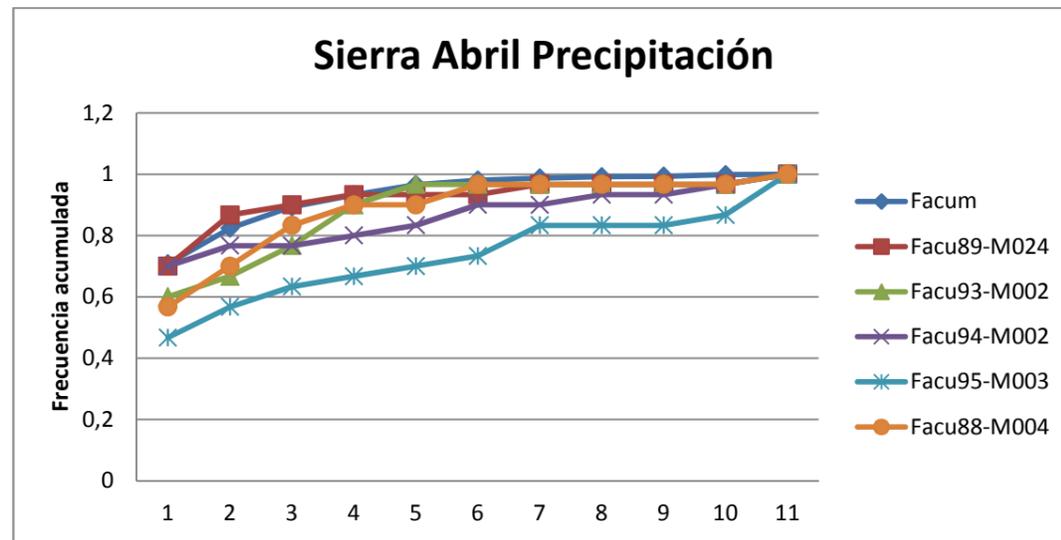
**Figura 32.** Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura media



**Figura 33.** Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura máxima

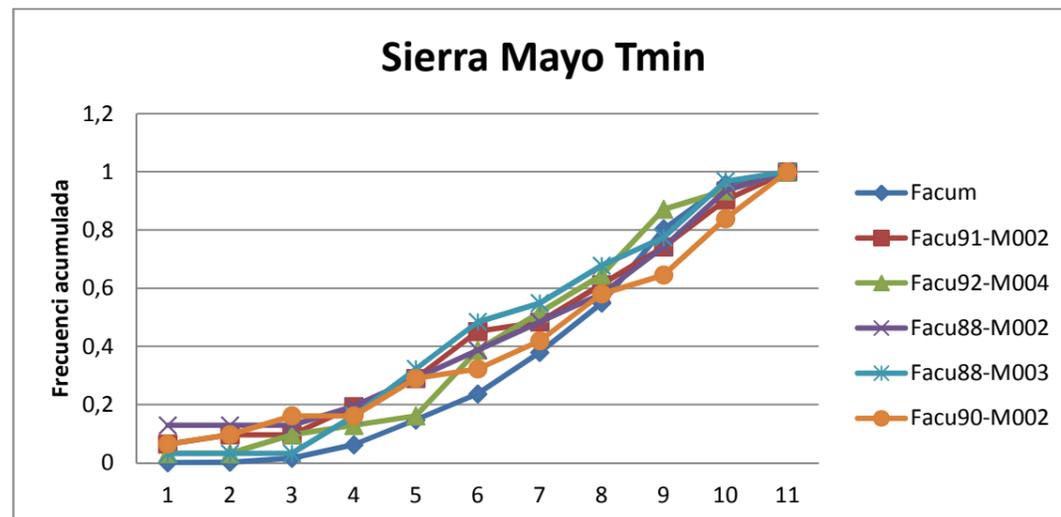


**Figura 34.** Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con el viento

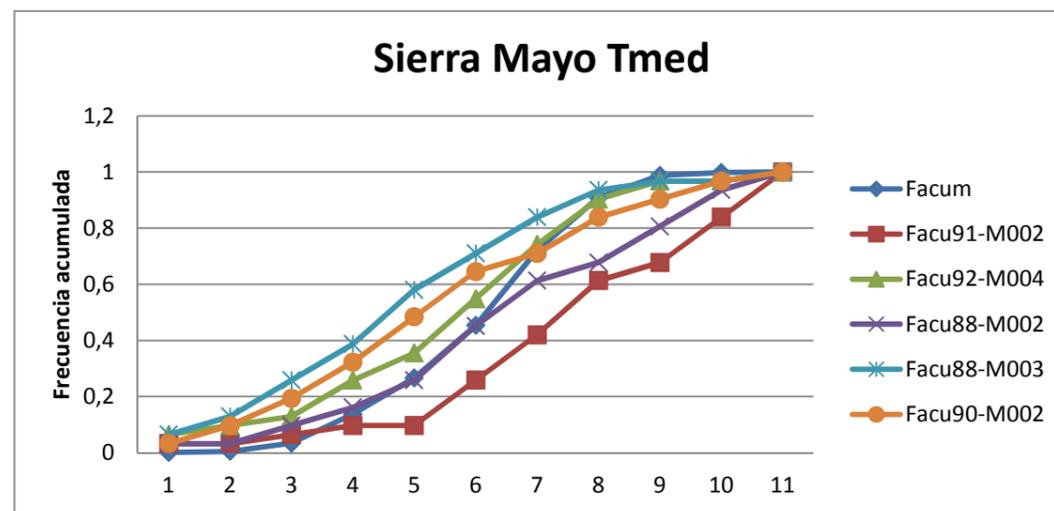


**Figura 35.** Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la precipitación

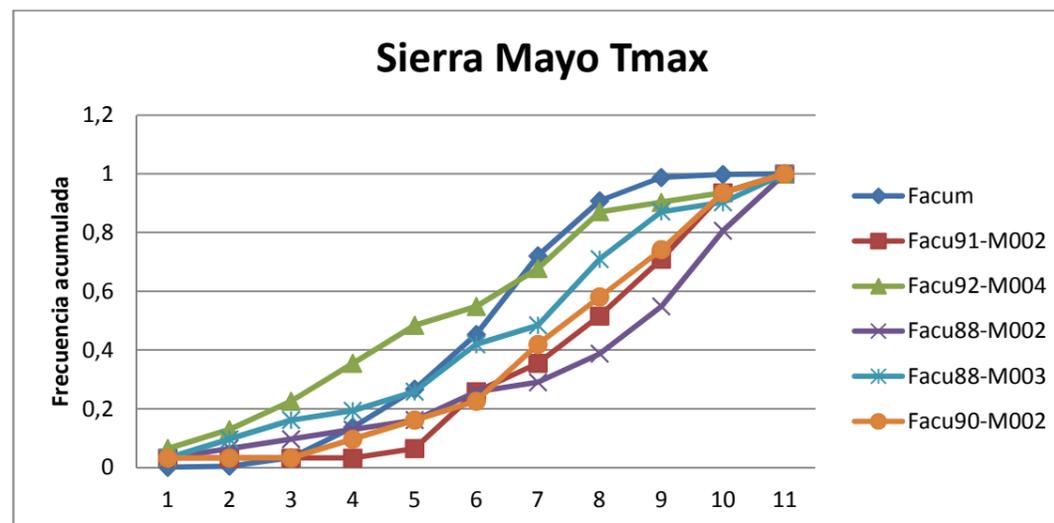
#### 3.2.2.5. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Mayo en la Sierra



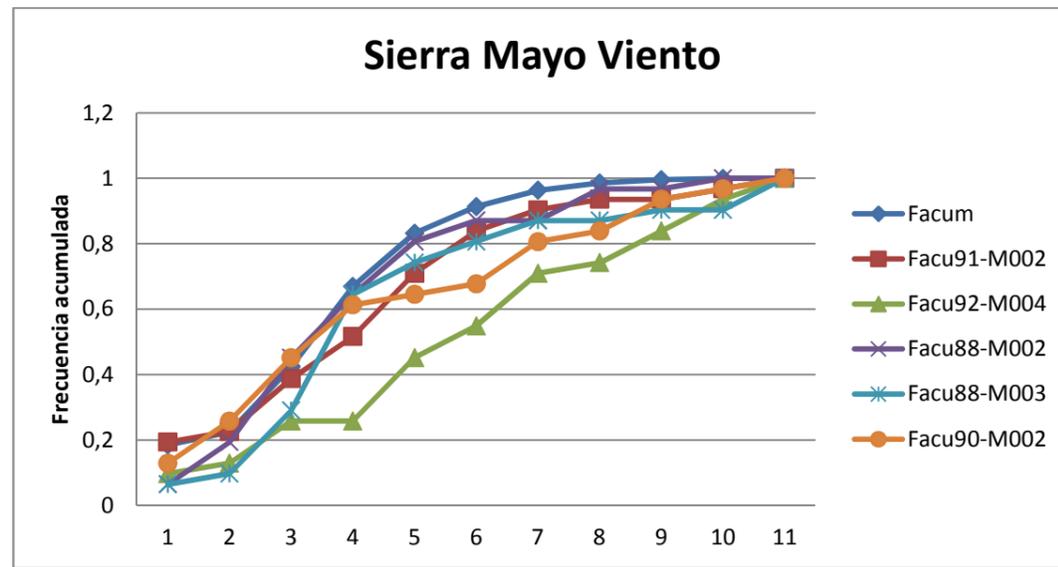
**Figura 36.** Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura mínima



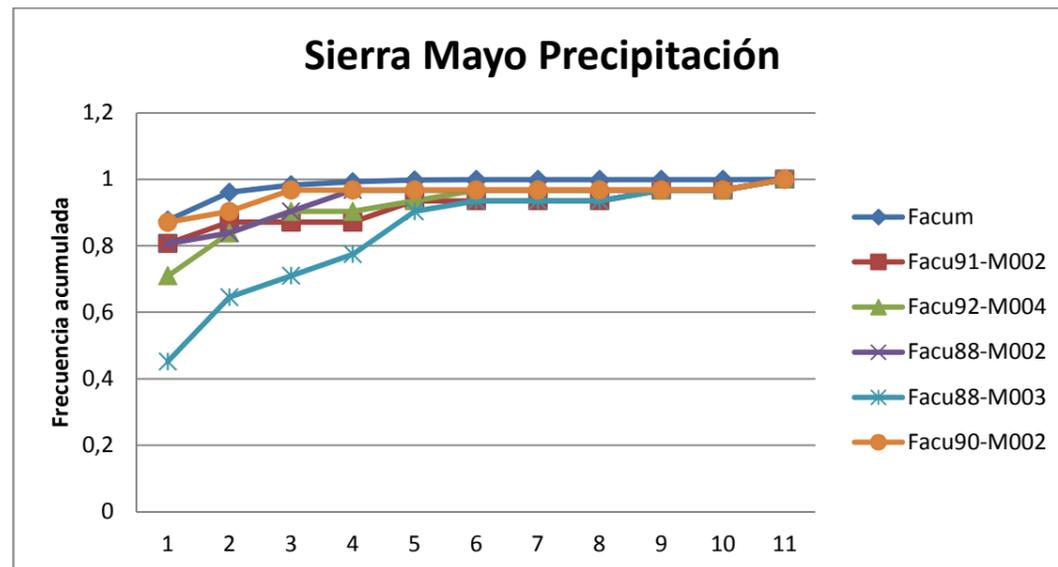
**Figura 37.** Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura media



**Figura 38.** Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura máxima

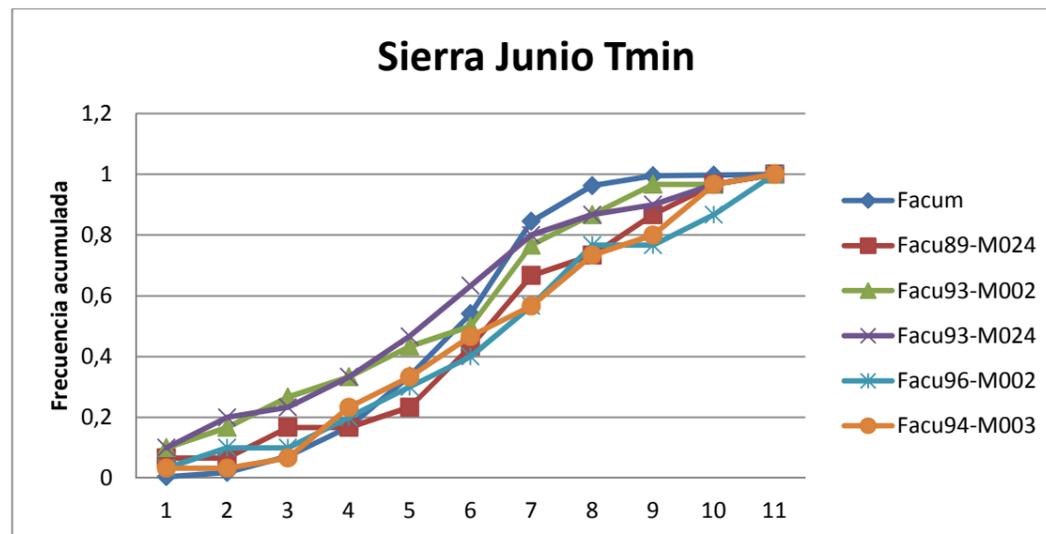


**Figura 39.** Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con el viento



**Figura 40.** Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la precipitación

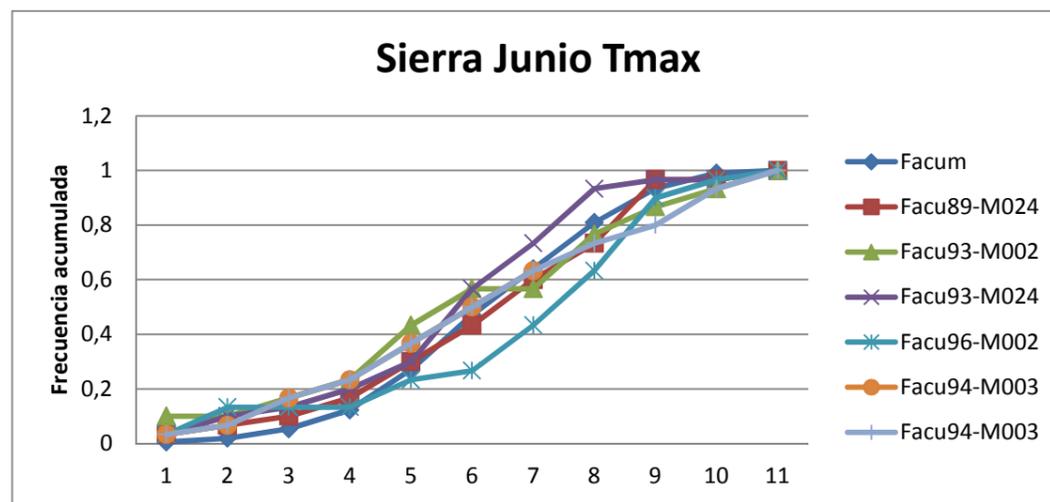
**3.2.2.6. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Junio en la Sierra**



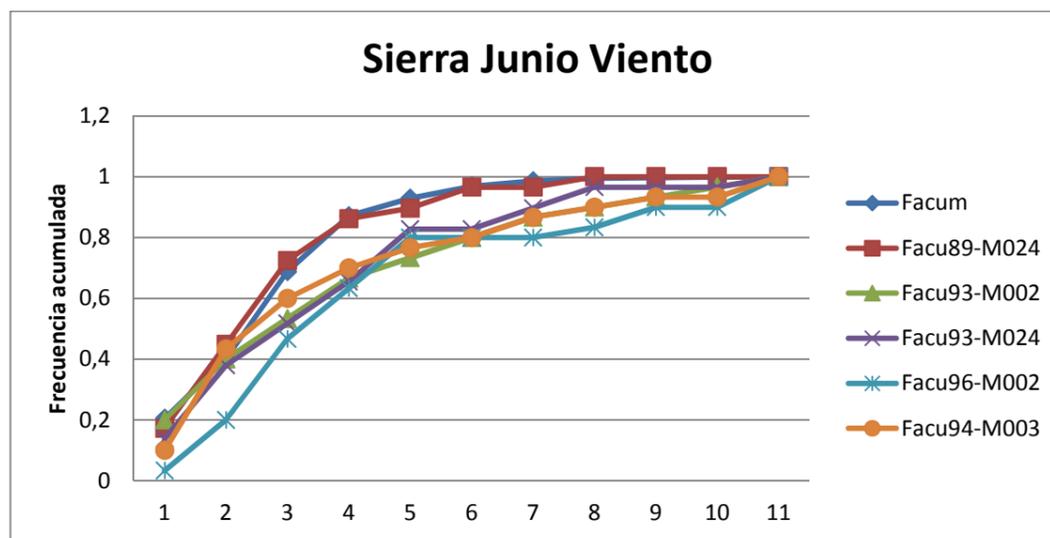
**Figura 41.** Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura mínima



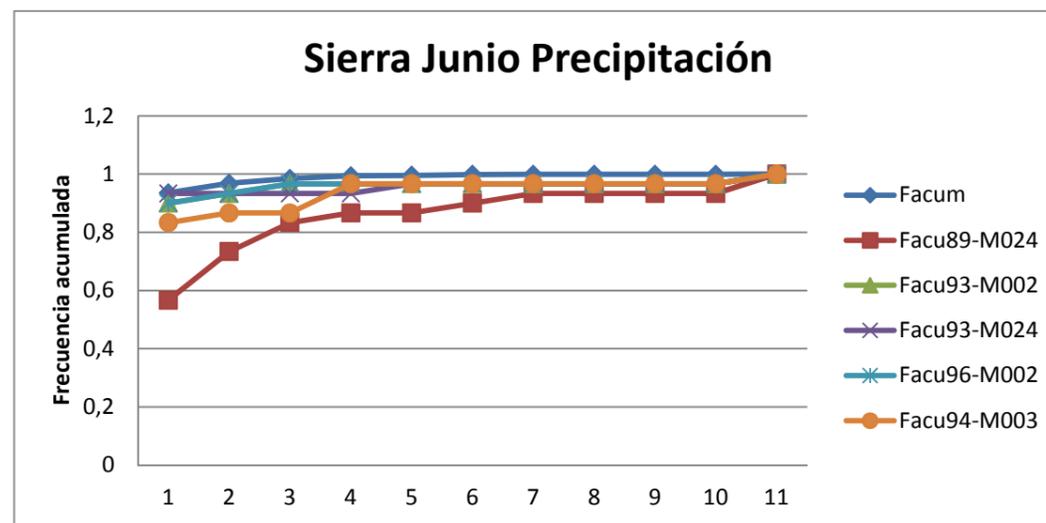
**Figura 42.** Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura media



**Figura 43.** Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura máxima

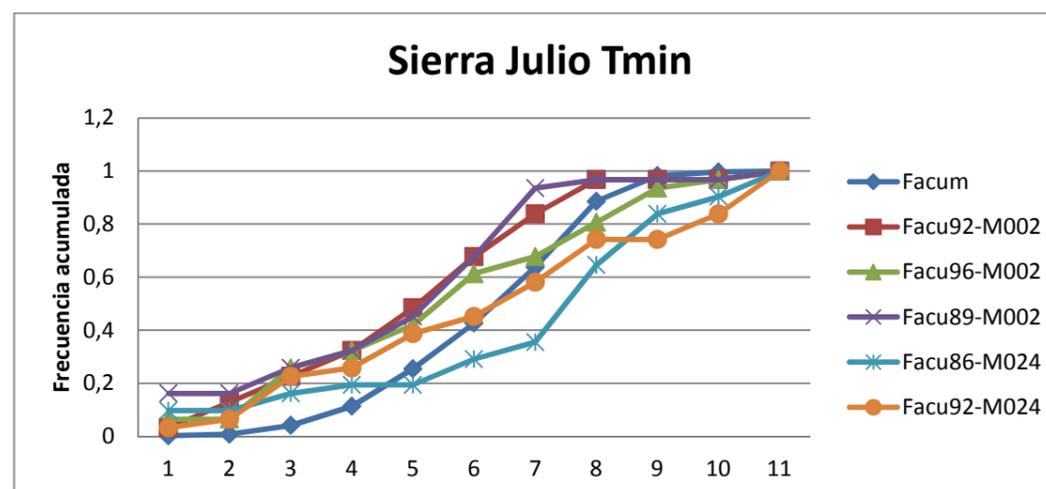


**Figura 44.** Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con el viento

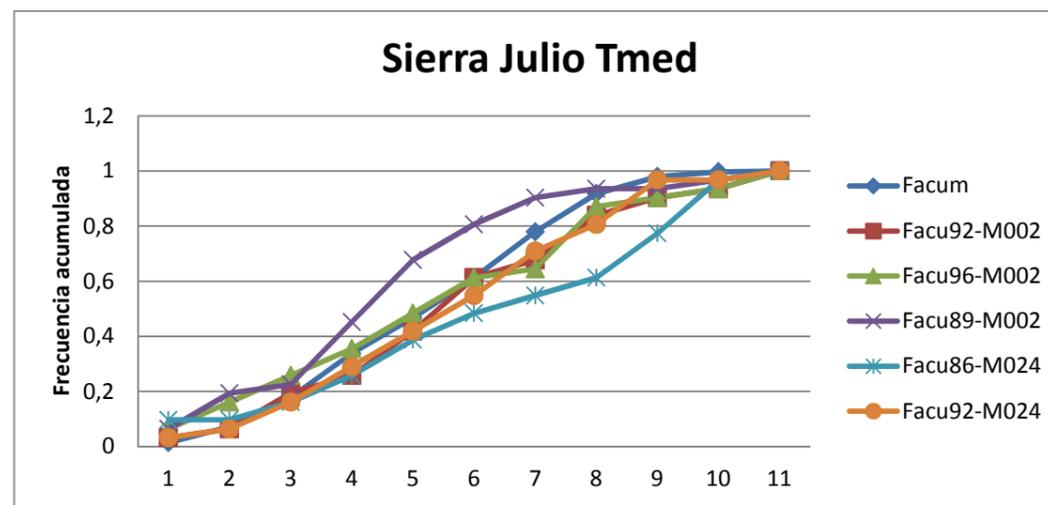


**Figura 45.** Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la precipitación

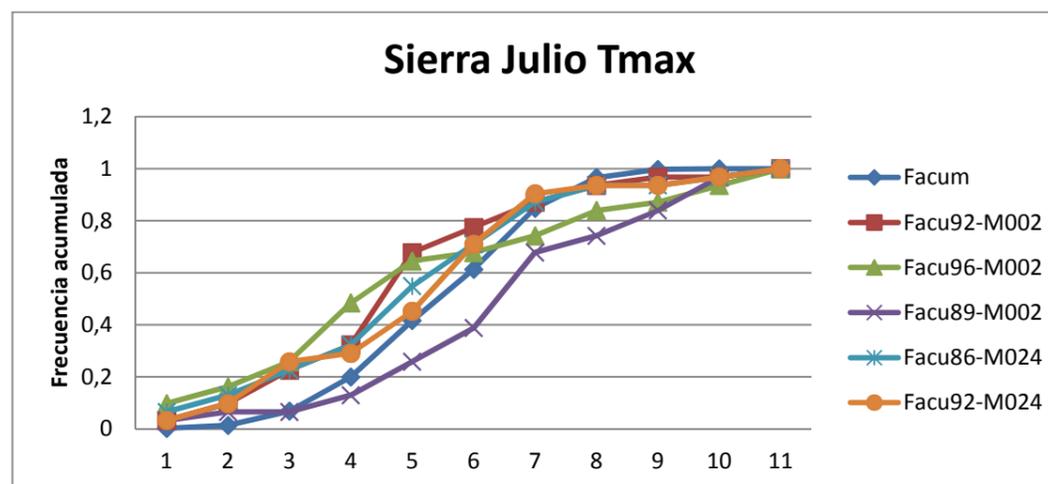
#### 3.2.2.7. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Julio en la Sierra



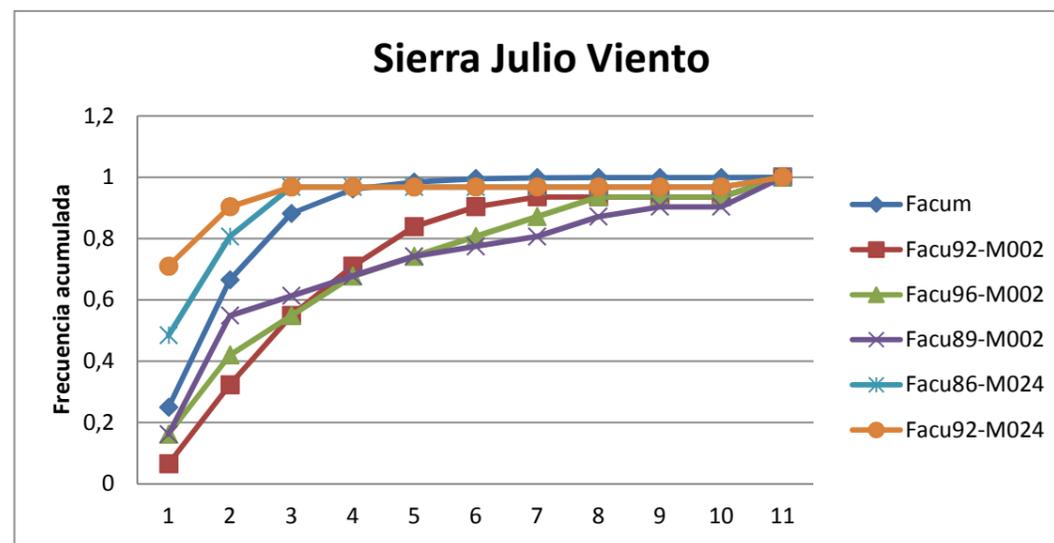
**Figura 46.** Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura mínima



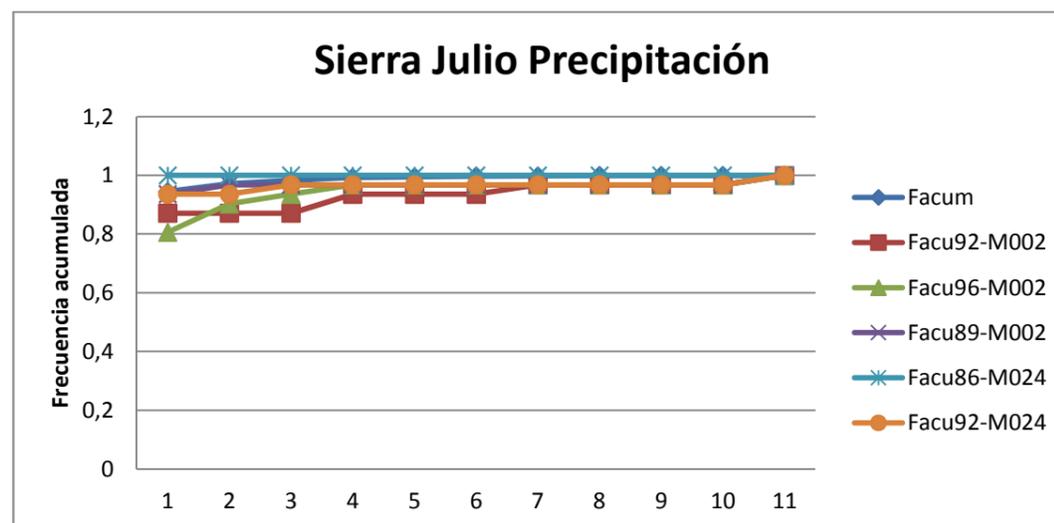
**Figura 47.** Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura media



**Figura 48.** Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura máxima

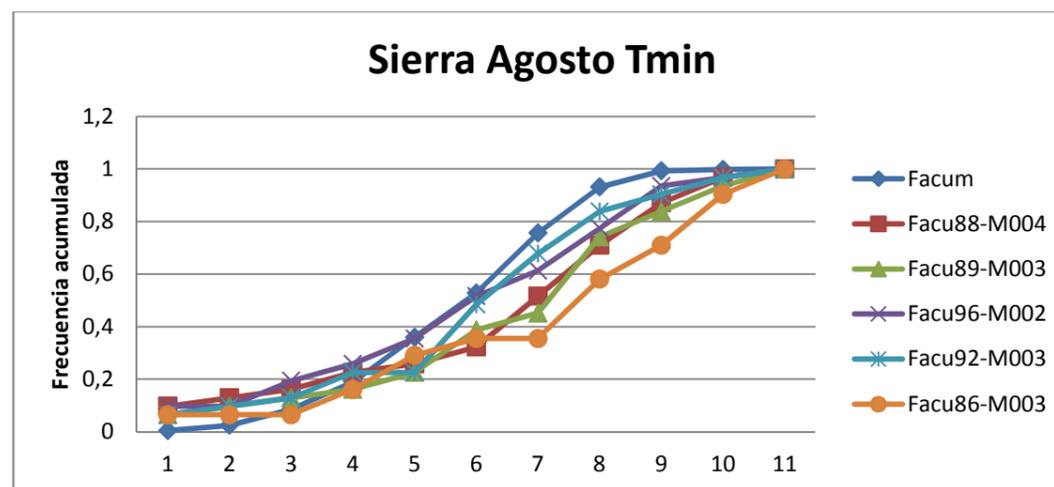


**Figura 49.** Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con el viento

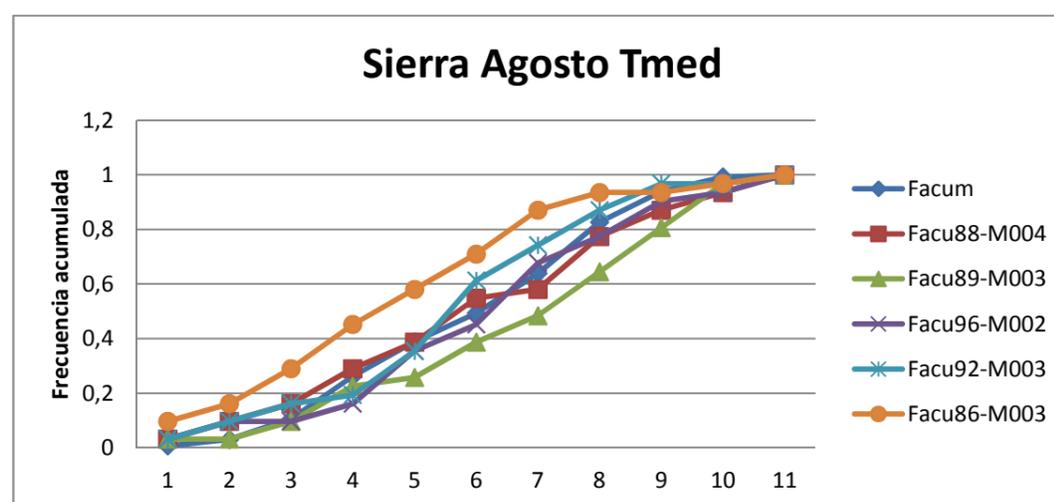


**Figura 50.** Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la precipitación

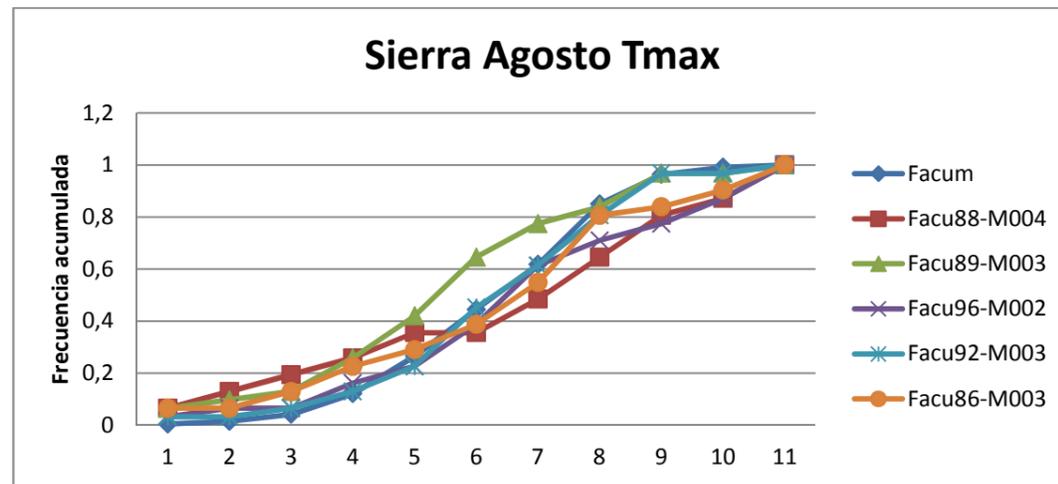
**3.2.2.8. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Agosto en la Sierra**



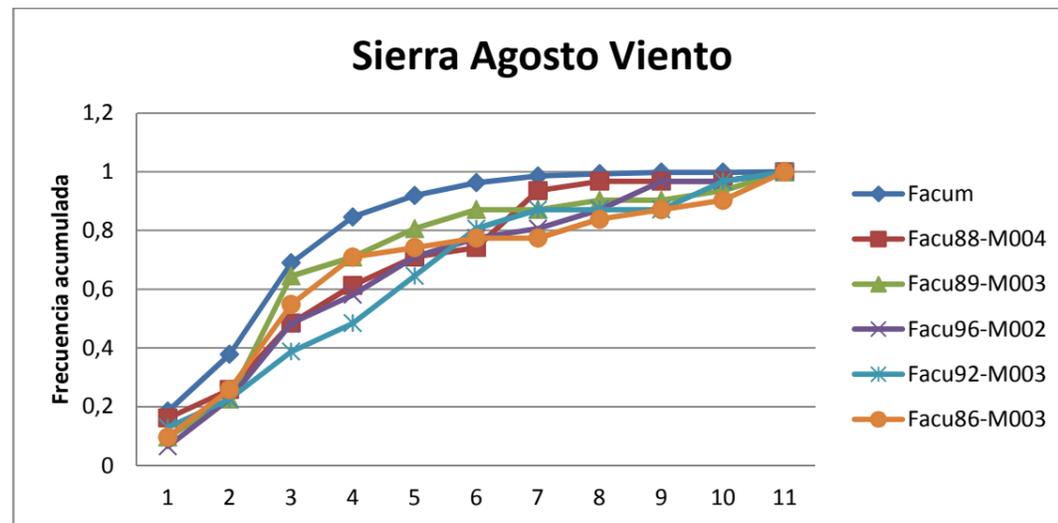
**Figura 51.** Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura mínima



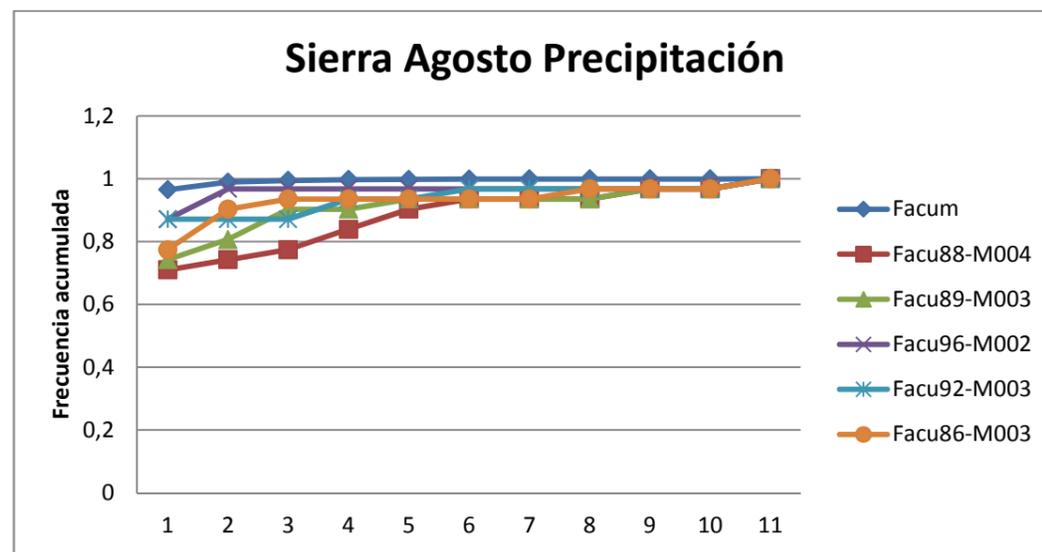
**Figura 52.** Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura media



**Figura 53.** Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura máxima

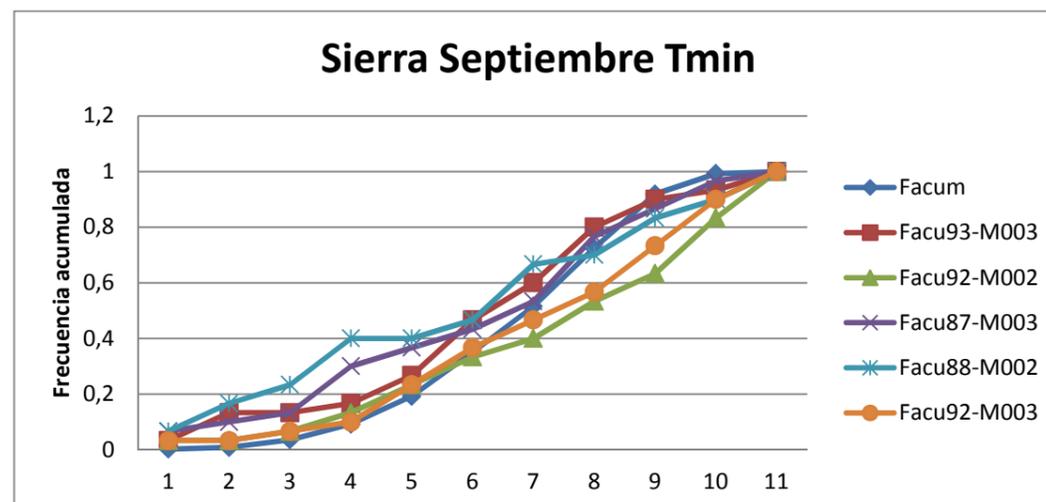


**Figura 54.** Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con el viento

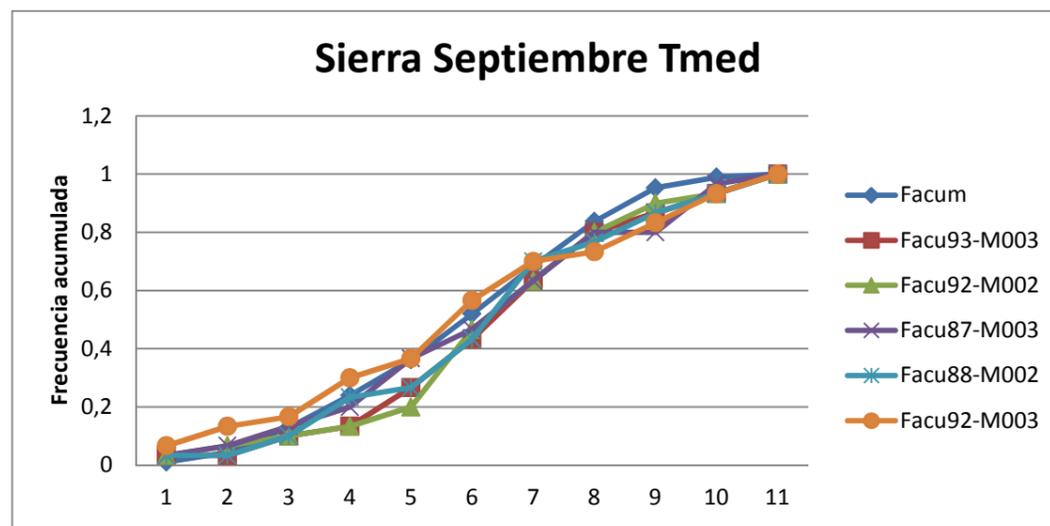


**Figura 55.** Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la precipitación

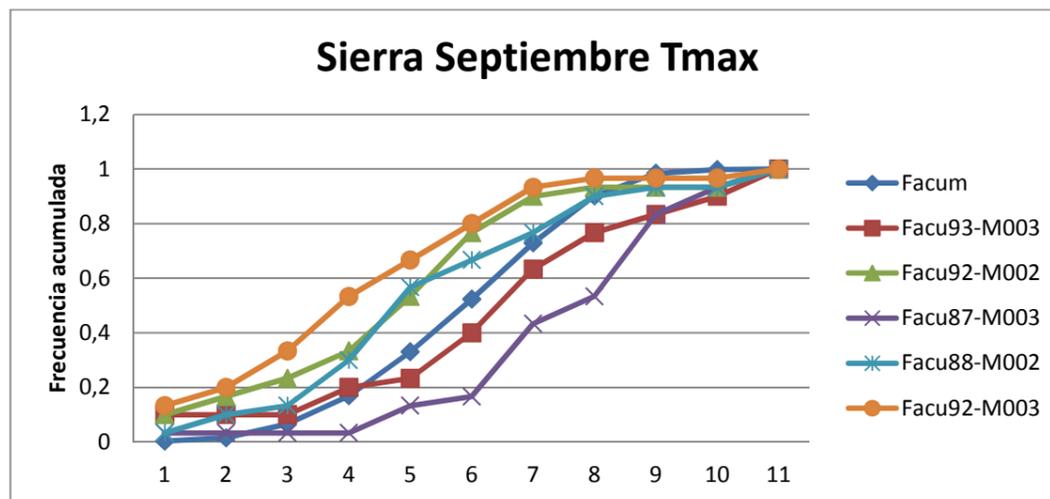
#### 3.2.2.9. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Septiembre en la Sierra



