

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Análisis de la relación entre la precipitación máxima anual, el cambio de uso de suelo y la respuesta hidrológica en cuencas costeras del Pacífico Tropical Mexicano

Directorio del INECC

Dra. María Amparo Martínez Arroyo

Dra. Ana Cecilia Conde Alvarez

Dra. Helena Cotler Ávalos

M. en C. Daniel Iura González

Directora General

Coordinadora General de Adaptación al Cambio
Climático

Directora de Manejo de Cuencas y Adaptación

Subdirector de Dinámica Ecohidrológica de Cuencas

Consultor

Dr. Ricardo Domínguez Varela

Mtra. Citlalli Tapia González

*Análisis de la relación entre la precipitación máxima anual,
el cambio de uso de suelo y la respuesta hidrológica en
cuencas costeras del Pacífico Tropical Mexicano.*



Tabla de contenido

1	Introducción.....	24
2	Justificación.....	26
3	Objetivos.....	27
3.1	General.....	27
3.2	Específicos.....	27
4	Consideraciones.....	27
4.1	Marco Teórico.....	27
5	Alcances.....	34
6	Actividades y Método.....	36
6.1	Actividad a) Identificación de las cuencas costeras que tuvieron afectaciones a la población por inundaciones causadas por la tormenta tropical “Manuel”.....	36
6.1.1	Criterios para la selección de cuencas a analizar.....	36
6.1.1.1	Declaración oficial de desastre provocado por los fenómenos hidrometeorológicos Manuel e Ingrid.....	36
6.1.1.1	Influencia de la trayectoria seguida por el fenómeno hidrometeorológico Manuel y su tiempo en esa posición.....	42
6.1.1.2	Instrumentación en la cuenca.....	43
6.2	Actividad b) Desarrollar un protocolo para relacionar los eventos de precipitación máxima anual y acumulada, con la condición ambiental de la cuenca y su respuesta hidrológica, en términos de los parámetros sensibles al coeficiente de escurrimiento.....	56
6.2.1	Protocolo.....	56
6.2.1.1	Selección de cuencas.....	57

6.2.1.2	Delimitación de Cuencas y Subcuencas.....	57
6.2.1.3	Caracterización hidrometeorológica.....	60
6.2.1.3.1	Selección de estaciones climatológicas.....	60
6.2.1.3.2	Análisis de lluvias máximas anuales.....	60
6.2.1.3.3	Selección de estaciones hidrométricas.....	61
6.2.1.3.4	Análisis de los caudales máximos anuales.....	61
6.2.1.3.5	Elaboración del modelo hidrológico de las cuencas en el HEC-HMS.....	62
6.2.1.3.6	Calibración del modelo hidrológico y Número de Curva.....	68
6.2.1.3.7	Determinación del Número de Curva de la cuenca y subcuencas.....	68
6.2.1.4	Delimitación de las unidades de paisaje en las cuencas de estudio.....	69
6.2.1.5	Desarrollo de la estadística para conocer la relación entre el cambio de la unidad de paisaje y los escurrimientos máximos en la cuenca.....	74
6.2.1.5.1	Análisis de lluvias en la cuenca.....	77
6.2.1.5.2	Análisis de lluvias máximas vs caudales máximos.....	77
6.2.1.5.3	Análisis de Uso de Suelo y vegetación vs caudales máximos.....	77
6.2.1.5.4	Análisis de correlación múltiple.....	78
6.3	Actividad c) Caracterización hidrometeorológica de 5 periodos 1971 – 1986, 1993 – 1998, 1999 – 2005, 2006 - 2008 y 2009 – 2011 de la cuenca de estudio.....	79
6.3.1	Información climatológica e hidrométrica en la Cuenca del Río La Sabana.....	79
6.3.1.1	Información climatológica en la cuenca del río Sabana.....	79

6.3.1.2	Selección de estaciones climatológicas en la cuenca del Río Sabana	81
6.3.1.3	Caracterización climatológica para el periodo 1971-1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Sabana.	83
6.3.1.4	Caracterización climatológica para el periodo 1993-1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Sabana.	84
6.3.1.5	Caracterización climatológica para el periodo 1999–2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Sabana.	85
6.3.1.6	Caracterización climatológica para el periodo 2006–2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Sabana.	86
6.3.1.7	Caracterización climatológica para el periodo 2009–2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Sabana.	87
6.3.1	Información hidrométrica en la cuenca del río Sabana.....	88
6.3.1.1	Caracterización hidrométrica para el periodo 1971–1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Sabana.	91
6.3.1.1	Caracterización hidrométrica para el periodo 1993–1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Sabana.	91
6.3.1.2	Caracterización hidrométrica para el periodo 1999–2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Sabana.	92
6.3.1.3	Caracterización hidrométrica para el periodo 2006–2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Sabana.	92
6.3.1.4	Caracterización hidrométrica para el periodo 2009–2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Sabana.	92
6.3.2	Información climatológica e hidrométrica en la Cuenca del Río Atoyac.	
6.3.2.1	Información climatológica en la cuenca del río Atoyac.....	93
6.3.2.2	Selección de estaciones climatológicas en la cuenca del Río Atoyac	94
6.3.2.3	Caracterización climatológica para el periodo 1971-1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Atoyac.....	97

6.3.2.4	Caracterización climatológica para el periodo 1993-1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Atoyac.....	98
6.3.2.5	Caracterización climatológica para el periodo 1999–2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Atoyac.....	99
6.3.2.6	Caracterización climatológica para el periodo 2006–2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Atoyac.....	100
6.3.2.7	Caracterización climatológica para el periodo 2009–2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Atoyac.....	101
6.3.3	Información hidrométrica en la cuenca del río Atoyac.....	102
6.3.3.1	Caracterización hidrométrica para el periodo 1971–1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Atoyac.....	105
6.3.3.2	Caracterización hidrométrica para el periodo 1993–1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Atoyac.....	105
6.3.3.3	Caracterización hidrométrica para el periodo 1999–2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Atoyac.....	106
6.3.3.4	Caracterización hidrométrica para el periodo 2006–2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Atoyac.....	106
6.3.3.5	Caracterización hidrométrica para el periodo 2009–2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Atoyac.....	107
6.4	Información climatológica e hidrométrica en la Cuenca del Río Técpan.	108
6.4.1	Información climatológica en la cuenca del río Técpan.....	108
6.4.1.1	Selección de estaciones climatológicas en la cuenca del Río TÉCPAN.....	110
6.4.1.2	Caracterización climatológica para el periodo 1971-1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Técpan.....	113
6.4.1.3	Caracterización climatológica para el periodo 1993-1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Técpan.....	114
6.4.1.4	Caracterización climatológica para el periodo 1999–2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Técpan.....	115

6.4.1.5	Caracterización climatológica para el periodo 2006–2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Técpan.....	116
6.4.1.6	Caracterización climatológica para el periodo 2009–2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Técpan.....	117
6.4.2	Información hidrométrica en la cuenca del río Técpan.	118
6.4.2.1	Caracterización hidrométrica para el periodo 1971–1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Técpan.....	122
6.4.2.2	Caracterización hidrométrica para el periodo 1993–1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Técpan.....	123
6.4.2.3	Caracterización hidrométrica para el periodo 1999–2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Técpan.....	124
6.4.2.4	Caracterización hidrométrica para el periodo 2006–2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Técpan.....	124
6.4.2.5	Caracterización hidrométrica para el periodo 2009–2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Técpan.....	124
6.5	Información climatológica e hidrométrica en la Cuenca del Río Coyuquilla.	
6.5.1	Información climatológica en la cuenca del río Coyuquilla.	125
6.5.1.1	Selección de estaciones climatológicas en la cuenca del Río Presidio.	126
6.5.1.2	Caracterización climatológica para el periodo 1971-1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Coyuquilla.	128
6.5.1.3	Caracterización climatológica para el periodo 1993-1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Coyuquilla.	129
6.5.1.4	Caracterización climatológica para el periodo 1999–2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Coyuquilla.	130
6.5.1.5	Caracterización climatológica para el periodo 2006–2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Coyuquilla.	131
6.5.1.6	Caracterización climatológica para el periodo 2009–2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Coyuquilla.	132

6.5.2	Información hidrométrica en la cuenca del río Coyuquilla.....	133
6.5.2.1	Caracterización hidrométrica para el periodo 1971–1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Cayuquilla.....	136
6.5.2.2	Caracterización hidrométrica para el periodo 1993–1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Presidio.....	137
6.5.2.3	Caracterización hidrométrica para el periodo 1999–2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Coyuquilla.....	138
6.5.2.4	Caracterización hidrométrica para el periodo 2006–2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Coyuquilla.....	139
6.5.2.5	Caracterización hidrométrica para el periodo 2009–2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Coyuquilla.....	139
6.6	Información climatológica e hidrométrica en la Cuenca del Río Presidio.	140
6.6.1	Información climatológica en la cuenca del río Presidio.	140
6.6.1.1	Selección de estaciones climatológicas en la cuenca del Río Presidio.	141
6.6.1.2	Caracterización climatológica para el periodo 1971-1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Presidio.....	144
6.6.1.3	Caracterización climatológica para el periodo 1993-1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Presidio.....	145
6.6.1.4	Caracterización climatológica para el periodo 1999–2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Presidio.....	146
6.6.1.5	Caracterización climatológica para el periodo 2006–2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Presidio.....	147
6.6.1.6	Caracterización climatológica para el periodo 2009–2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Presidio.....	148
6.6.2	Información hidrométrica en la cuenca del río Presidio.	149
6.6.2.1	Caracterización hidrométrica para el periodo 1971–1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Presidio.....	153

6.6.2.2	Caracterización hidrométrica para el periodo 1993–1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Presidio.....	154
6.6.2.3	Caracterización hidrométrica para el periodo 1999–2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Presidio.....	155
6.6.2.4	Caracterización hidrométrica para el periodo 2006–2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Presidio.....	156
6.6.2.5	Caracterización hidrométrica para el periodo 2009–2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Presidio.....	157
6.7	Actividad d. Delimitar las unidades de paisaje en las cuencas o subcuencas de estudio de los años 1971 – 1986, 1993 – 1998, 1999 – 2005, 2006 - 2008 y 2009 – 2011 correspondientes a las Series I, II, III y V de CVUS de INEGI. ...	158
6.7.1	Delimitación de las Unidades del paisaje en la cuenca del río Sabana de los 5 periodos 1971 – 1986, 1993 – 1998, 1999 – 2005, 2006 - 2008 y 2009 – 2011	164
6.7.2	Delimitación de las Unidades del paisaje en la cuenca del río Atoyac de los 5 periodos 1971 – 1986, 1993 – 1998, 1999 – 2005, 2006 - 2008 y 2009 – 2011	176
6.7.3	Delimitación de las Unidades del paisaje en la cuenca del río Técpan de los 5 periodos 1971 - 1986, 1993 -1998, 1999 - 2005, 2006 -2008, 2009 - 2011.	186
6.7.4	Delimitación de las Unidades del paisaje en la cuenca del río Coyuquilla de los 5 periodos 1971 - 1986, 1993 -1998, 1999 - 2005, 2006 - 2008, 2009 -2011	196
6.7.5	Delimitación de las Unidades del paisaje en la cuenca del río Presidio de los 5 periodos 1971 - 1986, 1993 -1998, 1999 - 2005, 2006 -2008, 2009 - 2011	206
6.8	Actividad e. Correlacionar estadísticamente la variabilidad en la distribución de las unidades de paisaje en la cuenca y la respuesta hidrológica	
6.8.1	Elaboración de los modelos hidrológicos de las cuencas en el HEC-HMS	219

6.8.1.1	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Sabana con SERIE I de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	219
6.8.1.2	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Sabana con SERIE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	220
6.8.1.3	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Sabana con SERIE III de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	221
6.8.1.4	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Sabana con SERIE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	223
6.8.1.5	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Sabana con SERIE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	224
6.8.2	Resultados del modelo realizado en HEC-HMS para cada una de las SERIES de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI en la cuenca del Río Sabana.....	225
6.8.2.1	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Atoyac con SERIE I de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	229
6.8.2.2	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Atoyac con SERIE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	230
6.8.2.3	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Atoyac con SERIE III de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	231
6.8.2.4	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Atoyac con SERIE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	232
6.8.2.5	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Atoyac con SERIE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	233
6.8.3	Resultados del modelo realizado en HEC-HMS para cada una de las SERIES de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI en la cuenca del Río Atoyac.	234
6.8.3.1	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Técpan con SERIE I de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	239
6.8.3.2	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Técpan con SERIE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	240

6.8.3.3	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Técpan con SERIE III de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	241
6.8.3.4	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Técpan con SERIE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	242
6.8.3.5	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Técpan con SERIE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	243
6.8.4	Resultados del modelo realizado en HEC-HMS para cada una de las SERIES de Uso Técpan de Suelo y Vegetación de INEGI en la cuenca del Río Técpan.	244
6.8.4.1	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Coyuquilla con SERIE I de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	248
6.8.4.2	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Coyuquilla con SERIE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	249
6.8.4.3	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Coyuquilla con SERIE III de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	250
6.8.4.4	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Coyuquilla con SERIE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	251
6.8.4.5	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Coyuquilla con SERIE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	252
6.8.5	Resultados del modelo realizado en HEC-HMS para cada una de las SERIES de Uso Coyuquilla de Suelo y Vegetación de INEGI en la cuenca del Río Coyuquilla.....	253
6.8.5.1	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Presidio con SERIE I de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	258
6.8.5.2	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Presidio con SERIE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	259
6.8.5.3	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Presidio con SERIE III de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	260
6.8.5.4	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Presidio con SERIE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	261

6.8.5.5	Modelo Hidrológico para cuenca del Río Presidio con SERIE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.....	262
6.8.6	Resultados del modelo realizado en HEC-HMS para cada una de las SERIES de Uso Presidio de Suelo y Vegetación de INEGI en la cuenca del Río Presidio.....	263
6.8.7	Análisis estadístico para encontrar la correlación entre las unidades de paisaje y el escurrimiento en una cuenca, ante eventos hidrometeorológicos extraordinarios.	268
6.8.7.1	Limitaciones	268
6.8.7.2	Mecanismo para relacionar las unidades de paisaje contra el escurrimiento en las cuencas.	269
6.9	Actividad f. Integración de resultados.....	284
7	Bibliografía.....	286

FIGURAS

FIGURA 1.	Fenómenos hidrometeorológicos Ingrid y Manuel septiembre de 2013.	25
FIGURA 2.	Cuenca del río Sabana y municipios	37
FIGURA 3.	Cuenca del río Atoyac y municipios	38
FIGURA 4.	Cuenca del río Técpan y municipios	39
FIGURA 5.	Cuenca del río Presidio y municipios	40
FIGURA 6.	Cuenca del río Sinaloa y municipios	41
FIGURA 7.	Trayectoria y magnitud del fenómeno hidrometeorológico Manuel 2013.	42
FIGURA 8.	Trayectoria y cronología del fenómeno hidrometeorológico Manuel 2013.	43
FIGURA 9.	Hidrométricas en la Cuenca del Río La Sabana.....	44
FIGURA 10.	Hidrométrica y climatológicas en la Cuenca del Río Atoyac.	46
FIGURA 11.	Hidrométrica y climatológicas en la Cuenca del Río Técpan.	49
FIGURA 12.	Hidrométrica y climatológicas en la Cuenca del Río Presidio.	51
FIGURA 13.	Hidrométricas y climatológicas en la Cuenca del Río Sinaloa.....	53
FIGURA 14.	Esquema de selección de cuencas a analizar.	55
FIGURA 15.	Relación empírica entre la precipitación y el escurrimiento generado por una precipitación.	63
FIGURA 16.	Modelo general para la regionalización.....	70
FIGURA 17.	Estaciones climatológicas en la Cuenca del Río Sabana.....	80
FIGURA 18.	Hidrométricas en la Cuenca del Río La Sabana.....	88
FIGURA 19.	Estaciones climatológicas en la Cuenca del Río Atoyac.	94

FIGURA 20.	Hidrométricas en la Cuenca del Río Atoyac.....	102
FIGURA 21.	Estaciones climatológicas en la Cuenca del Río Técpan.	109
FIGURA 22.	Hidrométricas en la Cuenca del Río Técpan.....	118
FIGURA 23.	Estaciones climatológicas en la Cuenca del Río Coyuquilla.	125
FIGURA 24.	Hidrométricas en la Cuenca del Río Cayuquilla.	133
FIGURA 25.	Estaciones climatológicas en la Cuenca del Río Presidio.	141
FIGURA 26.	Hidrométricas en la Cuenca del Río Presidio.....	149
FIGURA 27.	Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Sabana resultantes con SERIE I.	166
FIGURA 28.	Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Sabana resultantes con SERIE II.	168
FIGURA 29.	Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Sabana resultantes con SERIE III.	171
FIGURA 30.	Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Sabana resultantes con SERIE II.	172
FIGURA 31.	Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Sabana resultantes con SERIE V.	175
FIGURA 32.	Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Atoyac resultantes con SERIE I.	177
FIGURA 33.	Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Atoyac resultantes con SERIE II.	179
FIGURA 34.	Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Atoyac resultantes con SERIE III.	181
FIGURA 35.	Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Atoyac resultantes con SERIE IV.	183
FIGURA 36.	Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Atoyac resultantes con SERIE V.	185

FIGURA 37. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Técpan resultantes con SERIE I.	187
FIGURA 38. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Técpan resultantes con SERIE II.	189
FIGURA 39. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Técpan resultantes con SERIE III.	191
FIGURA 40. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Técpan resultantes con SERIE IV.	193
FIGURA 41. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Técpan resultantes con SERIE V.	195
FIGURA 42. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Coyuquilla resultantes con SERIE I.	197
FIGURA 43. .Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Coyuquilla resultantes con SERIE II.	199
FIGURA 44. Unidades de Paisaje en cuenca del Río Coyuquilla resultantes con SERIE III.	201
FIGURA 45. Unidades de Paisaje en cuenca del Río Coyuquilla resultantes con SERIE IV.	203
FIGURA 46. Unidades de Paisaje en cuenca del Río Coyuquilla resultantes con SERIE V.	205
FIGURA 47. Unidades de Paisaje en cuenca del Río Presidio resultantes con SERIE I.	208
FIGURA 48. Unidades de Paisaje en cuenca del Río Presidio resultantes con SERIE II.	211
FIGURA 49. Unidades de Paisaje en cuenca del Río Presidio resultantes con SERIE III.	213
FIGURA 50. Unidades de Paisaje en cuenca del Río Presidio resultantes con SERIE IV.	215
FIGURA 51. Unidades de Paisaje en cuenca del Río Presidio resultantes con SERIE V.	218

FIGURA 52. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Sabana para la SERIE I de INEGI.....	219
FIGURA 53. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Sabana para la SERIE II de INEGI.....	220
FIGURA 54. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Sabana para la SERIE III de INEGI.....	222
FIGURA 55. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Sabana para la SERIE IV de INEGI	223
FIGURA 56. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Sabana para la SERIE V de INEGI	224
FIGURA 57. Elaboración de modelo para conocer la influencia del Coeficiente de Escurrimiento obtenido de las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación en la cuenca del Río Sabana.	226
FIGURA 58. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Atoyac para la SERIE I de INEGI	229
FIGURA 59. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Atoyac para la SERIE II de INEGI	230
FIGURA 60. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Atoyac para la SERIE III de INEGI	231
FIGURA 61. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Atoyac para la SERIE IV de INEGI.....	232
FIGURA 62. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Atoyac para la SERIE V de INEGI.....	233
FIGURA 63. Elaboración de modelo para conocer la influencia del Coeficiente de Escurrimiento obtenido de las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación en la cuenca del Río Atoyac.....	235
FIGURA 64. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Técpan para la SERIE I de INEGI	239
FIGURA 65. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Técpan para la SERIE II de INEGI	240

FIGURA 66. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Técpan para la SERIE III de INEGI	241
FIGURA 67. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Técpan para la SERIE IV de INEGI.....	242
FIGURA 68. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Técpan para la SERIE V de INEGI.....	243
FIGURA 69. Elaboración de modelo para conocer la influencia del Coeficiente de Escurrimiento obtenido de las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación en la cuenca del Río Técpan.....	245
FIGURA 70. Distribución y porcentaje de Unidades de Paisaje y Uso de Suelo en la cuenca del Río Coyuquilla para la SERIE I de INEGI.....	248
FIGURA 71. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Coyuquilla para la SERIE II de INEGI	249
FIGURA 72. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Coyuquilla para la SERIE III de INEGI	250
FIGURA 73. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Coyuquilla para la SERIE IV de INEGI.....	251
FIGURA 74. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Coyuquilla para la SERIE V de INEGI.....	252
FIGURA 75. Elaboración de modelo para conocer la influencia del Coeficiente de Escurrimiento obtenido de las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación en la cuenca del Río Coyuquilla.....	254
FIGURA 76. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Presidio para la SERIE I de INEGI	258
FIGURA 77. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Presidio para la SERIE II de INEGI	259
FIGURA 78. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Presidio para la SERIE III de INEGI	260
FIGURA 79. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Presidio para la SERIE IV de INEGI.....	261

FIGURA 80. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Presidio para la SERIE V de INEGI..... 262

FIGURA 81. Elaboración de modelo para conocer la influencia del Coeficiente de Escurrimiento obtenido de las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación en la cuenca del Río Presidio..... 264

TABLAS

Tabla 1. Declaratorias de desastre en el DOF provocadas por Manuel e Ingrid.	36
Tabla 2. Registros de los caudales máximos en la estaciones hidrométricas 19008 y 19018.....	45
Tabla 3. Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 1501347	
Tabla 4. Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 19005	49
Tabla 5. Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 11058.	51
Tabla 6. Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 11058.	53
Tabla 7. Grupos hidrológicos de suelos usados por el SCS.....	64
Tabla 8. Condición hidrológica.....	65
Tabla 9. Caracterización hidrológica para varios usos del suelo.	65
Tabla 10. Curva numérica (CN) para estimar el escurrimiento bajo diferentes complejos suelo – cobertura – manejo.....	66
Tabla 11. Niveles jerárquicos de regionalización.....	70
Tabla 12. Clasificación de pendientes	71
Tabla 13. Clasificación del relieve.	72
Tabla 14. Clasificación de Uso de suelo y Vegetación propuesto.	73
Tabla 15. Estaciones climatológicas en la zona de estudio	79
Tabla 16. Lluvia máxima en 24 horas en la zona de estudio	81
Tabla 17. Estaciones climatológicas seleccionadas para la cuenca del Río Sabana	82
Tabla 18. Registros de los caudales máximos en las estaciones hidrométricas 19008 y 19018.....	89
Tabla 19. Estaciones climatológicas en la cuenca del río Atoyac.....	93

Tabla 20.	Lluvia máxima en 24 horas en la zona de estudio	94
Tabla 21.	Estaciones climatológicas seleccionadas para la cuenca del Río Atoyac	96
Tabla 22.	Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 19013.	102
Tabla 23.	Estaciones climatológicas en la zona de estudio	108
Tabla 24.	Lluvia máxima en 24 horas en la zona de estudio	110
Tabla 25.	Estaciones climatológicas seleccionadas para la cuenca del Río Técpan	112
Tabla 26.	Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 19005.	119
Tabla 27.	Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 19005 (corregidos)	120
Tabla 28.	Estaciones climatológicas para la cuenca del río Coyuquilla.	125
Tabla 29.	Lluvia máxima en 24 horas en la cuenca del Río Coyuquilla.	126
Tabla 30.	Estaciones climatológicas seleccionadas para la cuenca del Río Coyuquilla.....	127
Tabla 31.	Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 19003. 134	
Tabla 32.	Estaciones climatológicas para la cuenca del río Presidio.....	140
Tabla 33.	Lluvia máxima en 24 horas en la cuenca del Río Presidio.....	141
Tabla 34.	Estaciones climatológicas seleccionadas para la cuenca del Río Presidio. 143	
Tabla 35.	Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 11058. 150	
Tabla 36.	Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 11058 (corregidos)	151

Tabla 37. Clases que conforman la leyenda del mapa de las UMR's, con los valores de la DVT en m/km ²	159
Tabla 38. Agrupación de tipo de vegetación.....	161
Tabla 39. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE I en cuenca del río Sabana.	165
Tabla 40. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE II en cuenca del río Sabana.	168
Tabla 41. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE III en cuenca del río Sabana.	170
Tabla 42. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE IV en cuenca del río Sabana.	172
Tabla 43. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE V en cuenca del río Sabana.	174
Tabla 44. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE I en cuenca del río Atoyac.	176
Tabla 45. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE II en cuenca del río Atoyac.	178
Tabla 46. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE III en cuenca del río Atoyac.	180
Tabla 47. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE IV en cuenca del río Atoyac.	182
Tabla 48. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE V en cuenca del río Atoyac.	184
Tabla 49. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE I en cuenca del río Técpan.	186
Tabla 50. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE II en cuenca del río Técpan.	188
Tabla 51. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE III en cuenca del río Técpan.	190

Tabla 52. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE IV en cuenca del río Técuapan.	192
Tabla 53. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE IV en cuenca del río Técuapan.	194
Tabla 54. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE I en la cuenca del río Coyuquilla.	196
Tabla 55. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE II en la cuenca del río Coyuquilla.	198
Tabla 56. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE III en la cuenca del río Coyuquilla.....	200
Tabla 57. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE IV en la cuenca del río Coyuquilla.....	202
Tabla 58. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE V en la cuenca del río Coyuquilla.	204
Tabla 59. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE I en la cuenca del río Presidio.	207
Tabla 60. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE II en la cuenca del río Presidio.	210
Tabla 61. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE III en la cuenca del río Presidio.....	212
Tabla 62. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE IV en la cuenca del río Presidio.....	214
Tabla 63. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE V en la cuenca del río Presidio.	217
Tabla 64. Características físicas de la cuenca del río Sabana.	225
Tabla 65. Numero de Curva en las SERIES de INEGI para la Cuenca del Río Sabana.	225
Tabla 66. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE I en la cuenca del Río Sabana.....	226

Tabla 67. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE II en la cuenca del Río Sabana.	227
Tabla 68. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE III en la cuenca del Río Sabana.	227
Tabla 69. Características físicas de la cuenca del río Atoyac.	234
Tabla 70. Numero de Curva en las SERIES de INEGI para la Cuenca del Río Atoyac.	234
Tabla 71. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE I en la cuenca del Río Atoyac.	235
Tabla 72. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE III en la cuenca del Río Atoyac.	236
Tabla 73. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE IV en la cuenca del Río Atoyac.	237
Tabla 74. Características físicas de la cuenca del río Técpan.	244
Tabla 75. Numero de Curva en las SERIES de INEGI para la Cuenca del Río Técpan.	244
Tabla 76. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE I en la cuenca del Río Técpan.	245
Tabla 77. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE II en la cuenca del Río Técpan.	246
Tabla 78. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE III en la cuenca del Río Técpan.	246
Tabla 79. Características físicas de la cuenca del río Coyuquilla.	253
Tabla 80. Numero de Curva en las SERIES de INEGI para la Cuenca del Río Coyuquilla.	253
Tabla 81. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE I en la cuenca del Río Atoyac.	254
Tabla 82. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE II en la cuenca del Río Técpan.	255

Tabla 83. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE III en la cuenca del Río Coyuquilla.....	256
Tabla 84. Características físicas de la cuenca del río Presido.....	263
Tabla 85. Numero de Curva en las SERIES de INEGI para la Cuenca del Río Presidio. 263	
Tabla 86. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE I en la cuenca del Río Presidio.....	264
Tabla 87. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE III en la cuenca del Río Presidio.	265
Tabla 88. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE II en la cuenca del Río Presidio.	265
Tabla 89. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE III en la cuenca del Río Presidio.	266
Tabla 90. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE III en la cuenca del Río Presidio.	266
Tabla 91. Unidades de paisaje de mayor área en la cuenca del río Sabana. ...	269
Tabla 92. Numero de Curva y Unidades de Paisaje a correlacionar [ha]	270
Tabla 93. Unidades de paisaje de mayor área en la cuenca del río Atoyac.	273
Tabla 94. Numero de Curva y Unidades de Paisaje a correlacionar [ha]	273
Tabla 95. Unidades de paisaje de mayor área en la cuenca del río Técpan. ...	276
Tabla 96. Numero de Curva y Unidades de Paisaje a correlacionar [ha]	276
Tabla 97. Unidades de paisaje de mayor área en la cuenca del río Coyuquilla. 279	
Tabla 98. Numero de Curva y Unidades de Paisaje a correlacionar [ha]	279
Tabla 99. Unidades de paisaje de mayor área en la cuenca del río Presidio. ...	282
Tabla 100. Numero de Curva y Unidades de Paisaje a correlacionar [ha]	282

1 Introducción

La república Mexicana recibe una media anual de precipitación acumulada de 770 mm asociada a distintos sistemas meteorológicos (SEMARNAT-IMTA, 2014). Las lluvias provocadas por el ingreso de ciclones tropicales, en cualquiera de sus etapas (depresión, tormenta tropical o huracán), adquieren suma importancia debido a su carácter de tipo torrencial, concentrando esta precipitación en pocas horas o días, pudiendo provocar inundaciones, deslizamientos de lodo y de rocas, causando en algunas ocasiones afectaciones a la población y a la economía.

La variabilidad climática en algunas zonas de nuestro país está asociada a la presencia de fenómenos meteorológicos causantes de impactos socioeconómicos y ambientales que podrían verse incrementados por el calentamiento global (IPCC Summary for Policymakers, 2013).

En México, se estima que un 1/4 de la población que reside en poco más de 24,000 localidades está en una situación de relativo peligro puesto que se encuentran en áreas susceptibles de inundación ubicadas en 129 cuencas hidrográficas (Oropeza y Enríquez, 2010). Pero no todas estas localidades presentan el mismo grado de vulnerabilidad, la población con mayor vulnerabilidad a las inundaciones reside en localidades menores a 5,000 habitantes, ubicadas principalmente en la parte baja de las cuencas (Enríquez y Oropeza, 2010). Como ejemplo: en la costa de Guerrero (Acapulco), en los últimos 10 años el área urbanizada de este municipio en la zona adyacente a la Laguna “Tres Palos”, considerada zona de riesgo de inundación, tuvo un crecimiento del 75% (pasando de 1,752 ha en 2002 a 3,073 ha en 2012).

La cuenca del río Sabana que alimenta este humedal ha sufrido un intenso cambio de uso de suelo, perdiendo gran parte de bosques y de la selva baja caducifolia. Esta pérdida de vegetación va aunada a procesos de degradación de suelo que impiden que la precipitación que cae logre infiltrarse. La combinación de degradación ambiental en las partes altas y medias de la cuenca, una elevada tasa de urbanización en la parte baja y una precipitación extraordinaria acumulada, generada por la tormenta tropical “Manuel”, se tradujo en un desastre por inundación, el cual tuvo graves consecuencias sociales y económicas.

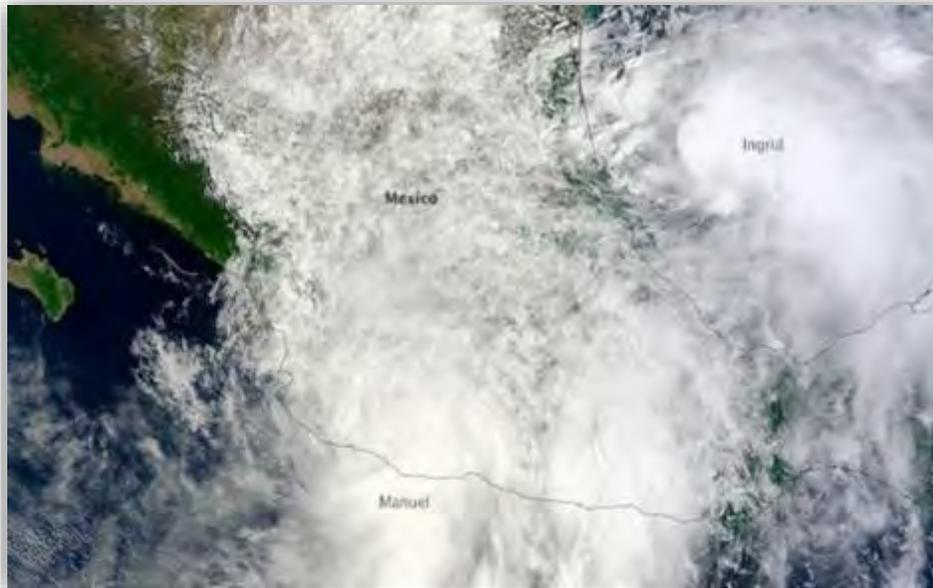
De acuerdo con los registros históricos, entre el 11 y el 18 de septiembre de 2013, la tormenta “Manuel” produjo lluvias inéditas: en la Sierra de Guerrero en sólo ocho días se superó en 250% el promedio mensual histórico (la precipitación acumulada de estos días fue de 987 mm), en la costa de Michoacán en 250% y en la de Oaxaca en 150% (SMN, 19 de septiembre AÑO). Las afectaciones a la

población causadas por los eventos hidrometeorológicos en septiembre de 2013, a nivel nacional generaron daños en un total de 1.5 millones de hogares de 22 de los 32 entidades federativas estados del país y en al menos 72 carreteras, que repercutió repercutiría en el 0.2% del Producto Interno Bruto (de que año), tan solo para la reparación de infraestructura carretera el país se desembolsó 40, 000 millones de pesos, según la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (El Economista, 2014). Para el 12 de diciembre de 2013 se (habían autorizado) autorizaron un total de 19,119 millones de pesos (mdp): 2, 179 mdp como apoyos parciales inmediatos y 16,940 mdp para la reconstrucción, según la Secretaría de Gobernación (SEGOB, 2013).

En los últimos cincuenta años, México no había sido afectado por fenómenos meteorológicos que se presentaran de manera simultánea en el Océano Pacífico y Golfo de México, como ocurrió en el pasado año 2013 con 'Ingrid' en el Golfo de México y 'Manuel' en el Pacífico.

Dos terceras partes Dos tercios del territorio Mexicano sufrieron afectaciones por estos dos fenómenos hidrometeorológicos. En la siguiente imagen se muestra el área de influencia de Ingrid y Manuel, sobre el territorio Mexicano.

FIGURA 1. Fenómenos hidrometeorológicos Ingrid y Manuel septiembre de 2013.



FUENTE: Fotografía de Satélite tomada por la NASA

Para esas fechas la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) por medio del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), emitió alertas de tormentas y lluvias torrenciales en 12 estados de la República Mexicana. En la parte del Golfo de México los estados fueron: Campeche, Chiapas, Hidalgo, Puebla San Luis Potosí

y Tabasco. En la parte del Pacífico los estados fueron: Colima, Guerrero, Michoacán y Oaxaca.

Por lo anterior, resulta apremiante sentar bases científicas que coadyuven en la toma de decisiones, integrando las relaciones entre el impacto del cambio de uso de suelo y la respuesta hidrológica de las cuencas; para promover que en los procesos de planeación territorial se incorpore la importancia de la conservación de ciertas asociaciones de cobertura vegetal y suelo para la mitigación de inundaciones asociadas a eventos meteorológicos extremos.

2 Justificación.

Esta asesoría responde directamente a las atribuciones otorgadas al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) a través de la Ley General de Cambio Climático, las cuales se encuentran expresadas en el Programa Institucional 2013-2018 y en el Programa de Trabajo Anual.

La asesoría responde a los siguientes objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018:

1. Objetivo 4.4.3: Fortalecer la política nacional de cambio climático y cuidado al medio ambiente para transitar hacia una economía competitiva, sustentable, resiliente y de bajo carbono ~~carbón~~, la cual está relacionada al Objetivo 2 del PROMANAT

2013-2018: Incrementar la resiliencia a efectos del cambio climático y disminuir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.

2. Objetivo 4.4.4: Proteger el patrimonio natural, relacionada al Objetivo 4 del PROMANAT 2013-2018: Recuperar la funcionalidad de cuencas y paisajes a través de la conservación, restauración y aprovechamiento sustentablemente del patrimonio natural.

- Con este estudio se alcanzarán a jerarquizar la importancia de las unidades de paisaje que ante precipitaciones pluviales con periodos de retorno mayores a 10 años que ayuden a contener o generen un escurrimiento pico menor evitando inundaciones en zonas urbanas y/o agrícolas.
- En este estudio se podrá demostrar que (las) áreas correlacionadas a unidades de paisaje (que) deben de protegerse y/o conservarse para que por sus características ayuden a prevenir inundaciones y evitar pérdidas humanas y gastos millonarios en indemnizaciones.
- Abre el panorama para poder declarar Áreas Naturales Protegidas.

3 *Objetivos*

3.1 *General*

Identificar patrones de cambio del uso de suelo a escala de paisaje que intervengan en la capacidad de respuesta hidrológica en cuencas costeras del Pacífico Tropical Mexicano, ante eventos de precipitación máxima anual y acumulada.

3.2 *Específicos*

- Identificar cuencas costeras del Pacífico Tropical Mexicano con mayor exposición a precipitaciones extraordinarias y eventos de inundaciones recurrentes con afectación a la población.
- Generar modelos precipitación – escurrimiento con coeficientes sensibles al cambio de patrones en unidades de paisaje.
- Delimitar e identificar las unidades de paisaje más relevantes que intervengan en la respuesta hidrológica (capacidad y característica de descarga) de la cuenca ante eventos de precipitación máxima anual y acumulada.
- Evaluar el impacto de la variabilidad multitemporal en la respuesta hidrológica de una misma cuenca o subcuencas ante eventos similares de precipitación máxima anual y acumulada en relación a la sensibilidad de coeficientes de escurrimiento producto de la interacción lluvia – escurrimiento – infiltración diferenciada según distintas unidades de paisaje.

4 *Consideraciones*

4.1 *Marco Teórico*

En los años noventa del siglo pasado, a partir de un grupo de investigadores de la Universidad de Lodz en Polonia, principalmente de por los trabajos realizados por M. Zalewsky (1997), surge la eco-hidrología, una nueva disciplina científica que propone un enfoque estructurado y analítico para determinar y cuantificar las interrelaciones agua/biota y conocer la manera en que estas interacciones pueden contribuir a la sostenibilidad ambiental (González, N., 2013). El nuevo enfoque analítico tuvo avances importantes para vincular de manera sustentable los

estudios, proyectos, obras hídricas y los ecosistemas soporte de los que dependen.

En 2008 el paradigma eco-hidrológico se internacionaliza con el Programa Hidrológico Internacional (IHP), programa iniciado por la UNESCO cuyas bases reconocen un conjunto de principios enfocados en la comprensión de las relaciones funcionales entre la hidrología y la ecología. En este enfoque la diversidad biológica es en esencia el más valioso recurso junto con el agua, un capital natural cuya pérdida sería irreversible, afectando la sustentabilidad misma de la humanidad (Constanza, 2008).

El impacto del cambio en la dinámica hídrica, particularmente en el escurrimiento superficial depende en gran medida de la ubicación geográfica de la región y del uso actual del territorio. Es decir, de las condiciones ambientales presentes: precipitación neta, tipo de cobertura vegetal, uso de suelo, condición de suelo; factores humanos como la distribución de los centros de población, actividades económicas, tipo y densidad de infraestructura.

La presente asesoría se desarrollará dentro del marco metodológico de las fórmulas de integración para la estimación de la relación entre la precipitación y escorrentía. La variabilidad espacial de este potencial de escurrimiento/infiltración incorporará los tres escenarios distintos de volúmenes de precipitación pluvial: a) No saturación, b) Etapa Intermedia y c) Saturación (Kurczyn–Robledo et al. 2007). El tiempo de concentración y de descarga son variables utilizadas en el diseño del análisis hidrológico, se trata de variables que son propias para cada sitio y que dependen como se menciona anteriormente, de las características geomorfológicas, tipo de suelo, cobertura vegetal y uso del territorio (Vélez- Upegui y Botéro-Gutierrez, 2010), siempre considerando a la cuenca como unidad de respuesta hidrológica y de gestión.

Regionalización. Se refiere a la delimitación de los espacios geográficos relativamente homogéneos en función del medio físico y biológico, suele aplicarse con frecuencia para hacer referencia a una actividad eminentemente práctica y útil para identificar ámbitos territoriales específicos (en este caso regiones), delimitarlos y describirlos, atendiendo a criterios predefinidos y tomando en cuenta ciertos componentes y procesos de la naturaleza y de la sociedad, en determinado espacio geográfico y periodo de tiempo (Serrano 2012)

La regionalización es una disciplina de carácter teórico y metodológico que incluye, además de la identificación, delimitación y descripción de regiones, el análisis de los procesos que han conducido hacia su conformación a partir de la organización territorial que muestra cada una de ellas y de sus interrelaciones.

Cada porción del territorio puede ser vista como un sistema, resultado de la interacción de factores geológicos, climáticos, geomorfológicos, edafológicos, hídricos, de vegetación y fauna silvestre, y su manejo por comunidades humanas (Bocco et al. 2010).

En este trabajo se propone una regionalización del territorio basada en unidades de paisaje (Zonneveld 1995), donde el punto de partida es la delimitación geomorfológica. Isaak Zonneveld señala que la unidad del paisaje es una expresión del paisaje como un sistema (Zonneveld, 1989). La utilización del enfoque de paisaje en la regionalización ecológica enriquece el conocimiento sobre la distribución geográfica de los recursos naturales (y de los ecosistemas que los albergan), su dinámica en el tiempo, y la tolerancia del ambiente a la intervención humana.

La ecología del paisaje propone atención explícita en la dimensión espacial de los procesos ecológicos (Forman y Godron 1986). A partir de ello, se pueden delinear unidades discretas en el espacio o unidades del paisaje, que se subdividen en facetas, las cuales, a su vez, se componen de ecotopos (Farina 1997, Velazquez y Bocco 2003).

En este estudio se propone una regionalización del territorio en unidades del paisaje (Zonneveld, 1995. Zinck, 1998). El enfoque que se propone utilizar para desarrollar el esquema de regionalización se basa principalmente en las bases teóricas y metodológicas proporcionadas por la escuela Holandesa la cual busca la delimitación de unidades físico-ambientales (Bocco et al. 2010) donde el punto de partida es la delimitación geomorfológica.

Este enfoque metodológico se basa en la descripción de las unidades del relieve en función de su génesis y procesos modeladores actuales, además de identificar los procesos y tipos de suelos formados en cada unidad descrita (Verstappen y Van Zuidam, 1992). Este tipo de enfoque permite llegar al establecimiento de las relaciones ecológicas del paisaje, entre las características de las formas del relieve y otros factores ambientales. La metodología del Sistema de levantamiento Geomorfológico se basa en la metodología publicada por el ITC (Instituto Internacional para el Estudios Aeroespacial y Ciencias de la Tierra, por sus siglas en inglés), cabe mencionar que debido a la falta de muestreo en campo se realizaron adecuaciones a la metodología las cuales serán descritas en el apartado del protocolo.

Este tipo de mapeo es resultado del análisis geomorfológico lleva hacia el establecimiento de las relaciones ecológicas del paisaje, entre las características de las formas del relieve y otros factores ambientales. Tal análisis se lleva acabo

obteniendo información sintética que se aplica en un esquema de análisis multidisciplinario (Verstappen y Van Zuidam, 1991).

Un modelo hidrológico se define como una simplificación de un sistema natural, tal como el proceso lluvia-escorrentamiento, y sus componentes sobre una cuenca. Los modelos hidrológicos son de parámetros concentrados o distribuidos, dependiendo del esquema de discretización espacial utilizado para describir las características de las cuencas, y estar fundamentados en bases físicas o ser conceptuales, dependiendo del grado de analogía matemática empleada en su análisis (Mendoza, et al, 2002).

Para entender la relación causal entre lluvia y escurrimiento, se han desarrollado modelos matemáticos que permiten obtener la respuesta de la cuenca (escorrentamiento) al estímulo de una entrada al sistema (precipitación). Tales esquemas, conocidos como modelos lluvia-escorrentamiento, se utilizan con fines de simulación o bien para hacer pronósticos en tiempo real de las avenidas durante las tormentas, a partir de la información de la precipitación que simultáneamente se está generando en la cuenca.

En un modelo hidrológico tradicional se considera que el escurrimiento se produce por la precipitación excedente. A este componente del gasto se le denomina escurrimiento directo o superficial, y a la porción del volumen de precipitación que la produce se le llama precipitación en exceso o efectiva. Mediante una función de transferencia, tal volumen se convierte en escurrimiento directo y, tras sumarle el gasto base, se obtiene el hidrograma de escurrimiento total. Un esquema como el anterior corresponde a los modelos hidrológicos de parámetros concentrados, los cuales utilizan promedios espaciales tanto de las características fisiográficas como de la precipitación en la cuenca.

La modelación hidrológica distribuida, en cambio, considera la variabilidad espacial de las propiedades físicas y de la precipitación, al dividir la cuenca en microcuencas o celdas. Naturalmente, el desarrollo que ha tenido lugar en los campos de teledetección y sistemas de información geográfica ha facilitado el manejo de información espacialmente distribuida. Martínez

La modelación matemática tiene sus orígenes en el método racional (Mulvany, 1850) y un modelo de "evento" (Imbeau, 1892) los cuales relacionan el gasto pico con la intensidad de la lluvia. Casi cuatro décadas después, se introdujo el concepto del hidrograma unitario para relacionar la respuesta del escurrimiento directo a la precipitación en exceso (Sherman, 1932). Casi al mismo tiempo se desarrolló una teoría de infiltración para estimar la precipitación en exceso y mejorar la técnica de separación del hidrograma (Horton, 1933). Posteriormente se investigó el flujo en las

laderas y se obtuvo una fórmula semi-empírica (Horton, 1939), se determinaron simplificaciones de las ecuaciones de flujo para obtener la ecuación de la onda cinemática (Keulegan, 1944) y se desarrolló un concepto de erosión del suelo y generación de redes de corriente dominada por el flujo en laderas (Horton, 1945).

Coincidiendo con los trabajos de Horton, Lowdermilk (1934), Hursh (1936) y Hush y Brater (1944) () observaron que el movimiento del agua subsuperficial constituía una componente importante en regiones húmedas.

Uno de los primeros intentos para desarrollar una teoría de la infiltración fue hecha por Green y Ampt (1911) quienes, usando principios físicos simplificados, obtuvieron una fórmula que aún se emplea actualmente en el cálculo de la intensidad de infiltración.

Las ecuaciones empíricas de Kostiaikov (1932) y Horton (1933, 1935, 1939, 1940) también se emplean actualmente en algunos modelos de cuenca. Estudios iniciales de la evaporación en lagos fueron hechos por Richardson (1931) y Cummings (1935), mientras que Thornthwaite (1948) y Penman (1948) hicieron importantes contribuciones a los modelos de evapotranspiración.

También se hicieron intentos para cuantificar pérdidas como intercepción y almacenamiento en depresiones del terreno según el tipo de cobertura vegetal (Horton 1939). El Soil Conservation Service (SCS), ahora llamado Natural Resources Conservation Service of the U.S. Department of Agriculture desarrolló el método que se conoce como el Número de Curva del SCS. Aunque inicialmente este método fue diseñado para modelar el proceso lluvia-escurrimiento diario, ha sido utilizado para la simulación hidrológica continua.

Se inició también el estudio de la fase subterránea del ciclo hidrológico y se obtuvo una fórmula para estimar la permeabilidad del suelo (Fair y Hatch, 1933). Posteriormente, se combinaron las leyes de Darcy con la ecuación de continuidad para determinar la relación entre las alturas piezométricas y la duración y razón de descarga en un pozo Theis (1935) y se correlacionaron los niveles de agua subterránea con la precipitación Jacob (1943 y 1944). El estudio del agua subterránea y de la infiltración condujo a la separación del flujo base y del flujo interno (interflow) en un hidrograma (Barnes 1940: citado por Singh).

En la actualidad existen una gran variedad de modelos empíricos y semi-empíricos para la relación lluvia escurrimiento, a continuación se mencionan algunos.

Métodos Lluvia – Escurrimiento.

Se ha desarrollado diversos métodos para relacionar Lluvia – Esguerrimiento, hay desde los más simples como son lo que depende únicamente del área de la cuenca como son es la de:

“Envolvente de Creager”.

La idea fundamental de este método es relacionar el gasto máximo (Q) con el área de la cuenca (Ac). La fórmula de Creager para la "Envolvente Mundial" de esguerrimientos, es la siguiente:

$$Q = C \left[\frac{A}{2.59} \right]^{0.936 C - 0.048}$$

donde:

Q = Gastos de la avenida máxima en m³/s.

C = la SARH tiene evaluado C para cada una de las 37 regiones hidrológicas del país.

A = Área de la cuenca en Km².

Hay otros métodos que se van haciendo más complejos pero que incorporan más características físicas de la cuenca y de la precipitación,

“Método de la Fórmula Racional”.

Este método asume que el máximo porcentaje de esguerrimiento de una cuenca pequeña, ocurre cuando la totalidad de tal cuenca está contribuyendo al esguerrimiento, y que el citado porcentaje de esguerrimiento es igual a un porcentaje de la intensidad de lluvia promedio; lo anterior se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$Q_p = \frac{C_e I A}{360}$$

donde:

Qp = gasto máximo, m³/s.

Ce = coeficiente de esguerrimiento, a dimensional

I = intensidad máxima de lluvia para un período de retorno dado, mm/h.

Ac = área de la cuenca, ha.

360 = factor de ajuste de unidades.

El “Método Racional”

En este método se incorporan las características medias de la lluvia, y a través del coeficiente de escurrimiento y del tiempo de concentración, algunas características de la cuenca además de su área. El método parte de la idea de que si la duración de la lluvia efectiva es mayor que el tiempo de concentración de la cuenca, se alcanzará un estado de equilibrio, tal que el volumen de lluvia efectiva que se precipita en la cuenca en un instante dado es igual al que escurre a la salida de la cuenca en el mismo instante, lo mencionado queda expresado por la siguiente ecuación conocida como fórmula racional.

$$Q_p = C * i * A$$

La fórmula racional es de las más antiguas (1889), y probablemente todavía una de las más utilizadas. En ella se considera que el caudal máximo se alcanza cuando la precipitación se mantiene con una intensidad constante durante un tiempo igual al tiempo de concentración. La fórmula racional traducida para su aplicación al sistema internacional de medidas está representada por la siguiente ecuación.

$$Q_p = 0.276 * C * i * A$$

donde:

Q_p = Es el caudal máximo o de pico, en m^3/s , a la salida de la cuenca cuando alcanza el equilibrio.

C = Es el coeficiente de escurrimiento

i = Es la intensidad media de la lluvia para un tiempo igual al tiempo de concentración, en mm/h .

A = Es el área de la cuenca en km^2 .

El “Método Racional Modificado”

La modificación al método racional consiste en utilizar los valores de lluvia máxima en 24 horas, para diferentes periodos de retorno, en lugar del valor de la intensidad de lluvia. El método considera que para un periodo crítico, la lluvia reportada en 24 horas puede presentarse en una hora; por tal razón este valor se debe expresar en cm/h . La fórmula queda de la siguiente manera.

$$Q_p = 0.028 * C_e * i * A$$

donde:

Q_p = escurrimiento máximo, en m^3/s .

C_e = Coeficiente de escurrimiento.

P = Lluvia de diseño para un período de retorno dado, en cm.

A = área de la cuenca, en ha.

En general, se supone que el coeficiente de escurrimiento C es independiente del periodo de retorno, lo cual es aproximadamente cierto para periodos de retorno de dos a diez años, para periodos mayores esta hipótesis conduce a errores muy grandes.

Método del Número de Curva (SCS)

Este método es relativamente sencillo y toma en cuenta las variables que tienen mayor influencia en la generación de escurrimiento y dispone de una amplia bibliografía de carácter empírico. Desarrollado por el "Soil Conservation Service", en la década de los setenta un método empírico para el cálculo de la transformación de lluvia en escorrentía, que surgió de la observación del fenómeno hidrológico en distintos tipos de suelo, usos y condiciones de humedad antecedente. El método puede aplicarse para determinar el incremento de la cantidad de escorrentía que se origina en una cuenca a medida que avanza la urbanización o modificación en el uso de suelo.

Para lograr los objetivos de este estudio se propone utilizar este método ya que considera el uso de suelo y vegetación y la humedad antecedente en el sistema debido a lluvias en días anteriores al evento máximo o al evento que se desee analizar.

5 Alcances.

Se obtendrá la influencia o la relación que presenta el cambio de uso de suelo y vegetación y por ende la Unidad de Paisaje y el Número de Curva en los caudales generados en las cuencas.

Se obtendrá una caracterización claramente diferenciable (diferenciada) respondiendo a los componentes asociados al terreno (pendiente, edafología, morfología, geología, cobertura vegetal y uso de suelo) para cada uno de los periodos correspondientes a las series de INEGI, se buscará la diferenciación entre cada una de las unidades del paisaje con su coeficiente de escurrimiento y su categorización conforme a su sensibilidad. Una de las limitantes fuertes que se tiene es la poca instrumentación en las cuencas, las estaciones hidrométricas son muy escasas, muchos de los afluentes están si (sin) aforar y esto impacta de manera significativa en el desarrollo de los modelos y de las conclusiones. Los periodos de

registros no tienen un periodo

continuo largo y que coincidan 100% con los años en que se publicaron las Series de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

Con esto se llevara a cabo un análisis estadístico entre la extensión territorial de cada una de las unidades del paisaje con respecto a las variaciones en la respuesta hidrológica de la cuenca en todos los eventos analizados. Con lo anterior se busca entender la relación entre la degradación de las cuencas analizadas y la respuesta hidrológica

En el caso de las estaciones climatológicas, son escasas las estaciones que se localizan en la zona alta del parteaguas de la cuenca, esto impacta de manera significativa significativa en el desarrollo de los modelos y de las conclusiones.

Ya que los enfoques que surgen a partir de la escuela Holandesa para unidades de paisaje terrestre se basan en el estudio geomorfológico morfogenético la principales consideraciones que se deben de tener en cuanto a las unidades de paisaje tienen que ver con el trabajo de campo, ya que se tiene la limitante de la validación de los resultados.

6 Actividades y Método

6.1 Actividad a) Identificación de las cuencas costeras que tuvieron afectaciones a la población por inundaciones causadas por la tormenta tropical “Manuel”.

6.1.1 Criterios para la selección de cuencas a analizar

6.1.1.1 Declaración oficial de desastre provocado por los fenómenos hidrometeorológicos Manuel e Ingrid

En el Diario Oficial de la Federación (DOF) con fecha del 11 de octubre de 2013 se publicó lo siguiente: *“En términos del Artículo Décimo Primero del “Decreto por el que se otorgan diversos beneficios fiscales a los contribuyentes de las zonas afectadas por lluvias severas durante septiembre de 2013”, el presente listado no es limitativo y estará sujeto a modificación, en virtud de la emisión de nuevas declaratorias de desastre natural. (Artículo Décimo Primero del Decreto y artículos 3 y 4 de la Ley del Diario Oficial de la Federación y Gacetas Gubernamentales)”*. En la siguiente tabla solo se muestran los municipios correspondientes a los estados de Guerrero y Sinaloa la tabla completa se puede consultar en el “Anexo 2.1”.

Tabla 1. Declaratorias de desastre en el DOF provocadas por Manuel e Ingrid

DECLARATORIA DE DESASTRE	FECHA DE PUBLICACIÓN EN EL DOF	MUNICIPIOS AFECTADOS
Declaratoria de Desastre Natural por la ocurrencia de lluvia severa del 14 de septiembre de 2013, en 56 municipios del Estado de Guerrero.	23 de septiembre de 2013	Acapulco de Juárez, Acatepec, Ahuacutzingo, Alcozauca de Guerrero, Alpoyeca, Atlamajalcingo del Monte, Atlixac, Atoyac de Álvarez, Ayutla de los Libres, Azoyú, Benito Juárez, Chilapa de Álvarez, Chilpancingo de los Bravo, Coahuayutla de José María Izazaga, Cochoapa el grande, Copala, Copanatoyac, Coyuca de Benítez, Cuajinicuilapa, Cualác, Cuauhtepic, Eduardo Neri, Florencio Villarreal, General Heliodoro Castillo, Huamuxtitlán, Igualapa, Iliatenco, José Joaquín de Herrera, Juan R. Escudero, Juchitán, La Unión de Isidoro Montes de Oca, Leonardo Bravo, Malinaltepec, Marquelia, Mártir de Cuilapan, Metlatónoc, Mochitlán, Olinalá, Ometepec, Petatlán, Quechultenango, San Luis Acatlán, San Marcos, Tecoaapa, Tépam de Galeana, Tixtla de Guerrero, Tlacoachistlahuaca, Tlacoapa, Tlalixtaquilla de Maldonado, Tlapa de Comonfort, Xalpatláhuac, Xochihuehuetlán, Xochistlahuaca, Zapotitlán Tablas, Zihuatanejo de Azueta y Zitlala del Estado de Guerrero.

DECLARATORIA DE DESASTRE	FECHA DE PUBLICACIÓN EN EL DOF	MUNICIPIOS AFECTADOS
Declaratoria de Desastre Natural por la ocurrencia de lluvia severa provocada por el huracán "Manuel", los días 18 y 19 de septiembre de 2013, en 9 municipios del estado de Sinaloa.	26 de septiembre de 2013	Angostura, Badiraguato, Culiacán, Navolato, Rosario, Mocorito, Sinaloa, Escuinapa y Salvador Alvarado del Estado de Sinaloa.
Declaratoria de Desastre Natural por la ocurrencia de lluvia severa los días 15 y 16 de septiembre de 2013, en 25 municipios del estado de Guerrero	30 de septiembre de 2013	Ajuchitlán del Progreso, Apaxtla, Arcelia, Atenango del Río, Buenavista de Cuéllar, Cocula, Copalillo, Coyuca de Catalán, Cuetzala del Progreso, Cutzamala de Pinzón, General Canuto A. Neri, Huitzuc de los Figueroa, Iguala de la Independencia, Ixcateopan de Cuauhtémoc, Pedro Ascencio Alquisiras, Pilcaya, Pungarabato, San Miguel Totolapan, Taxco de Alarcón, Teloloapan, Tepecoacuilco de Trujano, Tetipac, Tlalchapa, Tlapehuala y Zirándaro del Estado de Guerrero.

FUENTE: Diario Oficial de la Federación 11 de octubre de 2013

En la siguiente figura se muestra la cuenca del Río Sabana y los municipios que la conforman, los cuales son: Acapulco de Juárez y Coyuca de Benítez, mismo que se encuentran dentro de la Tabla 1.

FIGURA 2. Cuenca del río Sabana y municipios



FUENTE: Elaboración propia en base a las cuencas publicadas por INEGI, INECC, CONAGUA 2007y apoyo de Google Earth

En la siguiente figura se muestra la cuenca del Río Atoyac y los municipios que la conforman, los cuales son: Atoyac de Álvarez, Benito Juárez, San Miguel Totolapan y Técpan de Galeana mismo que se encuentran dentro de la Tabla 1.

FIGURA 3. Cuenca del río Atoyac y municipios



FUENTE: Elaboración propia en base a las cuencas publicadas por INEGI, INECC, CONAGUA en 2007 y apoyo de Google Earth

En la siguiente figura se muestra la cuenca del Río Técpan y los municipios que la conforman, los cuales son: Ajuchitlán del Progreso, Atoyac de Álvarez, Benito Juárez, San Miguel Totolapan y Técpan de Galeana mismo que se encuentran dentro de la Tabla 1.

FIGURA 4. Cuenca del río Técpan y municipios



FUENTE: Elaboración propia en base a las cuencas publicadas por INEGI, INECC, CONAGUA en 2007 y apoyo de Google Earth

En la siguiente figura se muestra la cuenca del Río Presidio y los municipios que la conforman, los cuales son: Concordia, Durango, Mazatlán, Pueblo Nuevo, Rosario, San Dimas y San Ignacio.

FIGURA 5. Cuenca del río Presidio y municipios



FUENTE: Elaboración propia en base a las cuencas publicadas por INEGI, INECC, CONAGUA en 2007 y apoyo de Google Earth

En la siguiente figura se muestra la cuenca del Río Sinaloa y los municipios que la conforman, los cuales son: Badiraguato, Choix, Fuerte, Guadalupe y Calvo, Guasave, Mocorito, Morelos y Sinaloa.

FIGURA 6. Cuenca del río Sinaloa y municipios



FUENTE: Elaboración propia en base a las cuencas publicadas por INEGI, INECC, CONAGUA en 2007 y apoyo de Google Earth

6.1.1.1 Influencia de la trayectoria seguida por el fenómeno hidrometeorológico Manuel y su tiempo en esa posición.

Un criterio más optado en el presente estudio, fue el de la cercanía de acuerdo la trayectoria seguida y la magnitud del fenómeno hidrometeorológico, esto en referencia a las Cuencas Mexicanas del Pacífico.

En la siguiente figura se muestra la trayectoria de Manuel y la categoría que presentaba por sitio.

FIGURA 7. Trayectoria y magnitud del fenómeno hidrometeorológico Manuel 2013.



FUENTE: National Aeronautics and Space Administration (NASA).

De la Figura 7 podemos observar el momento en que se convierte de un sistema de baja a presión a depresión tropical y casi inmediatamente a huracán de categoría 1, todo esto ocurre muy cercano a las costas del estado de Guerrero y más hacia el norte en el estado de Sinaloa el fenómeno penetra varios kilómetros al continente siendo Huracán categoría 1.

Otro aspecto que se consideró por las consecuencias que esto tiene, es el tiempo que permaneció el fenómeno hidrometeorológico cercano a las Cuencas Mexicanas del Pacífico

En la siguiente figura se muestra la trayectoria y la cronología del desarrollo de Manuel.

FIGURA 8. Trayectoria y cronología del fenómeno hidrometeorológico Manuel 2013.



FUENTE: Estación de Recepción México de Nueva Generación (ENERMEX GN).

De acuerdo a la figura 8, la permanencia que tuvo Manuel cerca de las costas de Guerrero fue una de las mayores, esto debido a la trayectoria que siguió en esa zona.

En el Anexo 2.1.1.1 se muestra por medio de imágenes de satélite parte de la cronología y trayectoria de los fenómenos hidrometeorológicos Ingrid y Manuel

6.1.1.2 Instrumentación en la cuenca

Una manera de saber que tan representativo es un modelo hidrológico, es calibrándolo, por lo que un criterio más en la selección de las cuencas fue el que

tuviera estación hidrométrica casi a su desembocadura al Océano Pacífico o lo más cercano a él. Así también se consideraron la estaciones climatológicas dentro y cercanas a la cuenca.

Cuencas del estado de Guerrero

Río La Sabana.

En el río Sabana se localizan las estaciones hidrométricas Tuncingo y Km 21+000, en la siguiente figura se muestra su localización geográfica dentro de la cuenca.

FIGURA 9. Hidrométricas en la Cuenca del Río La Sabana.



FUENTE: Elaboración propia en base a la publicación hidrométricas de CONAGUA y apoyo de Google Earth

En la siguiente tabla se muestran los registros hidrométricos en la estaciones km 21+000 y Tuncingo.

Tabla2. Registros de los caudales máximos en la estaciones hidrométricas 19008 y 19018

AÑO	19008	19018
	KM_21	TUNCINGO
1955	9.56	
1956		
1957	15.28	
1958		
1959		
1960	621.50	
1961	1043.99	
1962	408.50	
1963	669.97	
1964	838.99	
1965	463.99	
1966	112.82	
1967		
1968	101.00	
1969	308.10	333.50
1970	309.66	215.50
1971	285.00	103.00
1972	33.25	16.19
1973	348.00	234.00
1974	502.20	44.97
1975	220.00	77.76
1976	512.50	20.00
1977	203.50	14.86
1978	263.00	5.79
1979	324.39	
1980	65.00	
1981	740.37	862.00
1982	17.82	
1983	111.67	
1984	1096.56	
1985	116.50	
1986	118.50	
1987	105.00	
1988	492.00	329.85
1989	566.00	654.20
1990	132.50	103.00
1991	102.50	127.00
1992	193.98	171.80
1993	536.20	573.08
1994	29.81	67.70
1995		
1996		
1997		
1998		214.12
1999		
2000	141.49	
2001	38.95	
2002	611.59	

FUENTE: Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS)

Río Atoyac.

El río Atoyac se encuentra aforado por la estación hidrométrica 19013 San Jerónimo en la siguiente figura se muestra su localización geográfica dentro de la cuenca.

FIGURA 10. Hidrométrica y climatológicas en la Cuenca del Río Atoyac.



FUENTE: Elaboración propia en base a la publicación hidrométricas de CONAGUA y apoyo de Google Earth

En la siguiente tabla se muestran los registros hidrométricos en la estación San Jerónimo.

Tabla3. Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 15013

AÑO	15013 SAN JERONIMO
1959	201.60
1960	162.65
1961	452.00
1962	268.00
1963	413.75
1964	171.65
1965	140.60
1966	394.50
1967	
1968	341.50
1969	545.13
1970	526.00
1971	515.80
1972	183.00
1973	540.00
1974	357.62
1975	8.28
1976	1180.00
1977	837.00
1978	340.00
1979	618.00
1980	386.19
1981	805.00
1982	
1983	
1984	
1985	
1986	243.61
1987	270.34
1988	1142.07
1989	1020.64
1990	181.04
1991	283.67
1992	
1993	
1994	
1995	
1996	
1997	
1998	
1999	
2000	
2001	
2002	
2003	820.63
2004	332.12
2005	615.40
2006	1243.13
2007	240.90

FUENTE: BANDAS

Río Técpan.

El río Tépán se encuentra aforado por la estación hidrométrica 19005 Tépán en la siguiente figura se muestra su localización geográfica dentro de la cuenca.

FIGURA 11. Hidrométrica y climatológicas en la Cuenca del Río Tépán.



FUENTE: Elaboración propia en base a la publicación hidrométricas de CONAGUA y apoyo de Google Earth

En la siguiente tabla se muestran los registros hidrométricos en la estación Tépán.

Tabla 4. Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 19005

AÑO	19005
	TECPAN
1953	278.60
1954	
1955	
1956	1105.60
1957	
1958	755.00
1959	745.83
1960	599.99
1961	
1962	
1963	963.60
1964	568.38
1965	518.30
1966	459.37
1967	3549.99
1968	405.93
1969	1.09
1970	1.06
1971	1.09
1972	1.08
1973	1.26
1974	1.14
1975	988.60
1976	4760.00
1977	405.00
1978	505.50
1979	1060.67
1980	367.50
1981	1920.00
1982	455.00
1983	533.11
1984	3706.00
1985	621.57
1986	407.58
1987	1005.00
1988	1428.00
1989	1874.30
1990	278.10
1991	1737.00
1992	
1993	2866.00
1994	1573.50
1995	
1996	
1997	410.82
1998	
1999	
2000	
2001	259.42
2002	20763.66
2003	4234.80
2004	1145.11
2005	16203.57

FUENTE: BANDAS

El río Presidio se encuentra aforado por la estación hidrométrica 11058 Siqueros en la siguiente figura se muestra su localización geográfica dentro de la cuenca.

FIGURA 12. Hidrométrica y climatológicas en la Cuenca del Río Presidio.