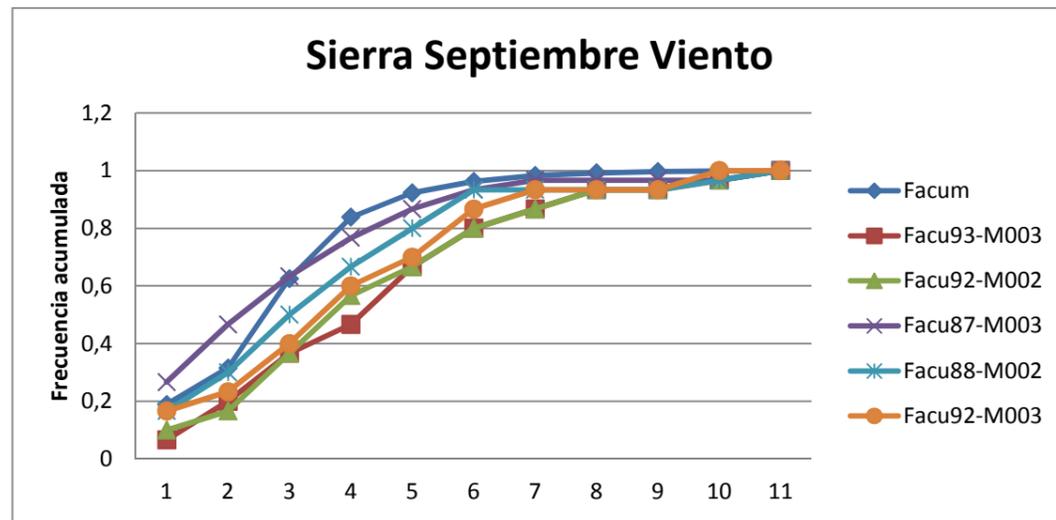
**Figura 56.** Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura mínima



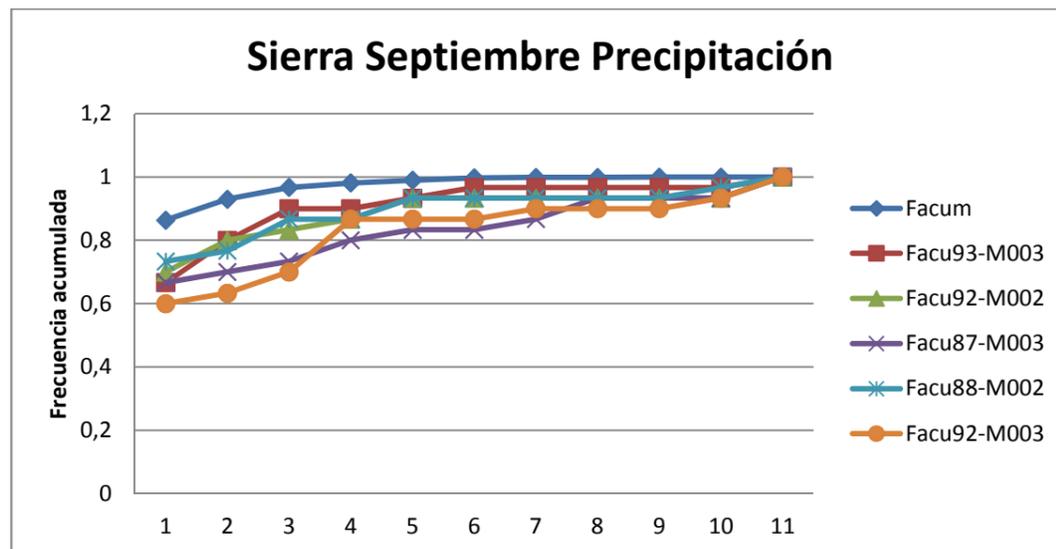
**Figura 57.** Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura media



**Figura 58.** Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura máxima

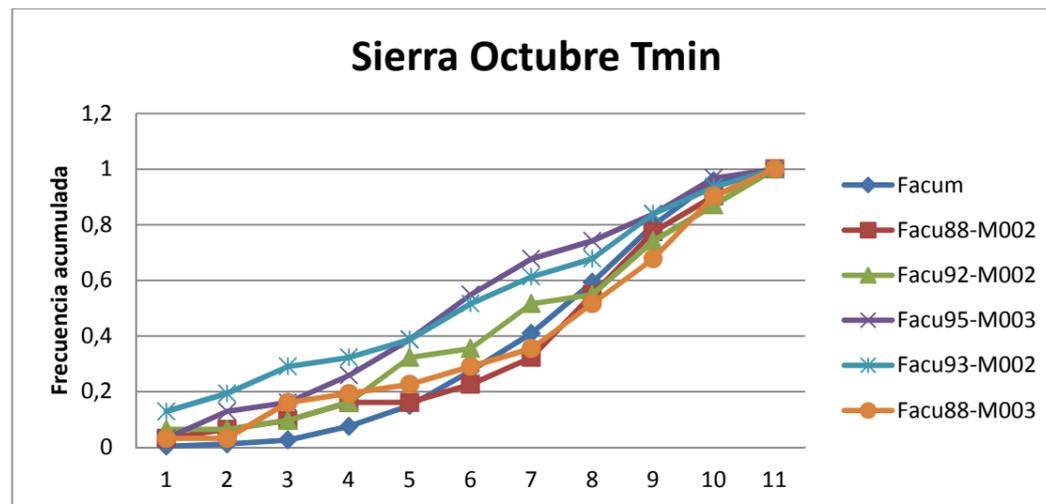


**Figura 59.** Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con el viento

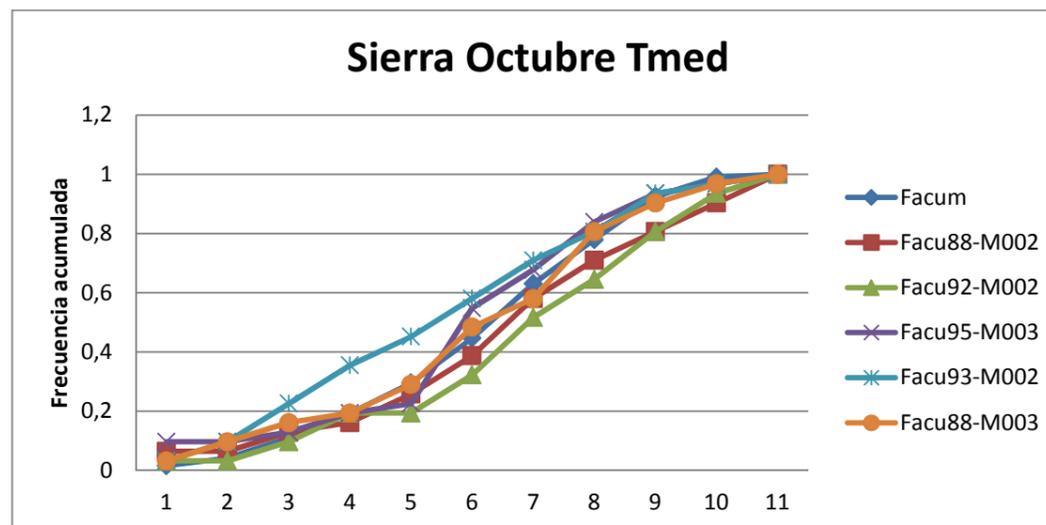


**Figura 60.** Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la precipitación

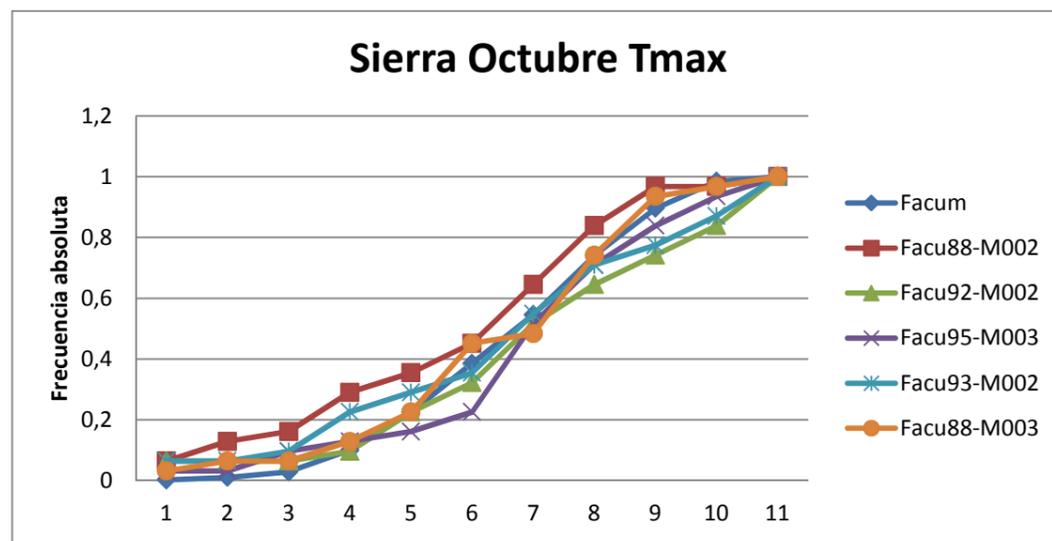
**3.2.2.10. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Octubre en la Sierra**



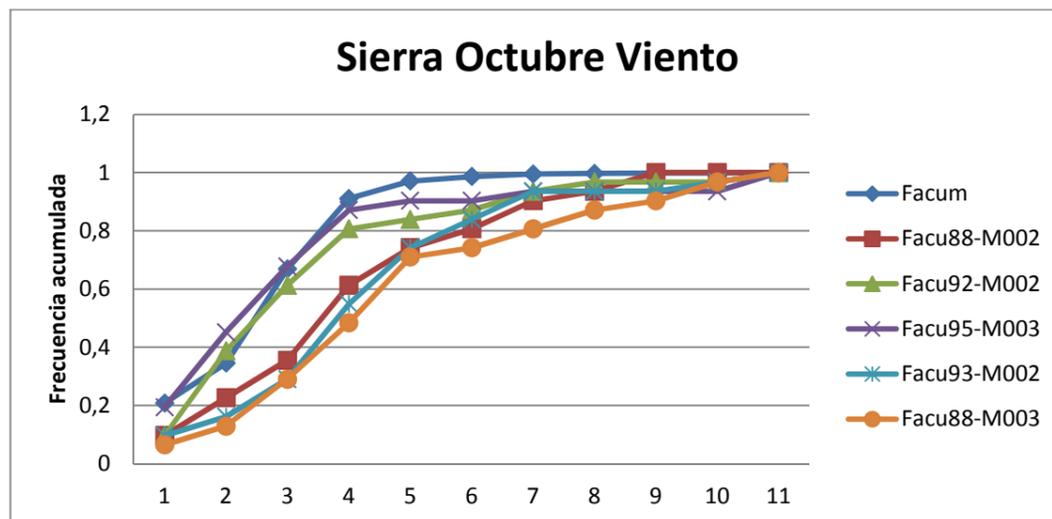
**Figura 61.** Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura mínima



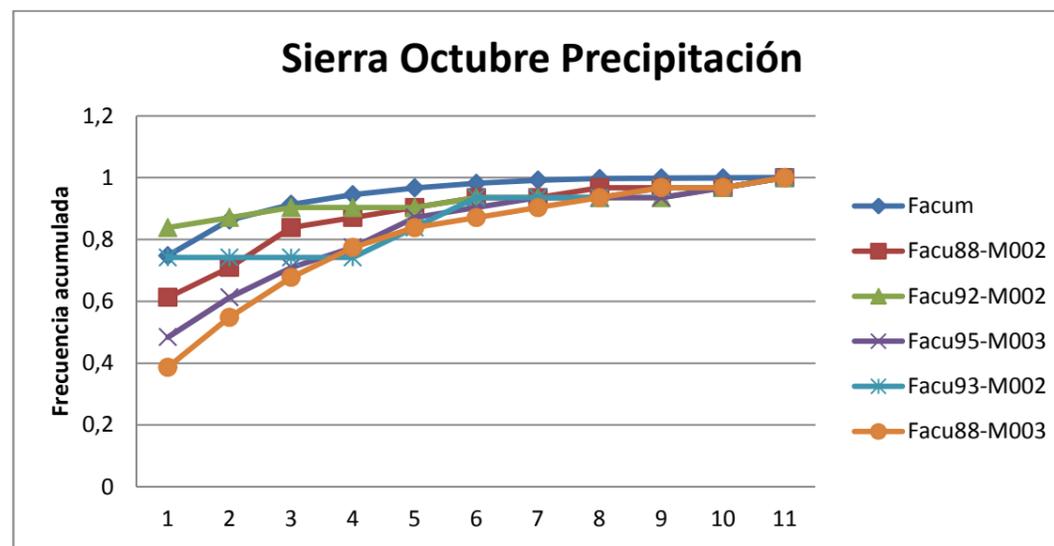
**Figura 62.** Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura media



**Figura 63.** Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura máxima

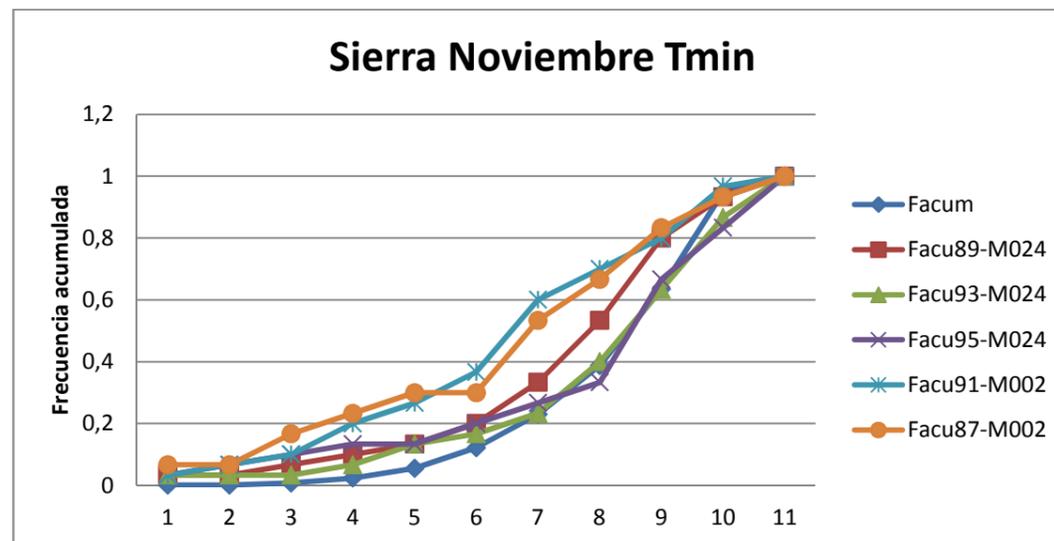


**Figura 64.** Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con el viento

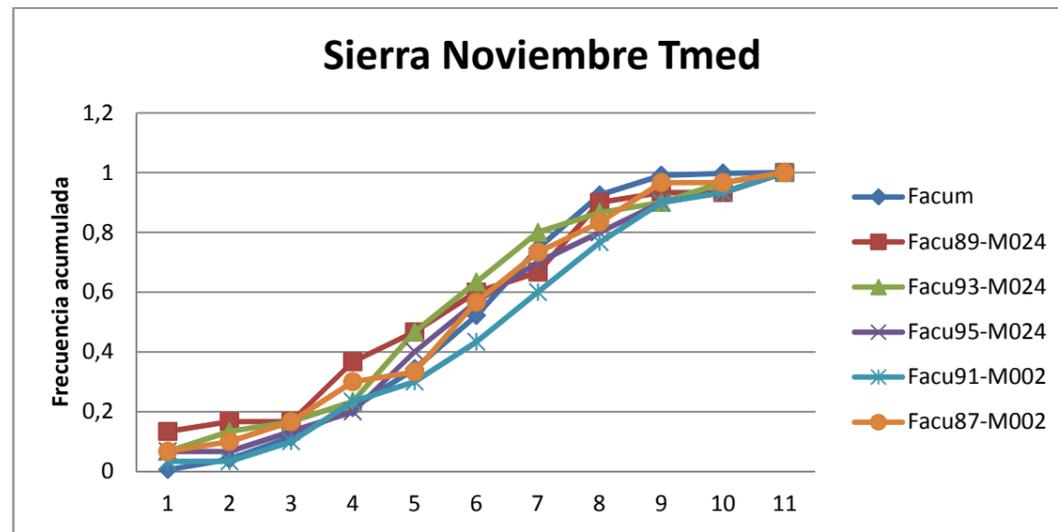


**Figura 65.** Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la precipitación

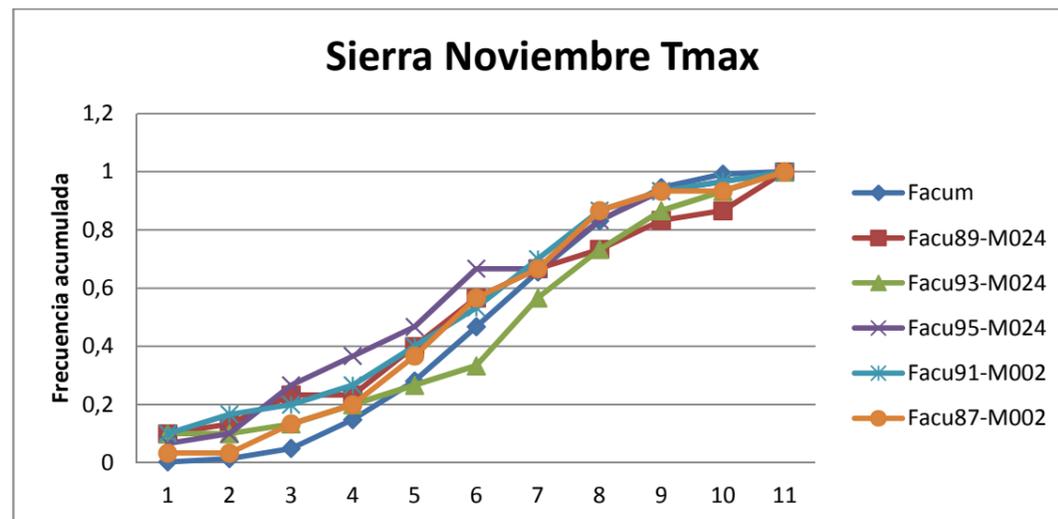
#### 3.2.2.11. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Noviembre en la Sierra



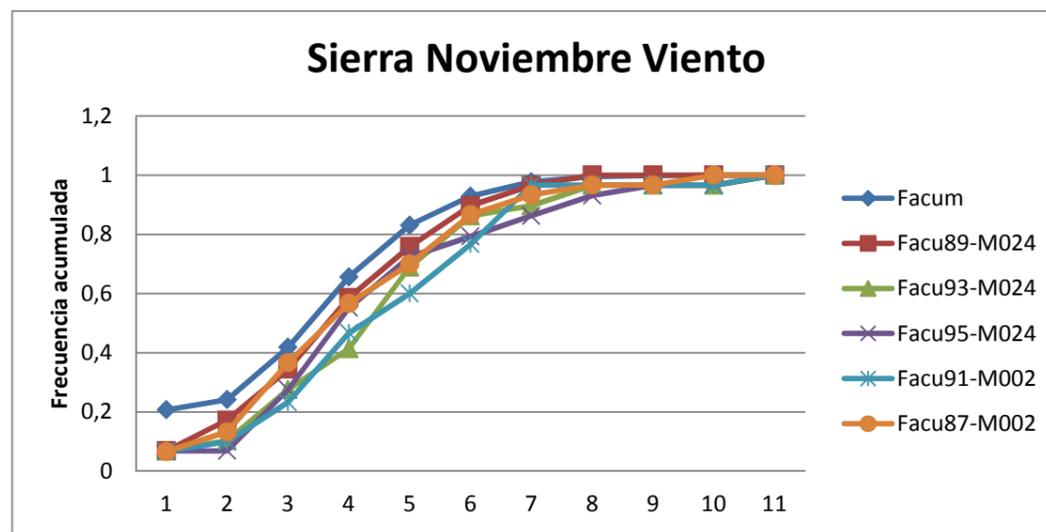
**Figura 66.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura mínima



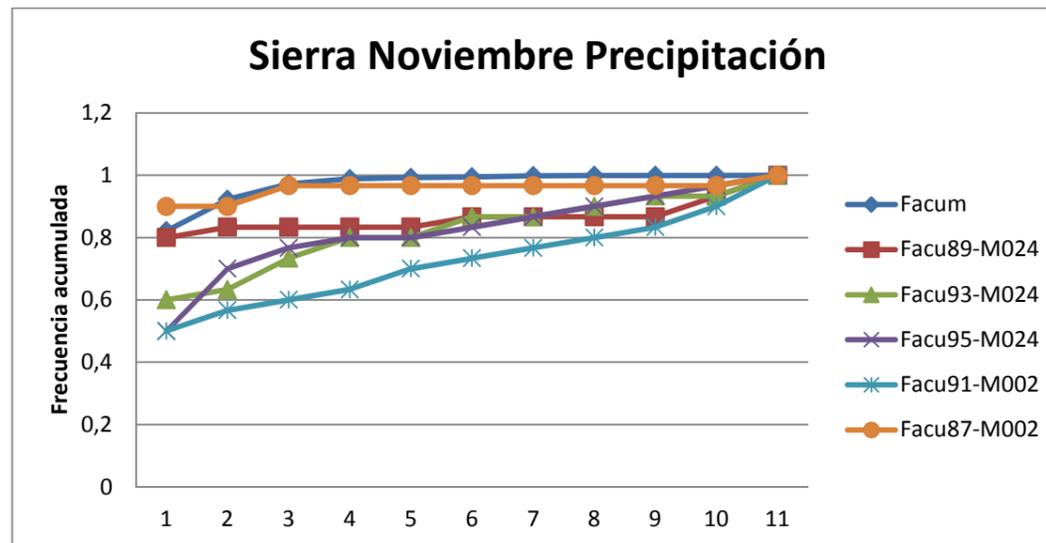
**Figura 67.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura media



**Figura 68.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura máxima

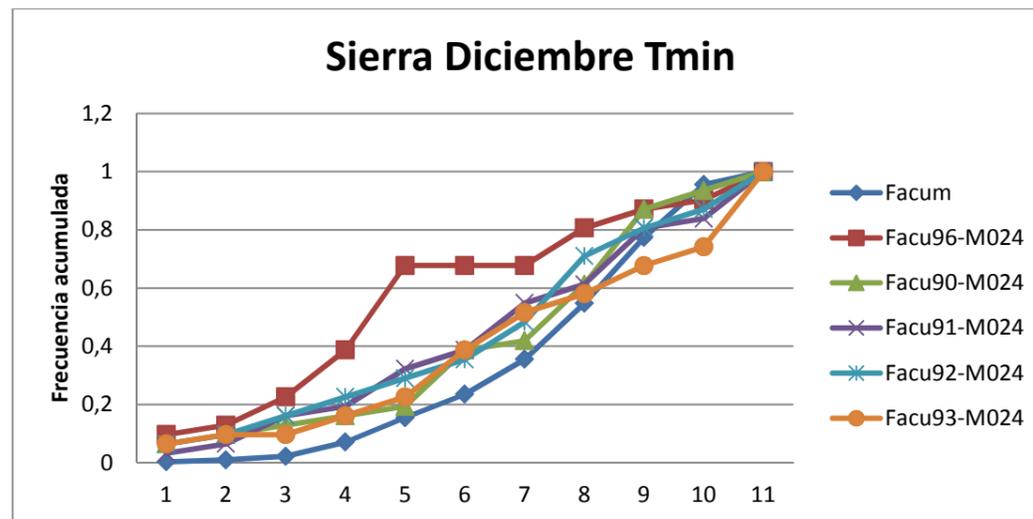


**Figura 69.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con el viento

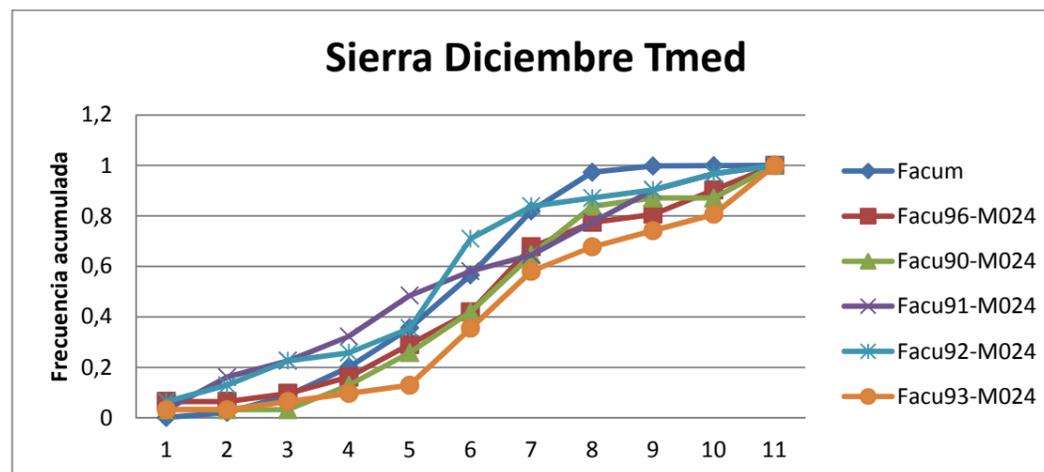


**Figura 70.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la precipitación

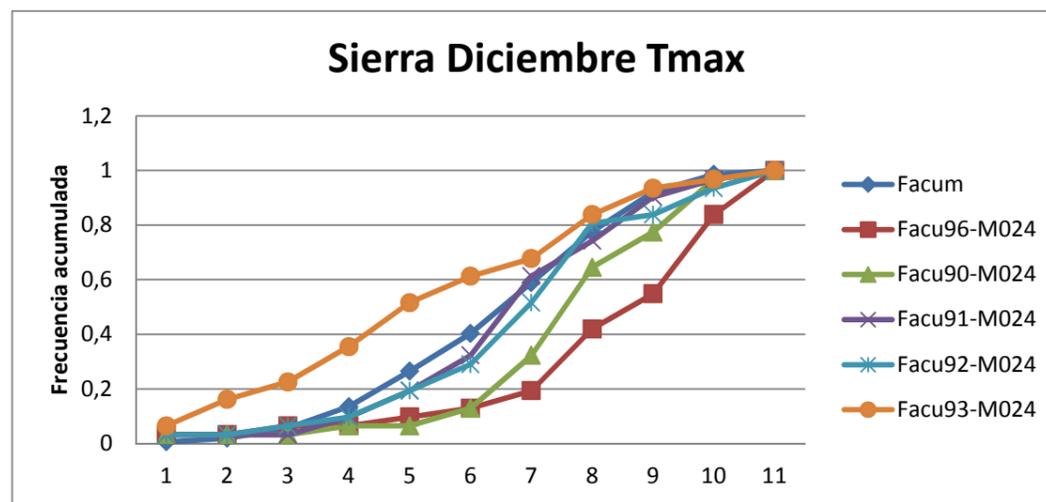
**3.2.2.12. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Diciembre en la Sierra**



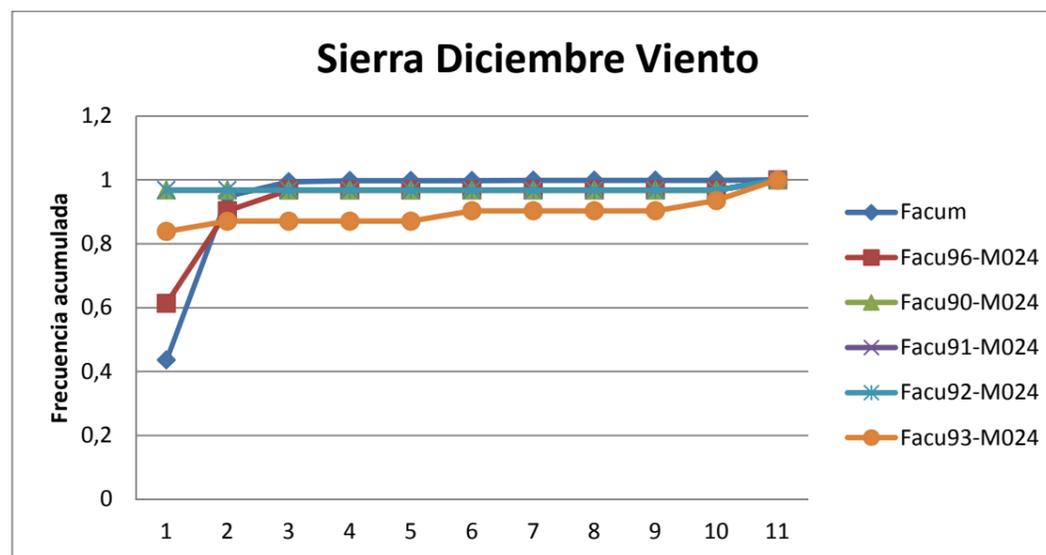
**Figura 71.** Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura mínima



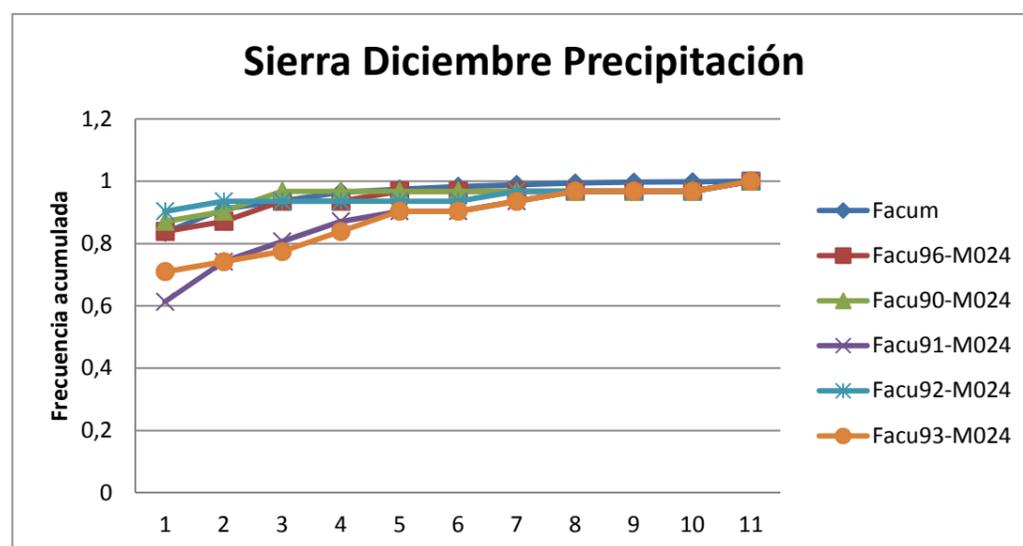
**Figura 72.** Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura media



**Figura 73.** Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura máxima



**Figura 74.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con el viento



**Figura 75.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la precipitación

### 3.3. Índices ponderados WS de la Costa para formar del año típico meteorológico

El análisis se hizo uniendo todos los parámetros en un solo índice para tener mejor representatividad y que pueda expresar mejor las características de la zona en su totalidad.

En las siguientes tablas se puede encontrar los WS para todos los meses de la Costa con el fin de construir el año meteorológico típico.

**Tabla 22.** Índices ponderados WS para la Costa para el primer bimestre del año típico meteorológico

	Enero				Febrero		
Estación	M006	M179	M209	Estación	M006	M179	M209
Año				Año			
1982	0.289	0.321	0.352	1982	0.243	0.262	0.335
1983	0.319	0.252	0.362	1983	0.246	0.231	0.282
1984	0.272	0.273	0.353	1984	0.209	0.199	0.327
1985	0.356	0.359	0.332	1985	0.277	0.239	0.267
1986	0.319	0.261	0.330	1986	0.179	0.230	0.267
1987	0.285	0.360	0.335	1987	0.199	0.265	0.274
1988	0.268	0.299	0.313	1988	0.314	0.270	0.296
1989	0.297	0.316	0.358	1989	0.233	0.215	0.295
1990	0.365	0.321	0.362	1990	0.208	0.285	0.273
1991	0.268	0.364	0.311	1991	0.272	0.281	0.287
1992	0.308	0.294	0.338	1992	0.257	2.076	0.223

**Tabla 23.** Índices ponderados WS para la Costa para el segundo bimestre del año típico meteorológico

	Marzo				Abril		
Estación	M006	M179	M209	Estación	M006	M179	M209
Año				Año			
1982	0.267	0.290	0.345	1982	0.282	0.300	0.312
1983	0.273	0.245	0.306	1983	0.363	0.330	0.351
1984	0.321	0.251	0.278	1984	0.366	0.347	0.419
1985	0.306	0.322	0.265	1985	0.347	0.339	0.376
1986	0.215	0.256	0.342	1986	0.322	0.308	0.285
1987	0.334	0.307	0.300	1987	0.332	0.307	0.343
1988	0.302	0.259	0.316	1988	0.302	0.349	0.388
1989	0.286	0.299	0.308	1989	0.276	0.324	0.374
1990	0.268	0.280	0.316	1990	0.322	0.345	0.321
1991	0.259	0.253	0.286	1991	0.352	0.347	0.244
1992	0.278	0.315	0.243	1992	0.319	0.322	0.308

**Tabla 24.** Índices ponderados WS para la Costa para el tercer bimestre del año típico meteorológico

		Mayo					Junio		
Estación	M006	M179	M209	Estación	M006	M179	M209		
Año				Año					
1982	0.261	0.297	0.318	1982	0.327	0.342	0.330		
1983	0.305	0.302	0.323	1983	0.282	0.292	0.367		
1984	0.261	0.240	0.251	1984	0.361	0.321	0.357		
1985	0.316	0.304	0.287	1985	0.289	0.254	0.321		
1986	0.261	0.304	0.292	1986	0.303	0.329	0.282		
1987	0.265	0.330	0.331	1987	0.294	0.280	0.303		
1988	0.296	0.244	0.302	1988	0.266	0.286	0.323		
1989	0.293	0.252	0.337	1989	0.289	0.245	0.290		
1990	0.278	0.302	0.257	1990	0.297	0.294	0.367		
1991	0.290	0.311	0.238	1991	0.285	0.287	0.333		
1992	0.284	0.316	0.340	1992	0.318	0.191	0.367		

**Tabla 25.** Índices ponderados WS para la Costa para el cuarto bimestre del año típico meteorológico

		Julio					Agosto		
Estación	M006	M179	M209	Estación	M006	M179	M209		
Año				Año					
1982	0.216	0.374	0.332	1982	0.296	0.300	0.283		
1983	0.278	0.276	0.325	1983	0.266	0.257	0.308		
1984	0.268	0.259	0.336	1984	0.296	0.231	0.331		
1985	0.285	0.304	0.358	1985	0.248	0.307	0.263		
1986	0.274	0.278	0.288	1986	0.264	0.256	0.276		
1987	0.223	0.276	0.342	1987	0.256	0.270	0.280		
1988	0.250	0.313	0.287	1988	0.254	0.271	0.265		
1989	0.244	0.309	0.303	1989	0.288	0.251	0.271		
1990	0.254	0.292	0.245	1990	0.244	0.264	0.258		
1991	0.264	0.287	0.291	1991	0.250	0.290	0.234		
1992	0.325	0.298	0.344	1992	0.249	0.240	0.297		

**Tabla 26.** Índices ponderados WS para la Costa para el quinto bimestre del año típico meteorológico

		Septiembre					Octubre		
Estación	M006	M179	M209	Estación	M006	M179	M209		
Año				Año					
1982	0.334	0.306	0.382	1982	0.322	0.255	0.307		
1983	0.322	0.307	0.406	1983	0.309	0.267	0.379		
1984	0.323	0.322	0.420	1984	0.393	0.294	0.351		
1985	0.360	0.334	0.376	1985	0.348	0.389	0.387		
1986	0.278	0.310	0.357	1986	0.372	0.322	0.367		
1987	0.338	0.296	0.335	1987	0.388	0.327	0.339		
1988	0.339	0.369	0.383	1988	0.368	0.326	0.357		
1989	0.355	0.271	0.298	1989	0.361	0.343	0.308		
1990	0.332	0.325	0.369	1990	0.320	0.332	0.324		
1991	0.323	0.314	0.359	1991	0.359	0.331	0.386		
1992	0.320	0.283	0.336	1992	0.331	0.309	0.370		

**Tabla 27.** Índices ponderados WS para la Costa para el sexto bimestre del año típico meteorológico

		Noviembre					Diciembre		
Estación	M006	M179	M209	Estación	M006	M179	M209		
Año				Año					
1982	0.246	0.241	0.252	1982	0.242	0.240	0.302		
1983	0.304	0.208	0.309	1983	0.263	0.289	0.342		
1984	0.237	0.236	0.302	1984	0.275	0.244	0.379		
1985	0.247	0.246	0.287	1985	0.276	0.254	0.289		
1986	0.239	0.277	0.231	1986	0.247	0.250	0.292		
1987	0.212	0.194	0.278	1987	0.242	0.284	0.275		
1988	0.261	0.223	0.253	1988	0.257	0.236	0.339		
1989	0.250	0.247	0.204	1989	0.271	0.292	0.293		
1990	0.240	0.192	0.203	1990	0.273	0.281	0.260		
1991	0.218	0.240	0.199	1991	0.253	0.288	0.214		
1992	0.180	0.223	0.272	1992	0.251	0.311	0.299		

### 3.3.1. Estaciones preseleccionadas para la Región Costa

Una vez realizada la distribución de los datos, se selecciona la estación con menor índice ponderado de Filkestein-Schafer, eligiéndose los valores más cercanos a cero. Se utilizan los valores más bajos, ya que éstos son los que más se acoplan al comportamiento repetitivo de la zona estudiada. Al finalizar el análisis, se obtuvieron cinco valores para cada mes del año meteorológico típico.

**Tabla 28.** Índice WS de las estaciones preseleccionadas para la Región Costa, primer semestre del año meteorológico típico

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
<b>Estación</b>	M179	M006	M006	M209	M209	M179
<b>Año</b>	1983	1986	1986	1991	1991	1992
<b>Valor</b>	0.252	0.179	0.215	0.244	0.238	0.191
<b>Estación</b>	M179	M179	M209	M006	M179	M179
<b>Año</b>	1986	1984	1992	1989	1984	1989
<b>Valor</b>	0.261	0.199	0.243	0.276	0.240	0.245
<b>Estación</b>	M006	M006	M179	M006	M179	M179
<b>Año</b>	1991	1987	1983	1982	1988	1985
<b>Valor</b>	0.268	0.199	0.245	0.282	0.244	0.254
<b>Estación</b>	M006	M006	M179	M209	M029	M006
<b>Año</b>	1988	1990	1984	1986	1984	1988
<b>Valor</b>	0.268	0.208	0.251	0.285	0.251	0.266
<b>Estación</b>	M006	M006	M179	M179	M179	M179
<b>Año</b>	1984	1984	1991	1982	1989	1987
<b>Valor</b>	0.272	0.209	0.253	0.300	0.252	0.280

**Tabla 29.** Índice WS de las estaciones preseleccionadas para la Región Costa, segundo semestre del año meteorológico típico

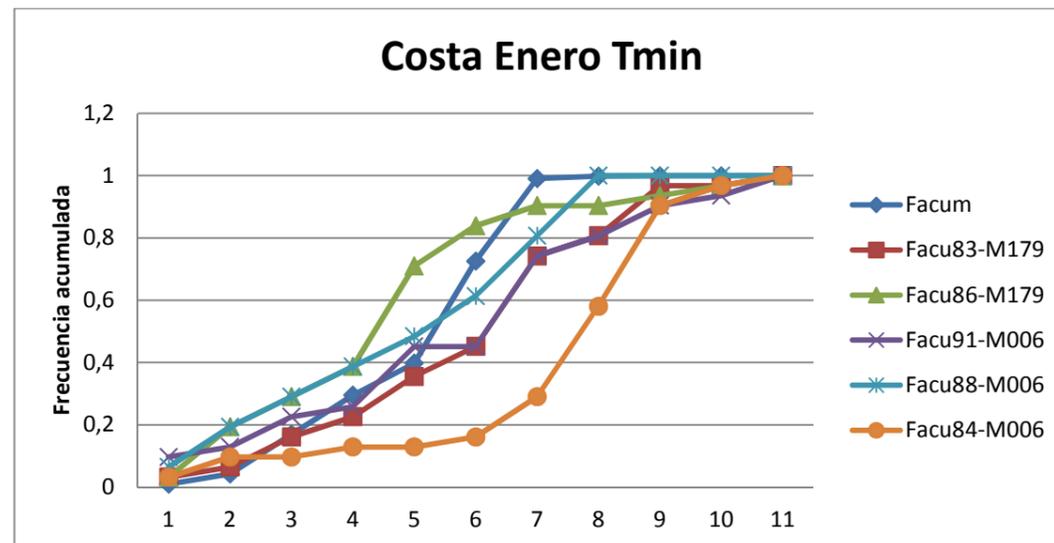
<b>Mes</b>	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>Estación</b>	M006	M179	M179	M179	M006	M209
<b>Año</b>	1982	1984	1989	1982	1992	1991
<b>Valor</b>	0.216	0.231	0.271	0.255	0.180	0.214
<b>Estación</b>	M006	M209	M006	M179	M179	M179
<b>Año</b>	1987	1991	1986	1983	1990	1988
<b>Valor</b>	0.223	0.234	0.278	0.267	0.192	0.236
<b>Estación</b>	M006	M179	M179	M179	M179	M179
<b>Año</b>	1989	1992	1992	1984	1987	1982
<b>Valor</b>	0.244	0.240	0.283	0.294	0.194	0.240
<b>Estación</b>	M209	M006	M179	M209	M209	M006
<b>Año</b>	1990	1990	1987	1982	1991	1987
<b>Valor</b>	0.245	0.244	0.296	0.307	0.199	0.242
<b>Estación</b>	M006	M006	M209	M209	M209	M006
<b>Año</b>	1988	1985	1989	1989	1990	1982
<b>Valor</b>	0.250	0.248	0.298	0.308	0.203	0.242

### 3.3.2. Análisis visual de las frecuencias acumuladas de todos los meses del año en la Región Costa

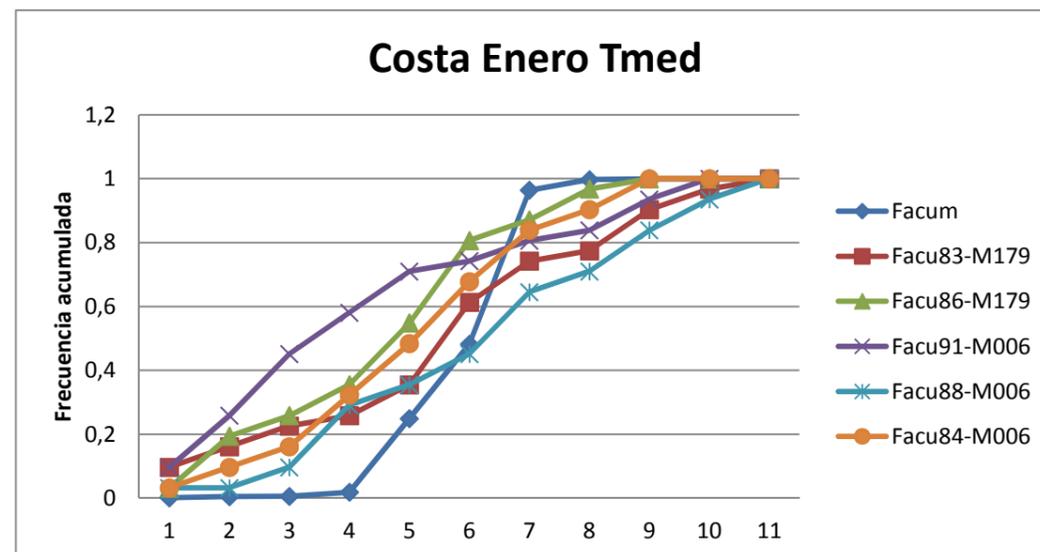
Se tomó las cinco opciones mostradas anteriormente, con estaciones meteorológicas y por año, para poder evidenciar como el valor WS mas bajo, es el valor que mejor representa las características de Temperatura mínima, media, máxima, Viento y Precipitación de esta región.

En las siguientes figuras se observa como la Frecuencia acumulada global "Facum" es el suceso ideal y como la primera opción que le sigue inmediatamente es la que más se acerca al comportamiento normal de dicha frecuencia.

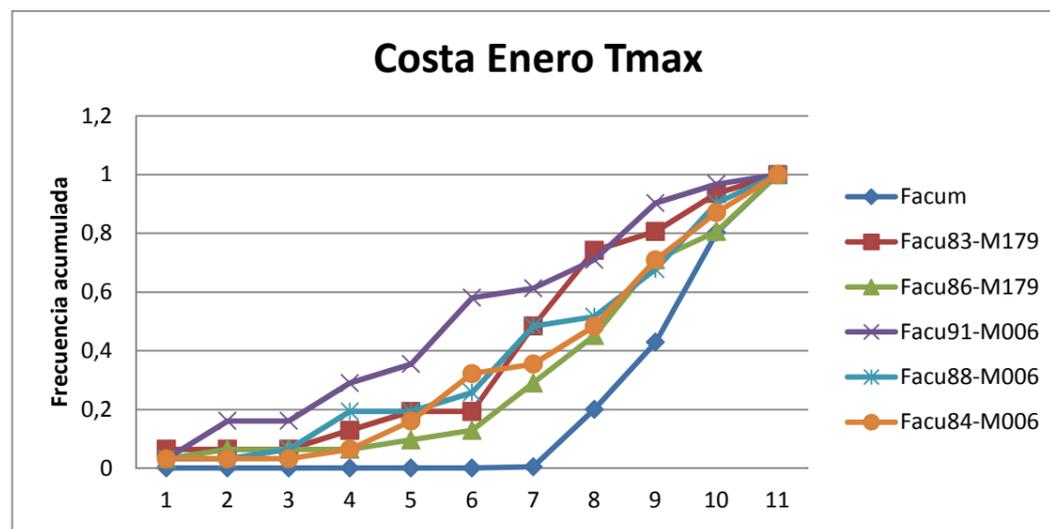
### 3.3.2.1. Análisis visual de las frecuencias acumuladas de todos los meses del año en la Región Costa



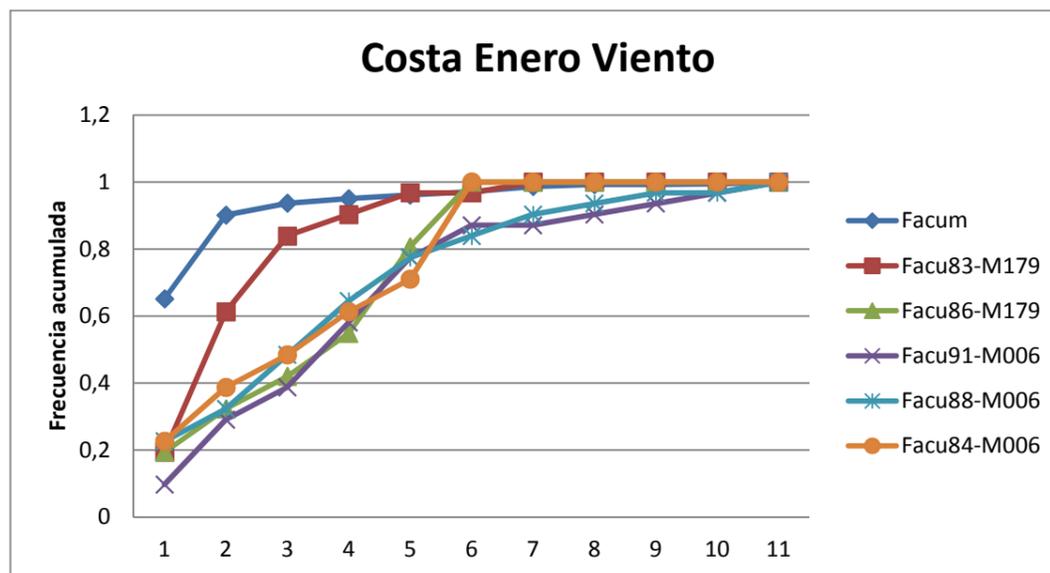
**Figura 76.** Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura mínima



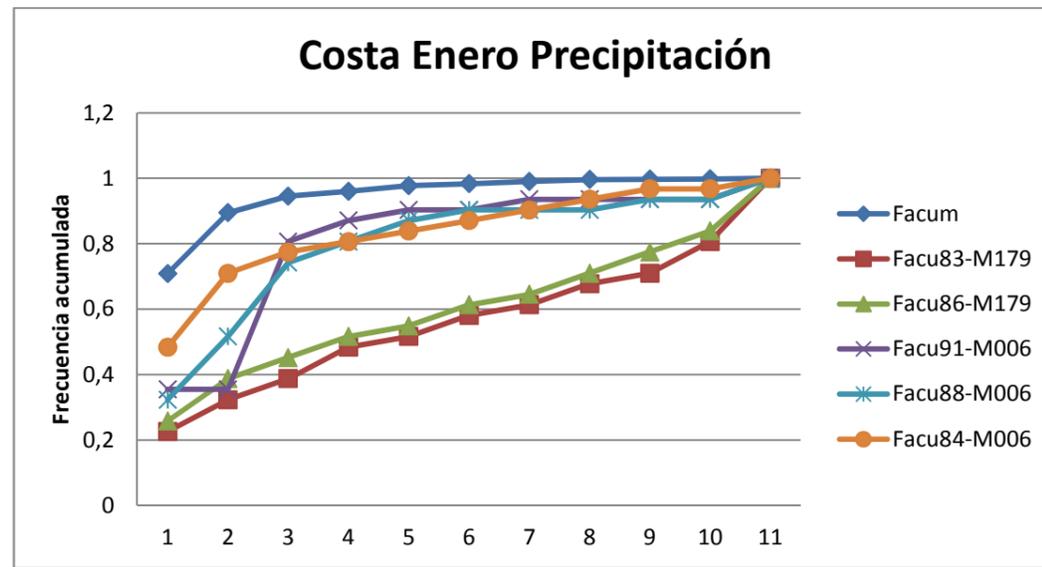
**Figura 77.** Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura media



**Figura 78.** Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura máxima

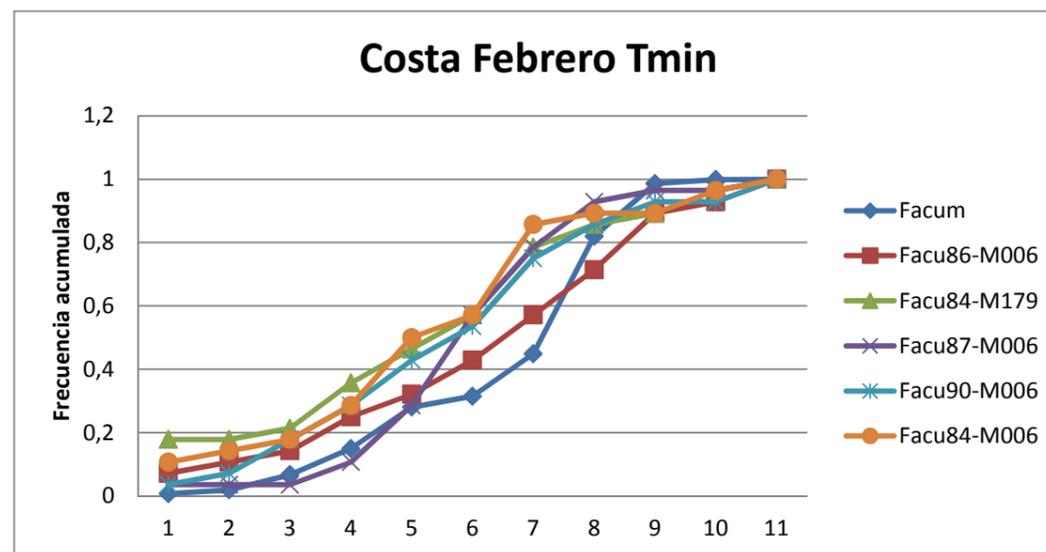


**Figura 79.** Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con el viento

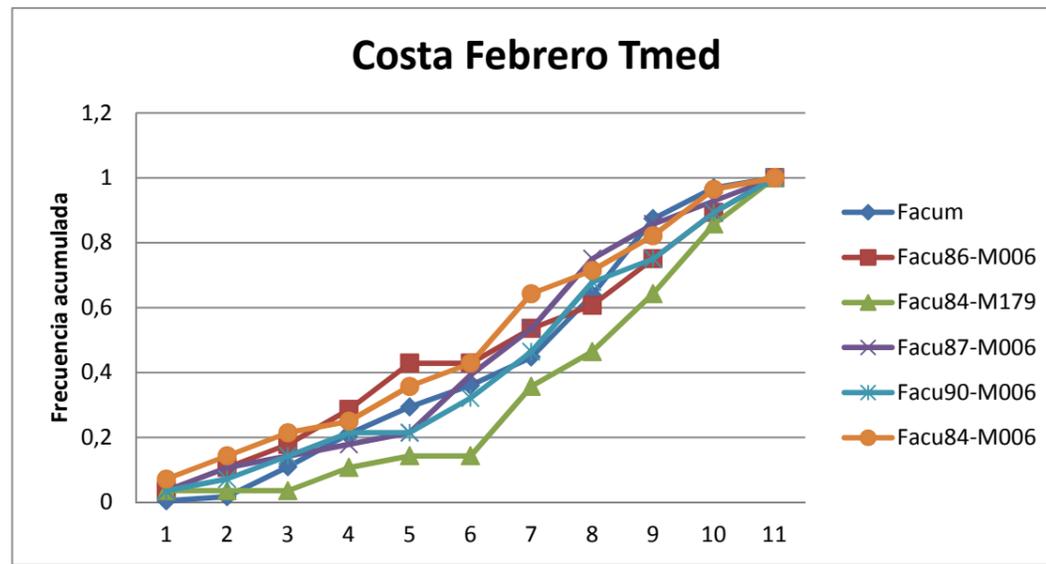


**Figura 80.** Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la precipitación

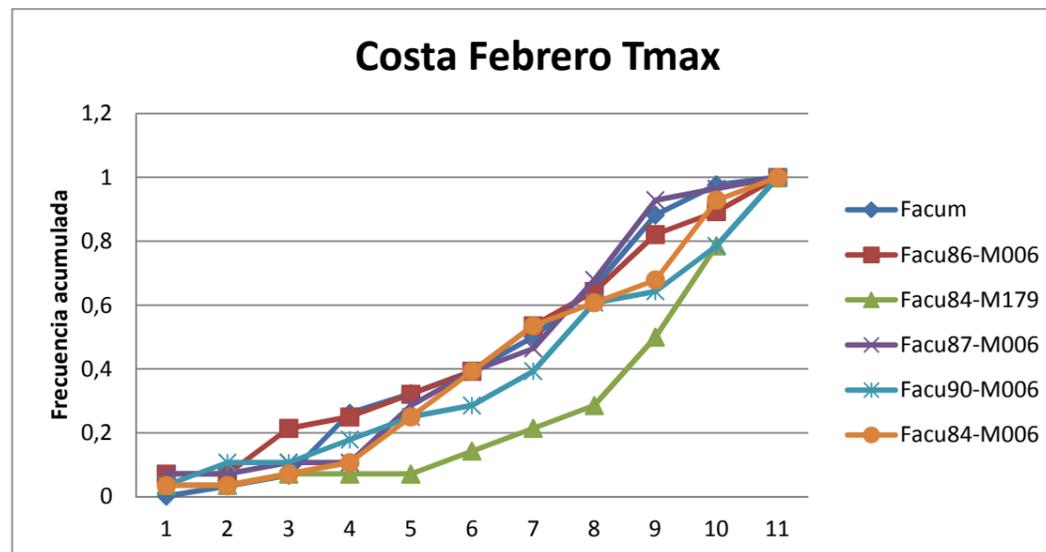
### 3.3.2.2. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Febrero en la Costa



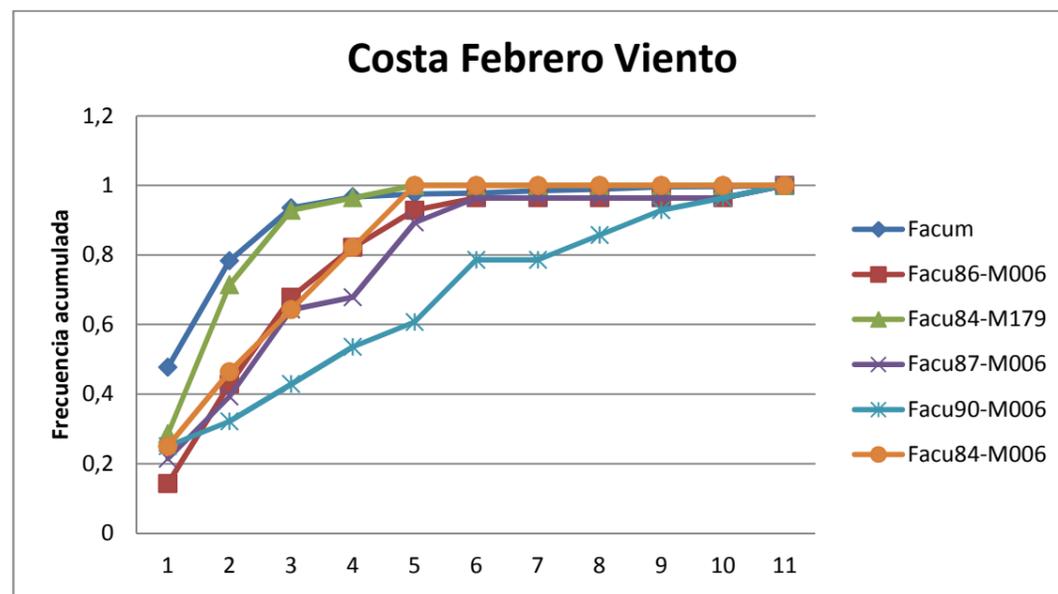
**Figura 81.** Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura mínima



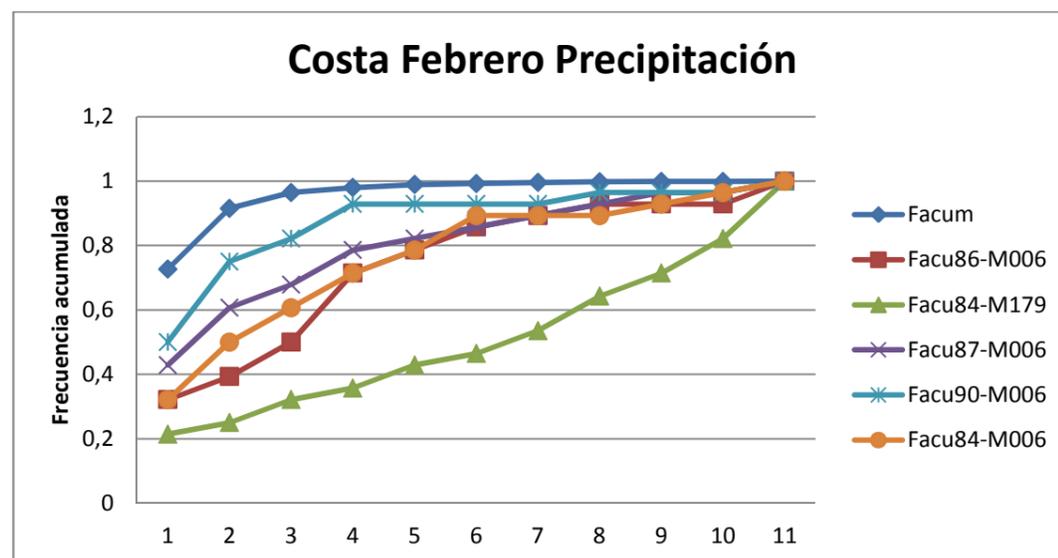
**Figura 82.** Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura media



**Figura 83.** Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura máxima

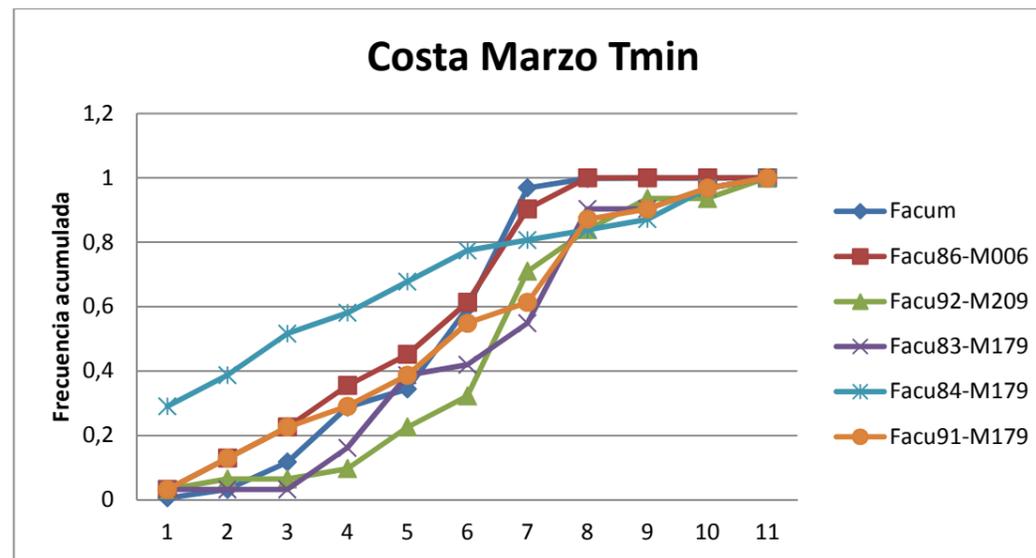


**Figura 84.** Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con el viento

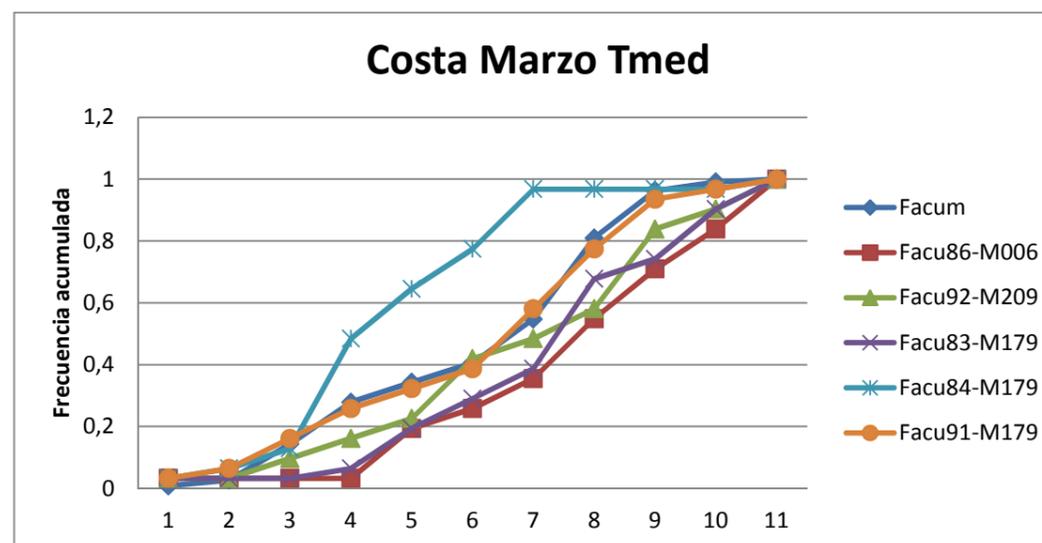


**Figura 85.** Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la precipitación

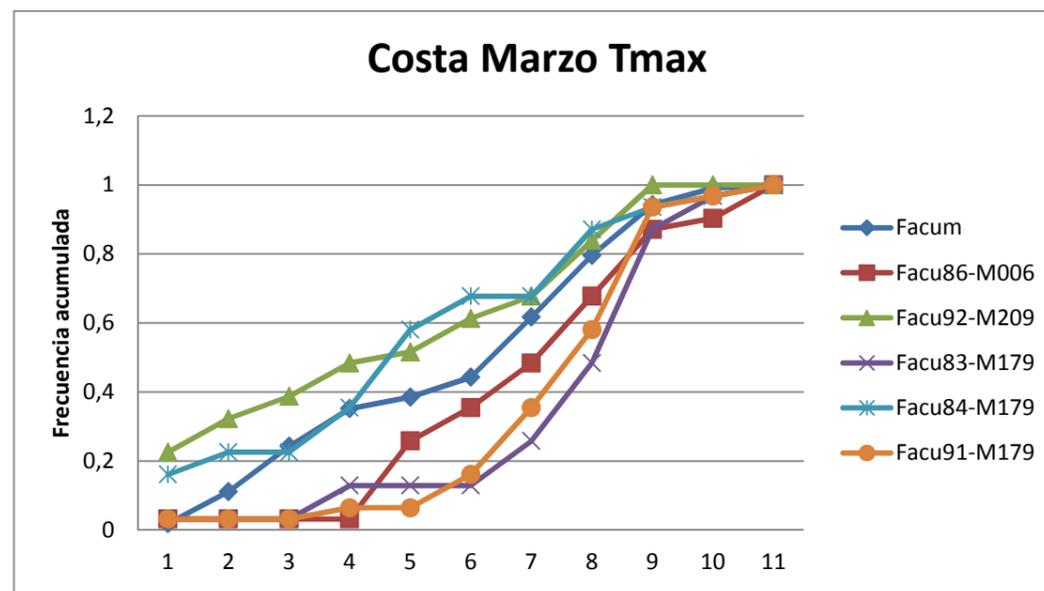
**3.3.2.3. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Marzo en la Costa**



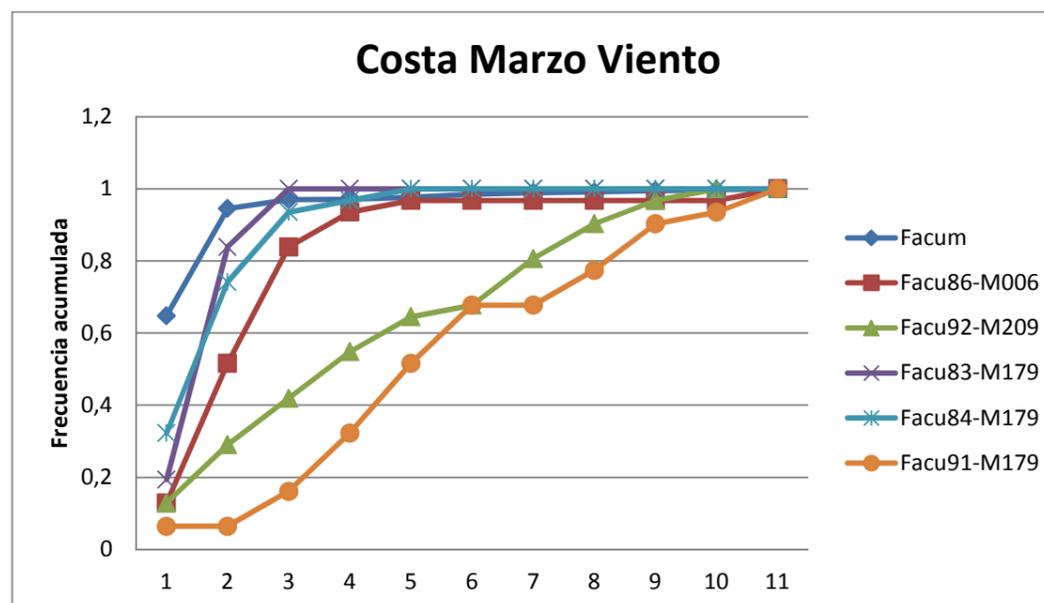
**Figura 86.** Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura mínima



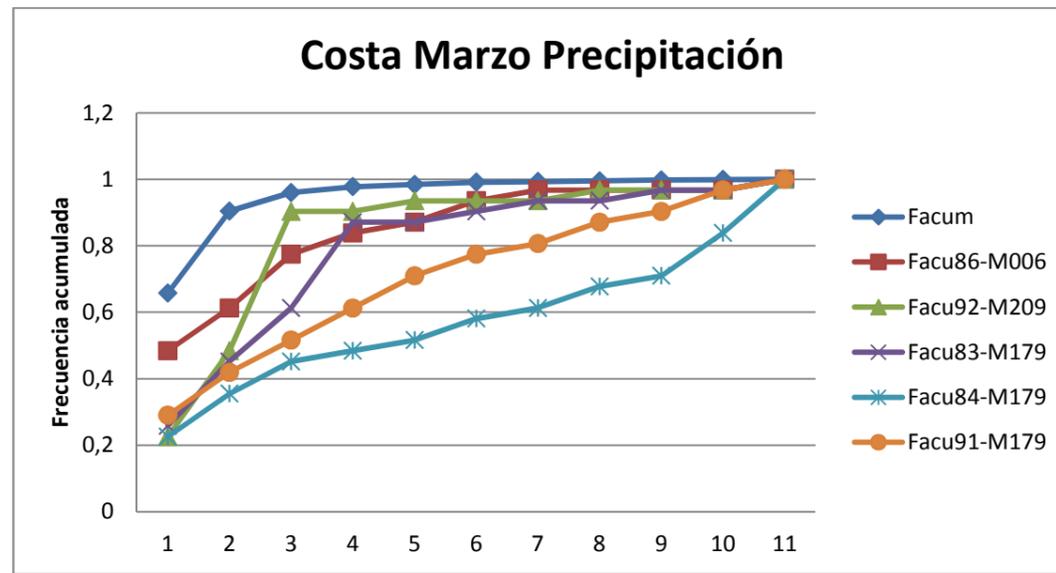
**Figura 87.** Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura media



**Figura 88.** Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura máxima

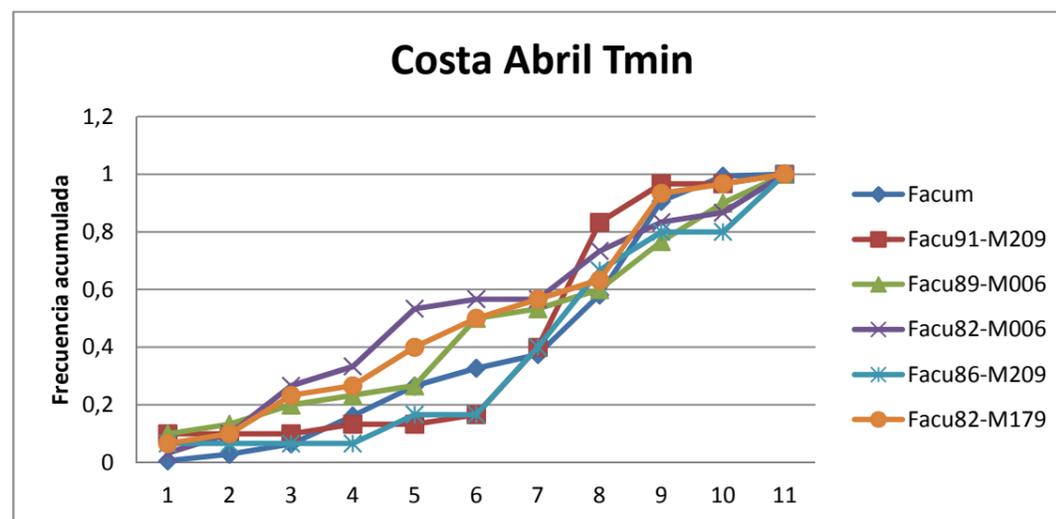


**Figura 89.** Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con el viento

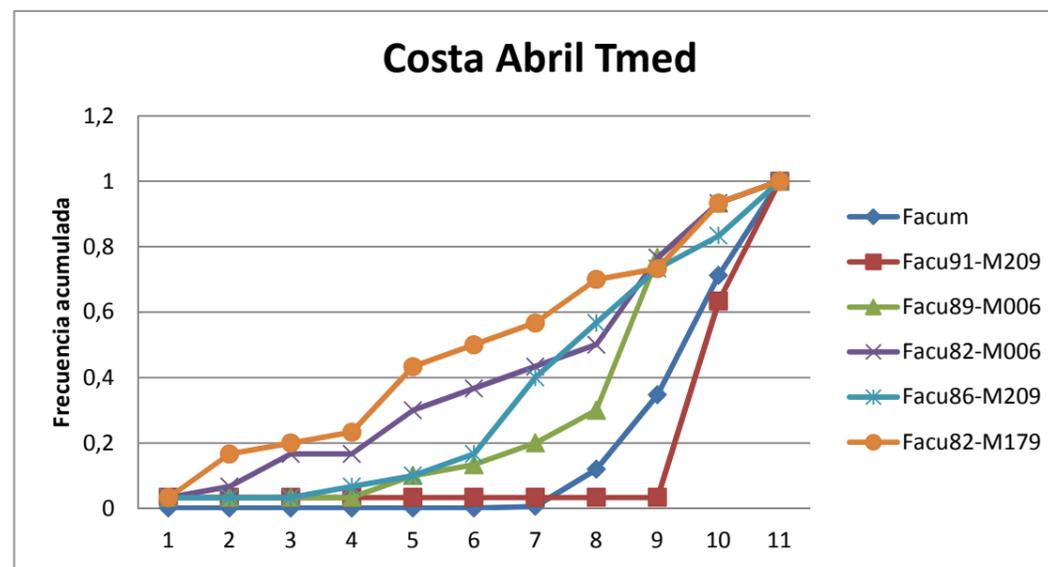


**Figura 90.** Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la precipitación

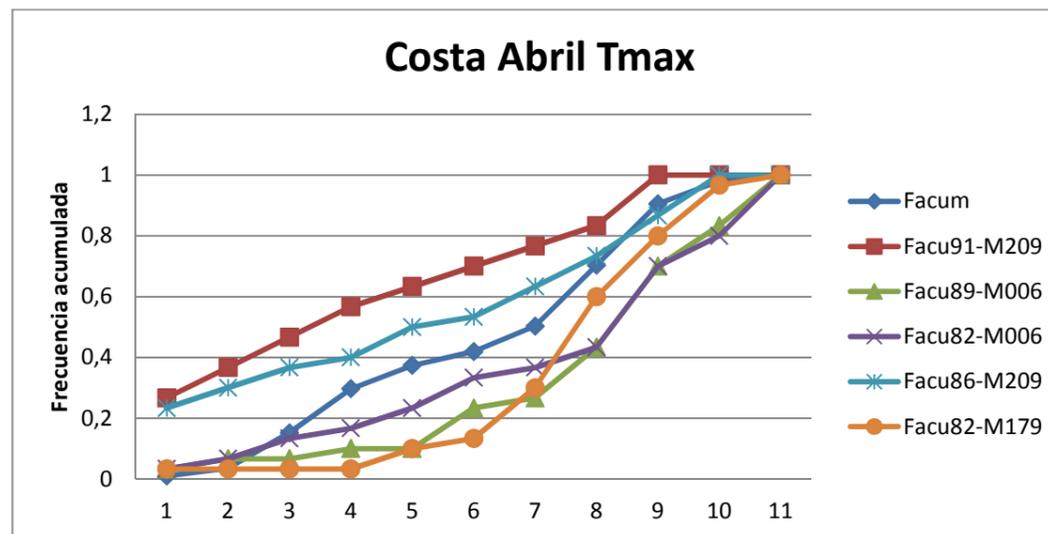
**3.3.2.4. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Abril en la Costa**



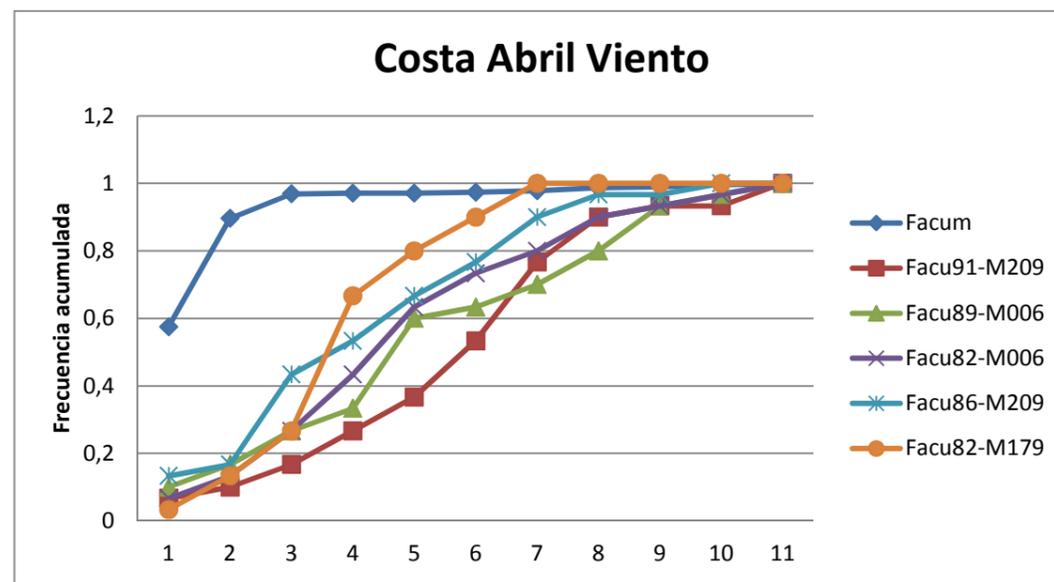
**Figura 91.** Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura mínima



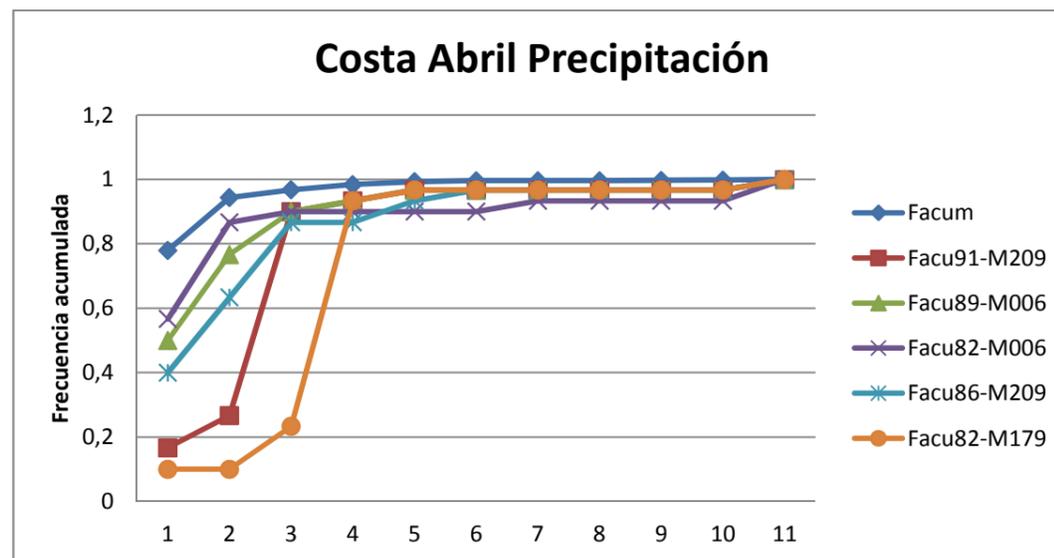
**Figura 92.** Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura media



**Figura 93.** Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura máxima

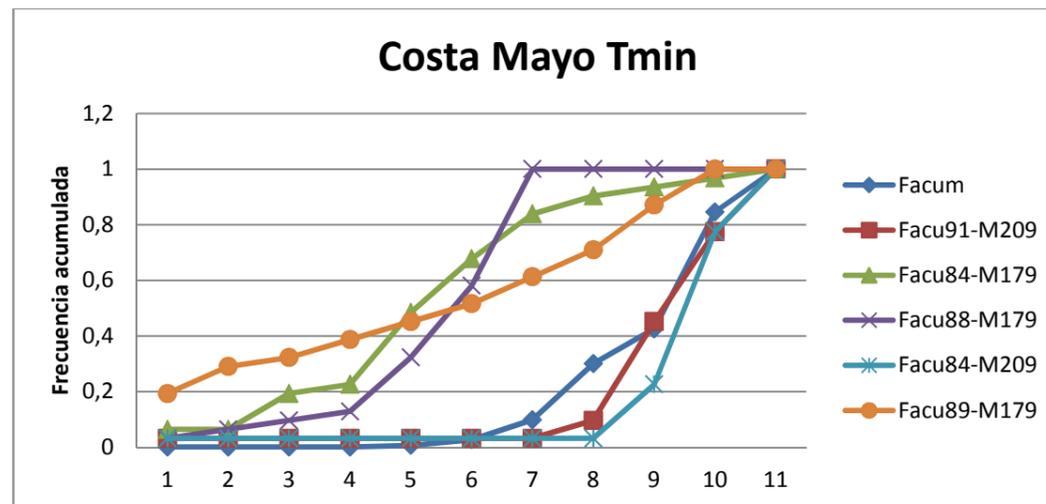


**Figura 94.** Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con el viento

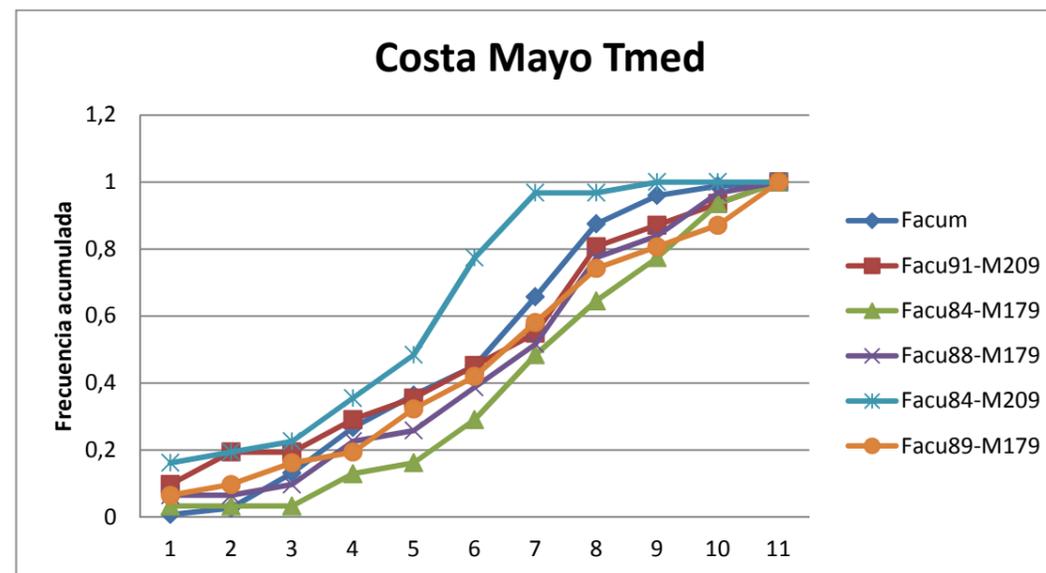


**Figura 95.** Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la precipitación

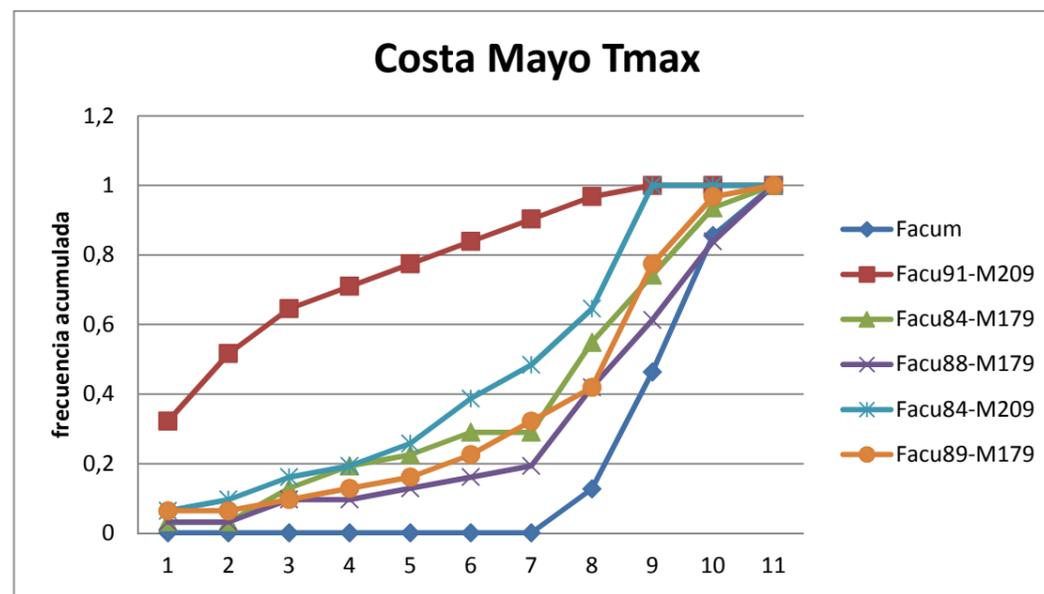
**3.3.2.5. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Mayo en la Costa**