FUENTE: Elaboración propia en base a la publicación hidrométricas de CONAGUA y apoyo de Google Earth

En la siguiente tabla se muestran los registros hidrométricos en la estación Siqueros.

Tabla 5. Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 11058.

AÑO	11058 SIQUEROS
1956	595.50
1957	132.70
1958	2375.00
1959	391.00
1960	506.00
1961	841.30
1962	1073.00
1963	
1964	
1965	
1966	
1967	656.10
1968	7200.00
1969	2585.00
1970	1320.00
1971	677.00
1972	2040.00
1973	832.00
1974	2180.00
1975	660.00
1976	432.00
1977	974.00
1978	520.00
1979	1630.00
1980	842.00
1981	2075.00
1982	222.10
1983	1980.00
1984	355.00
1985	2006.00
1986	1273.07
1987	140.60
1988	616.08
1989	989.67
1990	1725.18
1991	837.24
1992	1028.08
1993	
1994	922.78
1995	433.76
1996	314.46
1997	519.44
1998	796.12
1999	215.90
2000	961.09
2001	156.41
2002	341.46
2003	1089.33
2004	309.48
2005	157.11
2006	2472.28
2008	620.09
2007	304.91
2009	214.99
2010	404.75
2011	250.50

FUENTE: BANDAS

El río Sinaloa se encuentra aforado por las estaciones hidrométricas 10029 – naranjo, 10034 Zopilote, 10035 Naranjo, 10036 Jania, 10037 Tecuisiapa, 10076 Bacuarato, 10110 Toahayana y 10120 Guasave, en la siguiente figura se muestran sus localizaciones geográficas dentro de la cuenca.

FIGURA 13. Hidrométricas y climatológicas en la Cuenca del Río Sinaloa.



FUENTE: Elaboración propia en base a la publicación hidrométricas de CONAGUA y apoyo de Google Earth

En la siguiente tabla se muestran los registros hidrométricos en la estación en el río Sinaloa.

Tabla 6. Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 11058.

AÑO	10036 JAINA	10037 TECUIZIAPA	10076 BACUARATO	10110 TOAHAYANA	10029 NARANJO	10034 ZOPILOTE	10035 NARANJO	10120 GUASAVE
1939					277	162.3		
1940					169.9	34.64		
1941					89.6	9.52		
1942	2065.2				1404.6	399.6	12.3	
1943	6991.25				1776	818.9	15.3	
1944	580				221	109.72	11.599	
1945	714.2				402.5	115.92	14.699	
1946	746.466				303.6	194.4	18	
1947	771.2				61.4	22.8	10.599	
1948	692.5				658.8	690	18.199	
1949	2614				1320.4	776	17.5	
1950	2336				374	182.4	14.399	
1951	437				30.92	75	16.299	
1952	594.233				95.6	386.1	12.699	
1953	545.5				89.48	487	14.8	
1954	516.35				185	53.5	15.5	
1955	1600				475	206	22.299	
1956	639				57.4	377	10.8	
1957	362					69.7		
1958	2232			1559.67	3093.4	1030	15.6	
1959	615.5	387		342.8	593	334	14.699	
1960	2003	1525		2239	334	176.5	13.8	
1961	795	580.5		793	119	230	11.399	
1962	1137	816		888	434	330.5	12.3	
1963	1226	1547		1814	433.3	806	13.5	
1964	453.75	271		392	223	81.98	12.099	
1965	649.8	496		329	534	292.9	9.169	
1966	958	620		812	330	611	9.449	
1967	900	1010		1251	684	710	10.25	
1968	1338	767		852	1720	452	9.52	
1969	340	287		384	255	9.9	9.17	
1970	356.6	212		407	435	838	10.51	
1971	1109	894		795	600	317.7	10.12	
1972	932	2521			405	275.15	9.946	
1973	1349	3075		1570	1150	518.2	8.68	
1974	680	1777		963	800	290	9.9	
1975	488	294		368	349	560.544	8.836	815.706
1976	900.091	877		808.816	1995	508	7.77	1355
1977	790.667	247		444.995	73	370	10.12	860
1978	988.889	1829		1500	230	92.58	10.4	1305
1979	1620	1531		1930	104.6	42.86	7.736	1945
1980	400.25	280		330.5	756	320	10.28	946
1981	2831.667	3910		2512	2040	924.4	8.255	2430
1982	4440.4	2141		2580	1630	795.5	8.376	2930
1983	178.917	1445	154.6	1713.1	888.8	188.6	4.926	591.25
1984	693.714	615	540.539	888.946	296	334.286	2.696	850.25
1985	493.933		321.4			447.323		556.25
1986	416.172	744				147.515		840.066
1987	518.235	646		656.82				
1988	105.024	571						
1989	227.449	552						
1990	638.166							747.443
1991	308.868	1206						383.264
1992	371.756	602				472.866		556.226
1993	216.204	3415				544.551		
1994	199.03	452				1018.518		827.629
1995	173.604	219				52.612		593.506
1996		1867				294.296		
1997	169.14	597				48.548		
1998	713.322	168				315.46		1230.132
1999		503.37						546.887
2000		938.94				39.01		215.27
2001		327.9				40.432		
2002		274.313						
2003		401.999						
2004		1589.531						208.87
2005		613.266						
2006		523.901			2.704			100.07
2007		689.624				53.08		
2008	352.427	566.614			16.329	70.75		
2009	94.809					0.26		
2010	547.056					64.806		
2011	273.01					6.142		

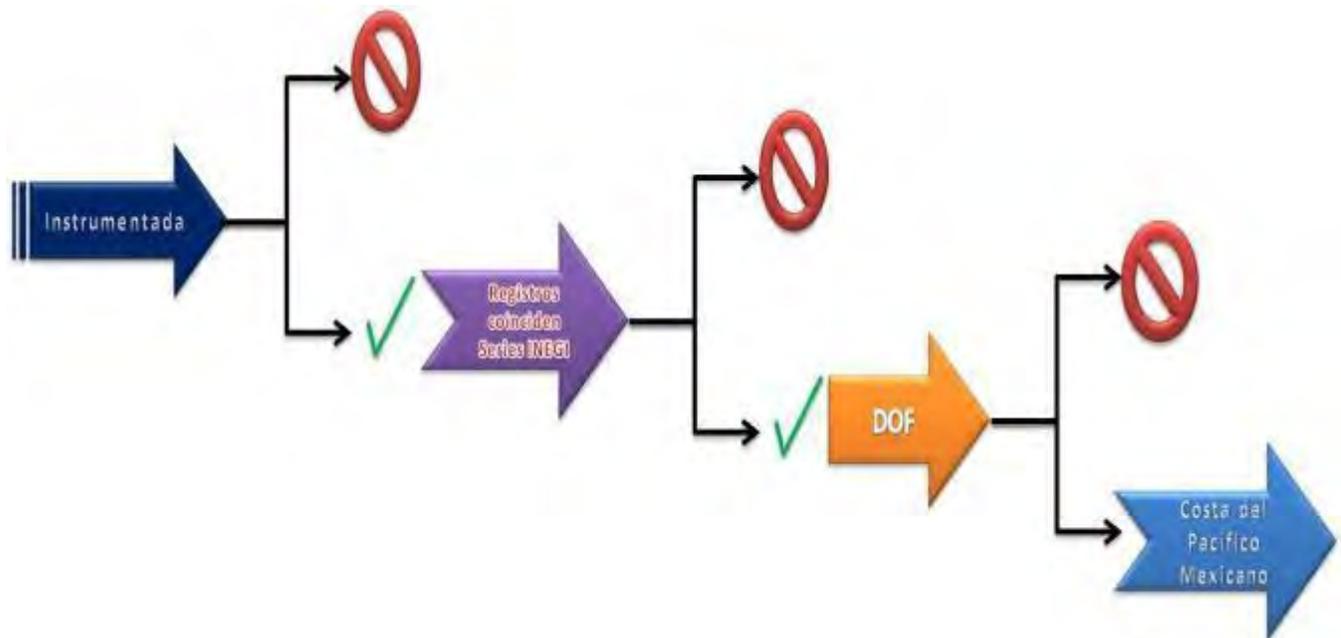
FUENTE: BANDAS

En resumen, el criterio para la selección de las cuencas a analizar en el presente estudio se basó como primera premisa el que tuviera estación hidrométrica con un periodo de registro que coincidiera con los 4 periodos en que se publicaron las Series de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

El segundo criterio fue que visto afectado por el fenómeno hidrometeorológico Manuel, por tanto que dentro de la cuenca existieran municipios con declaratoria de desastre en el DOF.

Y por último que fuera una cuenca de la costa del Pacífico Mexicano.

FIGURA 14. Esquema de selección de cuencas a analizar.



FUENTE: Elaboración propia.

6.2 Actividad b) Desarrollar un protocolo para relacionar los eventos de precipitación máxima anual y acumulada, con la condición ambiental de la cuenca y su respuesta hidrológica, en términos de los parámetros sensibles al coeficiente de escurrimiento.

6.2.1 Protocolo.

1. Selección de cuencas para el desarrollo del presente estudio de acuerdo a los objetivos del mismo.
2. Delimitación de la cuenca.
3. Caracterización hidrometeorológica.
 - a) Selección de estaciones climatológicas.
 - b) Análisis de lluvias máximas anuales.
 - c) Selección de estaciones hidrométricas.
 - d) Análisis de escurrimientos máximos anuales.
 - e) Elaboración del modelo hidrológico de las cuencas en el HEC-HMS.
 - f) Calibración del modelo hidrológico y Número de Curva.
 - g) Determinación del Número de Curva de la cuenca y subcuencas.
4. Delimitación de unidades de paisaje dentro de la cuenca y subcuencas.
5. Desarrollo de la estadística para conocer la relación entre el cambio de la unidad de paisaje y los escurrimientos máximos en la cuenca.

Cada uno de los pasos anteriores se realizará para las 5 series publicadas por INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

6.2.1.1 Selección de cuencas.

Esta actividad se ha desarrollado en el apartado 2.1, del presente estudio.

6.2.1.2 Delimitación de Cuencas y Subcuencas.

Las cuencas se toman de la publicación “Delimitación de las cuencas Hidrográficas de México a escala 1:250,000 elaborado por el INEGI, el entonces INE ahora INECC y la CONAGUA en el año 2007, ya que son los límites oficiales.

La delimitación de las subcuencas se realizara con ayuda de las curvas topográficas y la red hidrográfica dependiendo el caso a escala 1:50,000 o 1:250,000. Básicamente con el orden de corriente y la forma de la cuenca se realizará la delimitación de las subcuencas, sin que se dejen de considerar sus características fisiográficas, la red de drenaje y aspectos geomorfológicos de la cuenca. En algunos casos de acuerdo a la delimitación de Unidades de Paisajes esta subdivisión podrá cambiarse.

La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características de descarga de un río, en especial en los eventos de avenidas máximas.

Para caracterizar este parámetro se utilizan el coeficiente de compacidad (K_c), la relación de circularidad (R_{ci}) y la relación de elongación (R_e) que son definidos a continuación.

Coficiente de compacidad (K_c). Es la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia del círculo que tenga la misma superficie de la cuenca. Su magnitud se obtiene con la expresión:

$$K_c = 0.282 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

donde K_c es el coeficiente de compacidad, adimensional; P es el perímetro de la cuenca, en m; y A es la superficie de la cuenca, en m^2 .

De acuerdo con aplicaciones realizadas en un gran número de cuencas, si:

K_c 1.128 = se trata de una cuenca cuadrada,

K_c 3.0 = las cuencas son muy alargadas,

K_c 1.481 = la cuenca tiende a un cuadrado (largo y ancho son valores cercanos)

Relación de circularidad (Rci). Es el cociente entre el área de la cuenca y la del círculo cuya circunferencia es equivalente al perímetro de la cuenca y la expresión mediante la cual se calcula es:

Para estimar su magnitud se aplica la expresión:

$$R_c = \frac{A}{L_m^2} = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L_m}$$

donde R_e es la relación de elongación, adimensional; D es el diámetro de un círculo que tenga la misma superficie de la cuenca, en m; y L_m es la longitud máxima de la cuenca, en m.

A partir de estudios realizados (Summerfield, 1991) en un gran número de cuencas si:

$R_e \approx 1.0$, la cuenca es plana

$0.6 \leq R_e \leq 0.8$, la cuenca es de relieve pronunciado

Otro factor de peso en cuanto a la respuesta de una cuenca en las características de descarga de un río, en especial en los eventos de avenidas máximas son la longitud del cauce mayor y su pendiente media.

Características fisiográficas, que se presentaran por cuenca son:

1. **Área de la cuenca.** Esta se obtendrá directamente con ayuda del ArcGis. Este parámetro influye en los caudales generados pues es el área de aportación para los cauces.
2. **Orden de corrientes.** De acuerdo con Summerfield (1991), si la litología en una cuenca es homogénea, entonces la relación de bifurcación rara vez es mayor de 5 o menor de 3; si la cuenca es muy elongada, con una alternancia de afloramientos contrastantes en sus características litológicas, pueden obtenerse valores mayores a 10.

Cuenca homogénea; $3 \leq R_b \leq 5$

Cuenca muy elongada; $R_b > 10$

donde R_b es la relación de bifurcación.

3. **Longitud del eje mayor de la cuenca.** Es la máxima longitud que va desde el punto de la descarga o salida de la cuenca al punto más lejano de

la cuenca. Este parámetro es importante, ya que da una idea de la forma de la cuenca. Los procesos hidrológicos, por ejemplo el escurrimiento superficial, responden de manera diferente en una cuenca alargada, que a la que se aproxima a una forma circular.

Ancho de la cuenca. Es la longitud perpendicular a la longitud del eje mayor de la cuenca y para su estimación se miden las longitudes perpendiculares representativas de cada parte de la cuenca, tomando como referencia la recta que se ha trazado para la longitud del eje mayor.

4. **Orientación de la cuenca.** Es el ángulo de orientación a partir del norte geográfico, para su determinación se toma como punto de referencia la descarga o salida de la cuenca y utilizando la recta que representa a la longitud del eje mayor, se determina el ángulo de la orientación a partir del norte geográfico. Este parámetro es importante, ya que los sistemas de circulación atmosférica son fundamentales en lo que respecta al régimen pluviométrico de una cuenca.
5. **Índice de forma.** Es la relación del perímetro de la cuenca entre el perímetro que tendría un círculo con el mismo valor de área. Con este parámetro se determina cuanto se aleja la forma de la cuenca de un círculo.
6. **Curva hipsométrica.** no es otra cosa que una curva acumulada que parte de la elevación mínima del terreno localizada en la descarga o salida de la cuenca hidrológica de análisis (Remenieras, 1974).
7. **Pendiente media de la cuenca.** Este parámetro mide la pendiente media en dos ejes principales (x, y) y a partir de estos valores se determina la pendiente media de la cuenca, definida como la inclinación o declive promedio de su topografía.

En base a lo anterior para cada caso de cuenca se determinará la adecuada división de subcuencas.

6.2.1.3 Caracterización hidrometeorológica

Dentro de estas actividades se desarrollaran los siguientes puntos:

6.2.1.3.1 Selección de estaciones climatológicas.

Se recopilará de la base de datos publicada por CONAGUA, las estaciones climatológicas que se localicen dentro de la cuenca y cercanas a ella, para poder cubrir las mediciones de precipitación pluvial en toda el área de la cuenca.

Esta información se obtiene del “Eric III, que significa Extracción rápida de información climatológica” o actualmente la CONAGUA ha puesto a disposición esta información en su página web, se puede descargar el archivo kmz.

Para realizar un buen análisis de la precipitación pluvial en el área de una cuenca, es preciso cubrirla en su totalidad con estaciones climatológicas, de manera que solo existan interpolaciones.

Otro factor importante para obtención de resultados apegados a la realidad es la “Calidad de los Registros en las Estaciones Climatológicas”.

Se analizaran los periodos de registros de precipitaciones máximas y mensuales y la calidad de estos registros.

Se obtendrán las estaciones climatológicas que se utilizarán para el desarrollo de los análisis del presente estudio

6.2.1.3.2 Análisis de lluvias máximas anuales

De las estaciones que se elijan por la localización geográfica respecto a la cuenca en estudio, se consultarán los registros de la lluvia máxima en 24 horas, esto para cada uno de los 5 periodos 1971 – 1986, 1993 – 1998, 1999 – 2005, 2006 - 2008 y 2009 – 2011.

Para cada una de las lluvias elegidas, se realizará un análisis de las lluvias antecedentes con 10 días y las lluvias 10 días después, ya que en el modelo hidrológico elegido, el cual se describe en un apartado posterior, esta condición es importante en la obtención del resultado y de la misma construcción del modelo.

En este apartado el producto serán las diferentes precipitaciones máximas anuales y sus lluvias antecedentes y posteriores para cada uno de los 5 periodos 1971 – 1986, 1993 – 1998, 1999 – 2005, 2006 - 2008 y 2009 – 2011. Se obtendrán también las isoyetas para cada uno de los eventos y un análisis en cuanto al

comportamiento de las precipitaciones registradas en el periodo de cada una de las estaciones.

Se describirán la relación entre los años en que se presentan los eventos máximos registrados en cada una de las estaciones climatológicas.

6.2.1.3.3 Selección de estaciones hidrométricas.

Se localizarán (localizaron) las estaciones hidrométricas existentes en las cuencas de estudio, entre más estaciones existan dentro de las cuencas será mejor para la calibración del modelo hidrológico.

Esta información se consulta de la página de la CONAGUA, del “BANDAS Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales”.

En la actualidad para el número de cuencas delimitadas para la República Mexicana, las estaciones hidrométricas son muy escasas y en varios casos los periodos de registro no son continuos. En caso de que existan pocas estaciones hidrométricas dentro de las cuencas de estudio, de preferencia se buscará que se localicen a la salida de la cuenca o cercana a ella.

Se analizarán los periodos de registro de cada una de ellas, deben cumplir con el requisito de contener información en los 5 periodos 1971 – 1986, 1993 – 1998, 1999 – 2005, 2006 - 2008 y 2009 – 2011

En este apartado el producto serán las estaciones hidrométricas que se utilizarán para los análisis hidrológicos del presente estudio.

6.2.1.3.4 Análisis de los caudales máximos anuales

De cada una de las estaciones hidrométricas se determinarán los caudales máximos anuales para los 5 periodos 1971 – 1986, 1993 – 1998, 1999 – 2005, 2006 - 2008 y 2009 – 2011, esto se obtienen de los registros contenidos en el BANDAS publicados por la CONAGUA.

Se analizarán también la existencia de tendencias de los caudales máximos y de los caudales medios en todo el periodo de registro que tenga la estación.

En este apartado también se analizarán las precipitaciones que se presentaron en los eventos del caudal máximo registrado en la estación hidrométrica, se analizará si coincide con las precipitaciones máximas en las estaciones climatológicas.

6.2.1.3.5 Elaboración del modelo hidrológico de las cuencas en el HEC-HMS.

Para realizar análisis hidrológicos, se requieren de análisis complejos que involucran variaciones temporales y/o espaciales, de precipitación pluvial, medios físicos en la cuenca y en los escurrimientos.

Éste método es relativamente sencillo y toma en cuenta las variables que tienen mayor influencia en la generación de escurrimiento y dispone de una amplia bibliografía de carácter empírico.

Estima el escurrimiento medio relacionando la precipitación efectiva y la retención máxima potencial de tal forma que la curva N varía con la evolución de la humedad.

Los datos de lluvia más generalmente disponibles son los totales medidos en pluviómetros y para tales datos se ha desarrollado la relación lluvia - escurrimiento. Esos datos son los totales de una o más tormentas que ocurren en un día del calendario, y nada se sabe acerca de su distribución en el tiempo, por eso es que la relación excluye al tiempo como la variable explícita.

Para precipitaciones (P) menores que (I_a) no tiene lugar el escurrimiento superficial (Q). I_a consiste principalmente en pérdidas por interceptación, almacenamiento en depresiones e infiltración, antes de que se produzca el escurrimiento.

Para cantidad de lluvia en aumento, la curva Q en relación con P se aproxima asintóticamente a una línea recta paralela (S) se llama retención potencial máxima, que es la máxima cantidad de lluvia que la cuenca puede absorber.

Como hay muchas curvas que cumplen la condición de pasar por el punto (I_a , Q) y aproximarse asintóticamente a $Q = P - S$, se necesita definir otra condición para establecer la forma de la curva.

Esto se hace estableciendo que la relación entre la retención real ($P - I_a - Q$), y la retención potencial máxima (S) es igual a la relación entre la escurrimiento real (Q) y la escurrimiento potencial máxima ($P - I_a$):

$$\frac{P - I_a - Q}{S} = \frac{Q}{P - I_a}$$

La experiencia práctica ha demostrado que I_a es aproximadamente el 20% de la retención potencial máxima, así $I_a = 0.2 S$, por lo que la ecuación de escurrimiento

puede escribirse como:

$$S = \frac{(CN - 0.2S)^2}{CN + 0.8S}$$

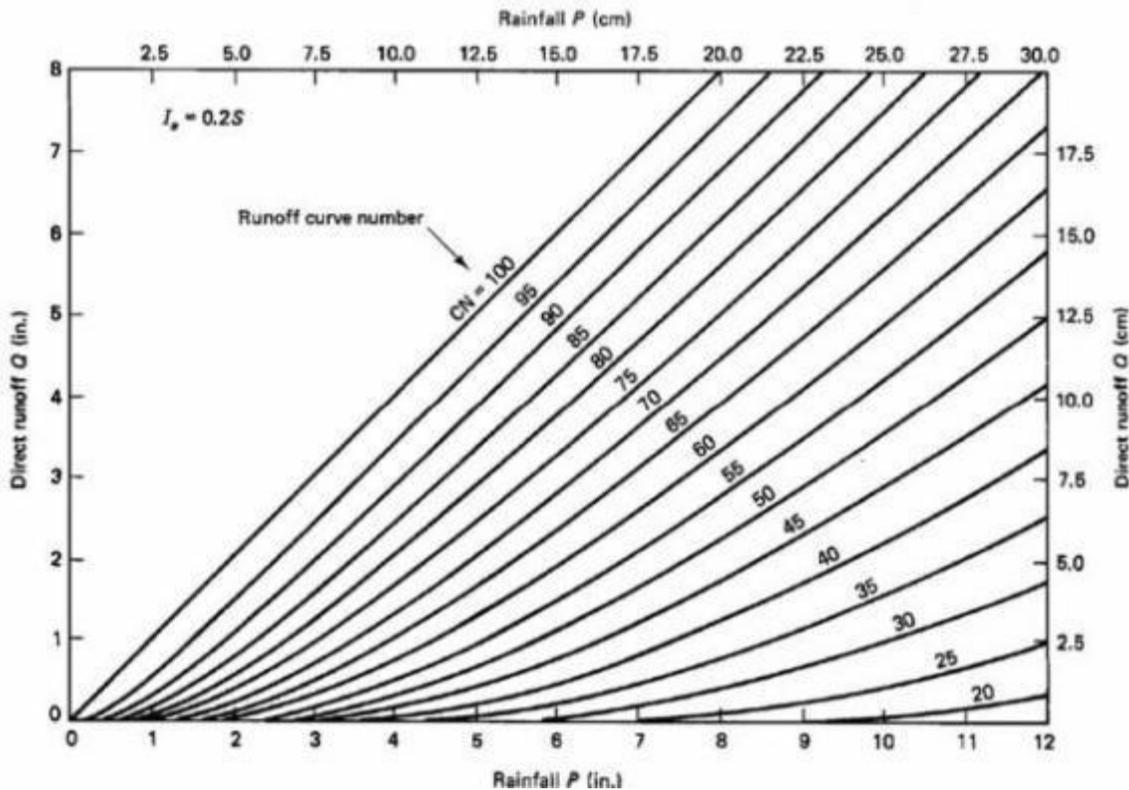
El valor de S (en pulgadas) se relaciona con el número de curva de escorrentía (CN) por la definición:

$$CN = \frac{1000}{10 + S}$$

de lo cual se deduce que para zonas pavimentadas S será igual a 0 y CN = 100, mientras que las condiciones en que no se produce escurrimiento superficial S se hace infinito y CN = 0.

La figura 10 presenta la ecuación de escorrentía en forma gráfica para diferentes curvas.

FIGURA 15. Relación empírica entre la precipitación y el escurrimiento generado por una precipitación.



FUENTE: V. M. Ponce (1989).

El valor de N refleja las condiciones de infiltración del suelo, las prácticas de manejo de los terrenos agrícolas, la condición antecedente de la lluvia y la cobertura del suelo, que en conjunto relacionan la infiltración con el escurrimiento

superficial. En nuestro caso, dado que se dispone de información hidrométrica puntual, se puede tener la calibración del modelo y tener mayor certeza de los resultados obtenidos.

El número de curva (CN) es un parámetro adimensional, cuyos valores oscilan teóricamente entre 1 y 100. En sus resultados este modelo es muy sensible al parámetro “curva número” (CN), sin embargo dicha característica se ve atenuada si se cuenta con caudales para calibrar la precisión de los resultados.

CN=1 significa una capacidad de retención máxima en la cuenca dando $Q = 0$ y CN = 100 significa una capacidad de retención nula dando $Q = P$.

En la práctica, los valores más frecuentes están comprendidos entre 40 y 80. El número de curva depende de:

- 1.- Tipo de suelo (según capacidad de infiltración)
- 2.- Tipo de cubierta vegetal y uso de suelo
- 3.- Tratamiento del suelo (condiciones de infiltración)
- 4.- Estado de humedad precedente.

En cuanto al **tipo de suelo**, este se define de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 7. Grupos hidrológicos de suelos usados por el SCS

Grupo de Suelos	Descripción de las características del suelo.
A	Suelos con bajo potencial de escurrimiento, incluye arenas profundas con muy poco limo y arcilla, también suelo permeable con grava en el perfil. Infiltración básica 8 – 12 mm/h
B	Suelos con moderadamente bajo potencial de escurrimiento. Son suelos arenosos menos profundos y más agregados que el grupo A. Este grupo tiene una infiltración mayor que el promedio cuando húmedo. Ejemplos: suelos migajones, arenosos ligeros, y migajones limosos. Infiltración básica 4 – 8 mm/h
C	Suelos con moderadamente alto potencial de escurrimiento. Comprende suelos someros, y suelos con considerable contenido de arcilla, pero menos que el grupo D. Este grupo tiene una infiltración menor que la promedio después de saturación. Ejemplos: suelos migajones, arenosos ligeros, y migajones arcillosos. Infiltración básica 1 – 4 mm/h
D	Suelos con alto potencial de escurrimiento. Por ejemplo, suelos pesados, con alto contenido de arcillas expandidas, y suelos someros con materiales fuertemente cementados. Infiltración básica 1 mm/h

FUENTE: Ven Te Chow Hidrología Aplicada.

De la carta de INEGI de Edafología a escala 1:250,000 se obtendrá la edafología de la cuenca para poderla clasificar de acuerdo a la tabla 7. El indicador de **cubierta vegetal** y su variación depende de la densidad de la cobertura, de tal manera que se agrupan en los tres grupos indicados a continuación.

Tabla 8. Condición hidrológica

Condición Hidrológica	Cobertura
Buena	>75%
Regular	50% > X < 75%
Mala	< 50%

FUENTE: Ven Te Chow Hidrología Aplicada.

Como la vegetación es clasificada de acuerdo con su porte, el tipo de vegetación influye en la condición hidrológica y ella varía con el uso del terreno. La utilización de los terrenos ya sea como áreas de cultivo, pastizales o bosque tienen influencia en el escurrimiento, y esto es más notorio cuando además de la cubierta vegetal se desarrollan tratamientos al suelo o se realizan sistemas de siembra en hilera, tupidos en surcos rectos o al contorno. En la Tabla 9 se describen algunos de los usos de suelo empleados en el presente trabajo.

Tabla 9. Caracterización hidrológica para varios usos del suelo.

Uso del Suelo	Condición hidrológica
Pastos naturales	Pastos con condiciones malas, dispersos, fuertemente pastoreados con menos que la mitad del área total con cobertura vegetal. Pastos en condiciones regulares moderadamente pastoreados con la mitad o las tres cuartas partes del área total con cobertura vegetal. Pastos en buenas condiciones, ligeramente pastoreados y con más de las tres cuartas partes del área total cubierta con vegetación.
Áreas boscosas	Áreas con condiciones mala, tiene árboles dispersos y fuertemente pastoreados sin crecimiento rastro. Áreas de condiciones regulares, son moderadamente pastoreadas con algo de crecimiento rastro. Áreas buenas, están densamente pobladas y sin pastoreo
Pastizales mejorados	Pastizales mezclados con leguminosas sujetas a un cuidadoso sistema de manejo de pastoreo. Son considerados como buenas condiciones hidrológicas.
Rotación de praderas	Parcelas densas, moderadamente pastoreadas, usadas en una bien planeada rotación de cultivos y praderas son consideradas como que están en buenas condiciones hidrológicas. Áreas con material disperso, sobrepastoreado son consideradas como malas condiciones hidrológicas.
Cultivos	Condiciones hidrológicas buenas se refiere a cultivos los cuales forman parte de una buena rotación de cultivos (cultivos de escarda, praderas, cultivos tupidos). Condiciones hidrológicas malas se refiere a cultivos manejados basándose en monocultivos.

FUENTE: Ven Te Chow Hidrología Aplicada.

De la carta de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación a escala 1:250,000 y de acuerdo al año en que se realice el análisis será la serie que se ocupara, se obtendrá el uso de suelo y vegetación de la cuenca para poderla clasificar de acuerdo a la tabla 8. Una vez determinadas las condiciones de la zona de estudio,

se ingresa a la tabla 10, para obtener el valor de CN correspondiente a cada polígono.

Tabla 10. Curva numérica (CN) para estimar el escurrimiento bajo diferentes complejos suelo – cobertura – manejo

Descripción del uso de la tierra	Detalles de la descripción	Tratamiento o uso	Condición hidrológica	Grupo Hidrológico de suelo			
				A	B	C	O
Tierra Cultivada	baldío	filas rectas	no aplicable	77	86	91	94
	general	sin tratamientos de conservación	no disponible	72	81	88	91
	cultivos en fila	filas rectas	pobre	72	81	88	91
			bueno	67	78	85	89
		en contorno	pobre	70	79	84	88
			bueno	65	75	82	86
		en contorno y terraza	pobre	66	74	80	82
	bueno	62	71	78	81		
	general	con tratamientos de conservación	no disponible	62	71	78	81
	granos pequeños	filas rectas	pobre	65	76	84	88
			bueno	63	75	83	87
		en contorno	pobre	63	74	82	85
			bueno	61	73	81	84
		en contorno y terraza	pobre	61	72	79	82
	bueno	59	70	78	81		
	grano cerrado	filas rectas	pobre	66	77	85	89
			bueno	68	72	81	85
		en contorno	pobre	64	75	83	85
			bueno	55	69	78	83
		en contorno y terraza	pobre	63	73	80	83
bueno	51	67	76	80			
Pastizales o campo de animales			pobre	68	79	86	89
			bueno	49	69	79	84
			pobre	39	61	74	80
			bueno	47	67	81	88
			pobre	25	59	75	83
bueno	6	35	70	79			
Vegas de frios y prederas			bueno	30	58	71	78
Bosques		troncos delgados, cubierta pob.-e, sin hierbas	pobre	45	66	77	83
			aceptable	36	60	73	79
			bueno	25	55	70	77
Haciendas				59			
Calles y Carreteras		pavimentados con cubetas y alcantarillados	no disponible	95	95	95	95
				74	84	90	92
				76	85	89	91
				72	82	87	89
Áreas abiertas		césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	bueno (cubierto de pasto 75%)	39	61	74	80
			aceptable (cubierto de pasto 50%, b - 75%)	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios		85% impermeables		89	92	94	95
Distritos Industriales	1/8 acre o menos	72% impermeables		81	88	91	93
	1/4 acre	65% impermeable		77	85	90	92
Residencial	1/3 acre	38% impermeable		81	75	83	87
	1/2 acre	30% impermeable	no disponible	57	72	81	86
	1 acre	25% impermeable		54	70	80	85
		20% impermeable		51	68	79	84
Parqueadores pavimentados, techos, accesorios, etc.				95	95	95	95

Fuente:

El modelo también considera la condición de humedad del suelo justo antes del aguacero que se pretende analizar.

Análisis de la relación entre la precipitación máxima anual, el cambio de uso de suelo y la respuesta hidrológica en cuencas costeras del Pacífico Tropical Mexicano.

El modelo distingue tres situaciones diferentes:

Condición I.- El suelo está muy seco pero sin llegar al punto de marchitamiento. Suele ser la situación ideal para realizar las labores agrícolas.

Condición II.- El suelo está en condición de humedad media, alejado de la capacidad de campo y del punto de marchitez permanente. Los números de curva que figuran en la tabla 10 se refieren a esta situación.

Condición III.- El suelo se encuentra muy húmedo, saturado o próximo a la saturación. También es aplicable a suelos algo húmedos por que estén helados.

Para llegar al Numero de curva de la “Condición I” se hace por medio de la siguiente ecuación.

$$C(II) = \frac{C(I)}{2.281 - 0.01281 * C(I)}$$

Para llegar al Numero de curva de la “Condición III” se hace por medio de la siguiente ecuación.

$$C(III) = \frac{C(I)}{0.427 - 0.00573 * C(I)}$$

En base a la descripción de las características de cada uno de los métodos antes descritos, el presente estudio utilizará el “Método de la Curva Número” ya que se ajusta número uno a las condiciones de humedad o lluvia antecedente y número dos, el Numero de Curva se relaciona con la unidad de paisaje.

El método anterior está incluido en el programa HEC-HMS desarrollado por la US Army Corps of Engineers.

De acuerdo a las subcuencas delimitadas en cada una de las cuencas en estudio, se realizará el modelo hidrológico con ayuda del HEC-HMS. El Sistema de Modelación Hidrológica (HEC-HMS) está diseñado para simular los procesos hidrológicos completos de sistemas de cuencas dendríticas.

El software incluye muchos procedimientos de análisis hidrológicos tradicionales, como la infiltración de eventos, hidrogramas unitarios, y el enrutamiento hidrológico. HEC-HMS también incluye los procedimientos necesarios para la simulación continua, incluyendo la evapotranspiración, la fusión de la nieve, y la contabilidad de la humedad del suelo.

Las capacidades avanzadas también están disponibles para la simulación de escurrimiento cuadriculada usando el escurrimiento cuasi-distribuido transformación lineal (ModClark). Herramientas de análisis suplementario se

proporcionan para la estimación de parámetros, un análisis en profundidad del área y de la previsión de flujo, la erosión y el transporte de sedimentos y la calidad.

Este software también tiene como alternativa de cálculo para las pérdidas el método de la curva número proporcionando un coeficiente de escurrimiento en la cuenca.

El modelo se correrá para los máximos de cada uno de los años correspondientes a los 5 periodos 1971 – 1986, 1993 – 1998, 1999 – 2005, 2006 - 2008 y 2009 – 2011.

En base a las precipitaciones registradas en cada una de las estaciones climatológicas para ese evento y lo registrado en la estación hidrométrica se calibrará el modelo.

6.2.1.3.6 Calibración del modelo hidrológico y Número de Curva.

La primera corrida con la que se realizarán las corridas en el modelo hidrología en le HEC-HMS serán con el “Numero de Curva” estimado por medio de los archivos del Uso de Suelo y Vegetación y de Edafología del INEGI.

La primera corrida realizada en el modelo del HEC – HMS será con el Número de Curva obtenido por medio de los archivos de Uso de Suelo y Vegetación de cada una de las series de INEGI de acuerdo al año que se esté analizando.

De acuerdo a los datos obtenidos se comenzara a calibrar el número de curva estimado en la cuenca, de tal modo que sea representativo para cada uno de los 5 periodos analizados correspondiente a las Series de INEGI.

6.2.1.3.7 Determinación del Número de Curva de la cuenca y subcuencas

Delimitadas las cuencas se obtendrá el “Numero de Curva” de cada una de ellas, éste se obtendrá de acuerdo al “Método de la Curva Número” Calibración del Número de Curva para las cuencas.

En base al resultado estimado, se comenzará a calibrar ese Número de Curva, esto se realizara en base a los registros de precipitación pluvial en cada una de las estaciones climatológicas y al caudal registrado en la estación hidrométrica.

6.2.1.4 Delimitación de las unidades de paisaje en las cuencas de estudio.

La regionalización del territorio es importante ya que consiste en delimitar espacios geográficos relativamente homogéneos en función del medio físico y biológico, de tal manera que se pueda establecer una adecuada vinculación con el uso y apropiación del territorio por parte de la sociedad. Una forma de expresar la regionalización del territorio es mediante las unidades del paisaje las cuales son áreas relativamente homogéneas según uno o varios criterios, y que se representan en forma de mapas utilizando leyendas jerárquicas. Se trata de la determinación de diferentes niveles de homogeneidad sobre el territorio. En este sentido cada porción del territorio puede ser vista como un sistema, resultado de la interacción de factores geológicos, climáticos, geomorfológicos, edafológicos, hídricos, de vegetación, y su manejo por comunidades humanas (Bocco, 2008). Por tal motivo las unidades del paisaje son una herramienta importante para determinar cambios espacio-temporales.

La caracterización ambiental biofísica de la cuenca para cada año estará basada en el enfoque de la geoecología o ecología del paisaje (Naveh y Liberman, 1993).

En el presente trabajo se desarrollara un método que permita realizar una clasificación que represente la heterogeneidad del área de estudio y sea consistente con las características de complejidad y tamaño de las cuencas o subcuencas de estudio, a partir del uso de unidades del paisaje a escala regional (1:250,000), con el propósito de ofrecer un marco geográfico para la evaluación del tema, esto para las cinco fechas; correspondientes a las series I, II, III y V, 1971 – 1986, 1993 – 1998, 1999 – 2005, 2006 - 2008 y 2009 – 2011 respectivamente.

Para el estudio se utilizará software especializado en análisis espacial y SIG que permita analizar la información de manera semiautomatizada, elevando el grado de respetabilidad del método propuesto. Concretamente se utilizará el software de ESRI ArcGIS/ArcInfo versión 10.1 el cual brinda herramientas que permiten realizar cruces de información geográfica y generación de bases de datos, siendo el software más común y por consiguiente es el que permite mayor interoperabilidad de los resultados generados por diferentes usuarios.

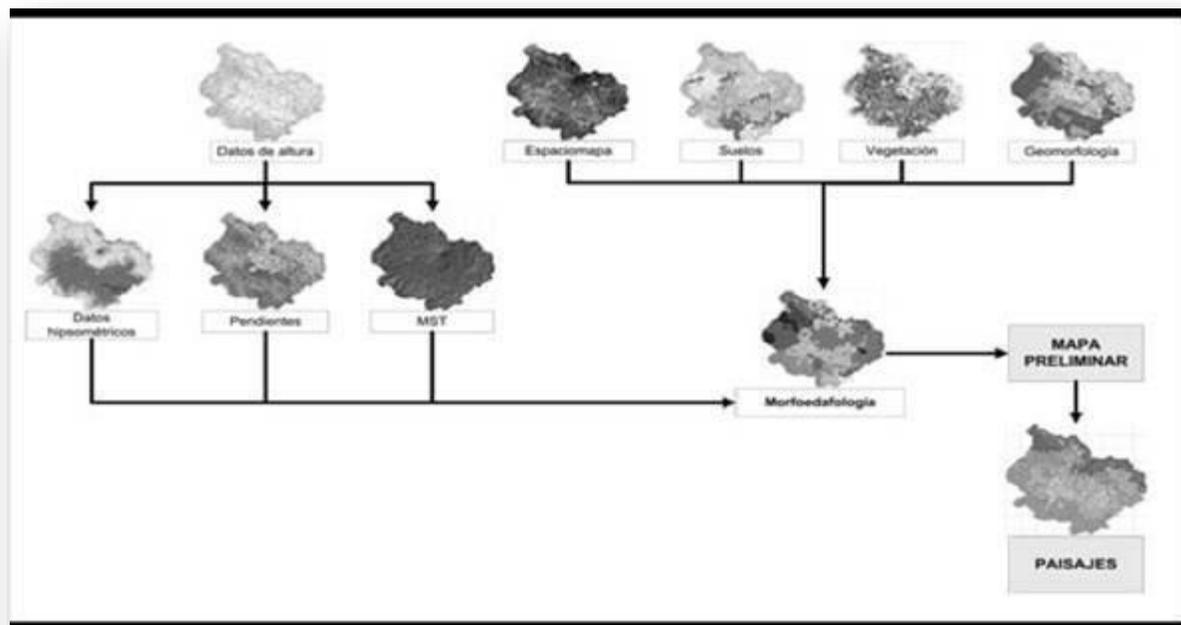
Las unidades de paisaje representarán la heterogeneidad de la cuenca y tendrán consistencia en su concepción con los principios básicos de funcionalidad ecohidrológica en términos de interceptación, infiltración y escurrimiento.

Se realizará una clasificación tipológica de la cuenca para las cinco fechas correspondientes a las cinco series de uso de suelo y vegetación de INEGI

En este estudio se propone una regionalización del territorio en unidades del paisaje (Zonneveld, 1995. Zinck, 1998). El enfoque que se propone utilizar para desarrollar el esquema de regionalización se basa principalmente en las bases teóricas y metodológicas proporcionadas por la escuela Holandesa la cual busca la delimitación de unidades físico-ambientales (Bocco et al. 2010) donde el punto de partida es la delimitación geomorfológica.

Este enfoque metodológico se basa en la descripción de las unidades del relieve en función de su génesis y procesos modeladores actuales, además de identificar los procesos y tipos de suelos formados en cada unidad descrita (Verstappen y Van Zuidam, 1992). Este tipo de enfoque permite llegar al establecimiento de las relaciones ecológicas del paisaje, entre las características de las formas del relieve y otros factores ambientales. A continuación se presenta el modelo general para la regionalización tomado de Mendoza et al. 2009.

FIGURA 16. Modelo general para la regionalización



FUENTE: Mendoza 2009.

Los niveles de análisis de la información se resumen en la siguiente tabla, donde se puede observar que se tienen tres niveles jerárquicos de regionalización donde se utilizan diferentes criterios para su elaboración.

Tabla 11. Niveles jerárquicos de regionalización.

Regionalización	
Niveles	Criterios
Inferior	Morfológicos y morfométricos
Medio	Edafológicos
Superior	Uso de Suelo y Vegetación

FUENTE: Elaboración propia basada en Bocco, 2010.

Como primer paso se delimitaran las formas de relieve utilizando como insumo principal el Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0) de INEGI y la Carta de Unidades Morfométricas del Relieve Mexicano, escala 1:250,000. La interpretación se realizara siguiendo modelos morfográficos, siendo las características que distinguirán las geoformas:

Pendiente: Esta será calculada a partir del CEM 3.0 utilizando las herramientas del módulo 3D Analyst del software ArcGIS versión 10.1.

Hipsografía: Esta será calculada a partir del CEM 3.0 utilizando las herramientas del módulo 3D Analyst del software ArcGIS versión 10.1.

Geología: Esta se obtendrá a partir del mapa de rocas de INEGI 1:250,000.

La caracterización y zonificación de las unidades del relieve se basara en las grandes formas del relieve, a continuación se muestran la clasificación de pendientes (Córdova, M. 2010).

Tabla 12. Clasificación de pendientes

0-3°	Plano
3-5°	Pendiente muy suave
5-15°	Pendiente suave
15-35°	Pendiente intermedia
35-45°	Pendiente empinada
>45°	Pendiente abrupta

FUENTE: Elaboración propia basada en Córdova, 2010.

A continuación se muestran las clases para las unidades de relieve (Córdova, M. 2010).

Tabla 13. Clasificación del relieve.

A)Montaña	Elevaciones orográficas que van de los 2,120 a 2,810 m.s.n.m, de altura relativa superior a los 300m.
B)Lomerío	Elevaciones suaves con pendientes de 3 a los 15° y de altura relativa inferior a los 300m.
C)Transición	
C.1)Abanico aluvial	Acumulación de materiales sedimentarios, diferenciados de acuerdo a su pendiente, Abanicos superiores (pendiente de 5-10°) y Abanicos inferiores (pendiente menos de 5°)
C.2)Pie de monte	Unidad transicional entre un relieve positivo (de mayor pendiente) y la planicie. Presenta pendientes mu suaves de (3 a 5°) la amplitud del relieve puede variar considerablemente de decenas a cientos de metros.
D)Planicie	Paisajes planos, o de muy baja pendiente (menor de 3°)
E)Barrancos	Unidades estrechas de pendientes abruptas, donde se encuentran los cauces que quedan en las unidades montañosas y algunas pendientes.

FUENTE: Elaboración propia basada en Córdova, 2010.

Edafología: Los tipos de suelos se obtendrán a partir del mapa edafológico 1:250,000 de INEGI.

Teniendo claramente diferenciados los tipos de relieve a partir de los componentes antes mencionados, se procederá a cruzar la información de cada una de las series de Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250,000 para los cuatro diferentes periodos.

Ya que el marco conceptual de la cartografía de Uso de Suelo y Vegetación a escala 1:250,000 a evolucionados con diferentes versiones en su sistema de clases, antes de poder integrar esta información a nuestro estudio se tiene que hacer una homologación de la información que estas contienen, con la finalidad de

tener información representativa y comparable. Para esto se tomó como base la leyenda jerárquica propuesta por Velázquez et al. 2002.

Una vez homologadas las series se buscó que la clasificación utilizada fuera consistente con los objetivos del estudio, eligiendo las clases en función de los parámetros que intervienen en los métodos de lluvia escurrimiento, dando como resultado las siguientes clases:

Tabla 14. Clasificación de Uso de Suelo y Vegetación propuesto.

Tipo de Vegetación y Uso de Suelo	
I	Cultivos
II	Bosques
III	Selvas
IV	Matorral
V	Pastizal
VI	Vegetación hidrófila
VII	Otros tipos de vegetación
VIII	Otros tipos de cobertura

FUENTE: Elaboración propia basada en Velázquez, 2002.

Con este análisis realizado se llega a la descripción de las unidades de paisajes para cada uno de los periodos estudiados, con lo que se procederá a analizar el cambio espacio-temporales de las diferentes unidades resultantes para posteriormente correlacionar estadísticamente el impacto de la variabilidad en los cambios de la extensión territorial de las unidades de paisaje en las cuencas y su respuesta hidrológica.

6.2.1.5 Desarrollo de la estadística para conocer la relación entre el cambio de la unidad de paisaje y los escurrimientos máximos en la cuenca.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de las precipitaciones máximas anuales, caudales máximos anuales y de los cambios del Número de Curva y Unidad de paisaje para cada uno de los 5 periodos 1971 – 1986, 1993 – 1998, 1999 – 2005, 2006 - 2008 y 2009 – 2011, se desarrolló desarrollará la estadística de acuerdo a dichos resultados.

Un primer análisis serán los de correlación entre las series de lluvias máximas vs caudales máximos, caudales máximos vs Numero de Curva ponderado de la cuenca, caudales máximos vs cambio en la unidad de paisaje ponderado de la cuenca.

En el ciclo hidrológico intervienen tantas variables que es imposible poder medirlas todas, tanto espacialmente como temporalmente, en años recientes años numerosos investigadores han orientado sus estudios a la identificación de tendencia en series de variable hidrometeorológicas, siendo la prueba no paramétrica más utilizada la de Mann-Kendall (MK).

La presencia de autocorrelación en las series temporales afecta los resultados de esta prueba, aumentando (disminuyendo) la probabilidad de detección de tendencia cuando la autocorrelación es positiva (negativa). Distintos análisis estadísticos confirman la presencia de autocorrelación en series hidrológicas en diferentes escalas temporales.

La prueba no-paramétrica más utilizada en la identificación de tendencia en series de variables hidrometeorológicas ha sido la de Mann-Kendall (MK). La autocorrelación presente en algunas de estas series, afecta los resultados de la prueba, causando problemas en la detección y evaluación del nivel de significación. La presencia de autocorrelación positiva tiende a aumentar la probabilidad de detección de tendencia cuando, en efecto, ésta no existe, mientras que la autocorrelación negativa tiende a disminuirla.

En este apartado se aplicarán diferentes métodos de correlación y autocorrelación entre las series resultantes. La correlación expresa el grado de asociación entre dos variables, según el sentido de la relación de estas en términos de aumento o disminución. Se clasifican en:

Lineal o curvilínea, según la nube de puntos se condense en torno a una línea recta o a una curva.

Positiva o directa cuando al aumentar una variable aumenta la otra y viceversa.

Negativa o inversa cuando al crecer una variable, la otra decrece y viceversa.

Nula cuando no existe ninguna relación y la nube de puntos están distribuidas al azar. Se dice que no están correlacionadas.

Funcional si existe una función tal que todos los valores de la nube de puntos la satisfacen.

Los valores de la correlación van de + 1 a - 1, pasando por el cero, el cual corresponde a ausencia de correlación. Los primeros dan a entender que existe una correlación directamente proporcional e inversamente proporcional, respectivamente.

De lo anterior referimos que:

+1 ó -1 = Correlación perfecta.

0.95 = Correlación fuerte.

80% = Correlación significativa.

70% = Correlación moderada.

50% = Existe una relación parcial

Coefficiente de correlación de rangos de Spearman

SPEARMAN (Rho de Spearman). Este coeficiente es una medida de asociación lineal que utiliza los rangos, números de orden, de cada grupo de sujetos y compara dichos rangos. Existen dos métodos para calcular el coeficiente de correlación de los rangos: uno, señalado por Spearman y otro, por Kendall. El r de Spearman llamado también rho de Spearman es más fácil de calcular que el de Kendall.

Fórmula

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

en donde $d_i = r_{xi} - r_{yi}$ es la diferencia entre los rangos de X e Y.

Otra variante de la fórmula expresada es:

$$r = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n^3 - n}$$

Se tiene que considerar la existencia de datos idénticos a la hora de ordenarlos, aunque si éstos son pocos, se puede ignorar tal circunstancia

Para muestras mayores de 20 observaciones, podemos utilizar la siguiente aproximación a la distribución t de Student

$$t = \frac{\rho}{\sqrt{(1 - \rho^2) / (n - 2)}}$$

Coefficiente de correlación de Pearson

En estadística, el coeficiente de correlación de Pearson es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. A diferencia de la covarianza, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables.

De manera menos formal, podemos definir el coeficiente de correlación de Pearson como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas.

Para datos no agrupados se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$$

La interpretación de coeficiente de Spearman es igual que la del coeficiente de correlación de Pearson. Oscila entre -1 y +1, indicándonos asociaciones negativas o positivas respectivamente, 0 cero, significa no correlación pero no independencia.

Para cumplir con los objetivos del presente estudio, debemos considerar los siguiente.

A pesar de que el escurrimiento en una cuenca depende de muchos factores, para el presente estudio se considerarán solo: las series de precipitación pluvial que se tiene en las estaciones climatológicas, las series de INEGI de Usos de Suelo y Vegetación I, II, III y V y las series de los caudales registrados en las estaciones hidrométricas.

Entonces se tendrá como variables independientes, la precipitación pluvial y el Uso de Suelo y Vegetación y como variable dependiente los caudales.

6.2.1.5.1 Análisis de lluvias en la cuenca

Como primer paso se realizará el análisis de los datos de precipitación máxima probable, se analizarán los máximos históricos ocurridos en cada una de las estaciones de cada una de las cuencas, con la finalidad de saber en qué año ocurrieron, si hay correlación entre ellas, como es la distribución espacial en la cuenca y como ha sido la distribución temporal en ella.

Se generarán los polígonos de Thiessen para las estaciones que sean seleccionadas para los análisis posteriores con la finalidad de saber que tanta influencia tiene cada una de ellas y ver como la configuración de las isoyetas afecta en los escurrimientos en la cuenca.

Se describirá el comportamiento de los registros de las climatológicas, tanto los máximos como los mensuales, con la finalidad de encontrar tendencias o patrones repetitivos.

Se realizará un análisis del coeficiente de correlación entre las estaciones climatológicas.

6.2.1.5.2 Análisis de lluvias máximas vs caudales máximos.

El siguiente paso es comparar los registros máximos en la estación hidrométrica con los registros máximos de las climatológicas, con la finalidad de encontrar una correspondencia entre ellos si es que la hay.

Se compararán los años en que ocurrieron los máximos históricos en cada una de las estaciones.

Éste análisis se realizará con el coeficiente de correlación, entre las estaciones climatológicas y la estación hidrométrica.

6.2.1.5.3 Análisis de Uso de Suelo y Vegetación vs caudales máximos.

Se realizará el análisis del cambio que existe en el Uso de Suelo y Vegetación en cada una de las Series de INEGI contra los caudales máximos registrados en la estación(es) hidrométrica(s) de cada una de las cuencas en estudio.

Tanto en las Unidades de Paisaje como el Número de Curva uno de sus parámetros de clasificación es el Uso de Suelo y Vegetación, el cual servirá como parámetro

de comparación con los escurrimientos de las cuencas registrados en las hidrométricas.

En este apartado se compararán los cambios en la unidad de paisaje determinados de las series de INGE contra los escurrimientos y los Números de Curvas de la Cuenca determinados de las series de INGE contra los escurrimientos.

Para encontrar que tanto afectan los cambios en la Unidad de Paisaje y en el Número de Curva en el comportamiento de los caudales, con el modelo Hidrológico realizado en el HEC-HMS, se correrá una tormenta en particular para cada uno de los modelos hidrológicos realizados para cada una de las Series de INEGI. En base a los resultados se comparará el ponderado de la Unidad de Paisaje de la cuenca versus los caudales generados y lo mismo para el Número de Curva.

6.2.1.5.4 Análisis de correlación múltiple.

En los apartados anteriores se realizaban correlaciones entre lluvia escurrimiento, Unidad de paisaje contra escurrimiento y Número de Curva contra escurrimiento, ahora el objetivo es ajustar un modelo de la forma:

$$Q = \beta_0 + \beta_1 U +$$

$$\beta_2 C$$

estimando los parámetros correspondientes β_0 , β_1 , β_2 y calcular el coeficiente R^2 de determinación.

De este modo se puede podria indagar en la relación y en su porcentaje que tendrían la lluvia y/o la unidad de paisaje con los escurrimientos generados en una cuenca.

6.3 Actividad c) Caracterización hidrometeorológica de 5 periodos 1971 - 1986, 1993 - 1998, 1999 - 2005, 2006 - 2008 y 2009 - 2011 de la cuenca de estudio.

Para lograr los objetivos del presente estudio, es necesario conocer la cantidad y la calidad de la información con que se cuenta en cada una de las cuencas analizadas. A continuación se presenta y analiza la información climatológica e hidrométrica disponible en cada una de las cuencas. La información climatológica proporcionada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que está disponible a todo el público por medio de su página de internet, consta de datos de días con granizo, con niebla, con tormenta, evaporación potencial mensual, lluvia acumulada mensual, lluvia máxima de 24 horas, temperatura máxima, media y mínima. Para un buen análisis encaminado a un estudio hidrológico, la distribución espacial de las estaciones climatológicas adquiere gran relevancia, así como la continuidad y ancho del periodo de sus registros.

6.3.1 Información climatológica e hidrométrica en la Cuenca del Río La Sabana.

6.3.1.1 Información climatológica en la cuenca del río Sabana.

En la zona de estudio se identificaron 16 estaciones climatológicas que por su ubicación son utilizables para los cálculos del presente trabajo. En la siguiente tabla se presentan la clave y el nombre de las estaciones climatológicas localizadas en la zona de estudio:

Tabla 15. Estaciones climatológicas en la zona de estudio

#	NOMBRE	#	NOMBRE
12095	Xaltianguis	12189	Palma Zola Uno
12137	Acapulco de Juárez (DGE)	12190	Palma Zola Dos
12142	Acapulco de Juárez (SMN)	12201	Costa Azul
12172	Km 21	12203	Hogar Moderno
12183	La Sabana	12157	E. T. A. 153 La Sabana
12223	Laguna de Tres Palos (OBS)	12197	La Laja
12148	Laguna de Tres Palos	12202	La Garita

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

En la siguiente figura se muestra la localización geográfica de las estaciones climatológicas identificadas que tienen mayor influencia dentro de la zona de estudio.

FIGURA 17. Estaciones climatológicas en la Cuenca del Río Sabana.



FUENTE: Elaboración INECC con base a la Red de Estaciones Climatológicas de la CONAGUA.

Las estaciones que se encuentran en color rojo, indican que han dejado de operar, sus registros son cortos o en el mejor de los casos poseen un periodo mayor a 20 años pero no están actualizados, careciendo de registros de fechas cercanas al año 2000 a la actualidad.

6.3.1.2 Selección de estaciones climatológicas en la cuenca del Río Sabana

Para cumplir la segunda condición del periodo de registro y su continuidad, en la siguiente tabla se muestran los registros de las precipitaciones pluviales máximas en 24 hrs en cada una de las estaciones en operación.

Tabla 16. Lluvia máxima en 24 horas en la zona de estudio

AÑO	ID Estación Climatológica				
	88				
	97				
	91				
	97.5				
	98.5				
	83.5				
	83.5				
	60				
	127.5				
	134.5				
	141	83.5			
	60	103			
	218	187.5	193.8		
	131	211.5	260		
	95	112.2	186.5		
	220.5	170	148.5		
	98	60	102		
	157.4	163.6	103.2		
	81.9	88.5	115		119.5
	74.3	74	153.5		93.2
	168.8		232		208.5
	79	108.5	81.6	64.3	92.2
	118.6	120	101	79	67.1
		216	80	87	295
	70	88.3	64.6	98.2	120.5
	76	60.3	97.6	96.5	141.7
	62	134.5	68.5	63.5	65.5
	159	136.2	174.6	153.5	174
	125	210.6	146.2	256.5	134
	68	199	78	55	100
	92	87	76	86.5	105
	73	140.3	80	146	126
	172	180	143	186	197
	97	111	55	73	94.5
	132	172	190	186.5	258
	146	190	164.5	195	42.7
	144	205	218	360	230.9
	132	118	113	179.5	85
	109	142	130	135.1	135.9
	94		98.5	200	48
		137.3	107	161.7	40
			160.1	146.5	50
		69		117.8	12
		125.2		97.5	30
		121.9		182	50
		204.3		273.4	84.7
		264.2	104.6	213.5	285.3
		156	108.2	133.2	150.1
		124.3	192.1	113.7	82.1
		98.7	151.2	102.3	76.8

184.1

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

Da la información anterior la estación 12137 se elimina debido a que el periodo de información es muy corto y además de que la estación 12183 tiene una ubicación geográfica más adecuada que la primera.

Por lo que las estaciones climatológicas que se utilizaron para el análisis de la cuenca del Río Sabana son las siguientes:

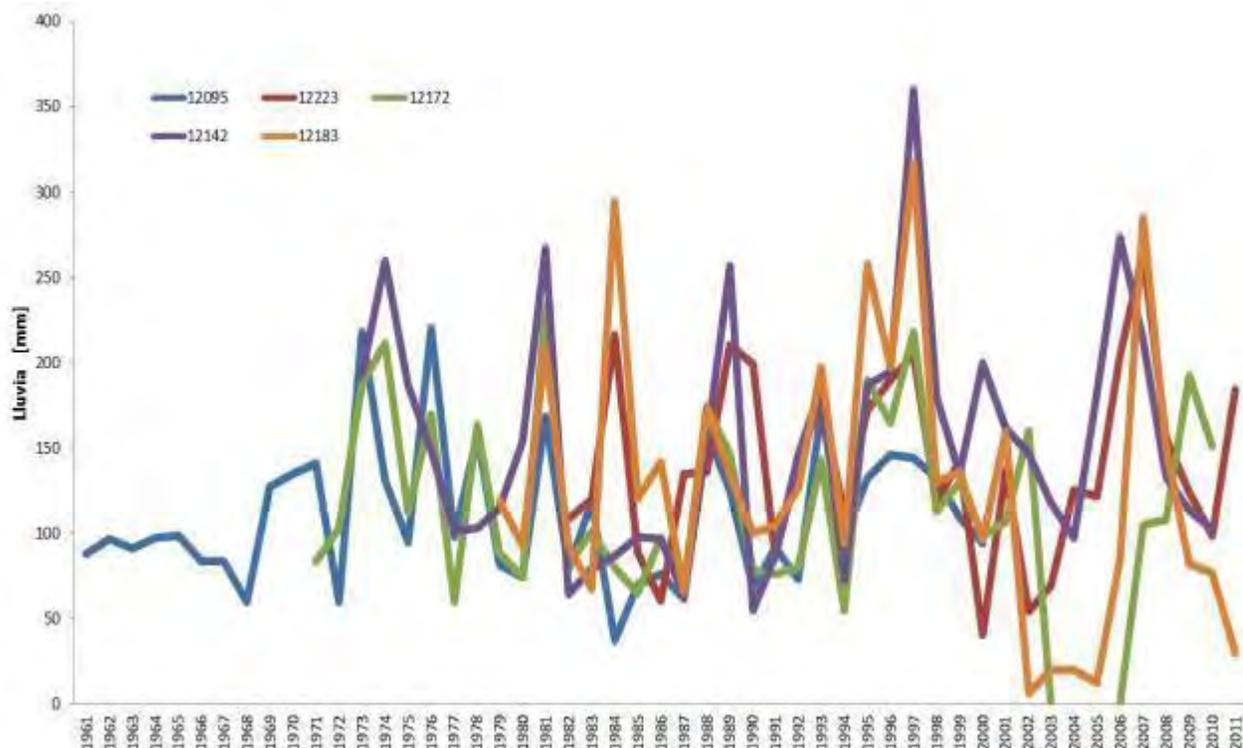
Tabla 17. Estaciones climatológicas seleccionadas para la cuenca del Río Sabana

#	NOMBRE	#	NOMBRE
12095	Xaltianguis	12223	Laguna de Tres Palos (OBS)
12142	Acapulco de Juárez (SMN)	12183	La Sabana
12172	Km 21		

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

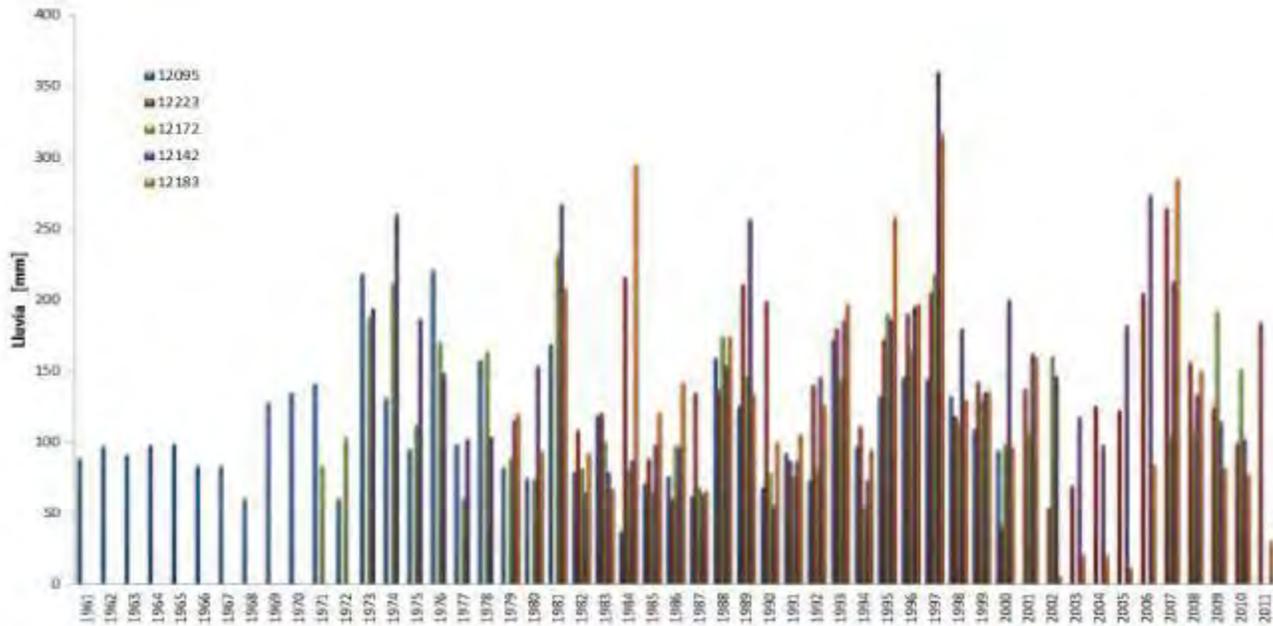
A continuación se presenta el gráfico de las precipitaciones máximas históricas en cada una de las estaciones climatológicas seleccionadas, se presentan en dos tipos de gráficos, en líneas y en barras con la finalidad de tener un mejor entendimiento del comportamiento.

GRAFICA 1. Precipitaciones máximas anuales en cada una de las estaciones climatológicas en la cuenca del Río La Sabana (líneas).



FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

GRAFICA 2. Precipitaciones máximas anuales en cada una de las estaciones climatológicas en la cuenca del Río La Sabana (barras).

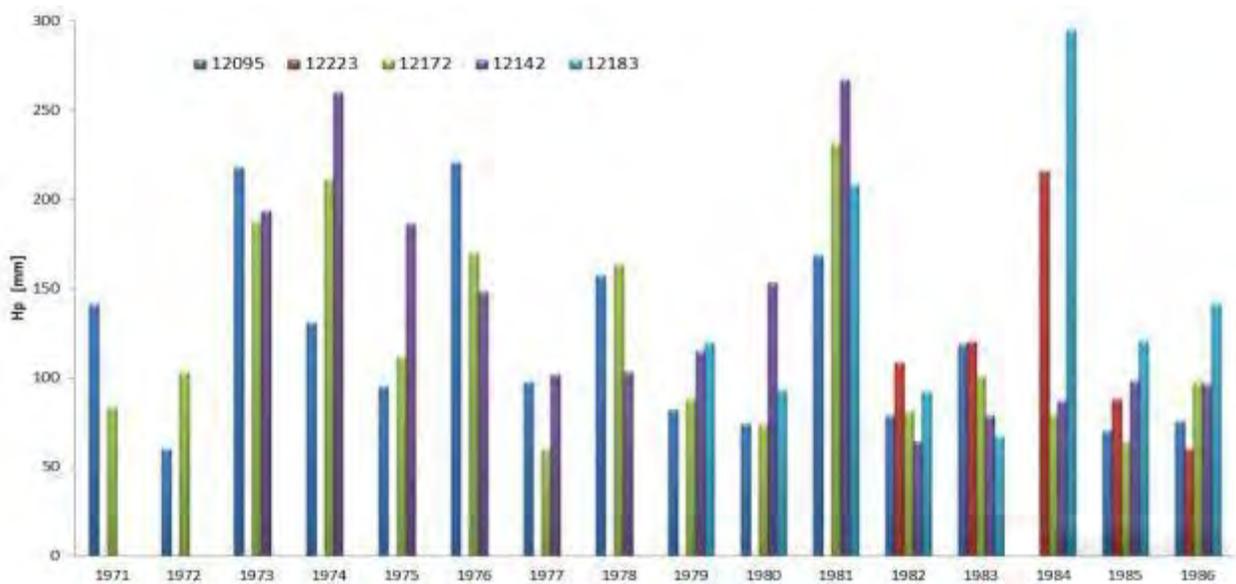


FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.3.1.3 Caracterización climatológica para el periodo 1971-1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Sabana.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE I de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 3. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE I INEGI en la cuenca del Río La Sabana.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 1984 es en donde se obtiene las mayores precipitaciones en la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año.