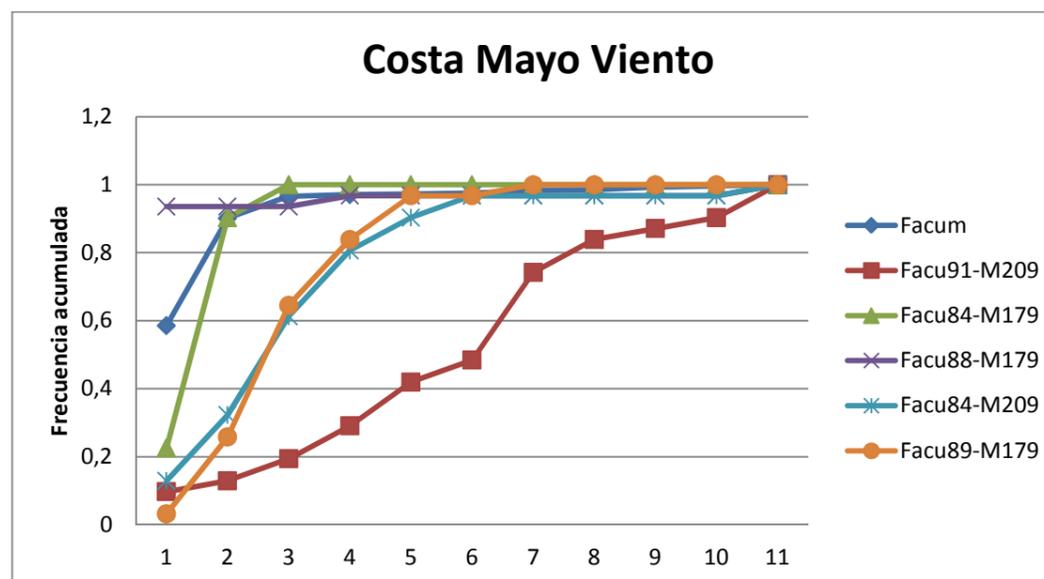
**Figura 96.** Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura mínima



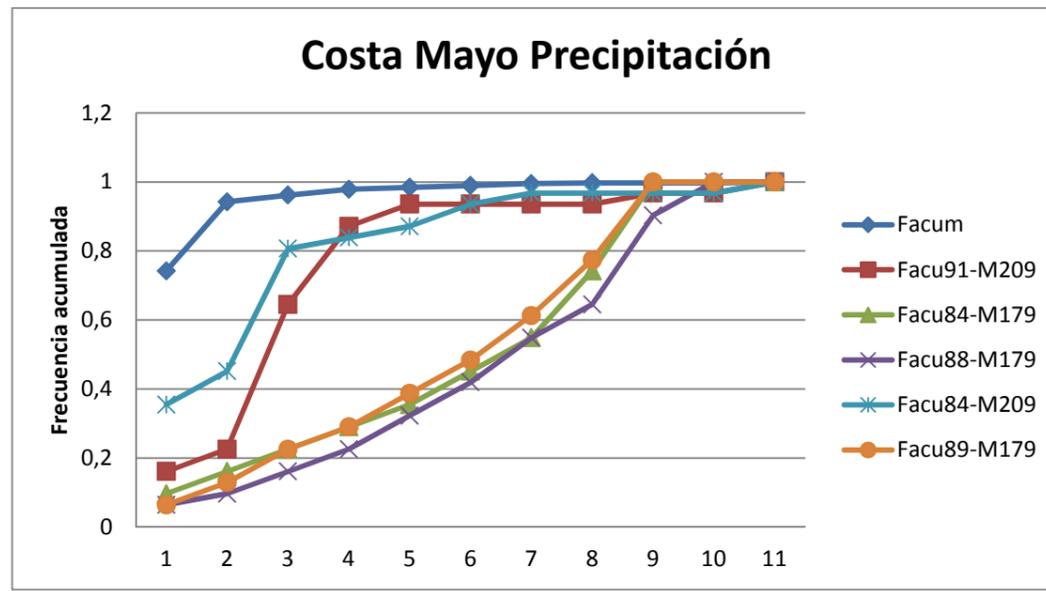
**Figura 97.** Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura media



**Figura 98.** Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura máxima

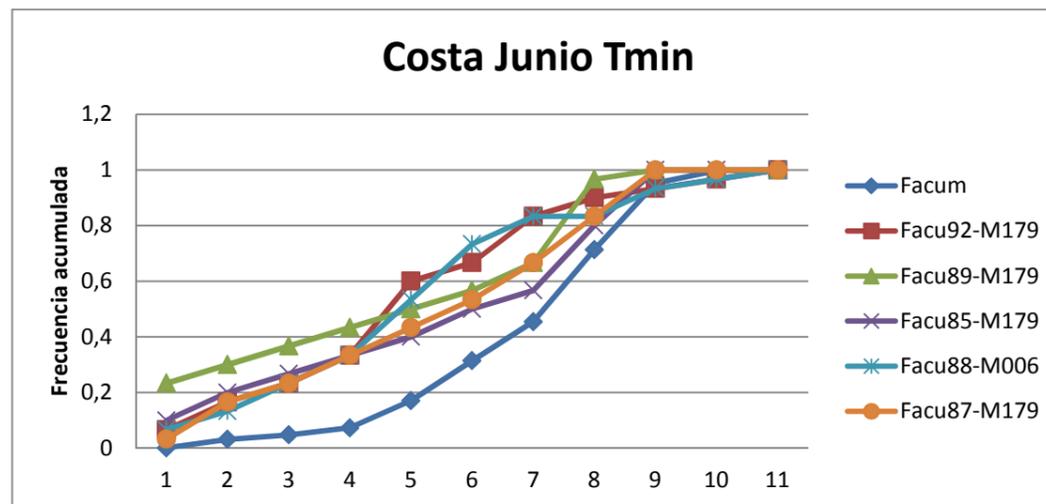


**Figura 99.** Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con el viento

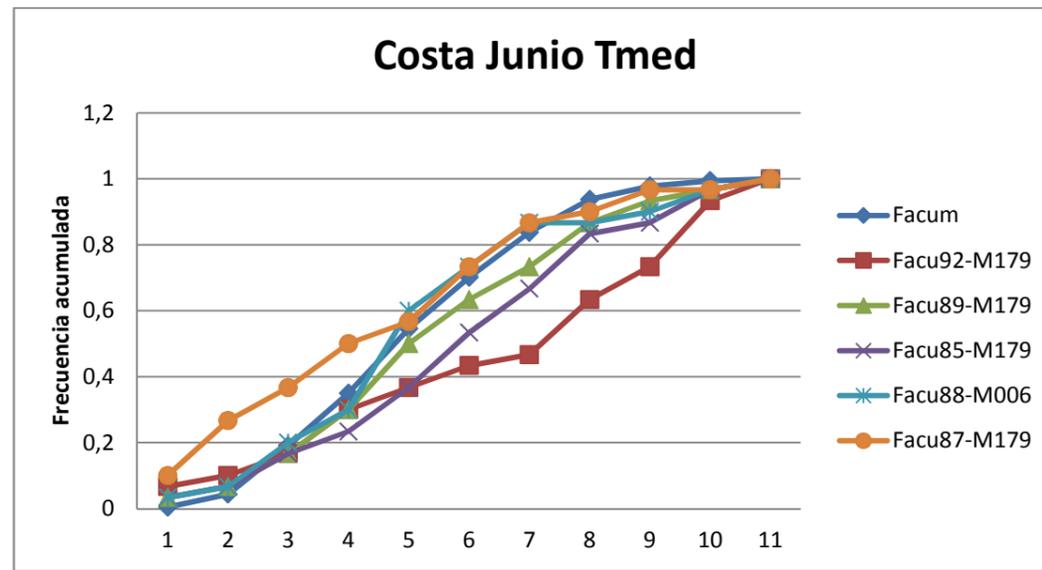


**Figura 100.** Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la precipitación

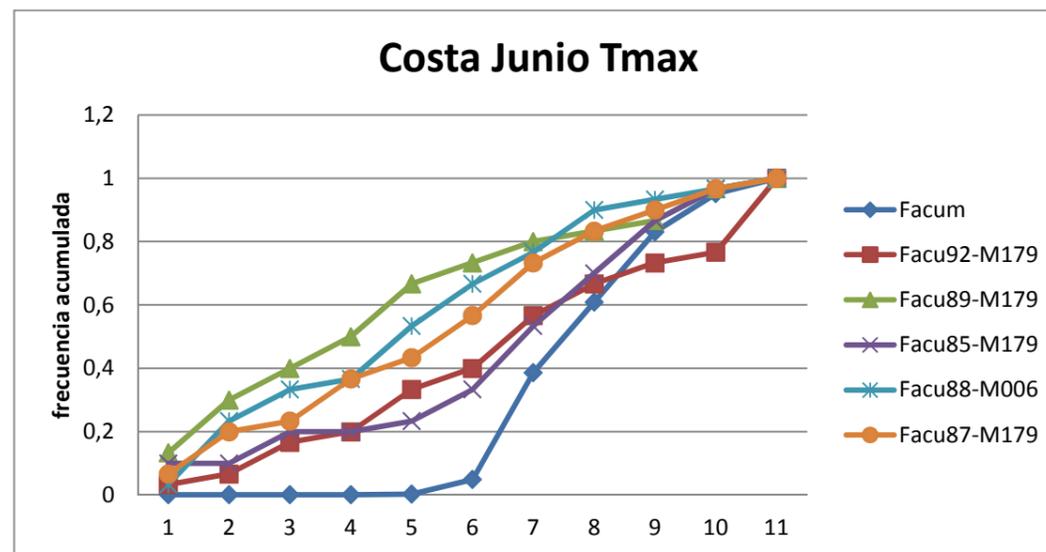
**3.3.2.6. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Junio en la Costa**



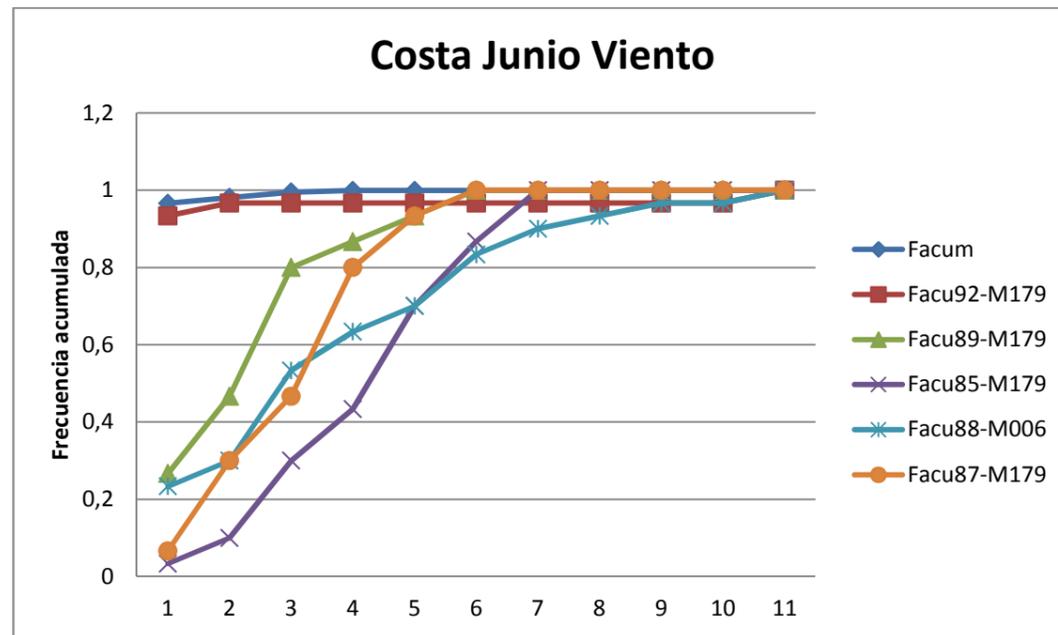
**Figura 101.** Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura mínima



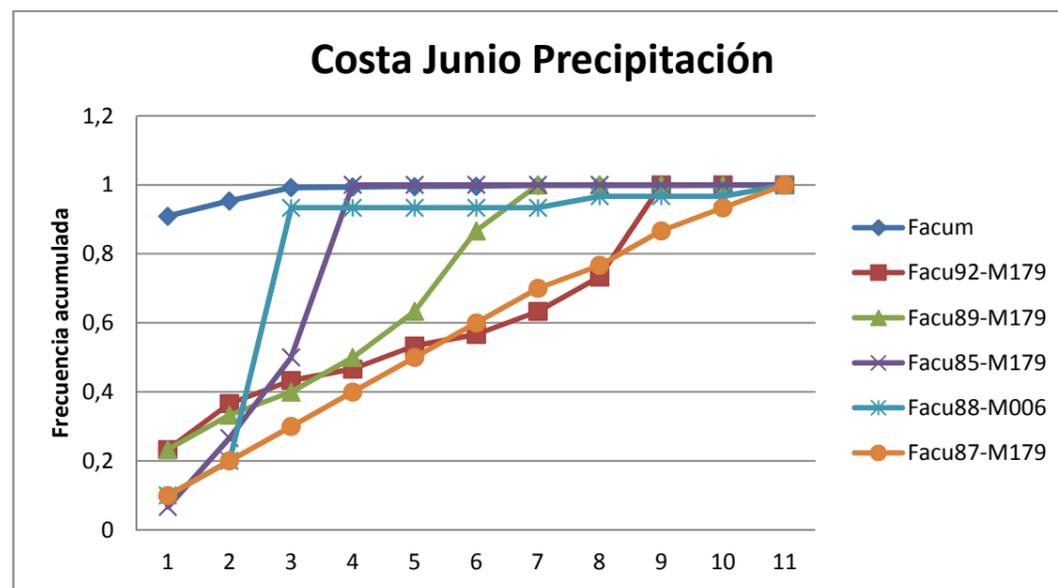
**Figura 102.** Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura media



**Figura 103.** Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura máxima

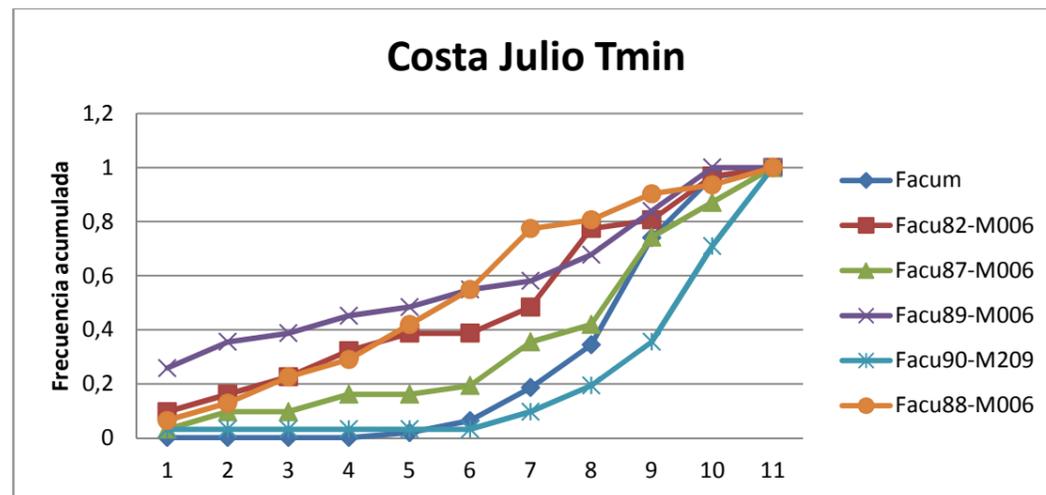


**Figura 104.** Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con el viento

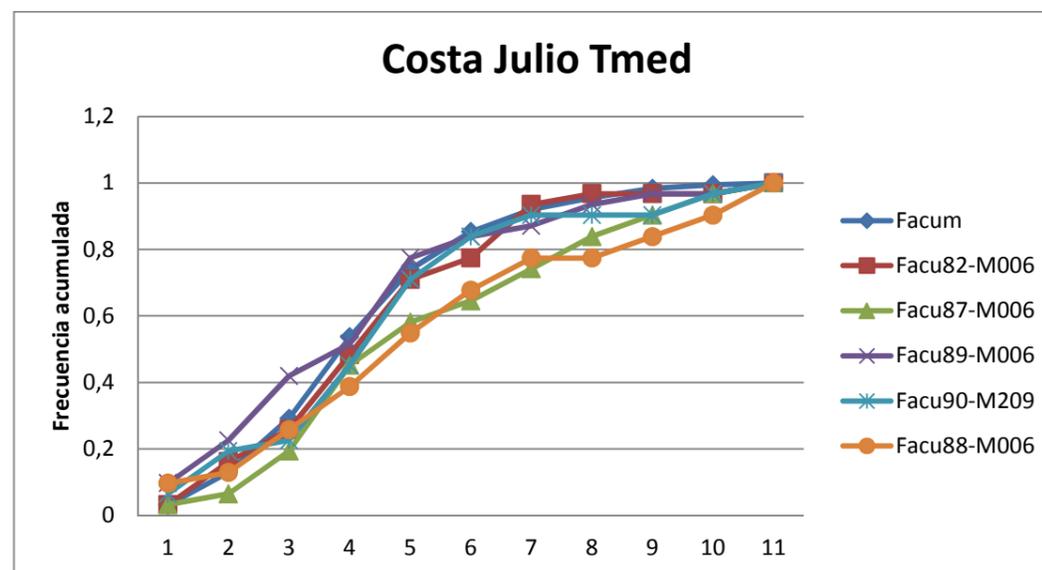


**Figura 105.** Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la precipitación

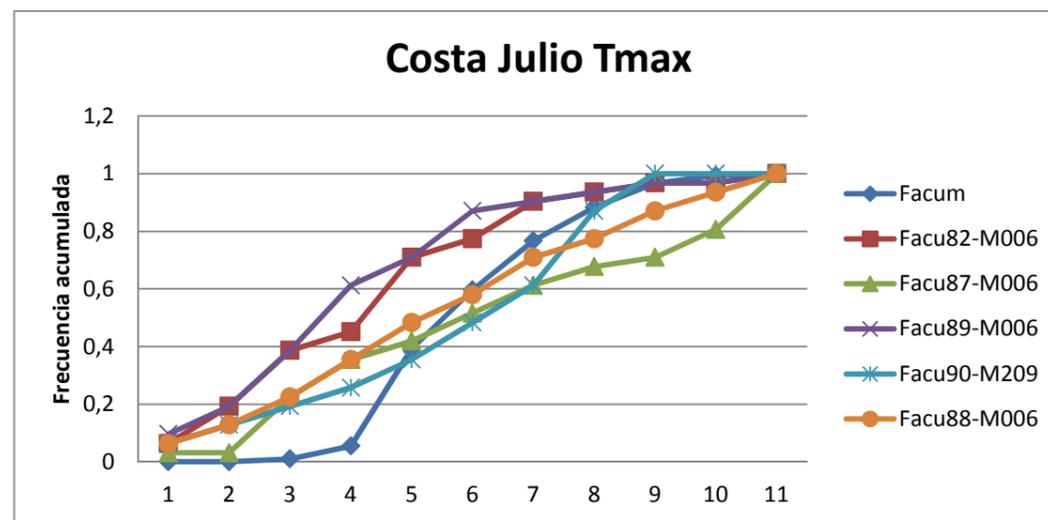
**3.3.2.7. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Julio en la Costa**



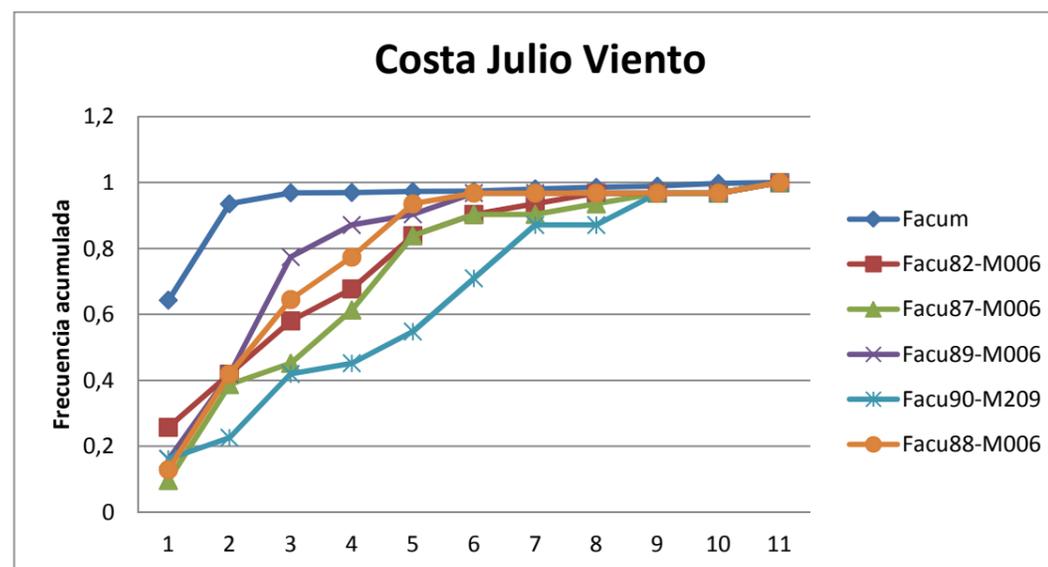
**Figura 106.** Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura mínima



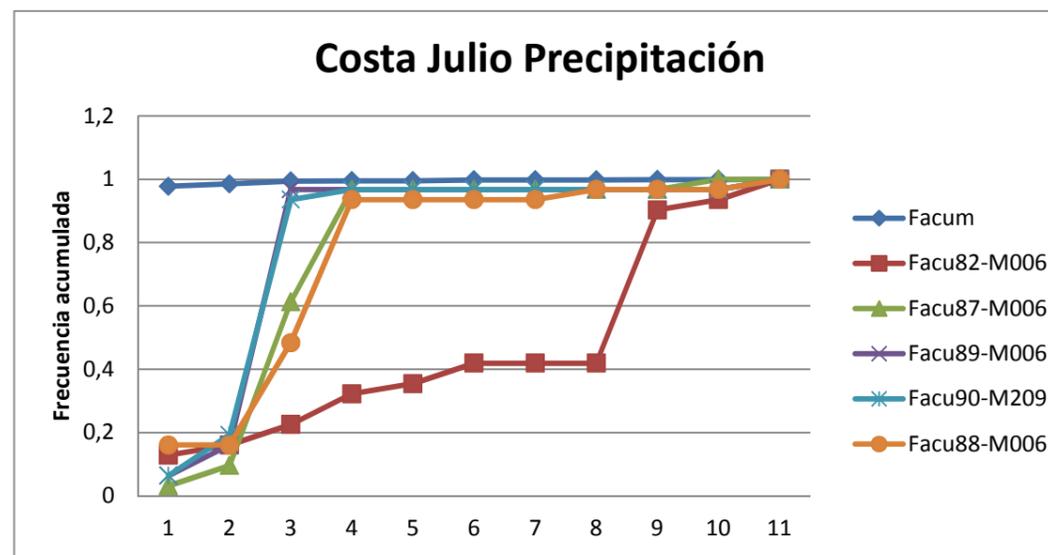
**Figura 107.** Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura media



**Figura 108.** Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura máxima

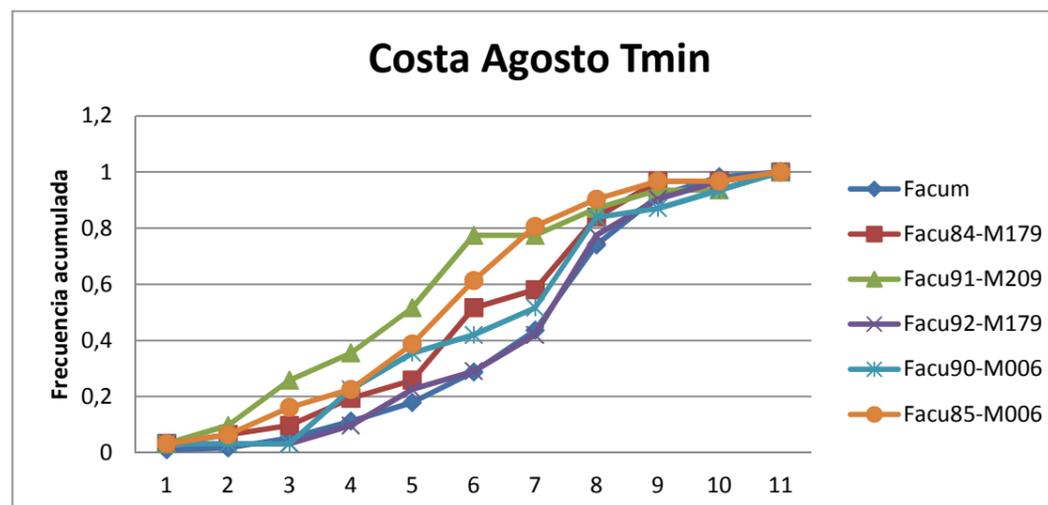


**Figura 109.** Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con el viento

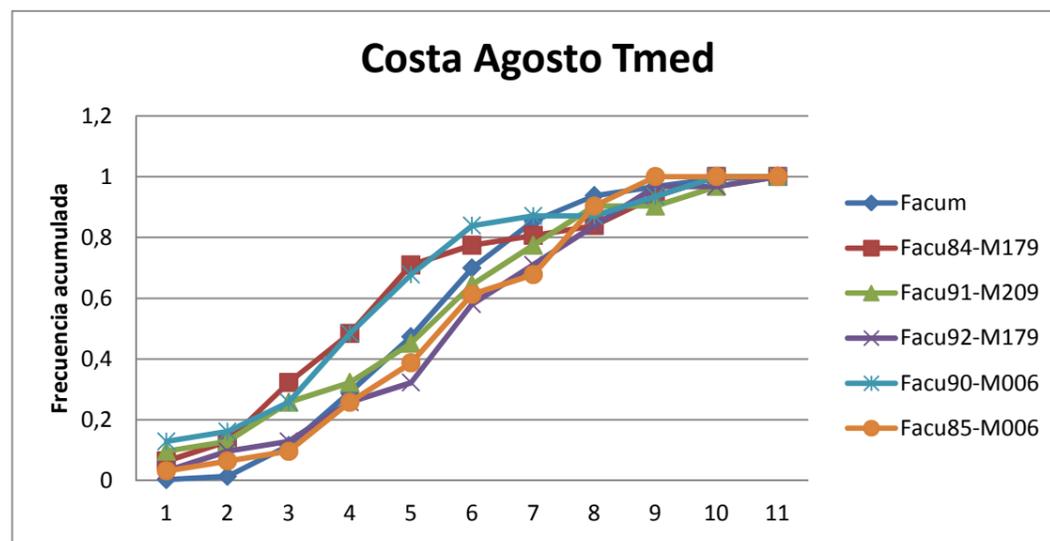


**Figura 110.** Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la precipitación

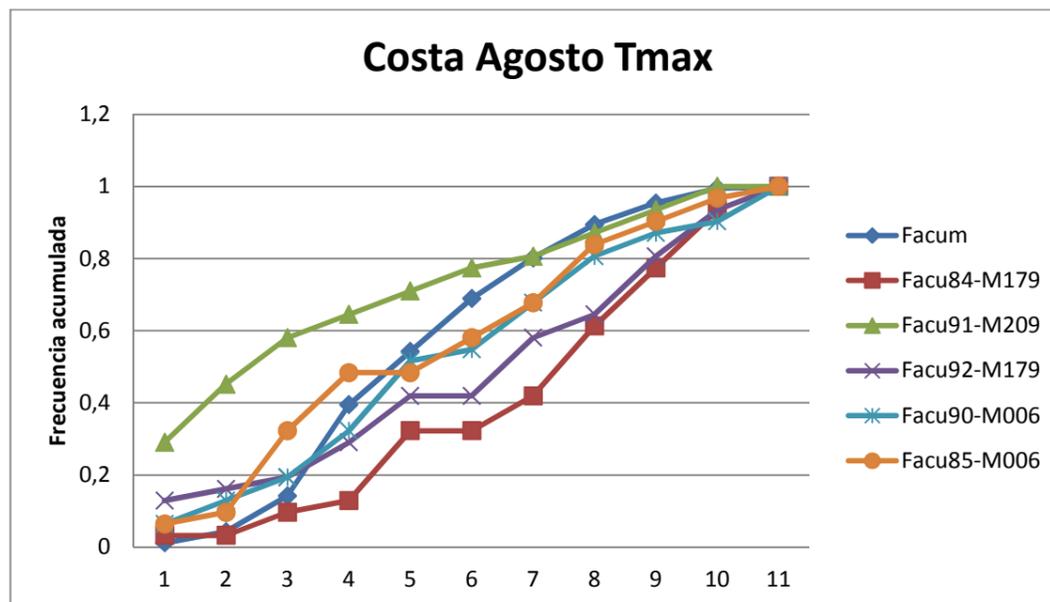
### 3.3.2.8. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Agosto en la Costa



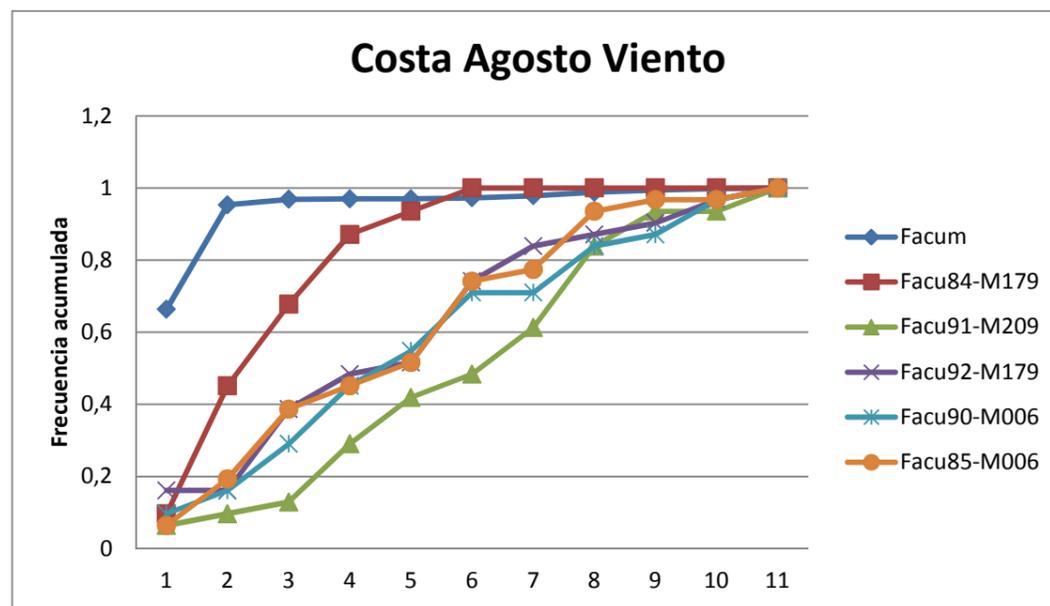
**Figura 111.** Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura mínima



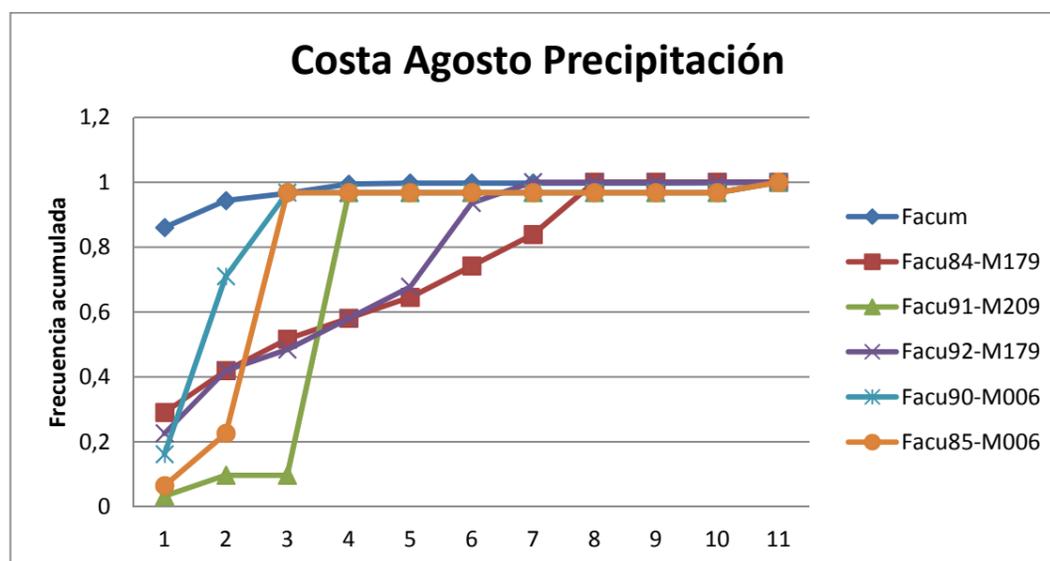
**Figura 112.** Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura media



**Figura 113.** Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura máxima

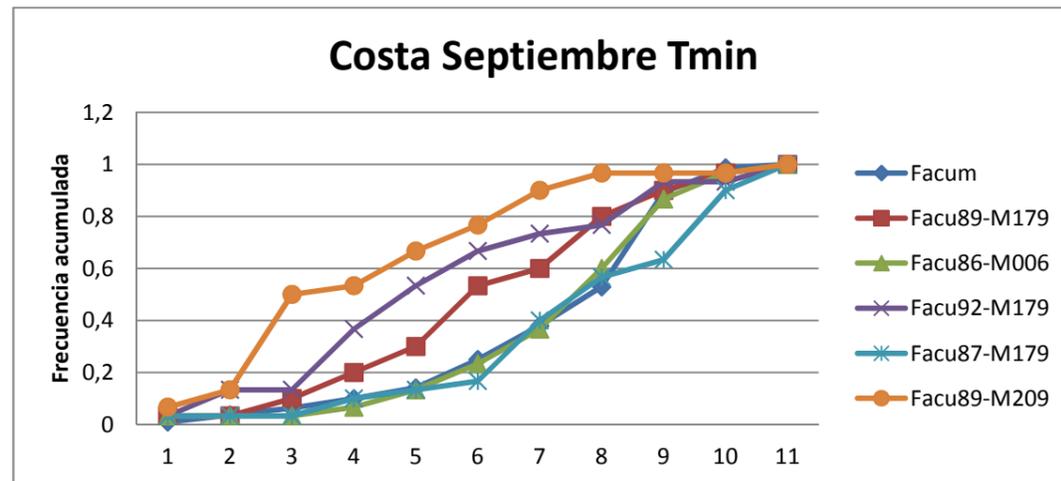


**Figura 114.** Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con el viento

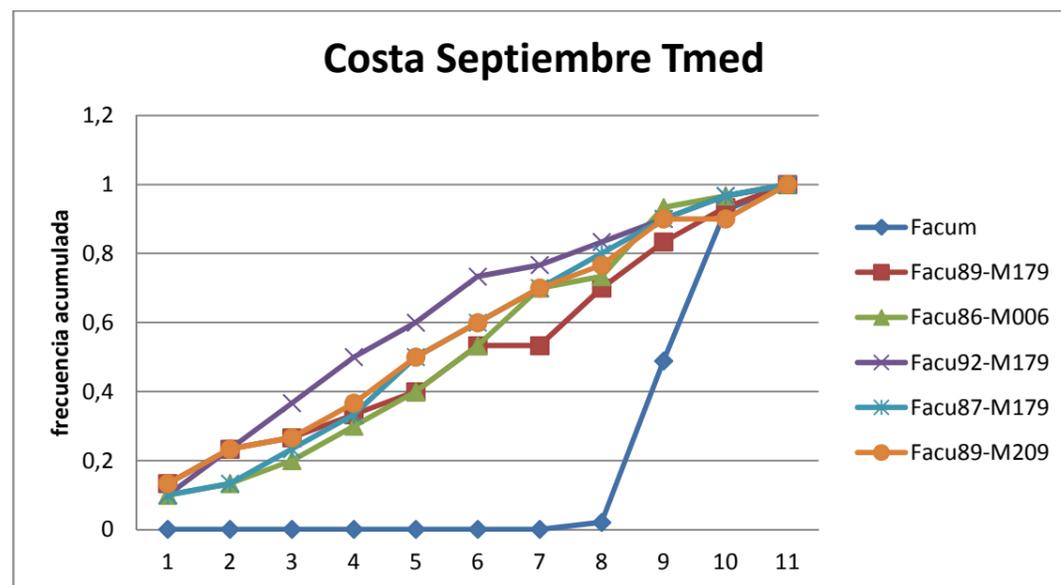


**Figura 115.** Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la precipitación

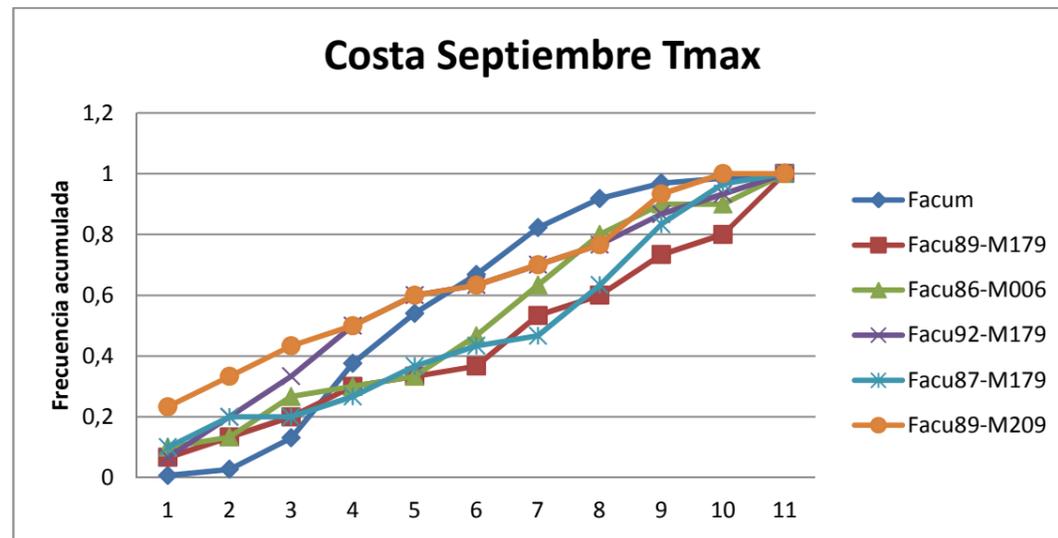
**3.3.2.9. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Septiembre en la Costa**



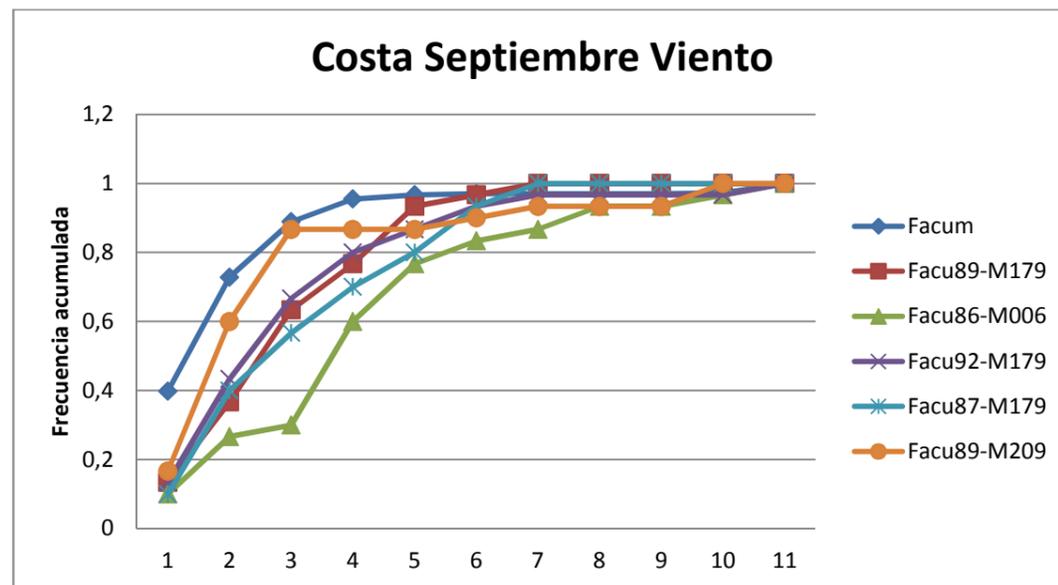
**Figura 116.** Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura mínima



**Figura 117.** Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura media



**Figura 118.** Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura máxima



**Figura 119.** Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con el viento

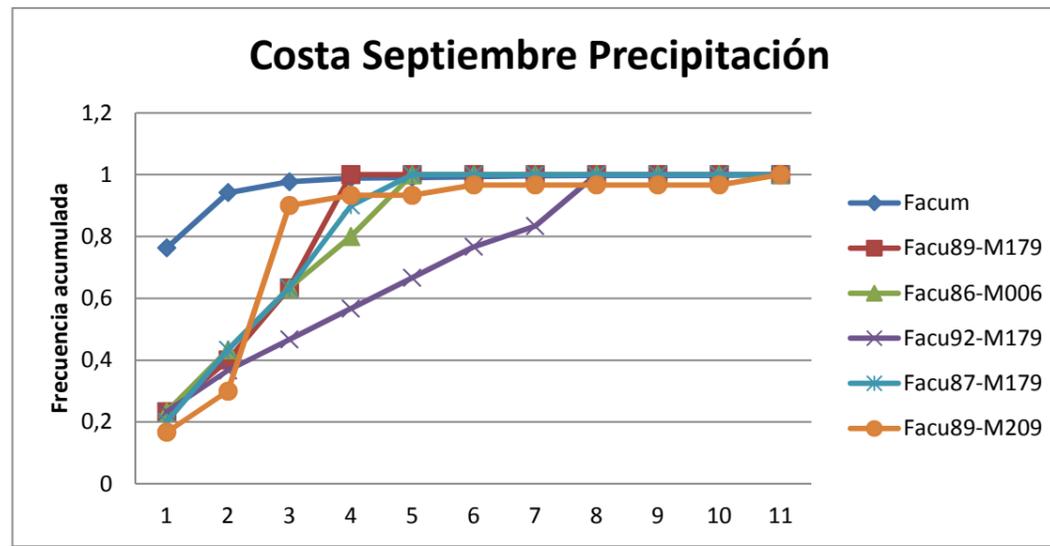


Figura 120. Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la precipitación

3.3.2.10. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Octubre en la Costa

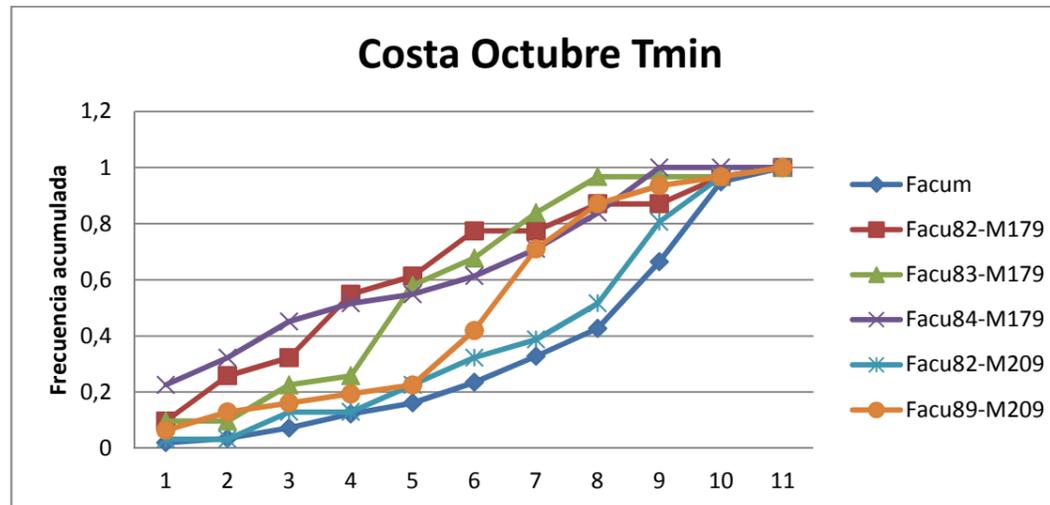
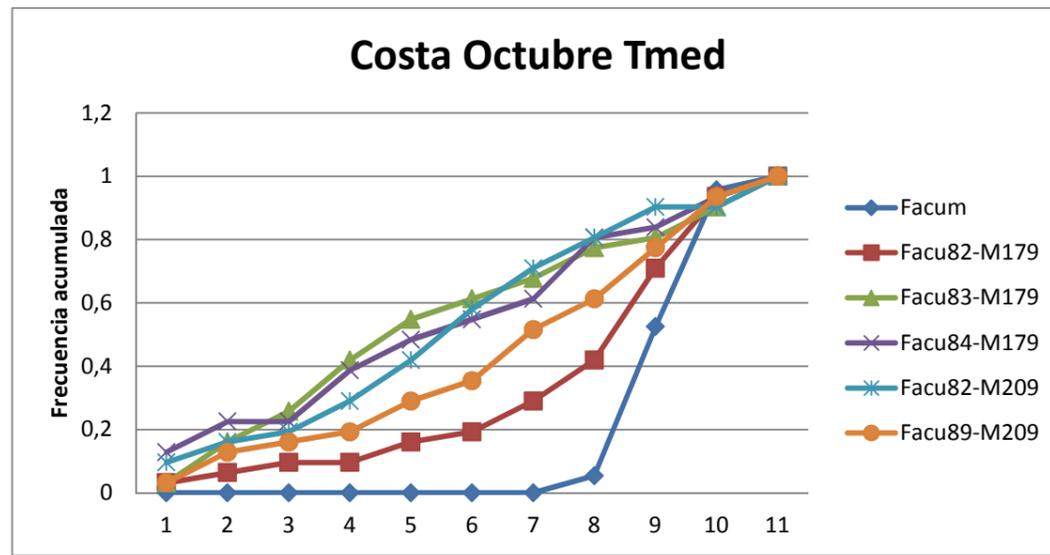
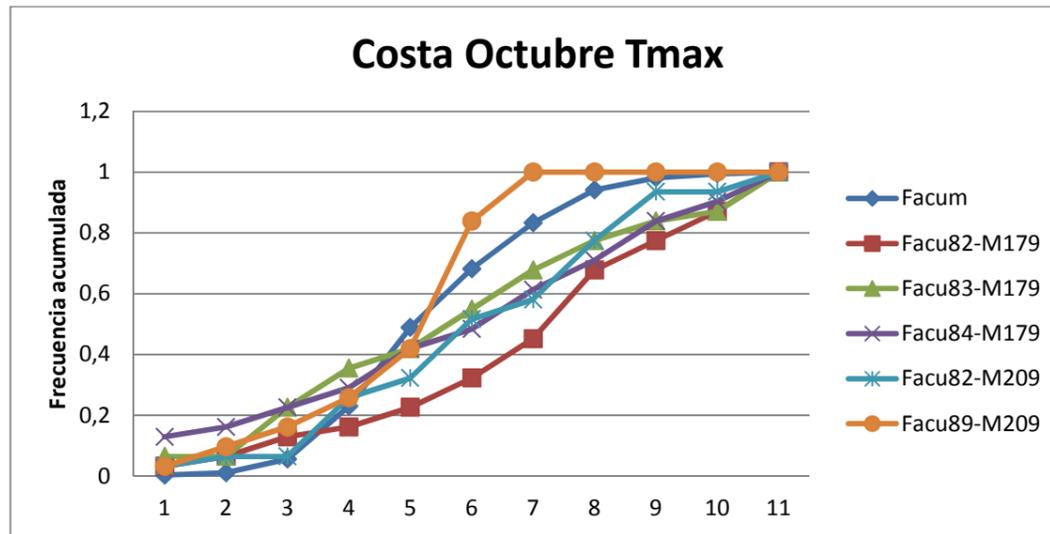


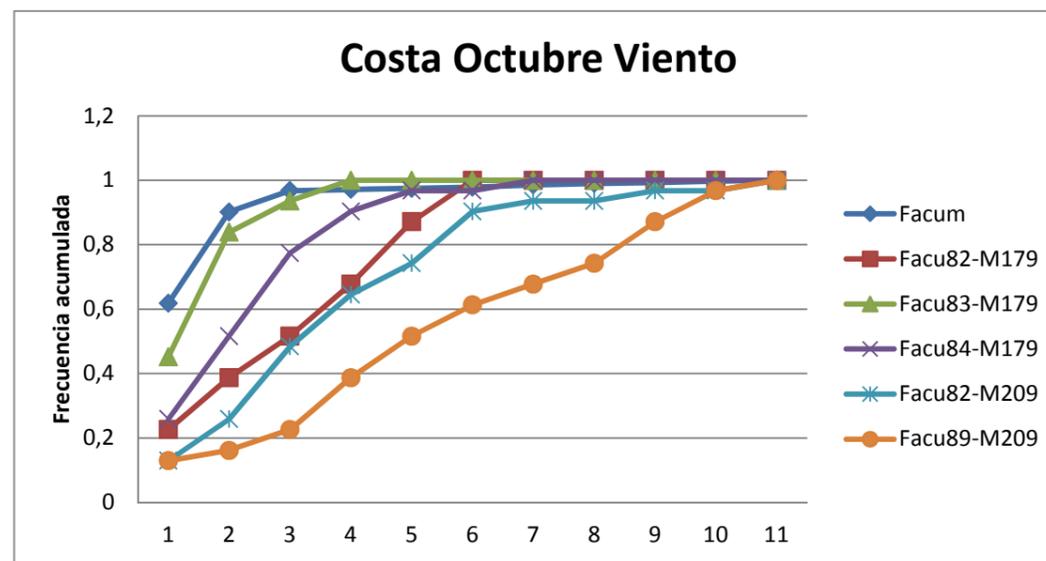
Figura 121. Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura mínima



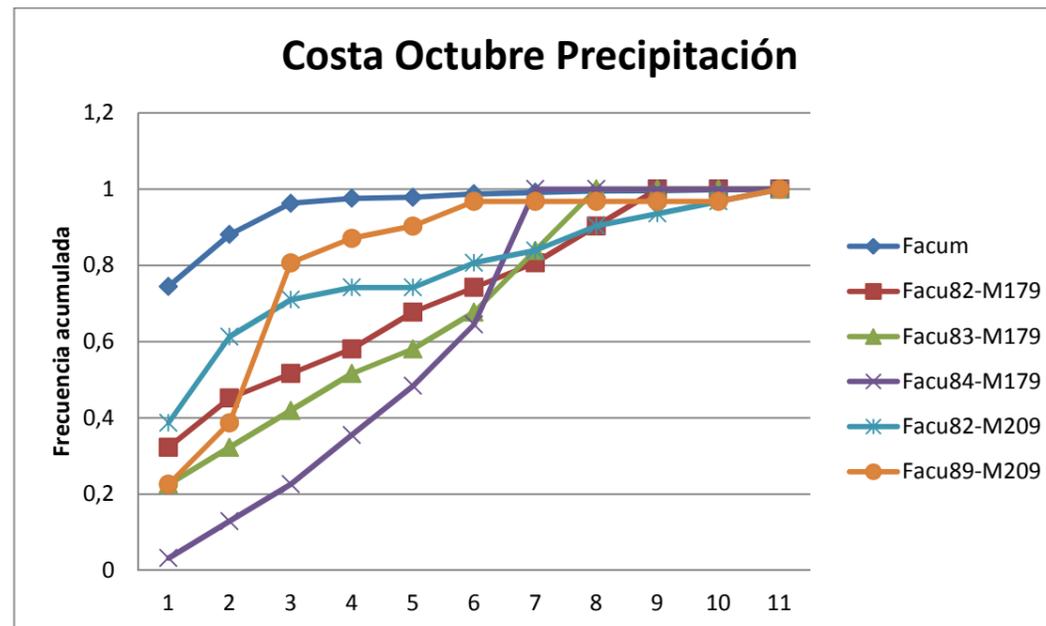
**Figura 122.** Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura media



**Figura 123.** Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura máxima



**Figura 124.** Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con el viento

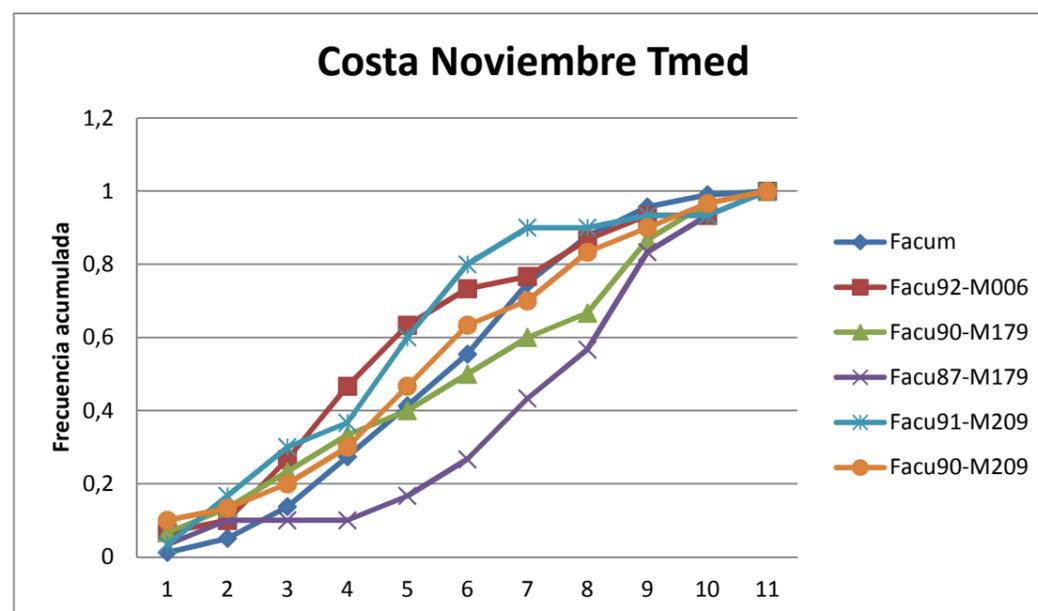


**Figura 125.** Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la precipitación

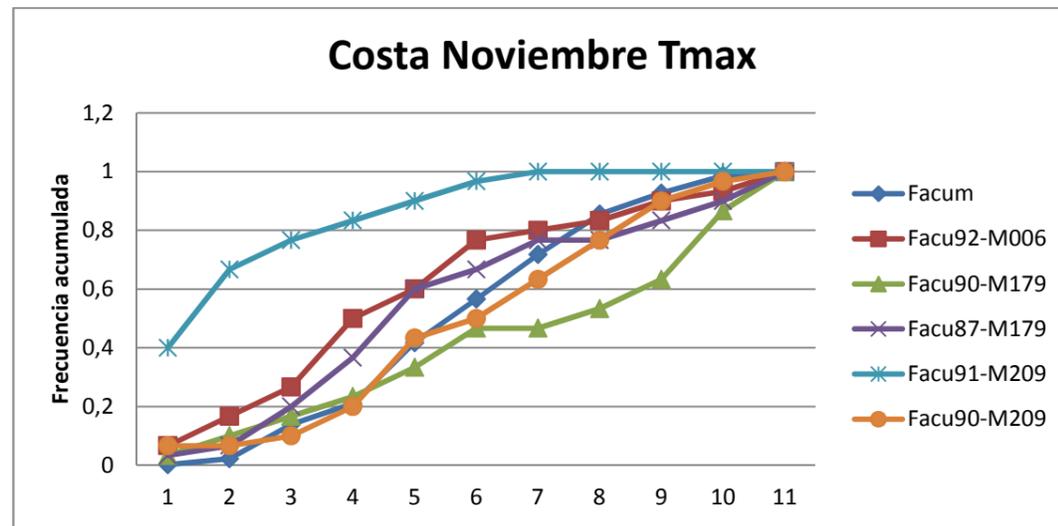
**3.3.2.11. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Noviembre en la Costa**



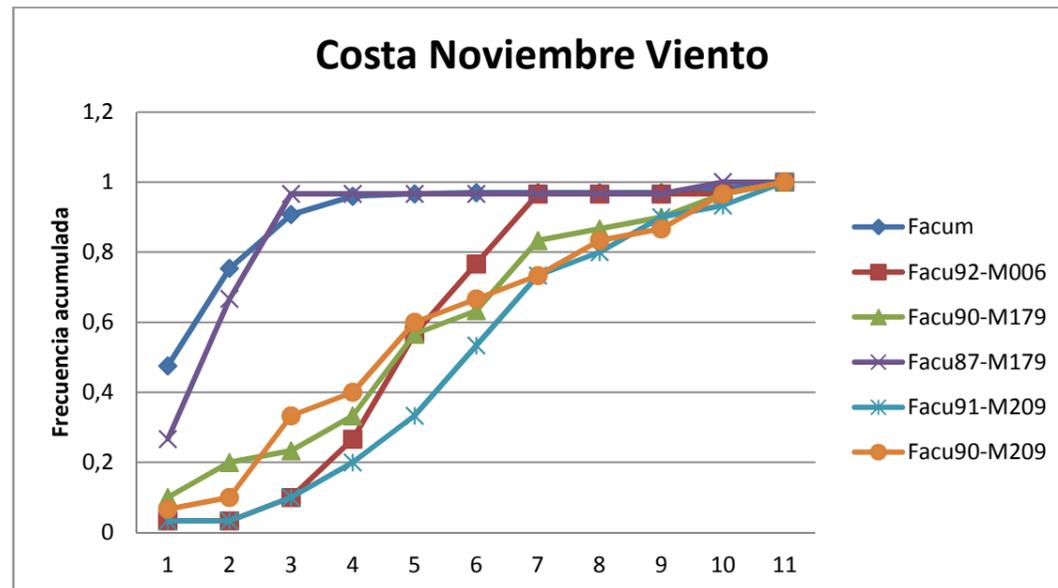
**Figura 126.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura mínima



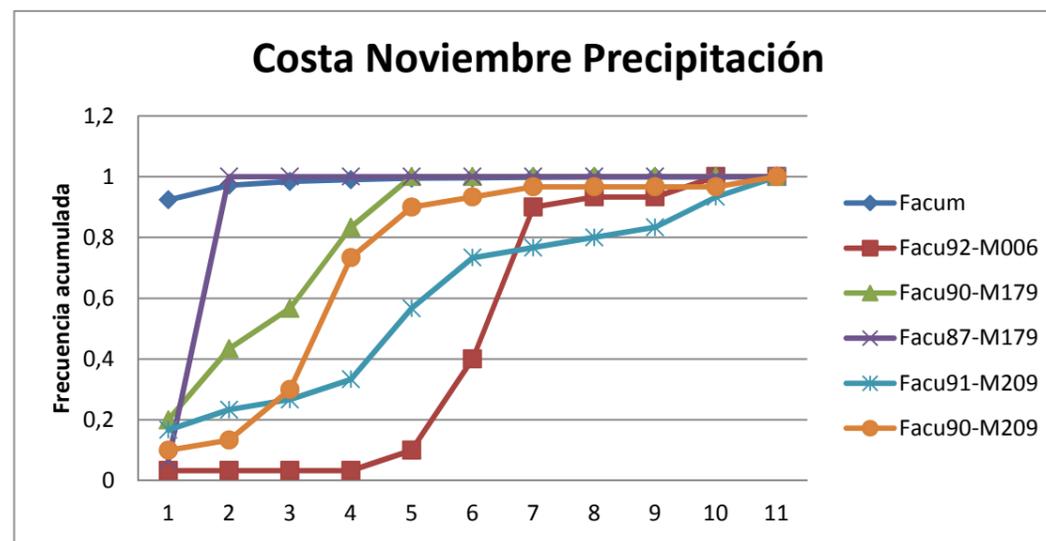
**Figura 127.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura media



**Figura 128.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura máxima

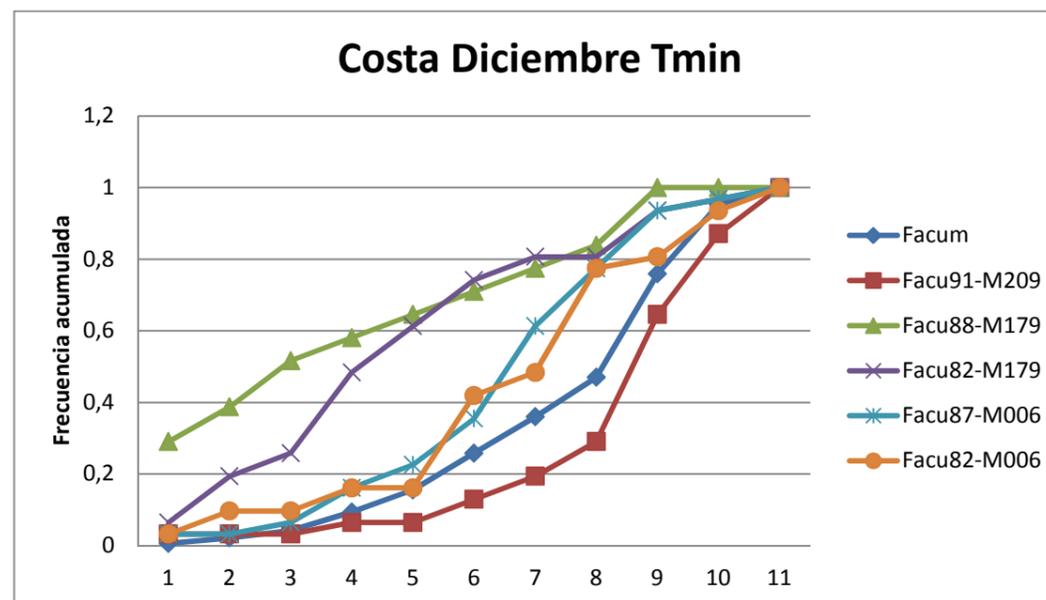


**Figura 129.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con el viento

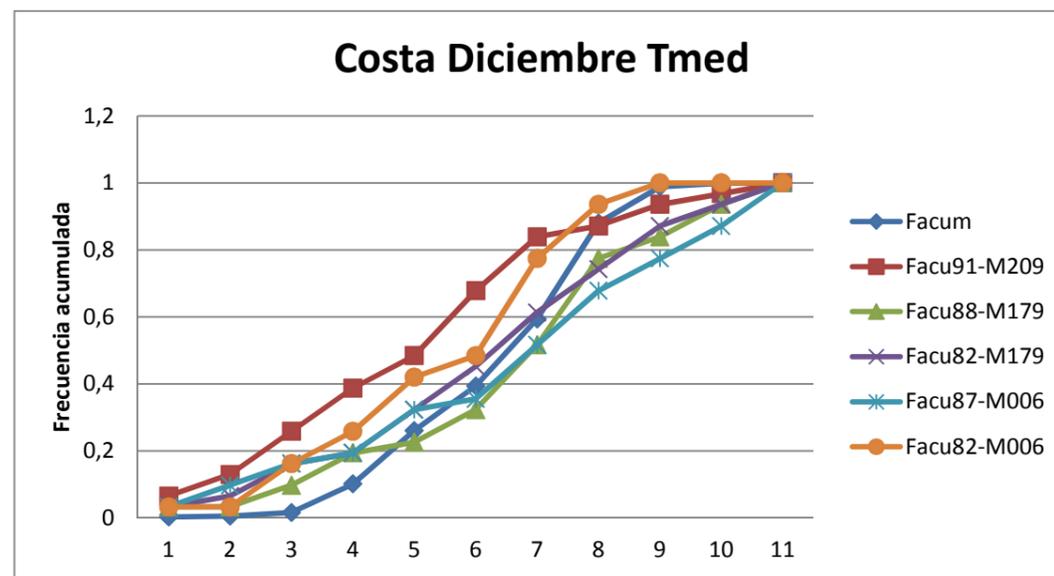


**Figura 130.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la precipitación

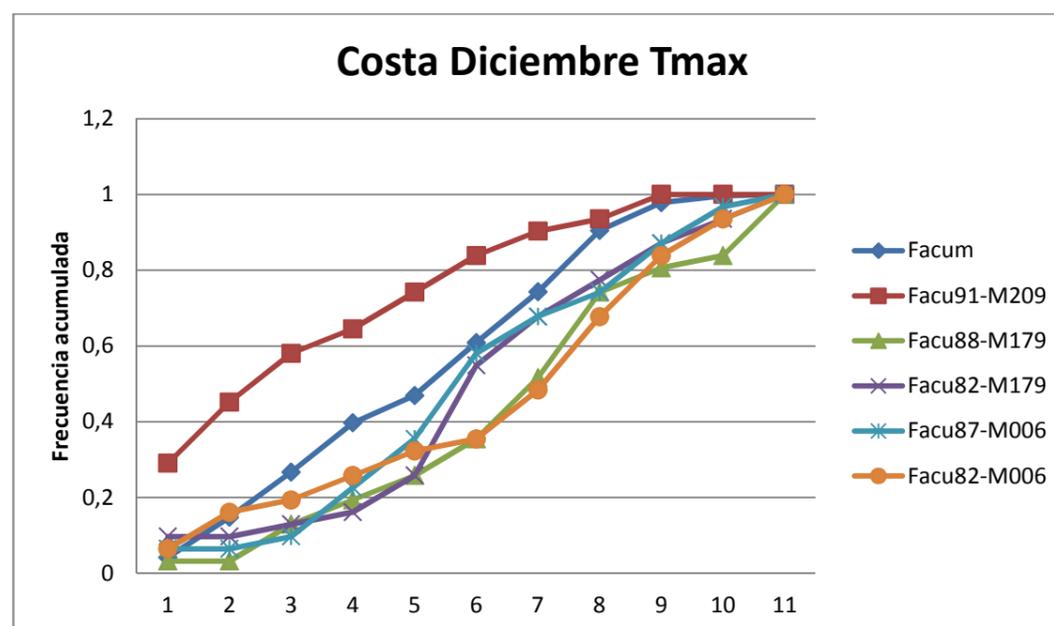
#### 3.3.2.12. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Diciembre en la Costa



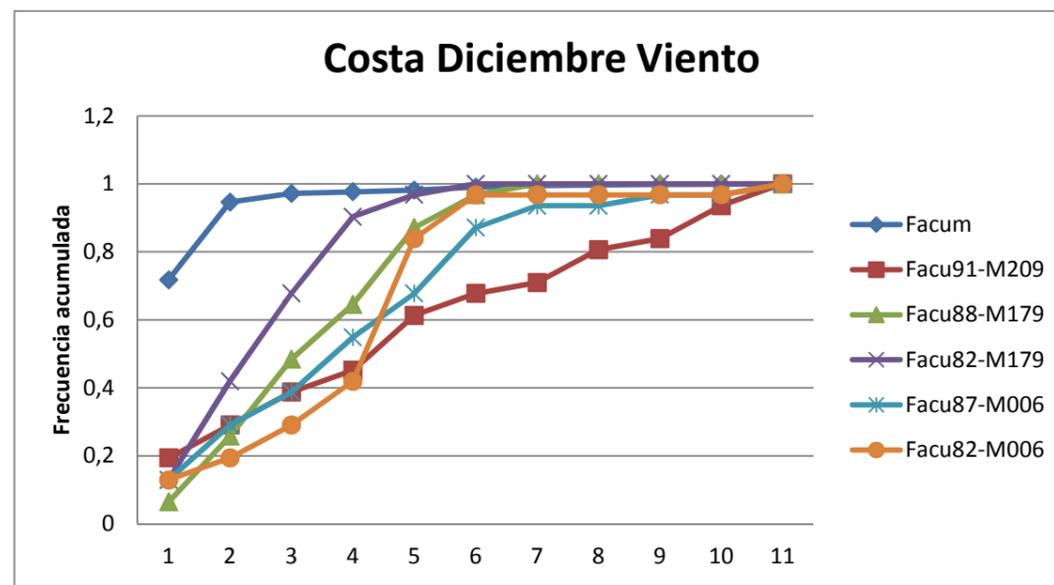
**Figura 131.** Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura mínima



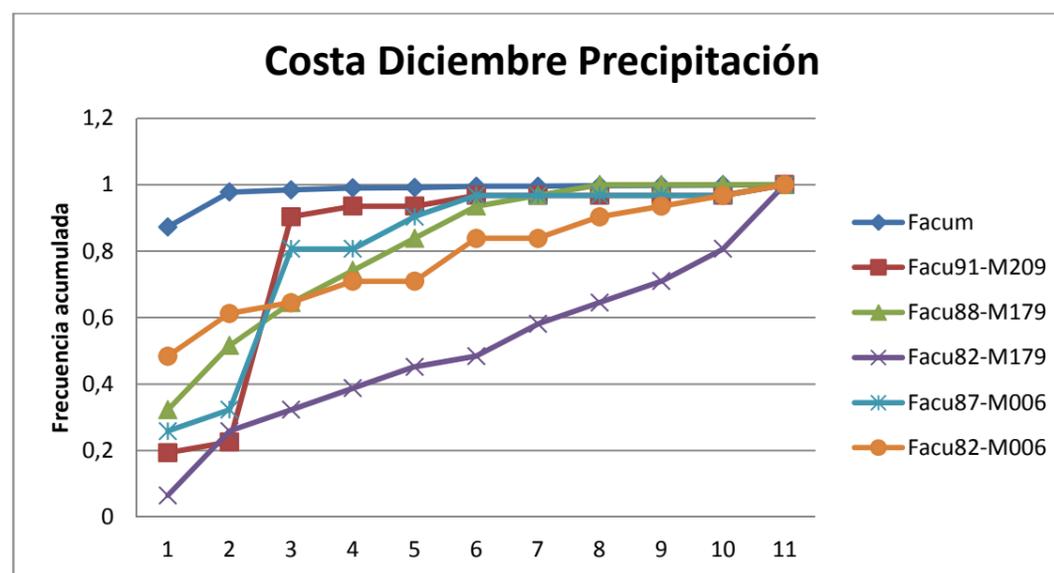
**Figura 132.** Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura media



**Figura 133.** Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura máxima



**Figura 134.** Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con el viento



**Figura 135.** Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la precipitación

### 3.4. Índices ponderados WS del Oriente para formar del año típico meteorológico

El análisis se hizo uniendo todos los parámetros en un solo índice para tener mejor representatividad y que pueda expresar mejor las características de la zona en su totalidad.

En las siguientes tablas se puede encontrar los WS para todos los meses del Oriente con el fin de construir el año meteorológico típico.

**Tabla 30.** Índices ponderados WS para el Oriente para el primer bimestre del año típico meteorológico

	Enero				Febrero		
Estación	M007	M172	M189	Estación	M007	M172	M189
Año				Año			
1988	0,200	0,300	0,259	1988	0,238	0,319	0,273
1989	0,200	0,240	0,202	1989	0,207	0,238	0,228
1990	0,222	0,272	0,171	1990	0,214	0,298	0,222
1991	0,159	0,225	0,210	1991	0,203	0,293	0,240
1992	0,210	0,244	0,183	1992	0,259	0,303	0,195
1993	0,183	0,258	0,167	1993	0,201	0,258	0,223
1994	0,183	0,211	0,249	1994	0,238	0,203	0,186
1995	0,218	0,234	0,271	1995	0,311	0,244	0,181
1996	0,197	0,220	0,200	1996	0,195	0,210	0,197
1997	0,256	0,219	0,193	1997	0,220	0,311	0,245
1998	0,226	0,275	0,225	1998	0,204	3,259	0,205

**Tabla 31.** Índices ponderados WS para el Oriente para el segundo bimestre del año típico meteorológico

		Marzo					Abril		
Estación	M007	M172	M189	Estación	M007	M172	M189		
Año				Año					
1988	0,226	0,287	0,205	1988	0,225	0,314	0,225		
1989	0,213	0,233	0,197	1989	0,234	0,250	0,263		
1990	0,183	0,272	0,214	1990	0,250	0,309	0,193		
1991	0,209	0,232	0,177	1991	0,228	0,272	0,222		
1992	0,220	0,273	0,244	1992	0,227	0,239	0,286		
1993	0,206	0,256	0,178	1993	0,209	0,269	0,271		
1994	0,177	0,214	0,242	1994	0,277	0,264	0,221		
1995	0,242	0,192	0,179	1995	0,288	0,262	0,216		
1996	0,185	0,261	0,211	1996	0,202	0,262	0,214		
1997	0,238	0,240	0,185	1997	0,225	0,292	0,258		
1998	0,226	0,207	0,223	1998	0,186	0,264	0,258		

**Tabla 32.** Índices ponderados WS para el Oriente para el tercer bimestre del año típico meteorológico

		Mayo					Junio		
Estación	M007	M172	M189	Estación	M007	M172	M189		
Año				Año					
1988	0,211	0,316	0,239	1988	0,210	0,293	0,196		
1989	0,231	0,246	0,226	1989	0,188	0,267	0,243		
1990	0,183	0,268	0,168	1990	0,223	0,297	0,219		
1991	0,173	0,240	0,205	1991	0,164	0,286	0,217		
1992	0,218	0,243	0,223	1992	0,174	0,273	0,261		
1993	0,206	0,252	0,195	1993	0,224	0,254	0,208		
1994	0,230	0,226	0,210	1994	0,251	0,232	0,244		
1995	0,204	0,225	0,186	1995	0,208	0,250	0,224		
1996	0,202	0,215	0,228	1996	0,218	0,322	0,226		
1997	0,232	0,283	0,198	1997	0,222	0,249	0,229		
1998	0,202	0,217	0,212	1998	0,194	0,289	0,165		

**Tabla 33.** Índices ponderados WS para el Oriente para el cuarto bimestre del año típico meteorológico

		Julio					Agosto		
Estación	M007	M172	M189	Estación	M007	M172	M189		
Año				Año					
1988	0,199	0,243	0,171	1988	0,189	0,258	0,169		
1989	0,192	0,221	0,211	1989	0,181	0,250	0,214		
1990	0,205	0,259	0,144	1990	0,214	0,299	0,154		
1991	0,205	0,249	0,227	1991	0,201	0,248	0,194		
1992	0,187	0,252	0,223	1992	0,203	0,214	0,180		
1993	0,233	0,235	0,174	1993	0,182	0,209	0,250		
1994	0,223	0,209	0,240	1994	0,247	0,259	0,235		
1995	0,176	0,200	0,225	1995	0,179	0,189	0,165		
1996	0,204	0,193	0,233	1996	0,252	0,231	0,184		
1997	0,167	0,228	0,218	1997	0,206	0,235	0,164		
1998	0,185	0,223	0,220	1998	0,251	0,243	0,202		

**Tabla 34.** Índices ponderados WS para el Oriente para el quinto bimestre del año típico meteorológico

		Septiembre					Octubre		
Estación	M007	M172	M189	Estación	M007	M172	M189		
Año				Año					
1988	0,178	0,269	0,232	1988	0,225	0,272	0,189		
1989	0,228	0,227	0,243	1989	0,176	0,234	0,240		
1990	0,232	0,242	0,194	1990	0,144	0,247	0,189		
1991	0,186	0,230	0,224	1991	0,183	0,233	0,232		
1992	0,214	0,267	0,251	1992	0,161	0,264	0,198		
1993	0,218	0,251	0,176	1993	0,163	0,249	0,235		
1994	0,222	0,225	0,181	1994	0,188	0,256	0,225		
1995	0,209	0,228	0,194	1995	0,219	0,245	0,201		
1996	0,228	0,278	0,235	1996	0,251	0,265	0,237		
1997	0,198	0,242	0,212	1997	0,222	0,317	0,224		
1998	0,180	0,323	0,161	1998	0,187	0,230	0,196		

**Tabla 35.** Índices ponderados WS para el Oriente para el sexto bimestre del año típico meteorológico

		Noviembre					Diciembre		
Estación	M007	M172	M189	Estación	M007	M172	M189		
Año				Año					
1988	0,256	0,249	0,215	1988	0,230	0,304	0,211		
1989	0,204	0,240	0,258	1989	0,225	0,236	0,239		
1990	0,164	0,309	0,245	1990	0,172	0,234	0,230		
1991	0,258	0,263	0,177	1991	0,232	0,309	0,205		
1992	0,156	0,288	0,196	1992	0,220	0,282	0,166		
1993	0,223	0,215	0,198	1993	0,195	0,278	0,220		
1994	0,219	0,290	0,282	1994	0,246	0,248	0,230		
1995	0,189	0,256	0,177	1995	0,259	0,224	0,188		
1996	0,193	0,195	0,151	1996	0,226	0,263	0,208		
1997	0,230	0,277	0,235	1997	0,226	0,279	0,251		
1998	0,224	0,291	0,213	1998	0,143	0,257	0,204		

#### 3.4.1. Estaciones preseleccionadas para la Región Oriente

Una vez realizada la distribución de los datos, se selecciona la estación con menor índice ponderado de Filkestein-Schafer, eligiéndose los valores más cercanos a cero. Se utilizan los valores más bajos, ya que éstos son los que mas se acoplan al comportamiento repetitivo de la zona estudiada. Al finalizar el análisis, se obtuvieron cinco valores para cada mes del año meteorológico típico.

**Tabla 36.** Índice WS de las estaciones preseleccionadas para la Región Oriente, primer semestre del año meteorológico típico

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
<b>Estación</b>	M007	M189	M007	M007	M189	M007
<b>Año</b>	1991	1995	1994	1998	1990	1991
<b>Valor</b>	0,159	0,181	0,177	0,186	0,168	0,164
<b>Estación</b>	M189	M189	M189	M189	M007	M189
<b>Año</b>	1993	1994	1993	1990	1991	1998
<b>Valor</b>	0,167	0,186	0,178	0,193	0,173	0,165
<b>Estación</b>	M189	M189	M189	M007	M007	M007
<b>Año</b>	1990	1992	1995	1996	1990	1992
<b>Valor</b>	0,171	0,195	0,179	0,202	0,183	0,174
<b>Estación</b>	M187	M007	M007	M007	M189	M007
<b>Año</b>	1992	1996	1990	1993	1995	1989
<b>Valor</b>	0,183	0,195	0,183	0,209	0,186	0,188
<b>Estación</b>	M007	M189	M007	M189	M189	M007
<b>Año</b>	1993	1996	1996	1996	1993	1998
<b>Valor</b>	0,183	0,197	0,185	0,214	0,195	0,194

**Tabla 37.** Índice WS de las estaciones preseleccionadas para la Región Oriente, segundo semestre del año meteorológico típico

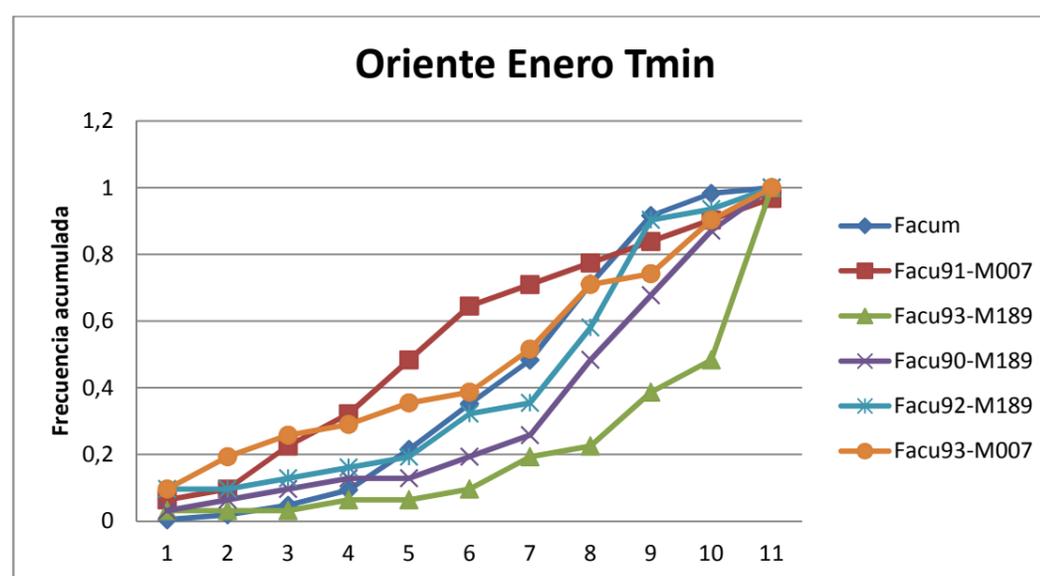
Mes	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>Estación</b>	M189	M189	M189	M007	M189	M007
<b>Año</b>	1990	1990	1998	1990	1996	1998
<b>Valor</b>	0,144	0,154	0,161	0,144	0,151	0,143
<b>Estación</b>	M007	M189	M189	M007	M007	M189
<b>Año</b>	1997	1997	1993	1992	1992	1992
<b>Valor</b>	0,167	0,164	0,176	0,161	0,156	0,166
<b>Estación</b>	M189	M189	M007	M007	M007	M007
<b>Año</b>	1988	1995	1988	1993	1990	1990
<b>Valor</b>	0,171	0,165	0,178	0,163	0,164	0,172
<b>Estación</b>	M189	M189	M007	M007	M189	M189
<b>Año</b>	1993	1988	1998	1989	1995	1995
<b>Valor</b>	0,174	0,169	0,180	0,176	0,177	0,188
<b>Estación</b>	M007	M007	M189	M007	M189	M007
<b>Año</b>	1995	1995	1994	1991	1991	1993
<b>Valor</b>	0,176	0,179	0,181	0,183	0,177	0,195

### 3.4.2. Análisis visual de las frecuencias acumuladas de todos los meses del año en la Región Oriente

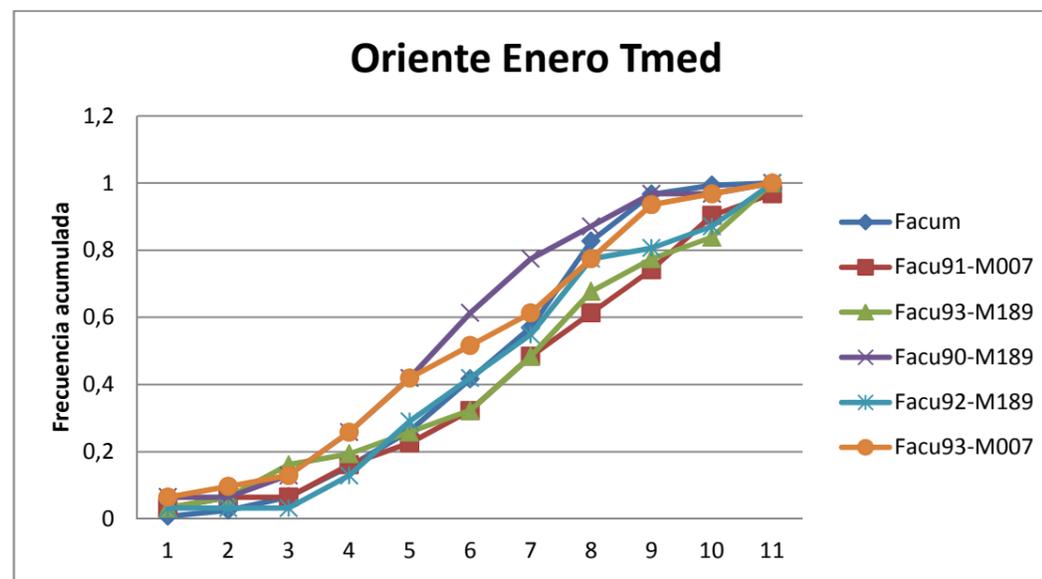
Se tomó las cinco opciones mostradas anteriormente, con estaciones meteorológicas y por año, para poder evidenciar como el valor WS mas bajo, es el valor que mejor representa las características de Temperatura mínima, media, máxima, Viento y Precipitación de esta región.