Tabla.....

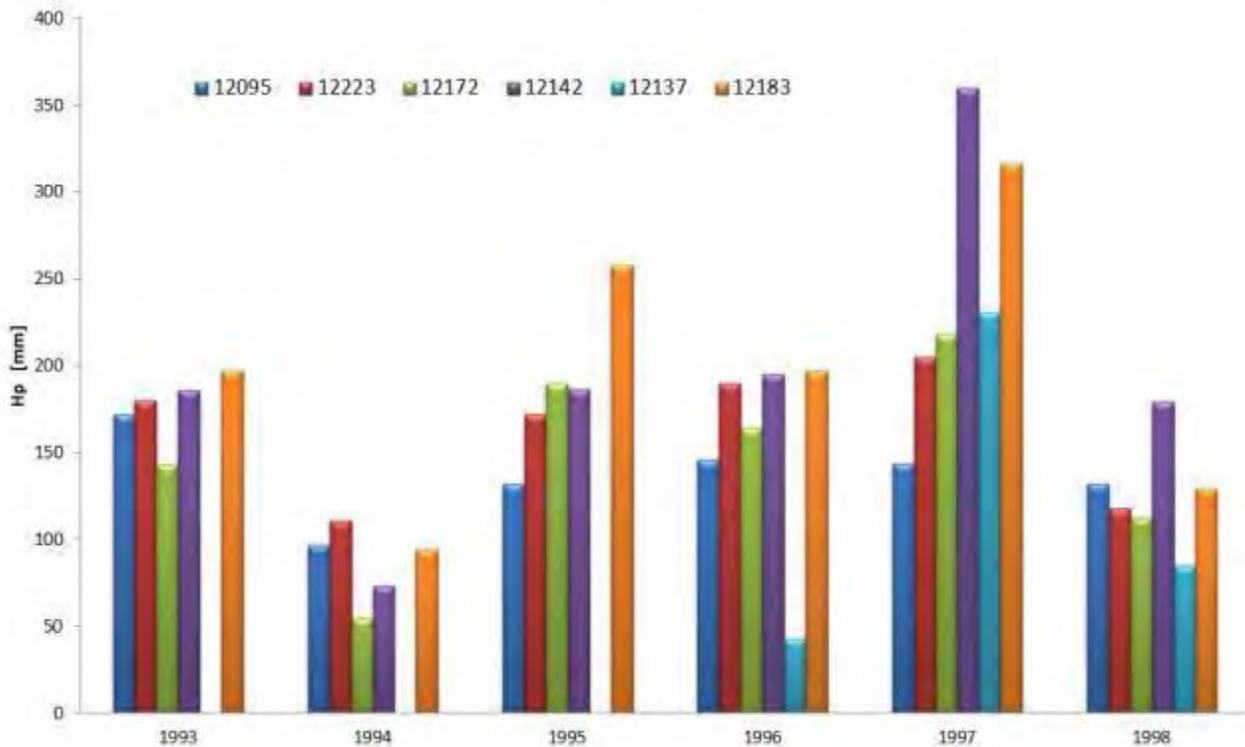
ID Estación	Xalistingo 12095	Laguna de Tres Palos 12223	Km 21 12172	Acapulco de Juarez (SMN) 12142	La Sabana 12183
Hp [mm]	ND	216	80	87	295

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.3.1.4 Caracterización climatológica para el periodo 1993-1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Sabana.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE II de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 4. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE II INEGI en la cuenca del Río La Sabana.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 1997 es en donde se obtiene las mayores precipitaciones en

la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las

estaciones para ese año. Cabe mencionar que en este año se presentó el Huracán Paulina, el cual causó grandes afectaciones en toda la costa del Pacífico.

Tabla.....

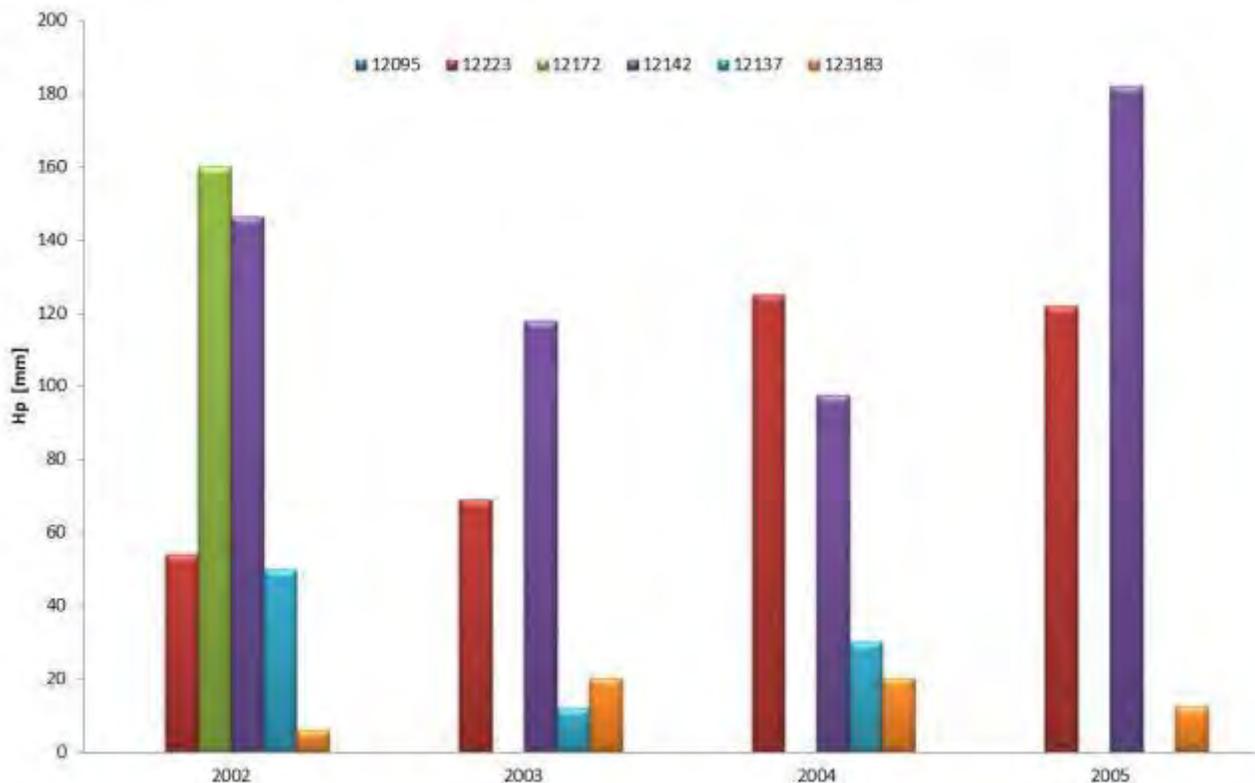
ID Estación	Xalistingo 12095	Laguna de Tres Palos 12223	Km 21 12172	Acapulco de Juarez (SMN) 12142	La Sabana 12183
Hp [mm]	144	205	218	360	316.3

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.3.1.5 Caracterización climatológica para el periodo 1999-2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Sabana.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE III de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 5. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE III INEGI en la cuenca del Río La Sabana.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 2005 es en donde se obtiene las mayores precipitaciones en

la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año.

Tabla....

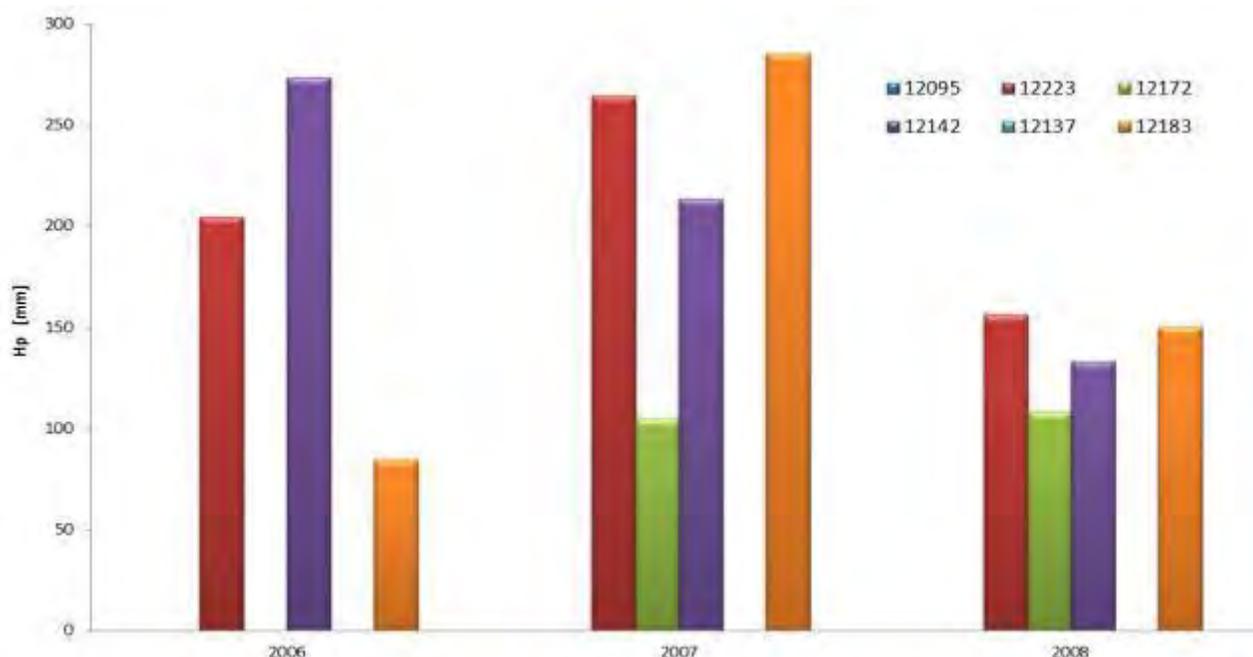
ID Estación	Xalistingo 12095	Laguna de Tres Palos 12223	Km 21 12172	Acapulco de Juarez (SMN) 12142	La Sabana 12183
Hp [mm]		121.9		182	12.3

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.3.1.6 Caracterización climatológica para el periodo 2006-2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Sabana.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE IV de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 6. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE IV INEGI en la cuenca del Río La Sabana.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 2007 es en donde se obtiene las mayores precipitaciones en la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año.

Tabla.....

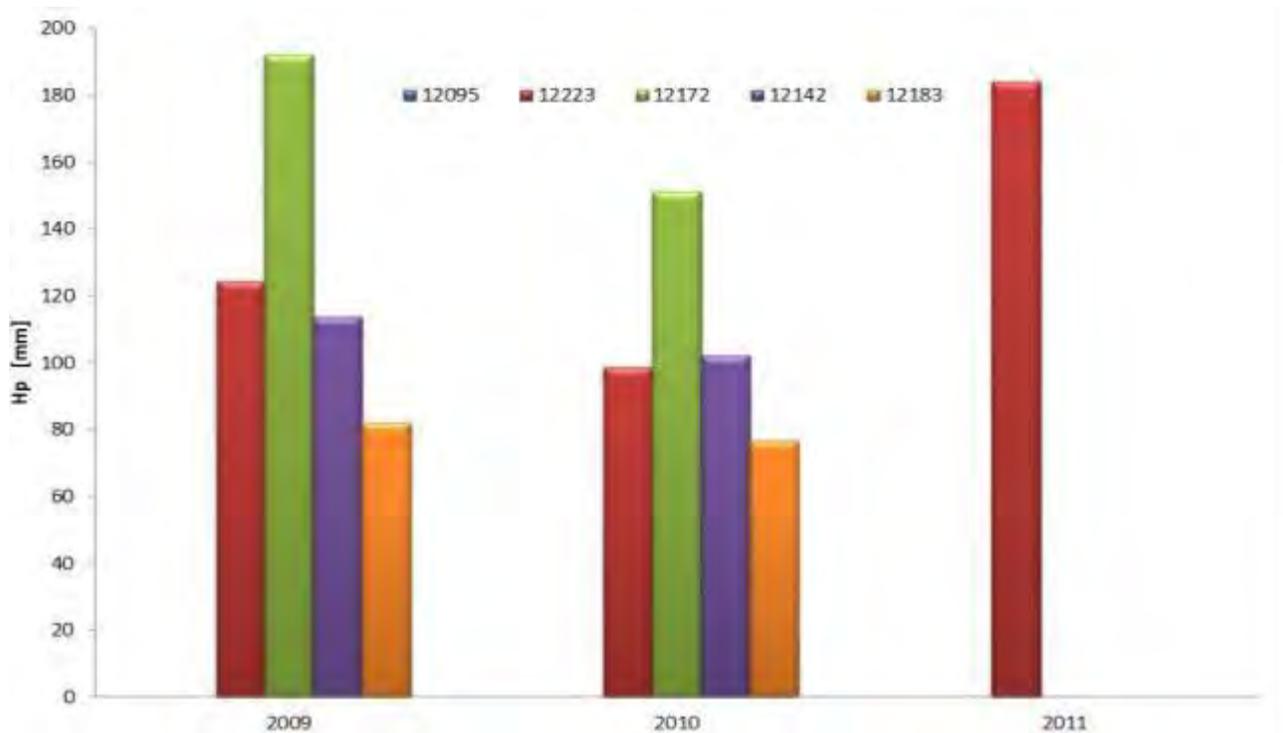
ID Estación	Xalistingo 12095	Laguna de Tres Palos 12223	Km 21 12172	Acapulco de Juarez (SMN) 12142	La Sabana 12183
Hp [mm]		264.2	104.6	213.5	285.3

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.3.1.7 Caracterización climatológica para el periodo 2009-2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Sabana.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE V de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 7. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE V INEGI en la cuenca del Río La Sabana.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 2009 es en donde se obtiene las mayores precipitaciones en la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año. Lamentablemente para este periodo la escases de registros en las estaciones es considerable, ya que solo la estación 12223 tiene registros para el 2011, las demás solo hasta 2010

Tabla.....

ID Estación	Xalistengo 12095	Laguna de Tres Palos 12223	Km 21 12172	Acapulco de Juarez (SMN) 12142	La Sabana 12183
Hp [mm]		124.3	192.1	113.7	82.1

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.3.1 Información hidrométrica en la cuenca del río Sabana.

En el río Sabana se localizan las estaciones hidrométricas Tuncingo y Km 21+000, en la siguiente figura se muestra su localización geográfica dentro de la cuenca.

FIGURA 18. Hidrométricas en la Cuenca del Río La Sabana.



FUENTE: Elaboración propia en base a la publicación hidrométricas de CONAGUA y apoyo de Google Earth

En la siguiente tabla se muestran los registros hidrométricos en la estaciones km 21+000 y Tuncingo.

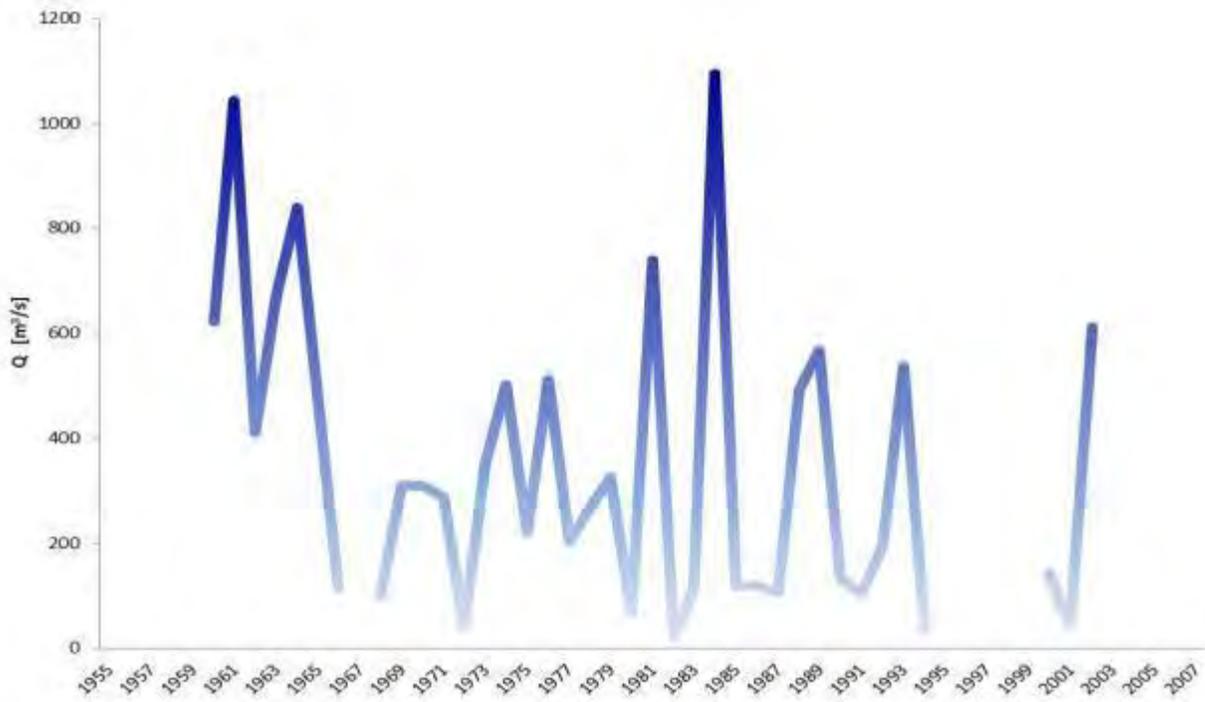
Tabla 18. Registros de los caudales máximos en las estaciones hidrométricas 19008 y 19018

AÑO		
	9.56	
	15.28	
	621.50	
	1043.99	
	408.50	
	669.97	
	838.99	
	463.99	
	112.82	
	101.00	
	308.10	333.50
	309.66	215.50
	285.00	103.00
	33.25	16.19
	348.00	234.00
	502.20	44.97
	220.00	77.76
	512.50	20.00
	203.50	14.86
	263.00	5.79
	324.39	
	65.00	
	740.37	862.00
	17.82	
	111.67	
	1096.56	
	116.50	
	118.50	
	105.00	
	492.00	329.85
	566.00	654.20
	132.50	103.00
	102.50	127.00
	193.98	171.80
	536.20	573.08
	29.81	67.70
		214.12
	141.49	
	38.95	
	611.59	

FUENTE: BANDAS
(Revisar columna)

A continuación en el siguiente gráfico se muestran los máximos anuales, únicamente de la estación 19008, ya que la estación 19018 contiene pocos registros y no se consideran para el presente estudio.

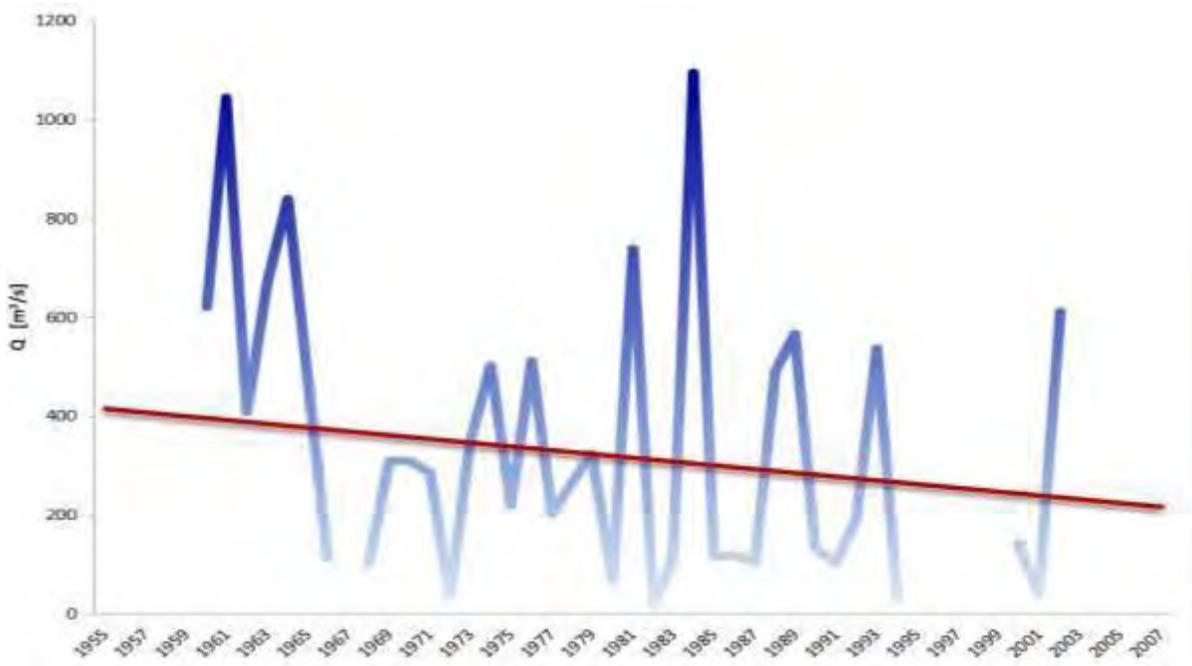
GRAFICA 8. Esgurrimientos máximos anuales en la cuenca del Río La Sabana.



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

A continuación se muestra la tendencia en los escurrimientos máximos anuales registrados en la estación hidrométrica

GRAFICA 9. Esgurrimientos máximos anuales y tendencia en la cuenca del Río La Sabana.

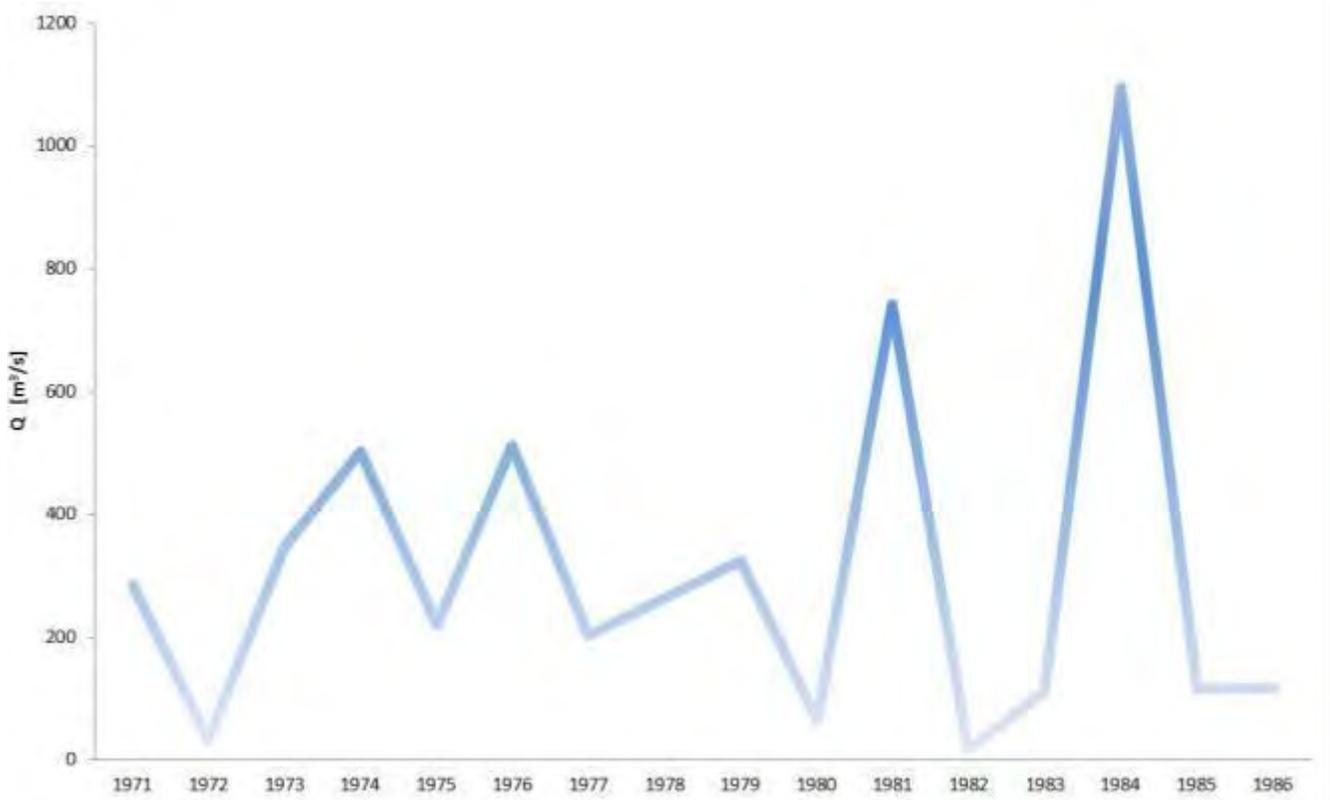


FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

6.3.1.1 Caracterización hidrométrica para el periodo 1971-1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Sabana.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 19008, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE I de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 10. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE I INEGI en la cuenca del Río La Sabana.



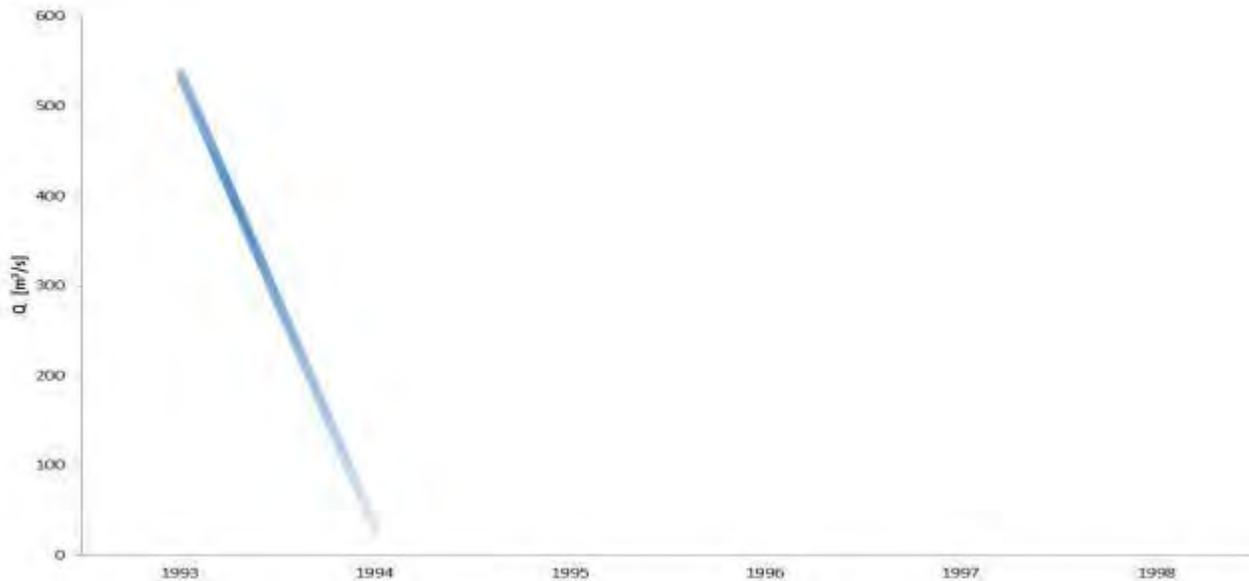
FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

Para este periodo el año 1984 es en donde se obtiene el mayor escurrimiento en la cuenca, éste coincide con el año en que se presentaron las mayores precipitaciones pluviales.

6.3.1.1 Caracterización hidrométrica para el periodo 1993-1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Sabana.

A continuación se muestran los gastos máximos ocurridos en los años correspondientes a la SERIE II de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 11. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE II INEGI en la cuenca del Río La Sabana.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Lamentablemente en la estación solo se cuenta con dos años de registro para este periodo. Y para este periodo las precipitaciones máximas ocurrieron en 1997.

6.3.1.2 Caracterización hidrométrica para el periodo 1999-2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Sabana.

Lamentablemente para este periodo la estación hidrométrica solo cuenta con el registro del año 2002, que es de 611.58 m³/s. Y para este periodo el caudal máximo ocurrió en el año 2005.

6.3.1.3 Caracterización hidrométrica para el periodo 2006-2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Sabana.

Lamentablemente para este periodo la estación hidrométrica no cuenta con registro para ninguno de los años.

6.3.1.4 Caracterización hidrométrica para el periodo 2009-2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Sabana.

Lamentablemente para este periodo la estación hidrométrica no cuenta con registro para ninguno de los años.

6.3.2 Información climatológica e hidrométrica en la Cuenca del Río Atoyac.

6.3.2.1 Información climatológica en la cuenca del río Atoyac.

En la zona de estudio se identificaron 8 estaciones climatológicas que por su ubicación geográfica son útiles para los cálculos en los análisis de la precipitación pluvial. En la siguiente tabla se presentan la clave y el nombre de las estaciones

Tabla 19. Estaciones climatológicas en la cuenca del río Atoyac.

#	NOMBRE
12011	Atoyac (SMN)
12041	Cacalutla
12069	San Juan de las Flores
12079	Santo Domingo
12099	San Jerónimo
12158	Río Santiago
12262	Hacienda la Cabaña
12161	Atoyac (DGE)

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

En la siguiente figura se muestra la localización geográfica de las estaciones climatológicas identificadas que tienen influencia dentro de la cuenca del río Atoyac.

Las estaciones que se encuentran en color rojo, indican que han dejado de operar, sus registros son cortos o en el mejor de los casos poseen un periodo mayor a 20 años pero no están actualizados, careciendo de registros de fechas cercanas al del año 2000 a la actualidad, por lo que la estación 12011 queda eliminada.

FIGURA 19. Estaciones climatológicas en la Cuenca del Río Atoyac.



FUENTE: Elaboración INECC con base a la Red de Estaciones Climatológicas de la CONAGUA.

6.3.2.2 Selección de estaciones climatológicas en la cuenca del Río Atoyac

Para cumplir la segunda condición del periodo de registro y su continuidad, en la siguiente tabla se muestran los registros de las precipitaciones pluviales máximas en 24 hrs en cada una de las estaciones en operación.

Tabla 20. Lluvia máxima en 24 horas en la zona de estudio

AÑO	ID Estación climatológica							
	12011	12041	12069	12079	12099	12158	12161	12262
1922	158.7							
1923	165							
1924	105							
1925	103							
1926	216							
1927	120.7							
1928	113							
1929	107							
1930	143							
1931	94.5							
1932								
1933								
1934								
1935								
1936								
1937								
1938								
1939								
1940								
1941								
1942	5							
1943	109							
1944								
1945	84							
1946	92							
1947	121							
1948	99							
1949	95							
1950	221							
1951	0							
1952								
1953	35							
1954	280							
1955	34							
1956	93							
1957	210							
1958	100							
1959	100							
1960	102							
1961	78				312.5			
1962	32			91	143			
1963	92			55	80.5			
1964	65.5			93	42			
1965	64			105	70.8			
1966	43		75	82	163.5			
1967	55		313	98	220.5			
1968	83		98	76	135			
1969			72	32	182.5			
1970	103		110	46	102			
1971	22.5		175	44	48.5			
1972	45		183	39	85.5			
1973	47		248	56	208	184		
1974	70		93	30	226	5		
1975	22.5		82	42	96.5	47.4	85.8	
1976	120		118	80	108.8	123.5	124.5	
1977	60.5		84	38	40	8.4	55.9	
1978	87		75	46	111.2	80	83	
1979	24		85	81	89	41	124	
1980	35		105	100	150	52.5	126.5	
1981	160		105	100	133.5	100	107	
1982	64.3		83	94.9	94.5	71.3	92	
1983	84		61.5	94.5	101.5	55.5	113.9	
1984	89	240	325	251	98	150.5	266.5	
1985	58	71	56	95	97	36	100.8	
1986	87	78	108		50.5	75.5	105	
1987	90	33	160.5		81.1	120.5	54	
1988	0	127	130	133.5	139	141	133.5	
1989		130	83.5	88.5	189	32	133.5	
1990		128	87.5	90	213.5	134.5	133	
1991		90	106	115	135.5	120	112.5	
1992		170	69.5	80	70.5	78	188.5	
1993		174	200	122	155	21	184.5	
1994		60.1	76	100	56.5	92.5	227	
1995		66.5	83	55	116.5	105.5	110.9	
1996		138.5	147	151	149	140.5	145.5	
1997		125	87	312	94.5	22	122	
1998		160	129	100.1	110	31	184.5	
1999		155.5	211	61	157.5	1	95.2	
2000		1	88	90	128.5	21	121.5	
2001		68.6	60	30	86.5	61	74.2	
2002		65.5	120	84	122.5	38	148.3	
2003		140	90.4	45	103	51	78.1	0
2004		35	80	72	81.5	31	114.8	0
2005		70	189	24	124.5	53	228.5	0
2006		30	127	37	174	68	142.3	0
2007				65	107	63	135	0
2008		60	73	0	93.5	41	106	0
2009		72	71.3	0	114.5	59	98	184
2010		55.5	92	0	229	41	137	
2011			114	0	112	72	125.2	

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

De la información anterior la estación 12262 se elimina debido a que el periodo de información es muy corto. ¿Solo se eliminó una estación del cuadro de arriba???

Por lo que las estaciones climatológicas que se utilizaron para el análisis de la cuenca del Río Atoyac son las siguientes:

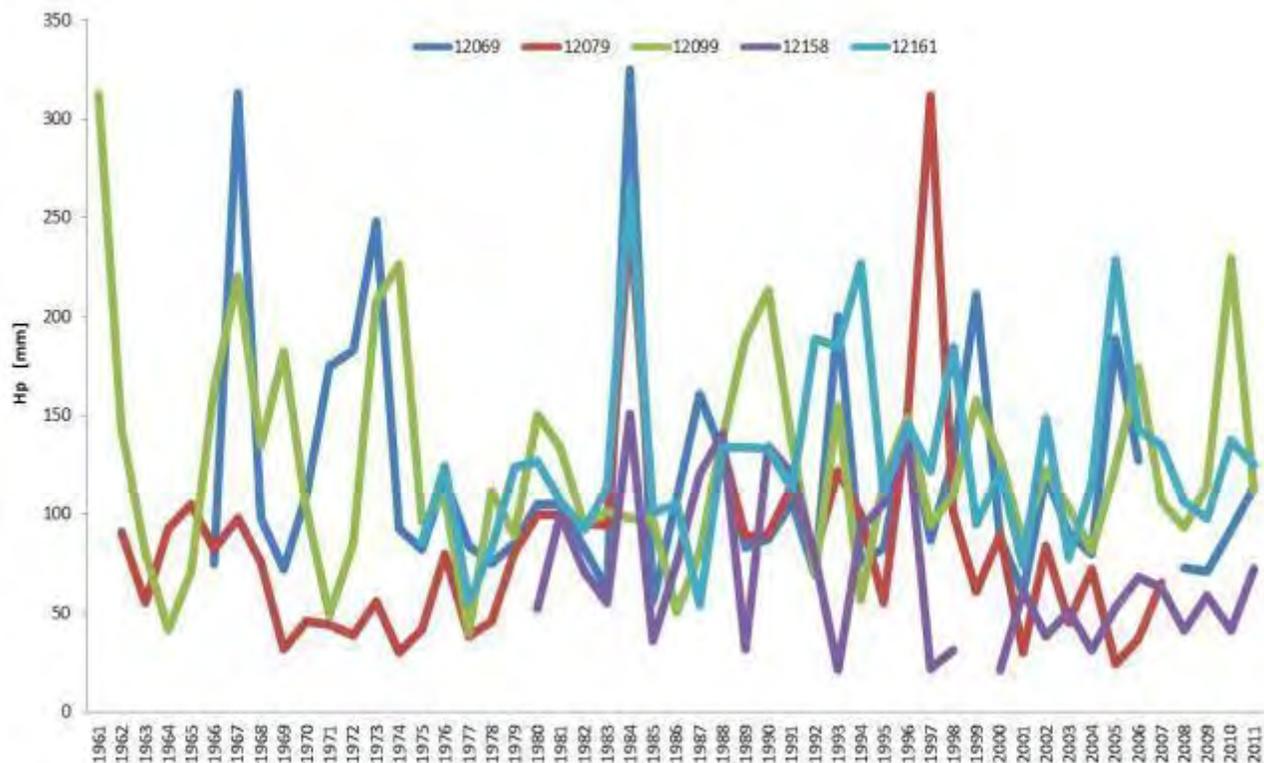
Tabla 21. Estaciones climatológicas seleccionadas para la cuenca del Río Atoyac

#	NOMBRE	#	NOMBRE
12069	San Juan de las Flores	12158	Río Santiago
12079	Santo Domingo	12161	Atoyac (DGE)
12099	San Jerónimo		

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

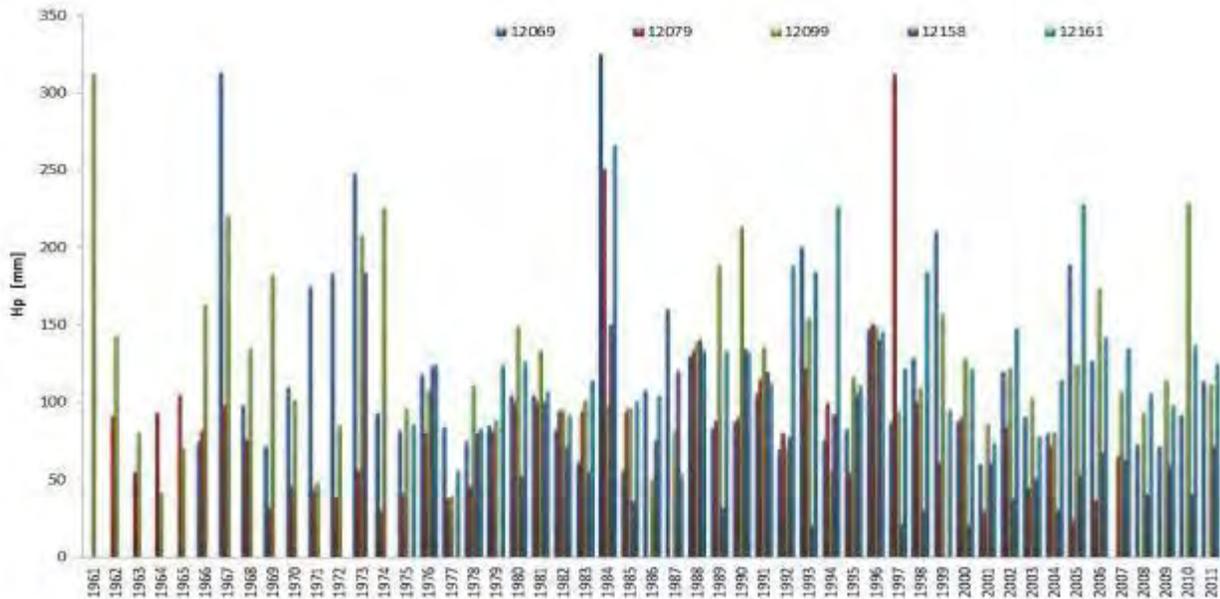
A continuación se presenta el gráfico de las precipitaciones máximas históricas en cada una de las estaciones climatológicas seleccionadas, se presentan en dos tipos de gráficos, en líneas y en barras con la finalidad de tener un mejor entendimiento del comportamiento.

GRAFICA 12. Precipitaciones máximas anuales en cada una de las estaciones climatológicas en la cuenca del Río Atoyac (líneas).



FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

GRAFICA 13. Precipitaciones máximas anuales en cada una de las estaciones climatológicas en la cuenca del Río Atoyac (barras).

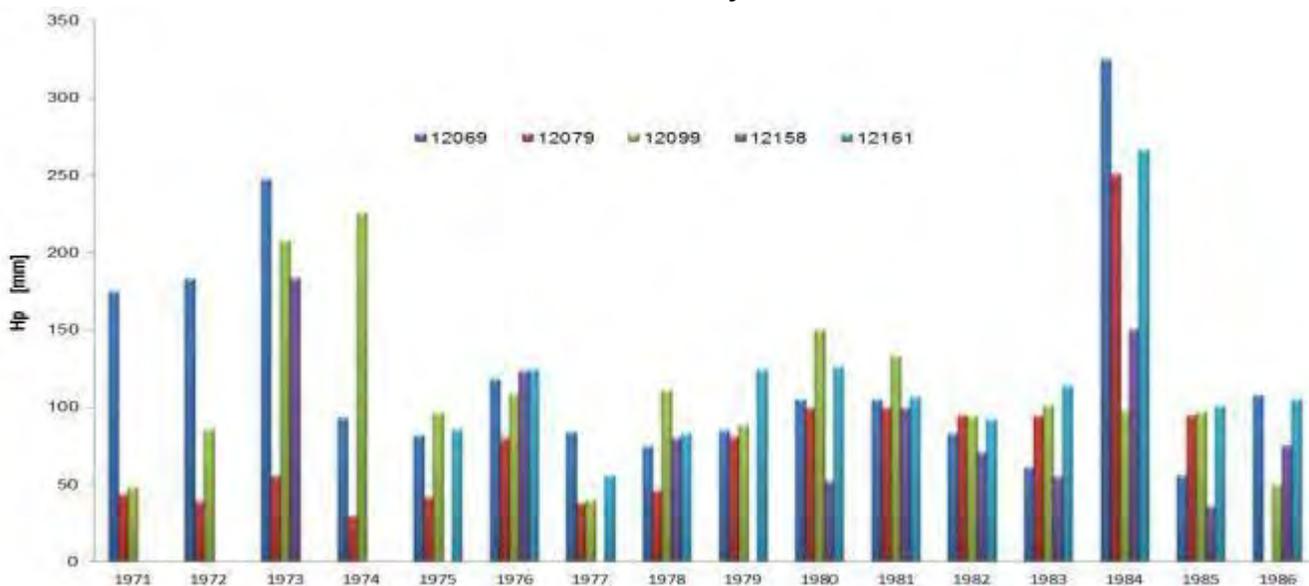


FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.3.2.3 Caracterización climatológica para el periodo 1971-1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Atoyac.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE I de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 14. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE I INEGI en la cuenca del Río Atoyac.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 1984 es en donde se obtienen las mayores precipitaciones en la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año.

Tabla.....

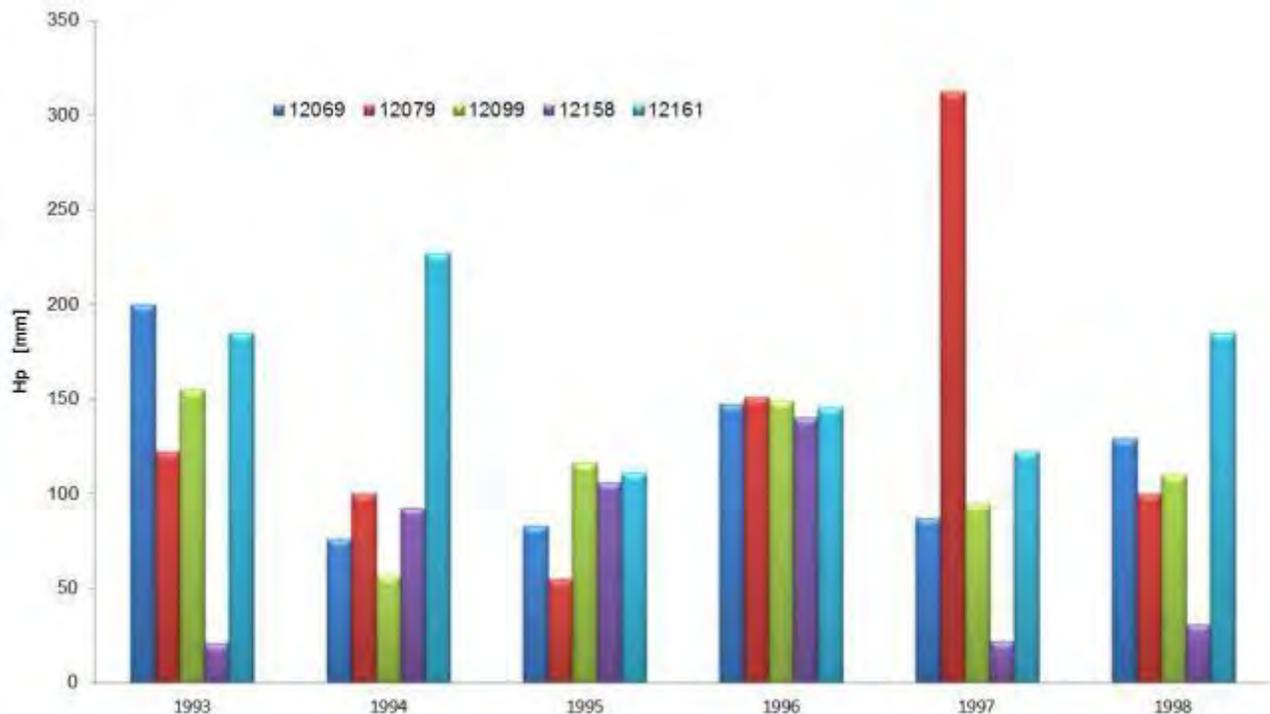
ID Estación	Sn Juan de las Flores 12069	Santo Domingo 12076	San Jerónimo 12099	Río Santiago 12158	Atoyac (DGE) 12161
Hp [mm]	325	251	98	150.5	266.5

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.3.2.4 Caracterización climatológica para el periodo 1993-1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Atoyac.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE II de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 15. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE II INEGI en la cuenca del Río Atoyac.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 1997 es en donde se obtienen las mayores precipitaciones en la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año. Cabe mencionar que en este año se presentó el Huracán

Paulina, el cual causó grandes afectaciones en toda la costa del Pacífico.

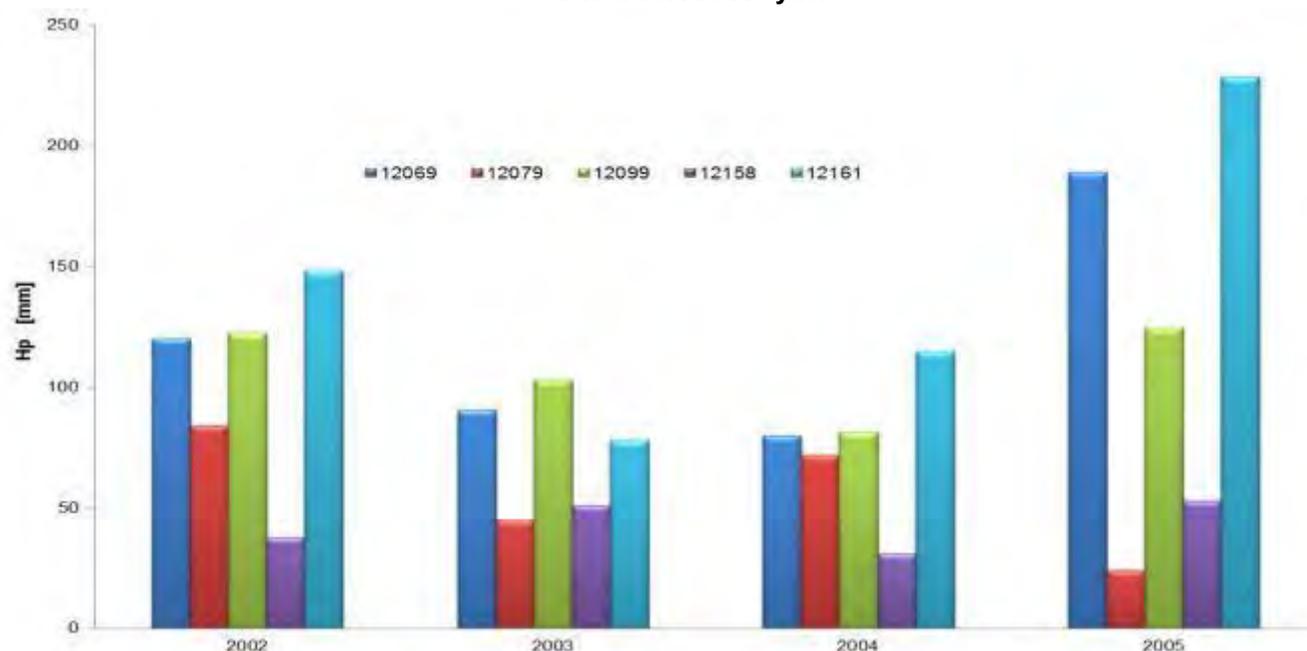
ID Estación	Sn Juan de las Flores 12069	Santo Domingo 12076	San Jerónimo 12099	Río Santiago 12158	Atoyac (DGE) 12161
Hp [mm]	87	312	94.5	22	122

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.3.2.5 Caracterización climatológica para el periodo 1999-2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Atoyac.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE III de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 16. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE III INEGI en la cuenca del Río Atoyac.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 2005 es donde se obtienen las mayores precipitaciones en la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año.

Tabla...

ID Estación	Sn Juan de las Flores 12069	Santo Domingo 12076	San Jerónimo 12099	Río Santiago 12158	Atoyac (DGE) 12161
Hp [mm]	87	312	94.5	22	122

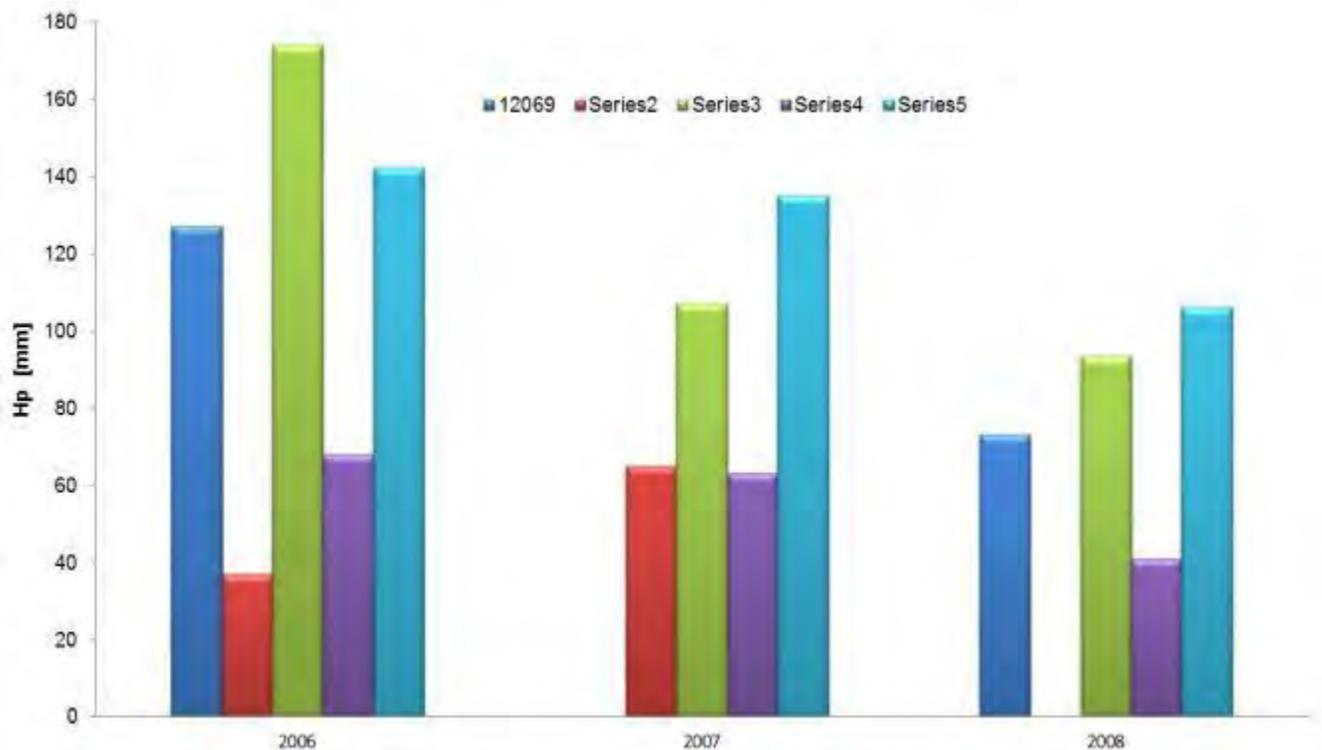
Hp [mm]	189	24	124.5	53	228.5
----------------	------------	-----------	--------------	-----------	--------------

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.3.2.6 Caracterización climatológica para el periodo 2006-2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Atoyac.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE IV de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 17. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE IV INEGI en la cuenca del Río Atoyac.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 2006 es en donde se obtienen las mayores precipitaciones en la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año.

TABLA.....

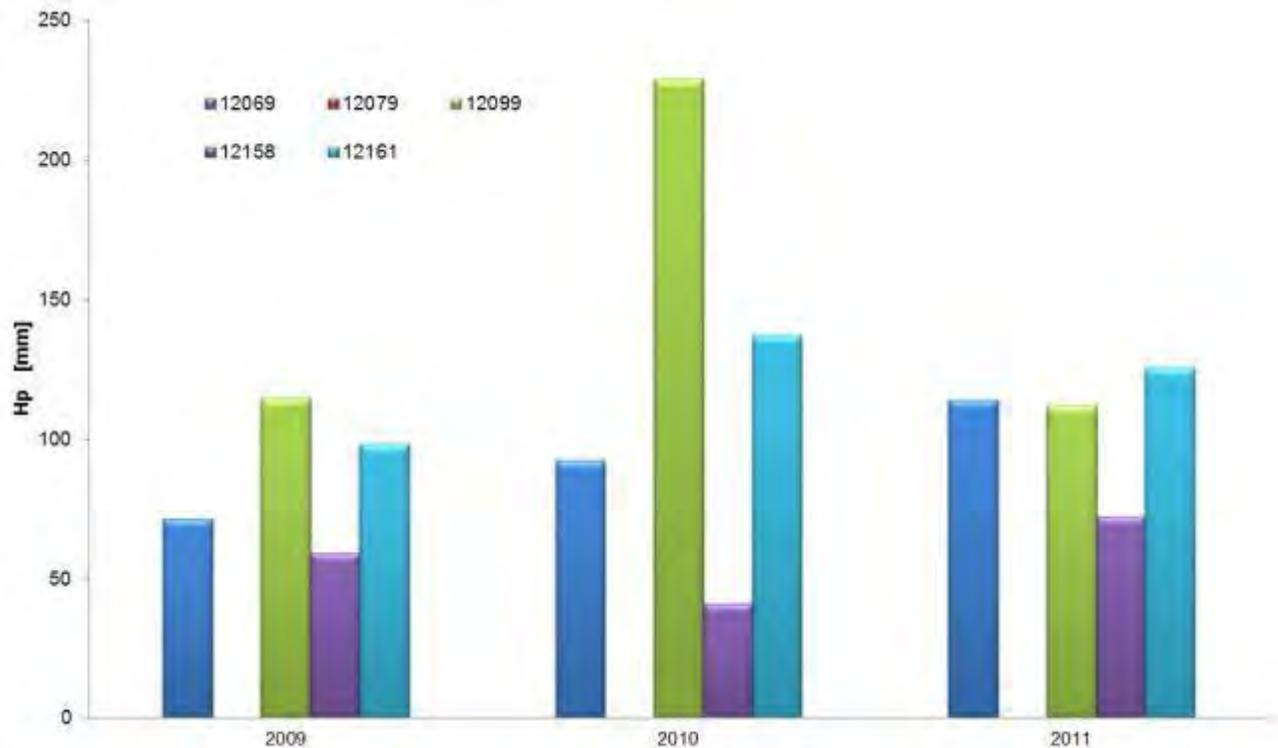
ID Estación	Sn Juan de las Flores 12069	Santo Domingo 12076	San Jerónimo 12099	Río Santiago 12158	Atoyac (DGE) 12161
Hp [mm]	127	37	174	68	142.3

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.3.2.7 Caracterización climatológica para el periodo 2009-2011. Serie V
INEGI en la cuenca del río Atoyac.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE V de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 18. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE V INEGI en la cuenca del Río Atoyac.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 2009 es en donde se obtienen las mayores precipitaciones en la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año. Lamentablemente para este periodo la escasez de registros en las estaciones es considerable, ya que solo la estación 12223 tiene registros para el 2011, las demás solo hasta 2010.

Tabla...

ID Estación	Sn Juan de las Flores 12069	Santo Domingo 12076	San Jerónimo 12099	Río Santiago 12158	Atoyac (DGE) 12161
Hp [mm]	92	ND	229	41	137

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.3.3 Información hidrométrica en la cuenca del río Atoyac.

En el río Atoyac se localiza la estación hidrométrica San Jerónimo, en la siguiente figura se muestra su localización geográfica dentro de la cuenca.

FIGURA 20. Hidrométricas en la Cuenca del Río Atoyac.



FUENTE: Elaboración propia en base a la publicación hidrométricas de CONAGUA y apoyo de Google Earth

En la siguiente tabla se muestran los registros hidrométricos en la estación San Jerónimo.

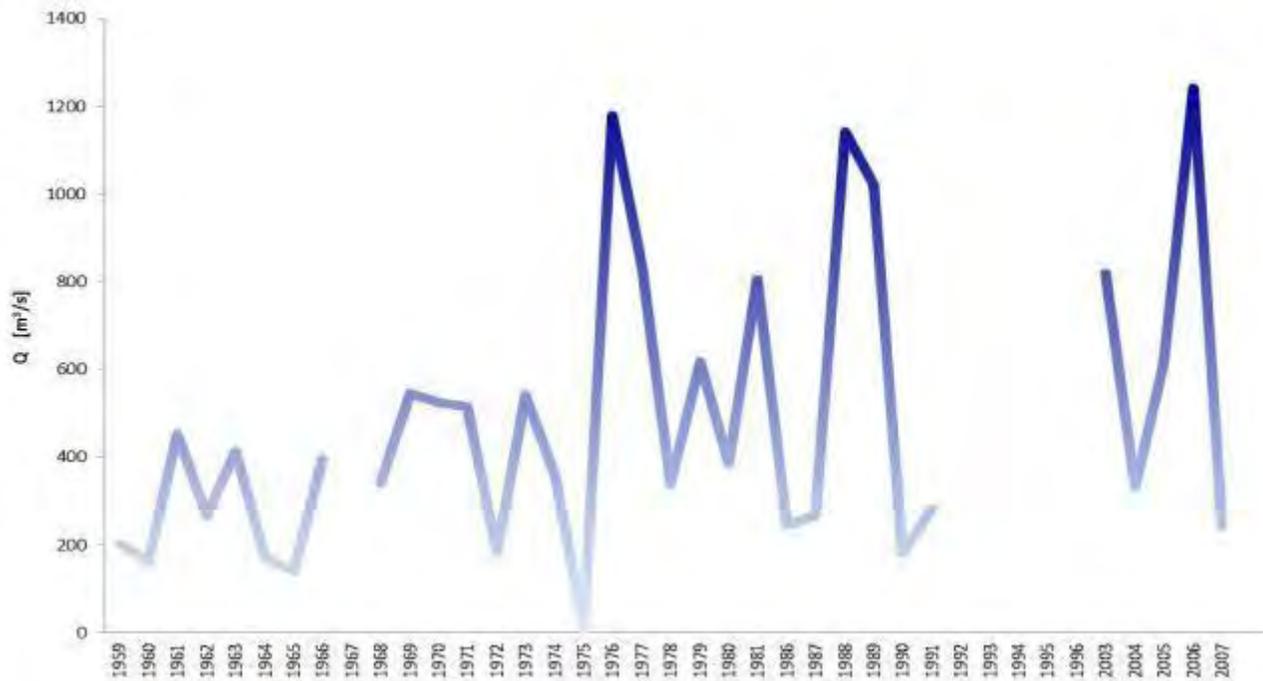
Tabla 22. Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 19013.

AÑO	19013 SAN JERÓNIMO
1959	201.60
1960	162.65
1961	452.00
1962	268.00
1963	413.75
1964	171.65
1965	140.60
1966	394.50
1967	
1968	341.50
1969	545.13
1970	526.00
1971	515.80
1972	183.00
1973	540.00
1974	357.62
1975	8.28
1976	1180.00
1977	837.00
1978	340.00
1979	618.00
1980	386.19
1981	805.00
1986	243.61
1987	270.34
1988	1142.07
1989	1020.64
1990	181.04
1991	283.67
1992	
1993	
1994	
1995	
1996	
2003	820.63
2004	332.12
2005	615.40
2006	1243.13
2007	240.90

FUENTE BANDAS

A continuación en el siguiente gráfico se muestran los máximos anuales, únicamente de la estación 19013.

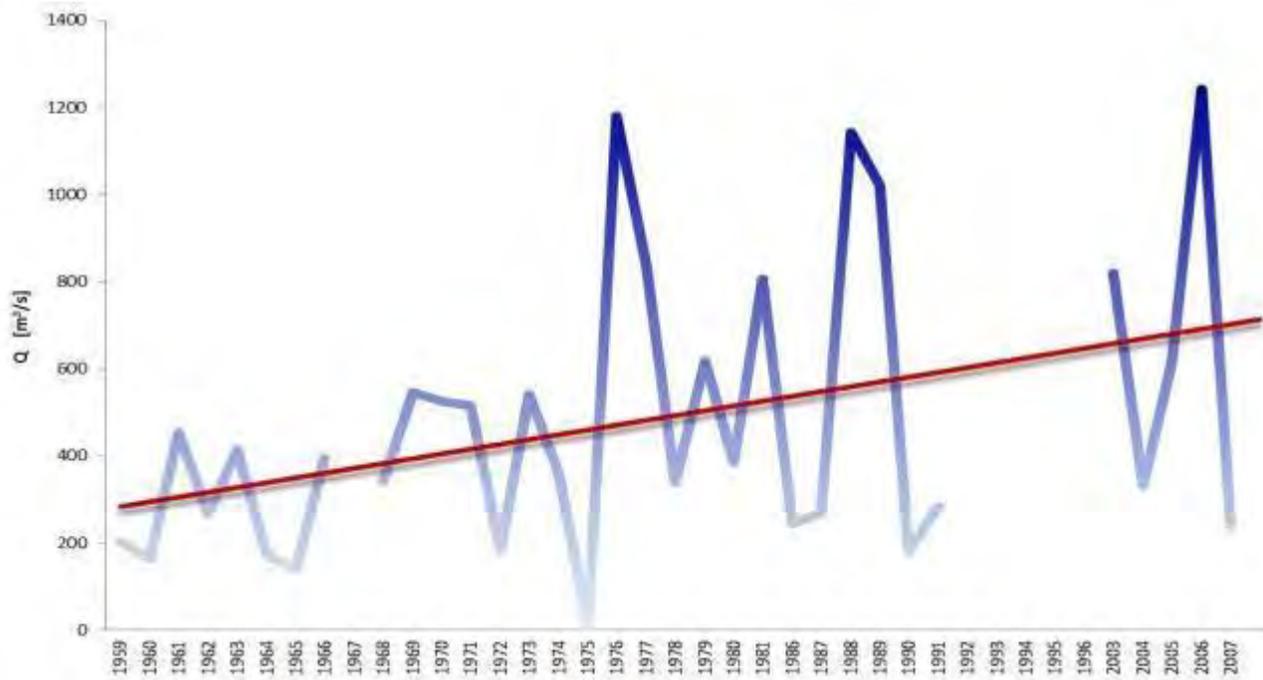
GRAFICA 19. Ecurrimientos máximos anuales en la cuenca del Río Atoyac.



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

A continuación se muestra la tendencia en los escurrimientos máximos anuales registrados en la estación hidrométrica

GRAFICA 20. Esgurrimientos máximos anuales y tendencia en la cuenca del Río Atoyac.



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

6.3.3.1 Caracterización hidrométrica para el periodo 1971-1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Atoyac.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 19013, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE I de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 21. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE I INEGI en la cuenca del Río Atoyac.



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

Para este periodo el año 1984 es en donde se obtiene el mayor escurrimiento en la cuenca, éste coincide con el año en que se presentaron las mayores precipitaciones pluviales.

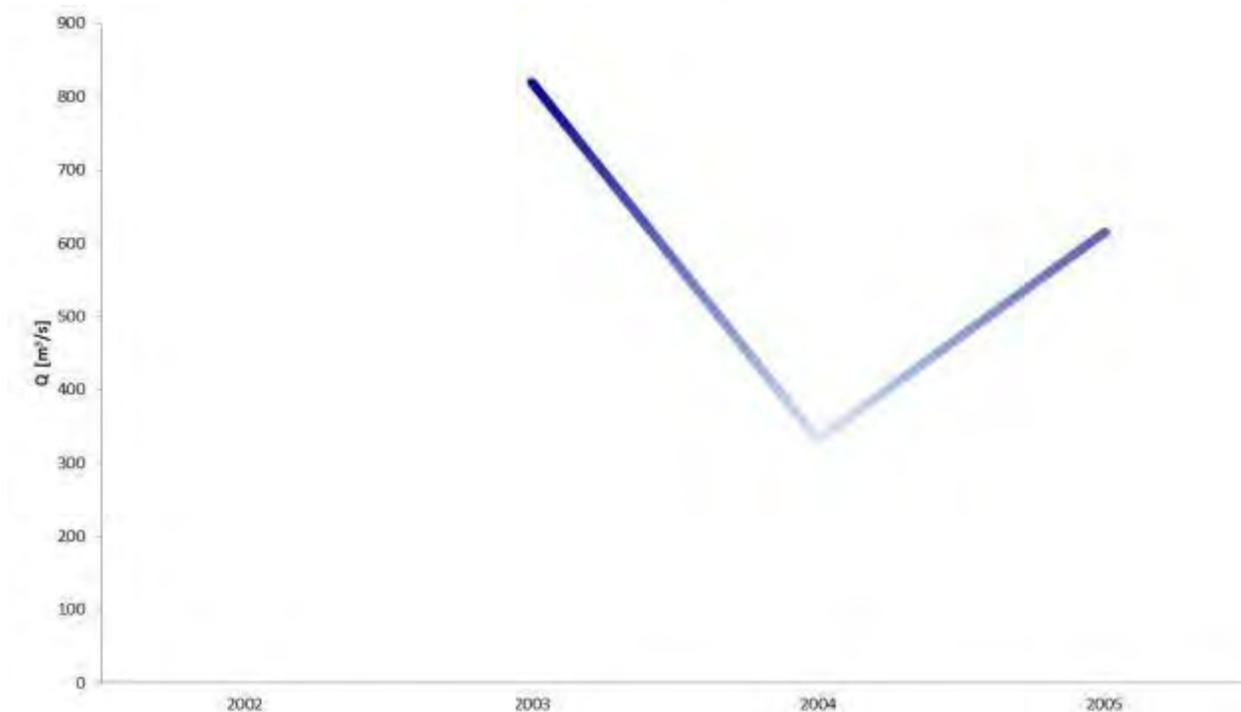
6.3.3.2 Caracterización hidrométrica para el periodo 1993-1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Atoyac.

Para éste caso la estación no presenta dato en ninguno de los años, por lo que no es posible realizar análisis.

6.3.3.3 Caracterización hidrométrica para el periodo 1999-2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Atoyac.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 19013, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE III de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 22. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE III INEGI en la cuenca del Río Atoyac.