En las siguientes figuras se observa como la Frecuencia acumulada global "Facum" es el suceso ideal y como la primera opción que le sigue inmediatamente es la que más se acerca al comportamiento normal de dicha frecuencia.

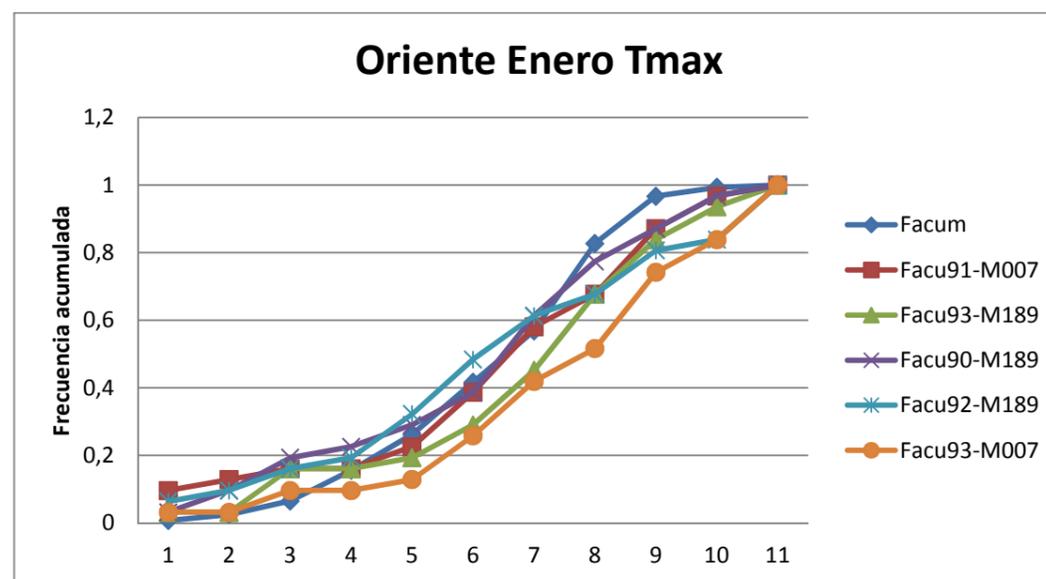
#### 3.4.2.1. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Enero en el Oriente



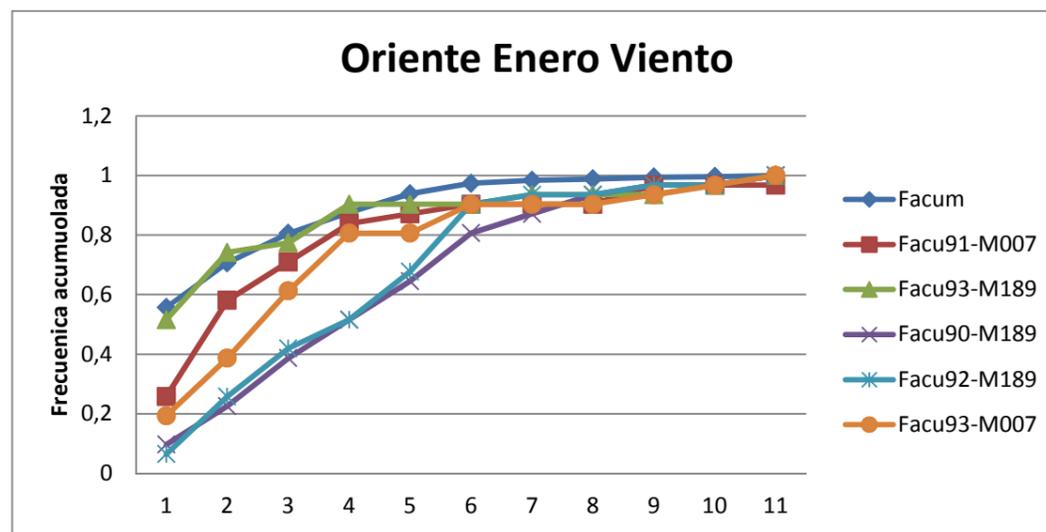
**Figura 136.** Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura mínima



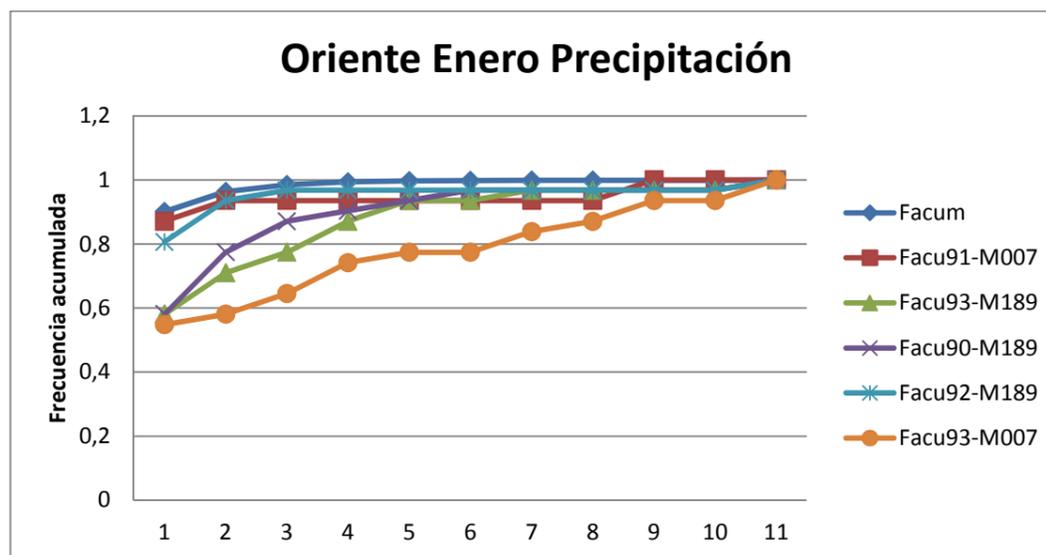
**Figura 137.** Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura media



**Figura 138.** Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la temperatura máxima

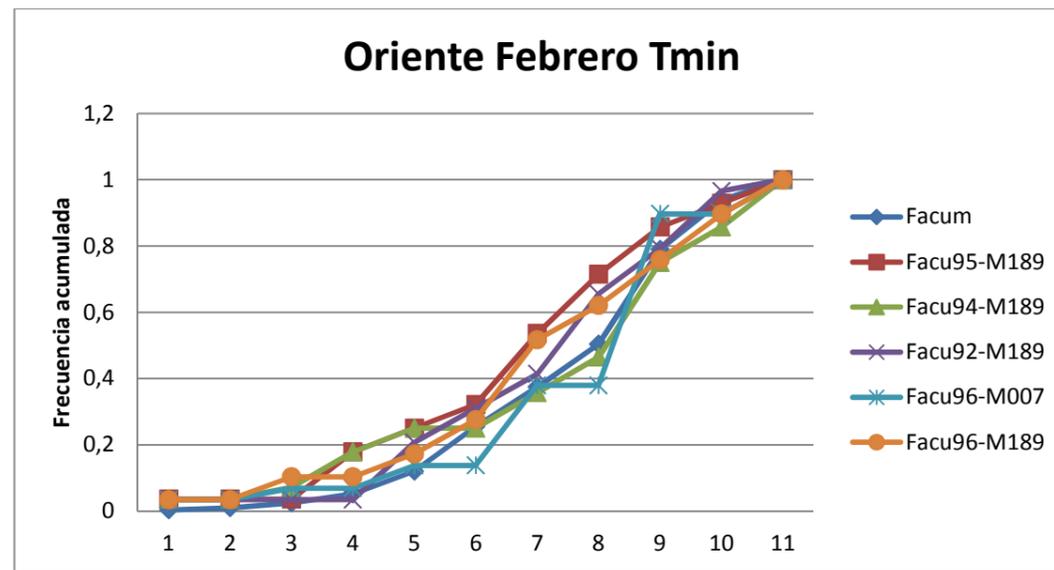


**Figura 139.** Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con el viento

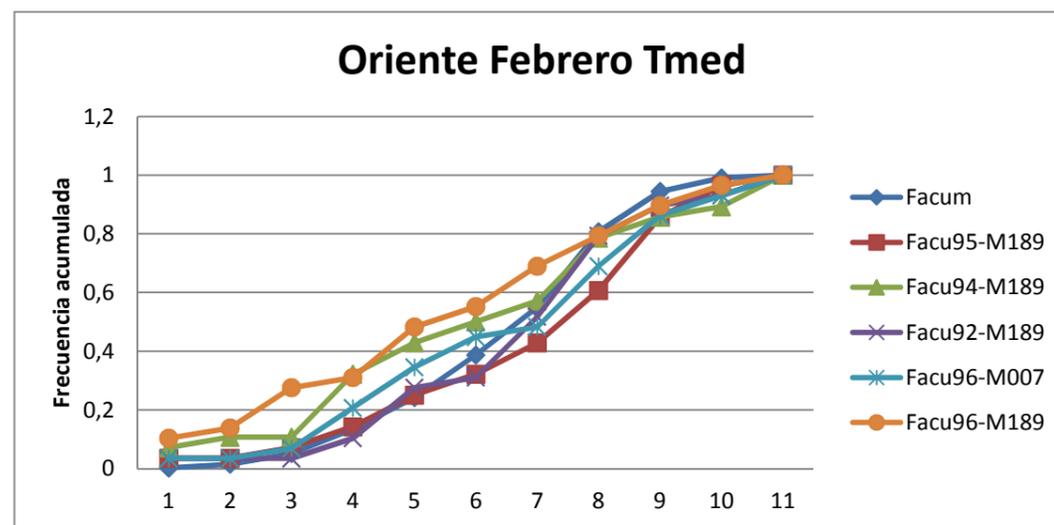


**Figura 140.** Comparación de las frecuencias acumuladas de enero con la precipitación

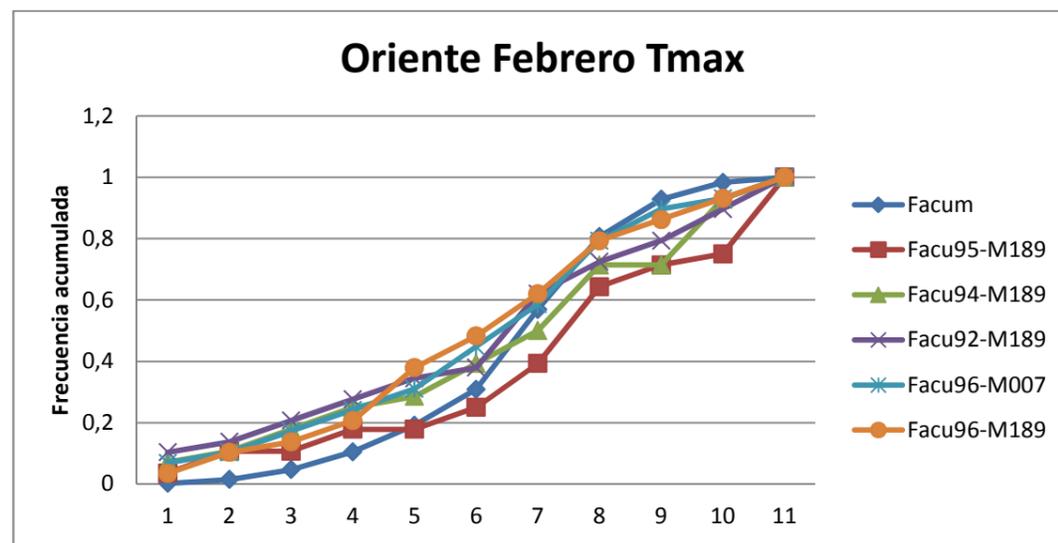
**3.4.2.2. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Febrero en el Oriente**



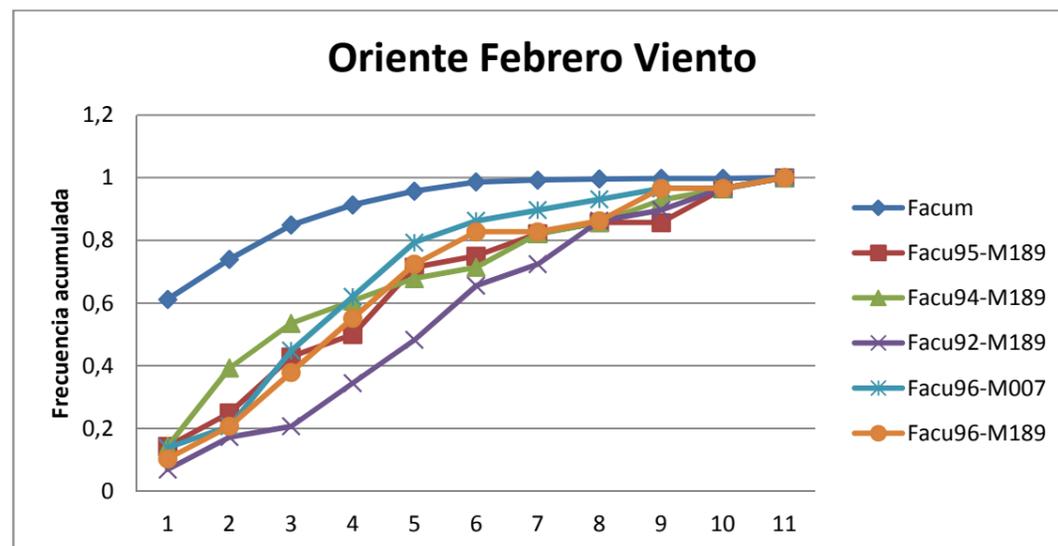
**Figura 141.** Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura mínima



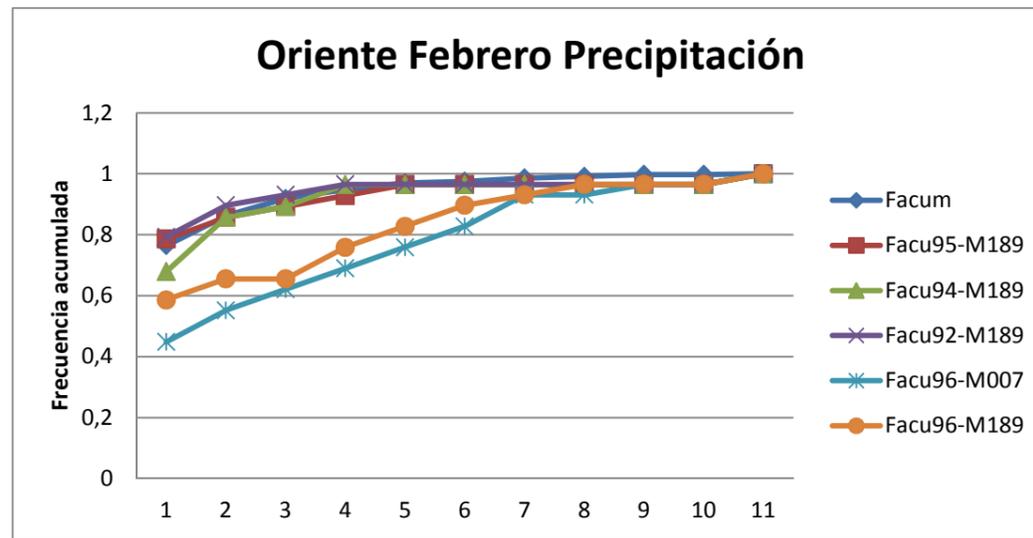
**Figura 142.** Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura media



**Figura 143.** Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la temperatura máxima

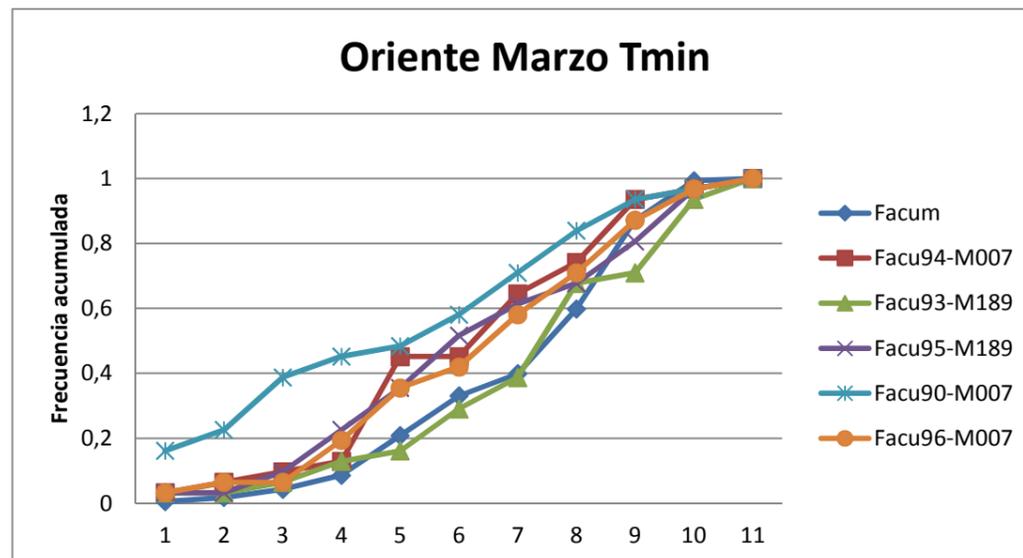


**Figura 144.** Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con el viento

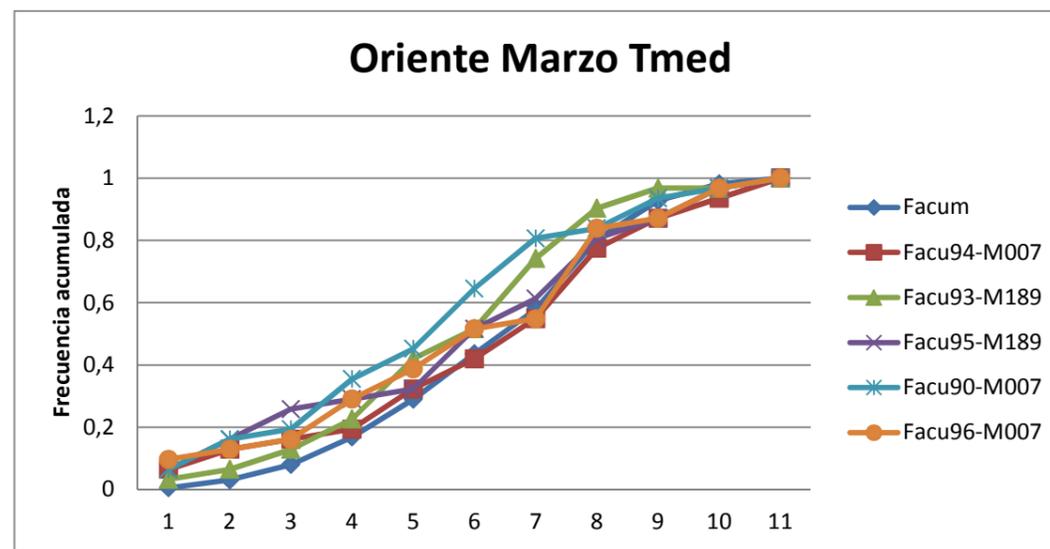


**Figura 145. Comparación de las frecuencias acumuladas de febrero con la precipitación**

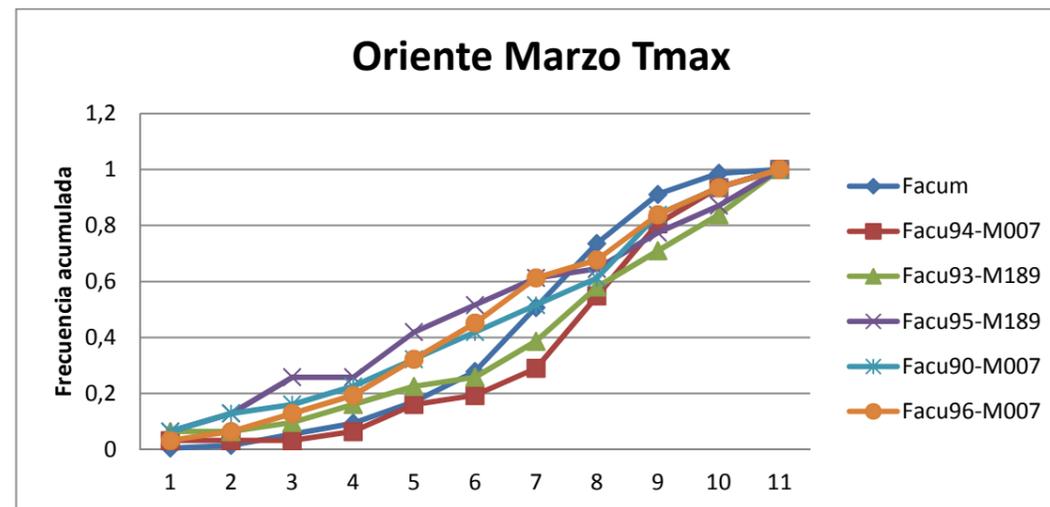
#### 3.4.2.3. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Marzo en el Oriente



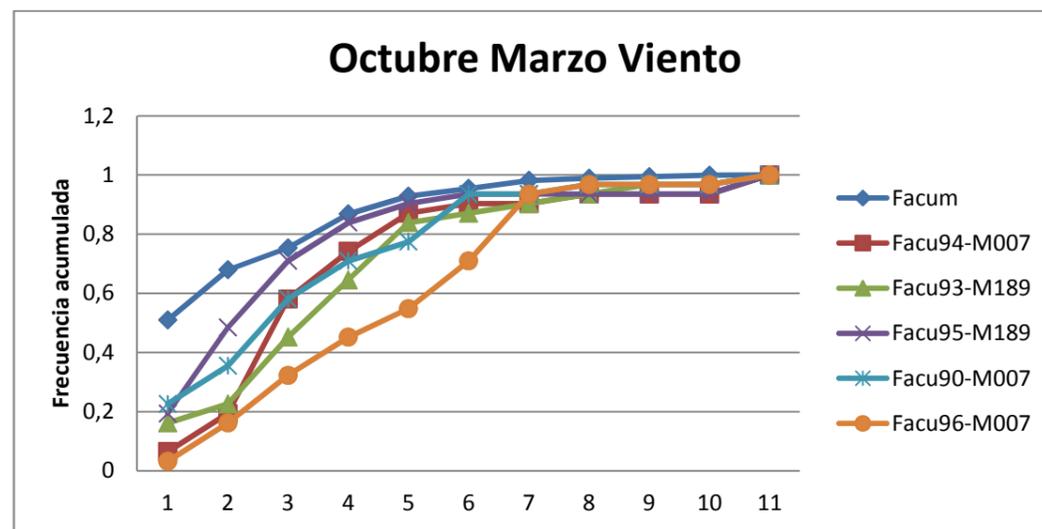
**Figura 146. Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura mínima**



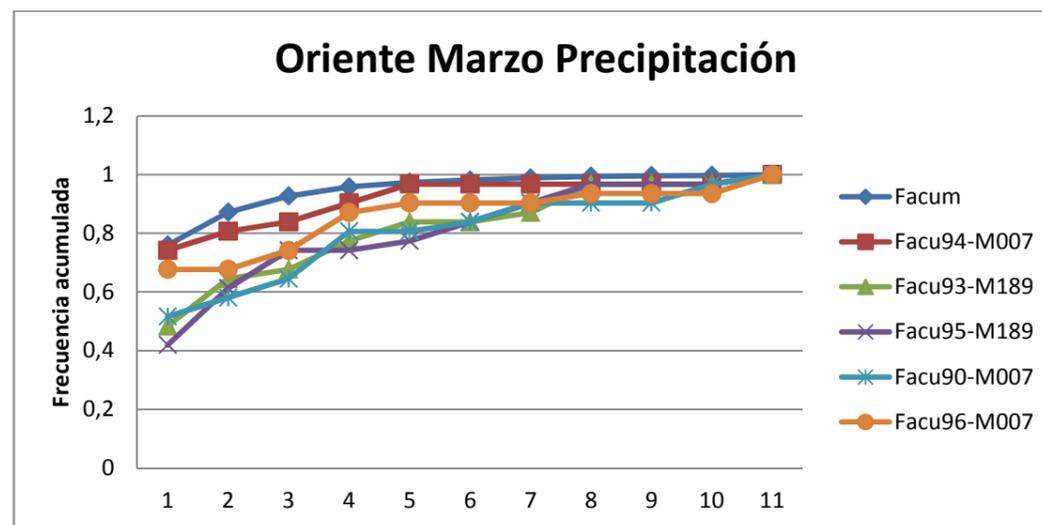
**Figura 147.** Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura media



**Figura 148.** Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la temperatura máxima

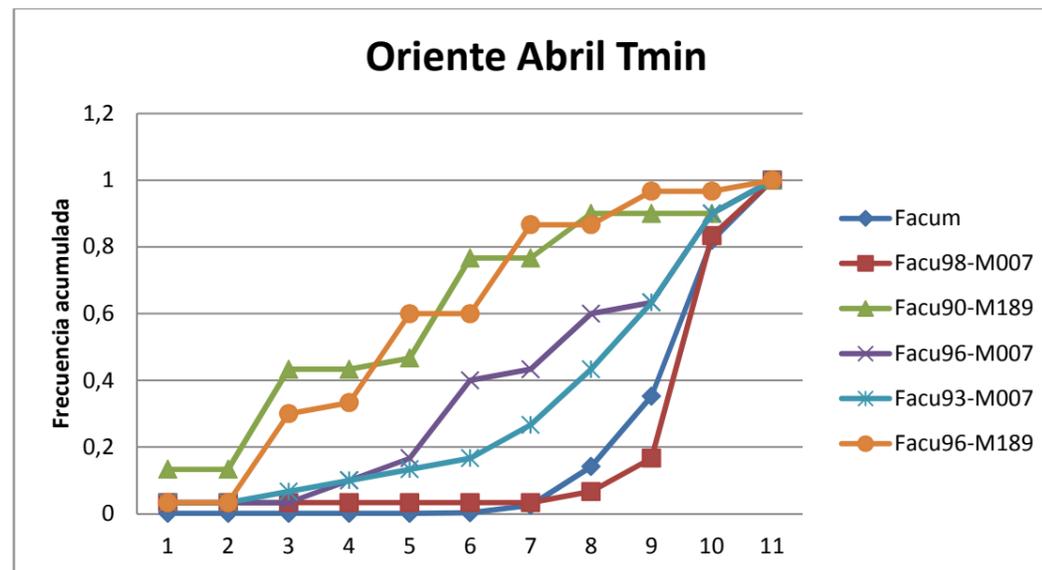


**Figura 149.** Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con el viento

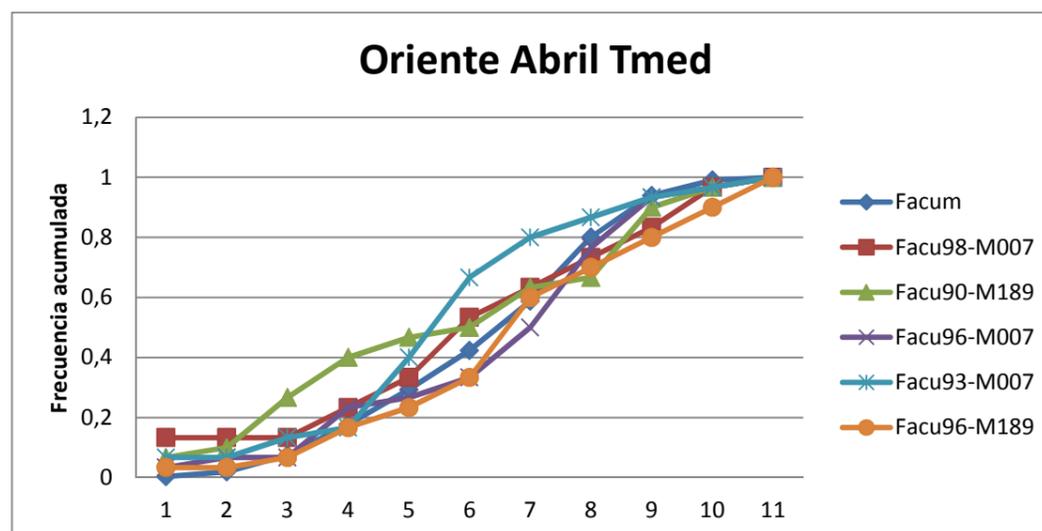


**Figura 150.** Comparación de las frecuencias acumuladas de marzo con la precipitación

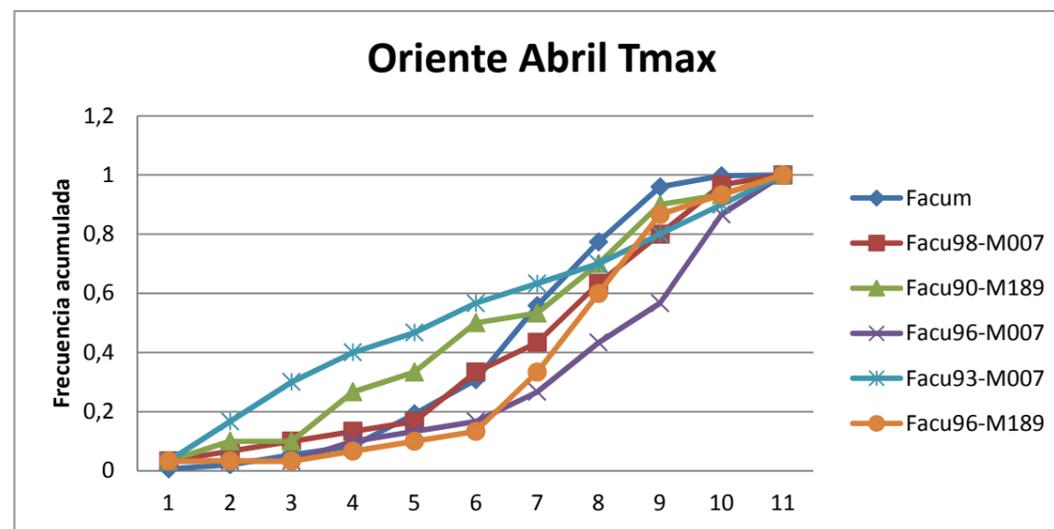
**3.4.2.4. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Abril en el Oriente**



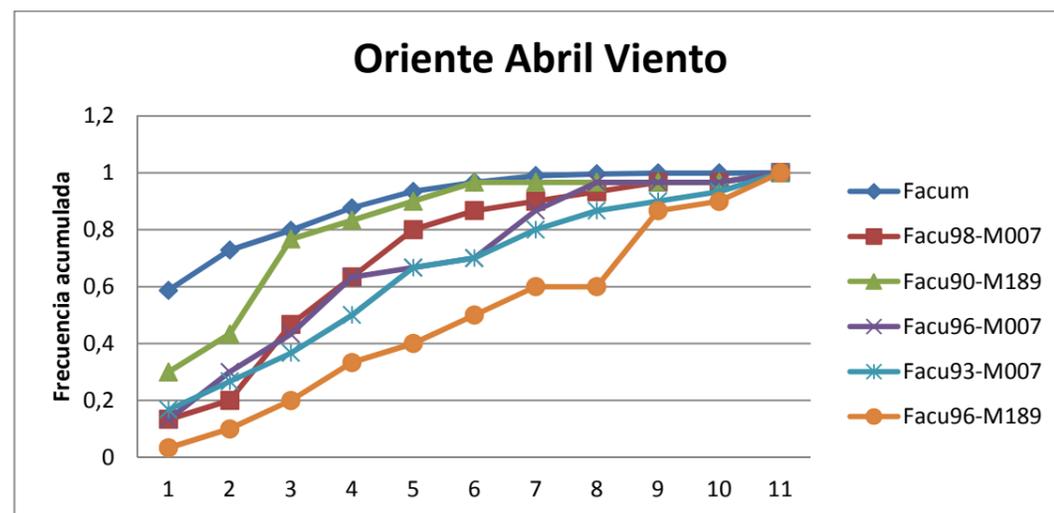
**Figura 151.** Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura mínima



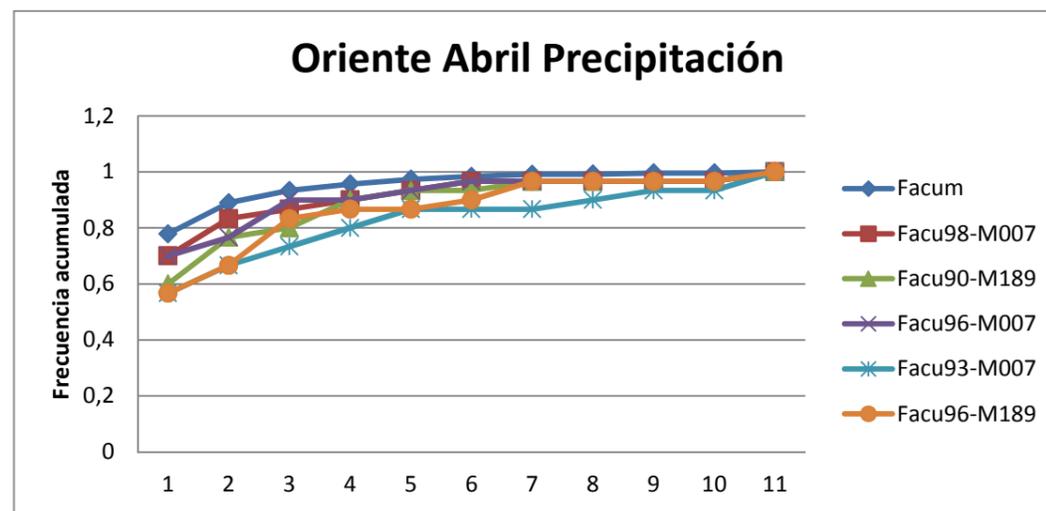
**Figura 152.** Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura media



**Figura 153.** Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la temperatura máxima

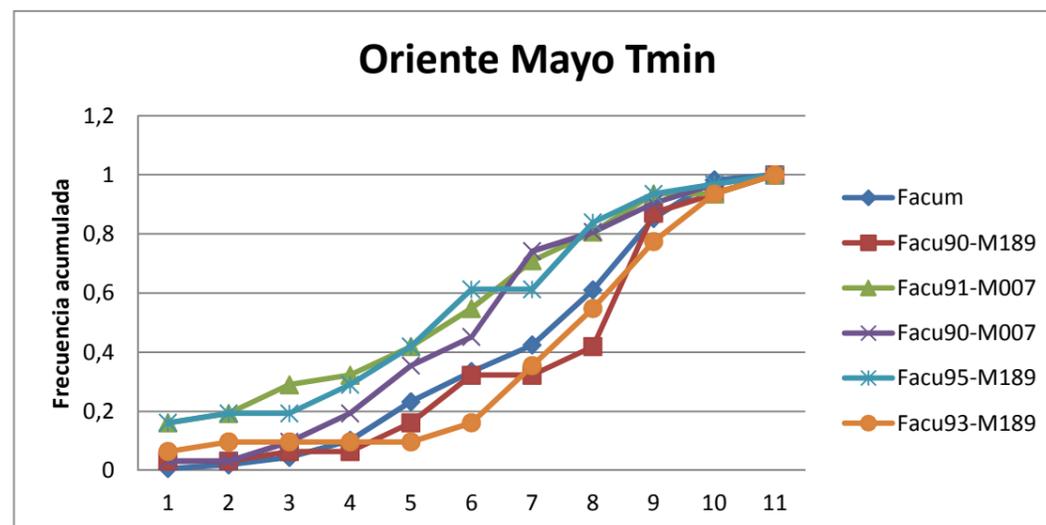


**Figura 154.** Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con el viento

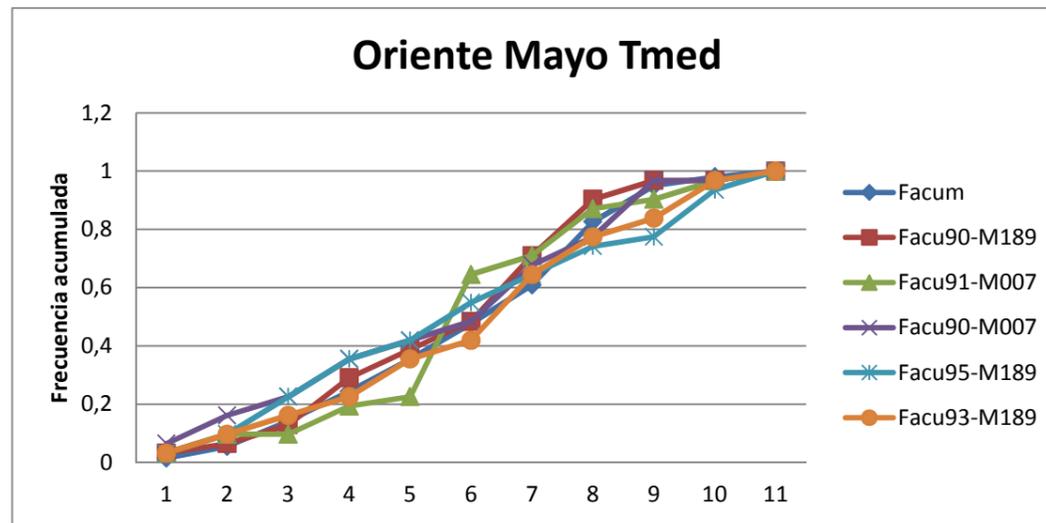


**Figura 155.** Comparación de las frecuencias acumuladas de abril con la precipitación

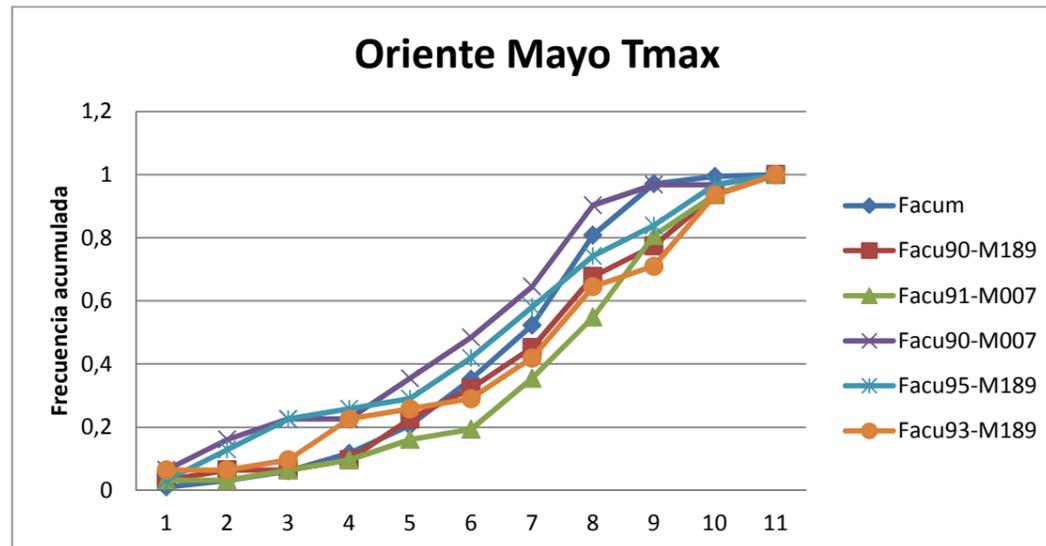
#### 3.4.2.5. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Mayo en el Oriente



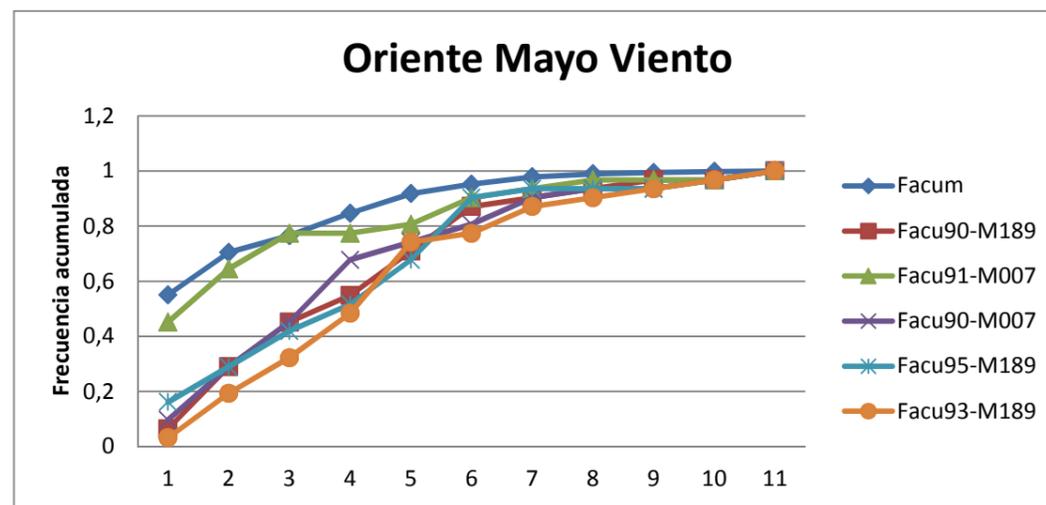
**Figura 156.** Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura mínima



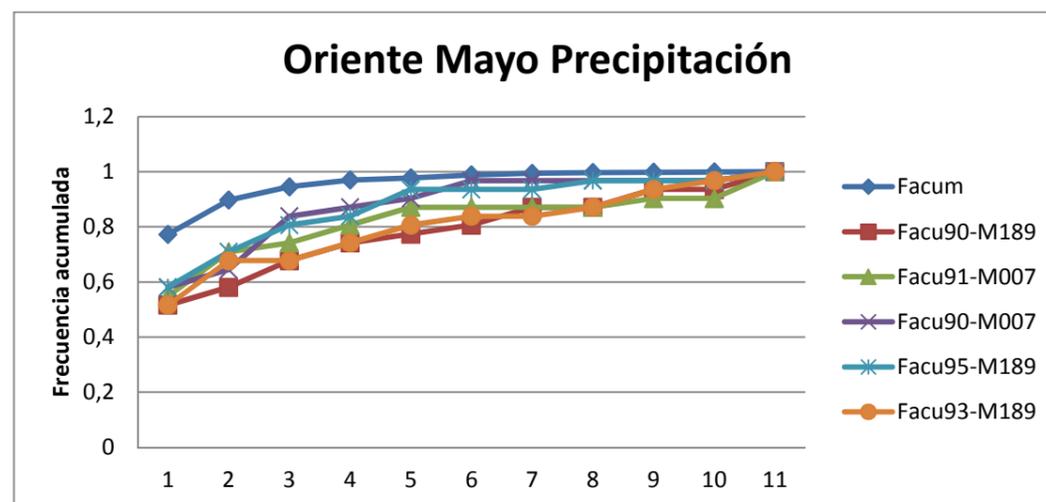
**Figura 157.** Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura media



**Figura 158.** Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la temperatura máxima

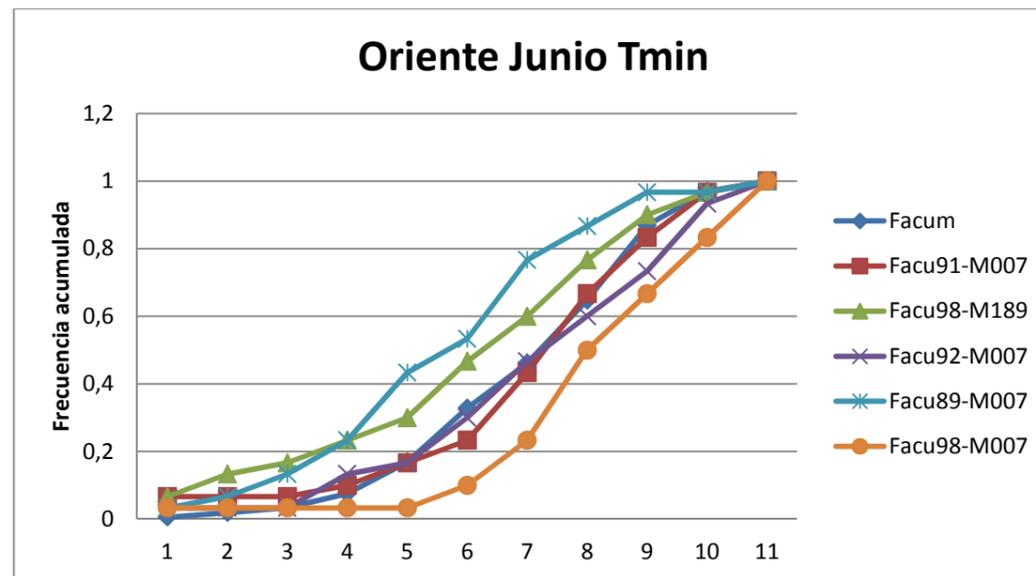


**Figura 159.** Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con el viento

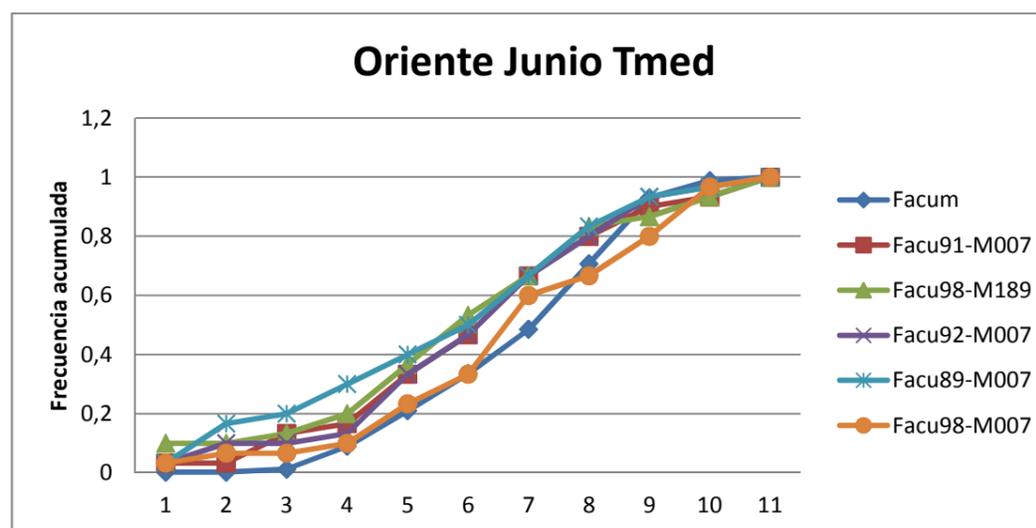


**Figura 160.** Comparación de las frecuencias acumuladas de mayo con la precipitación

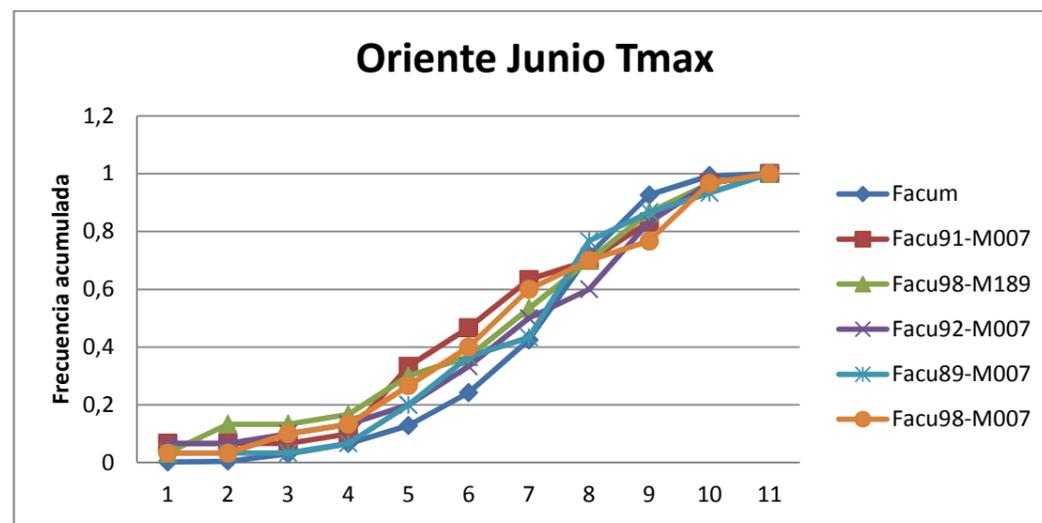
**3.4.2.6. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Junio en el Oriente**



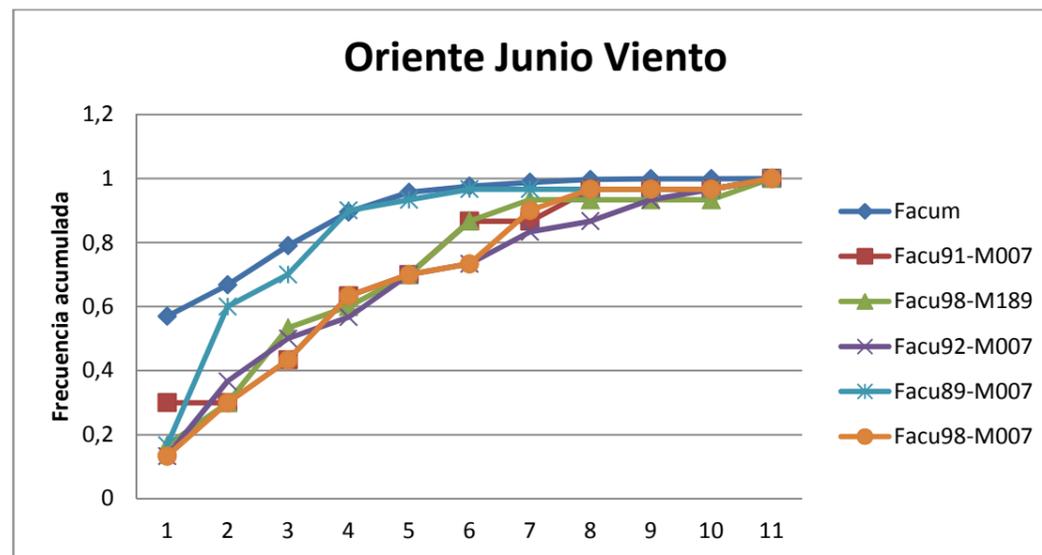
**Figura 161.** Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura mínima



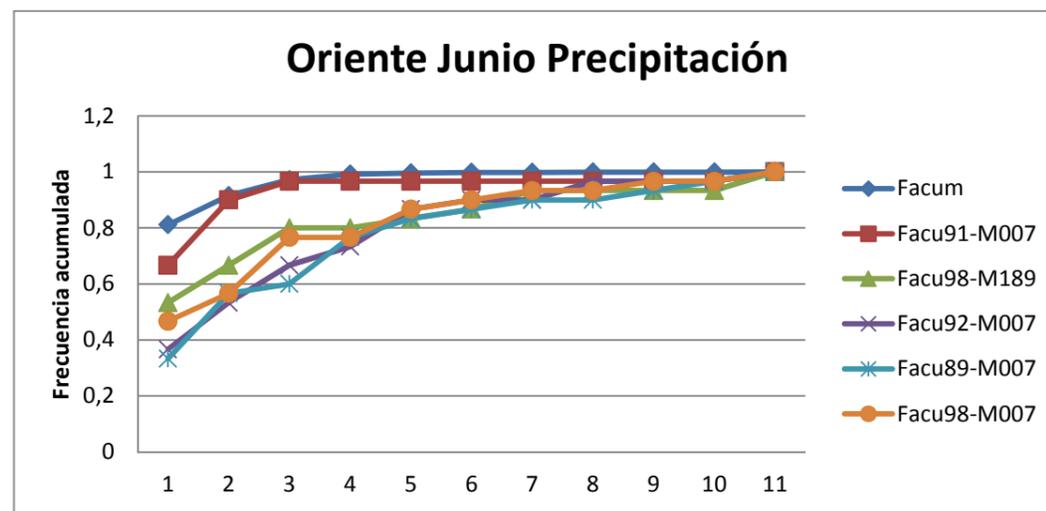
**Figura 162.** Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura media



**Figura 163.** Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la temperatura máxima

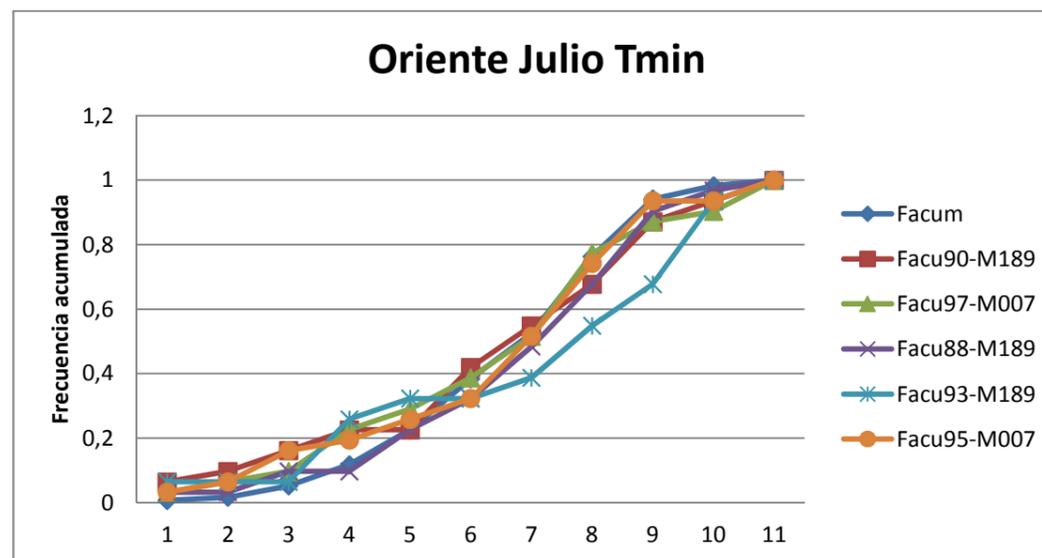


**Figura 164.** Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con el viento

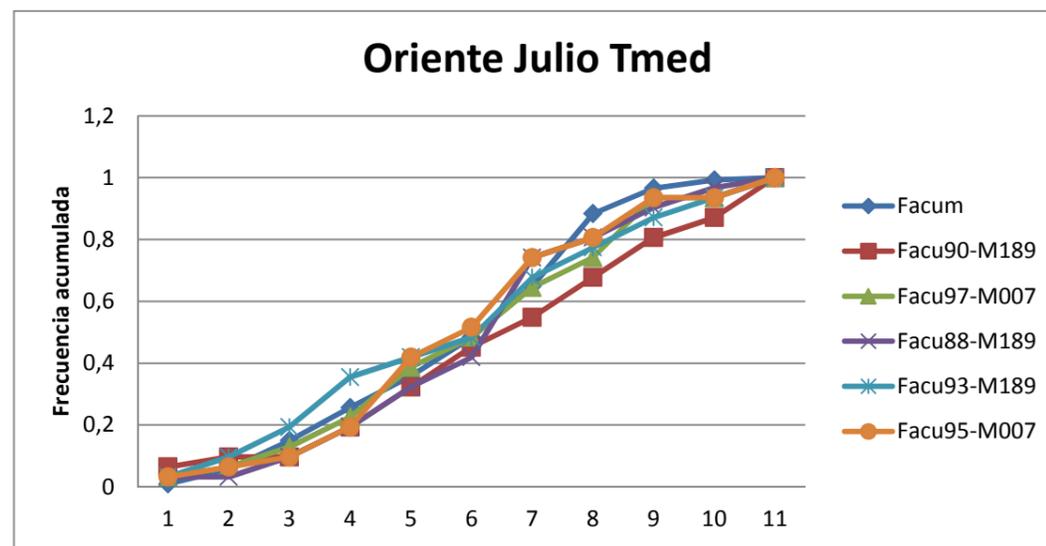


**Figura 165.** Comparación de las frecuencias acumuladas de junio con la precipitación

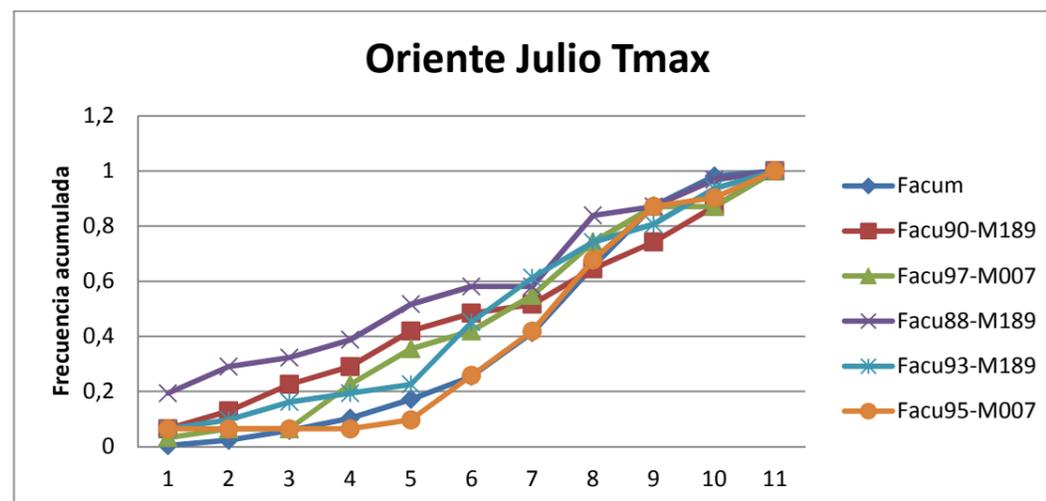
#### 3.4.2.7. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Julio en el Oriente



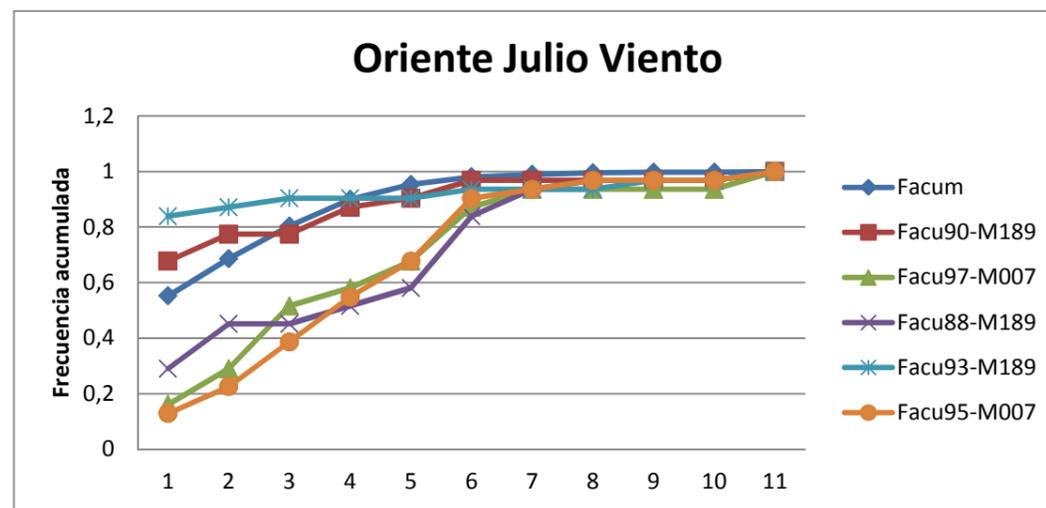
**Figura 166.** Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura mínima



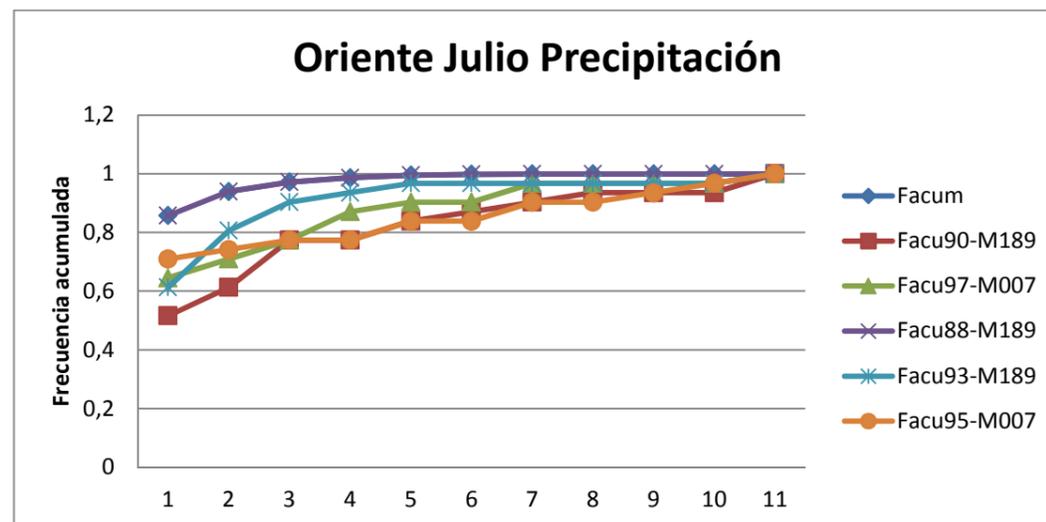
**Figura 167.** Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura media



**Figura 168.** Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la temperatura máxima

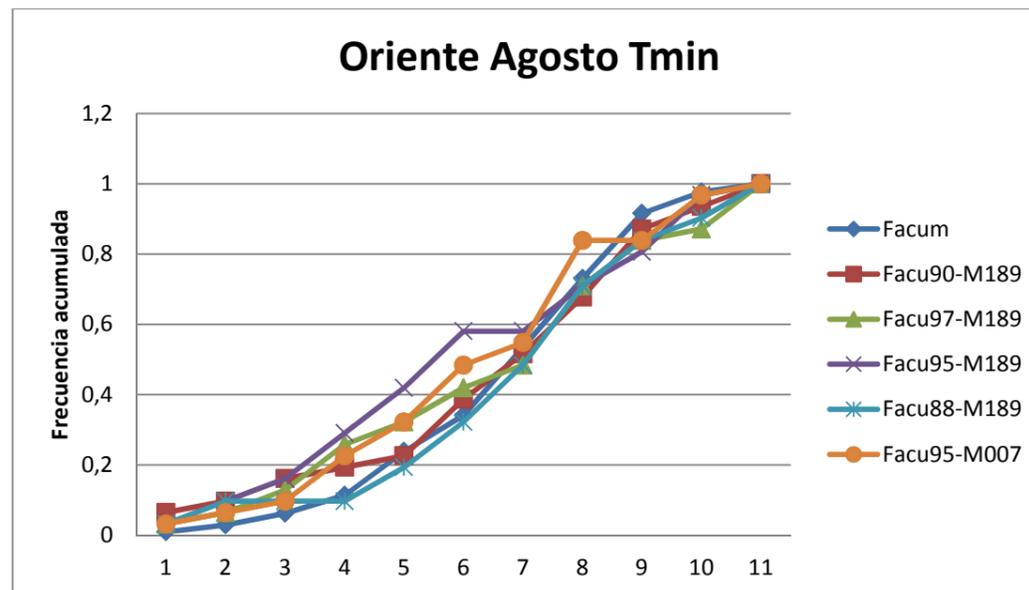


**Figura 169.** Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con el viento

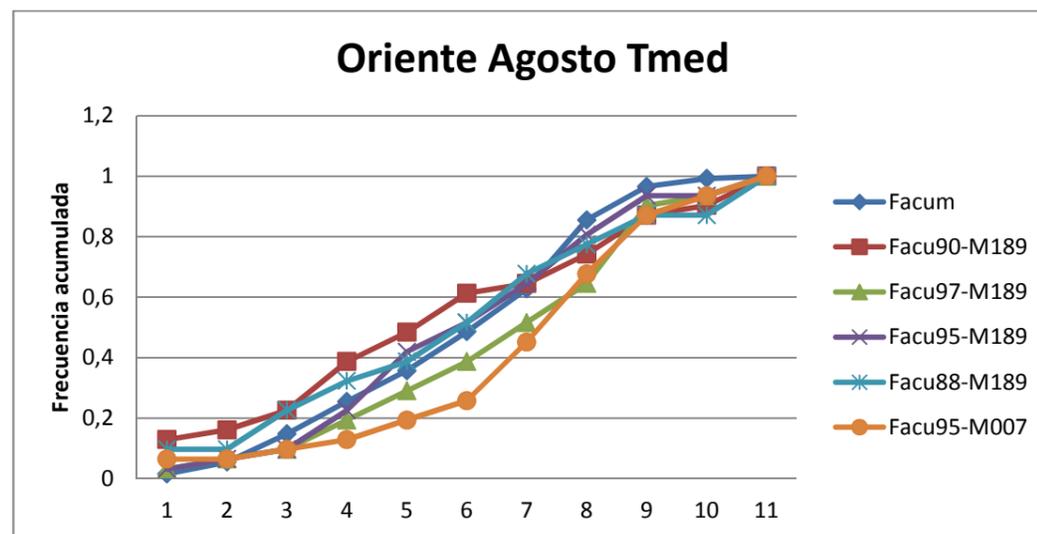


**Figura 170.** Comparación de las frecuencias acumuladas de julio con la precipitación

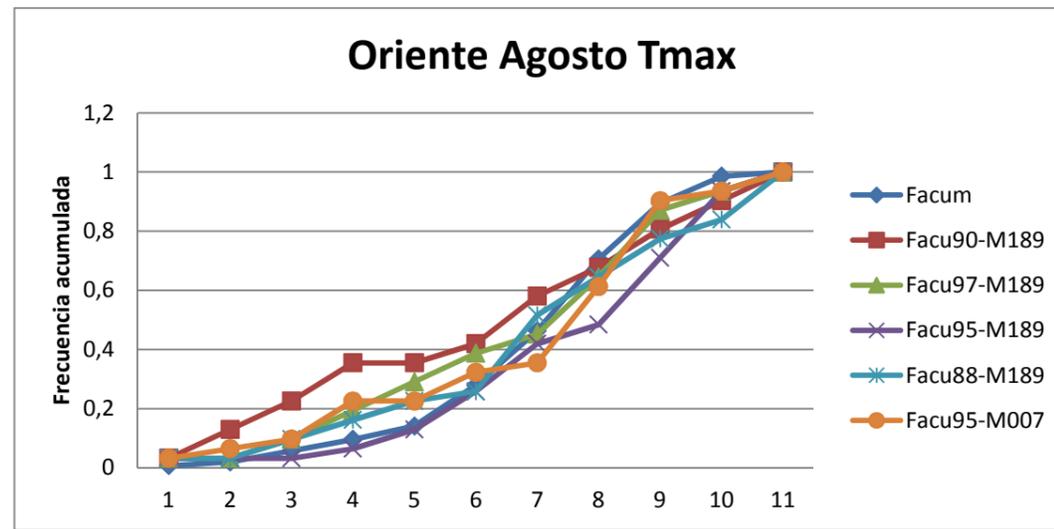
**3.4.2.8. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Agosto en el Oriente**



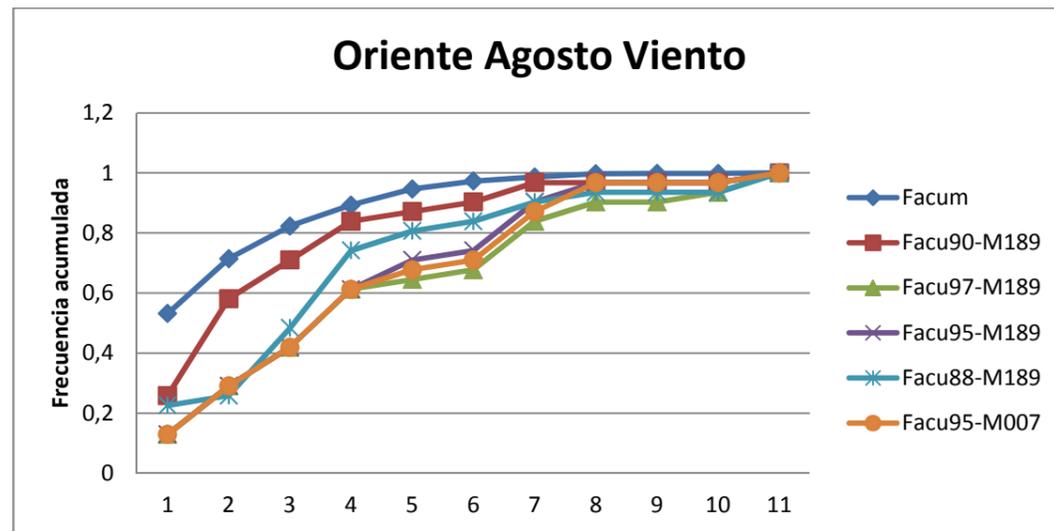
**Figura 171.** Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura mínima



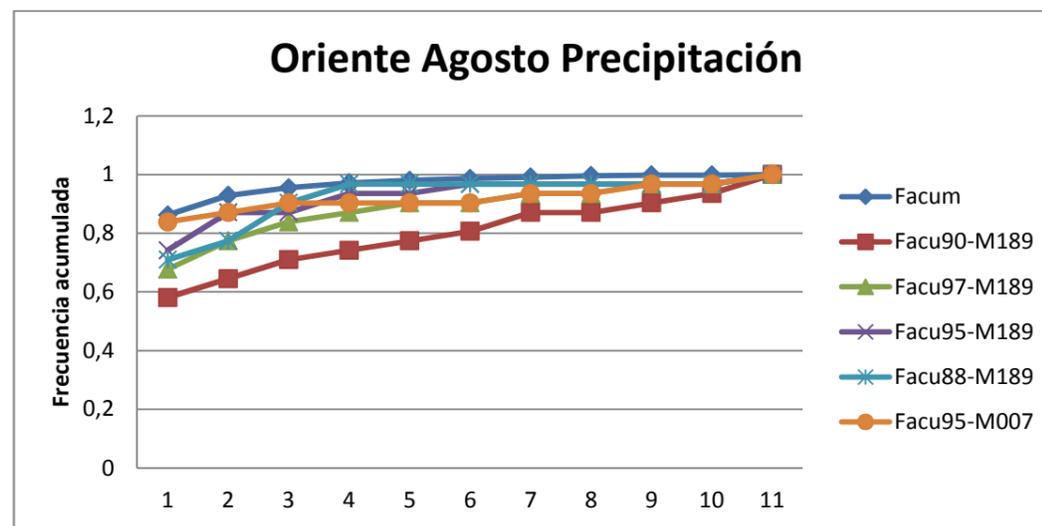
**Figura 172.** Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura media



**Figura 173.** Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la temperatura máxima

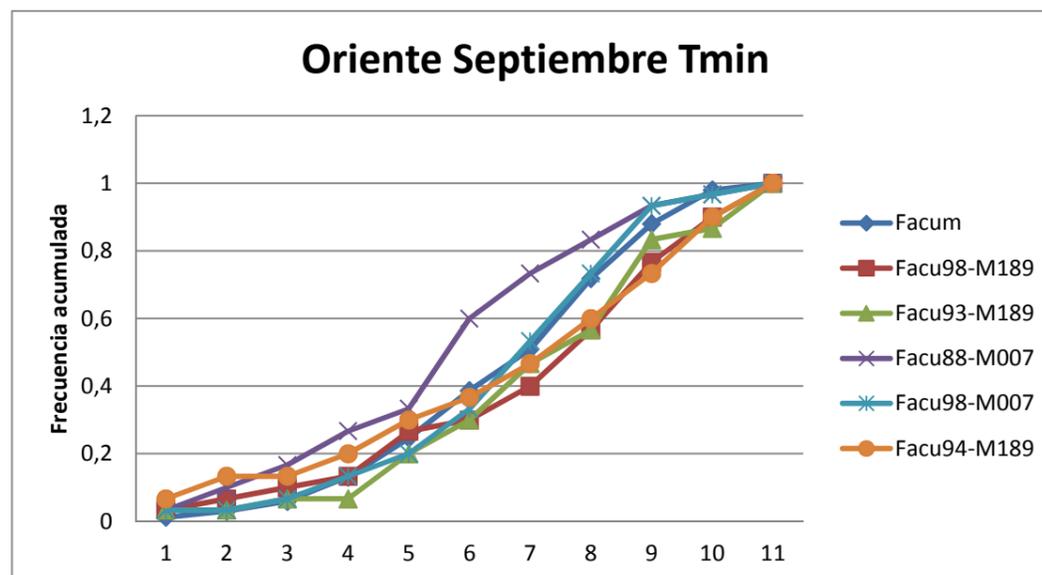


**Figura 174.** Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con el viento

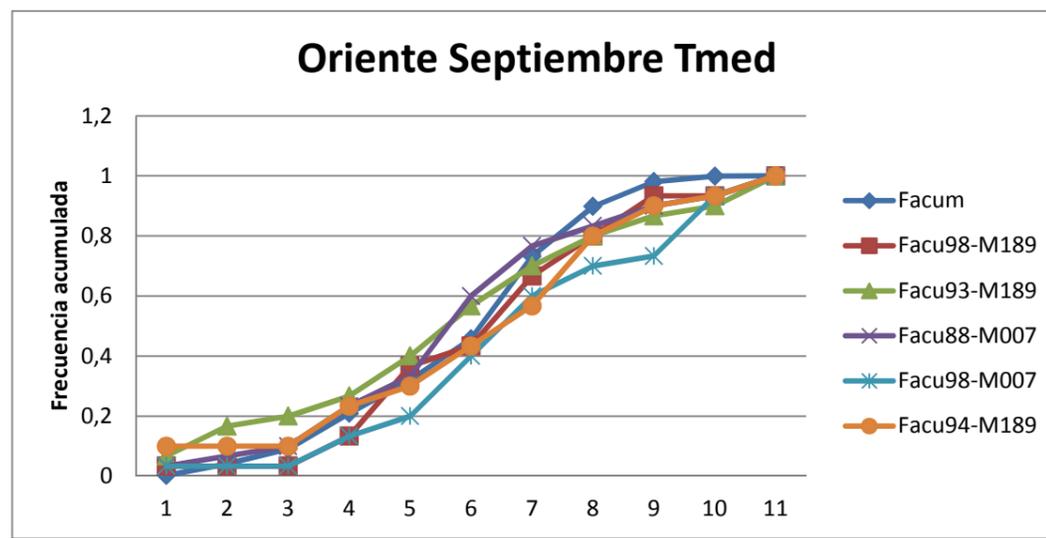


**Figura 175.** Comparación de las frecuencias acumuladas de agosto con la precipitación

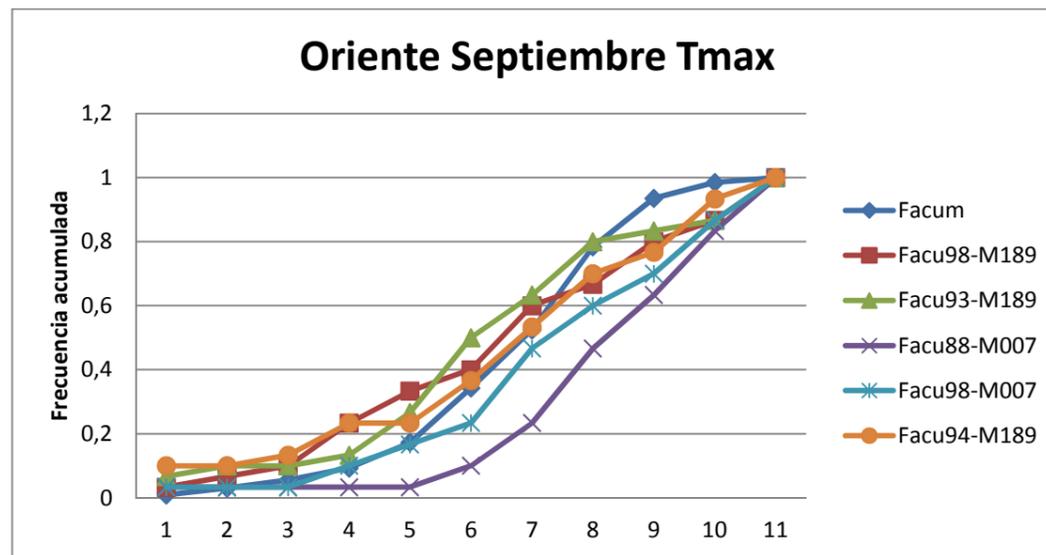
#### 3.4.2.9. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Septiembre en el Oriente



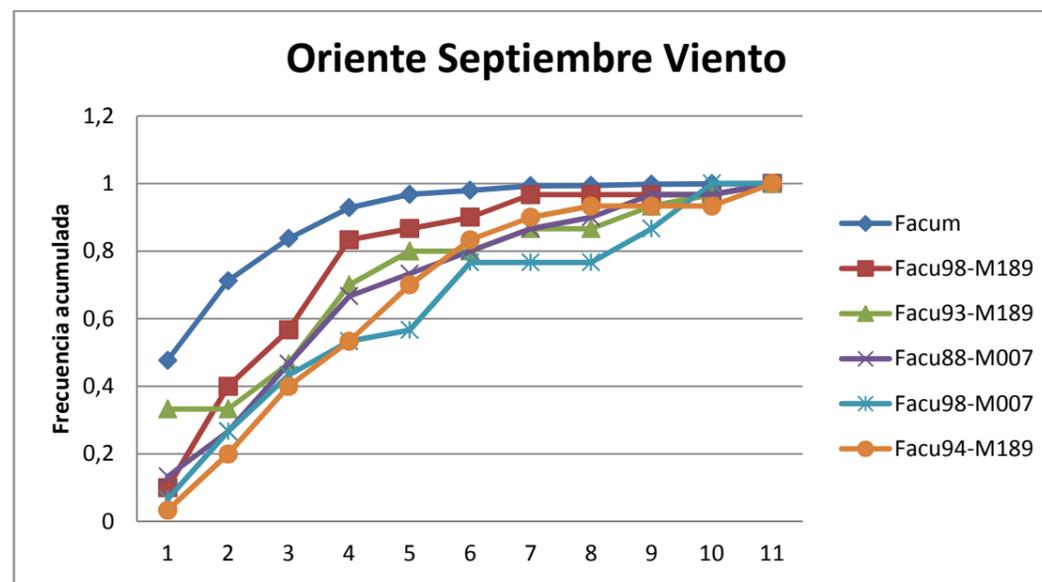
**Figura 176.** Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura mínima



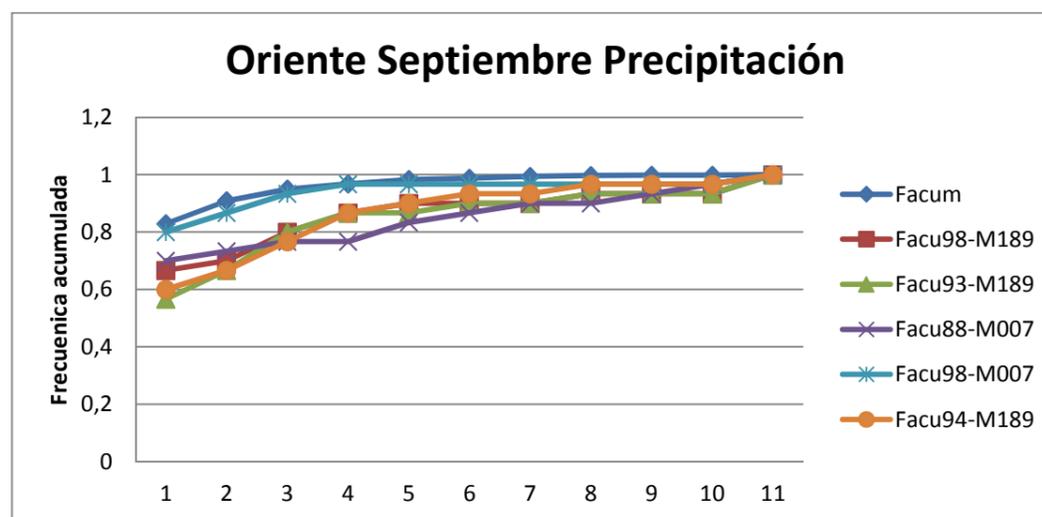
**Figura 177.** Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura media