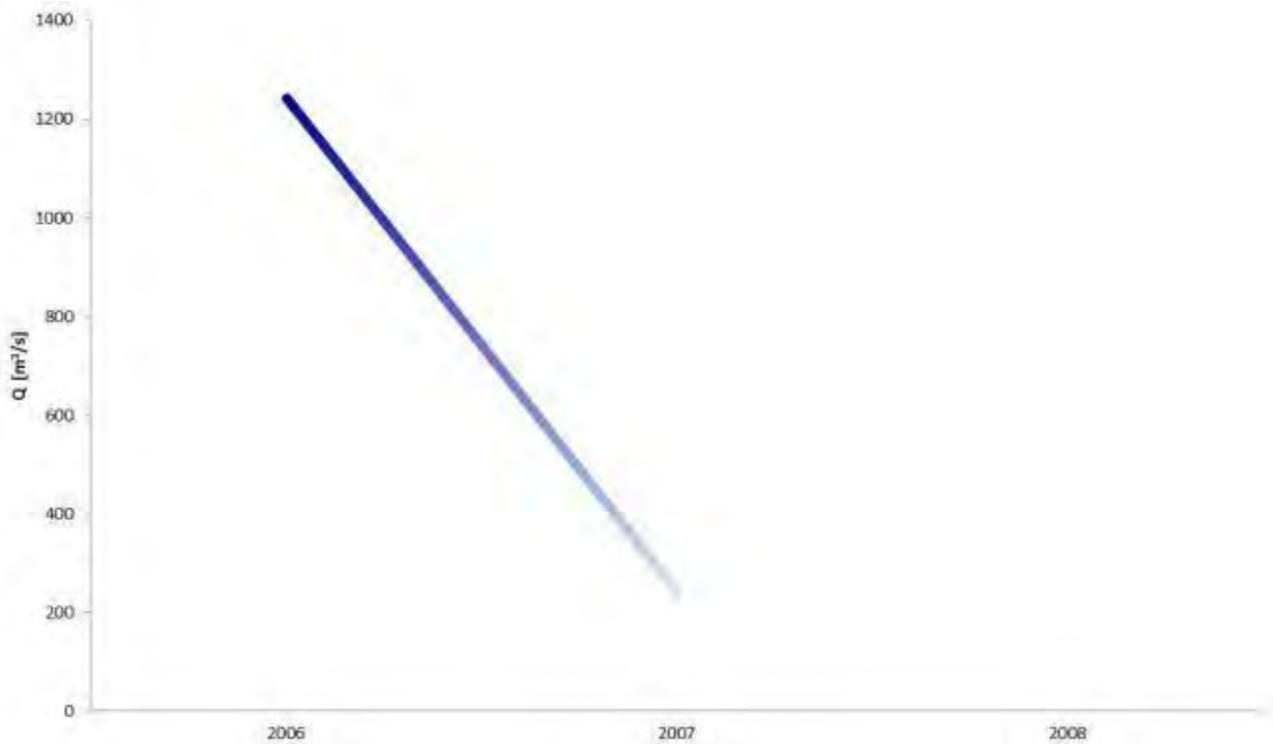
FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

En este periodo solo hace falta registro para el año 2002. En el año 2003 es donde se presenta el escurrimiento máximo para este periodo siendo el caudal de 820.61 m³/s.

6.3.3.4 Caracterización hidrométrica para el periodo 2006-2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Atoyac.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 19013, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE IV de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 23. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE IV INEGI en la cuenca del Río Atoyac.



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

Para este periodo ya no existe registro para el año 2008, por lo que en el año 2006 es donde se presenta el caudal máximo para este periodo, el caudal es de 1,243.13 m³/s.

6.3.3.5 Caracterización hidrométrica para el periodo 2009-2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Atoyac.

Lamentablemente para este periodo la estación hidrométrica no cuenta con registro para ninguno de los años.

6.4 Información climatológica e hidrométrica en la Cuenca del Río Técpán.

6.4.1 Información climatológica en la cuenca del río Técpán.

En la zona de estudio se identificaron 6 estaciones climatológicas que por su ubicación son utilizables para los cálculos del presente trabajo.

En la siguiente tabla se presentan la clave y el nombre de las estaciones climatológicas localizadas en la zona de estudio:

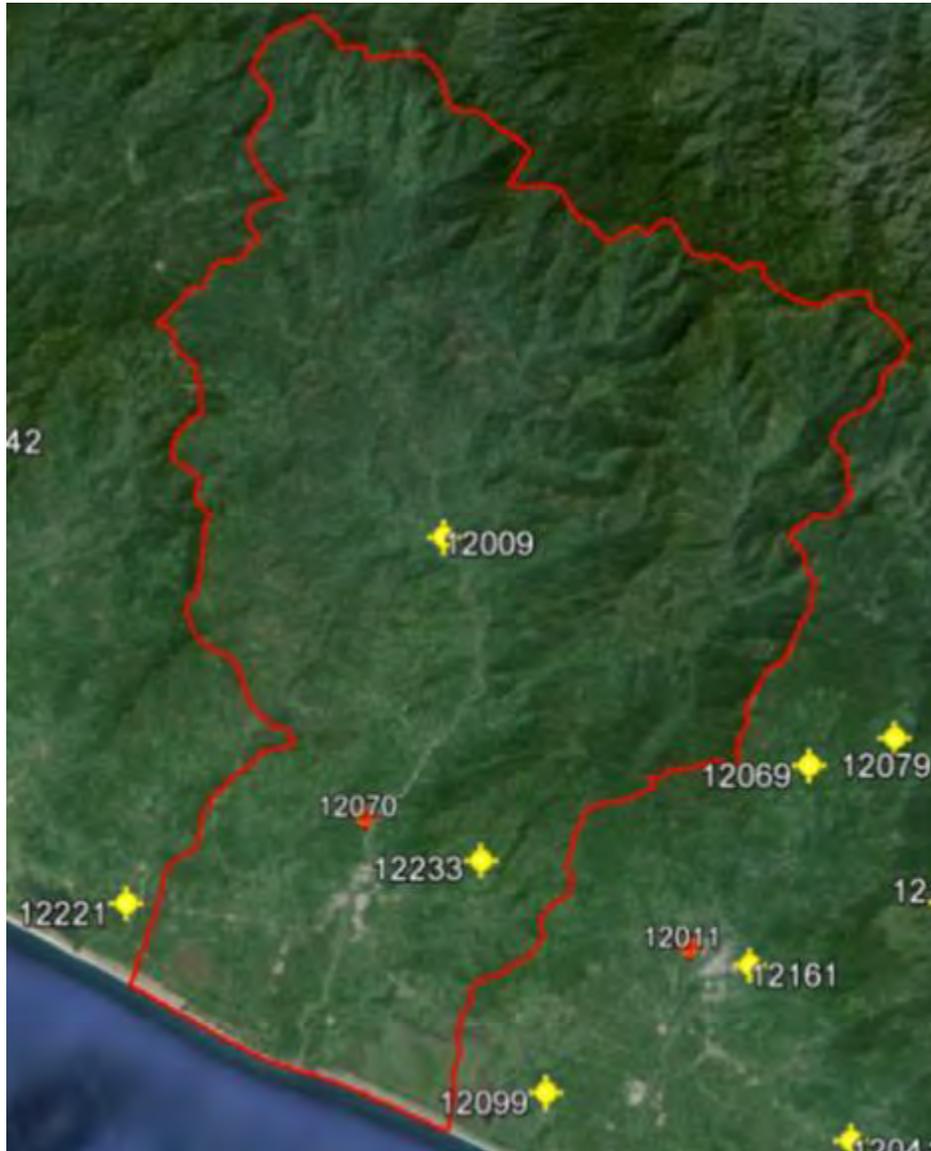
Tabla 23. Estaciones climatológicas en la zona de estudio

#	NOMBRE
12009	Arroyo Frío
12042	Gloria Escondida
12069	San Juan de las Flores
12070	San Luis San Pedro
12221	Laguna Nuxco
12233	Técpán

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

En la siguiente figura se muestra la localización geográfica de las estaciones climatológicas identificadas que tienen influencia dentro de la zona de estudio.

FIGURA 21. Estaciones climatológicas en la Cuenca del Río Técpan.



FUENTE: Elaboración INECC con base a la Red de Estaciones Climatológicas de la CONAGUA.

Las estaciones que se encuentran en color rojo, indican que han dejado de operar, sus registros son cortos o en el mejor de los casos poseen un periodo mayor a 20 años pero no están actualizados, careciendo de registros de fechas cercanas al año 2000 a la actualidad, por lo que la estación 12070 queda eliminada.

6.4.1.1 Selección de estaciones climatológicas en la cuenca del Río TÉCPAN

Para cumplir la segunda condición del periodo de registro y su continuidad, en la siguiente tabla se muestran los registros de las precipitaciones pluviales máximas en 24 hrs en cada una de las estaciones en operación.

Tabla 24. Lluvia máxima en 24 horas en la zona de estudio

AÑO	ID Estación climatológica					
	12009	12069	12070	12042	12221	12233
1954			192.5			
1955			317			
1956			62.5			
1957			160			
1958			80			
1959			80			
1960			140			
1961			327			
1962			156			
1963			100			
1964			86			
1965	60		31.7	60		
1966	86	75	129	100.2		
1967	76	313	250	190		
1968	65	98	114	105		
1969	76	72	100	100		
1970	75	110	74	20		
1971	88	175	70	59		
1972	95	183	77	80		
1973	95.5	248	210	202		
1974	100	93	200	185.5		
1975	86	82	150	90.5		
1976	91	118	300	109		
1977	58	84	55	40		
1978	80	75	88	117		
1979	100.7	85	119	70		
1980	80	105	117.5	60		
1981	83	105	78.5	120.7		
1982	101	83	57	73.7	55.3	
1983	95	61.5	103	65.4	110	109.9
1984	237	325	250	195	250	331.6
1985	66	56	62	78.2	73	136.3
1986	48.9	108	33.5	9	44	80.3
1987	50	160.5	56.2	35	30	60.5
1988	100	130	90.5	181.8	156	123.5
1989	80.3	83.5		289.4	299	200
1990	60	87.5		124	90	138.5
1991	40	106	37.3	98.5	60	93.9
1992	123	69.5	111	73.5	100	89.3
1993	80	200	221.5	228.5	158	194
1994	42	76		66.5	62	64.2
1995	60	83		40	72	99
1996	80	147		50	187	181.4
1997	60.7	87		115	126	95.3
1998	120	129		171.5	130	173
1999	145.3	211		31.5	183	197.7
2000	120	88		22	90	140.7
2001	80.2	60		9	45	80.5
2002	80	120		0	135	169.3
2003	80.5	90.4		26.1	130	114.6
2004	90.3	80		40	65	85
2005	30	189		40	119	206.5
2006	40	127			95	150.2
2007	8			85		58.5
2008	60	73		100	80	81
2009	35	71.3		108	60	32.7
2010	50	92		168.5	135	100.3
2011	55	114		124	140	80.7

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

Por lo que las estaciones climatológicas que se utilizaron para el análisis de la cuenca del Río Técpan son las siguientes:

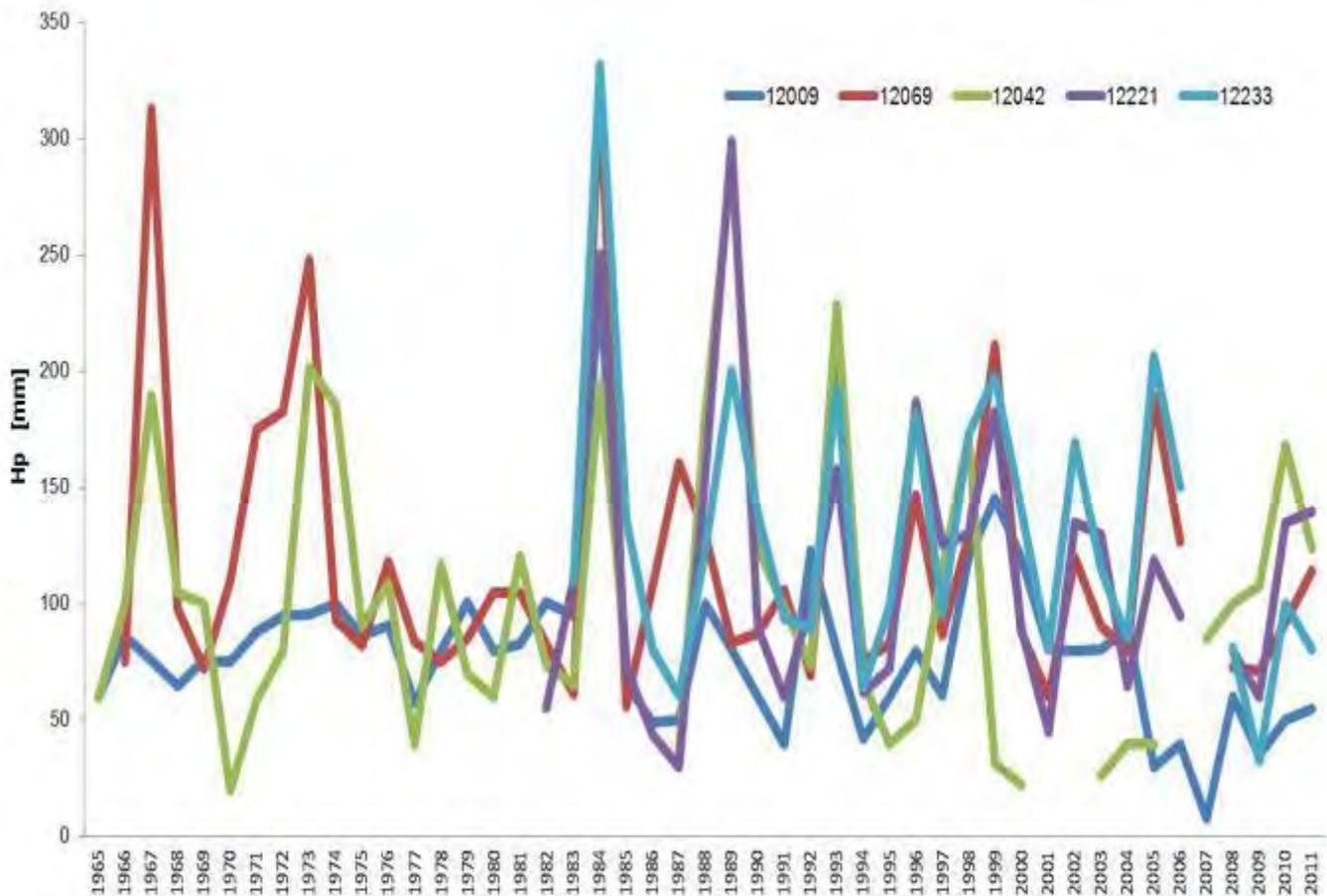
Tabla 25. Estaciones climatológicas seleccionadas para la cuenca del Río Técpán

#	NOMBRE	#	NOMBRE
12009	Arroyo Frío	12221	Laguna de Nuxco
12069	San Juan de las Flores	12233	Técpán

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

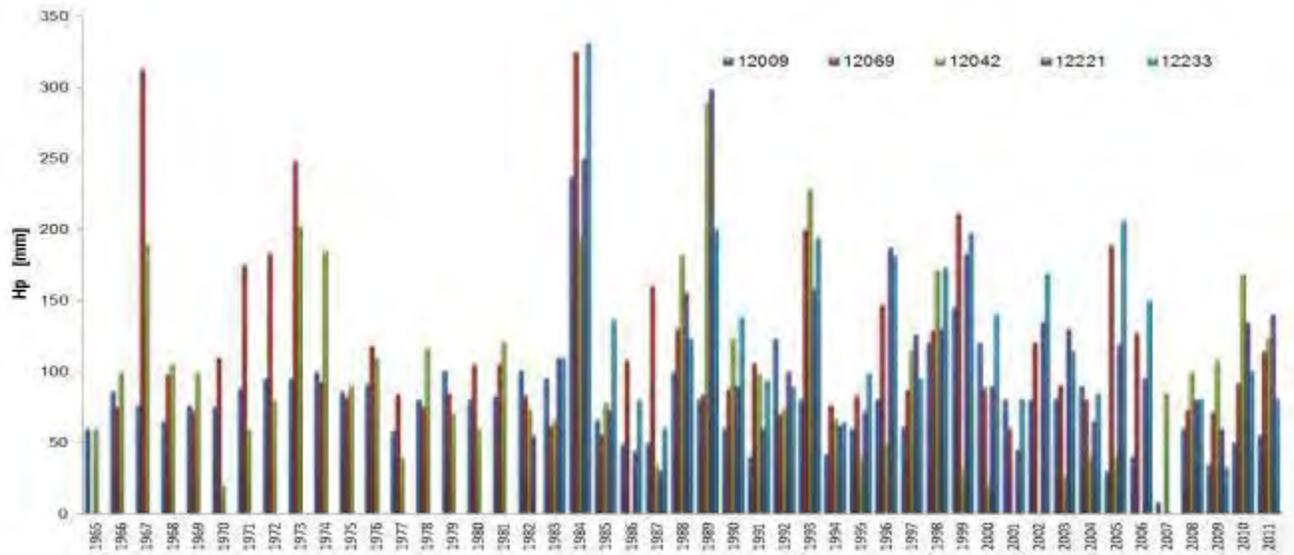
A continuación se presenta el gráfico de las precipitaciones máximas históricas en cada una de las estaciones climatológicas seleccionadas, se presentan en dos tipos de gráficos, en líneas y en barras con la finalidad de tener un mejor entendimiento del comportamiento.

GRAFICA 24. Precipitaciones máximas anuales en cada una de las estaciones climatológicas en la cuenca del Río Técpán (líneas).



FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

GRAFICA 25. Precipitaciones máximas anuales en cada una de las estaciones climatológicas en la cuenca del Río Técpán (barras).

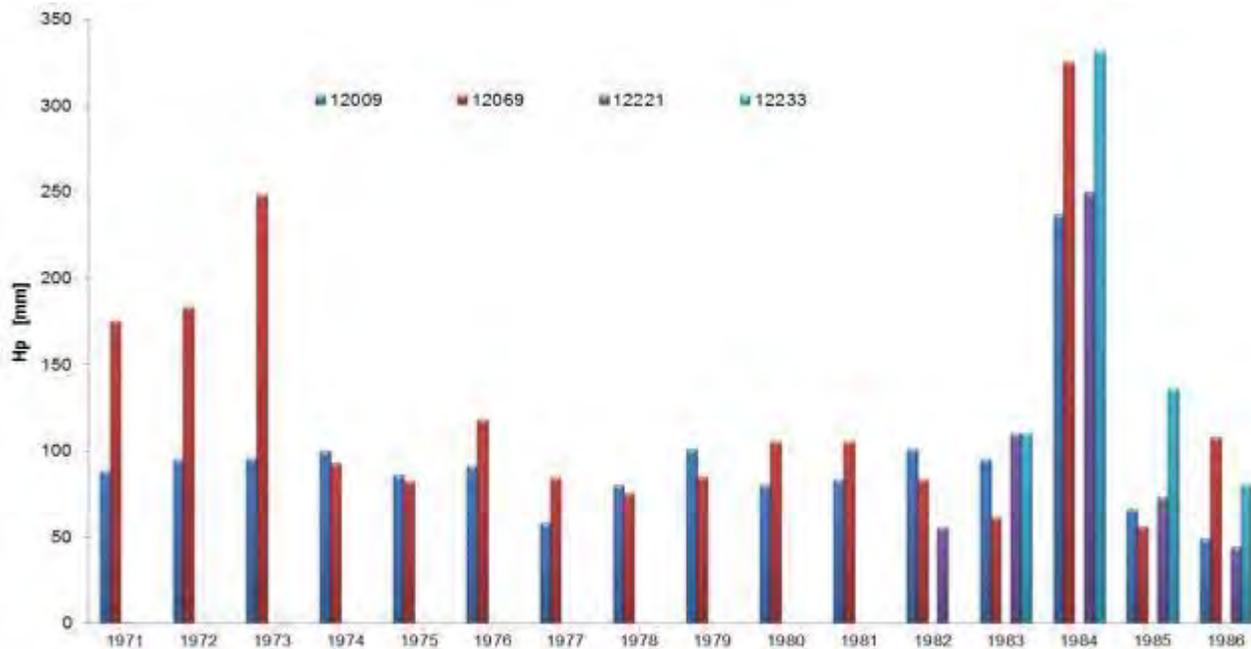


FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.4.1.2 Caracterización climatológica para el periodo 1971-1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Técpán.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE I de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 26. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE I INEGI en la cuenca del Río Técpán.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 1984 es donde se obtienen las mayores precipitaciones en la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año.

Tabla.....

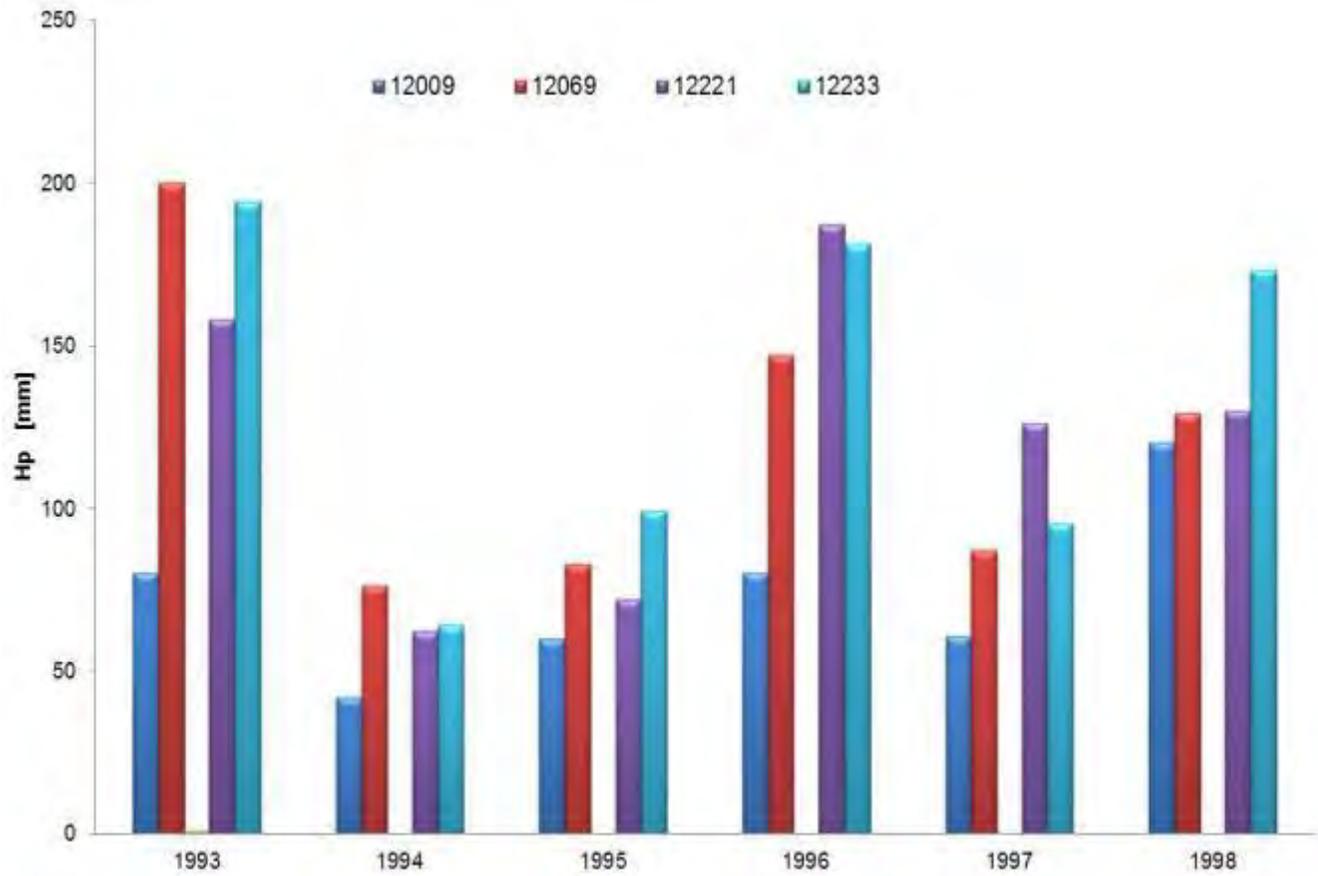
ID Estación	Arroyo Frío 12009	Sn Juan de las Flores 12069	Laguna de Nuxco 12221	Técpan 12233
Hp [mm]	237	325	250	331.6

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.4.1.3 Caracterización climatológica para el periodo 1993-1998. Serie II INEGI en la cuenca del rio Técpan.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE II de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 27. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE II INEGI en la cuenca del Río Técpan.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 1993 es en donde se obtienen las mayores precipitaciones en la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año.

Tabla....

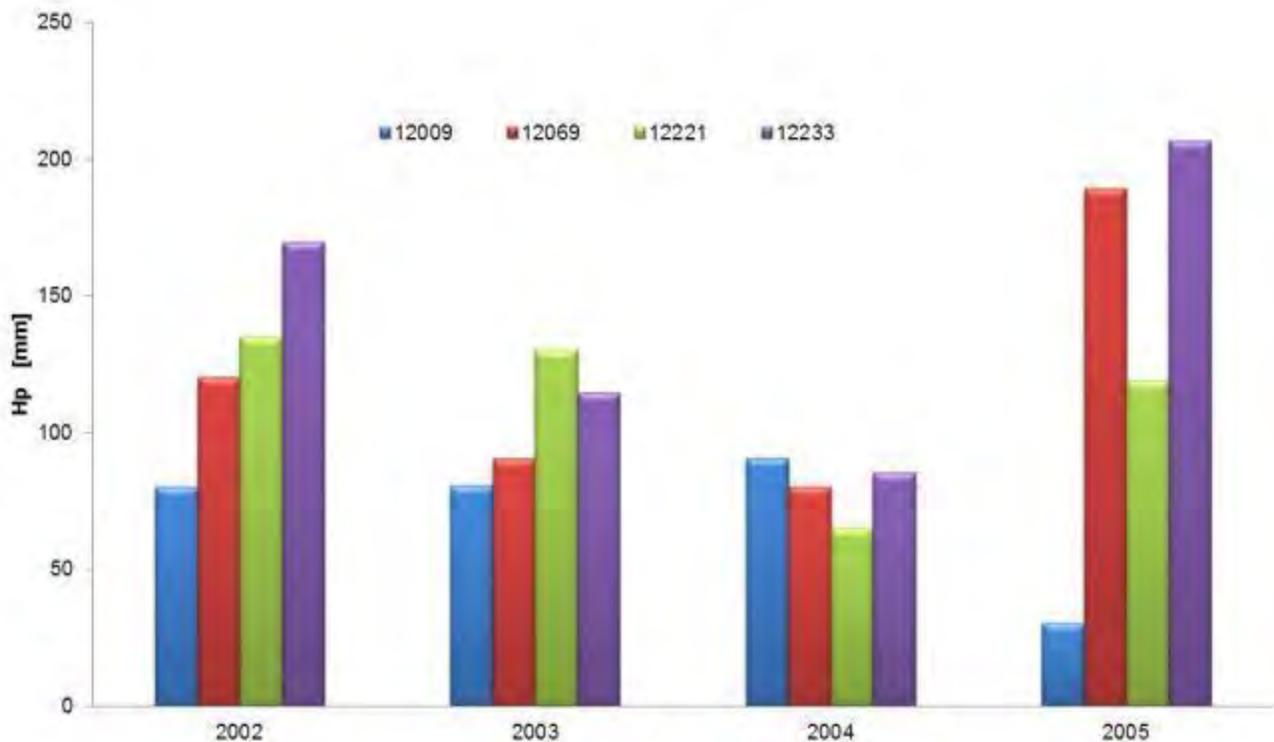
ID Estación	Arroyo Frío 12009	Sn Juan de las Flores 12069	Laguna de Nuxco 12221	Técpán 12233
Hp [mm]	80	200	158	194

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.4.1.4 Caracterización climatológica para el periodo 1999-2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Técpán.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE III de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 28. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE III INEGI en la cuenca del Río Técpán.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 2005 es en donde se obtienen las mayores precipitaciones en la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año

Tabla,

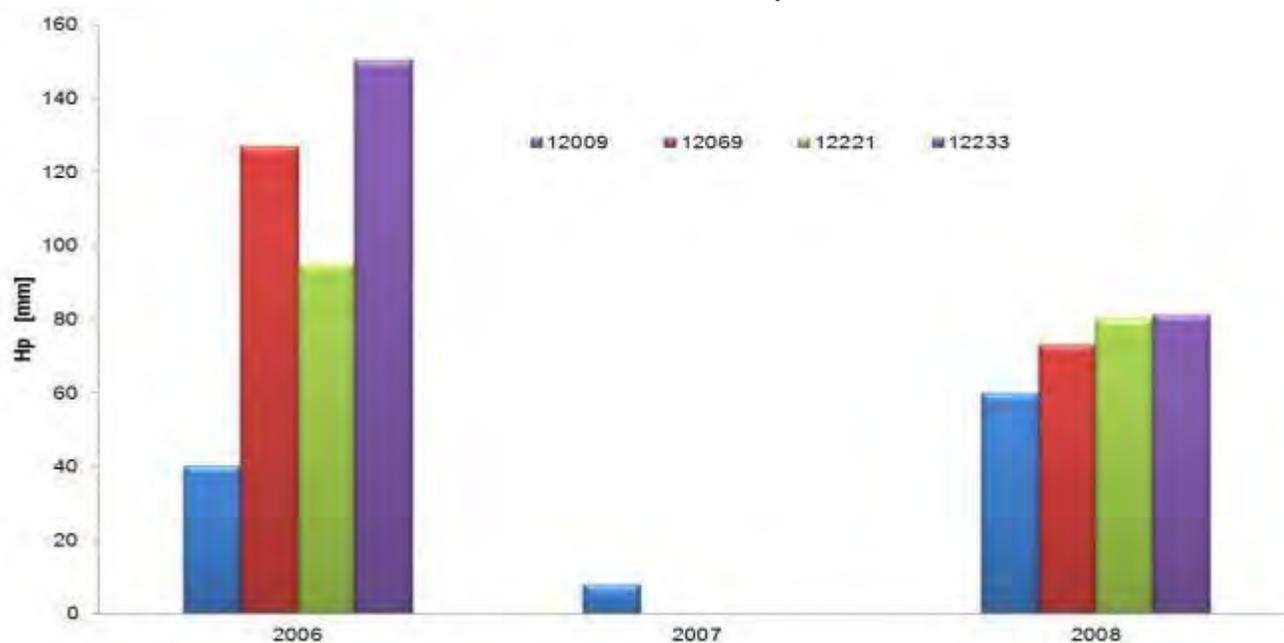
ID Estación	Arroyo Frío 12009	Sn Juan de las Flores 12069	Laguna de Nuxco 12221	Técpan 12233
Hp [mm]	30	189	119	206.5

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.4.1.5 Caracterización climática para el periodo 2006-2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Técpan.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE IV de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 29. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE IV INEGI en la cuenca del Río Técpan.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 2006 es en donde se obtienen las mayores precipitaciones en la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año.

Tabla....

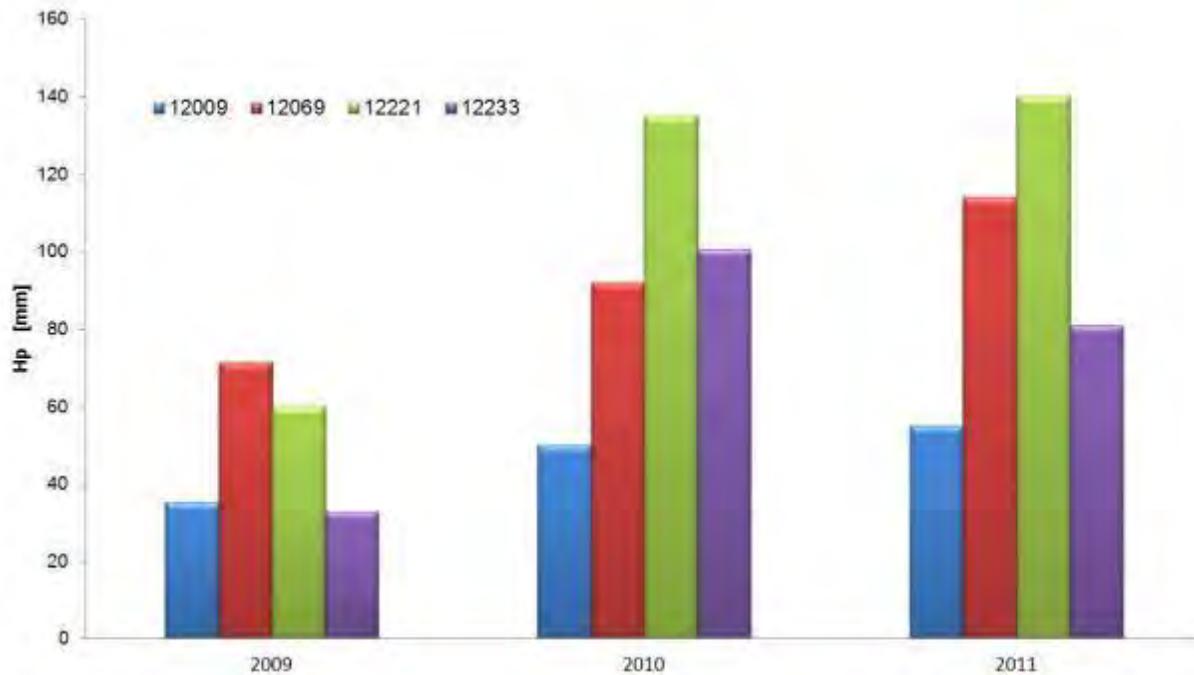
ID Estación	Arroyo Frío 12009	Sn Juan de las Flores 12069	Laguna de Nuxco 12221	Técpan 12233
Hp [mm]	40	127	95	150.2

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

*6.4.1.6 Caracterización climatológica para el periodo 2009-2011. Serie V
INEGI en la cuenca del río Técpán.*

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE V de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 30. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE V INEGI en la cuenca del Río Técpán.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 2011 es en donde se obtienen las mayores precipitaciones en la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año.

Tabla.....

ID Estación	Arroyo Frío 12009	Sn Juan de las Flores 12069	Laguna de Nuxco 12221	Técpán 12233
Hp [mm]	55	114	140	80.7

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.4.2 Información hidrométrica en la cuenca del río Técpán.

En el río Técpán se localiza la estación hidrométrica Técpán, en la siguiente figura se muestra su localización geográfica dentro de la cuenca.

FIGURA 22. Hidrométricas en la Cuenca del Río Técpán.



FUENTE: Elaboración propia en base a la publicación hidrométricas de CONAGUA y apoyo de Google Earth

En la siguiente tabla se muestran los registros hidrométricos en la estación Técpán

Tabla 26. Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 19005.

AÑO	19005 TÉCPAN
1953	278.60
1954	
1955	
1956	1,105.60
1957	
1958	755.00
1959	745.83
1960	599.99
1961	
1962	
1963	963.60
1964	568.38
1965	518.30
1966	459.37
1967	3,549.99
1968	405.93
1969	1.09
1970	1.06
1971	1.09
1972	1.08
1973	1.26
1974	1.14
1975	988.60
1976	4,760.00
1977	405.00
1978	505.50
1979	1,060.67
1980	367.50
1981	1,920.00
1982	455.00
1983	533.11
1984	3,706.00
1985	621.57
1986	407.58
1987	1,005.00
1988	1,428.00
1989	1,874.30
1990	278.10
1991	1,737.00
1992	
1993	2,866.00
1994	1,573.50
1995	
1996	
1997	410.82
1998	
1999	
2000	
2001	259.42
2002	20,763.66
2003	4,234.80
2004	1,145.11
2005	16,203.57

FUENTE: BANDAS

En esta estación se detectaron que los datos para 1976, 2002 y 2005 estaban fuera de orden de los demás años, por lo que se verificaron en caudales diarios quedando los siguientes datos.

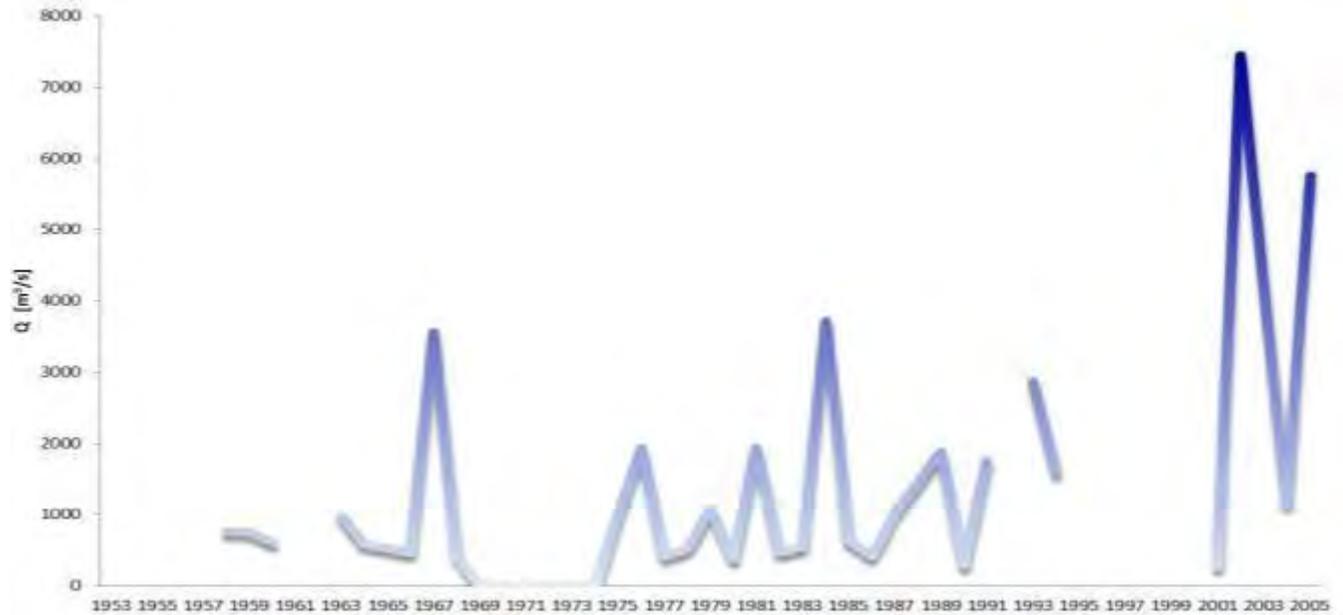
Tabla 27. Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 19005 (corregidos)

AÑO	19005 TÉCPAN
1953	278.60
1954	
1955	
1956	1,105.60
1957	
1958	755.00
1959	745.83
1960	599.99
1961	
1962	
1963	963.60
1964	568.38
1965	518.30
1966	459.37
1967	3,549.99
1968	405.93
1969	1.09
1970	1.06
1971	1.09
1972	1.08
1973	1.26
1974	1.14
1975	988.60
1976	1,921.63
1977	405.00
1978	505.50
1979	1,060.67
1980	367.50
1981	1,920.00
1982	455.00
1983	533.11
1984	3,706.00
1985	621.57
1986	407.58
1987	1,005.00
1988	1,428.00
1989	1,874.30
1990	278.10
1991	1,737.00
1992	
1993	2,866.00
1994	1,573.50
1995	
1996	
1997	410.82
1998	
1999	
2000	
2001	259.42
2002	7,454.41
2003	4,234.80
2004	1,145.11
2005	5,757.80

FUENTE BANDAS

A continuación en el siguiente gráfico se muestran los máximos anuales, únicamente de la estación 19005.

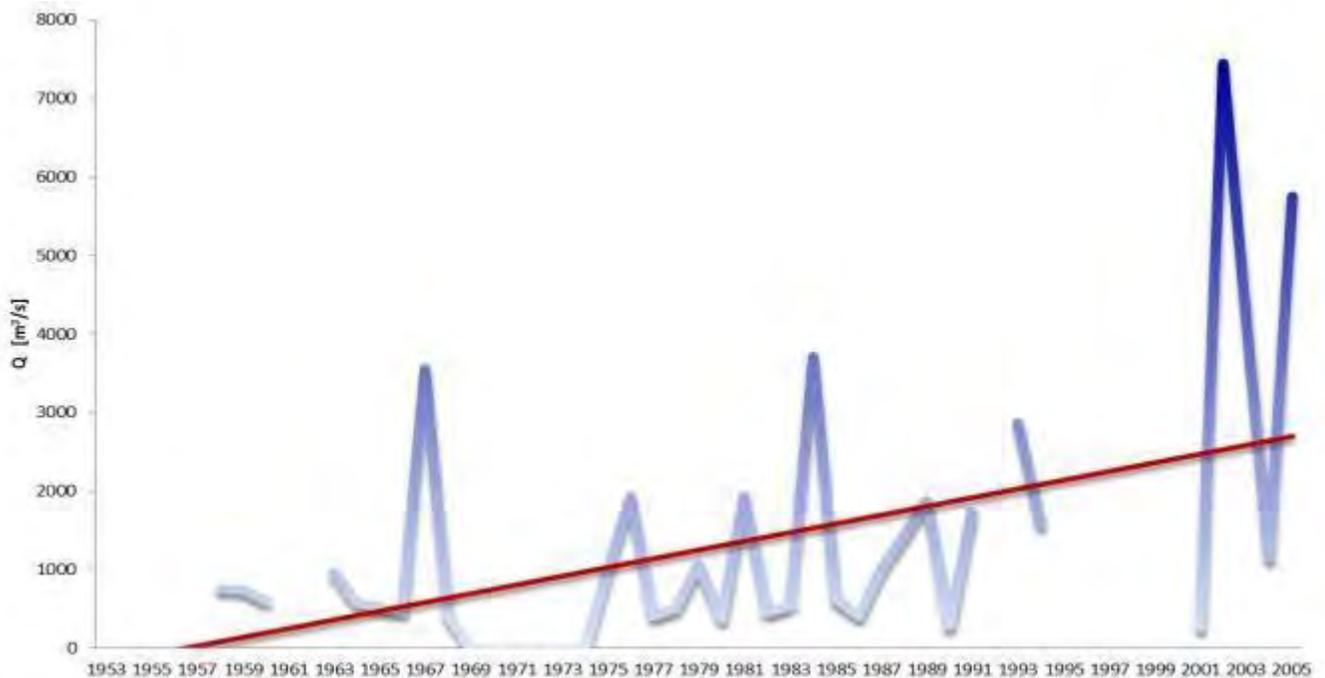
GRAFICA 31. Ecurrimientos máximos anuales en la cuenca del Río Técpán.



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

A continuación se muestra la tendencia en los escurrimientos máximos anuales registrados en la estación hidrométrica.

GRAFICA 32. Ecurrimientos máximos anuales y tendencia en la cuenca del Río Técpán.



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

6.4.2.1 Caracterización hidrométrica para el periodo 1971-1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Técpan.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 19005, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE I de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 33. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE I INEGI en la cuenca del Río Técpan.



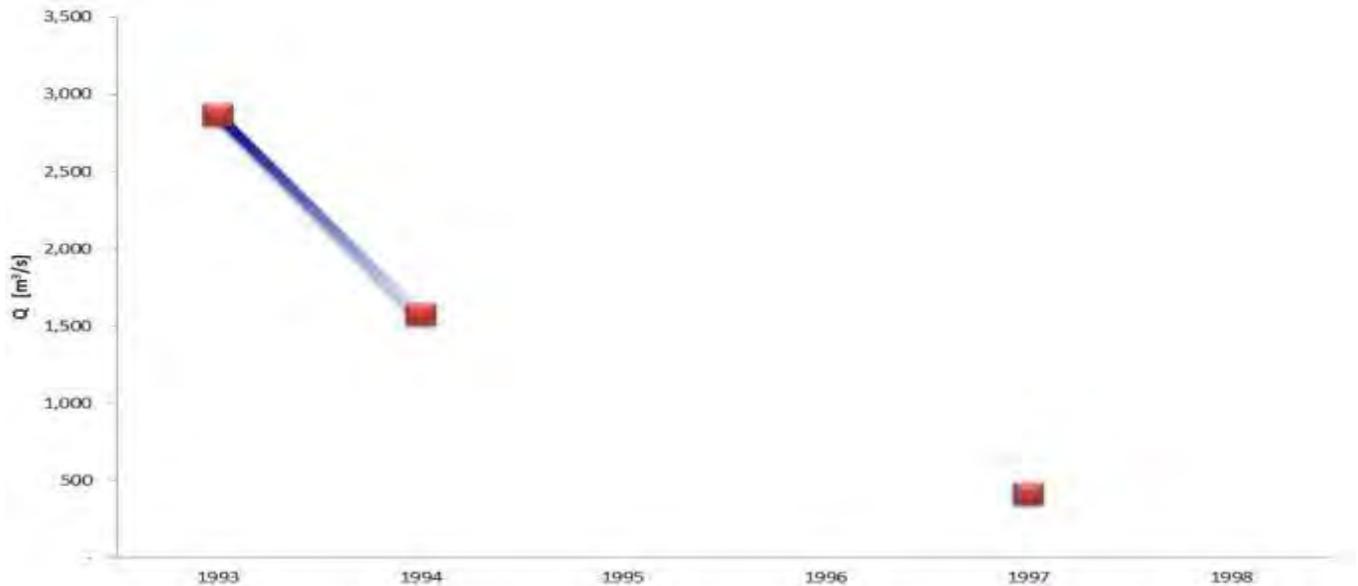
FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

Para este periodo el año 1984 es en donde se obtiene el mayor escurrimiento en la cuenca, éste coincide con el año en que se presentaron las mayores precipitaciones pluviales. De no haber verificado el dato de 1976, éste año habría sido el año con el mayor escurrimiento, esto modificaría la correlación que hasta ahora ha existido entre las cuencas anteriores.

6.4.2.2 Caracterización hidrométrica para el periodo 1993-1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Técpán.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 19005, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE II de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 34. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE II INEGI en la cuenca del Río Técpán.



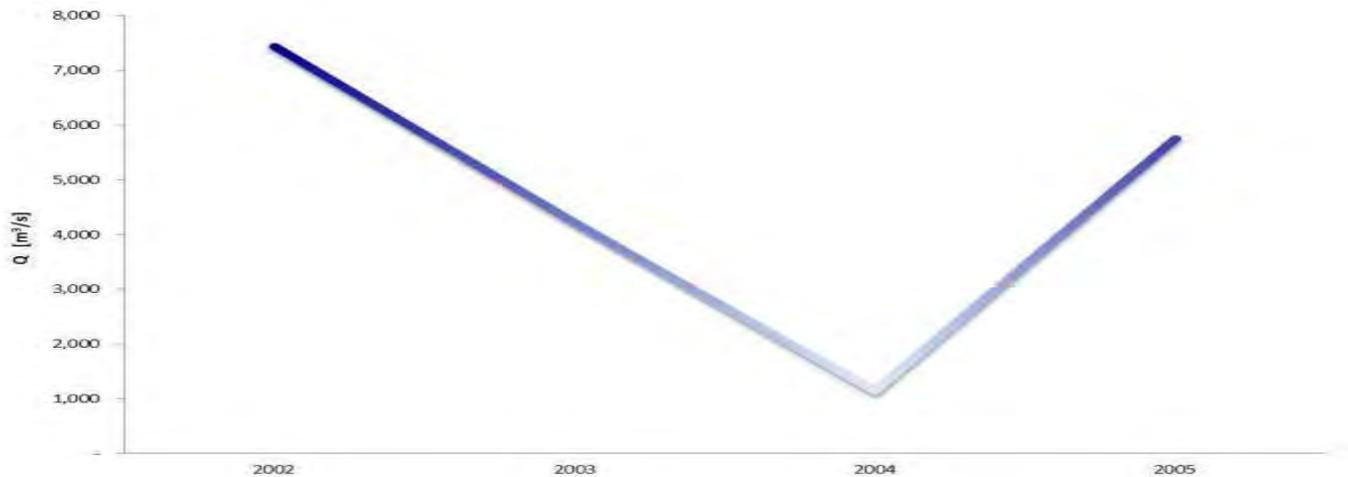
FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

Lamentablemente para este periodo solo se cuenta con tres años de registro de los 6 años.

6.4.2.3 Caracterización hidrométrica para el periodo 1999-2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Técpan.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 19005, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE III de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 35. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE III INEGI en la cuenca del Río Técpan.



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

En el año 2002 es donde se presenta el escurrimiento máximo para este periodo siendo el caudal de 7,457 m³/s.

6.4.2.4 Caracterización hidrométrica para el periodo 2006-2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Técpan.

Lamentablemente para este periodo la estación hidrométrica no cuenta con registro en ninguno de los años.

6.4.2.5 Caracterización hidrométrica para el periodo 2009-2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Técpan.

Lamentablemente para este periodo la estación hidrométrica no cuenta con registro en ninguno de los años.

6.5 Información climatológica e hidrométrica en la Cuenca del Río Coyoquilla.

6.5.1 Información climatológica en la cuenca del río Coyoquilla.

En la zona de estudio se identificaron 4 estaciones climatológicas que por su ubicación son utilizables para los cálculos del presente trabajo.

En la siguiente tabla se presentan la clave y el nombre de las estaciones climatológicas localizadas en la zona de estudio:

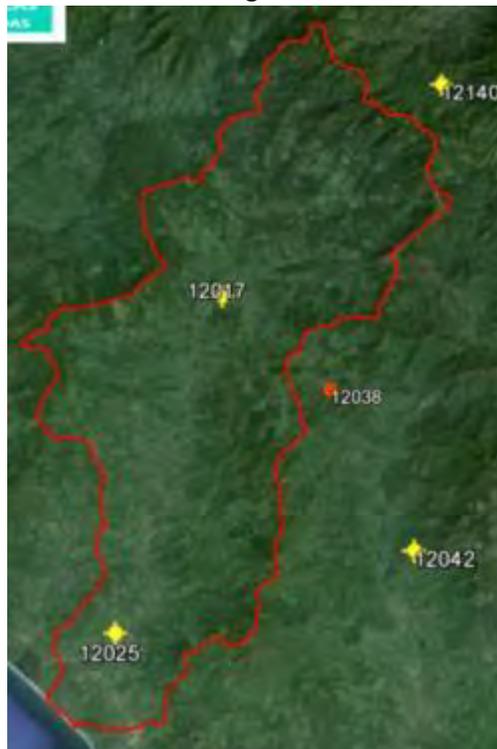
Tabla 28. Estaciones climatológicas para la cuenca del río Coyoquilla.

#	NOMBRE	#	NOMBRE
12017	Casa Viejas	12038	El Porvenir
12025	Coyoquilla	12140	San Antonio Tejas

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

En la siguiente figura se muestra la localización geográfica de las estaciones climatológicas identificadas que tienen influencia dentro de la zona de estudio.

FIGURA 23. Estaciones climatológicas en la Cuenca del Río Coyoquilla.



FUENTE: Elaboración INECC con base a la Red de Estaciones Climatológicas de la CONAGUA.

Las estaciones que se encuentran en color rojo, indican que han dejado de operar, sus registros son cortos o en el mejor de los casos poseen un periodo mayor a 20 años pero no están actualizados, careciendo de registros de fechas cercanas al año 2000 a la actualidad, por lo que la estación 12038 queda eliminada.

6.5.1.1 Selección de estaciones climatológicas en la cuenca del Río Presidio

Para cumplir la segunda condición del periodo de registro y su continuidad, en la siguiente tabla se muestran los registros de las precipitaciones pluviales máximas en 24 hrs en cada una de las estaciones en operación. **(REVISAR)**

Tabla 29. Lluvia máxima en 24 horas en la cuenca del Río Coyuquilla.

AÑO	ID Estación climatológica			
	84.5			
	124.5			
	207.5			
	169			
	80			
	84			
	94			
	99			
	211			
	103			41
	80			40
	110.5		76.5	42
	50		90	25
	67		90.5	80
	204		287	91
	42		113	82
	97	32.2	102	35
	86	30.5	93	
	67	67.5	120	
	75	88.5	56	60.5
	160	217.5	239	256
	100	99.5	117	141
	141.4	74	166	87
	295.5	280	234.5	320
	70.4	79	54	60
	98.3	98	106	109
	105	35.5	75.5	69.5
	134	40	86	92
	130	35	137	138
	132	62	60	47
	95	69	74.5	
	231		200	
	120	40	98	56
	142	138.4	82	129
	65.6	71	86.5	72
	175	40	193.5	193.5
	189.5	172.5	180	80
	120	60	77.5	50
	90.3	93.5	95.5	63
	149.7	155.5	80	113
	181.5	185.5	190	228.5
	38.8	43.5	33	83.3
	99	55	78.5	125
	201	50	165	82
	70.5	50		86.9
	171	80		122.5
	74.7	218		100.5
	115	122		
	93	162.5		49
	141.5	0		106.7
	67	0		54
	63	79		70.6
	126	0		76.3
	125.5	34.5		85.6
	91.5	48		69
	64	112.5		80.5
	130	47.5		67
	81.5	43.5		74.5
		65.5		

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

Por lo que las estaciones climatológicas que se utilizaron para el análisis de la cuenca del Río Sabana son las siguientes:

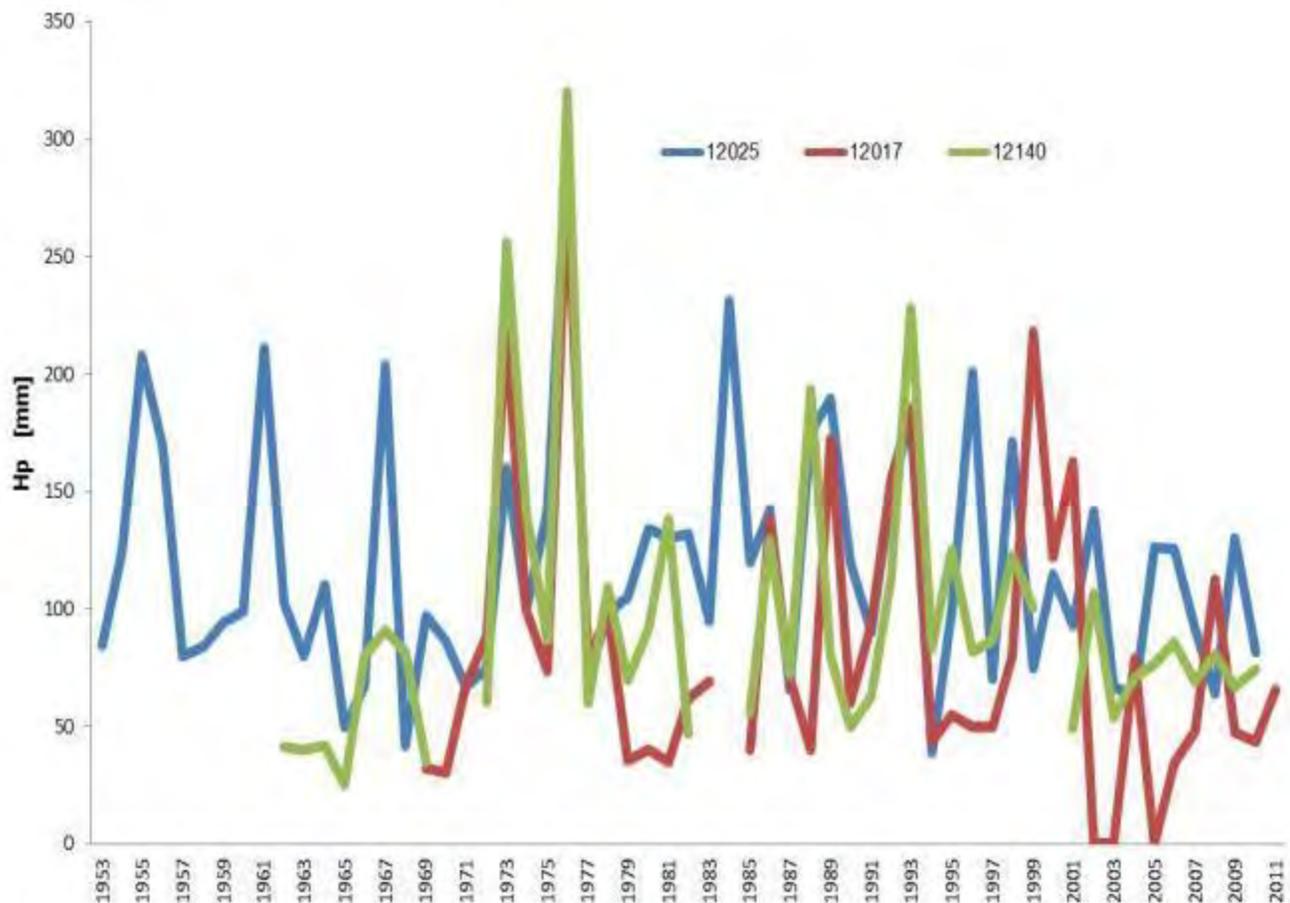
Tabla 30. Estaciones climatológicas seleccionadas para la cuenca del Río Coyuquilla.

#	NOMBRE	#	NOMBRE
12017	Casa Viejas	12140	San Antonio Tejas
12025	Coyuquilla		

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

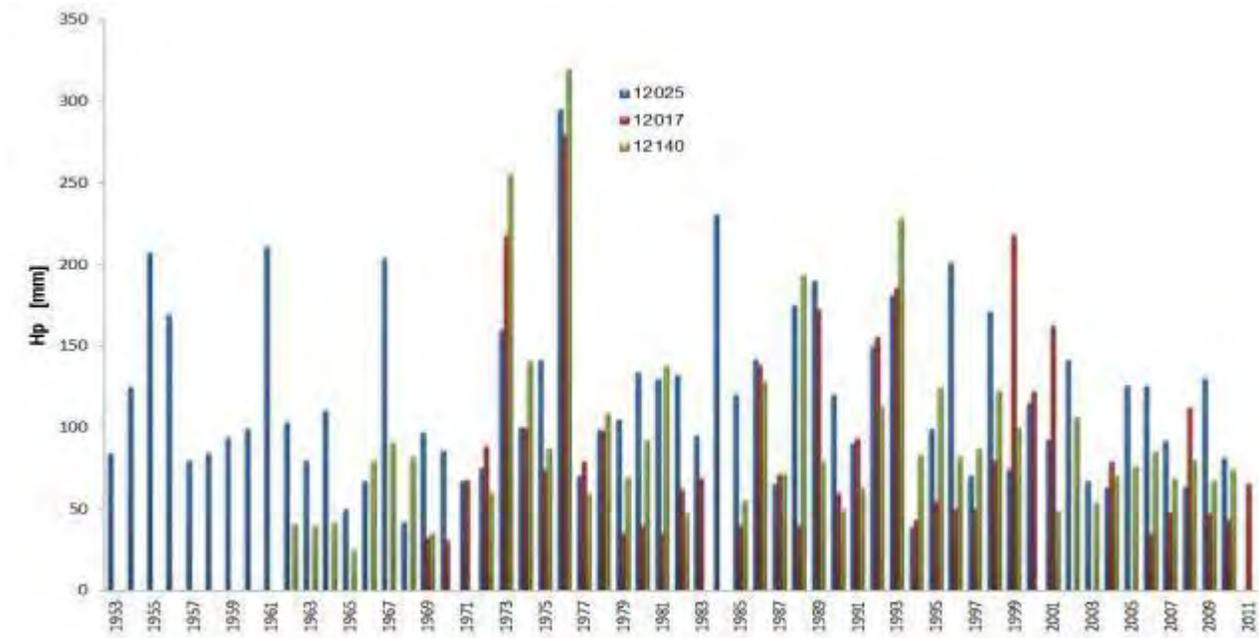
A continuación se presenta el gráfico de las precipitaciones máximas históricas en cada una de las estaciones climatológicas seleccionadas, se presentan en dos tipos de gráficos, en líneas y en barras con la finalidad de tener un mejor entendimiento del comportamiento.

GRAFICA 36. Precipitaciones máximas anuales en cada una de las estaciones climatológicas en la cuenca del Río Coyuquilla (líneas).



FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

GRAFICA 37. Precipitaciones máximas anuales en cada una de las estaciones climatológicas en la cuenca del Río Coyuquilla (barras).

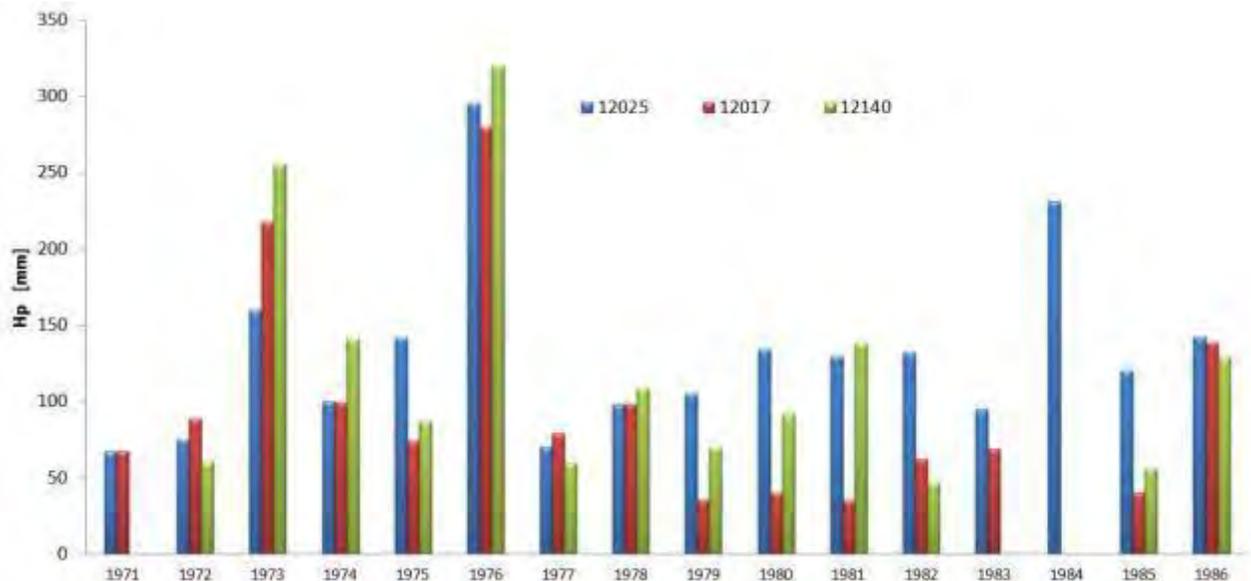


FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.5.1.2 Caracterización climatológica para el periodo 1971-1986. Serie I INEGI en la cuenca del rio Coyuquilla.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE I de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 38. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE I INEGI en la cuenca del Río Coyuquilla.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 1976 es en donde se obtiene las mayores precipitaciones en la cuenca,

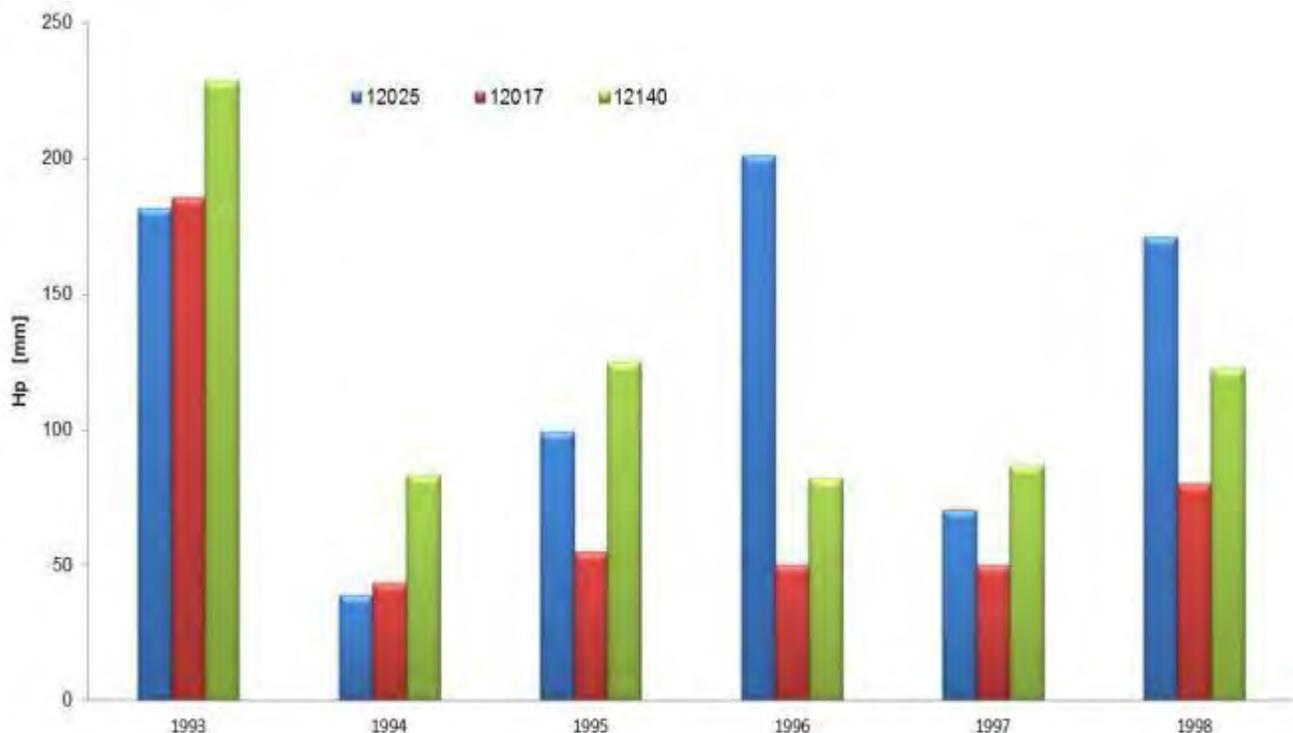
ID Estación	Casas Viejas 12017	Coyuquilla 12025	San Antonio Tejas 12140
Hp [mm]	295.5	280	320

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.5.1.3 Caracterización climatológica para el periodo 1993-1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Coyuquilla.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE II de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 39. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE II INEGI en la cuenca del Río Coyuquilla.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 1993 es en donde se obtiene las mayores precipitaciones en la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año.

Tabla.