**Figura 178.** Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la temperatura máxima

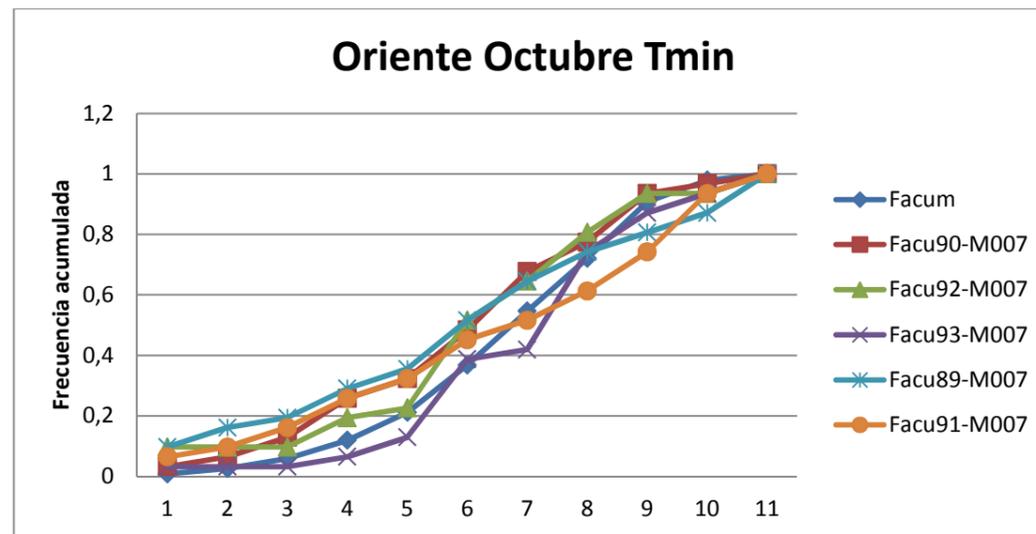


**Figura 179.** Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con el viento

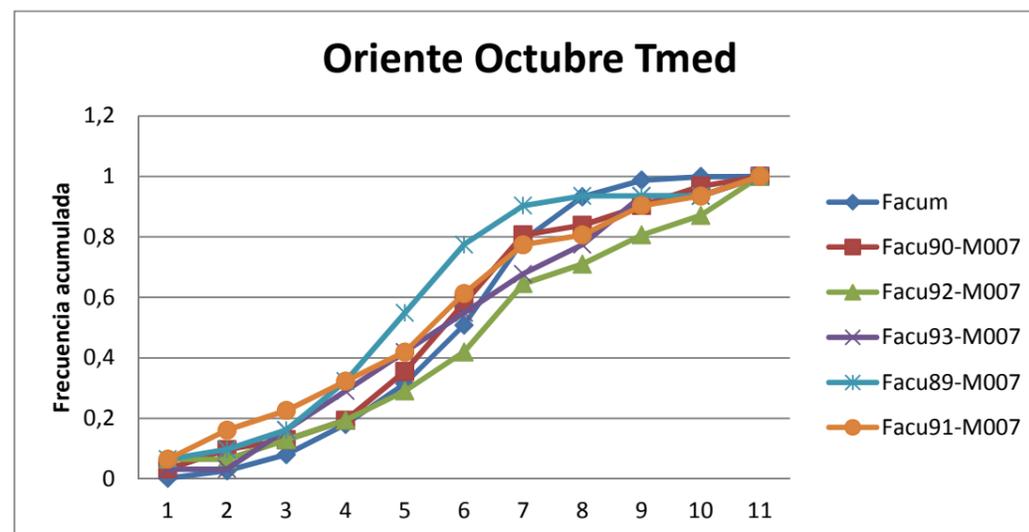


**Figura 180.** Comparación de las frecuencias acumuladas de septiembre con la precipitación

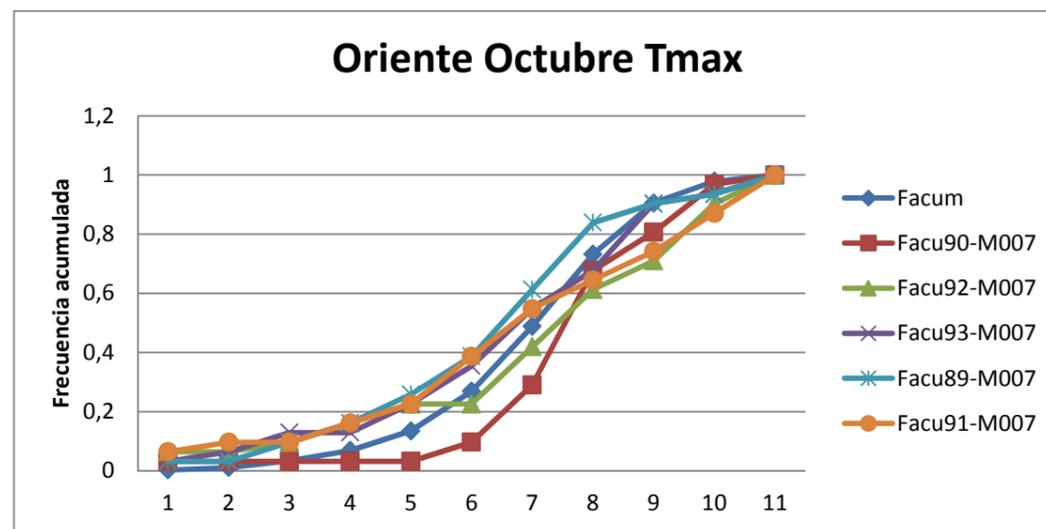
**3.4.2.10. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Octubre en el Oriente**



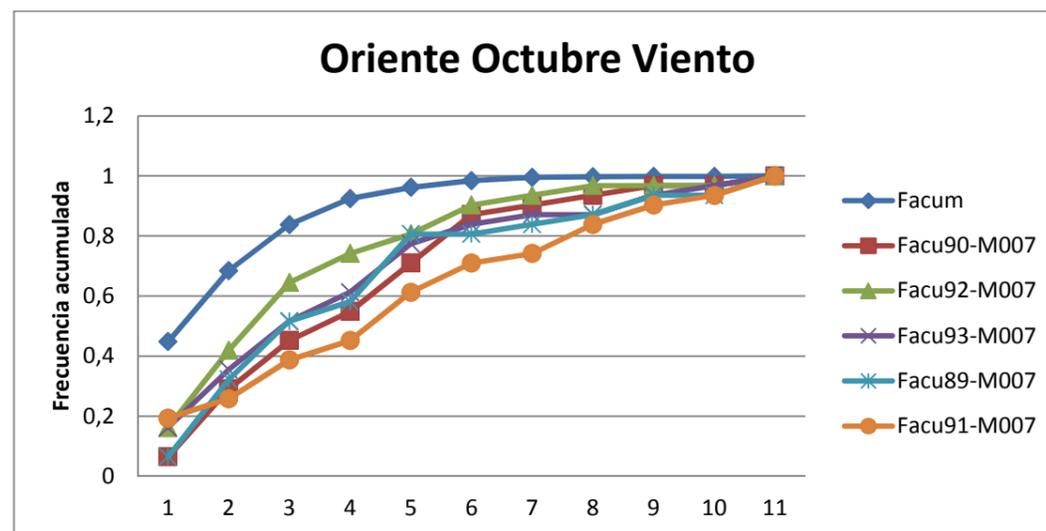
**Figura 181.** Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura mínima



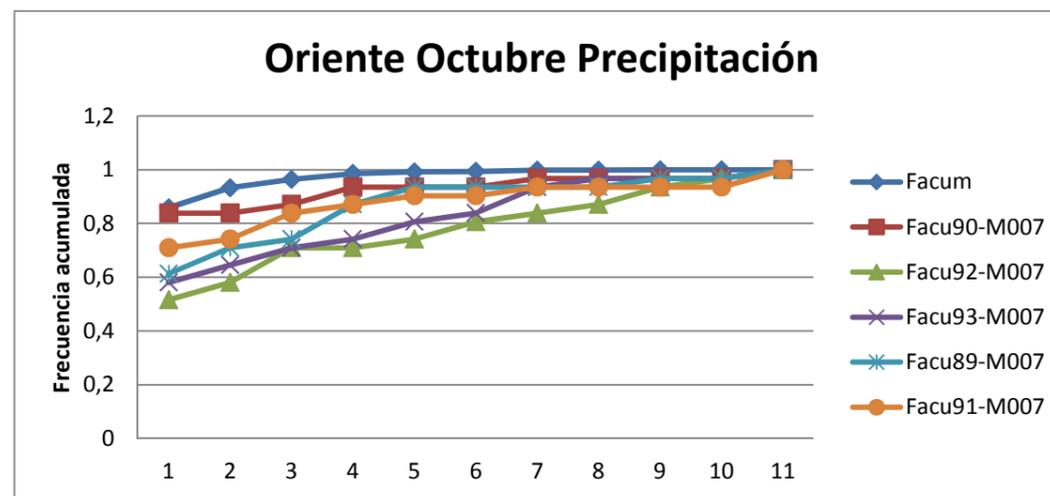
**Figura 182.** Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura media



**Figura 183.** Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la temperatura máxima

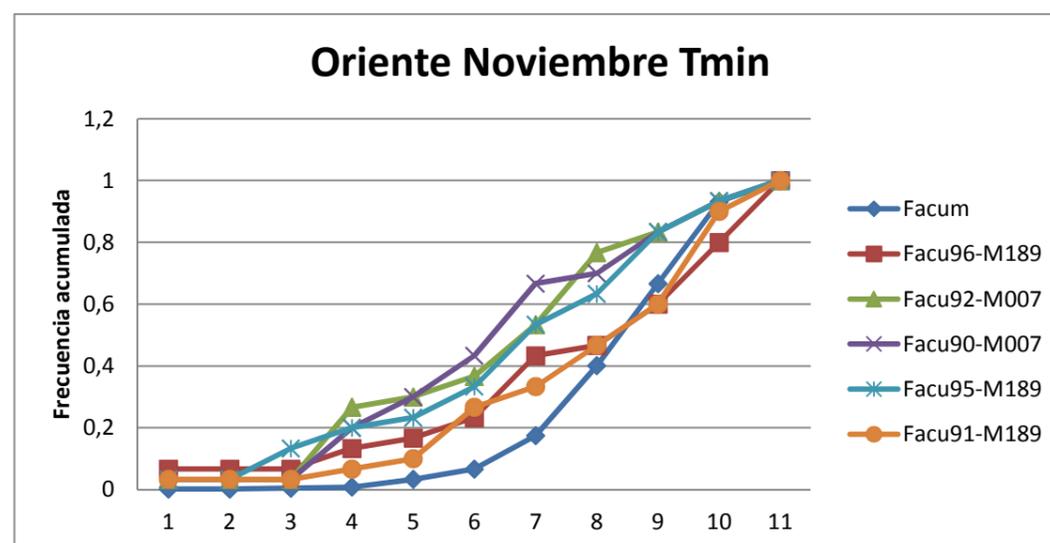


**Figura 184.** Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con el viento

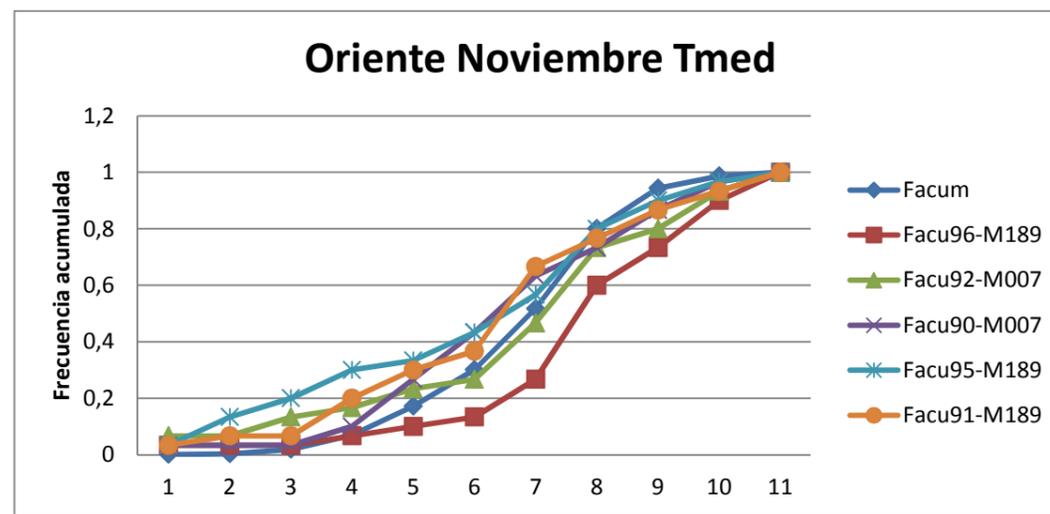


**Figura 185.** Comparación de las frecuencias acumuladas de octubre con la precipitación

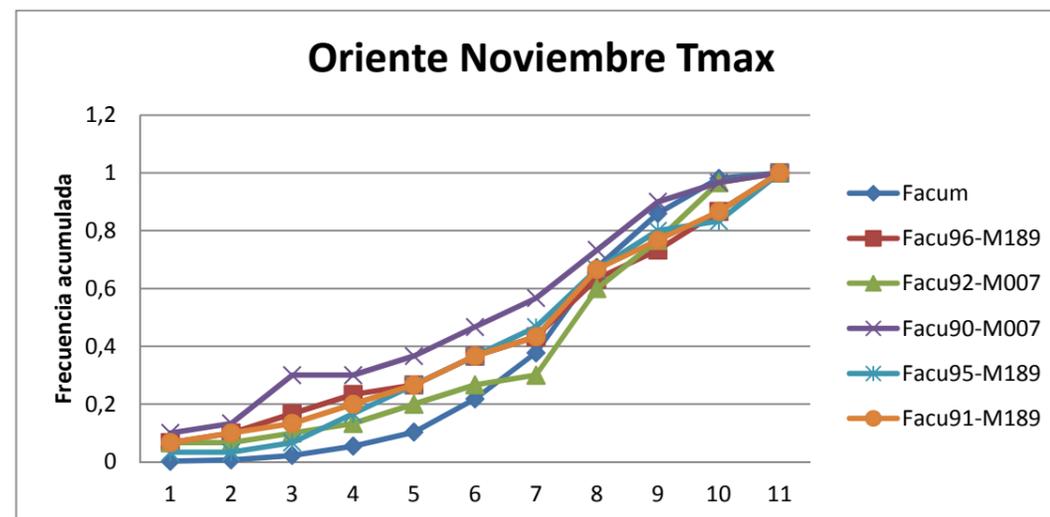
#### 3.4.2.11. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Noviembre en el Oriente



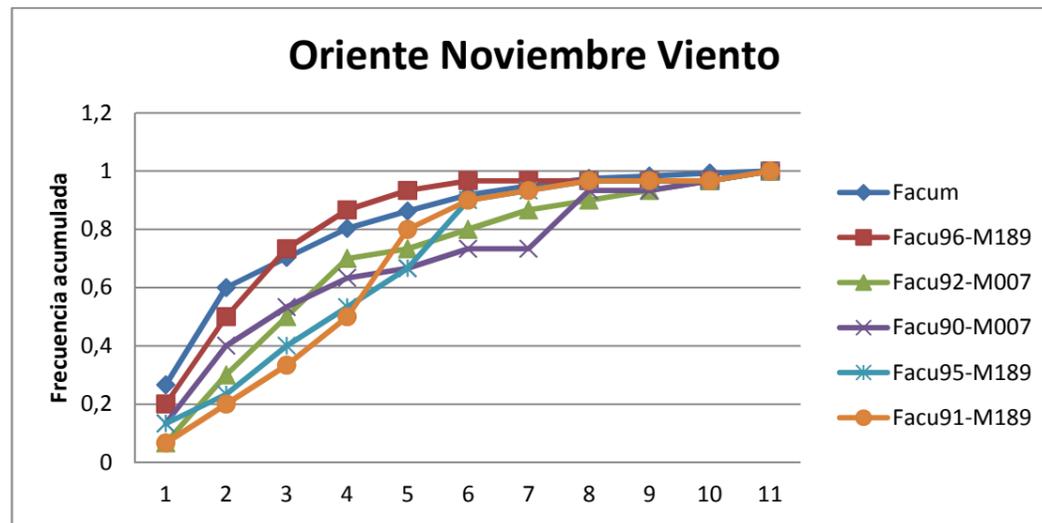
**Figura 186.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura mínima



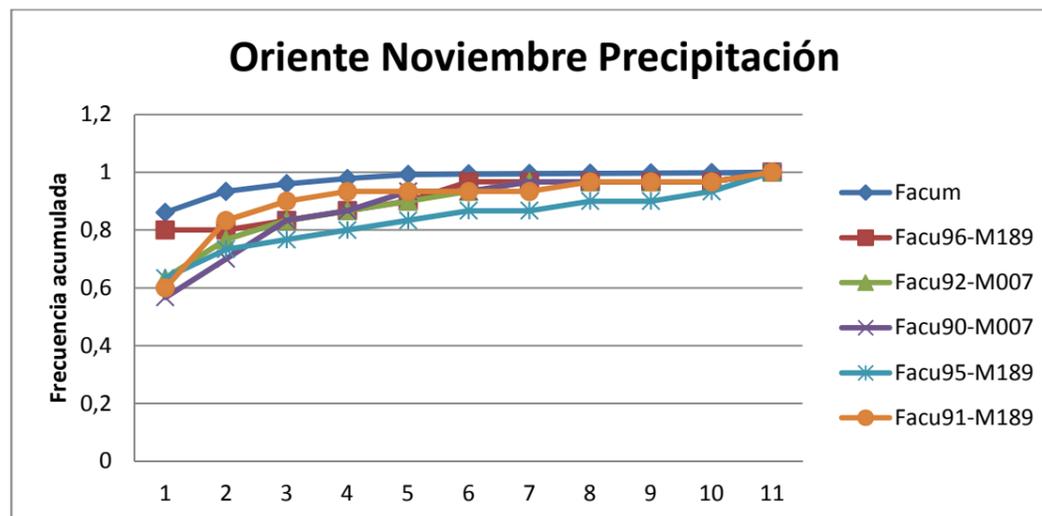
**Figura 187.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura media



**Figura 188.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la temperatura máxima

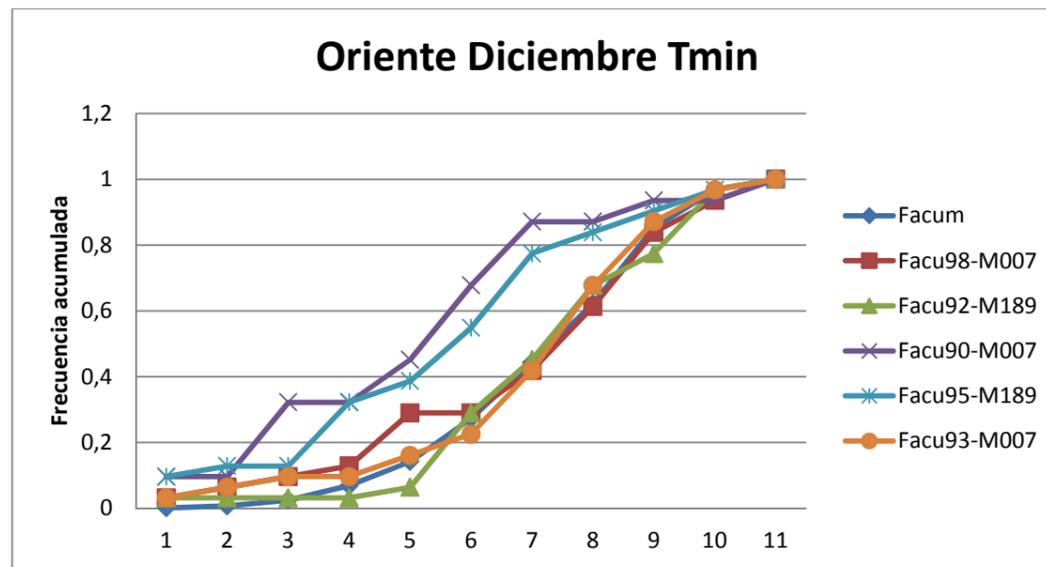


**Figura 189.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con el viento

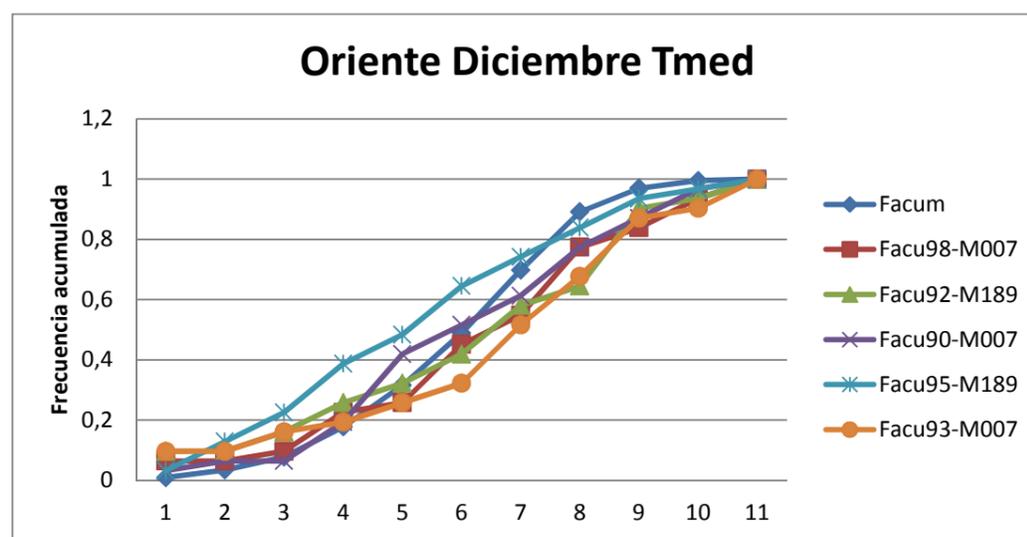


**Figura 190.** Comparación de las frecuencias acumuladas de noviembre con la precipitación

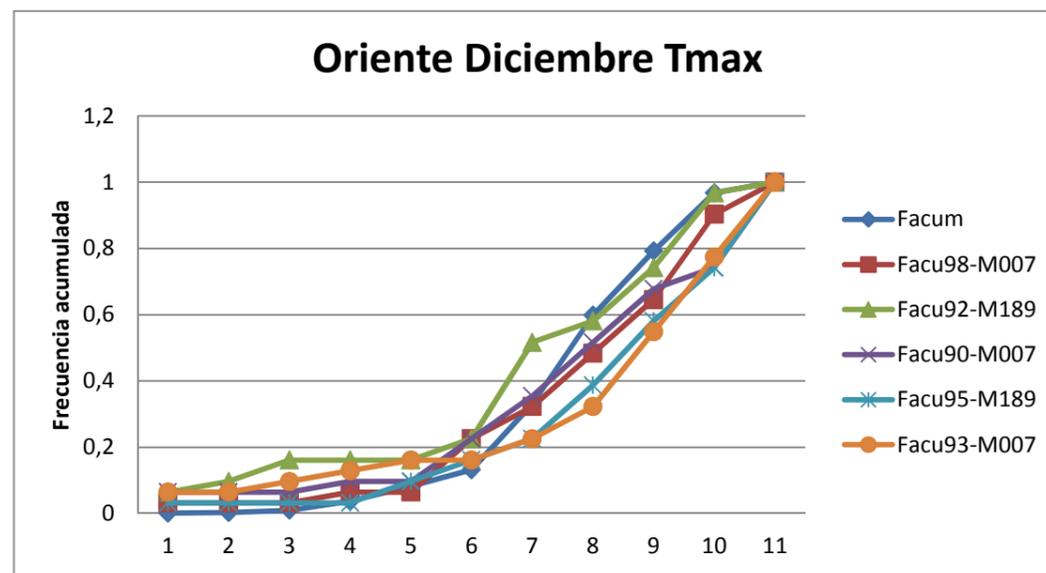
**3.4.2.12. Análisis visual de las frecuencias acumuladas por cada variable del mes de Diciembre en el Oriente**



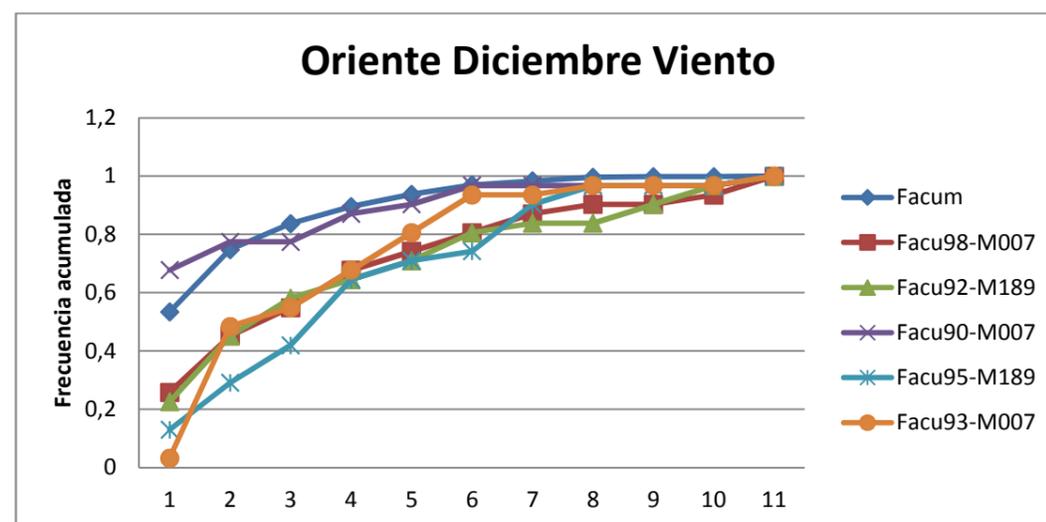
**Figura 191.** Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura mínima



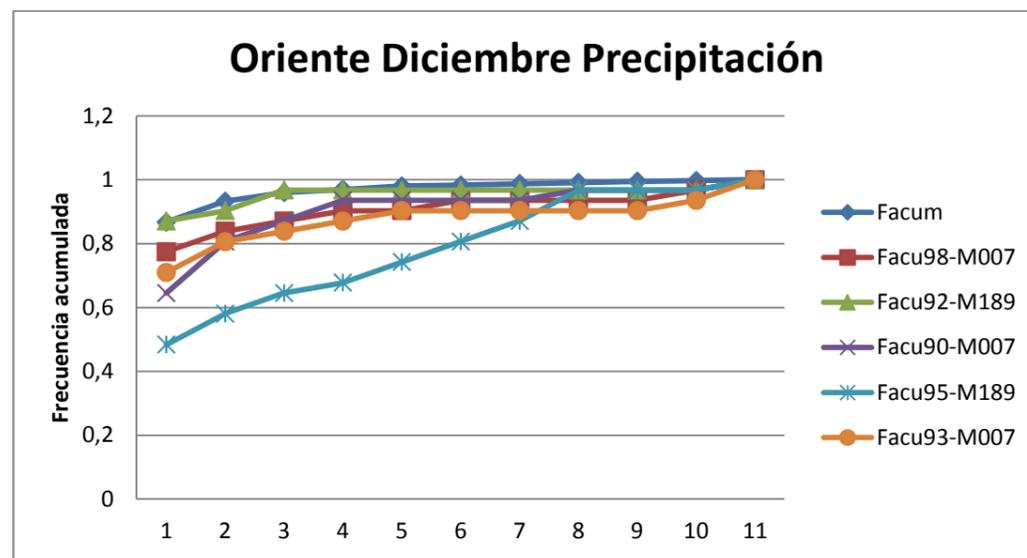
**Figura 192.** Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura media



**Figura 193.** Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la temperatura máxima



**Figura 194.** Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con el viento



**Figura 195.** Comparación de las frecuencias acumuladas de diciembre con la precipitación

### 3.5. Definición del Año Típico Meteorológico para las tres zonas climáticas del Ecuador

Al finalizar las curvas de las frecuencias acumuladas para cada variable y cada zona climática del Ecuador, se tomó el índice WS, más cercano a cero para poder estructurar el año típico para cada región del país.

**Tabla 38.** Estaciones escogidas para el Año Meteorológico Típico de la Región Sierra

Año Típico Meteorológico de la Región Sierra												
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Estación	M024	M024	M003	M024	M002	M024	M002	M004	M003	M002	M024	M024
Año	1990	1996	1990	1989	1991	1989	1992	1988	1993	1988	1989	1996
Valor WS	0.148211	0.136083	0.146642	0.128838	0.146188	0.131281	0.151364	0.143504	0.141152	0.125088	0.135369	0.178343

**Tabla 39.** Estaciones escogidas para el Año Meteorológico Típico de la Región Costa

Año Típico Meteorológico de la Región Costa												
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Estación	M179	M006	M006	M209	M209	M179	M006	M179	M179	M179	M006	M209
Año	1983	1986	1986	1991	1991	1992	1982	1984	1989	1982	1992	1991
Valor WS	0.251769	0.178887	0.214622	0.243737	0.237791	0.191152	0.216403	0.231241	0.270808	0.254545	0.180182	0.214233

**Tabla 40.** Estaciones escogidas para el Año Meteorológico Típico de la Región Oriente

Año Típico Meteorológico de la Región Oriente												
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Estación	M007	M189	M007	M007	M189	M007	M189	M189	M189	M007	M189	M007
Año	1991	1995	1994	1998	1990	1991	1990	1990	1998	1990	1996	1998
Valor WS	0,159277	0,180821	0,177302	0,185798	0,167879	0,163879	0,143773	0,154154	0,161414	0,143949	0,150505	0,1426

#### **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## IV. Conclusiones y Recomendaciones

### 4.1. Conclusiones

- El presente proyecto demuestra que las variaciones en las estaciones meteorológicas alrededor del Ecuador tienen condiciones atmosféricas inestables, por lo que se las agrupó por regiones climáticas semejantes, Costa, Sierra y Oriente.
- Las estaciones consideradas para la formación del año típico de la Sierra y de la Costa reflejan condiciones más homogéneas, mostrando una diversidad de estaciones, utilizándose todas las estaciones, en tanto que la estación 190, llamada Yanzatza en Zamora Chinchipe, tiene condiciones muy heterogéneas, y debido a esto no fue considerada para el establecimiento del año típico de la Región Oriente.
- En la región Sierra, la estación que se repite más es la M024, correspondiente a Iñaquito, en la provincia de Pichincha, por lo que las características climáticas más semejantes presentadas en el año típico corresponden a la ciudad de Quito.
- En la región Costa, la estación que se repite más es la M179, correspondiente a Arenillas, en la provincia de El Oro, por lo que las características climáticas más semejantes presentadas en el año típico corresponden a la provincia de El Oro.
- En la región Oriente, la estación que se repite más es la M179, correspondiente a Nuevo Rocafuerte, en la provincia de Orellana, por lo que las características climáticas más semejantes presentadas en el año típico corresponden a la provincia de Orellana.

- Los años seleccionados se obtuvieron de la base de datos meteorológicos del INAMHI, la cual presenta muchas fechas sin datos lo que obligó a que la selección de los años varíe drásticamente entre cada región del Ecuador.
- Se debió trabajar con datos anteriores al año 2000, ya que los datos posteriores a ese año, estaban incompletos y además contaban con información parcial de muchos meses.
- El método seleccionado para procesar los datos y formar el año típico meteorológico, Método Sandía Revisado, es el estándar que se maneja a nivel global, demostrando fidelidad en los datos utilizados y en los resultados obtenidos.
- Se pudo reiterar que la región que más precipitación tiene es la Región Oriente, de la misma manera la región que posee temperaturas más altas es la Región Costa.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Desarrollar un software libre para las características de los datos del Ecuador, y así poder encontrar semejanzas climáticas entre zonas para establecimiento de nuevas actividades.
- Realizar este tipo de ensayos para localidades más pequeñas, de esta manera se puede mejorar las previsiones locales en posibles sucesos no deseados como inundaciones o sequías.
- Corregir los datos globales que se encuentran disponibles en las estaciones meteorológicas de las diferentes zonas, ya que al completar datos faltantes, la confiabilidad disminuye.

- Mejorar el sistema de recolección de datos in situ, ya que al incrementar la efectividad de los datos reales en los equipos de medición se puede establecer relaciones más precisas.
- Trabajar con datos más actuales, los cuales deben ser liberados por el organismo competente, para que la información sea actual y pueda ser utilizada en estudios modernos.

## V. BIBLIOGRAFÍA

## V. Bibliografía

- Academia online. (2010). *Psicrómetro*. Recuperado el 12 de Octubre de 2012, de [www.academiatesto.com.ar/cms/psicrometro-instrumento-para-medir-el-punto-de-rocio](http://www.academiatesto.com.ar/cms/psicrometro-instrumento-para-medir-el-punto-de-rocio)
- Ahrens, D., Jackson, P., & Jackson, C. (2011). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. New York: Cengage Learning.
- Alea, M. (2001). *Estadística con SPSS v10.0*. Barcelona: Universitat Barcelona.
- Allaby, M. (2002). *Encyclopedia of Weather and Climate*. New York: Infobase Publishing.
- Alvarado, J. (2008). *Fundamentos de inferencia estadística*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Arroyo, F. (2006). *El Espacio Geográfico Español y Su Diversidad*. Madrid: Ministerio de Educación.
- Ayllón, T. (2003). *Elementos de Meteorología y Climatología*. México: Trillas.
- Barros, J. (2010). *Atlas climatológico del Ecuador*. Quito.
- Baylina, R. (2005). *Barómetro y barógrafo*. Recuperado el 12 de Octubre de 2012, de [www.rumtor.com/barometro.html](http://www.rumtor.com/barometro.html)
- Brenes, Á., & Saborío, V. (1995). *Elementos de Climatología: Su Aplicación Didáctica a Costa Rica*. Costa Rica: EUNED.

- Caamaño, E. (1998). *Edificios fotovoltaicos conectados a la red eléctrica: Caracterización y análisis*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- CAE. (2012). *Solarímetro HE20/K*. Recuperado el 12 de Octubre de 2012, de [www.cae.it/es/sens\\_solarimetro.php](http://www.cae.it/es/sens_solarimetro.php)
- Calderón, M. (2010). *Modelo Conceptual del Acuífero del Río de Olón*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Castellis, X. (2012). *Energías renovables: Energía, Agua, Medioambiente, territorialidad y Sostenibilidad*. Madrid: Díaz de Santos.
- CEAC. (2010). *Energía solar fotovoltaica*. Barcelona: Ediciones CEAC.
- Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecología Andina. (1997). *La Sostenibilidad de Los Sistemas de Producción Campesina en Los Andes*. Lima: International Potato Center.
- Cuadrat, J., & Pita, M. (2009). *Climatología*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Donald, C. (2011). *Essentials of Meteorology: An Invitation to the Atmosphere*. New York: Cengage Learning.
- Eca Formación. (2007). *Energía solar fotovoltaica*. Madrid: FC Editorial.
- Embajada del Ecuador en la República Popular China. (2012). *Geografía del Ecuador*. Recuperado el 7 de Octubre de 2012, de Embajada del Ecuador en la República Popular China: <http://www.ecuadorenchina.org.ec/ecuador/geografia>
- Faculty of Pure and Applied Science, York University. (2010). *The Troposphere (Lower Atmosphere)*. Recuperado el 6 de Octubre de 2012, de

[http://resources.yesican-science.ca/trek/scisat/final/grade9/fact\\_sheet2.html](http://resources.yesican-science.ca/trek/scisat/final/grade9/fact_sheet2.html)

García, L. (2011). *Temperatura y Cuerpos Termométricos*. Recuperado el 5 de Octubre de 2012, de

[http://www.cec.uchile.cl/~roroman/pag\\_2/term/termomet.htm](http://www.cec.uchile.cl/~roroman/pag_2/term/termomet.htm)

Guevara, J. (2009). *Meteorología*. Caracas: Colección Estudios.

Huelvedo, J., Pardo, J., Quirós, S., & Espinoza, L. (2005). *Agroclimatología tropical*. Costa Rica: EUNED.

INAMHI. (2007). *Características generales del Clima en el Ecuador*.

Recuperado el 20 de Mayo de 2012, de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología:

[http://www.inamhi.gov.ec/meteorologia/eclimaticos\\_caracteristicas.htm](http://www.inamhi.gov.ec/meteorologia/eclimaticos_caracteristicas.htm)

INAMHI. (2009). *Meteorología Básica*. Recuperado el 08 de 10 de 2012, de

<http://186.42.174.237/educativa/meteorologia.htm>

INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGÍA,

METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA. (2011). *LOS COMPONENTES DE UNA ESTACION METEOROLOGICA*. Recuperado el 12 de Octubre de 2012, de

<http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/estacion20meteorologica.htm>

Iranzo, V. (2010). *Biología y Geología*. México: IVEP.

- Janjai, S., & Deeyai, P. (2009). Comparison of methods for generating typical meteorological year using meteorological data from a tropical environment. *Applied Energy*, 86, 528-537.
- Kalamees, T., & Kurnitski, J. (2005). Estonian test reference year for energy calculations. *Estonian Journal of Engineering*, 12, 40-58.
- Kalogirou, S. (2003). Generation of typical meteorological year (TMY-2) for Nicosia, Cyprus. *Renewable Energy*, 28, 2317–2334.
- Kamal, S., & Abdul, B. (2009). A software tool for the creation of a typical meteorological year. *Renewable Energy*, 34, 544–554.
- Ledesma, M. (2011). *Principios de Meteorología Y Climatología*. México: Editorial Paraninfo.
- Lerum, V. (2008). *High-performance building*. California: John Wiley and Sons.
- Maldonado, D. (2006). *Estudios en Arquitectura Bioclimática*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Millan, A. (2001). *Métodos de ecología vegetal*. Madrid: Editorial Universitaria.
- Ministerio de planificación territorial y medio ambiente. (2006). *Meteorología y Climatología*. Cochabamba: Ministerio de planificación territorial y medio ambiente.
- Moro, M. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. México: Editorial Paraninfo.
- Osservatorio L. Ferrajolo. (2007). Recuperado el 6 de Octubre de 2012, de <http://www.ferrajolo.org/strumentazione.html>

- Oko, C., & Ostel., O. (2011). Generation of a typical meteorological year for port harcourt zone. *Journal of Engineering Science and Technology*, 204 – 214.
- Pérez, R., Castells, M., Llevadot, J., & Jordi, G. (2009). *Patrón de embarcaciones de recreo*. Catalunya: Univ. Politèc. de Catalunya.
- Prieto, C. (2004). *El agua: sus forma, efectos, abastecimientos, usos, daños. control y conservación*. México: ECOE EDICIONES.
- Rufes, P. (2009). *Energía Solar Térmica: Técnicas para su Aprovechamiento*. Barcelona: Marcombo.
- Ruiz de Adana, M. (2002). *Aplicación de la dinámica de fluidos computacional al control de las mermas de vino en naves de crianza climatizadas*. Logroño: Universidad de la Rioja.
- Sánchez, O. (2003). *Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México*. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Sarmiento, P. (2007). *Energía solar en arquitecta y construcción*. Madrid: RIL Editores.
- Savornin, F. (2011). *Diseñando tu instalación solar*. Recuperado el 12 de Octubre de 2012, de [www.entegiasolarencasa.com/archivos/manualsolar.pdf](http://www.entegiasolarencasa.com/archivos/manualsolar.pdf)
- SEED. (2012). *Pluviómetros*. Recuperado el 6 de Octubre de 2012, de <http://www.planetseed.com/es/node/19498>

- Sendiña, I., Pérez, V., & Pérez, V. (2006). *Fundamentos de meteorología*. Santiago de Compostela: Universidad Santiago de Compostela.
- Skeiker, K., & Ghani, B. (2008). A software tool for the creation of a typical meteorological year. *Renewable Energy*, 34, 544-554.
- The Center for Innovation in Science and Engineering. (2012). *The Global Sun, temperature project*. Recuperado el 5 de Octubre de 2012, de <http://www.ciese.org/curriculum/tempproj/popup/graph2/>
- The Encyclopedia of Earth. (2010). *Temperature*. Recuperado el 6 de Octubre de 2012, de <http://www.eoearth.org/article/Temperature?topic=49557>
- Turismo Ecuador. (29 de Diciembre de 2012). *General Information of Ecuador*. Obtenido de [http://www.turismoecuador.com/ingles/ecuador/datos\\_generales.htm](http://www.turismoecuador.com/ingles/ecuador/datos_generales.htm)
- TUTTIEMPO NETWORK. (2012). *Diccionario Meteorológico*. Recuperado el 4 de Octubre de 2012, de Diccionario Meteorológico: [http://www.tutiempo.net/diccionario/temperatura\\_minima.html](http://www.tutiempo.net/diccionario/temperatura_minima.html)
- TUTTIEMPO NETWORK. (2012). *Diccionario Meteorológico*. Recuperado el 4 de Octubre de 2012, de Diccionario Meteorológico: [http://www.tutiempo.net/diccionario/temperatura\\_maxima.html](http://www.tutiempo.net/diccionario/temperatura_maxima.html)
- Universidad de la República. (2007). *Clasificaciones Climáticas Globales*. Recuperado el 2 de Octubre de 2012, de Unidad de Ciencias de la Atmósfera: [http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/climatologia/teorico\\_climatologia\\_2010/Tema9Clima2010](http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/climatologia/teorico_climatologia_2010/Tema9Clima2010).

- Universidad de San Carlos de Guatemala. (2006). *Estación meteorológica*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Universidad Nacional Autónoma de México . (2005). *Visión a Largo Plazo Sobre la Utilización de las Energías Renovables en México: Energía solar*. México: Universidad Nacional Autónoma de México .
- Vallée, J.-L. (2006). *Guía técnica de Meteorología*. Barcelona: Omega S.A.
- Valverde, T., & Cano, Z. (2005). *Ecología y Medio Ambiente*. Mexico: Pearson Educación.
- Vargas, M. (2008). *Ecología y Biodiversidad Del Ecuador*. Quito: BPR Publishers.
- Velasco, S., & Fernández, C. (2005). *Un paseo por la historia de la termometría*. Recuperado el 5 de Octubre de 2012, de [gtfe.usal.es/pdfs/ensenanza/santi\\_rsef\\_termometria\\_05.pdf](http://gtfe.usal.es/pdfs/ensenanza/santi_rsef_termometria_05.pdf)
- Vertacnik, G. (2008). *Test reference year*. Eslovenia: Environmental Agency of the Republic of Slovenia.
- Vicuña, G. (2009). *Manual de Meteorología Popular*. Madrid: Editorial MAXTOR.
- Zuñiga, F. (2004). *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Zuñiga, I., & Crespo, E. (2010). *Meteorología y climatología*. Madrid: UNED.