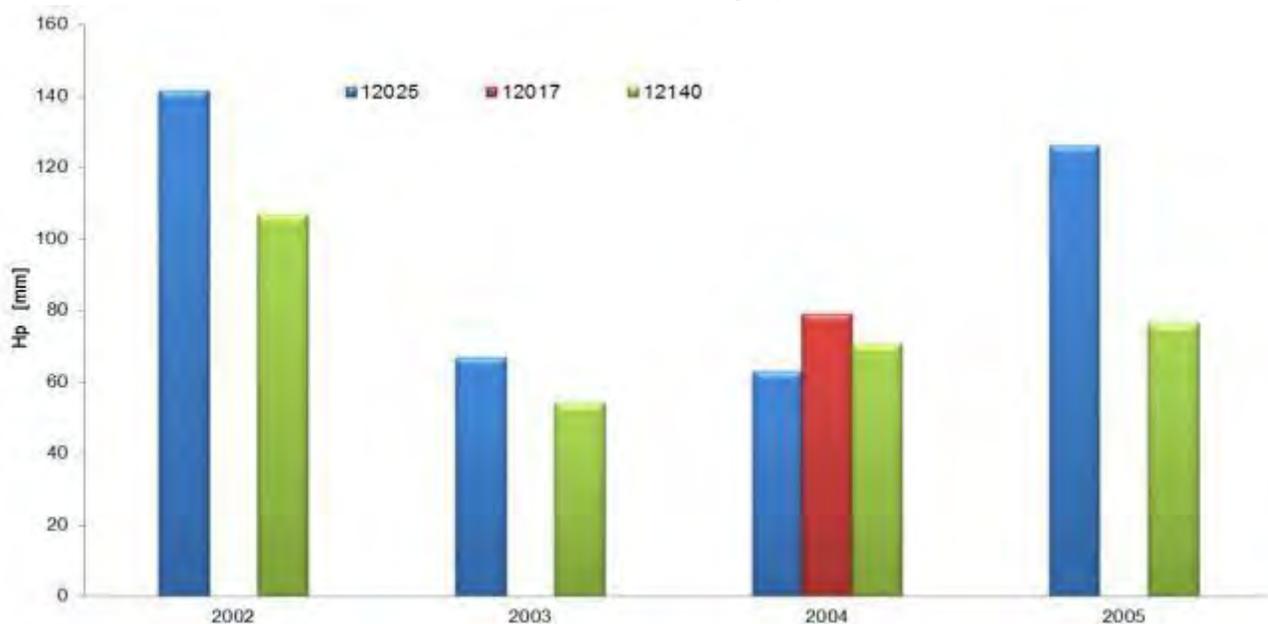
ID Estación	Casas Viejas 12017	Coyuquilla 12025	San Antonio Tejas 12140
Hp [mm]	295.5	280	320

FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.5.1.4 Caracterización climatológica para el periodo 1999-2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Coyuquilla.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE III de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 40. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE III INEGI en la cuenca del Río Coyuquilla.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

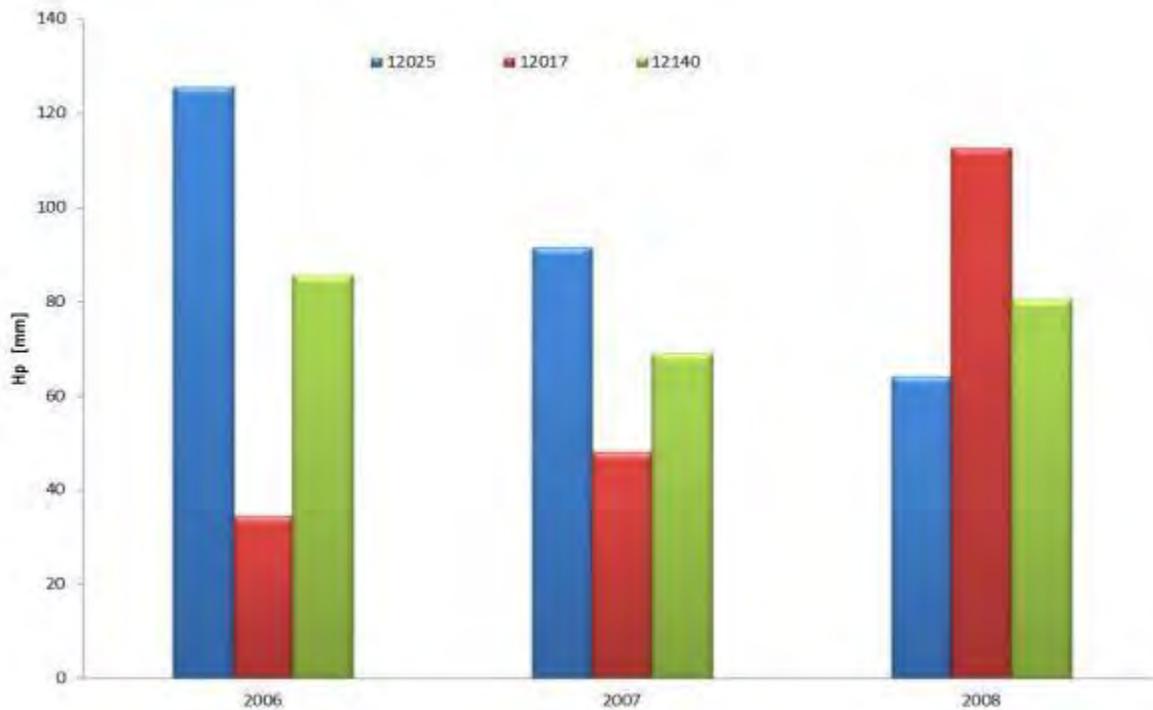
Para este periodo el año 2002 es en donde se obtienen las mayores precipitaciones en la cuenca, en la siguiente tabla se muestran los valores registrados en cada una de las estaciones para ese año.

En 2002 el valor máximo alcanzado de precipitación pluvial fue de 141.5 mm en 24 hrs, registrado en la estación 12025.

6.5.1.5 Caracterización climatológica para el periodo 2006-2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Coyuquilla.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE IV de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 41. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE IV INEGI en la cuenca del Río Coyuquilla.



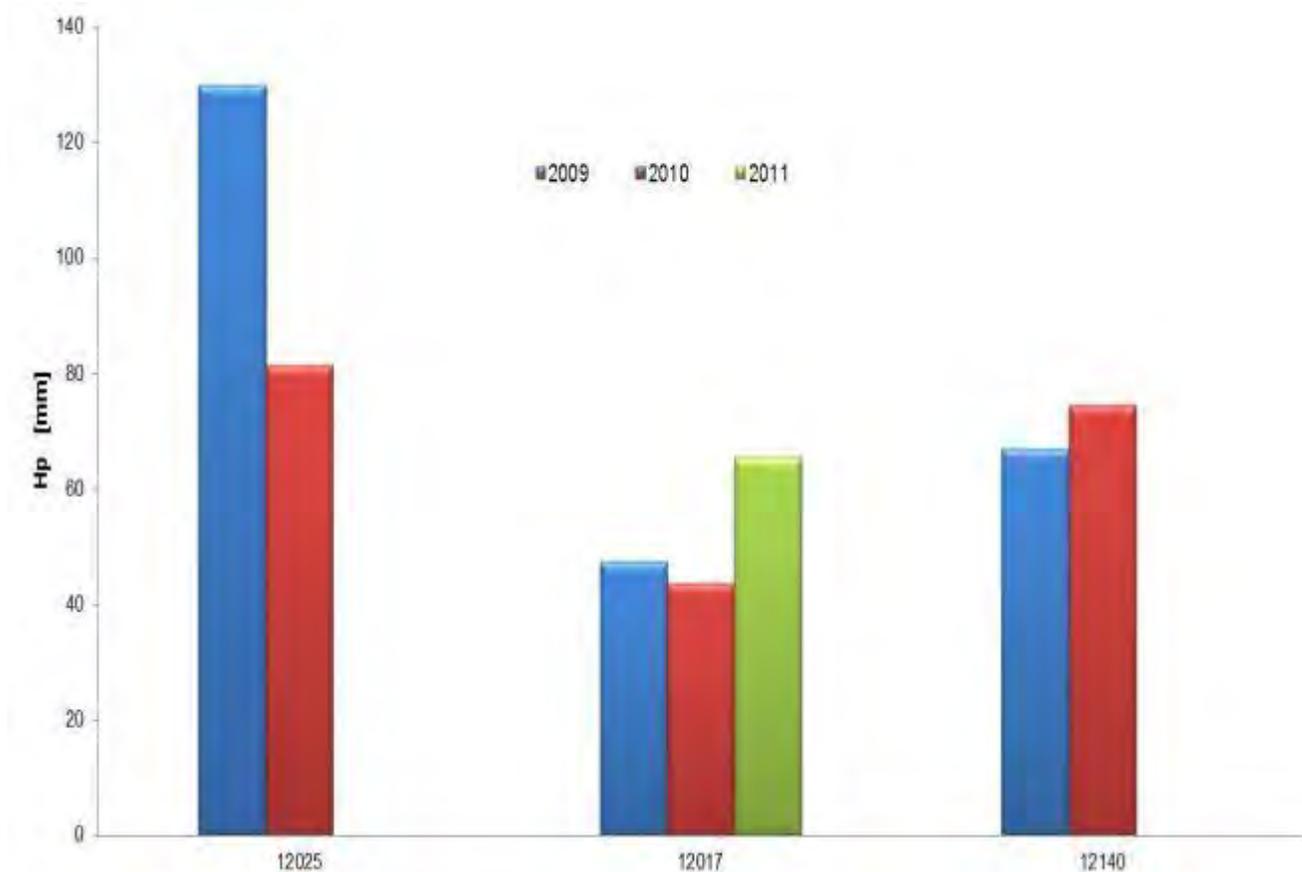
FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 2006 es en donde se obtienen las mayores precipitaciones en la cuenca. En 2006 el valor máximo alcanzado de precipitación pluvial fue de 125.5 mm en 24 hrs, registrado en la estación 12025.

6.5.1.6 Caracterización climatológica para el periodo 2009-2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Coyuquilla.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE V de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 42. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE V INEGI en la cuenca del Río Coyuquilla.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.5.2 Información hidrométrica en la cuenca del río Coyuquilla.

En el río Presidio se localiza la estación hidrométrica Coyuquilla, en la siguiente figura se muestra su localización geográfica dentro de la cuenca.

FIGURA 24. Hidrométricas en la Cuenca del Río Cayuquilla.



FUENTE: Elaboración propia en base a la publicación hidrométricas de CONAGUA y apoyo de Google Earth

En la siguiente tabla se muestran los registros hidrométricos en la estación Coyuquilla

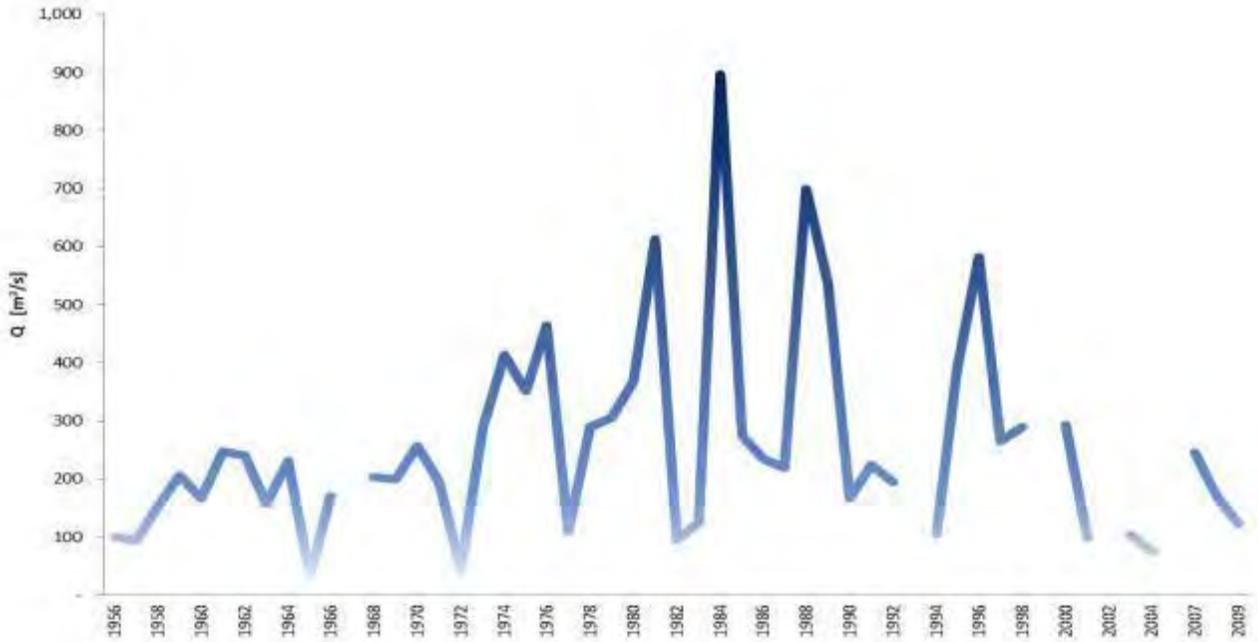
Tabla 31. Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 19003.

AÑO	19003 COYUQUILLA
1956	100.00
1957	94.00
1958	152.00
1959	205.60
1960	167.50
1961	247.77
1962	241.00
1963	157.43
1964	230.40
1965	34.72
1966	169.80
1967	
1968	203.20
1969	200.00
1970	256.20
1971	195.70
1972	44.00
1973	286.00
1974	414.50
1975	351.00
1976	465.00
1977	109.20
1978	290.00
1979	306.13
1980	367.50
1981	613.00
1982	95.30
1983	125.32
1984	898.03
1985	275.64
1986	236.18
1987	219.95
1988	699.41
1989	538.21
1990	167.04
1991	223.81
1992	194.31
1993	
1994	105.06
1995	388.69
1996	582.25
1997	265.27
1998	289.66
1999	
2000	292.14
2001	98.57
2002	
2003	103.16
2004	73.32
2005	
2007	245.14
2008	170.93
2009	123.15

FUENTE: BANDAS

A continuación en el siguiente gráfico se muestran los máximos anuales, únicamente de la estación 19003.

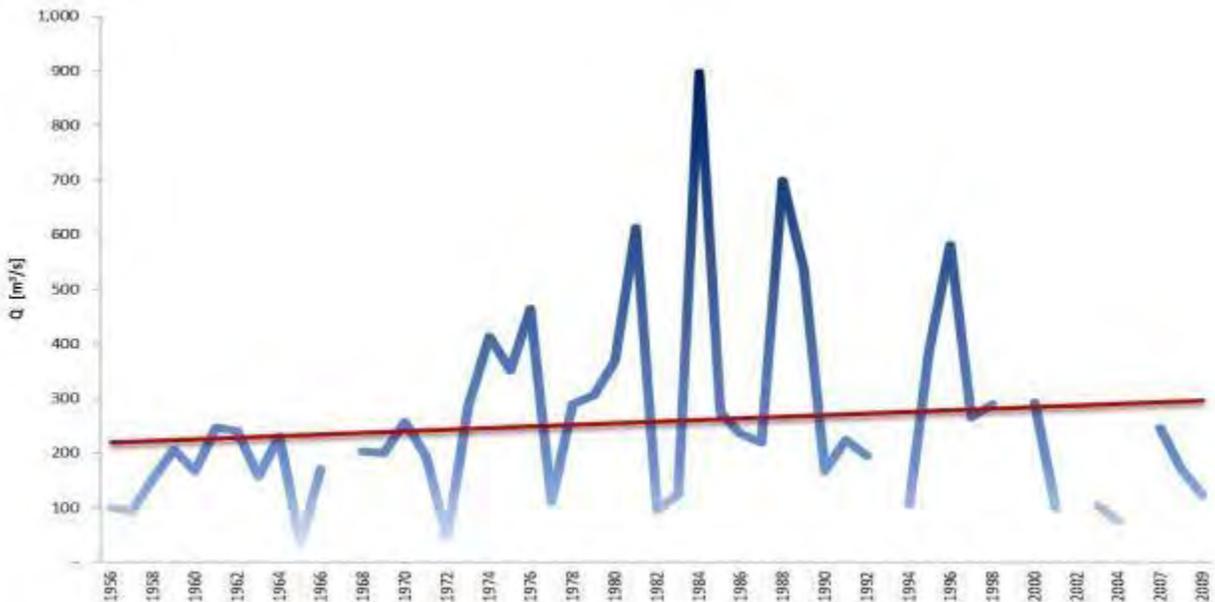
GRAFICA 43. Escurrimientos máximos anuales en la cuenca del Río Coyuquilla.



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

A continuación se muestra la tendencia en los escurrimientos máximos anuales registrados en la estación hidrométrica.

GRAFICA 44. Escurrimientos máximos anuales y tendencia en la cuenca del Río Cayuquilla.

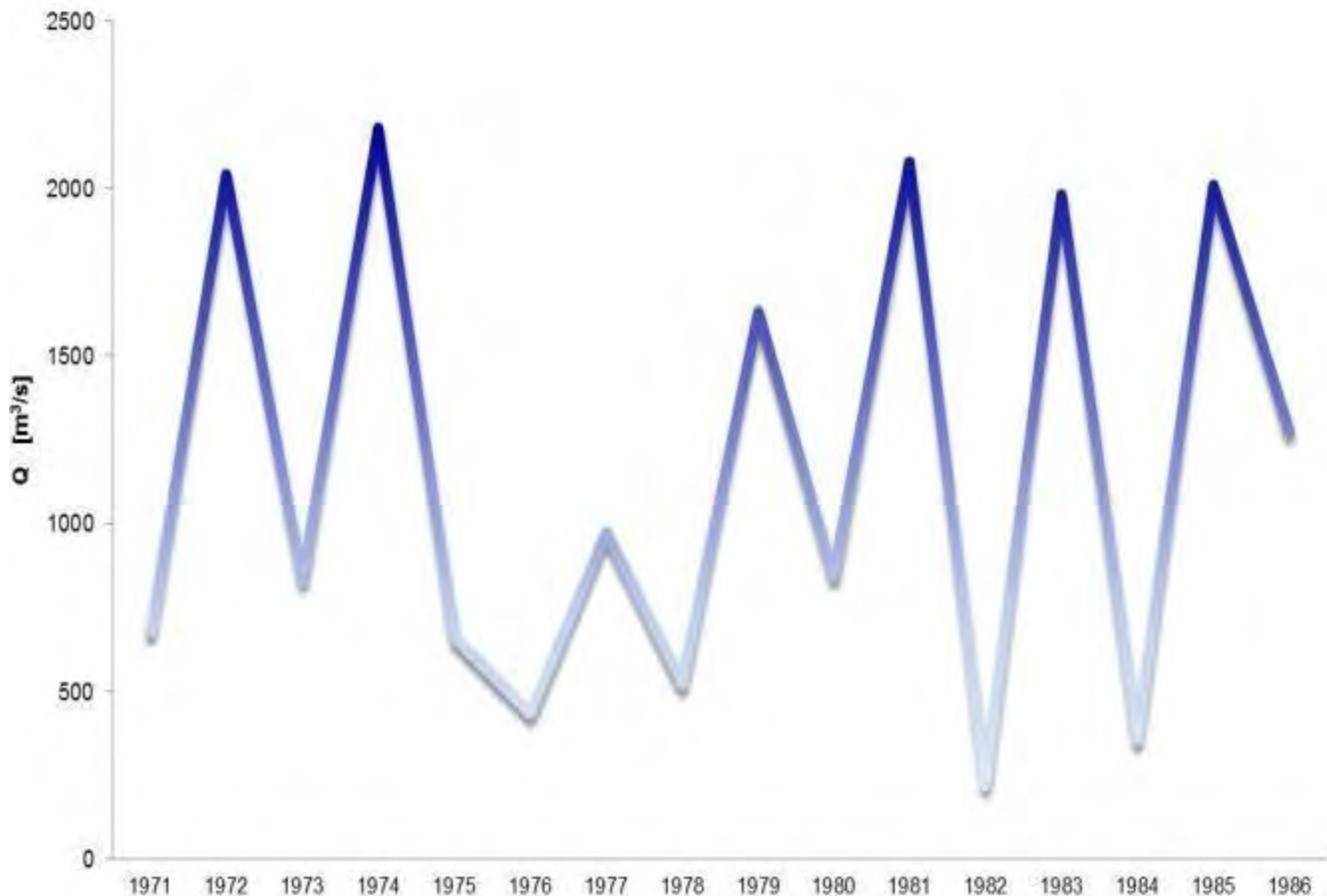


FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

6.5.2.1 Caracterización hidrométrica para el periodo 1971-1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Cuyuquilla.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 19003, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE I de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 45. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE I INEGI en la cuenca del Río Cuyuquilla.



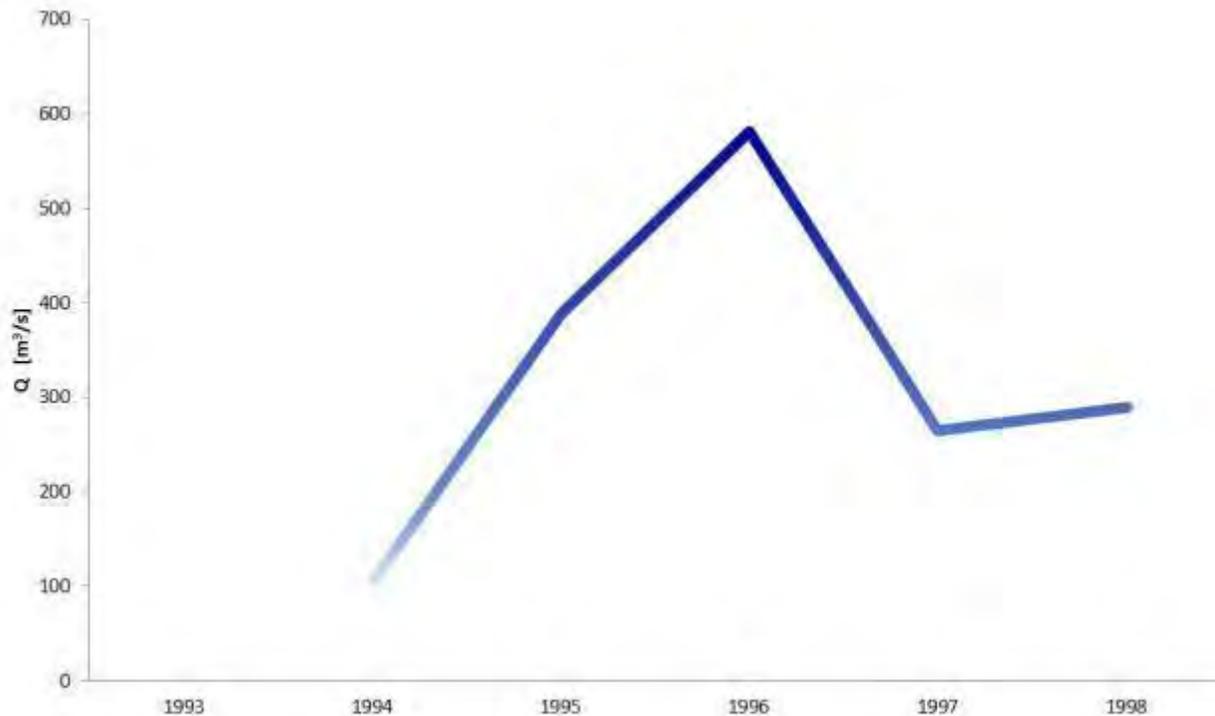
FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

Para este periodo el año 1974 es en donde se obtiene el mayor escurrimiento en la cuenca, éste coincide con el año en que se presentaron las mayores precipitaciones pluviales, que corresponde a 898.02 m³/s.

6.5.2.2 Caracterización hidrométrica para el periodo 1993-1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Presidio.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 19003, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE II de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 46. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE II INEGI en la cuenca del Río Coyuquilla.



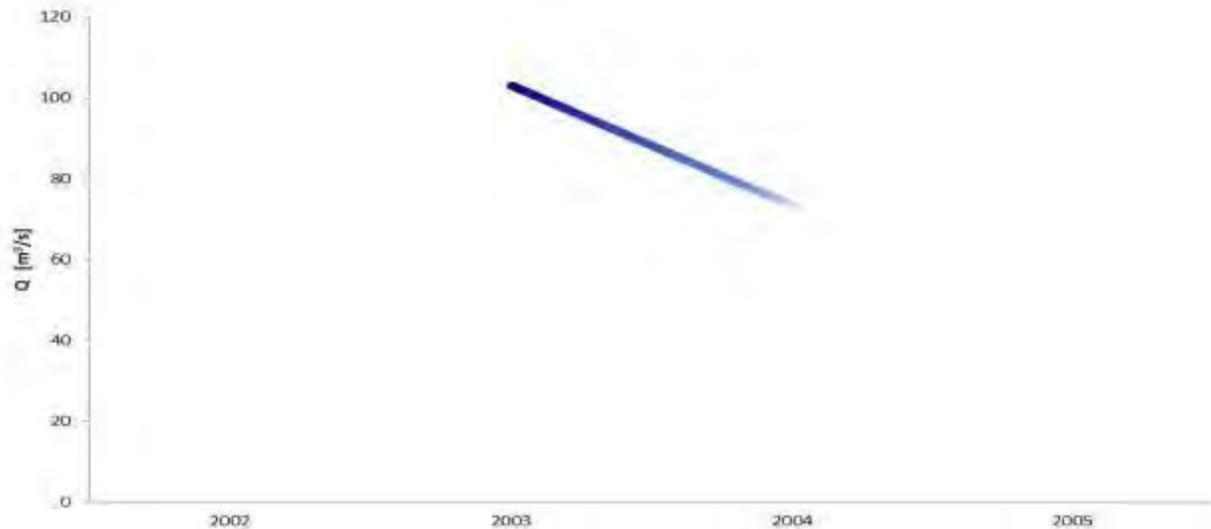
FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

Para este periodo no se cuenta con registro para el año 1993 y en 1996 es donde se presenta el mayor caudal siendo este de 582.25 m³/s.

6.5.2.3 Caracterización hidrométrica para el periodo 1999-2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Coyuquilla.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 19003, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE III de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 47. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE III INEGI en la cuenca del Río Coyuquilla.



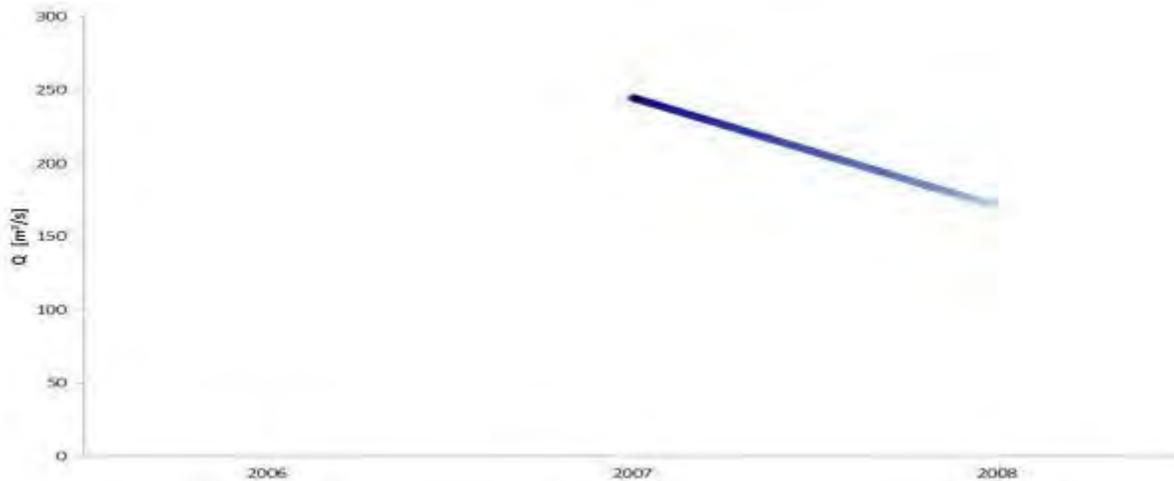
FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

En el año 2003 es donde se presenta el escurrimiento máximo para este periodo siendo el caudal de 103.15 m³/s. Lamentablemente no existen datos para los años 2002 y 2005.

6.5.2.4 Caracterización hidrométrica para el periodo 2006-2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Coyuquilla.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 19003, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE IV de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 48. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE IV INEGI en la cuenca del Río Coyuquilla.



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

En el año 2007 es donde se presenta el escurrimiento máximo para este periodo siendo el caudal de 245.14 m³/s, aunque no existe registro para el 2006.

6.5.2.5 Caracterización hidrométrica para el periodo 2009-2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Coyuquilla.

Lamentablemente para los años 2010 y 2011 no existen datos, solo existe registro en la estación para el año 2009 y es de 123.14 m³/s

6.6 Información climatológica e hidrométrica en la Cuenca del Río Presidio.

6.6.1 Información climatológica en la cuenca del río Presidio.

En la zona de estudio se identificaron 24 estaciones climatológicas que por su ubicación son utilizables para los cálculos del presente trabajo.

En la siguiente tabla se presentan la clave y el nombre de las estaciones climatológicas localizadas en la zona de estudio:

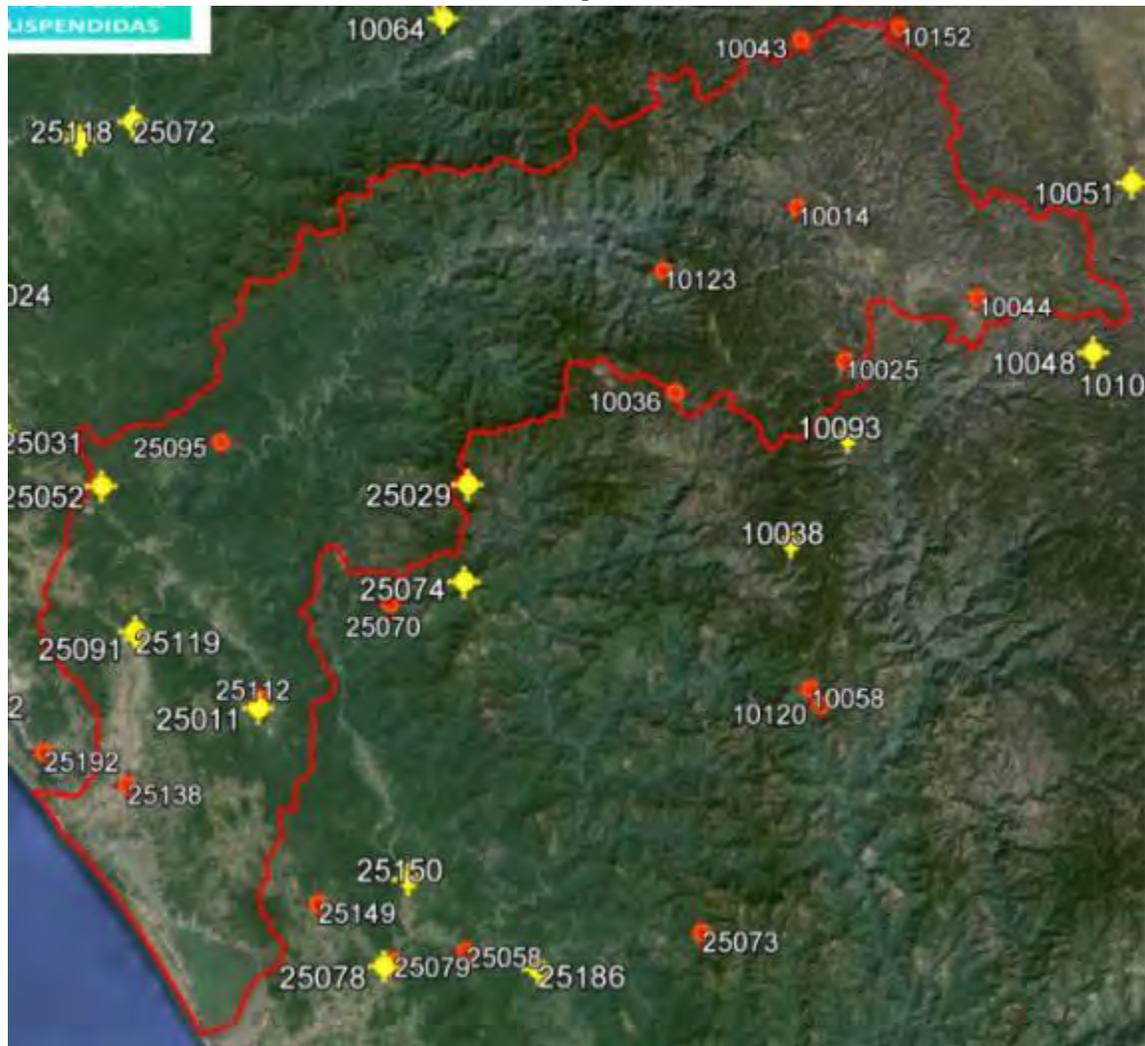
Tabla 32. Estaciones climatológicas para la cuenca del río Presidio.

#	NOMBRE	#	NOMBRE
10051	Otinapa	10014	Charco Verde
10048	Navios Viejo	10123	San Pablo
10064	San Dimas	10036	La Ciudad (CFE)
25029	El Palmito (CFE)	10025	El Salto (SMN)
25074	Potrerrillos	10044	Llano Grande (CFE)
25119	Siqueros	25070	Pánuco
25091	Siqueros (CFE)	25112	Concordia (CAADES)
25011	Concordia (CFE)	25192	José Aceves Pozos
25078	Rosario	25138	Presidio (FFCC)
25052	La Noria (CFE)	25149	Las Higeras
10038	La Peña	10043	Las Vegas
10093	El Salto (DGE)	10152	Cerro Prieto

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

En la siguiente figura se muestra la localización geográfica de las estaciones climatológicas identificadas que tienen influencia dentro de la zona de estudio.

FIGURA 25. Estaciones climatológicas en la Cuenca del Río Presidio.



FUENTE: Elaboración INECC con base a la Red de Estaciones Climatológicas de la CONAGUA.

Las estaciones que se encuentran en color rojo, indican que han dejado de operar, sus registros son cortos o en el mejor de los casos poseen un periodo mayor a 20 años pero no están actualizados, careciendo de registros de fechas cercanas al año 2000 a la actualidad, por lo que las estaciones 10152, 10043, 10014, 10123, 10036, 10025, 10044, 25070, 25112, 25192, 25138 y 25149 quedan eliminadas.

6.6.1.1 Selección de estaciones climatológicas en la cuenca del Río Presidio.

Para cumplir la segunda condición del periodo de registro y su continuidad, en la siguiente tabla se muestran los registros de las precipitaciones pluviales máximas en 24 hrs en cada una de las estaciones en operación.

Tabla 33. Lluvia máxima en 24 horas en la cuenca del Río Presidio.

AÑO	ID Estación climatológica											
	10038	10048	10051	10064	10093	25011	25029	25052	25074	25078	25091	25119
1959											90	
1960											76	
1961						60.2	35				70	
1962				48.5		64.9	80.5				116	
1963	165			81.1		84	75.5	115			103	
1964	35		40	93.4		98	72.8	108		160	96	
1965	107	54	36	17.3		240	44	148.5		252.8	59	
1966	75	76	48	36.5		74	90.5	102.2		129.5	74	
1967	72	50	60	24		59	71	90		94.8	64	64
1968	200	90	60	80		274	92	80		240	320	320
1969	109	55	39	49		76	78.5	160	74	80.8	110	110
1970	85	60	50	190		129	94	80	120	193	91	66
1971	58	38	27	120		96	88	90	150.3	86	112	38.4
1972	125	65	30	97		133	156.3	140	152.7	268	113	98.1
1973	83	45	45	90		94	97	80	65.6	111.5	107	48.8
1974	125	38	43	80		223	180	100	194.5	109	190	42.5
1975	72	42	48	91		176	49	80	120	85	90	74.7
1976	68	33	54	56		54	47.7	80	144	87	62	81.5
1977	80	38	25	85.5		37	57	120	66.6	95	63	107.8
1978	70	33	65	75		83	85.6	160	100.5	53	81	87
1979	190	50	34	282.1		113	285	140	73.6	78	76	61.3
1980	60	36	40	71		94	128	40	109.9	60	156	138.9
1981	62	65	39	85		132	181	214	125	98	126	88.4
1982	80	130	58	72		115	108.5	46	67	87	93	79.8
1983	90	50	60	115		123	95	80	107	77.7	105	104.3
1984	160	45	45	70		61	167	66	93.4	81	58	65.6
1985	180	30	58	62		69	126	95	130.5	90	123	176.4
1986		75	49			49	42	40	123	200	55	98.2
1987		43.2	38			90	67	20	67.3	152	72	52
1988		65	35		45	155	82	80	77.5	168	125	98.4
1989		70	62		68	82	158	22	111.2	64	61	61.5
1990		95	56		70	209	157	72	100	113	97	85
1991		49	41.4		73.5	98	88	86	72	66	85	76.4
1992		90	60		62	85	70	94	98	157	100	96
1993		40.5	48		100.5	131	320	80	72.5	115	147	140
1994		75	45		90				49	103.5	35	53.6
1995		40	30		46.5				60	57.5		82.6
1996		50	40		45.5				114	91		70.6
1997		50	36		55				113	63		68
1998		75	30		74	19	30		57	202	47	107.6
1999		43	40		47	137	63	100	50	122	101	105.7
2000		35	45		30				150.5	120		80
2001		41	43		41		43		59.1	170		54.5
2002	38	45	40	78	63				46.5	77		99
2003	50	43	46	50	57				100.5	81		69.4
2004	81	58	40	95	59				86	85		80
2005		75	25	59	42				97.4	119		69.8
2006		76	30	70	55				142	88		222.7
2007		69.5	81	86.2	50				95	81		55.5
2008				83					80	81		78
2009	75.6			64					200.5	60		95.7
2010	88.3			50					109	160		96.5
2011	38.9			41					132	101		116

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

Por lo que las estaciones climatológicas que se utilizaron para el análisis de la cuenca del Río Sabana son las siguientes:

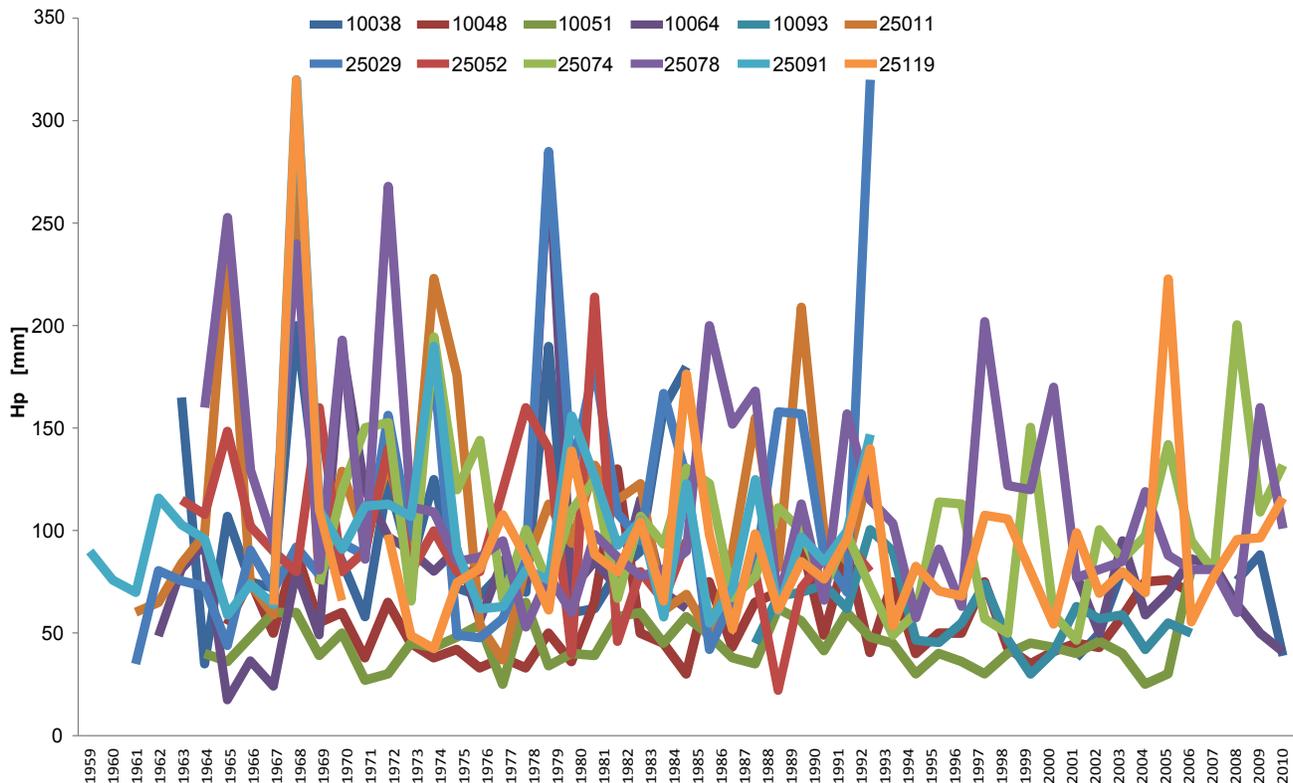
Tabla 34. Estaciones climatológicas seleccionadas para la cuenca del Río Presidio.

#	NOMBRE	#	NOMBRE
10038	La Peña	25029	El Palmito (CFE)
10048	Navíos Viejos	25052	La Niria (CFE)
10051	Otinapa	25078	Rosario
10064	San Dimas	25091	Siqueros (CFE)
10093	El Salto (DGE)	25119	Siqueros
25011	Concorida		

FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

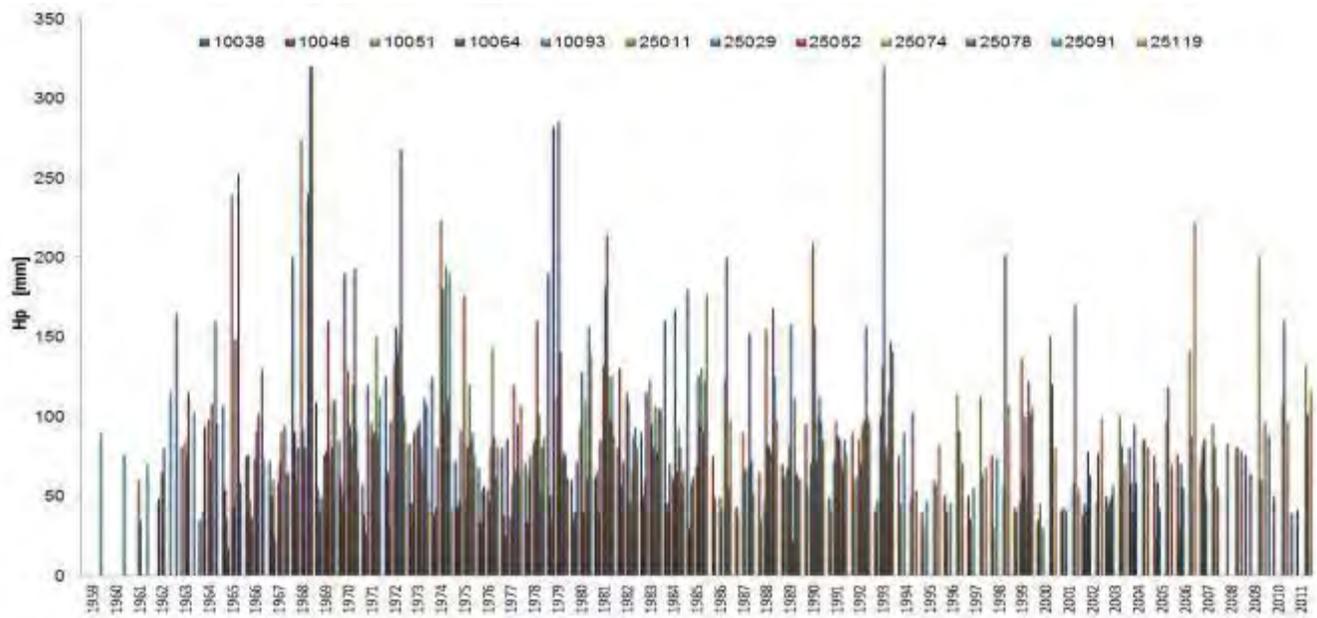
A continuación se presenta el gráfico de las precipitaciones máximas históricas en cada una de las estaciones climatológicas seleccionadas, se presentan en dos tipos de gráficos, en líneas y en barras con la finalidad de tener un mejor entendimiento del comportamiento.

GRAFICA 49. Precipitaciones máximas anuales en cada una de las estaciones climatológicas en la cuenca del Río Presidio (líneas).



FUENTE: Comisión Nacional del Agua, Red de Estaciones Climatológicas.

GRAFICA 50. Precipitaciones máximas anuales en cada una de las estaciones climatológicas en la cuenca del Río Presidio (barras).

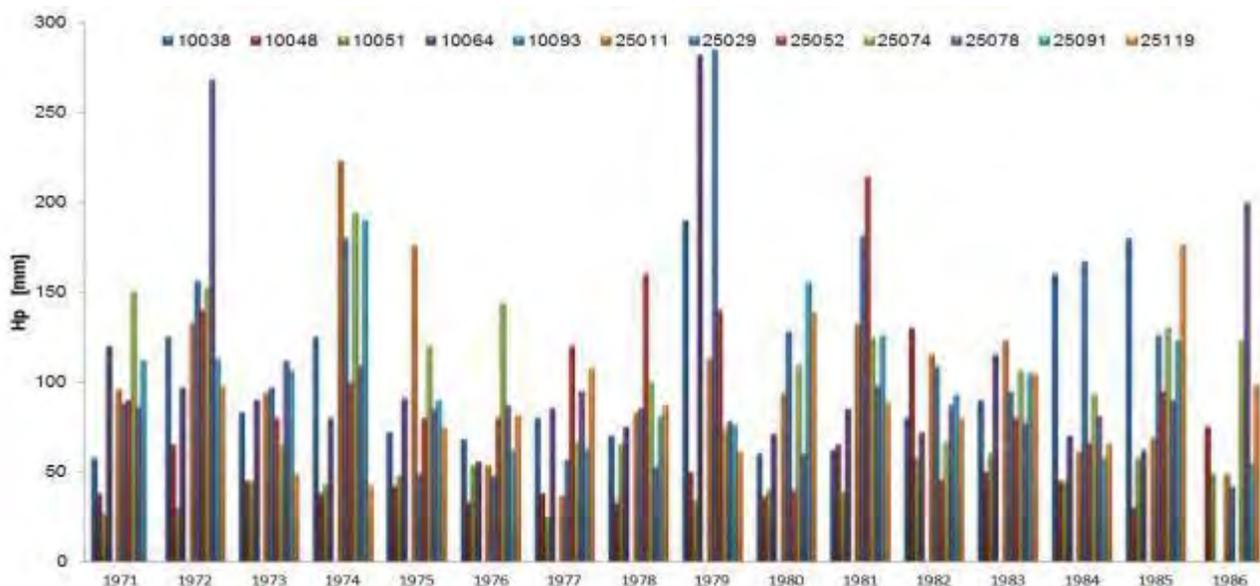


FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

6.6.1.2 Caracterización climatológica para el periodo 1971-1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Presidio.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE I de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 51. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE I INEGI en la cuenca del Río Presidio.



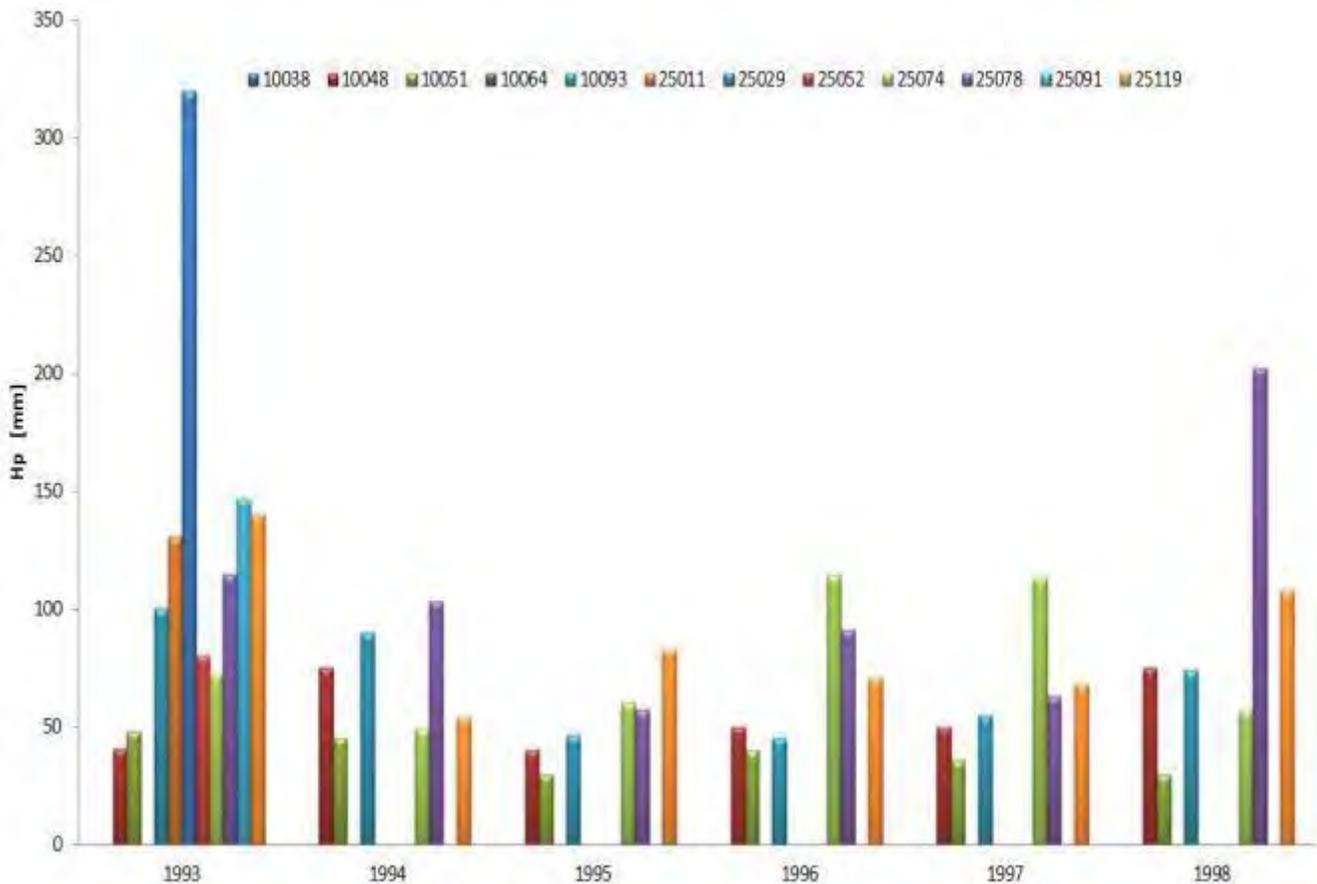
FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 1979 es en donde se obtiene las mayores precipitaciones en la cuenca..

6.6.1.3 Caracterización climatológica para el periodo 1993-1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Presidio.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE II de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 52. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE II INEGI en la cuenca del Río Presidio.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

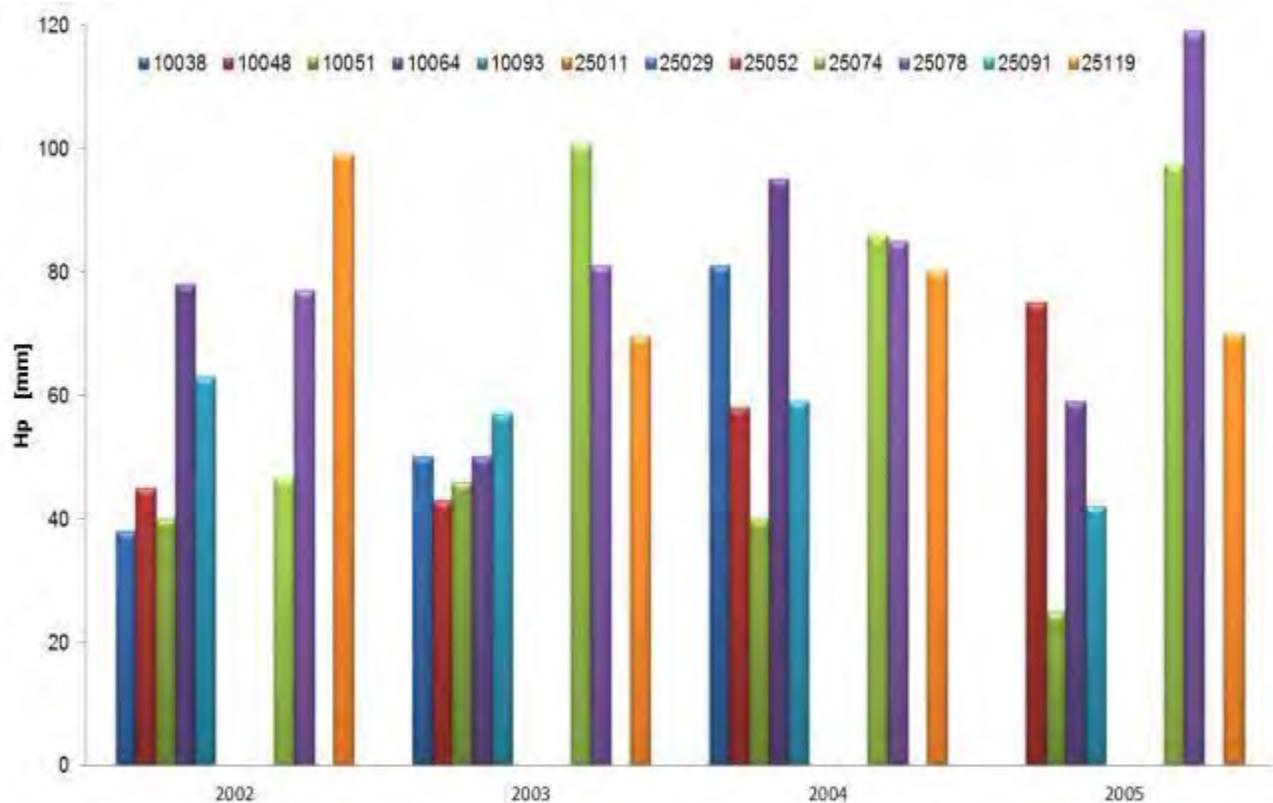
Para este periodo el año 1993 es en donde se obtiene las mayores precipitaciones en la cuenca.

En 1993 el valor máximo alcanzado de precipitación pluvial fue de 320 mm en 24 hrs, que es el valor máximo alcanzado en todas las estaciones a lo largo de sus registros, este valor se iguala en otros años en las estaciones 25091 y 25119.

6.6.1.4 Caracterización climatológica para el periodo 1999-2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Presidio.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE III de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 53. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE III INEGI en la cuenca del Río Presidio.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

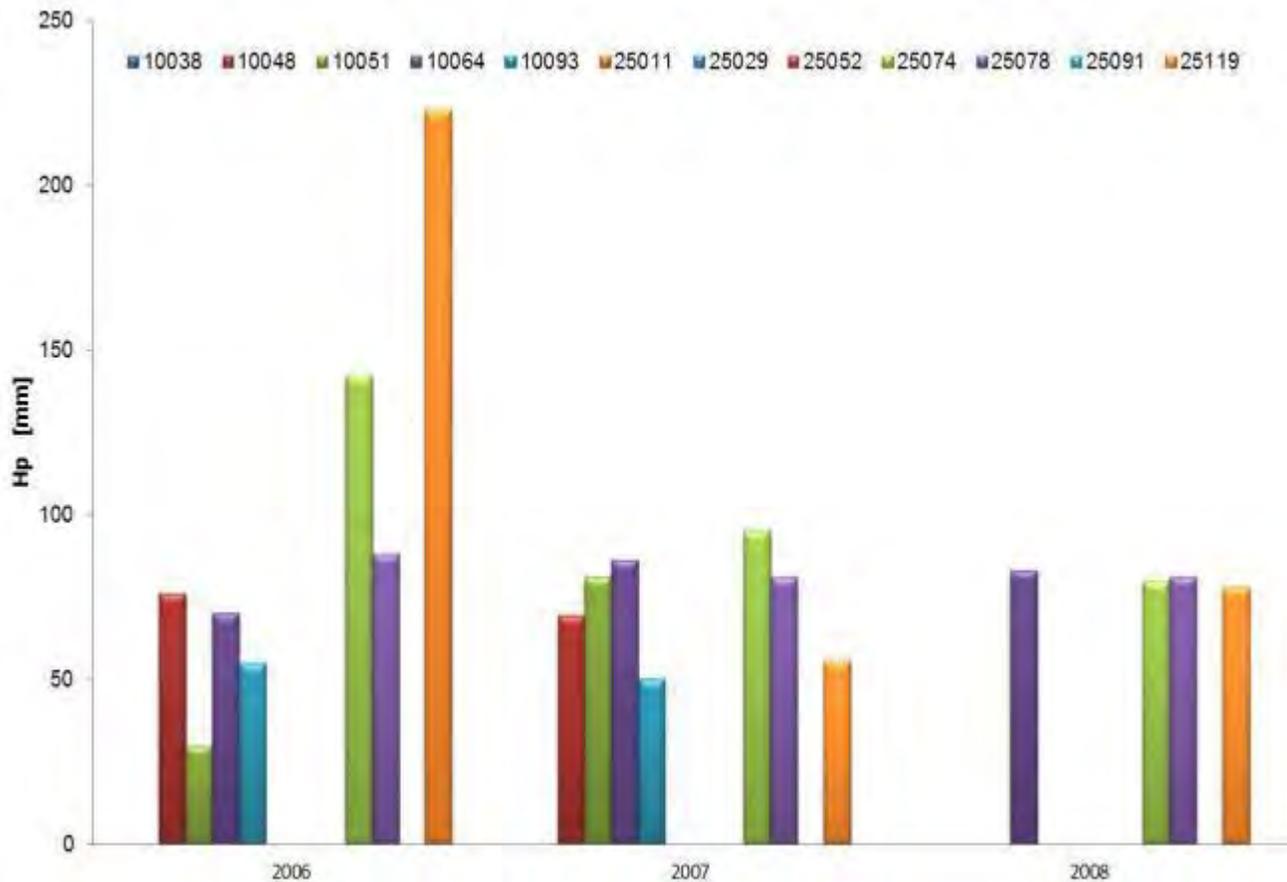
Para este periodo el año 2005 es en donde se obtiene las mayores precipitaciones en la cuenca.

En 2005 el valor máximo alcanzado de precipitación pluvial fue de 119 mm en 24 hrs, registrado en la estación 25078. Esta estación se localiza en la cuenca baja ya casi en la desembocadura del río Presidio al Océano Pacífico.

6.6.1.5 Caracterización climatológica para el periodo 2006-2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Presidio.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE IV de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 54. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE IV INEGI en la cuenca del Río Presidio.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

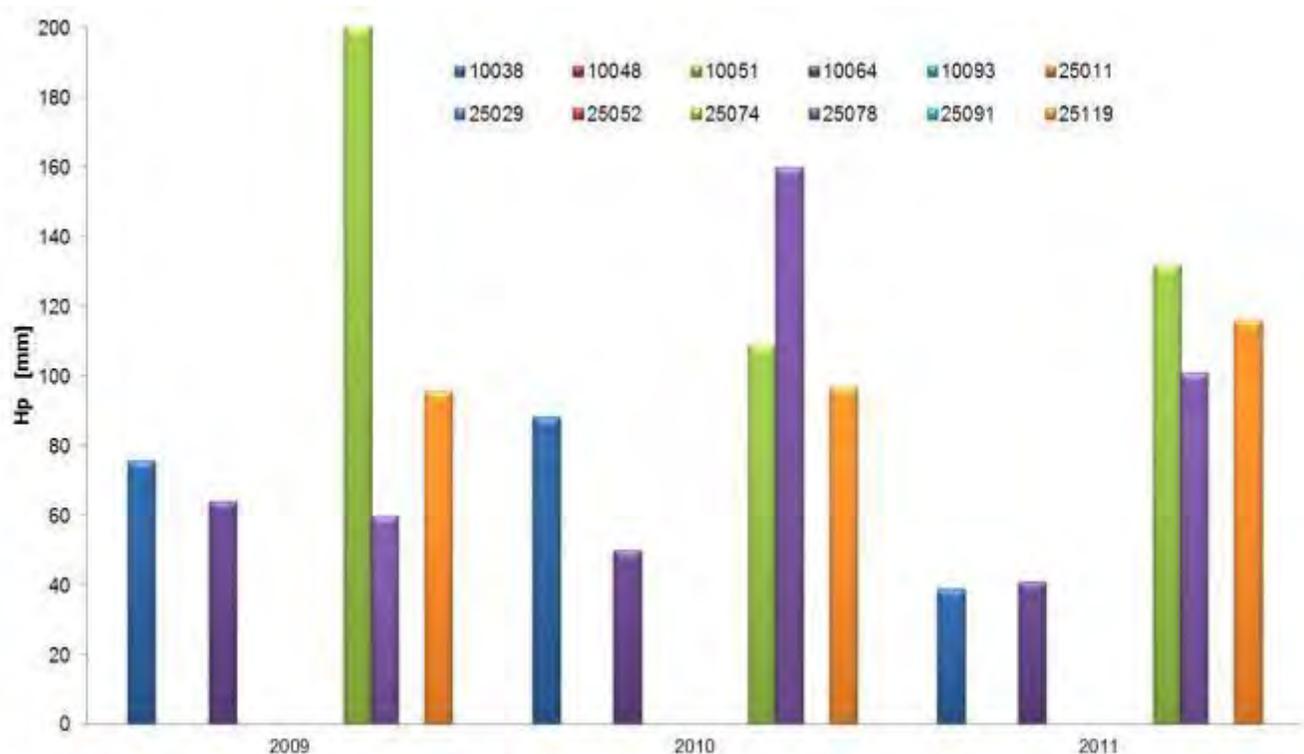
Para este periodo el año 2006 es en donde se obtiene las mayores precipitaciones en la cuenca, lamentablemente ya para este periodo, no se cuenta con registro en 5 estaciones.

En 2006 el valor máximo alcanzado de precipitación pluvial fue de 222.7 mm en 24 hrs, registrado en la estación 25119. Esta estación se localiza en la cuenca media.

6.6.1.6 Caracterización climatológica para el periodo 2009-2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Presidio.

A continuación se muestran las precipitaciones ocurridas en los años correspondientes a la SERIE V de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 55. Precipitaciones máximas anuales en el periodo de SERIE V INEGI en la cuenca del Río Presidio.



FUENTE: Elaboración INECC en base a la Red Estaciones Climatológicas (CONAGUA).

Para este periodo el año 2009 es en donde se obtiene las mayores precipitaciones en la cuenca. Lamentablemente ya para este periodo, no se cuenta con registro en 7 estaciones.

En 2009 el valor máximo alcanzado de precipitación pluvial fue de 200.5 mm en 24 hrs, registrado en la estación 25074. Esta estación se localiza en la cuenca media.

6.6.2 Información hidrométrica en la cuenca del río Presidio.

En el río Presidio se localiza la estación hidrométrica Siqueros, en la siguiente figura se muestra su localización geográfica dentro de la cuenca.

FIGURA 26. Hidrométricas en la Cuenca del Río Presidio.



FUENTE: Elaboración propia en base a la publicación hidrométricas de CONAGUA y apoyo de Google Earth

En la siguiente tabla se muestran los registros hidrométricos en la estación Siqueros

Tabla 35. Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 11058.

AÑO	11058 SIQUEROS
1956	595.50
1957	132.70
1958	2,375.00
1959	391.00
1960	506.00
1961	841.30
1962	1,073.00
1963	
1966	
1967	656.10
1968	7,200.00
1969	2,585.00
1970	1,320.00
1971	677.00
1972	2,040.00
1973	832.00
1974	2,180.00
1975	660.00
1976	432.00
1977	974.00
1978	520.00
1979	1,630.00
1980	842.00
1981	2,075.00
1982	222.10
1983	1,980.00
1984	355.00
1985	2,006.00
1986	1,273.07
1987	140.60
1988	616.08
1989	989.67
1990	1,725.18
1991	837.24
1992	1,028.08
1993	
1994	922.78
1995	433.76
1996	314.46
1997	519.44
1998	796.12
1999	215.90
2000	961.09
2001	156.41
2002	341.46
2003	1,089.33
2004	309.48
2005	157.11
2006	2,472.28
2008	620.09
2007	304.91
2009	214.99
2010	404.75
2011	250.50

FUENTE: BANDAS

En esta estación se detectó que los datos para 1968 estaban fuera de orden de los demás años, por lo que se verificaron en caudales diarios quedando los siguientes datos.

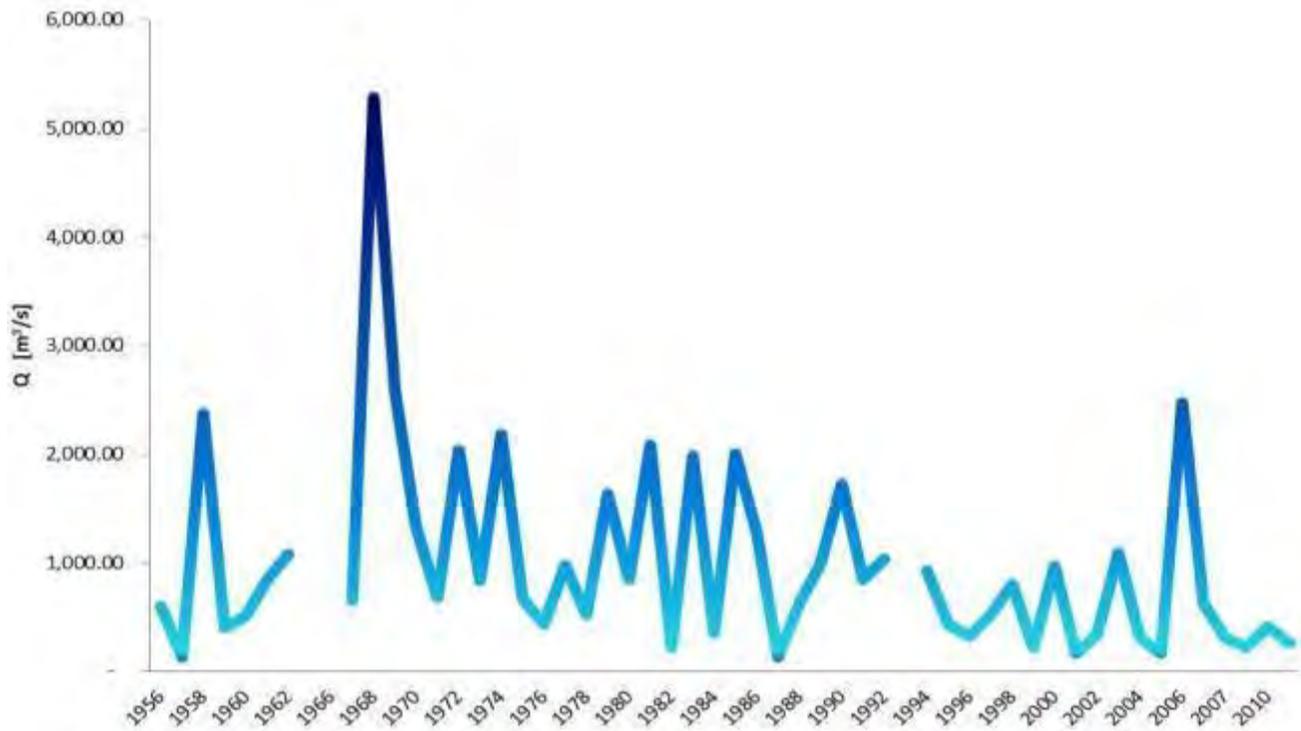
Tabla 36. Registros de los caudales máximos en la estación hidrométrica 11058 (corregidos)

AÑO	11058 SIQUEROS
1956	595.50
1957	132.70
1958	2,375.00
1959	391.00
1960	506.00
1961	841.30
1962	1,073.00
1963	
1966	
1967	656.10
1968	5,287.50
1969	2,585.00
1970	1,320.00
1971	677.00
1972	2,040.00
1973	832.00
1974	2,180.00
1975	660.00
1976	432.00
1977	974.00
1978	520.00
1979	1,630.00
1980	842.00
1981	2,075.00
1982	222.10
1983	1,980.00
1984	355.00
1985	2,006.00
1986	1,273.07
1987	140.60
1988	616.08
1989	989.67
1990	1,725.18
1991	837.24
1992	1,028.08
1993	
1994	922.78
1995	433.76
1996	314.46
1997	519.44
1998	796.12
1999	215.90
2000	961.09
2001	156.41
2002	341.46
2003	1,089.33
2004	309.48
2005	157.11
2006	2,472.28
2008	620.09
2007	304.91
2009	214.99
2010	404.75
2011	250.50

FUENTE: BANDAS

A continuación en el siguiente gráfico se muestran los máximos anuales, únicamente de la estación 11058.

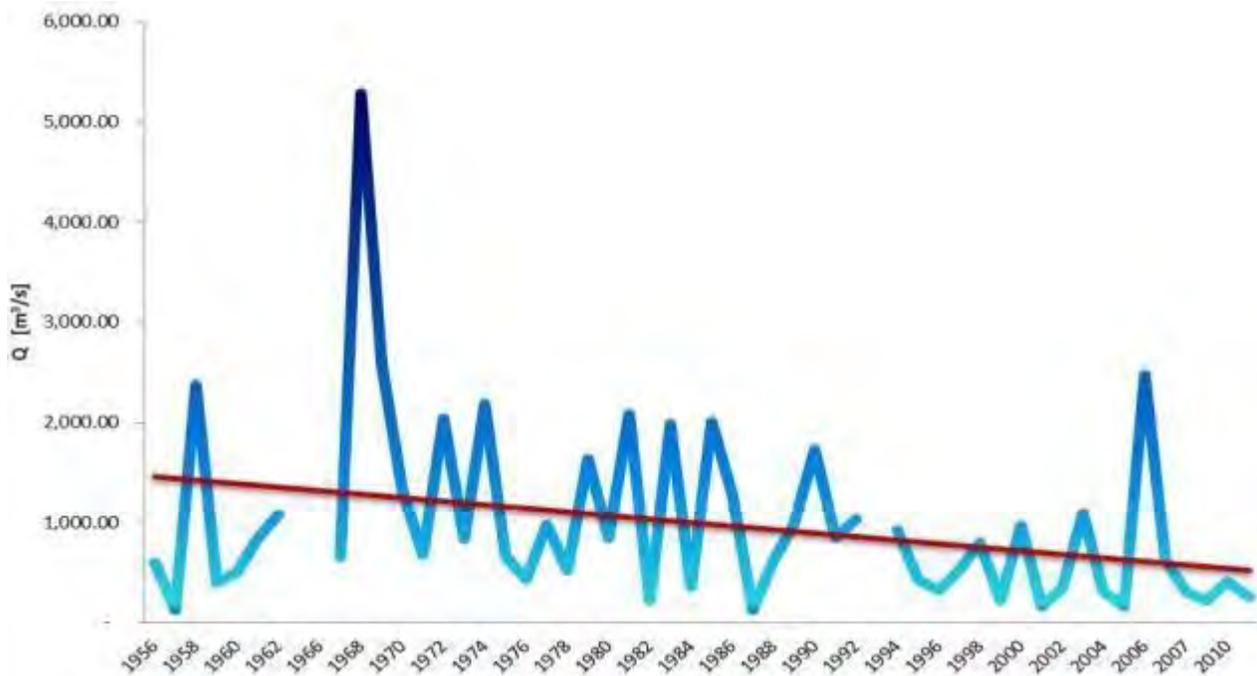
GRAFICA 56. Escurrimientos máximos anuales en la cuenca del Río Presido.



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

A continuación se muestra la tendencia en los escurrimientos máximos anuales registrados en la estación hidrométrica.

GRAFICA 57. Escurrimientos máximos anuales y tendencia en la cuenca del Río Presido.

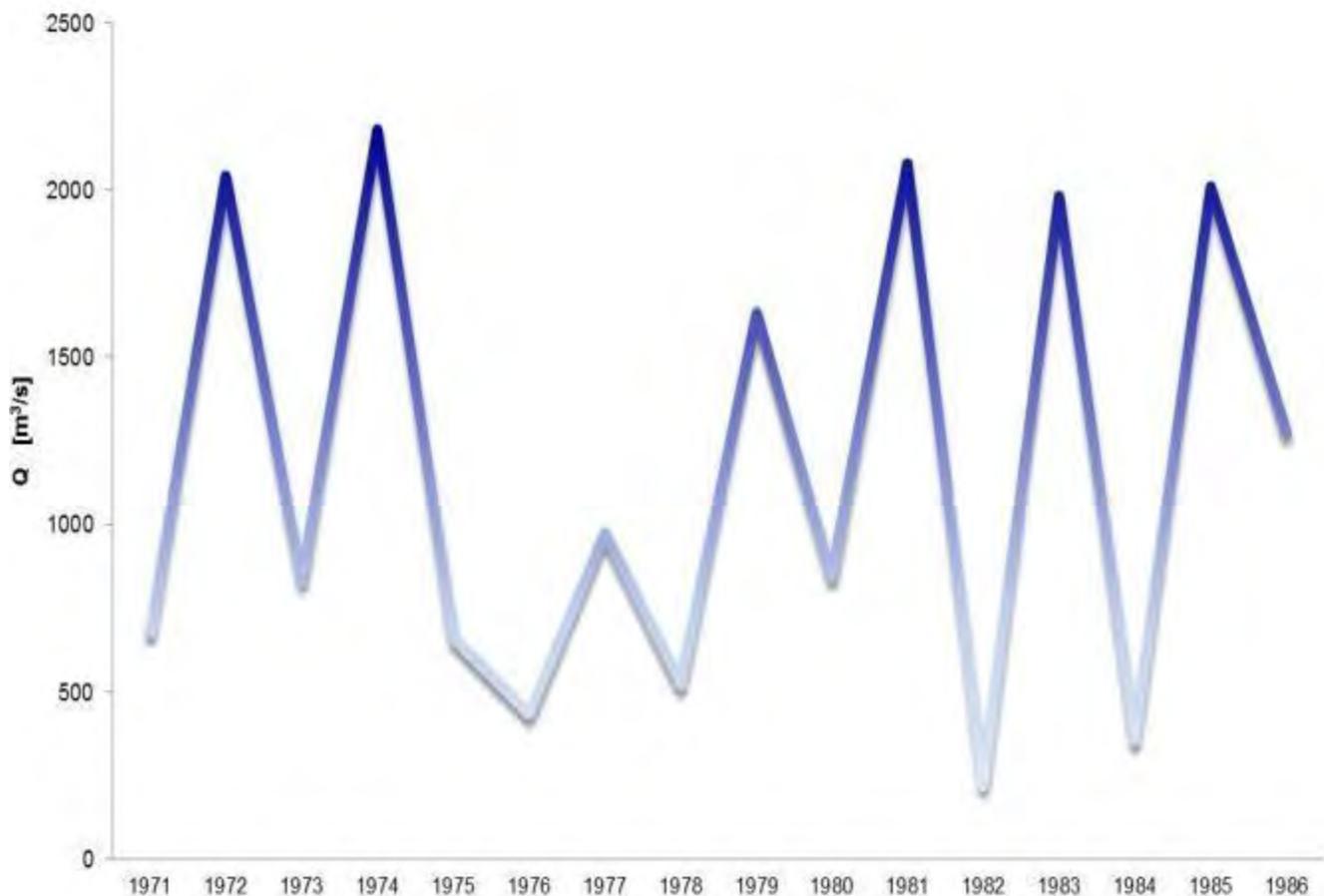


FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

6.6.2.1 Caracterización hidrométrica para el periodo 1971-1986. Serie I INEGI en la cuenca del río Presido.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 11058, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE I de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 58. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE I INEGI en la cuenca del Río Presido.



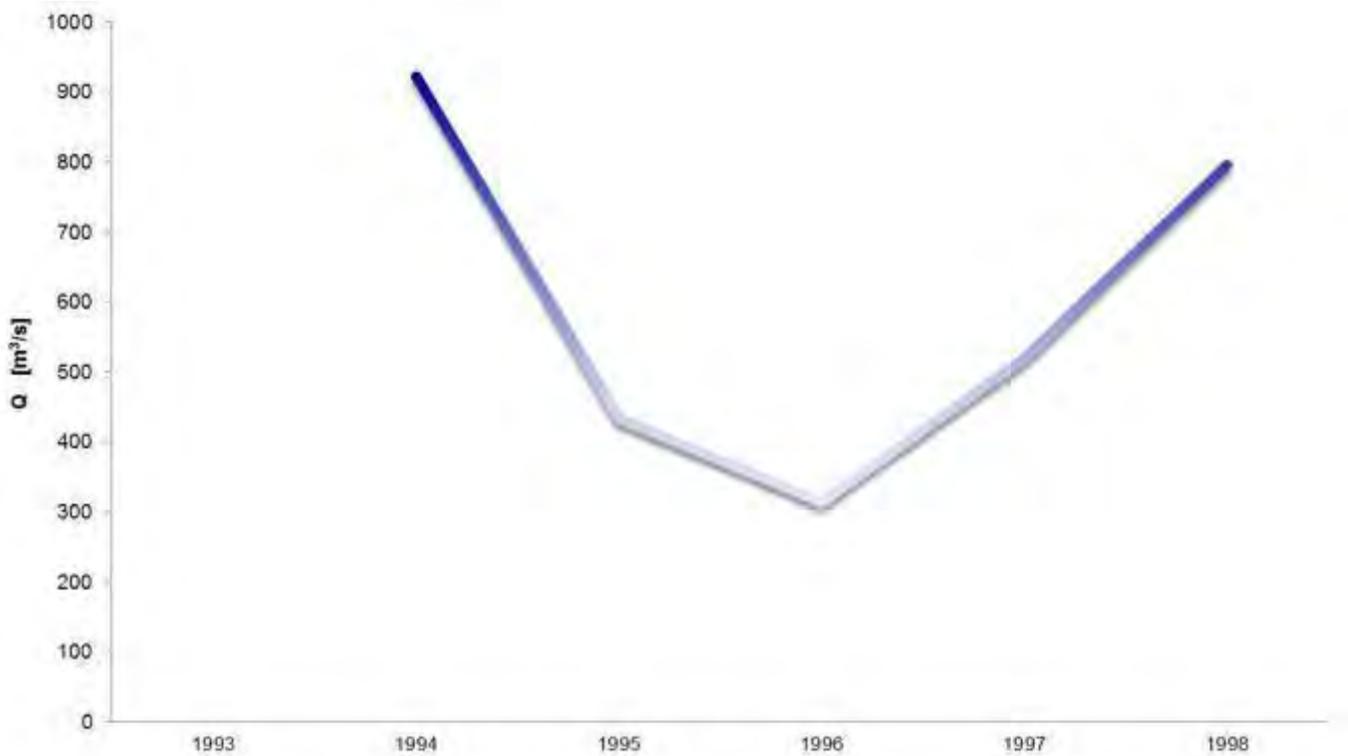
FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

Para este periodo el año 1974 es en donde se obtiene el mayor escurrimiento en la cuenca, éste coincide con el año en que se presentaron las mayores precipitaciones pluviales, que corresponde a 2,180 m³/s, no muy lejano a ese valor se encuentran los caudales ocurridos en los años 1972 y 1981 con 2040 y 2075 m³/s.

6.6.2.2 Caracterización hidrométrica para el periodo 1993-1998. Serie II INEGI en la cuenca del río Presidio.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 11058, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE II de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 59. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE II INEGI en la cuenca del Río Presidio.



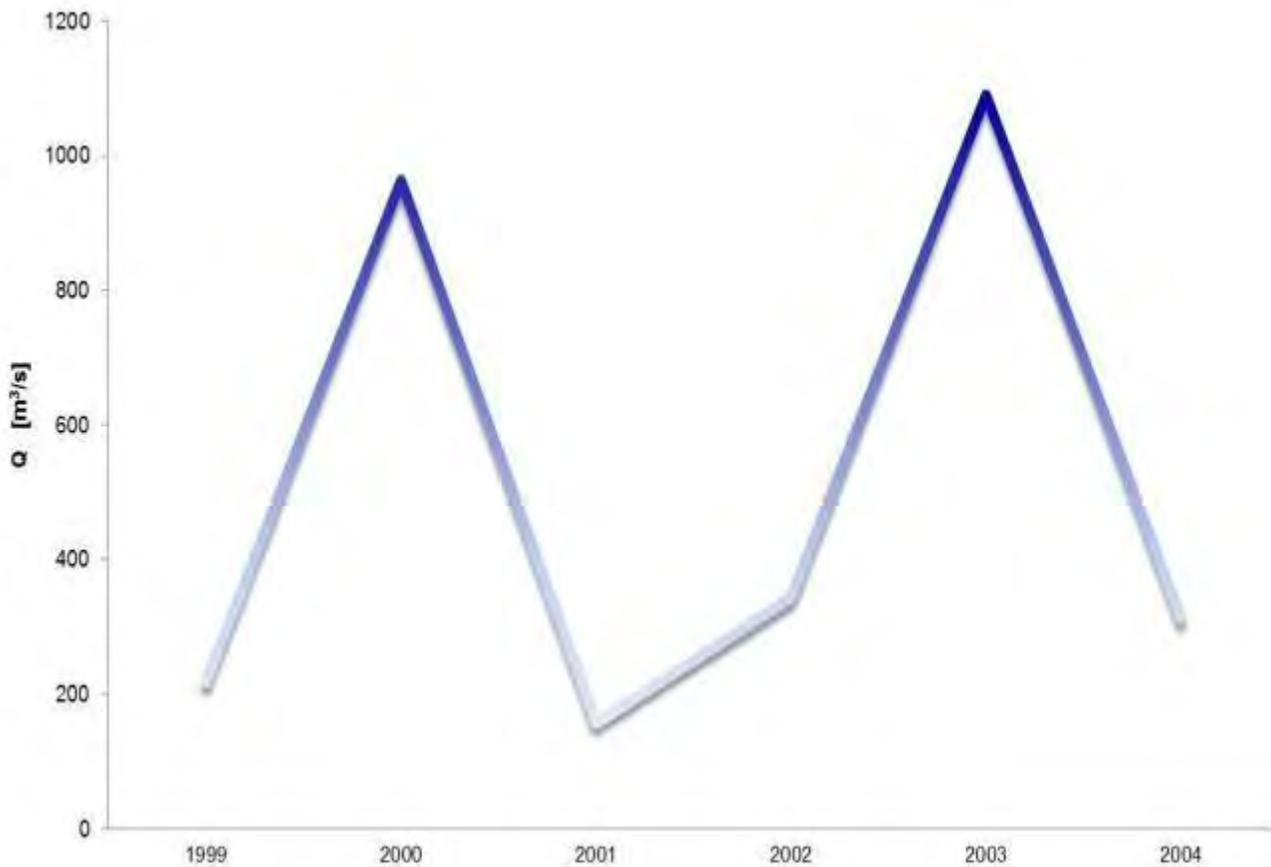
FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

Para este periodo no se cuenta con registro para el año 1993 y en 1994 es donde se presenta el mayor caudal siendo este de 922.78 m³/s.

6.6.2.3 Caracterización hidrométrica para el periodo 1999-2005. Serie III INEGI en la cuenca del río Presidio.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 11058, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE III de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 60. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE III INEGI en la cuenca del Río Presidio.



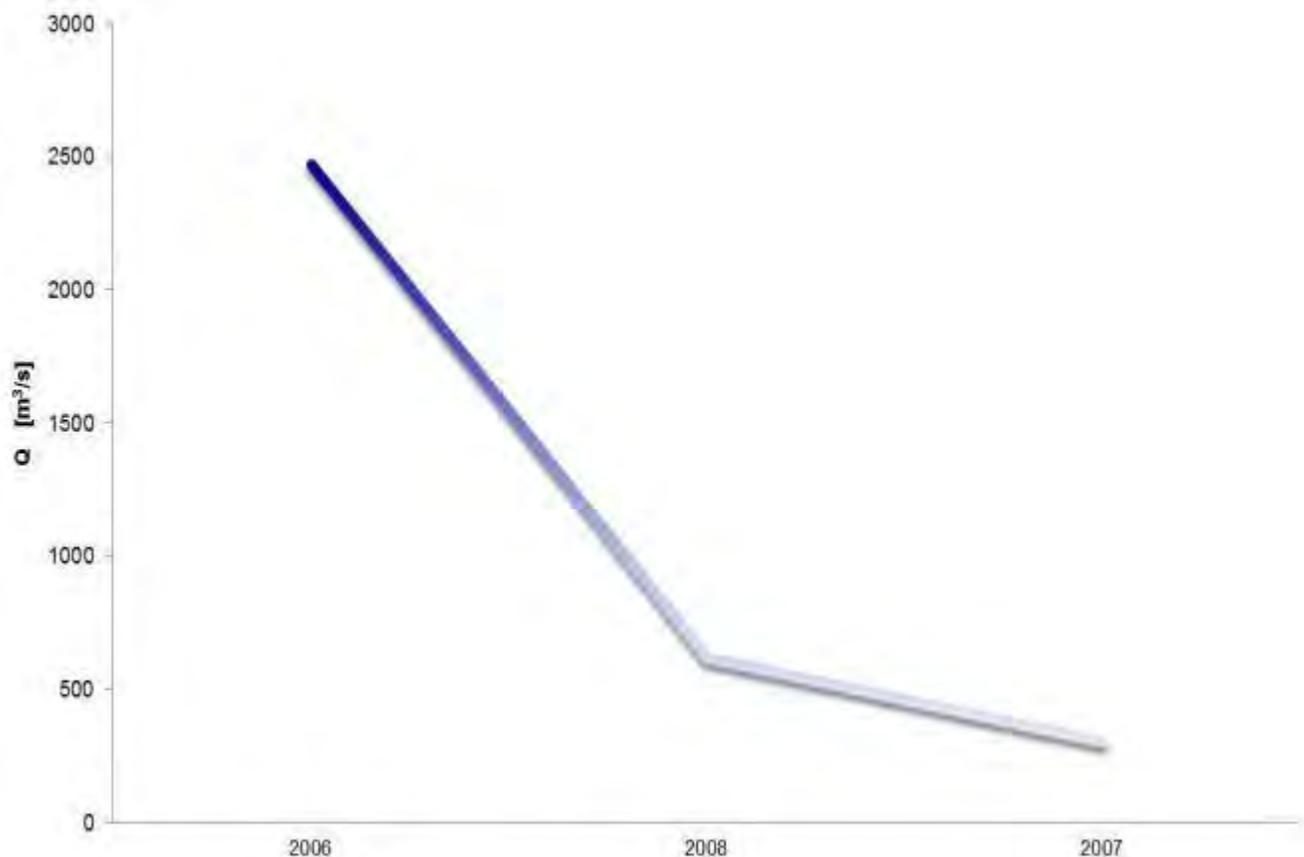
FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

En el año 2003 es donde se presenta el escurrimiento máximo para este periodo siendo el caudal de 1,089.33 m³/s. En el año 2000 también se presentó un caudal cercano al de 2003 que fue de 961.08 m³/s.

6.6.2.4 Caracterización hidrométrica para el periodo 2006-2008. Serie IV INEGI en la cuenca del río Presidio.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 11058, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE IV de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

GRAFICA 61. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE IV INEGI en la cuenca del Río Presidio.



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

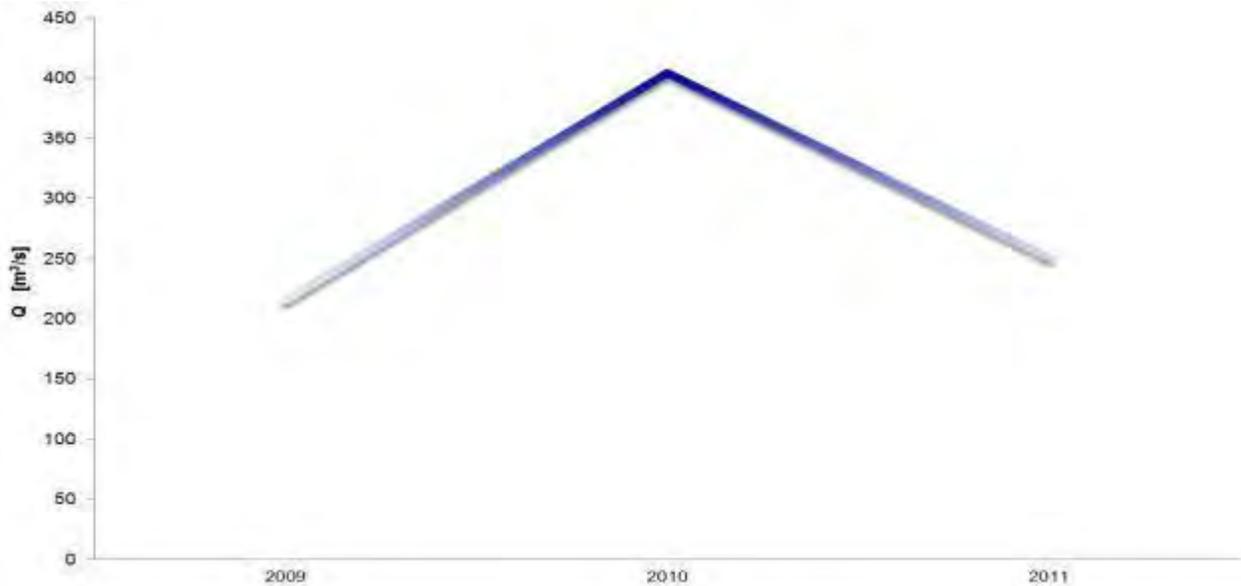
En el año 2006 es donde se presenta el escurrimiento máximo para este periodo siendo el caudal de 2,472.84 m³/s que es el máximo caudal registrado en todo el periodo de la estación Siqueros sin contar el ocurrido en el año 1968.

6.6.2.5 Caracterización hidrométrica para el periodo 2009-2011. Serie V INEGI en la cuenca del río Presidio.

A continuación se muestran los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica 11058, ocurridos en los años correspondientes a la SERIE V de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

En el año 2010 es donde se presenta el escurrimiento máximo para este periodo siendo el caudal de 404.74 m³/s, así como se muestra en la siguiente gráfica.

GRAFICA 62. Gastos máximos anuales en el periodo de SERIE V INEGI en la cuenca del Río Presidio.



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

6.7 Actividad d. Delimitar las unidades de paisaje en las cuencas o subcuencas de estudio de los años 1971 - 1986, 1993 - 1998, 1999 - 2005, 2006 - 2008 y 2009 - 2011 correspondientes a las Series I, II, III y V de CVUS de INEGI.

Para diferenciar y delimitar las distintas unidades de paisaje (UDP's) se realizó una diferenciación de los elementos básicos que componen el paisaje, utilizando cuatro de los elementos más importantes que lo componen: Relieve, Litología, Edafología y Tipos de Vegetación y uso de suelo.

Unidades Morfométricas del Relieve

Para determinar el relieve dentro de las cuencas se utilizó una aproximación a través de las Unidades Morfométricas del Relieve (UMR). El método constó de tres pasos: (1) *Construcción del mapa de la morfografía del relieve*; (2) *Elaboración del mapa de la disección vertical del terreno*; y (3) *Obtención del mapa de las UMR unidades morfométricas del relieve*. Los insumos utilizados para determinar las UMR se componen por información de curvas de nivel y un modelo digital de elevación. En este trabajo por la variabilidad en el tamaño y área de cubrimiento de las seis cuencas se optó por utilizar la información más detallada del relieve disponible, por lo que se recurrió a la información de las cartas topográficas de INEGI a escala 50,000 para las curvas de nivel con equidistancia de 20m y el continuo de elevaciones mexicano (CEM) 3.0 con resolución de 15m por pixel, también publicado por el INEGI. El procesamiento de los datos se realizó mediante un SIG.

1) Mapa de Morfografía del Relieve

Para generar el mapa de Morfografía del relieve (MMR) se procedió a calcular la densidad de las curvas de nivel por unidad de área (km/km²), obteniendo un raster (grid) que representa la densidad de curvas de nivel por área; en este paso es necesario tener en cuenta la escala de trabajo y la equidistancia de las curvas para poder definir adecuadamente las dimensiones del pixel de salida de la imagen, para escala 50,000 se utilizó un tamaño de pixel de 15 metros; además es necesario definir el radio de un área para la cual será calculada la densidad de

líneas en este proceso también es muy importante considerar la escala de trabajo; se utilizó 1 km² de tamaño de celda, es decir, 1, 000,000 m² y su radio es 564.189 m. Una vez que se definieron los parámetros a utilizar, se calculó la densidad por medio del método de Kernel, el raster resultante fue analizado y clasificado en intervalos mediante la aplicación de análisis estadístico utilizando la desviación estándar de los datos, con el objeto de obtener aquellos intervalos que mejor representaran la manifestación espacial del relieve; mediante ensayos de agrupación de valores y de número de intervalos se definió que ½ desviación estándar representa de manera general las variaciones del relieve dentro de las distintas cuencas.

2) Mapa de Disección Vertical del Terreno

Se elaboró a partir del Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0, el cual cuenta con un tamaño de celda o resolución de 15 m, al que se la aplicó un análisis estadístico de vecindad, mismo que permitió conocer la diferencia entre la altura máxima y mínima dentro de una malla de 1 km², obteniendo un raster con los valores de altura relativa, expresado en m/km².

3) Mapa de Unidades Morfométricas del Relieve

Para obtener el mapa de UMR's se utilizó la información de la morfografía del terreno y los valores de la Disección Vertical del Terreno (DVT); definiendo según los contornos o polígonos morfométricos la disección vertical obtenida, este procedimiento se realizó promediando los valores de la DVT en cada uno de los polígonos de la morfografía de cada una de las cuencas. Al mapa resultante se le aplicó una clasificación en 13 intervalos definidos por la Tabla 37., además se realizó una generalización espacial para reducir su complejidad y eliminar los polígonos menores al área mínima cartografiable (AMC)

Tabla 37. Clases que conforman la leyenda del mapa de las UMR's, con los valores de la DVT en m/km²

Clase	Tipos de Relieve
1	Planicies Subhorizontales (<2.5)
2	Planicies Onduladas Ligeramente Diseccionadas (2.5 - 5)
3	Planicies Onduladas Medianamente Diseccionadas (5 - 10)
4	Planicies Onduladas Fuertemente Diseccionadas (10 - 15)
5	Planicies Acolinadas Ligeramente Diseccionadas (15 - 20)
6	Planicies Acolinadas Medianamente Diseccionadas (20 - 30)
7	Planicies Acolinadas Fuertemente Diseccionadas (30 - 40)
8	Lomerios Ligeramente Diseccionados (40 - 60)
9	Lomerios Medianamente Diseccionados (60 - 80)

10	Lomerios Fuertemente Diseccionados (80 - 100)
11	Montañas Ligermente Diseccionadas (100 - 250)
12	Montañas Medianamente Diseccionadas (250 - 500)
13	Montañas Fuertemente Diseccionadas (>500)

Fuente

Litología

Para la información concerniente a la litología se utilizó el la información de la carta geológica escala 250,000 publicada por el INEGI, de la cual se extrajo la información correspondiente a cada una de las cuencas de estudio, realizando una generalización conceptual para permitir definir las clases de estudio

Edafología

Los tipos de suelo utilizados para delimitar las distintas UDP's fueron los correspondientes a la carta de Edafología generada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), escala 250,000, a la cual también se le extrajo la información correspondiente a cada cuenca y se le aplicó el proceso de generalización conceptual

Uso de Suelo y Vegetación

En el caso de la vegetación y uso de suelo se recurrió a las cartas o series escala 250,000 publicadas por el INEGI, con la intención de abarcar diferentes periodos de tiempo, la Serie I correspondiente a los años 1971-1986, la Serie II a los años 1993-1998, la Serie III a los años 1999-2005 la Serie IV a los años 2006-2008 y la Serie V a los años 2009-2011. Con la generalización conceptual se buscó reducir el amplio número de clases de vegetación, por lo cual se anexa la tabla de agregación de clases de vegetación por cuenca por serie. Para las capas correspondientes a la Litología, Edafología y Uso de Suelo y vegetación se aplicó un proceso de generalización espacial, misma que permitió eliminar los polígonos que no cumplieran con el concepto de área mínima cartografiable (AMC), principalmente en las zonas correspondientes a la línea de parteaguas de cada una de las cuencas, esto debido a la extracción de información que se realizó a cada una de las coberturas.

Obtención de las Unidades del Pasaje

Las UMR's sirvieron como base para delimitación, el relieve recibió la mayor jerarquía y por tanto fungió como unidades contenedoras de la información temática, se procedió a realizar los correspondientes cruces de información por medio un sistema de información geográfica permitiendo obtener polígonos con

características únicas al interior de cada una de las UMR's determinadas para cada cuenca, una vez más el mapa resultante se sometió a un proceso de generalización espacial que permitió eliminar los polígonos que no cumplieran con el AMC. El resultado de los cruces de información fueron las distintas UDP's así como las áreas que corresponden a cada una de ellas.

Dado que el contenido de la clasificación de Tipo de Vegetación en algunas Series de INEGI no es común entre ellas, a continuación se muestra la forma en que se agruparon para reducir el número de Unidades de Paisaje y que existiera una similitud con el tipo de vegetación para el cual se han desarrollado "Números de Curva" o "Coeficientes de Escurrimiento".

Tabla 38. Agrupación de tipo de vegetación

Bosques	Bosque de encino
	Bosque de pino
	Bosque de pino-encino
	Bosque mesófilo de montaña
	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino
	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino
	Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña
	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino
	Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña
	Selva
Selva mediana subcaducifolia	
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia	
Selva baja caducifolia	
Agricultura	Agrícola Pecuaría Forestal
	Agricultura de temporal anual
	Agricultura de temporal anual y permanente
	Agricultura de temporal permanente
Zona Urbana	Zona Urbana
	Asentamientos Humanos
Pastizal	Pastizal Halófilo
	Pastizal inducido
	Pastizal cultivado

Vegetación hidrófila	Manglar
	Tular

Leyenda

Para la leyenda se utilizaron las iniciales de los cuatro atributos con los cuales se obtuvieron las unidades del paisaje:

Unidades morfológicas del relieve: para este atributo se tomaron las iniciales de la forma del relieve y se le asignó un número del uno al tres dependiendo del grado de disección que tuvieran, siendo 1 ligeramente diseccionado y 3 fuertemente diseccionado.

Litología: en este caso se resumió la composición litológica en cuatro clases y se aplicó el mismo criterio de identificación.

Edafología: para la edafología el primer paso fue utilizar un criterio de agrupación que fuera consistente con la metodología aplicada para la obtención del coeficiente de escurrimiento.

Cobertura vegetal y uso de suelo: Al igual que en los atributos anteriores se tomaron las iniciales de las clases previamente agrupadas.

En la siguientes tablas se muestra las abreviaciones.

Tabla.....

ATRIBUTO	CLAVE
Planicies Onduladas Ligeramente Diseccionadas (2.5 - 5)	PO1
Planicies Onduladas Medianamente Diseccionadas (5 - 10)	PO2
Planicies Onduladas Fuertemente Diseccionadas (10 - 15)	PO3
Planicies Acolinadas Ligeramente Diseccionadas (15 - 20)	PA1
Planicies Acolinadas Medianamente Diseccionadas (20 - 30)	PA2
Planicies Acolinadas Fuertemente Diseccionadas (30 - 40)	PA3
Lomeríos Ligeramente Diseccionados (40 - 60)	L1

Lomeríos Medianamente Diseccionados (60 - 80)	L2
Lomeríos Fuertemente Diseccionados (80 - 100)	L3

Montañas Ligeramente Diseccionadas (100 - 250)	M1
Montañas Medianamente Diseccionadas (250 - 500)	M2
Montañas Fuertemente Diseccionadas (>500)	M3

Tabla.....

ATRIBUTO	CLAVE
SEDIMENTARIAS	S
METAMORFICAS	M
IGNEAS	I
NO APLICA	NA

Tabla.....

ATRIBUTO	CLAVE
CAMBISOL EUTRICO, CAMBISOL CROMICO	CEC
CAMBISOL VERTICO	CV
CAMBISOL DISTRICO	CD
CAMBISOL EUTRICO	CE
CAMBISOL CROMICO	CC
FEUZEM HAPLICO	FH
REGOZOL EUTRICO	RE
LITOSOL	L
ANDOSOL HUMICO	ANH
SOLONCHAK GLEYIO	SG
ACRISOL ORTICO	AO
ACRISOL HUMICO	AH
ACRISOLORTICO, ACRISOL HUMICO	AOH

ATRIBUTO	CLAVE
AGRICULTURA	A
BOSQUE	B
CUERPO DE AGUA	CA

OTRO TIPO DE VEGETACION	O
PASTIZAL	P
SIN VEGETACION	SV
SELVA	S
VEGETACION HIDROFILA	VH
ZONA URBANA	ZU

6.7.1 Delimitación de las Unidades del paisaje en la cuenca del río Sabana de los 5 periodos 1971 - 1986, 1993 - 1998, 1999 - 2005, 2006 - 2008 y 2009 - 2011

Para la Serie I de INEGI se obtuvieron 68 unidades del paisaje las cuales están conformadas por tres tipos de relieve, Planicies, Montañas y Lomeríos, los cuales presentan diferentes grados de disección vertical, presentan dos tipos de Roca, ígneas y metamórficas, contienen cinco tipos de suelo (Regosol Útrico, Cambisol Étrico, Feozem háplico, Cambisol Dítrico y Solonchak Gleyico), persistiendo en ellos cinco tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Vegetación Hidrófila, Agricultura, Selva), cuenta también con cuerpos de agua. La unidad del paisaje con mayor extensión dentro de la cuenca fueron las Planicies acolinadas ligeramente diseccionadas sin tipo de roca, suelo Feozem Háplico y cubiertas por vegetación de agricultura (PA1_NA_FH_A) le siguen las Montañas ligeramente diseccionadas conformadas por rocas metamórficas, suelo Regosol Étrico, cubiertos por selva (M1_M_RE_S). Cabe mencionar que los mayores porcentajes de área están cubiertos por unidades de paisaje UDPs con cobertura vegetal de agricultura selva y bosque.

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

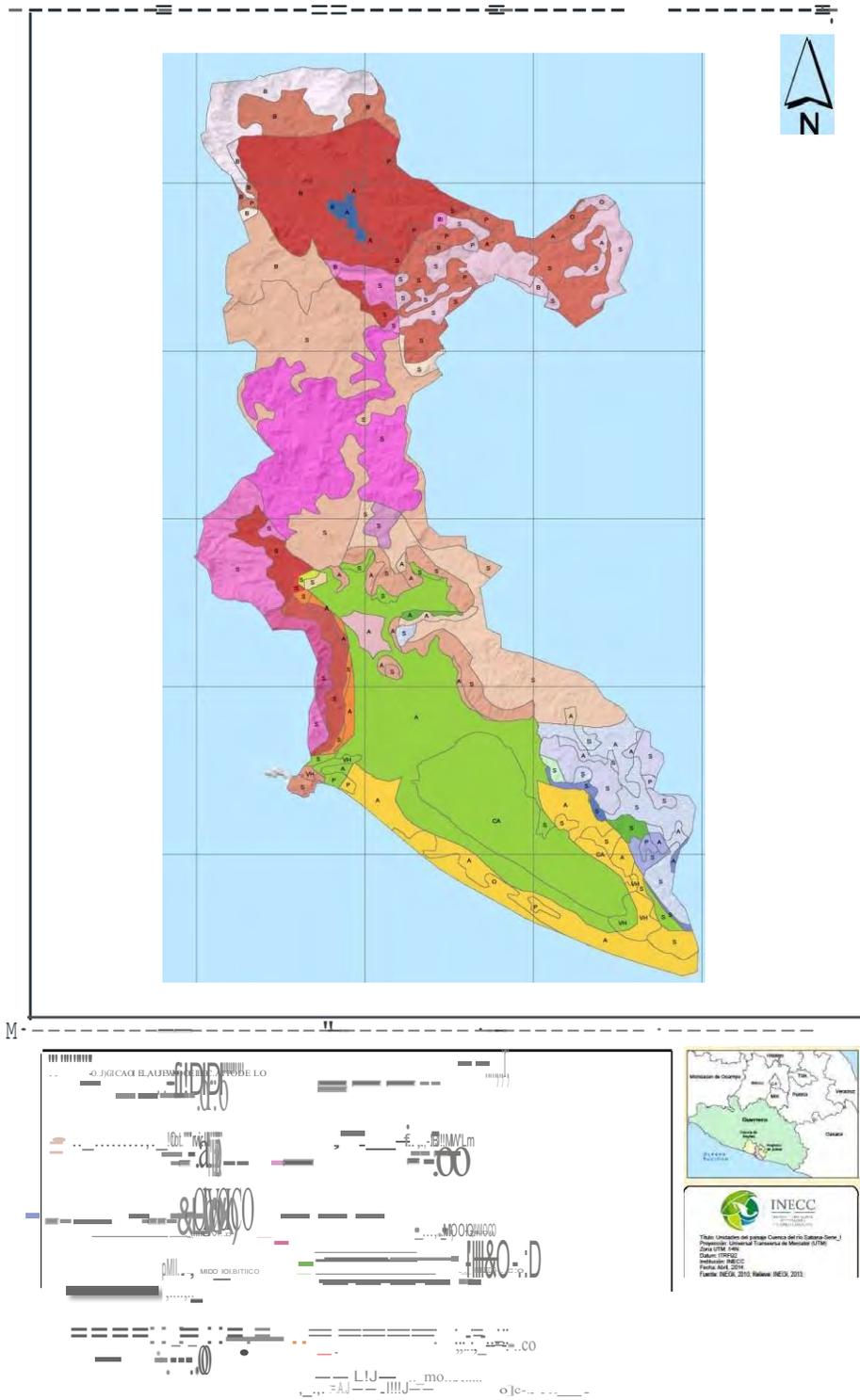
Tabla 39. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE I en cuenca del río Sabana.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
L1_NA_FH_A	454.900	M1_I_CE_A	330.947	M1_NA_FH_S	1932.735	PA1_M_FH_A	104.052
L1_NA_RE_S	87.110	M1_I_CE_B	45.149	M1_NA_SG_S	152.454	PA1_M_FH_S	246.376
L2_I_RE_A	225.756	M1_I_CE_O	168.845	M1_NA_SG_VH	84.323	PA1_NA_FH_A	8687.140
L2_I_RE_B	55.218	M1_I_CE_P	533.870	M2_I_CE_A	77.084	PA1_NA_FH_CA	5539.765
L2_M_FH_A	1009.164	M1_I_CE_S	3177.873	M2_I_CE_B	131.783	PA1_NA_FH_P	83.802
L2_M_FH_S	1817.276	M1_I_FH_A	129.921	M2_I_CE_O	147.247	PA1_NA_FH_S	592.476
L2_M_SG_A	87.664	M1_I_FH_S	941.353	M2_I_CE_P	61.203	PA1_NA_FH_VH	341.939
L2_M_SG_P	96.041	M1_I_RE_A	353.397	M2_I_CE_S	2873.545	PA1_NA_RE_S	61.878
L2_M_SG_S	205.416	M1_I_RE_B	6828.176	M2_I_FH_S	702.358	PA1_NA_SG_A	3567.228
L2_NA_FH_A	52.128	M1_I_RE_P	144.230	M2_I_RE_B	183.603	PA1_NA_SG_CA	231.231
L2_NA_FH_S	200.357	M1_I_RE_S	1329.955	M2_I_RE_S	3179.848	PA1_NA_SG_O	810.830
L2_NA_SG_S	73.822	M1_M_CD_B	63.352	M2_M_FH_S	349.820	PA1_NA_SG_P	154.696
L3_M_FH_A	194.605	M1_M_CE_S	219.175	M2_M_RE_S	6988.848	PA1_NA_SG_S	797.412
L3_M_FH_P	50.128	M1_M_FH_A	294.226	M3_I_CD_B	2598.491	PA1_NA_SG_VH	409.007
L3_M_FH_S	1244.132	M1_M_FH_S	4471.789	M3_I_RE_B	92.583		
L3_NA_FH_S	109.452	M1_M_RE_B	1932.389	PA1_I_FH_A	307.271		

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE I de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Río Sabana para el periodo 1971-1986 correspondiente a la SERIE I de INEGI.

FIGURA 27. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Sabana resultantes con SERIE I.



FUENTE: Elaboración propia en base a la Serie I de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie II de INEGI se obtuvieron 76 unidades del paisaje las cuales

mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cinco tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva y Vegetación hidrófila)

están presentes en porcentajes menores zonas que entran dentro de la agrupación de otro tipo de vegetación, cuenta también con cuerpos de agua y se presentan zona urbanas. En esta serie se nota un cambio en las unidades del paisaje UDPs ya que la unidad del paisaje Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas metamórficas, suelo Regosol útrico, cubiertos por selva (M2_M_RE_S) disminuye su área y se presenta en mayor porcentaje Montañas ligeramente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Regosol útrico, cubiertos por bosque (M1_I_RE_B).

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

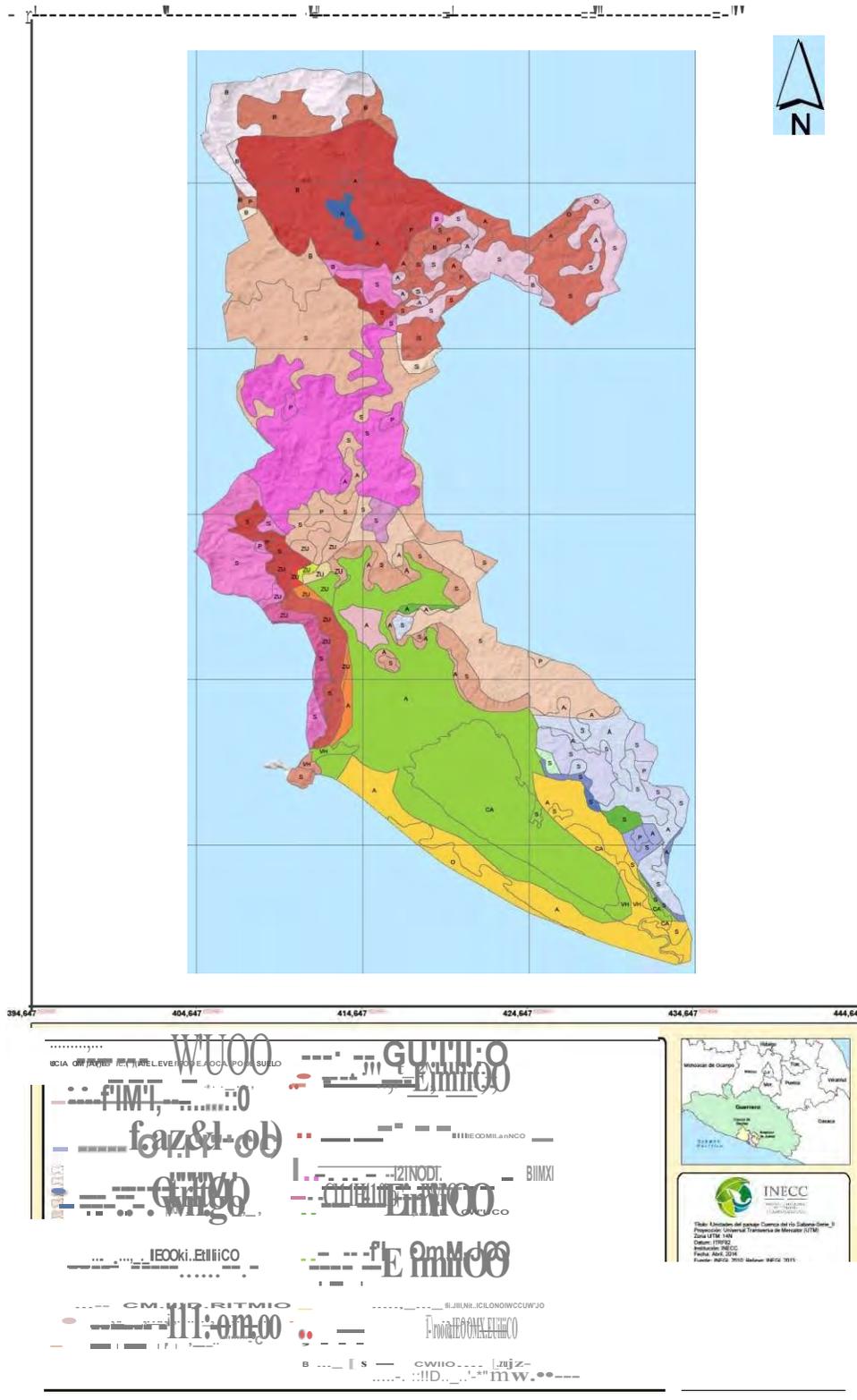
Tabla 40. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE II en cuenca del río Sabana.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
L1_NA_FH_A	454.900	M1_I_CE_O	169.552	M1_M_RE_ZU	269.606	M2_M_RE_S	6645.616
L1_NA_RE_ZU	113.944	M1_I_CE_P	363.300	M1_NA_FH_A	484.635	M3_I_CD_B	2633.470
L2_I_RE_A	272.602	M1_I_CE_S	2824.174	M1_NA_FH_S	1911.182	M3_I_RE_B	92.583
L2_M_FH_A	1193.610	M1_I_FH_S	115.261	M1_NA_FH_ZU	96.096	PA1_I_FH_A	265.362
L2_M_FH_S	1650.793	M1_I_FH_ZU	988.138	M1_NA_SG_S	163.229	PA1_I_FH_ZU	164.953
L2_M_SG_A	98.940	M1_I_RE_A	563.879	M1_NA_SG_VH	88.014	PA1_I_RE_ZU	67.126
L2_M_SG_P	97.953	M1_I_RE_B	6841.418	M2_I_CE_A	404.049	PA1_M_FH_A	103.513
L2_M_SG_S	187.716	M1_I_RE_P	163.133	M2_I_CE_B	108.653	PA1_M_FH_S	261.867
L2_NA_FH_A	55.137	M1_I_RE_S	778.884	M2_I_CE_O	146.477	PA1_NA_FH_A	8736.481
L2_NA_FH_S	198.099	M1_I_RE_ZU	299.464	M2_I_CE_S	2654.391	PA1_NA_FH_CA	5802.169
L2_NA_SG_S	72.917	M1_M_CD_B	63.352	M2_I_FH_S	446.578	PA1_NA_FH_S	144.955
L3_M_FH_A	102.611	M1_M_CE_S	219.175	M2_I_FH_ZU	255.452	PA1_NA_FH_VH	376.696
L3_M_FH_P	94.624	M1_M_FH_A	360.744	M2_I_RE_B	188.319	PA1_NA_FH_ZU	228.309
L3_M_FH_S	1269.773	M1_M_FH_P	69.845	M2_I_RE_P	44.306	PA1_NA_RE_ZU	65.483
L3_NA_FH_S	110.611	M1_M_FH_S	4316.927	M2_I_RE_S	3080.431	PA1_NA_SG_A	4064.953
M1_I_CD_B	1608.491	M1_M_RE_A	228.049	M2_I_RE_ZU	109.772	PA1_NA_SG_CA	544.414

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Sabana para el el periodo 1999-2005 correspondiente a la SERIE III de INEGI.

FIGURA 28. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Sabana resultantes con SERIE II.



FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE 11 de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie III de INEGI se obtuvieron 71 unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cinco tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva y Vegetación hidrófila) desaparecen las zonas que entran dentro de la agrupación de otro tipo de vegetación, cuenta también con cuerpos de agua y se presentan zona urbanas. La unidad del paisaje con mayor extensión dentro de la cuenca siguen siendo las Planicies acolinadas ligeramente diseccionadas sin tipo de roca, suelo feozem háplico y cubiertas por vegetación de agricultura (PA1_NA_FH_A) En esta serie se la unidad del paisaje Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas metamórficas, suelo Regosol útrico, cubiertos por selva (M2_M_RE_S).

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

Tabla 41. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE III en cuenca del río Sabana.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
L1_NA_FH_A	454.900	M1_I_FH_ZU	1118.460	M1_NA_SG_S	102.100	PA1_M_FH_A	149.388
L1_NA_RE_ZU	82.904	M1_I_RE_A	2065.853	M1_NA_SG_ZU	119.865	PA1_M_FH_S	166.543
L2_I_RE_A	287.929	M1_I_RE_B	5546.833	M2_I_CE_A	1114.479	PA1_NA_FH_A	7749.309
L2_M_FH_A	1349.921	M1_I_RE_S	535.815	M2_I_CE_B	1325.505	PA1_NA_FH_CA	5814.138
L2_M_FH_S	1405.545	M1_I_RE_ZU	456.010	M2_I_CE_P	768.338	PA1_NA_FH_S	69.464
L2_M_FH_ZU	65.925	M1_M_CD_B	63.352	M2_I_FH_S	332.873	PA1_NA_FH_VH	302.192
L2_M_SG_A	319.518	M1_M_CE_A	107.280	M2_I_FH_ZU	349.289	PA1_NA_FH_ZU	1326.636
L2_M_SG_S	58.798	M1_M_CE_S	112.106	M2_I_RE_A	78.979	PA1_NA_RE_ZU	96.523
L2_NA_FH_A	109.691	M1_M_FH_A	2220.509	M2_I_RE_B	477.146	PA1_NA_SG_A	3085.711
L2_NA_FH_S	179.764	M1_M_FH_S	2524.926	M2_I_RE_S	2443.927	PA1_NA_SG_CA	626.122
L2_NA_SG_S	65.055	M1_M_RE_A	3410.447	M2_I_RE_ZU	410.972	PA1_NA_SG_P	533.316
L3_M_FH_A	215.200	M1_M_RE_B	1460.832	M2_M_FH_S	349.820	PA1_NA_SG_S	234.366
L3_M_FH_S	1260.324	M1_M_RE_S	3353.690	M2_M_RE_A	1039.123	PA1_NA_SG_VH	424.737
L3_NA_FH_S	129.904	M1_M_RE_SV	140.542	M2_M_RE_S	5946.624	PA1_NA_SG_ZU	1155.988
M1_I_CD_B	1696.166	M1_M_RE_ZU	998.567	M3_I_CD_B	2598.922		
M1_I_CE_A	3383.327	M1_NA_FH_A	1623.765	M3_I_RE_B	92.583		

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE III de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Sabana para el periodo 1999-2005 correspondiente a la SERIE III de INEGI.

Análisis de la relación entre la precipitación máxima anual, el cambio de uso de suelo y la respuesta hidrológica en cuencas costeras del Pacífico Tropical Mexicano.

FUENTE: Elaboración propia en base a la SERIE III de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Las series IV y V se mantienen constantes con los resultados encontrados en las anteriores y a pesar de que los porcentajes de las unidades del paisaje predominantes se mantienen altos con respecto a las demás se puede notar un claro incremento dentro de las unidades del paisaje que presentan una cobertura vegetal agrícola, mientras que las que tienen selvas y bosque muestran un decremento.

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

Tabla 42. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE IV en cuenca del río Sabana.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
PA1_NA_SG_ZU	1208.602	M3_I_CD_B	2598.922	M1_NA_FH_S	1636.980	M1_I_CE_B	695.084
PA1_NA_SG_VH	438.481	M2_M_RE_SV	63.117	M1_NA_FH_A	555.179	M1_I_CE_A	3464.269
PA1_NA_SG_S	330.262	M2_M_RE_S	5840.575	M1_M_RE_ZU	1045.566	M1_I_CD_B	1696.166
PA1_NA_SG_P	523.131	M2_M_RE_A	1024.134	M1_M_RE_SV	118.737	L3_NA_FH_S	106.953
PA1_NA_SG_CA	627.373	M2_M_FH_S	349.820	M1_M_RE_S	2964.853	L3_M_FH_S	1252.380
PA1_NA_SG_A	2915.964	M2_I_RE_ZU	415.970	M1_M_RE_B	1324.607	L3_M_FH_A	213.389
PA1_NA_RE_ZU	96.523	M2_I_RE_S	2286.246	M1_M_RE_A	3952.869	L2_NA_SG_S	74.466
PA1_NA_FH_ZU	1658.551	M2_I_RE_B	503.905	M1_M_FH_S	4348.772	L2_NA_FH_S	209.807
PA1_NA_FH_VH	315.178	M2_I_RE_A	130.562	M1_M_FH_A	360.621	L2_NA_FH_A	52.445
PA1_NA_FH_S	125.952	M2_I_FH_ZU	315.853	M1_M_CE_S	113.634	L2_M_SG_S	72.610
PA1_NA_FH_CA	5811.501	M2_I_FH_S	338.840	M1_M_CE_A	105.542	L2_M_SG_A	312.467
PA1_NA_FH_A	7411.023	M2_I_FH_B	46.376	M1_M_CD_B	63.352	L2_M_FH_ZU	74.105
PA1_M_FH_S	207.851	M2_I_CE_B	2352.137	M1_I_RE_ZU	440.299	L2_M_FH_S	1602.825
PA1_M_FH_A	112.475	M2_I_CE_A	906.321	M1_I_RE_S	469.847	L2_M_FH_A	1191.745
PA1_I_RE_ZU	67.126	M1_NA_SG_ZU	112.271	M1_I_RE_B	5876.222	L2_I_RE_A	287.929
PA1_I_FH_ZU	306.156	M1_NA_SG_S	109.171	M1_I_RE_A	1882.059	L1_NA_RE_ZU	82.904

FUENTE: Elaboración propia en base a la Serie IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Sabana para el periodo 2006-2008 correspondiente a la SERIE IV de INEGI.

FIGURA 30. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Sabana resultantes con SERIE II.

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje UDPs.

Tabla 43. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE V en cuenca del río Sabana.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
PA1_NA_SG_ZU	1418.490	M2_M_RE_S	5840.575	M1_M_RE_ZU	1045.566	M1_I_CE_A	3464.269
PA1_NA_SG_VH	432.013	M2_M_RE_P	606.313	M1_M_RE_SV	108.764	M1_I_CD_B	1696.166
PA1_NA_SG_S	330.262	M2_M_RE_A	375.617	M1_M_RE_S	2974.826	L3_NA_FH_S	106.953
PA1_NA_SG_P	306.769	M2_M_FH_S	349.820	M1_M_RE_P	814.802	L3_M_FH_S	1252.380
PA1_NA_SG_CA	627.373	M2_I_RE_ZU	415.970	M1_M_RE_B	1324.607	L3_M_FH_P	171.973
PA1_NA_SG_A	2927.616	M2_I_RE_S	2286.246	M1_M_RE_A	3180.271	L3_M_FH_A	41.416
PA1_NA_RE_ZU	96.523	M2_I_RE_P	43.300	M1_M_FH_S	4348.772	L2_NA_SG_S	74.466
PA1_NA_FH_ZU	1658.551	M2_I_RE_B	503.905	M1_M_FH_P	46.066	L2_NA_FH_S	209.807
PA1_NA_FH_VH	315.178	M2_I_RE_A	87.262	M1_M_FH_A	314.555	L2_NA_FH_A	52.445
PA1_NA_FH_S	125.952	M2_I_FH_ZU	315.853	M1_M_CE_S	113.634	L2_M_SG_S	81.678
PA1_NA_FH_CA	5811.501	M2_I_FH_S	338.840	M1_M_CE_A	105.542	L2_M_SG_P	154.571
PA1_NA_FH_A	7411.023	M2_I_FH_B	46.376	M1_M_CD_B	63.352	L2_M_SG_A	150.119
PA1_M_FH_S	207.851	M2_I_CE_B	2352.137	M1_I_RE_ZU	440.299	L2_M_FH_ZU	74.105
PA1_M_FH_A	112.475	M2_I_CE_A	906.321	M1_I_RE_S	469.847	L2_M_FH_S	1602.825
PA1_I_RE_ZU	67.126	M1_NA_SG_ZU	112.271	M1_I_RE_P	113.809	L2_M_FH_P	242.735
PA1_I_FH_ZU	306.156	M1_NA_SG_S	109.171	M1_I_RE_B	5876.222	L2_M_FH_A	949.010

FUENTE: Elaboración propia en base a la SERIE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Sabana para el periodo 2009-2011 correspondiente a la SERIE V de INEGI.

Análisis de la relación entre la precipitación máxima anual, el cambio de uso de suelo y la respuesta hidrológica en cuencas costeras del Pacífico Tropical Mexicano.

FUENTE: Elaboración propia en base a SERIE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

6.7.2 Delimitación de las Unidades del paisaje en la cuenca del río Atoyac de los 5 periodos 1971 - 1986, 1993 - 1998, 1999 - 2005, 2006 - 2008 y 2009 - 2011

La cuenca del río Atoyac nace en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, al suroeste del estado de Guerrero, cuenta con una superficie de 879 km² dentro de la cual se encuentran principalmente dentro de los municipios de Atoyac de Álvarez y Benito Juárez.

Para la Serie I de INEGI se obtuvieron 61 unidades del paisaje las cuales están conformadas por tres tipos de relieve, Planicies, Montañas y lomeríos, los cuales presentan diferentes grados de disección vertical, presentan dos tipos de Roca, ígneas y metamórficas, contienen ocho tipos de suelo (Acrisol Húmico, Acrisol Órtico, Andosol Húmico, Cambisol dístico, Cambisol étrico, Cambisol Crómico, Feozem háplico y Solonchak Gleyico), persistiendo en ellos cuatro tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura y Selva). La UDP unidad del paisaje con mayor extensión dentro de la cuenca fueron las Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo cambisol dístico y cubiertas por vegetación de bosque (M2_I_CD_B). Por otra parte la que presenta menor área fue la conformada por Lomeríos medianamente diseccionados, formada por rocas metamórficas con dos tipos de suelo Acrisol Órtico y Andosol Húmico, cubiertos por selva (L2_M_AHO_S). En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje. En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Atoyac para el año 1976 correspondiente a la SERIE I de INEGI.

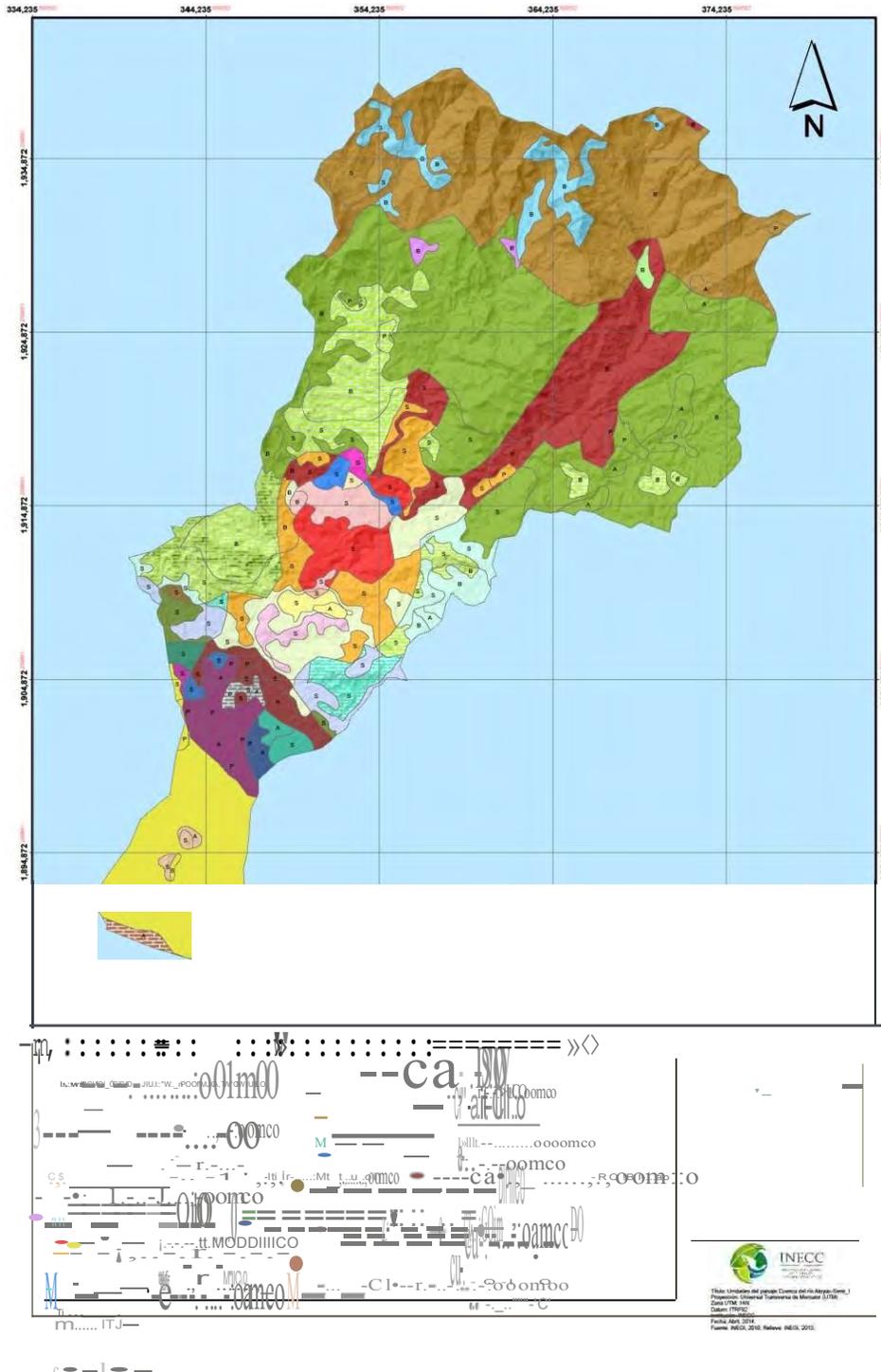
Tabla 44. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE I en cuenca del río Atoyac.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
L1_I_AHO_S	581.796	M1_I_CD_B	5372.762	M2_M_AHO_S	346.880	PO1_I_AHO_A	77.638
L2_I_AHO_A	116.051	M1_I_CD_P	192.537	M2_M_CD_S	168.352	PO1_I_AHO_P	109.050
L2_I_AHO_S	336.833	M1_I_CD_S	3156.066	M3_I_ANH_B	1926.278	PO1_I_AHO_S	42.438
L2_M_AHO_S	40.486	M1_I_CEC_S	1001.506	M3_I_ANH_S	431.274	PO1_M_AHO_A	281.130
L3_I_AHO_B	62.537	M1_M_HO_S	2069.737	M3_I_CD_B	234.893	PO1_M_AHO_P	65.931
L3_I_AHO_S	2947.074	M2_I_AHO_B	5145.502	M3_I_HO_B	152.857	PO1_NA_AHO_A	1102.457
L3_I_CD_A	95.013	M2_I_AHO_P	489.906	PA2_I_AHO_A	391.581	PO1_NA_AHO_P	747.559
L3_I_CD_B	738.451	M2_I_AHO_S	1460.876	PA2_I_AHO_P	139.811	PO1_NA_FH_A	6939.702
L3_I_CD_S	1051.258	M2_I_ANH_A	161.387	PA2_I_AHO_S	768.490	PO1_NA_FH_P	76.679
L3_I_CEC_S	1308.002	M2_I_ANH_B	16805.785	PA2_I_CD_S	102.945	PO1_NA_FH_S	115.646
L3_M_AHO_B	99.331	M2_I_ANH_P	57.439	PA2_I_CEC_S	505.029	PO1_NA_SG_A	259.704
L3_M_AHO_S	1019.513	M2_I_ANH_S	1512.104	PA2_I_FH_S	256.704	PO2_NA_FH_A	69.234
L3_M_CD_S	66.741	M2_I_CD_A	1082.364	PA2_M_AHO_A	219.640	PO2_NA_FH_S	145.142
M1_I_AHO_B	329.213	M2_I_CD_B	20283.216	PA2_M_AHO_S	315.661		
M1_I_AHO_P	95.561	M2_I_CD_P	446.878	PA2_NA_AHO_S	200.717		
M1_I_AHO_S	3134.419	M2_I_CD_S	2930.076	PA2_NA_FH_S	87.759		

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE 1 de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Atoyac para el periodo 1971-1986 correspondiente a la SERIE 1 de INEGI.

FIGURA 32. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Atoyac resultantes con SERIE I.



Para la Serie II de INEGI se obtuvieron 77 unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cuatro tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva) en esta serie se encuentra la zona urbana, un quinto tipo de cobertura que no se presentó anteriormente. La UDP unidad del paisaje con mayor extensión dentro de la cuenca sigue siendo las Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Cambisol Dístico y cubiertas por vegetación de bosque (M2_I_CD_B). para esta serie cabe resaltar que se pierden 10 unidades del paisaje y se ganaron 23, ambas se resumen en la siguiente tabla.

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

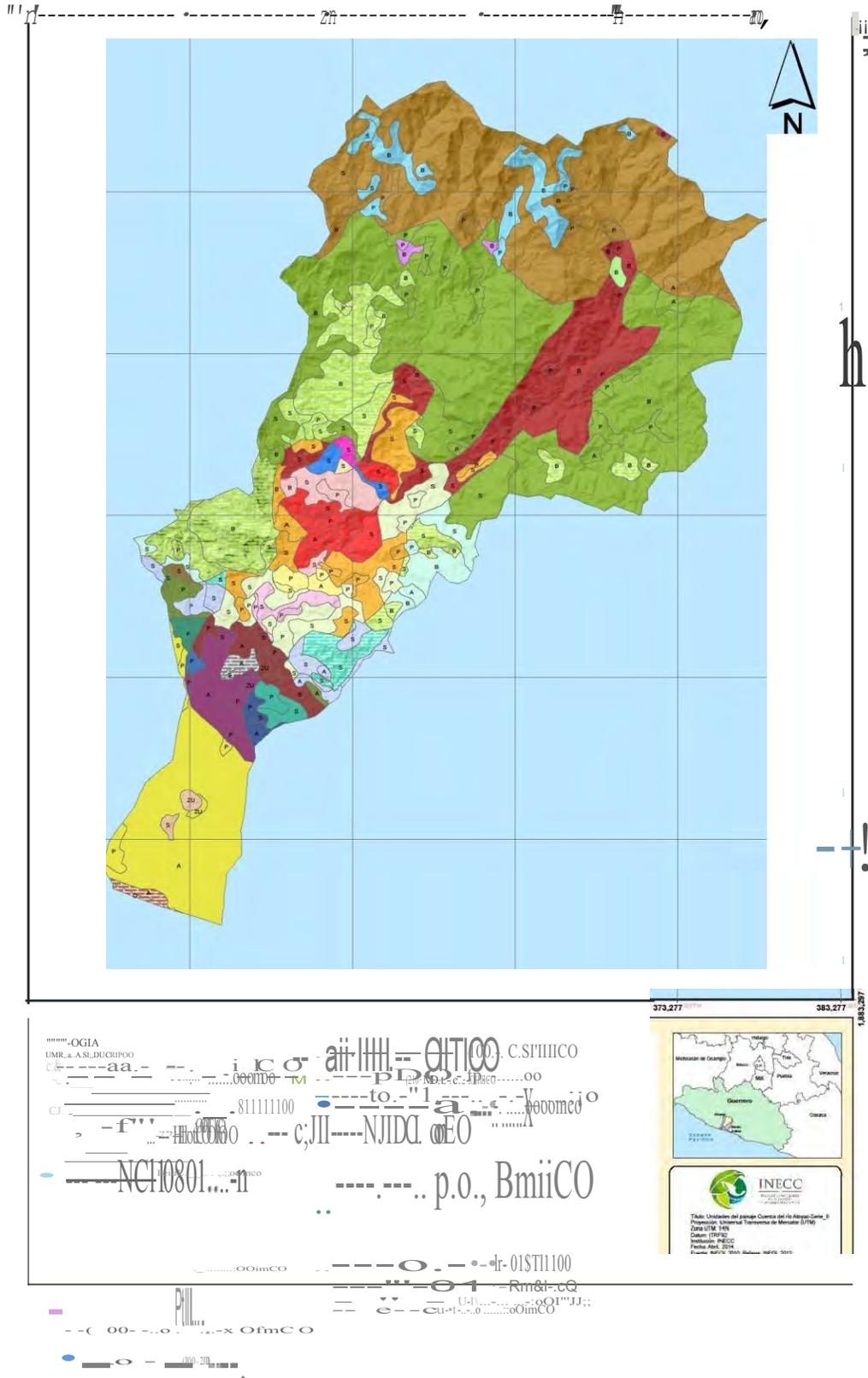
Tabla 45. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE II en cuenca del río Atoyac.

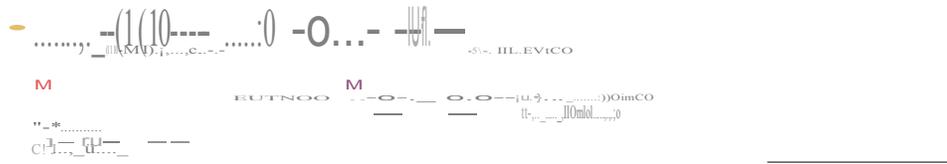
CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
L1_I_AHO_P	113.537	L3_M_AHO_S	906.189	M2_I_ANH_A	157.054	PA2_I_AHO_ZU	162.085
L1_I_AHO_S	451.803	L3_M_CD_S	66.741	M2_I_ANH_B	16264.861	PA2_I_CD_S	102.945
L2_I_AHO_A	174.349	M1_I_AHO_A	239.203	M2_I_ANH_P	698.926	PA2_I_CEC_A	75.539
L2_I_AHO_P	272.472	M1_I_AHO_B	152.788	M2_I_ANH_S	1403.157	PA2_I_CEC_P	379.389
L2_I_AHO_S	54.175	M1_I_AHO_P	411.437	M2_I_CD_A	333.020	PA2_I_CEC_S	50.102
L3_I_AHO_P	853.934	M1_I_AHO_S	2743.923	M2_I_CD_B	20230.878	PA2_I_FH_P	272.621
L3_I_AHO_S	2070.608	M1_I_CD_B	5765.537	M2_I_CD_P	1341.290	PA2_M_AHO_P	244.087
L3_I_CD_A	124.299	M1_I_CD_P	423.180	M2_I_CD_S	2806.936	PA2_M_AHO_S	282.732
L3_I_CD_B	850.310	M1_I_CD_S	2592.121	M2_M_AHO_S	346.880	PA2_NA_AHO_P	127.781
L3_I_CD_P	65.614	M1_I_CEC_S	1001.506	M2_M_CD_S	168.352	PO1_I_AHO_A	217.137
L3_I_CD_S	753.811	M1_M_AHO_A	172.407	M3_I_ANH_B	1910.916	PO1_I_AHO_S	52.870
L3_I_CEC_A	205.866	M1_M_AHO_P	405.264	M3_I_ANH_S	248.852	PO1_M_AHO_A	153.493
L3_I_CEC_P	220.721	M1_M_AHO_S	1525.915	M3_I_CD_B	166.672	PO1_M_AHO_P	151.038
L3_I_CEC_S	918.159	M2_I_AHO_B	4756.827	PA2_I_AHO_A	381.915	PO1_M_AHO_S	67.939
L3_M_AHO_B	96.553	M2_I_AHO_P	1046.711	PA2_I_AHO_P	240.134	PO1_NA_AHO_A	1478.656
L3_M_AHO_P	164.594	M2_I_AHO_S	1339.523	PA2_I_AHO_S	502.834	PO1_NA_AHO_P	247.934
PO1_NA_AHO_S	73.487	PO1_NA_FH_S	86.928	PO1_NA_SG_A	173.679	PO2_NA_FH_S	102.196
PO1_NA_AHO_ZU	70.496	PO1_NA_FH_ZU	68.897	PO1_NA_SG_O	75.186	PO2_NA_FH_ZU	135.036
PO1_NA_FH_A	6637.033	PO1_NA_FH_P	398.922				

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Atoyac para el periodo 1993-1998 correspondiente a la SERIE II de INEGI.

FIGURA 33. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Atoyac resultantes con SERIEII.





FUENTE: Elaboración propia en base a la SERIE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie III de INEGI se obtuvieron 38 unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cinco tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva, Zona Urbana) en esta serie se encuentra la vegetación hidrófila, un sexto tipo de cobertura que no se presentó anteriormente. La UDP unidad del paisaje con mayor extensión dentro de la cuenca sigue siendo las Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Cambisol Dístrico y cubiertas por vegetación de bosque (M2_I_CD_B), sin embargo también persisten las Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Andosol Húmico cubiertas por vegetación de bosque (M2_I_ANH_B). Para esta serie se pierden 7 unidades y se ganan 8, ambas se resumen en la siguiente tabla.

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

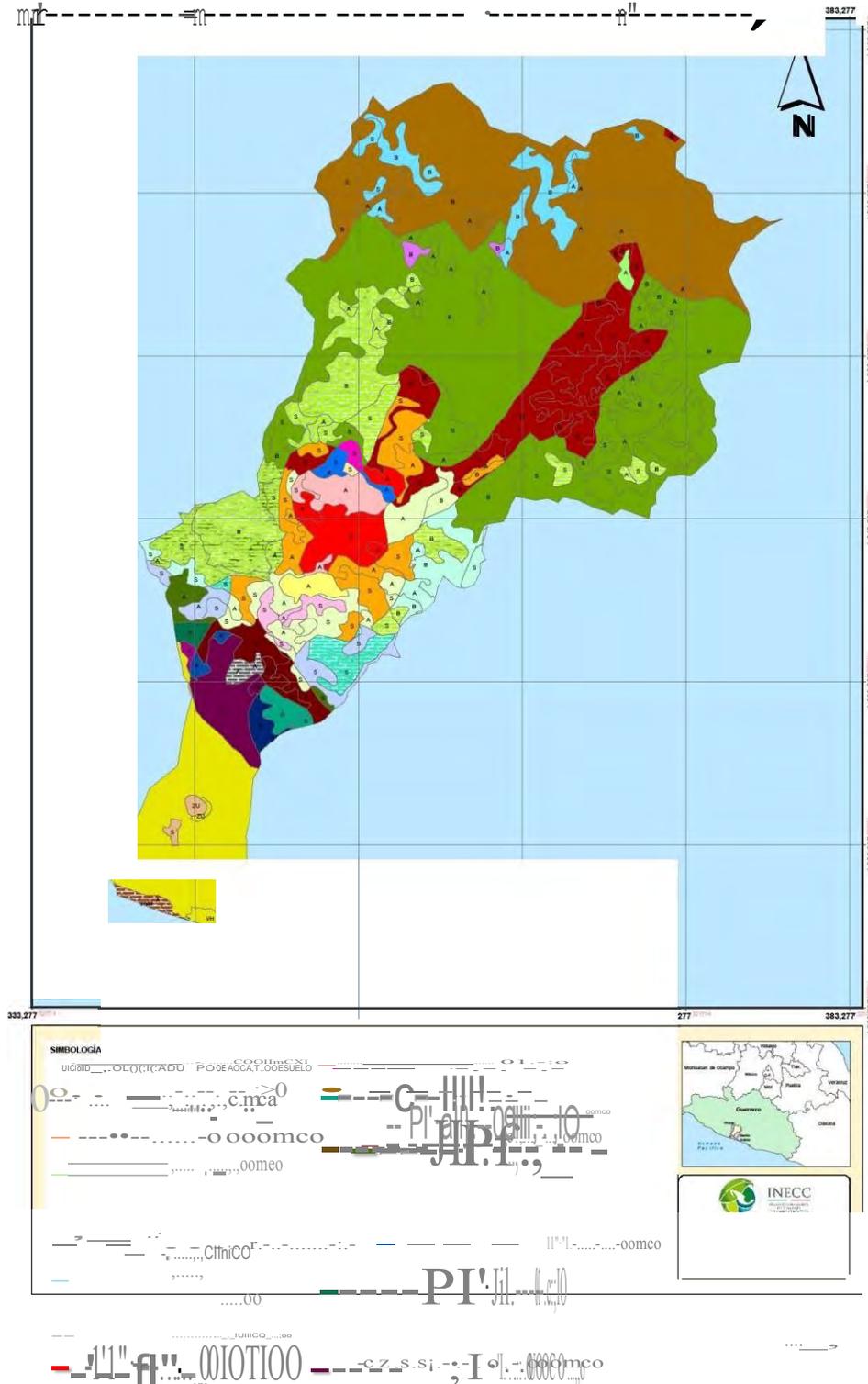
Tabla 46. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE III en cuenca del río Atoyac.

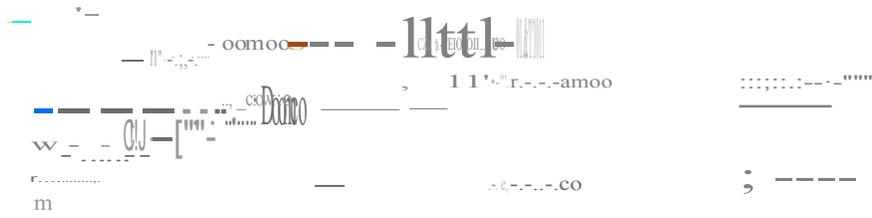
CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
L1_I_AHO_A	52.215	M1_I_CD_A	672.809	M2_M_CD_S	168.460	PA2_NA_AHO_A	186.774
L1_I_AHO_S	518.477	M1_I_CD_B	5384.237	M3_I_AHO_A	142.796	PA2_NA_FH_A	87.759
L2_I_AHO_A	492.904	M1_I_CD_S	2720.679	M3_I_AHO_B	136.265	PO1_I_AHO_A	273.475
L3_I_AHO_A	1509.613	M1_I_CEC_S	1001.506	M3_I_ANH_A	285.376	PO1_M_AHO_A	374.320
L3_I_AHO_B	299.052	M1_M_AHO_A	1770.950	M3_I_ANH_B	1867.576	PO1_NA_AHO_A	1760.253
L3_I_AHO_S	1176.728	M1_M_AHO_S	279.945	M3_I_ANH_P	263.328	PO1_NA_AHO_ZU	74.446
L3_I_CD_A	289.251	M2_I_AHO_A	2756.946	M3_I_ANH_S	252.568	PO1_NA_FH_A	6807.620
L3_I_CD_B	1123.065	M2_I_AHO_B	2892.947	M3_I_CD_B	203.135	PO1_NA_FH_VH	249.490
L3_I_CD_S	496.295	M2_I_AHO_S	1508.123	M3_I_CD_P	41.046	PO1_NA_FH_ZU	59.943
L3_I_CEC_A	268.945	M2_I_ANH_A	873.998	PA2_I_AHO_A	784.947	PO1_NA_SG_A	130.377
L3_I_CEC_S	1030.554	M2_I_ANH_B	16308.331	PA2_I_AHO_S	382.605	PO1_NA_SG_P	59.025
L3_M_AHO_A	1004.143	M2_I_ANH_S	1365.586	PA2_I_AHO_ZU	168.357	PO1_NA_SG_VH	62.726
L3_M_AHO_S	126.796	M2_I_CD_A	2126.024	PA2_I_CEC_A	465.635	PO2_NA_FH_S	101.600
L3_M_CD_S	51.124	M2_I_CD_B	17107.244	PA2_I_CEC_S	75.539	PO2_NA_FH_ZU	135.327
M1_I_AHO_A	1018.363	M2_I_CD_S	5428.612	PA2_I_FH_A	256.632		
M1_I_AHO_B	111.080	M2_M_AHO_A	168.202	PA2_M_AHO_A	424.339		
M1_I_AHO_S	2426.244	M2_M_AHO_S	186.669	PA2_M_AHO_S	82.845		
L1_I_AHO_A	52.215	M1_I_CD_A	672.809	M2_M_CD_S	168.460		
L1_I_AHO_S	518.477	M1_I_CD_B	5384.237	M3_I_AHO_A	142.796		

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE III de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las UDP unidades del paisaje en la cuenca del río Atoyac para el periodo 1999-2005 correspondiente a la SERIE III de INEGI.

FIGURA 34. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Atoyac resultantes con SERIE III.





FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE 111 de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie IV de INEGI se obtuvieron 66 unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos seis tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva, Zona Urbana, Vegetación hidrófila). La unidad del paisaje con mayor extensión dentro de la cuenca sigue siendo las Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Cambisol Dístico y cubiertas por vegetación de bosque (M2_I_CD_B), al igual que las Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Andosol Húmico cubiertas por vegetación de bosque (M2_I_ANH_B) Se puede observar como ambas coberturas disminuyen de la Serie_I a la Serie_IV. Para esta serie cabe resaltar que se pierden 7 unidades y se ganan 8, ambas se resumen en la siguiente tabla.

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

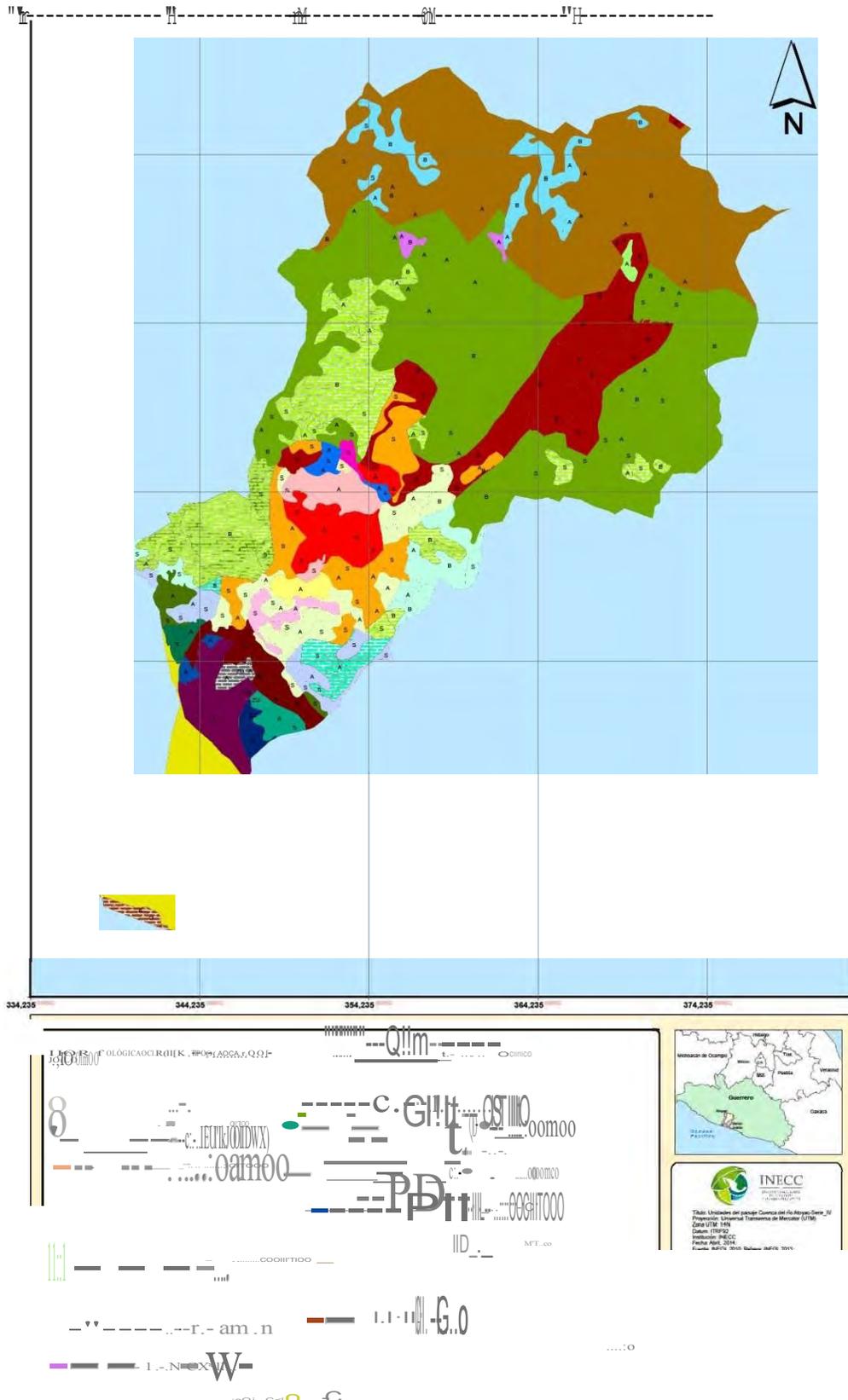
Tabla 47. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE IV en cuenca del río Atoyac.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
PO2_NA_FH_ZU	135.327	PA2_I_FH_S	227.159	M2_I_CD_B	16478.440	M1_I_AHO_A	786.410
PO2_NA_FH_S	103.927	PA2_I_FH_A	104.668	M2_I_CD_A	2813.525	L3_M_CD_S	50.926
PO1_NA_SG_O	152.396	PA2_I_CEC_S	126.610	M2_I_ANH_S	1431.048	L3_M_AHO_S	238.866
PO1_NA_SG_A	99.733	PA2_I_CEC_A	376.885	M2_I_ANH_B	15735.187	L3_M_AHO_A	939.632
PO1_NA_FH_ZU	145.470	PA2_I_AHO_ZU	194.765	M2_I_ANH_A	1378.647	L3_I_CEC_S	924.234
PO1_NA_FH_O	224.560	PA2_I_AHO_S	425.576	M2_I_AHO_S	1853.671	L3_I_CEC_A	369.392
PO1_NA_FH_A	6782.605	PA2_I_AHO_A	720.084	M2_I_AHO_B	2698.794	L3_I_CD_S	457.837
PO1_NA_AHO_ZU	73.587	M3_I_CD_B	90.728	M2_I_AHO_A	2568.915	L3_I_CD_B	1150.752
PO1_NA_AHO_A	1760.276	M3_I_CD_A	143.222	M1_M_AHO_S	1173.370	L3_I_CD_A	322.787
PO1_M_AHO_ZU	47.901	M3_I_ANH_S	241.770	M1_M_AHO_A	858.660	L3_I_AHO_S	1535.990
PO1_M_AHO_A	320.439	M3_I_ANH_B	1742.257	M1_I_CEC_S	927.959	L3_I_AHO_B	194.069
PO1_I_AHO_ZU	64.256	M3_I_ANH_A	375.179	M1_I_CEC_A	66.908	L3_I_AHO_A	1270.795
PO1_I_AHO_A	221.230	M3_I_AHO_A	135.166	M1_I_CD_S	2745.226	L2_I_AHO_A	436.199
PA2_NA_AHO_A	188.849	M2_M_CD_S	149.409	M1_I_CD_B	5375.003	L1_I_AHO_S	509.941
PA2_M_AHO_ZU	107.769	M2_M_AHO_S	190.926	M1_I_CD_A	625.045	L1_I_AHO_A	56.818
PA2_M_AHO_S	115.800	M2_M_AHO_A	166.007	M1_I_AHO_S	2713.961		
PA2_M_AHO_A	290.436	M2_I_CD_S	5462.982	M1_I_AHO_B	74.645		

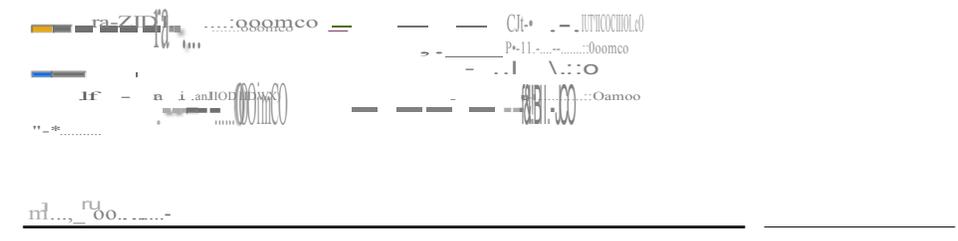
FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Atoyac para el periodo 2006-2008 correspondiente a la SERIE IV de INEGI.

FIGURA 35. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Atoyac resultantes con SERIE IV.



1. INTRODUCCIÓN



FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie V de INEGI se obtuvieron 79 unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cuatro tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva, Zona Urbana y Vegetación Hidrófila). La unidad del paisaje con mayor extensión dentro de la cuenca sigue siendo las Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Cambisol Dístico y cubiertas por vegetación de bosque (M2_I_CD_B), en esta serie las Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Andosol Húmico cubiertas por vegetación de bosque (M2_I_ANH_B) recupera un 1% de la cobertura vegetal perdida en los años anteriores. Para esta serie cabe resaltar que se pierden 14 unidades y se ganan 26, ambas se resumen en la siguiente tabla.

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

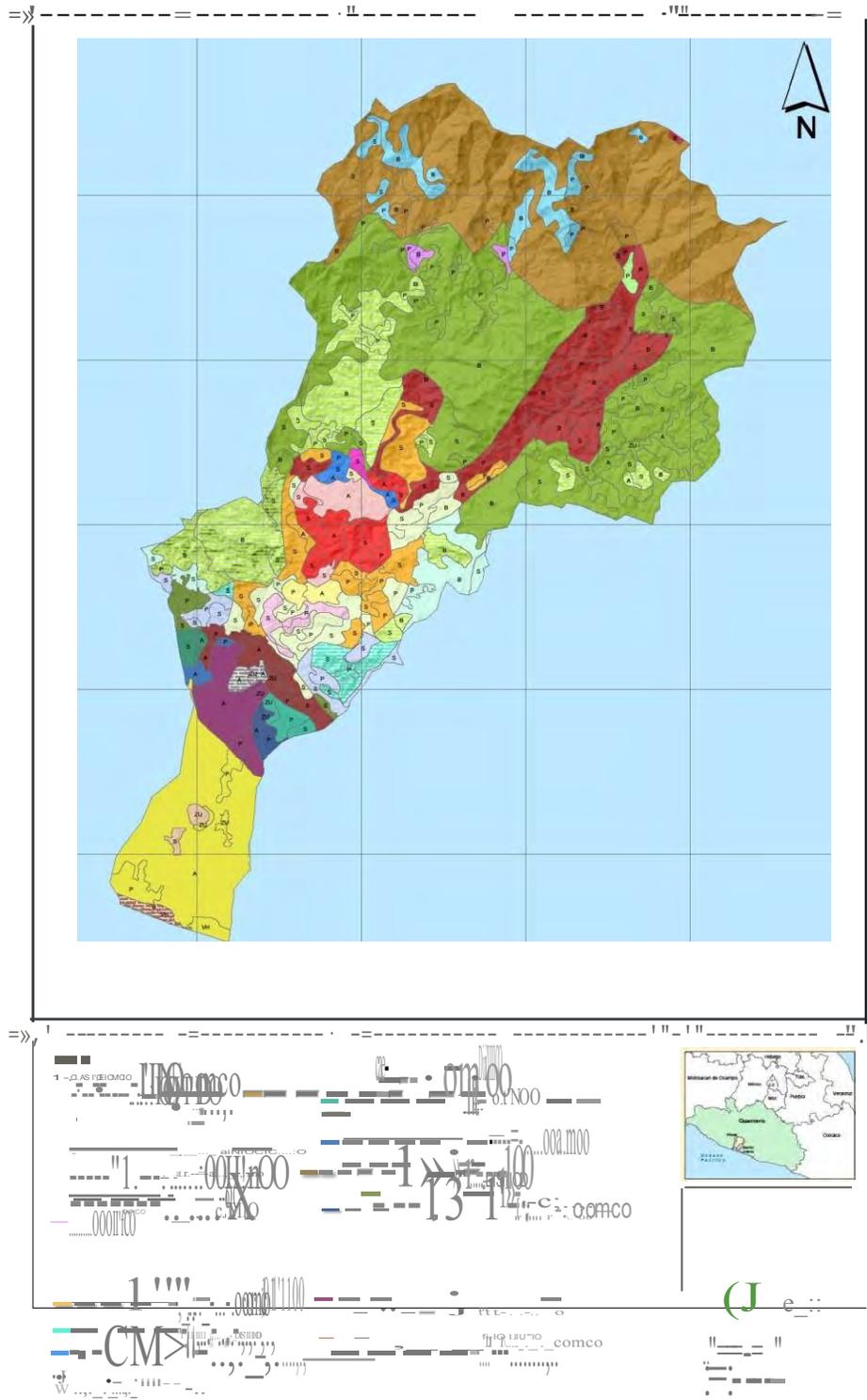
Tabla 48. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE V en cuenca del río Atoyac.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
PO2_NA_FH_ZU	135.327	PA2_NA_AHO_A	185.193	M3_I_AHO_P	135.166	M1_M_AHO_S	1173.370
PO2_NA_FH_S	103.927	PA2_M_AHO_ZU	107.769	M2_M_CD_S	149.409	M1_M_AHO_P	148.662
PO1_NA_SG_VH	106.687	PA2_M_AHO_S	115.800	M2_M_AHO_S	190.926	M1_M_AHO_A	709.998
PO1_NA_SG_P	145.442	PA2_M_AHO_P	290.436	M2_M_AHO_P	64.511	M1_I_CEC_S	927.959
PO1_NA_FH_ZU	145.470	PA2_I_FH_S	275.474	M2_M_AHO_A	101.496	M1_I_CEC_P	66.908
PO1_NA_FH_VH	224.560	PA2_I_FH_A	52.652	M2_I_CD_ZU	95.600	M1_I_CD_S	2745.226
PO1_NA_FH_P	654.227	PA2_I_CEC_S	126.610	M2_I_CD_S	5524.869	M1_I_CD_P	572.238
PO1_NA_FH_A	6024.755	PA2_I_CEC_P	376.885	M2_I_CD_P	1957.749	M1_I_CD_B	5342.098
PO1_NA_AHO_ZU	73.587	PA2_I_AHO_ZU	194.765	M2_I_CD_B	16682.959	M1_I_CD_A	52.807
PO1_NA_AHO_P	132.117	PA2_I_AHO_S	425.576	M2_I_CD_A	493.769	M1_I_AHO_S	2752.659
PO1_NA_AHO_A	1641.041	PA2_I_AHO_P	270.175	M2_I_ANH_S	1431.048	M1_I_AHO_P	687.625
PO1_M_AHO_ZU	47.901	PA2_I_AHO_A	472.780	M2_I_ANH_P	1197.239	M1_I_AHO_B	74.645
PO1_M_AHO_P	164.700	M3_I_CD_P	143.222	M2_I_ANH_B	15916.596	M1_I_AHO_A	133.559
PO1_M_AHO_A	155.740	M3_I_CD_B	90.728	M2_I_AHO_S	1853.671	L3_M_CD_S	50.926
PO1_I_AHO_ZU	64.256	M3_I_ANH_S	241.770	M2_I_AHO_P	2504.032	L3_M_AHO_S	239.160
PO1_I_AHO_A	221.230	M3_I_ANH_P	375.179	M2_I_AHO_B	2698.794	L3_M_AHO_A	939.632
PA2_NA_AHO_P	46.079	M3_I_ANH_B	1742.257	M2_I_AHO_A	64.884	L3_I_CEC_S	924.234
L3_I_CEC_P	369.392	L3_I_CD_B	1348.796	L3_I_AHO_B	194.069	L1_I_AHO_S	509.941
L3_I_CD_S	457.837	L3_I_AHO_S	1535.990	L2_I_AHO_P	180.156	L1_I_AHO_P	56.818
L3_I_CD_P	107.109	L3_I_AHO_P	1282.636	L2_I_AHO_A	250.121		

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Atoyac para el año periodo 2009-2011 correspondiente a la SERIE V de INEGI.

FIGURA 36. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Atoyac resultantes con SERIE V.



Análisis de la relación entre la precipitación máxima anual, el cambio de uso de suelo y la respuesta hidrológica en cuencas costeras del Pacífico Tropical Mexicano.



FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

6.7.3 Delimitación de las Unidades del paisaje en la cuenca del río Técpan de los 5 periodos 1971 - 1986, 1993 -1998, 1999 - 2005, 2006 -2008, 2009 -2011.

Para la SERIE I de INEGI se obtuvieron 72 unidades del paisaje las cuales están conformadas por tres tipos de relieve, Planicies, Montañas y lomeríos, los cuales presentan diferentes grados de disección vertical, presentan dos tipos de Roca, ígneas y metamórficas, contienen ocho tipos de suelo (Acrisol órtico, Acrisol húmico, Andosol húmico Cambisol Éutrico, Cambisol crómico, Feozem Háplico, Cambisol Distrito y Solonchak Gleyico), persistiendo en ellos cinco tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Vegetación Hidrófila, Agricultura, Selva), cuenta también con cuerpos de agua y zona urbana. La unidad del paisaje con mayor extensión dentro de la cuenca fueron las Montañas fuertemente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Andosol húmico y cubiertas por vegetación de bosque (M3_I_ANH_B) le siguen las Montañas fuertemente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Acrisol Órtico y Acrisol Húmico, cubiertos por bosque (M3_I_AOH_B). Cabe mencionar que los mayores porcentajes de área están cubiertos por unidades de paisaje con cobertura vegetal de selva y bosque. En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

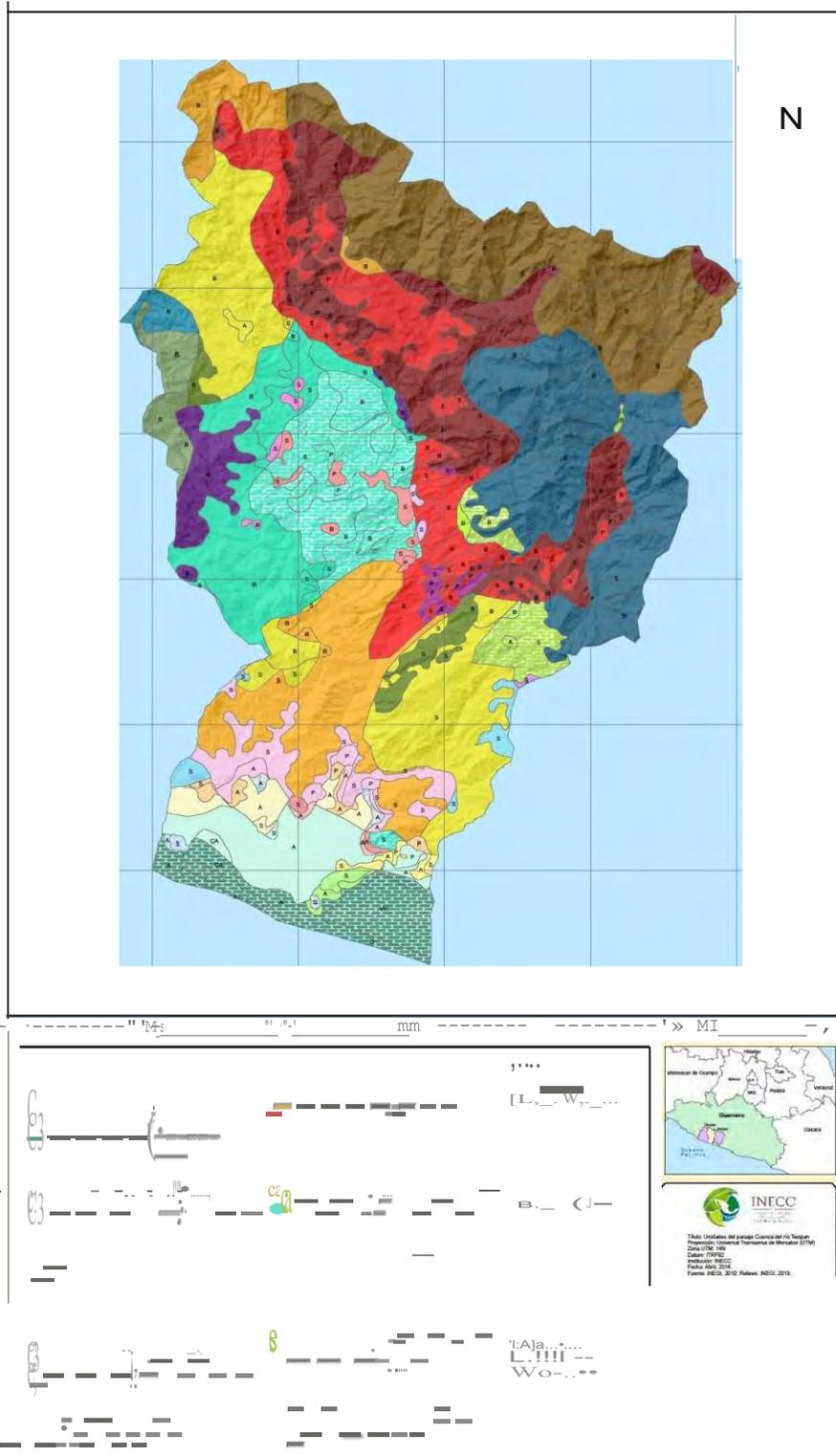
Tabla 49. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE I en cuenca del río Técpan.

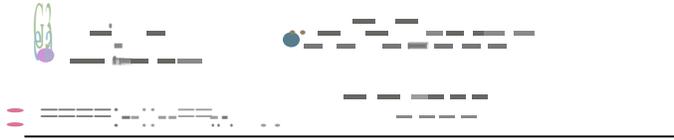
CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
PA1_NA_SG_VH	2607.688	M3_I_CD_S	7553.693	M2_M_AOH_B	1551.134	M1_NA_FH_A	188.733
PA1_NA_SG_O	514.443	M3_I_CD_P	54.222	M2_I_LC_B	979.226	M1_NA_CCE_S	51.664
PA1_NA_SG_CA	949.938	M3_I_CD_B	10815.452	M2_I_FH_S	2040.226	M1_NA_CCE_P	187.455
PA1_NA_SG_A	1870.195	M3_I_CCE_S	1416.403	M2_I_FH_B	8804.357	M1_NA_CCE_A	452.208
PA1_NA_FH_S	55.336	M3_I_CCE_B	601.376	M2_I_CD_S	2067.726	M1_M_FH_S	894.539
PA1_NA_FH_P	203.462	M3_I_AOH_S	3321.421	M2_I_CD_B	848.650	M1_M_FH_P	221.625
PA1_NA_FH_CA	207.016	M3_I_AOH_P	836.470	M2_I_CD_A	69.018	M1_M_FH_B	85.621
PA1_NA_FH_A	5097.049	M3_I_AOH_B	12360.597	M2_I_CCE_S	8582.843	M1_M_FH_A	92.831
PA1_NA_CCE_S	100.441	M3_I_ANH_S	5939.067	M2_I_CCE_B	9089.013	M1_M_CCE_S	3216.464
PA1_NA_CCE_A	1790.903	M3_I_ANH_B	15034.441	M2_I_CCE_A	187.022	M1_M_CCE_P	452.780
PA1_M_FH_A	139.238	M2_M_FH_S	6142.223	M2_I_AOH_S	466.522	M1_M_CCE_A	591.143
PA1_M_CEE_A	232.208	M2_M_FH_P	177.308	M2_I_AOH_P	668.876	M1_M_AOH_S	149.555
M3_M_AOH_S	381.055	M2_M_FH_B	4099.591	M2_I_AOH_B	8996.184	M1_I_FH_S	277.340
M3_M_AOH_P	260.184	M2_M_CD_B	139.250	M2_I_ANH_B	3195.394	M1_I_FH_B	57.847
M3_M_AOH_B	113.334	M2_M_CCE_S	10635.650	M1_NA_SG_S	305.713	M1_I_CD_S	55.450
M3_I_LC_S	953.713	M2_M_CCE_B	276.859	M1_NA_SG_A	268.807	M1_I_CCE_S	1059.848
M3_I_LC_B	1503.342	M2_M_AOH_S	2202.677	M1_NA_FH_S	229.502	L3_NA_SG_S	155.107
M3_I_FH_B	3143.606	M2_M_AOH_P	512.867	M1_NA_FH_P	77.495	L3_NA_SG_A	45.231
PA1_NA_SG_VH	2607.688	M3_I_CD_S	7553.693	M2_M_AOH_B	1551.134	M1_NA_FH_A	188.733
PA1_NA_SG_O	514.443	M3_I_CD_P	54.222	M2_I_LC_B	979.226	M1_NA_CCE_S	51.664

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE I de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Técpán para el periodo 1971 -1986 correspondiente a la SERIE I de INEGI.

FIGURA37. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Técpán resultantes con SERIE I.





FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE 1 de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie II de INEGI se obtuvieron 85 unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cinco tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva y Vegetación hidrófila) están presentes en porcentajes menores zonas que entran dentro de la agrupación de otro tipo de vegetación, cuenta también con cuerpos de agua y se presentan zona urbanas. En esta serie se nota un cambio en las unidades del paisaje ya que la unidad del paisaje Montañas fuertemente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Acrisol Órtico y Acrisol húmico, cubiertos por bosque (M3_I_AOH_B) disminuye su área y se presenta en mayor porcentaje Montañas fuertemente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Cambisol Dístico, cubiertos por bosque (M3_I_CD_B).

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

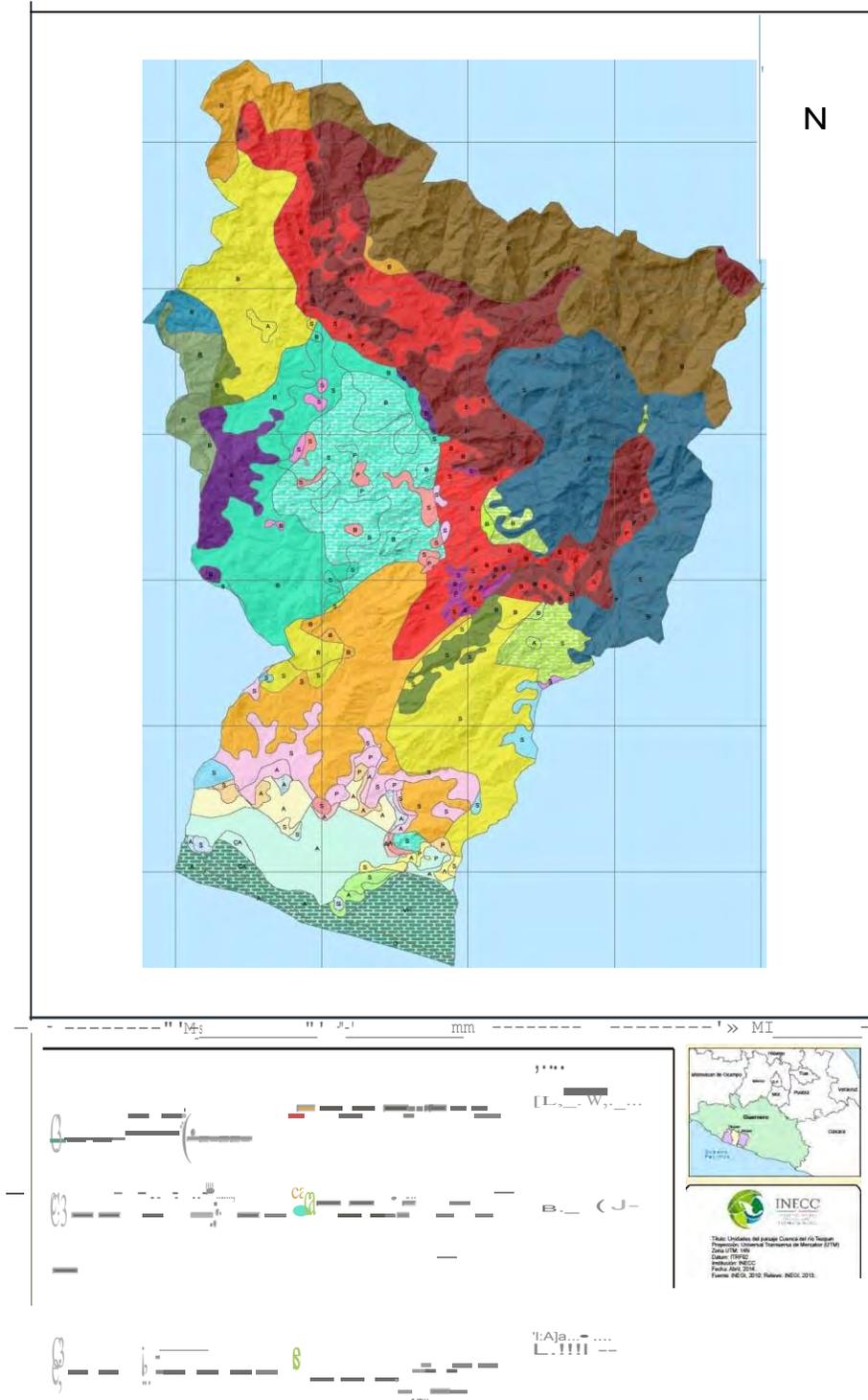
Tabla 50. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE II en cuenca del río Técpan.

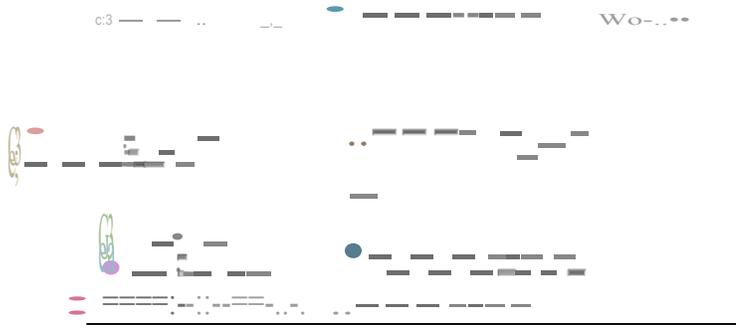
CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
PA1_NA_SG_VH	2607.688	M3_I_CD_S	7553.693	M2_M_AOH_B	1551.134	M1_NA_FH_A	188.733
PA1_NA_SG_O	514.443	M3_I_CD_P	54.222	M2_I_LC_B	979.226	M1_NA_CCE_S	51.664
PA1_NA_SG_CA	949.938	M3_I_CD_B	10815.452	M2_I_FH_S	2040.226	M1_NA_CCE_P	187.455
PA1_NA_SG_A	1870.195	M3_I_CCE_S	1416.403	M2_I_FH_B	8804.357	M1_NA_CCE_A	452.208
PA1_NA_FH_S	55.336	M3_I_CCE_B	601.376	M2_I_CD_S	2067.726	M1_M_FH_S	894.539
PA1_NA_FH_P	203.462	M3_I_AOH_S	3321.421	M2_I_CD_B	848.650	M1_M_FH_P	221.625
PA1_NA_FH_CA	207.016	M3_I_AOH_P	836.470	M2_I_CD_A	69.018	M1_M_FH_B	85.621
PA1_NA_FH_A	5097.049	M3_I_AOH_B	12360.597	M2_I_CCE_S	8582.843	M1_M_FH_A	92.831
PA1_NA_CCE_S	100.441	M3_I_ANH_S	5939.067	M2_I_CCE_B	9089.013	M1_M_CCE_S	3216.464
PA1_NA_CCE_A	1790.903	M3_I_ANH_B	15034.441	M2_I_CCE_A	187.022	M1_M_CCE_P	452.780
PA1_M_FH_A	139.238	M2_M_FH_S	6142.223	M2_I_AOH_S	466.522	M1_M_CCE_A	591.143
PA1_M_CEE_A	232.208	M2_M_FH_P	177.308	M2_I_AOH_P	668.876	M1_M_AOH_S	149.555
M3_M_AOH_S	381.055	M2_M_FH_B	4099.591	M2_I_AOH_B	8996.184	M1_I_FH_S	277.340
M3_M_AOH_P	260.184	M2_M_CD_B	139.250	M2_I_ANH_B	3195.394	M1_I_FH_B	57.847
M3_M_AOH_B	113.334	M2_M_CCE_S	10635.650	M1_NA_SG_S	305.713	M1_I_CD_S	55.450
M3_I_LC_S	953.713	M2_M_CCE_B	276.859	M1_NA_SG_A	268.807	M1_I_CCE_S	1059.848
M3_I_LC_B	1503.342	M2_M_AOH_S	2202.677	M1_NA_FH_S	229.502	L3_NA_SG_S	155.107
M3_I_FH_B	3143.606	M2_M_AOH_P	512.867	M1_NA_FH_P	77.495	L3_NA_SG_A	45.231

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Técpán para el periodo 1993-1998 correspondiente a la SERIE II de INEGI.

FIGURA 38. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Técpán resultantes con SERIE II





FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE 11 de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie III de INEGI se obtuvieron 76 unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cinco tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva y Vegetación hidrófila) se pierden las zonas que pertenecen dentro de la agrupación de otro tipo de vegetación, cuenta también con cuerpos de agua y se presentan zona urbanas. En esta serie se nota un decremento en las principales unidades del paisaje y se presenta la unidad del paisaje Montañas medianamente diseccionadas, compuestas por rocas metamórficas y suelo Feozem Háplico, cubiertas por cobertura agrícola (M2_M_FH_A) con un 6%.

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

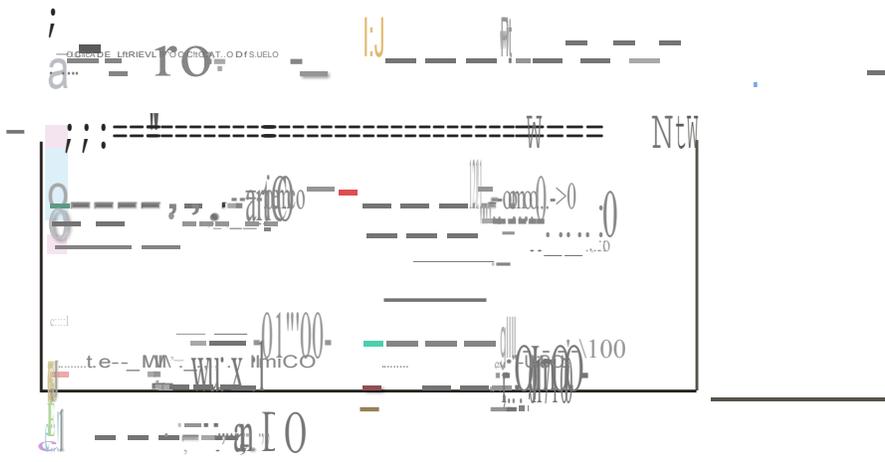
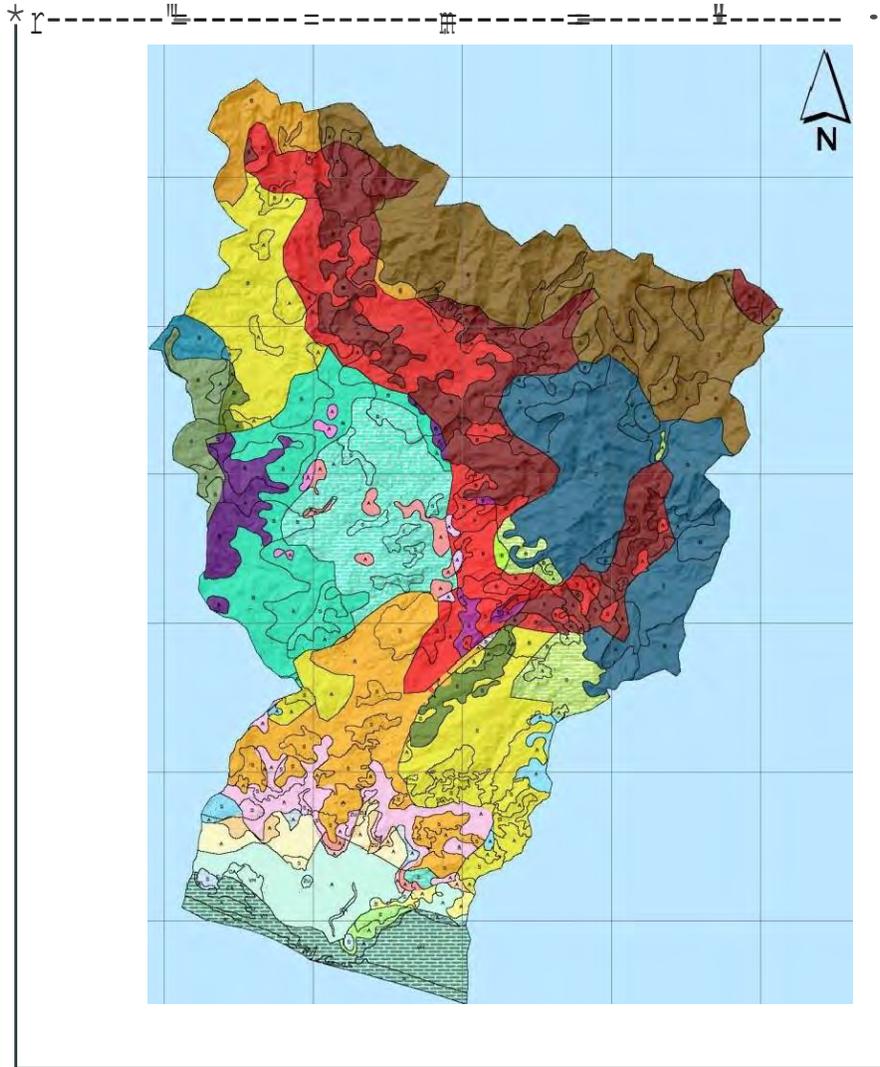
Tabla 51. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE III en cuenca del río Técpan.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
PA1_NA_SG_VH	3257.597	M3_I_FH_S	198.378	M2_M_CCE_A	7479.529	M1_NA_SG_S	216.764
PA1_NA_SG_P	1119.315	M3_I_FH_B	2351.014	M2_M_AOH_S	835.626	M1_NA_SG_A	341.670
PA1_NA_SG_CA	387.967	M3_I_FH_A	549.052	M2_M_AOH_B	1498.674	M1_NA_FH_S	111.289
PA1_NA_SG_A	1239.930	M3_I_CD_S	5178.469	M2_M_AOH_A	1885.014	M1_NA_FH_A	339.311
PA1_NA_FH_ZU	49.055	M3_I_CD_B	12369.893	M2_I_LC_B	935.012	M1_NA_CCE_ZU	88.956
PA1_NA_FH_VH	252.349	M3_I_CD_A	838.088	M2_I_LC_A	44.214	M1_NA_CCE_A	651.908
PA1_NA_FH_S	61.316	M3_I_CCE_S	1472.463	M2_I_FH_S	542.452	M1_M_FH_S	78.623
PA1_NA_FH_CA	156.774	M3_I_CCE_B	496.072	M2_I_FH_B	4747.495	M1_M_FH_A	1186.180
PA1_NA_FH_A	5021.389	M3_I_CCE_A	85.043	M2_I_FH_A	5518.149	M1_M_CCE_ZU	59.853
PA1_NA_CCE_S	112.774	M3_I_AOH_S	2986.868	M2_I_CD_S	1966.374	M1_M_CCE_S	420.251
PA1_NA_CCE_A	1762.214	M3_I_AOH_B	10908.036	M2_I_CD_B	780.691	M1_M_CCE_A	3787.738
PA1_M_FH_A	125.475	M3_I_AOH_A	2645.629	M2_I_CD_A	305.845	M1_M_AOH_A	203.421
PA1_M_CCE_A	233.239	M3_I_ANH_S	4639.593	M2_I_CCE_S	5430.075	M1_I_FH_A	335.187
M3_M_CCE_S	63.909	M3_I_ANH_B	15296.210	M2_I_CCE_B	7817.120	M1_I_CCE_S	223.103
M3_M_AOH_S	463.292	M3_I_ANH_A	1084.055	M2_I_CCE_A	4500.300	M1_I_CCE_A	850.212
M3_M_AOH_B	68.372	M2_M_FH_S	1189.660	M2_I_AOH_S	558.434	L3_NA_SG_S	205.493
M3_M_AOH_A	173.821	M2_M_FH_B	451.847	M2_I_AOH_B	8477.678		
M3_I_LC_S	943.908	M2_M_FH_A	8752.214	M2_I_AOH_A	1112.130		

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE III de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Técpán para el periodo 1999-2005 correspondiente a la SERIE III de INEGI.

FIGURA 39. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Técpán resultantes con SERIE III





FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE 111 de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie IV de INEGI se obtuvieron 76 unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cinco tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva y Vegetación hidrófila), cuenta también con cuerpos de agua y se presentan zona urbanas. En esta serie se nota un decremento en las principales unidades del paisaje en un 1% en las primeras tres unidades del paisaje con mayor extensión, mientras que aumentan las unidades del paisaje con agricultura como cobertura vegetal.

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

Tabla 52. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE IV en cuenca del río Técpan.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
PA1_NA_SG_VH	3075.130	M3_I_FH_S	101.374	M2_M_CCE_A	6239.885	M1_NA_SG_A	282.724
PA1_NA_SG_P	1093.644	M3_I_FH_B	2209.682	M2_M_AOH_S	736.927	M1_NA_FH_S	134.628
PA1_NA_SG_CA	364.572	M3_I_FH_A	711.027	M2_M_AOH_B	1164.915	M1_NA_FH_A	351.456
PA1_NA_SG_A	1261.059	M3_I_CD_S	4832.111	M2_M_AOH_A	2227.855	M1_NA_CCE_ZU	208.363
PA1_NA_FH_ZU	48.419	M3_I_CD_B	11544.288	M2_I_LC_B	915.116	M1_NA_CCE_A	454.753
PA1_NA_FH_VH	215.625	M3_I_CD_A	1487.925	M2_I_FH_S	551.703	M1_M_FH_S	47.186
PA1_NA_FH_S	52.285	M3_I_CCE_S	1327.838	M2_I_FH_B	5379.404	M1_M_FH_A	1178.733
PA1_NA_FH_CA	152.461	M3_I_CCE_B	329.338	M2_I_FH_A	4551.659	M1_M_CCE_ZU	198.095
PA1_NA_FH_A	4939.061	M3_I_CCE_A	342.824	M2_I_CD_S	1794.951	M1_M_CCE_S	582.646
PA1_NA_CCE_S	104.161	M3_I_AOH_S	2225.787	M2_I_CD_B	635.237	M1_M_CCE_A	3383.870
PA1_NA_CCE_A	1768.048	M3_I_AOH_B	9557.947	M2_I_CD_A	550.021	M1_M_AOH_A	197.096
PA1_M_FH_A	110.427	M3_I_AOH_A	4422.631	M2_I_CCE_S	4994.229	M1_I_FH_A	325.648
PA1_M_CCE_A	226.734	M3_I_ANH_S	5124.420	M2_I_CCE_B	6891.359	M1_I_CCE_S	318.892
M3_M_CCE_S	56.939	M3_I_ANH_B	13830.848	M2_I_CCE_A	5382.557	M1_I_CCE_A	710.112
M3_M_AOH_S	454.138	M3_I_ANH_A	1364.203	M2_I_AOH_S	412.012	L3_NA_SG_S	184.308
M3_M_AOH_B	66.390	M2_M_FH_S	1228.254	M2_I_AOH_B	7122.735	L3_NA_SG_A	41.945
M3_M_AOH_A	170.985	M2_M_FH_B	814.733	M2_I_AOH_A	2208.300		
M3_I_LC_S	972.204	M2_M_FH_A	8042.271	M2_I_ANH_B	2924.356		

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

=====

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie V de INEGI se obtuvieron 84 unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cinco tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva y Vegetación hidrófila), cuenta también con cuerpos de agua y se presentan zona urbanas. En esta serie se nota un incremento en la la unidad del paisaje Montañas medianamente diseccionadas, compuestas por rocas metamórficas y suelo Feozem Háplico, cubiertas por cobertura de pastizal (M2_M_FH_P) mientras que la unidad del paisaje Montañas medianamente diseccionadas, compuestas por rocas metamórficas y suelo Feozem Háplico, cubiertas por cobertura agrícola (M2_M_FH_A) pierde un porcentaje en área considerable.

En las principales unidades del paisaje en un 1% en las primeras tres unidades del paisaje con mayor extensión, mientras que aumentan las unidades del paisaje con agricultura como cobertura vegetal. En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

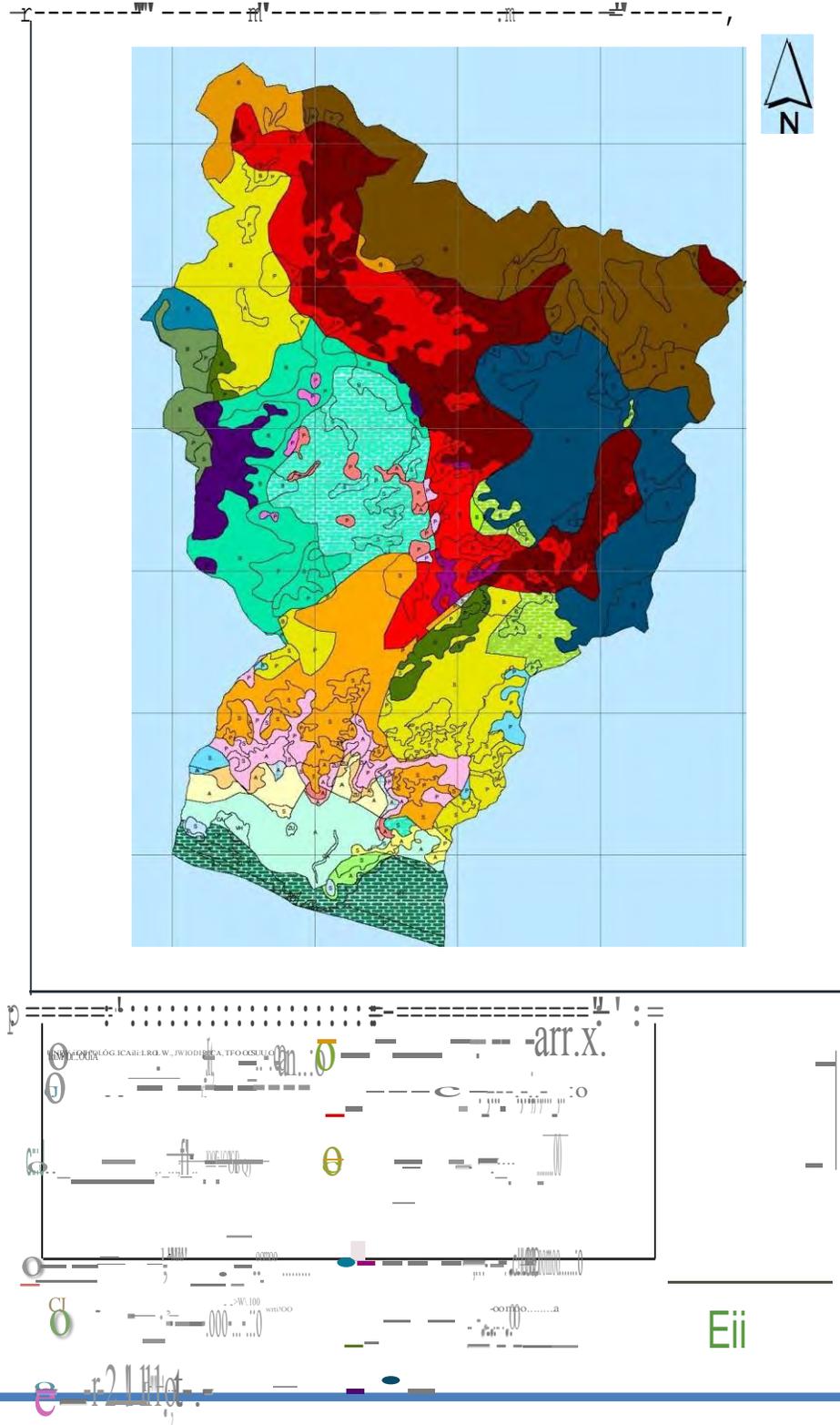
Tabla 53. Áreas de las Unidades de Paisaje de la SERIE IV en cuenca del río Técpan.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
PA1_NA_SG_VH	3163.047	M3_I_FH_P	731.688	M2_M_CCE_A	359.783	M1_NA_SG_S	257.613
PA1_NA_SG_P	1124.628	M3_I_FH_B	2273.605	M2_M_AOH_S	746.060	M1_NA_SG_A	290.790
PA1_NA_SG_CA	374.828	M3_I_CD_S	5458.247	M2_M_AOH_P	2266.025	M1_NA_FH_S	138.488
PA1_NA_SG_A	1296.734	M3_I_CD_P	1053.400	M2_M_AOH_B	1228.469	M1_NA_FH_P	131.069
PA1_NA_FH_ZU	49.793	M3_I_CD_B	11895.265	M2_I_LC_B	979.226	M1_NA_FH_A	320.457
PA1_NA_FH_VH	221.703	M3_I_CCE_S	1366.837	M2_I_FH_S	567.699	M1_NA_CCE_ZU	219.813
PA1_NA_FH_S	53.787	M3_I_CCE_P	311.037	M2_I_FH_P	4684.428	M1_NA_CCE_A	407.404
PA1_NA_FH_CA	156.774	M3_I_CCE_B	380.793	M2_I_FH_B	5535.685	M1_M_FH_S	48.565
PA1_NA_FH_A	5079.935	M3_I_AOH_S	2499.267	M2_I_CD_S	1848.433	M1_M_FH_P	893.468
PA1_NA_CCE_S	107.119	M3_I_AOH_P	4375.015	M2_I_CD_P	499.263	M1_M_FH_A	310.622
PA1_NA_CCE_A	1818.346	M3_I_AOH_B	9843.327	M2_I_CD_B	585.961	M1_M_CCE_ZU	268.191
PA1_M_FH_A	113.590	M3_I_ANH_S	5282.991	M2_I_CD_A	157.269	M1_M_CCE_S	556.174
PA1_M_CEE_A	233.239	M3_I_ANH_P	1405.890	M2_I_CCE_S	4987.964	M1_M_CCE_P	2277.341
M3_M_CCE_S	58.624	M3_I_ANH_B	14252.428	M2_I_CCE_P	5400.526	M1_M_CCE_A	1059.098
M3_M_AOH_S	467.565	M2_M_FH_S	1264.298	M2_I_CCE_B	7143.637	M1_M_AOH_P	213.187
M3_M_AOH_P	176.062	M2_M_FH_P	8192.332	M2_I_CCE_A	193.096	M1_I_FH_P	335.187
M3_M_AOH_B	68.372	M2_M_FH_B	838.766	M2_I_AOH_S	427.079	M1_I_CCE_S	318.139
M3_I_LC_S	1000.274	M2_M_FH_A	97.007	M2_I_AOH_P	2348.708	M1_I_CCE_P	681.107

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Técpán para el periodo 2009- 2011 correspondiente a la SERIE V de INEGI.

FIGURA 41. Unidades de Paisaje en la cuenca del Río Técpán resultantes con SERIE V.





FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

6.7.4 *Delimitación de las Unidades del paisaje en la cuenca del río Coyuquilla de los 5 periodos 1971 - 1986, 1993 -1998, 1999 - 2005, 2006 -2008, 2009 -2011*

La cuenca del río Coyuquilla se localiza en la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, al suroeste del Estado de Guerrero, cuenta con una superficie de 593.66 km² dentro de la cual se encuentran los municipios de Petatlán, Coyuca de Catalán y Técpan de Galeana.

Para la Serie I de INEGI se obtuvieron 42 unidades del paisaje las cuales están conformadas por tres tipos de relieve, Planicies, Montañas y Lomeríos, los cuales presentan diferentes grados de disección vertical. Presentan dos tipos de rocas, ígneas y metamórficas, contienen cuatro tipos de suelo (Cambisol Dístico, Cambisol Crómico, Feozem Háptico y Regosol Éutrico), persistiendo en ellos cuatro tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura y Selva). La unidad del paisaje con mayor extensión dentro de la cuenca fueron las Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Cambisol Crómico y cubiertas por vegetación de bosque (M2_I_CC_B). Por otra parte la que presenta menor área fue la conformada por Montañas fuertemente diseccionadas, formadas por rocas metamórficas y suelos Feozem Háptico, con una cobertura vegetal de selva (M3_M_FH_S). En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

Tabla 54. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE I en la cuenca del río Coyuquilla.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
L3_I_FH_A	91.496	M1_NA_RE_A	70.210	M2_M_FH_S	601.336
L3_I_FH_P	116.817	M2_I_CC_A	79.917	M3_I_CC_B	6462.102
L3_I_FH_S	141.167	M2_I_CC_B	10288.248	M3_I_CC_P	820.246
L3_I_RE_A	67.717	M2_I_CC_P	4746.181	M3_I_CC_S	943.972
L3_NA_FH_A	1011.372	M2_I_CC_S	2661.101	M3_I_CD_B	5413.320
L3_NA_FH_P	186.878	M2_I_CD_B	3000.290	M3_I_CD_P	208.625
L3_NA_FH_S	223.083	M2_I_CD_P	142.220	M3_I_FH_B	1396.448
L3_NA_RE_A	167.769	M2_I_FH_A	145.980	M3_I_FH_P	490.954
L3_NA_RE_S	89.040	M2_I_FH_B	2177.655	M3_M_CC_B	340.094
M1_I_CC_B	332.271	M2_I_FH_P	6155.847	M3_M_CC_P	48.558
M1_I_CC_P	56.535	M2_I_FH_S	6582.933	M3_M_CC_S	373.154
M1_I_FH_A	1555.595	M2_M_CC_B	360.205	M3_M_FH_S	44.092
M1_I_FH_P	756.596	M2_M_CC_P	232.271	P1_NA_FH_A	82.356
M1_NA_FH_A	276.432	M2_M_CC_S	283.112	P1_NA_RE_A	86.022

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE I de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Análisis de la relación entre la precipitación máxima anual, el cambio de uso de suelo y la respuesta hidrológica en cuencas costeras del Pacífico Tropical Mexicano.

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE 1 de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie II de INEGI se obtuvieron 42 unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cuatro tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva).

La unidad del paisaje con mayor extensión dentro de la cuenca sigue siendo las Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Cambisol crómico y cubiertas por vegetación de bosque (M2_I_CC_B).

Por otra parte la que presenta menor área fue la conformada por Montañas fuertemente diseccionadas, formadas por rocas metamórficas y suelos Feozem Háplico, con una cobertura vegetal de selva (M3_M_FH_S), para esta serie cabe resaltar que se pierden tres unidades del paisaje (M1_I_FH_A, M3_I_CC_P, L3_I_RE_A) y se ganaron las siguientes M1_I_FH_S, M1_NA_RE_S, M2_M_FH_P.

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

Tabla 55. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE II en la cuenca del río Coyuquilla.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
M2_I_CC_B	9990.163	M1_I_FH_S	1085.038	L3_NA_FH_P	251.890	L3_I_FH_A	84.498
M2_I_FH_P	9191.634	M2_I_CC_S	947.398	M1_I_CC_B	232.212	P1_NA_FH_A	82.356
M2_I_CC_P	6889.836	L3_NA_FH_A	922.018	L3_NA_RE_A	191.388	M2_I_FH_A	64.741
M3_I_CC_B	6010.902	M3_I_FH_P	620.500	M3_M_CC_P	175.355	L3_NA_RE_S	61.735
M3_I_CD_B	5524.599	M2_M_FH_S	548.426	L3_I_FH_S	158.583	M2_M_FH_P	58.661
M2_I_FH_S	4053.680	M3_M_CC_B	479.229	M2_M_CC_P	153.099	M1_I_CC_P	56.535
M2_I_CD_B	3080.551	M2_M_CC_B	469.528	M2_I_CD_P	141.743	M1_NA_RE_S	54.015
M2_I_FH_B	1827.591	M3_I_CC_S	452.660	M3_M_CC_S	122.380	M1_NA_RE_A	50.948
M3_I_CD_P	1707.500	M1_NA_FH_A	275.574	L3_I_FH_P	107.538	M3_M_FH_S	44.092
M3_I_FH_B	1292.338	L3_NA_FH_S	262.036	P1_NA_RE_A	86.022		
M1_I_FH_P	1164.484	M2_M_CC_S	252.119	M2_I_CC_A	84.622		

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Coyuquilla correspondiente a la SERIE II de INEGI.

Para la Serie III de INEGI se obtuvieron 38 unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cuatro tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva, Otro tipo de vegetación) en esta serie se encuentra la zona urbana, un quinto tipo de cobertura que no se presentó anteriormente.

La unidad del paisaje con mayor extensión dentro de la cuenca son las montañas medianamente diseccionadas por rocas ígneas, suelos Feozem Háplico y cubierta por vegetación agrícola (M2_I_FH_A), sin embargo también persisten las Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Cambisol Crómico y cubiertas por vegetación de bosque (M2_I_CC_B).

Para esta serie cabe resaltar que se pierden 18 unidades y se ganan 13, ambas se resumen en la siguiente tabla; así como se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

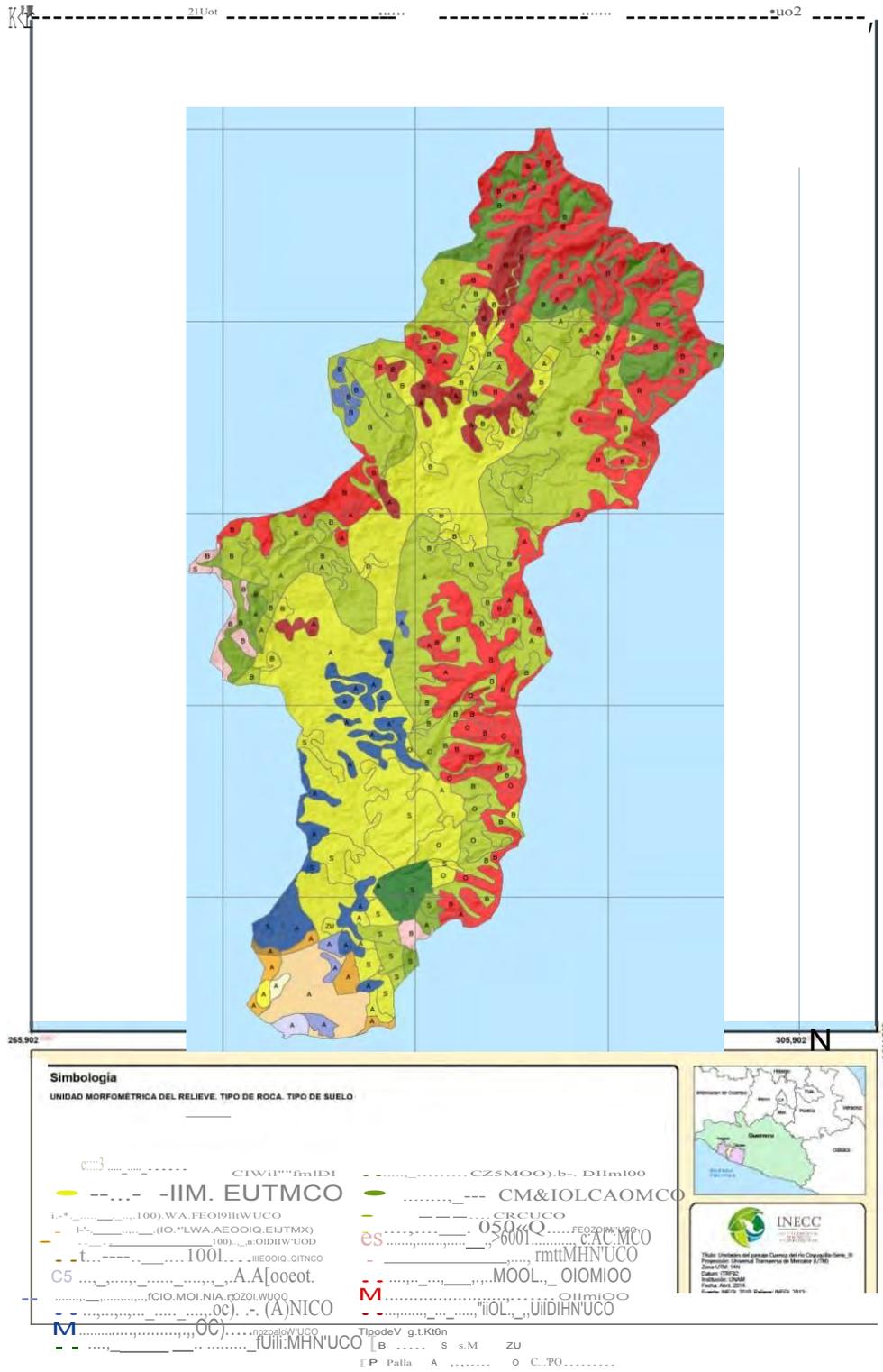
Tabla 56. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE III en la cuenca del río Coyuquilla.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
M2_I_FH_A	10310.781	M3_I_FH_B	1177.391	M1_I_FH_S	367.686	P1_NA_FH_A	82.881
M2_I_CC_B	10096.172	M2_I_CC_O	1023.726	L3_I_FH_A	358.125	M2_M_FH_A	65.110
M2_I_CC_A	6490.243	M3_I_CC_A	1023.270	M1_NA_FH_A	289.286	M2_I_FH_ZU	64.215
M3_I_CC_B	6311.621	M3_I_CC_O	709.645	M1_I_CC_B	274.661	M2_I_CD_A	59.716
M3_I_CD_B	5475.487	M3_I_FH_A	672.524	M2_M_CC_S	204.512	L3_I_RE_A	56.723
M2_I_CD_B	3071.808	M3_M_CC_B	603.815	M2_M_CC_A	197.581	M1_I_CC_A	56.535
M2_I_FH_S	2604.862	M2_M_FH_S	571.579	L3_NA_RE_A	167.679	M3_M_CC_S	52.098
M1_I_FH_A	2033.703	M2_M_CC_B	567.234	M1_NA_RE_A	166.697	M3_I_CD_A	47.770
M2_I_FH_B	1517.372	M2_I_FH_O	535.594	M2_I_CD_P	90.833		
L3_NA_FH_A	1400.854	M2_I_CC_S	424.335	P1_NA_RE_A	86.091		

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE III de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Coyuquilla correspondiente a la SERIE III de INEGI.

FIGURA 44. Unidades de Paisaje en cuenca del Río Coyoquilla resultantes con SERIE III.



FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE 111 de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie IV de INEGI se obtuvieron 38 unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cuatro tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva, Zona Urbana) en esta serie se pierden los otros tipos de vegetación. La unidad del paisaje con mayor extensión dentro de la cuenca siguen siendo las montañas medianamente diseccionadas por rocas ígneas, suelos Feozem Háplico y cubierta por vegetación agrícola (M2_I_FH_A) se nota un aumento en su extensión disminuyendo en la misma proporción las Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Cambisol Crómico y cubiertas por vegetación de BOSQUE (M2_I_CC_B).

Para esta serie cabe resaltar que se pierden 3 unidades (M2_I_CC_O, M3_I_CC_O, M2_I_FH_O) y se ganan 3 (M3_I_CC_S, L3_I_FH_S, M3_M_CC_A) ambas se resumen en la siguiente tabla; así mismo se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

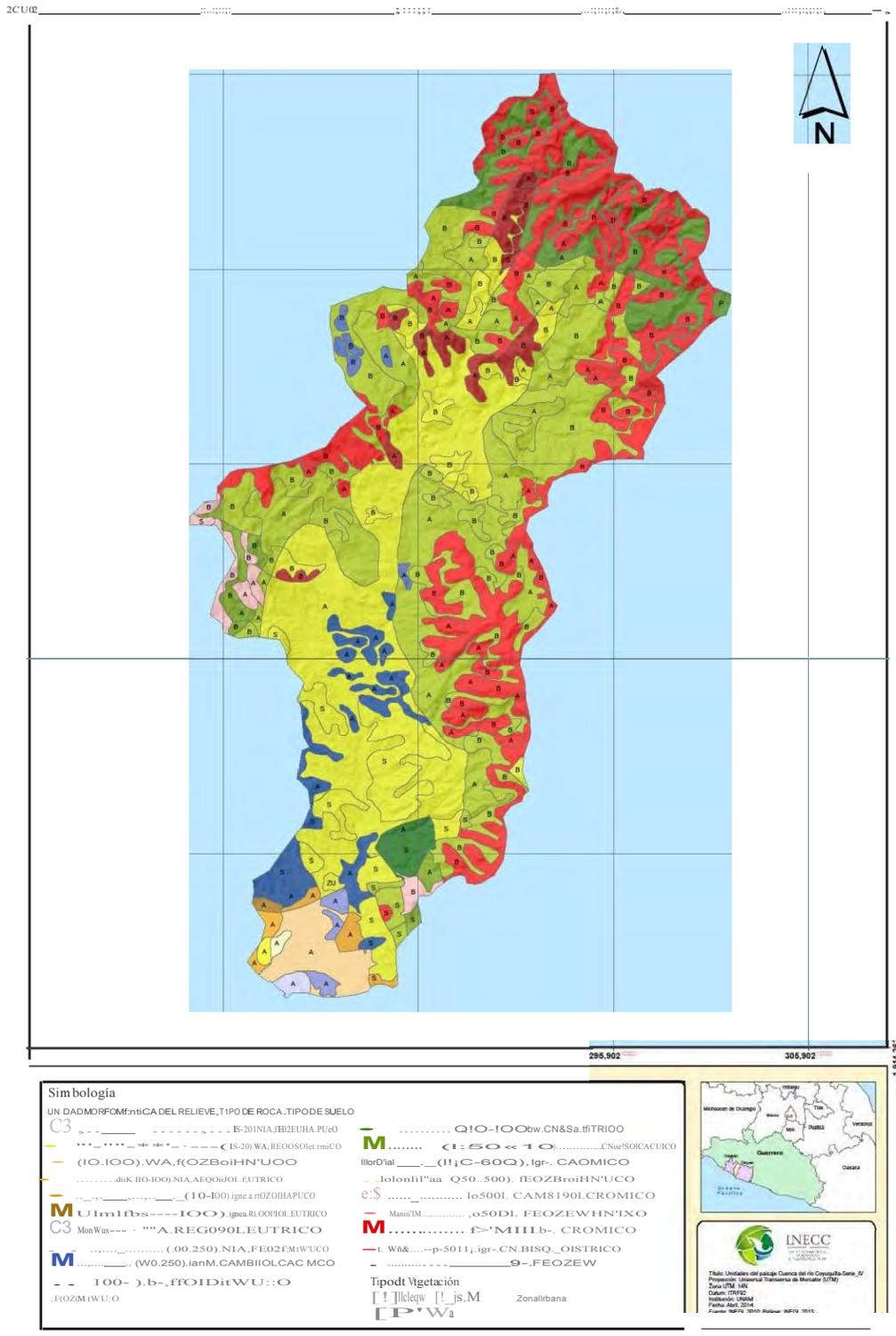
Tabla 57. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE IV en la cuenca del río Coyuquilla.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
M2_I_FH_A	10410.257	L3_NA_FH_A	1416.091	M2_M_CC_A	255.284	P1_NA_RE_A	86.091
M2_I_CC_B	9397.845	M3_I_FH_B	1026.554	M1_I_CC_B	232.212	P1_NA_FH_A	82.881
M2_I_CC_A	8471.404	M3_I_FH_A	604.399	M3_M_CC_A	223.696	M2_M_CC_S	77.091
M3_I_CC_B	6315.954	M3_M_CC_B	548.875	L3_NA_RE_A	167.679	M3_I_CD_A	74.233
M3_I_CD_B	5381.618	M1_I_FH_S	545.190	M1_NA_RE_A	166.697	M2_I_FH_ZU	71.436
M2_I_FH_S	3082.061	M2_M_FH_S	490.854	M2_M_FH_A	143.469	L3_I_FH_S	60.965
M2_I_CD_B	3081.564	M2_M_CC_B	435.176	M2_I_CD_A	123.029	M3_M_CC_S	54.820
M1_I_FH_A	1749.018	M2_I_CC_S	381.167	M2_I_CD_P	102.531	M3_I_CC_S	43.635
M3_I_CC_A	1672.122	M1_NA_FH_A	335.635	M1_I_CC_A	101.165		
M2_I_FH_B	1523.460	L3_I_FH_A	287.895	L3_I_RE_A	86.162		

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del río Coyuquilla correspondiente a la SERIE IV de INEGI.

FIGURA 45. Unidades de Paisaje en cuenca del Río Coyuquilla resultantes con SERIE IV.



FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie V de INEGI se obtuvieron 42 unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cuatro tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva, Zona Urbana).

La unidad del paisaje con mayor extensión dentro de la cuenca son las montañas medianamente diseccionadas por rocas ígneas, suelos Feozem Háplico y cubierta por vegetación de pastizal (M2_I_FH_P), en este punto es importante mencionar que la unidad del paisaje M2_I_FH_A de forma importante, sin embargo esto puede estar relacionado con el tipo de caracterización que adopta INEGI para estos años, sigue presentándose la disminución de Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Cambisol Crómico y cubiertas por vegetación de bosque (M2_I_CC_B). Para esta serie cabe resaltar que se pierden 13 unidades y se ganan 8, ambas se resumen en la siguiente tabla.

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

Tabla 58. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE V en la cuenca del río Coyuquilla.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
M2_I_FH_P	10282.769	L3_NA_FH_A	933.848	M2_M_CC_P	255.284	L3_I_RE_A	86.162
M2_I_CC_B	9351.316	M2_I_FH_A	788.354	M1_I_CC_B	232.212	P1_NA_RE_A	86.091
M2_I_CC_P	8499.406	M3_I_FH_P	604.399	M2_I_CD_P	225.559	M2_M_CC_S	77.091
M3_I_CC_B	6315.954	M3_M_CC_B	548.875	M3_M_CC_P	223.696	M3_I_CD_P	74.233
M3_I_CD_B	5381.618	M1_I_FH_S	545.190	L3_I_FH_P	195.576	M2_I_FH_ZU	71.436
M2_I_CD_B	3081.564	M2_M_FH_S	490.854	L3_NA_RE_A	167.679	L3_I_FH_S	60.965
M2_I_FH_S	2448.035	L3_NA_FH_P	442.831	M1_NA_RE_A	166.697	M3_M_CC_S	54.820
M3_I_CC_P	1672.122	M2_M_CC_B	435.176	M2_M_FH_P	143.469	L3_NA_FH_S	50.777
M2_I_FH_B	1613.091	M2_I_CC_S	381.167	P1_NA_FH_A	104.398	M3_I_CC_S	43.635
M1_I_FH_P	1278.145	M1_I_FH_A	379.175	M1_I_CC_P	101.165		
M3_I_FH_B	1026.554	M1_NA_FH_A	300.380	L3_I_FH_A	88.447		

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

6.7.5 Delimitación de las Unidades del paisaje en la cuenca del río Presidio de los 5 periodos 1971 - 1986, 1993 -1998, 1999 - 2005, 2006 -2008, 2009 -2011

Para la SERIE I de INEGI se obtuvieron 107 unidades del paisaje las cuales están conformadas por tres tipos de relieve, Planicies, Montañas y lomeríos, los cuales presentan diferentes grados de disección vertical, presentan tres tipos de Roca, ígneas, metamórficas y sedimentarias, contienen siete tipos de suelo (Regosol Éutrico, Litosol, Cambisol Éutrico, Cambisol Crómico, Feozem Háplico, Cambisol Dístrico y Cambisol Vertico), persistiendo en ellos cinco tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Vegetación Hidrófila, Agricultura, Selva además de otros tipos de vegetación).

Cuenta también con cuerpos de agua, suelos sin vegetación. La unidad del paisaje con mayor extensión dentro de la cuenca fueron las Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Litosol y cubiertas por vegetación de bosque (M2_I_L_B) le siguen los Lomeríos fuertemente diseccionados, formada por rocas ígneas con dos tipos de suelo Cambisol Eutrico y Cambisol crómico, cubiertos por bosque (L3_I_CEC_B).

Por otra parte la que presenta menor área fue la conformada por los Lomerios medianamente diseccionados, formados por rocas ígneas, suelo Feozem háplico cubiertos por Selva.

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

Tabla 59. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE I en la cuenca del río Presidio.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
PO1_NA_RE_VH	430.701	M1_S_RE_S	1146.461	L3_S_FH_A	63.353	L3_I_CEC_P	4671.963
PO1_NA_RE_S	3339.006	M1_S_CEC_S	602.578	L3_S_CEC_S	2487.242	L3_I_CEC_O	709.872
PO1_NA_RE_O	2127.200	M1_NA_CEC_S	47.600	L3_S_CEC_P	68.706	L3_I_CEC_B	69647.679
PO1_NA_RE_CA	7040.844	M1_M_CEC_S	6278.171	L3_S_CEC_A	51.536	L3_I_CEC_A	5207.106
PO1_NA_RE_A	5801.691	M1_M_CEC_B	215.083	L3_NA_RE_S	181.583	L3_I_CDV_P	4407.434
PO1_NA_FH_VH	372.867	M1_I_RE_S	9466.403	L3_NA_CEC_S	176.762	L3_I_CDV_B	45726.302
PO1_NA_FH_SV	439.604	M1_I_RE_P	910.789	L3_M_RE_S	3167.487	L3_I_CDV_A	949.121
PO1_NA_FH_S	8502.222	M1_I_RE_B	23641.384	L3_M_RE_A	409.696	L2_S_RE_A	60.055
PO1_NA_FH_O	716.304	M1_I_L_S	4466.618	L3_M_FH_SV	186.709	L2_S_CEC_S	1421.541
PO1_NA_FH_CA	3720.262	M1_I_L_P	353.523	L3_M_FH_S	815.286	L2_S_CEC_A	1035.202
PO1_NA_FH_A	10193.479	M1_I_L_B	15015.205	L3_M_CEC_S	1033.715	L2_NA_CEC_S	468.354
PO1_I_FH_S	677.867	M1_I_FH_S	4438.725	L3_I_RE_S	13624.086	L2_NA_CEC_A	1954.927
PO1_I_FH_A	223.665	M1_I_CEC_SV	52.986	L3_I_RE_P	2910.315	L2_M_FH_A	118.368
M2_I_RE_S	1663.266	M1_I_CEC_S	49755.141	L3_I_RE_B	10660.653	L2_I_RE_S	432.409
M2_I_RE_P	1986.621	M1_I_CEC_O	1619.288	L3_I_RE_A	3116.826	L2_I_RE_P	451.681
M2_I_RE_B	23767.487	M1_I_CEC_B	39129.955	L3_I_L_B	516.407	L2_I_RE_A	1124.069
M2_I_L_S	44359.597	M1_I_CEC_A	418.581	L3_I_FH_SV	128.749	L2_I_FH_S	40.381
M2_I_L_P	128.393	M1_I_CDV_P	200.570	L3_I_FH_S	12789.612	L2_I_FH_P	699.633
M2_I_L_B	70221.478	M1_I_CDV_B	21267.769	L3_I_FH_P	894.615	L2_I_FH_A	53.520
M2_I_CEC_S	1282.192	L3_S_RE_S	4598.479	L3_I_FH_B	158.262	L2_I_CEC_SV	209.308
M2_I_CEC_B	4829.441	L3_S_RE_P	264.819	L3_I_FH_A	1880.114	L2_I_CEC_S	1882.504
M2_I_CDV_S	396.768	L3_S_RE_A	450.841	L3_I_CEC_SV	661.800	L2_I_CEC_P	1397.697

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE I de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Análisis de la relación entre la precipitación máxima anual, el cambio de uso de suelo y la respuesta hidrológica en cuencas costeras del Pacífico Tropical Mexicano.



FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie II de INEGI se obtuvieron 111 unidades del paisaje las cuales están conformadas por tres tipos de relieve, Planicies, Montañas y lomeríos, los cuales presentan diferentes grados de disección vertical, presentan tres tipos de Roca, ígneas, metamórficas y sedimentarias, contienen siete tipos de suelo (Regosol Éútrico, Litosol, Cambisol éútrico, Cambisol crómico, Feozem Háplico, Cambisol Dístrico y Cambisol Vertico), persistiendo en ellos cinco tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Vegetación Hidrófila, Agricultura, Selva además de otros tipos de vegetación), cuenta también con cuerpos de agua, suelos sin vegetación. La unidad del paisaje con mayor extensión dentro de la cuenca fueron las Montañas medianamente diseccionadas conformadas por rocas ígneas, suelo Litosol y cubiertas por vegetación de bosque (M2_I_L_B) le siguen los Lomeríos fuertemente diseccionados, formada por rocas ígneas con dos tipos de suelo Cambisol Éútrico y Cambisol crómico, cubiertos por bosque (L3_I_CEC_B). Por otra parte la que presenta menor área fue la conformada por los Lomeríos medianamente diseccionados, formados por rocas ígneas, suelo Feozem háplico cubiertos por Selva (L2_I_FH_S).

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

Tabla 60. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE II en la cuenca del río Presidio.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
PO1_NA_RE_ZU	41.242	M2_I_CDV_P	47.746	L3_S_RE_P	271.901	L3_I_CEC_S	29241.505
PO1_NA_RE_S	2323.226	M2_I_CDV_B	13119.454	L3_S_RE_A	436.488	L3_I_CEC_P	5547.481
PO1_NA_RE_O	1841.904	M1_S_RE_S	1146.461	L3_S_FH_S	1018.704	L3_I_CEC_O	381.529
PO1_NA_RE_CA	6372.012	M1_S_CEC_S	602.578	L3_S_CEC_S	2494.015	L3_I_CEC_B	69595.200
PO1_NA_RE_A	8160.787	M1_NA_CEC_S	47.600	L3_S_CEC_P	52.303	L3_I_CEC_A	8116.049
PO1_NA_FH_ZU	131.319	M1_M_CEC_S	5814.633	L3_S_CEC_A	74.235	L3_I_CDV_ZU	270.008
PO1_NA_FH_S	5168.255	M1_M_CEC_B	678.621	L3_NA_RE_S	181.583	L3_I_CDV_P	5618.108
PO1_NA_FH_O	1046.408	M1_I_RE_S	8849.290	L3_NA_CEC_S	121.867	L3_I_CDV_B	44210.360
PO1_NA_FH_CA	2268.209	M1_I_RE_P	946.911	L3_M_RE_S	3040.177	L3_I_CDV_A	978.374
PO1_NA_FH_A	15286.210	M1_I_RE_B	24172.695	L3_M_RE_A	518.462	L2_S_CEC_ZU	64.869
PO1_I_RE_A	46.999	M1_I_RE_A	41.627	L3_M_FH_S	954.011	L2_S_CEC_S	636.388
PO1_I_FH_S	295.965	M1_I_L_S	4430.269	L3_M_FH_A	49.262	L2_S_CEC_P	580.611
PO1_I_FH_A	617.011	M1_I_L_P	253.512	L3_M_CEC_S	965.673	L2_S_CEC_A	1198.842
M2_I_RE_S	1686.847	M1_I_L_B	15259.261	L3_M_CEC_A	48.245	L2_NA_CEC_S	263.564
M2_I_RE_P	1854.474	M1_I_FH_S	4443.827	L3_I_RE_ZU	43.390	L2_NA_CEC_P	519.788
M2_I_RE_B	23830.280	M1_I_CEC_S	48863.854	L3_I_RE_S	12509.985	L2_NA_CEC_A	1621.747
M2_I_L_S	41317.887	M1_I_CEC_P	113.379	L3_I_RE_P	3174.095	L2_M_FH_A	98.014
M2_I_L_P	76.263	M1_I_CEC_O	1782.802	L3_I_RE_B	10372.956	L2_I_RE_S	237.182
M2_I_L_B	73219.755	M1_I_CEC_B	39681.845	L3_I_RE_A	4169.418	L2_I_RE_P	479.295
M2_I_L_A	56.296	M1_I_CEC_A	654.744	L3_I_L_B	516.407	L2_I_RE_A	1371.468
M2_I_CEC_S	1054.871	M1_I_CDV_P	925.093	L3_I_FH_S	11923.171	L2_I_FH_P	769.727
M2_I_CEC_B	4982.926	M1_I_CDV_B	20548.609	L3_I_FH_P	851.835	L2_I_CEC_ZU	73.761
L2_I_CEC_P	2172.757	L1_S_FH_S	1544.392	L1_NA_FH_S	1691.397	L1_I_RE_A	1964.951
L2_I_CEC_A	2149.542	L1_S_FH_A	987.882	L1_NA_FH_P	77.467	L1_I_FH_ZU	67.618
L1_S_RE_S	894.644	L1_NA_RE_S	926.664	L1_NA_FH_A	12420.789	L1_I_FH_S	1216.107
L1_S_RE_CA	115.754	L3_I_FH_A	2956.179	L1_I_RE_S	2655.780	L1_I_FH_A	10192.381
L3_S_RE_S	4581.676	L1_NA_RE_A	996.515	L1_I_RE_CA	63.901		

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del Río Presidio para el periodo 1993 -1998 correspondiente a la SERIE II de INEGI.

Análisis de la relación entre la precipitación máxima anual, el cambio de uso de suelo y la respuesta hidrológica en cuencas costeras del Pacífico Tropical Mexicano.

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE¹¹ de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie III de INEGI se obtuvieron 109, unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cinco tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva, Vegetación hidrófila) la agrupación de otros tipos de vegetación se pierde en esta serie, cuenta también con cuerpos de agua, se presentan zona urbanas y zonas sin vegetación. Los porcentajes de las unidades predominantes siguen sin mostrar cambios relevantes, se pierden 14 unidades del paisaje y se ganan 13, ambas se resumen en la siguiente tabla.

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

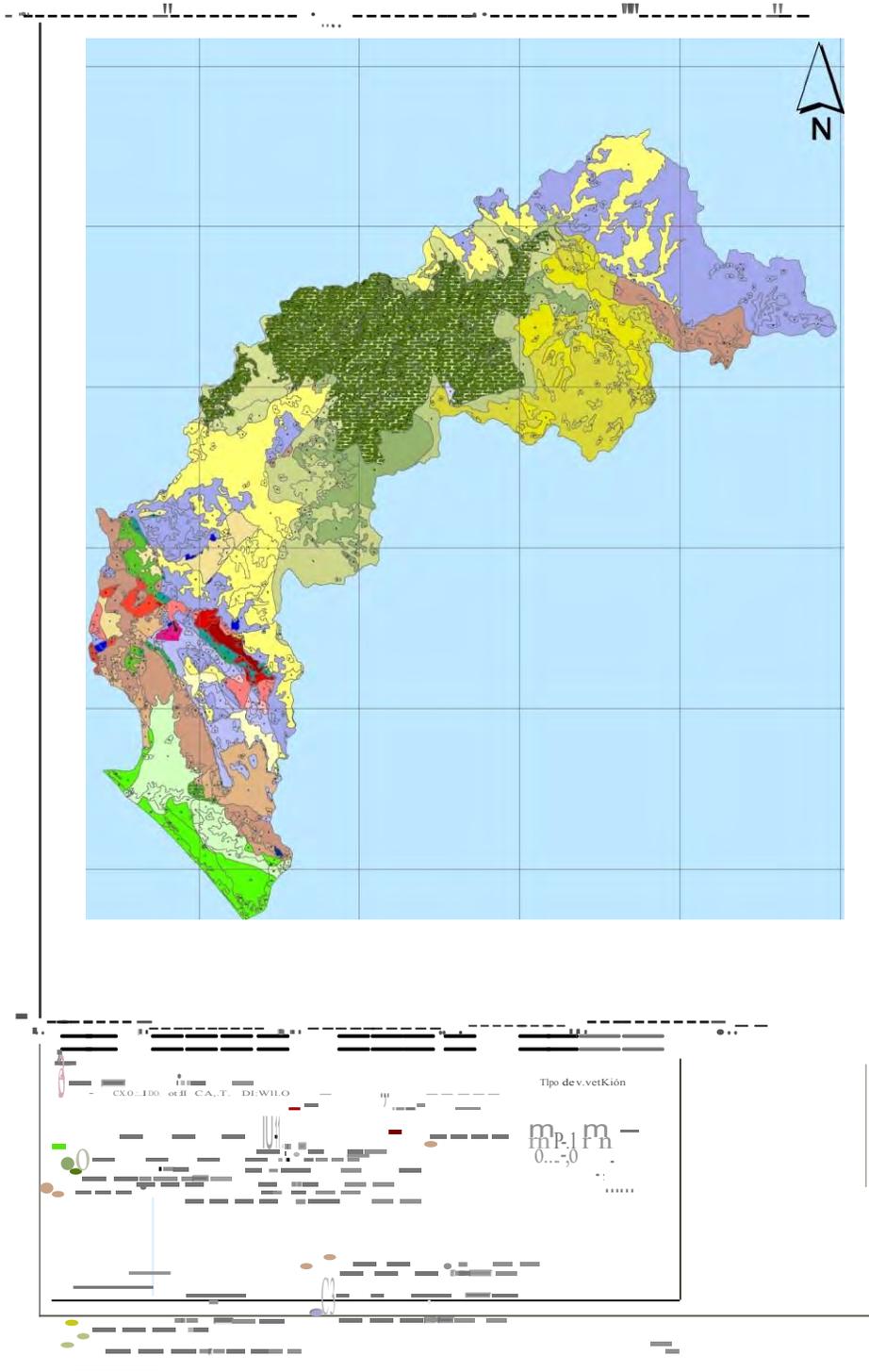
Tabla 61. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE III en la cuenca del río Presidio.

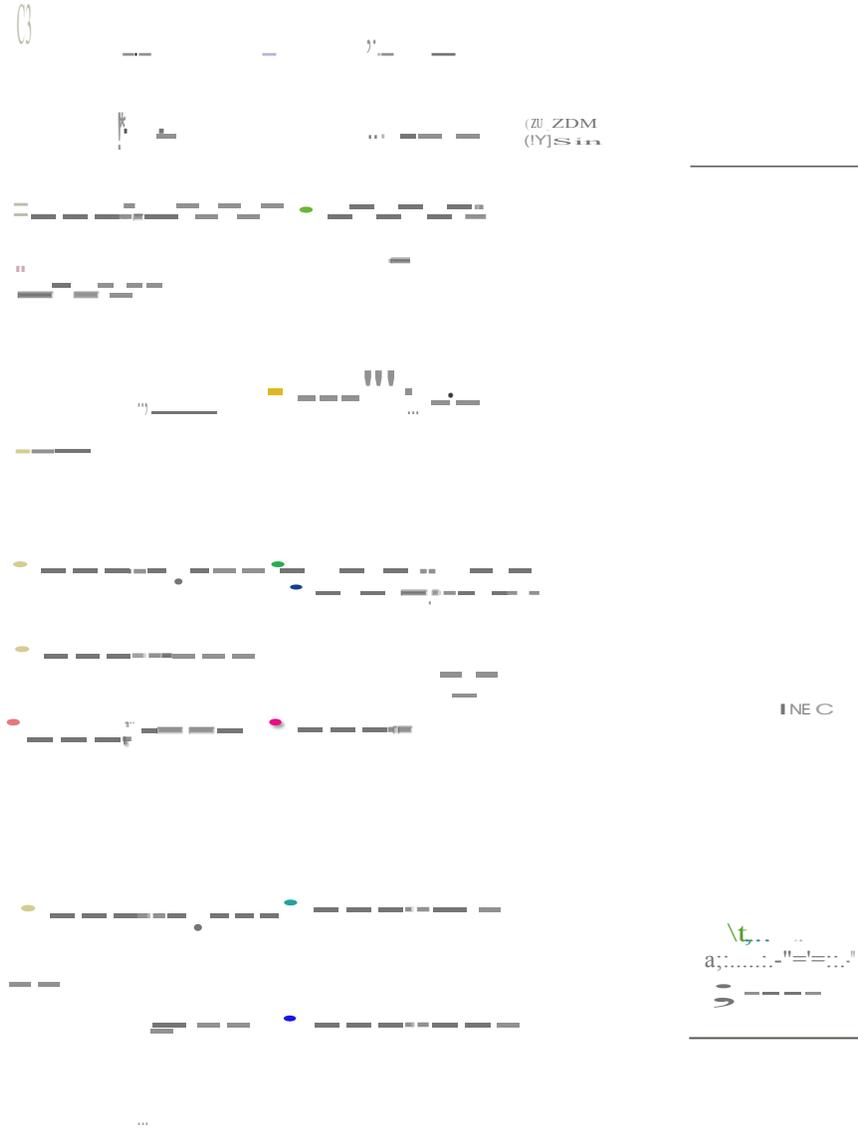
CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
PO1_NA_RE_ZU	41.252	M2_I_CDV_B	13196.018	L3_S_CEC_S	2491.349	L2_S_RE_A	100.141
PO1_NA_RE_VH	2164.755	M2_I_CDV_A	41.765	L3_S_CEC_P	57.747	L2_S_CEC_ZU	73.229
PO1_NA_RE_SV	477.440	M1_S_RE_S	1146.461	L3_NA_RE_S	181.583	L2_S_CEC_S	435.637
PO1_NA_RE_S	1034.340	M1_S_CEC_S	602.578	L3_NA_CEC_S	121.867	L2_S_CEC_A	1936.302
PO1_NA_RE_P	914.915	M1_NA_CEC_S	47.600	L3_M_RE_S	3080.897	L2_NA_CEC_S	197.234
PO1_NA_RE_CA	6712.961	M1_M_CEC_S	5805.016	L3_M_RE_A	453.156	L2_NA_CEC_A	2236.961
PO1_NA_RE_A	7375.662	M1_M_CEC_B	688.238	L3_M_FH_S	745.600	L2_M_FH_A	118.293
PO1_NA_FH_ZU	131.289	M1_I_RE_S	8790.473	L3_M_FH_A	225.681	L2_I_RE_A	1953.317
PO1_NA_FH_VH	1322.593	M1_I_RE_P	937.894	L3_M_CEC_S	858.959	L2_I_FH_A	767.904
PO1_NA_FH_SV	376.710	M1_I_RE_B	24106.507	L3_M_CEC_A	164.615	L2_I_CEC_ZU	51.954
PO1_NA_FH_S	4537.995	M1_I_RE_A	179.635	L3_I_RE_ZU	43.409	L2_I_CEC_S	785.446
PO1_NA_FH_CA	2352.178	M1_I_L_S	4197.743	L3_I_RE_S	12044.378	L2_I_CEC_A	4468.554
PO1_NA_FH_A	15218.727	M1_I_L_P	265.507	L3_I_RE_P	3064.462	L1_S_RE_S	692.113
PO1_I_RE_A	46.999	M1_I_L_B	15269.198	L3_I_RE_B	10601.148	L1_S_RE_CA	134.958
PO1_I_FH_S	273.722	M1_I_L_A	89.227	L3_I_RE_A	4703.106	L1_S_RE_A	111.348
PO1_I_FH_A	636.396	M1_I_FH_S	4455.002	L3_I_L_B	516.407	L1_S_FH_S	1409.134
M2_I_RE_S	1641.715	M1_I_CEC_S	48985.675	L3_I_FH_S	11748.400	L1_S_FH_A	1124.663
M2_I_RE_P	1846.949	M1_I_CEC_P	95.822	L3_I_FH_P	128.500	L1_NA_RE_S	461.634
M2_I_RE_B	23923.052	M1_I_CEC_B	39286.689	L3_I_FH_B	3831.070	L1_NA_RE_A	1460.887
M2_I_L_S	40939.721	M1_I_CEC_A	2648.976	L3_I_CEC_S	28822.387	L1_NA_FH_ZU	85.524
M2_I_L_P	284.382	M1_I_CDV_P	879.953	L3_I_CEC_P	6021.252	L1_NA_FH_S	1386.794
M2_I_L_B	73395.333	M1_I_CDV_B	20600.899	L3_I_CEC_B	69262.988	L1_NA_FH_A	12653.134
M2_I_L_A	198.670	L3_S_RE_S	4449.754	L3_I_CEC_A	8738.297	L1_I_RE_S	1839.405
M2_I_CEC_S	1117.590	L3_S_RE_P	268.870	L3_I_CDV_ZU	447.147	L1_I_RE_CA	60.873
M2_I_CEC_B	4844.728	L3_S_RE_A	562.374	L3_I_CDV_P	5947.700	L1_I_RE_A	2870.337
M2_I_CEC_A	54.448	L3_S_FH_S	989.124	L3_I_CDV_B	43587.748	L1_I_FH_S	951.741
M2_I_CDV_S	303.984	L3_S_FH_A	125.183	L3_I_CDV_A	1083.716	L1_I_FH_A	10532.379

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del Río Presidio para el periodo 1999- 2005 correspondiente a la SERIE III de INEGI.

FIGURA49. Unidades de Paisaje en cuenca del Río Presidio resultantes con SERIE III





FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE 111 de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie IV de INEGI se obtuvieron 112 unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cinco tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva, Vegetación hidrófila) la agrupación de otros tipos de vegetación vuelve a presentarse en esta serie, cuenta también con cuerpos de agua, se presentan zona urbanas y zonas sin vegetación. Se presenta la disminución en un 1% de la segunda unidad del paisaje predominante, Lomeríos fuertemente diseccionados, formada por rocas ígneas con dos tipos de suelo Cambisol Éutrico y Cambisol Crómico, cubiertos por bosque (L3_I_CEC_B), se pierden 4 unidades del paisaje y se ganan 8, ambas se resumen en la siguiente tabla.

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

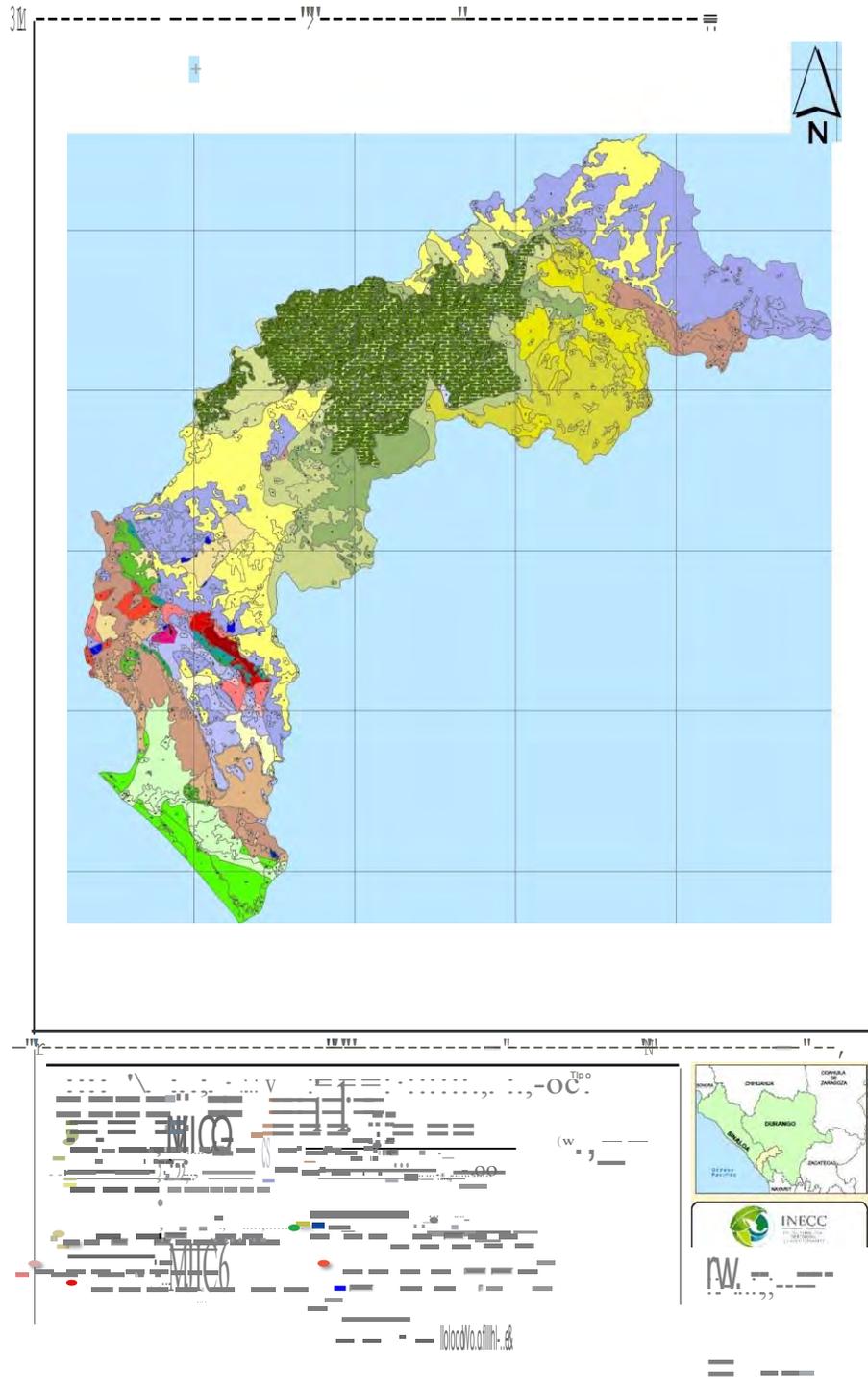
Tabla 62. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE IV en la cuenca del río Presidío.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
PO1_NA_RE_ZU	59.486	M2_I_L_B	71663.010	M1_I_CEC_S	48676.584	L3_I_RE_P	2820.315
PO1_NA_RE_VH	2108.262	M2_I_L_A	291.805	M1_I_CEC_P	181.940	L3_I_RE_B	9837.207
PO1_NA_RE_SV	477.546	M2_I_CEC_S	1278.873	M1_I_CEC_B	39496.309	L3_I_RE_A	4848.375
PO1_NA_RE_S	980.571	M2_I_CEC_B	4648.415	M1_I_CEC_A	2648.974	L3_I_L_B	516.407
PO1_NA_RE_O	142.008	M2_I_CEC_A	54.448	M1_I_CDV_P	427.203	L3_I_FH_S	11709.585
PO1_NA_RE_CA	6651.598	M2_I_CDV_S	265.360	M1_I_CDV_B	20919.695	L3_I_FH_P	94.707
PO1_NA_RE_A	8310.408	M2_I_CDV_O	1228.999	M1_I_CDV_A	71.914	L3_I_FH_A	3908.718
PO1_NA_FH_ZU	306.066	M2_I_CDV_B	11965.334	L3_S_RE_S	4515.362	L3_I_CEC_S	29036.219
PO1_NA_FH_VH	517.327	M2_I_CDV_A	105.660	L3_S_RE_P	203.262	L3_I_CEC_P	4952.027
PO1_NA_FH_SV	378.957	M1_S_RE_S	1146.461	L3_S_RE_A	562.374	L3_I_CEC_B	68370.683
PO1_NA_FH_S	4300.475	M1_S_CEC_S	602.578	L3_S_FH_S	979.325	L3_I_CEC_A	10470.029
PO1_NA_FH_O	805.267	M1_NA_CEC_S	47.600	L3_S_FH_A	125.183	L3_I_CDV_ZU	524.404
PO1_NA_FH_CA	2352.160	M1_M_CEC_S	5805.009	L3_S_CEC_S	2549.099	L3_I_CDV_P	5776.667
PO1_NA_FH_A	15257.839	M1_M_CEC_B	688.245	L3_NA_RE_S	181.583	L3_I_CDV_B	43565.350
PO1_I_RE_A	46.999	M1_I_RE_S	8983.337	L3_NA_CEC_S	121.867	L3_I_CDV_A	1238.164
PO1_I_FH_S	223.392	M1_I_RE_P	52.591	L3_M_RE_S	3080.897	L2_S_RE_A	100.141
PO1_I_FH_A	686.726	M1_I_RE_B	24668.159	L3_M_RE_A	453.156	L2_S_CEC_ZU	72.125
M2_I_RE_S	2242.710	M1_I_RE_A	416.440	L3_M_FH_S	745.600	L2_S_CEC_S	300.212
M2_I_RE_P	74.123	M1_I_L_S	4198.502	L3_M_FH_A	225.681	L2_S_CEC_A	2016.977
M2_I_RE_B	25009.172	M1_I_L_P	269.572	L3_M_CEC_S	858.959	L2_NA_CEC_S	115.665
M2_I_L_S	40179.002	M1_I_L_B	15260.002	L3_M_CEC_A	164.615	L2_NA_CEC_A	2318.513
M2_I_L_P	771.096	M1_I_L_A	89.227	L3_I_RE_ZU	69.338	L2_M_FH_A	118.293
M2_I_L_O	1945.570	M1_I_FH_S	4455.202	L3_I_RE_S	12882.723	L2_I_RE_A	1953.317
L2_I_FH_A	767.917	L1_S_RE_CA	134.958	L1_NA_RE_A	1462.747	L1_I_RE_CA	60.873
L2_I_CEC_ZU	53.204	L1_S_RE_A	111.348	L1_NA_FH_ZU	85.524	L1_I_RE_A	2870.307
L2_I_CEC_SV	477.200	L1_S_FH_S	958.170	L1_NA_FH_S	755.407	L1_I_FH_ZU	67.648
L2_I_CEC_A	4833.093	L1_S_FH_A	1583.608	L1_NA_FH_A	13379.916	L1_I_FH_S	585.652

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del Río Presidio para el periodo 2006- 2008 correspondiente a la SERIE IV de INEGI.

FIGURA 50. Unidades de Paisaje en cuenca del Río Presidio resultantes con SERIE IV.



Análisis de la relación entre la precipitación máxima anual, el cambio de uso de suelo y la respuesta hidrológica en cuencas costeras del Pacífico Tropical Mexicano.

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE 11 de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

Para la Serie V de INEGI se obtuvieron 115 unidades del paisaje las cuales mantienen las características en sus unidades morfológicas del relieve, la composición litológica y características edafológicas, persistiendo en ellos cinco tipos de vegetación (Bosque, Pastizal, Agricultura, Selva, Vegetación hidrófila) nuevamente se pierde la agrupación de otros tipos de vegetación en esta serie, cuenta también con cuerpos de agua, se presentan zona urbanas y zonas sin vegetación.

En general la cuenca presenta un comportamiento estable en cuanto a la transición dentro de sus unidades del paisaje, se pierden 6 unidades del paisaje y se ganan 8, ambas se resumen en la siguiente tabla.

En la siguiente tabla se muestran las áreas calculadas correspondientes a cada una de las unidades del paisaje.

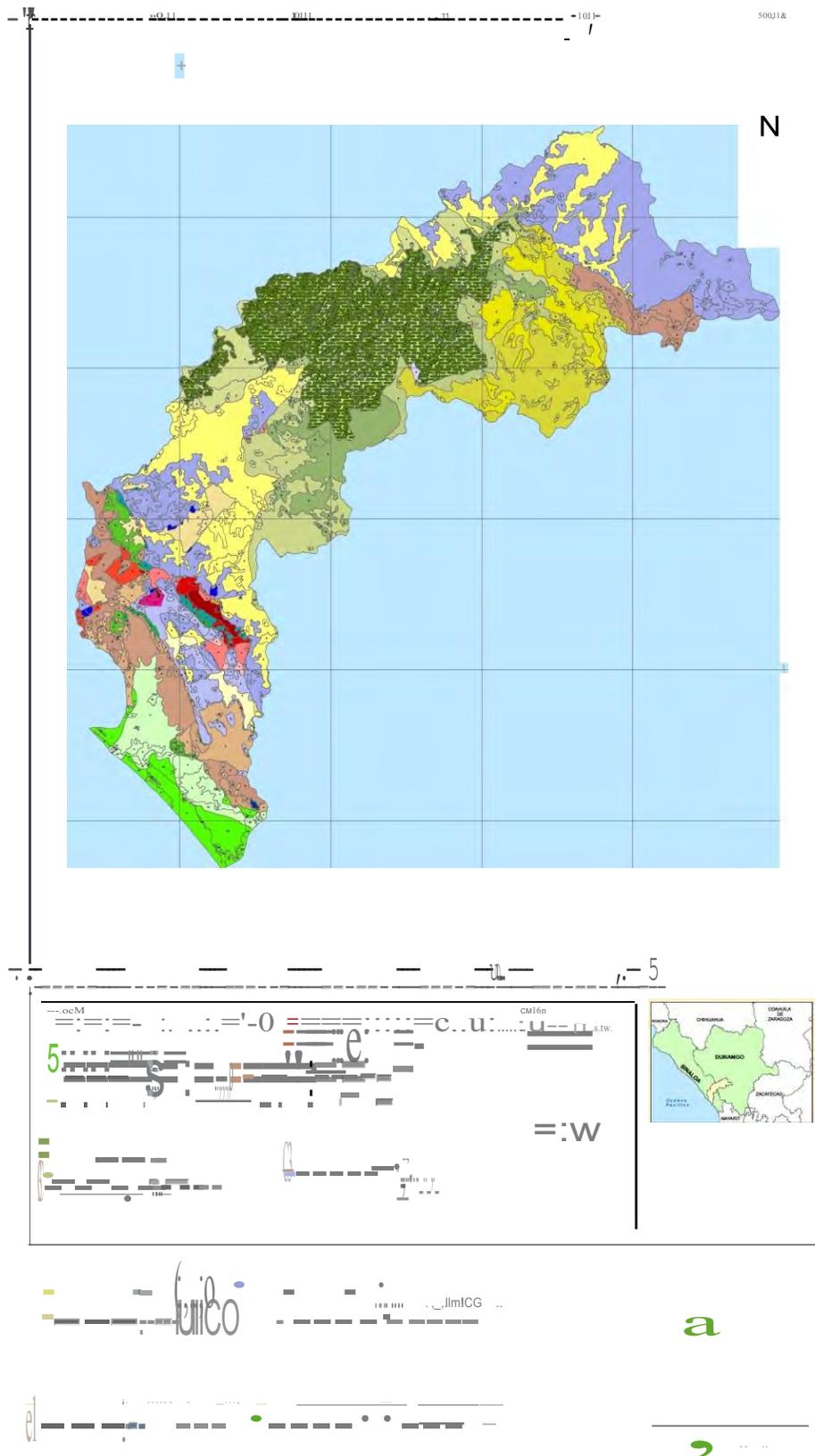
Tabla 63. Áreas de las Unidades de Paisaje para la SERIE V en la cuenca del río Presidio.

CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]	CLAVE	ÁREA [ha]
PO1_NA_RE_ZU	59.487	M1_S_CEC_S	602.577	L3_M_RE_S	3053.035	L2_NA_CEC_P	665.355
PO1_NA_RE_VH	1333.578	M1_NA_CEC_S	47.600	L3_M_RE_A	481.017	L2_NA_CEC_A	1682.380
PO1_NA_RE_SV	477.626	M1_M_CEC_S	5805.010	L3_M_FH_S	745.611	L2_M_FH_A	118.293
PO1_NA_RE_S	1823.268	M1_M_CEC_B	688.244	L3_M_FH_A	225.670	L2_I_RE_P	466.857
PO1_NA_RE_CA	6651.722	M1_I_RE_S	8983.318	L3_M_CEC_S	858.958	L2_I_RE_A	1487.188
PO1_NA_RE_A	8384.204	M1_I_RE_P	52.590	L3_M_CEC_A	164.616	L2_I_FH_P	767.916
PO1_NA_FH_ZU	306.068	M1_I_RE_B	24904.984	L3_I_RE_ZU	69.342	L2_I_CEC_ZU	53.204
PO1_NA_FH_VH	863.263	M1_I_RE_A	179.629	L3_I_RE_S	11777.116	L2_I_CEC_S	331.391
PO1_NA_FH_SV	378.961	M1_I_L_S	4198.524	L3_I_RE_P	3100.148	L2_I_CEC_P	2411.355
PO1_NA_FH_S	4947.250	M1_I_L_P	270.323	L3_I_RE_B	10602.067	L2_I_CEC_A	2566.820
PO1_NA_FH_CA	2311.499	M1_I_L_B	15259.994	L3_I_RE_A	4886.665	L1_S_RE_S	692.114
PO1_NA_FH_A	15110.443	M1_I_L_A	89.227	L3_I_L_B	516.407	L1_S_RE_CA	134.958
PO1_I_RE_A	46.999	M1_I_FH_S	4439.070	L3_I_FH_S	11657.628	L1_S_RE_A	111.348
PO1_I_FH_S	146.493	M1_I_CEC_S	48642.562	L3_I_FH_P	1025.237	L1_S_FH_S	1225.203
PO1_I_FH_A	763.624	M1_I_CEC_P	166.909	L3_I_FH_A	3110.611	L1_S_FH_A	1348.096
M2_I_RE_S	2242.733	M1_I_CEC_B	39509.144	L3_I_CEC_S	28200.919	L1_NA_RE_S	439.427
M2_I_RE_P	74.123	M1_I_CEC_A	2683.566	L3_I_CEC_P	5220.250	L1_NA_RE_A	1442.379
M2_I_RE_B	25009.151	M1_I_CDV_P	427.174	L3_I_CEC_B	68892.564	L1_NA_FH_ZU	85.526
M2_I_L_S	40178.916	M1_I_CDV_B	20919.715	L3_I_CEC_A	10554.777	L1_NA_FH_S	855.430
M2_I_L_P	771.113	M1_I_CDV_A	71.918	L3_I_CDV_ZU	546.131	L1_NA_FH_P	84.017
M2_I_L_B	73608.667	L3_S_RE_S	4439.768	L3_I_CDV_P	5803.305	L1_NA_FH_A	13194.109
M2_I_L_A	291.789	L3_S_RE_P	203.262	L3_I_CDV_B	43509.828	L1_I_RE_S	1612.653
M2_I_CEC_S	1278.869	L3_S_RE_A	657.972	L3_I_CDV_A	1245.328	L1_I_RE_P	235.132
M2_I_CEC_B	4648.415	L3_S_FH_S	888.677	L2_S_RE_A	100.140	L1_I_RE_CA	60.873
M2_I_CEC_A	54.449	L3_S_FH_A	138.747	L2_S_CEC_ZU	72.129	L1_I_RE_A	2842.218
M2_I_CDV_S	265.358	L3_S_CEC_S	2398.417	L2_S_CEC_S	316.570	L1_I_FH_ZU	67.649
M2_I_CDV_B	13194.331	L3_S_CEC_A	152.584	L2_S_CEC_P	785.614	L1_I_FH_S	621.867

FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

En el siguiente plano se presentan las unidades del paisaje en la cuenca del Río Presidio para el periodo 2009 - 2011 correspondiente a la SERIE V de INEGI.

FIGURA 51. Unidades de Paisaje en cuenca del Río Presidio resultantes con SERIE V.





FUENTE: Elaboración propia en base a la SEIRE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI

6.8 Actividad e. Correlacionar estadísticamente la variabilidad en la distribución de las unidades de paisaje en la cuenca y la respuesta hidrológica

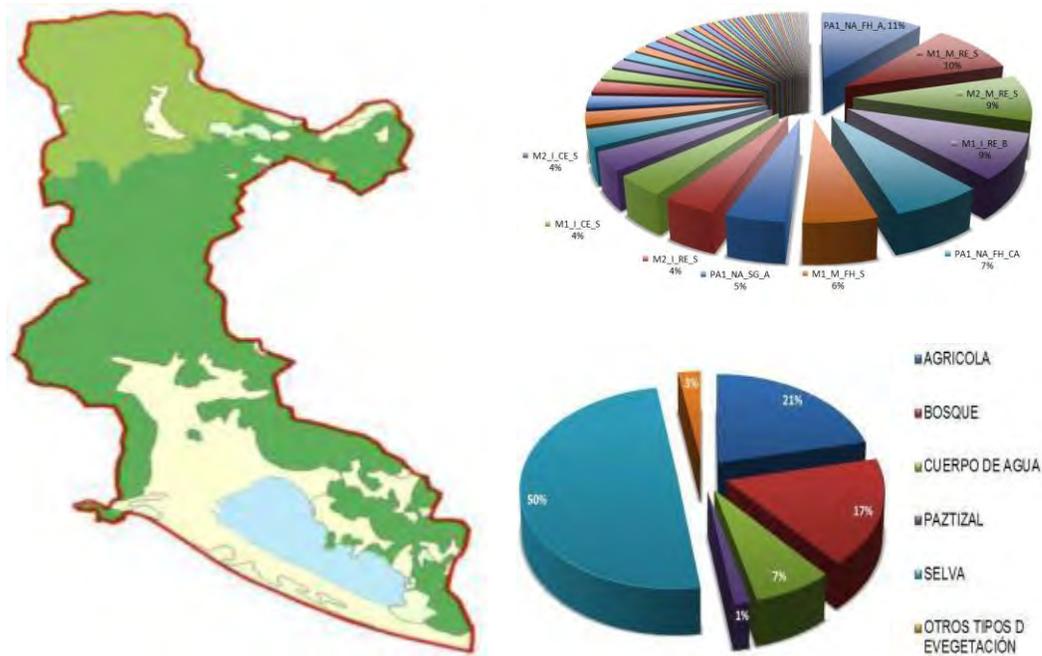
6.8.1 Elaboración de los modelos hidrológicos de las cuencas en el HEC-HMS

Para el desarrollo de los modelos hidrológicos se utilizó el HEC- HMS que es un software de uso libre proporcionado por el US Army Corps of Engineers, este software incluye para los cálculos caculos hidrológicos el método del “Número de Curva”, método que para el cumplimiento de los alcances y objetivos es adecuado. En el apartado 6.2.1.3.5 se describe detalladamente la metodología para el desarrollo de los modelos hidrológicos en el HEC-HMS por el método de la Curva Numero por lo que a continuación solo se presentarán los resultados.

6.8.1.1 Modelo Hidrológico para cuenca del Río Sabana con SERIE I de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del rio Sabana con la SERIE I de INEGI.

FIGURA 52. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Sabana para la SERIE I de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

La vegetación más abundante en esta SERIE es la de SELVA con el 50% del área de la cuenca del río Sabana, seguida por la de AGRÍCOLA con el 21% y como tercero el BOSQUE con el 17%.

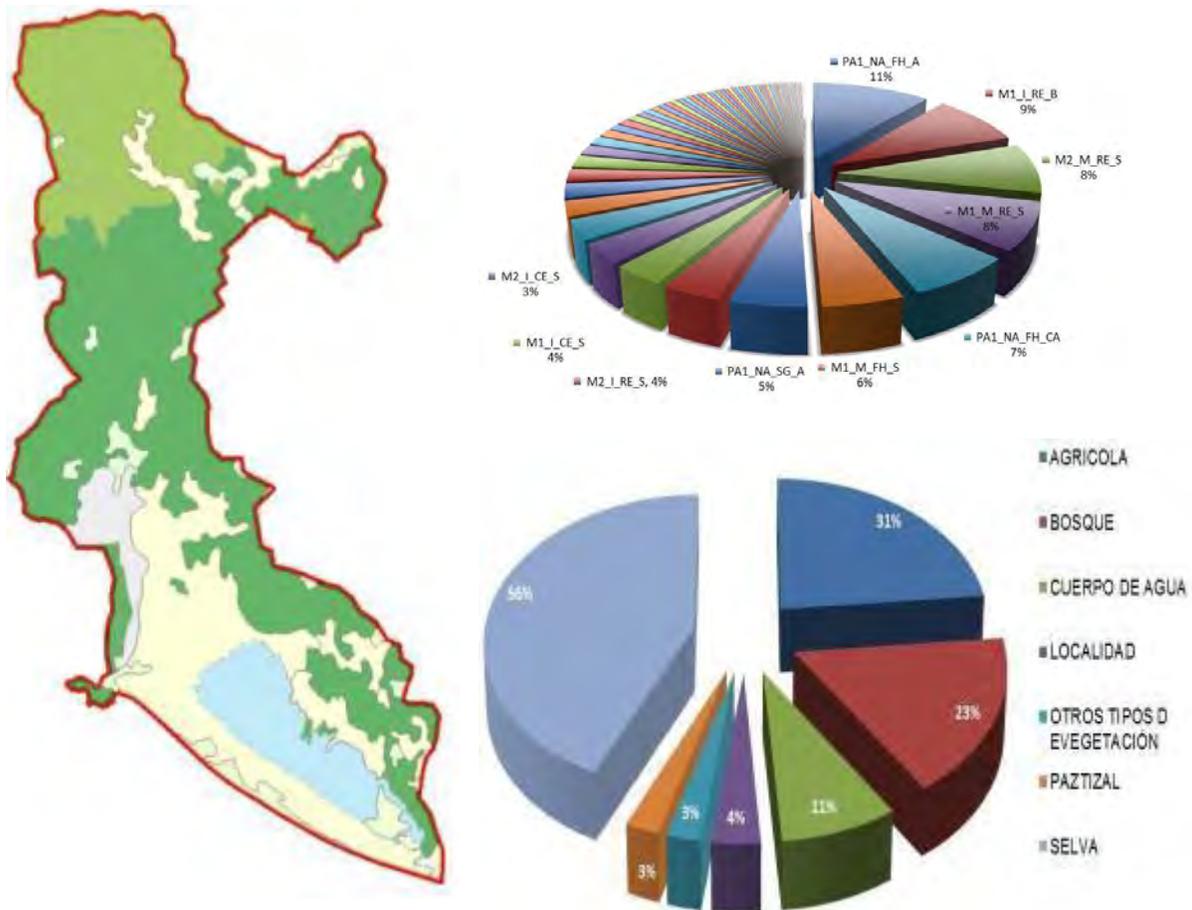
De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE I de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de **“68”**

Es sobresaliente que para esta SERIE no se consideraba la ZONA URBANA, LOCALIDAD o ASENTAMIENTOS HUMANOS.

6.8.1.2 Modelo Hidrológico para cuenca del Río Sabana con SERIE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Sabana con la SERIE II de INEGI.

FIGURA 53. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Sabana para la SERIE II de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

La vegetación más abundante en esta SERIE es la de SELVA con el 56% del área de la cuenca del río Sabana, seguida por la de AGRÍCOLA con el 31% y como tercero el BOSQUE con el 23%. (SUMA 110%)

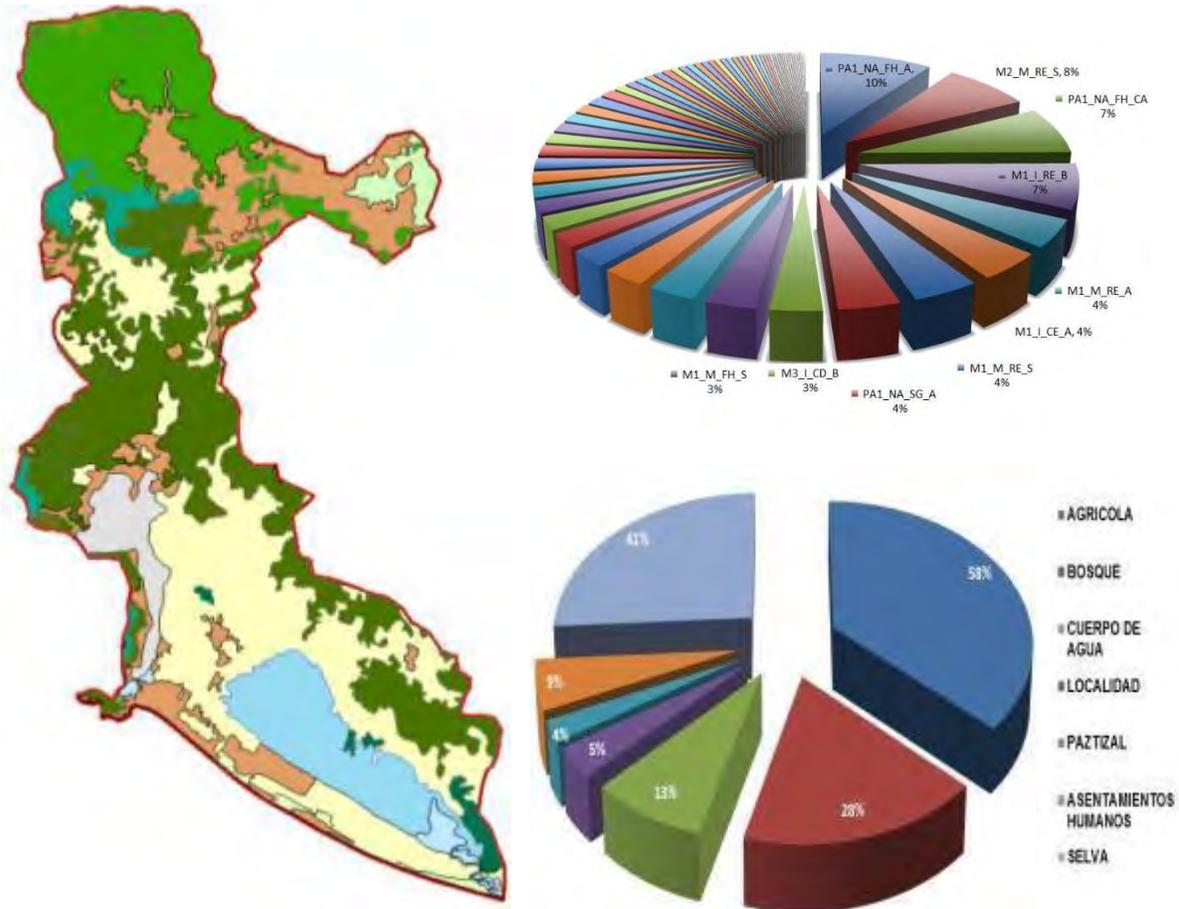
En esta SERIE ya aparece el tema de LOCALIDAD, además el área de CUERPOS DE AGUA aumento en un 4% respecto a la SERIE anterior.

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE I de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de “69”

6.8.1.3 Modelo Hidrológico para cuenca del Río Sabana con SERIE III de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Sabana con la SERIE III de INEGI.

FIGURA 54. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Sabana para la SERIE III de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

La vegetación más abundante en esta SERIE es la de AGRÍCOLA con el 58% seguida por la de SELVA con el 41% y como tercero el BOSQUE con el 28%. (SUMA 127%)

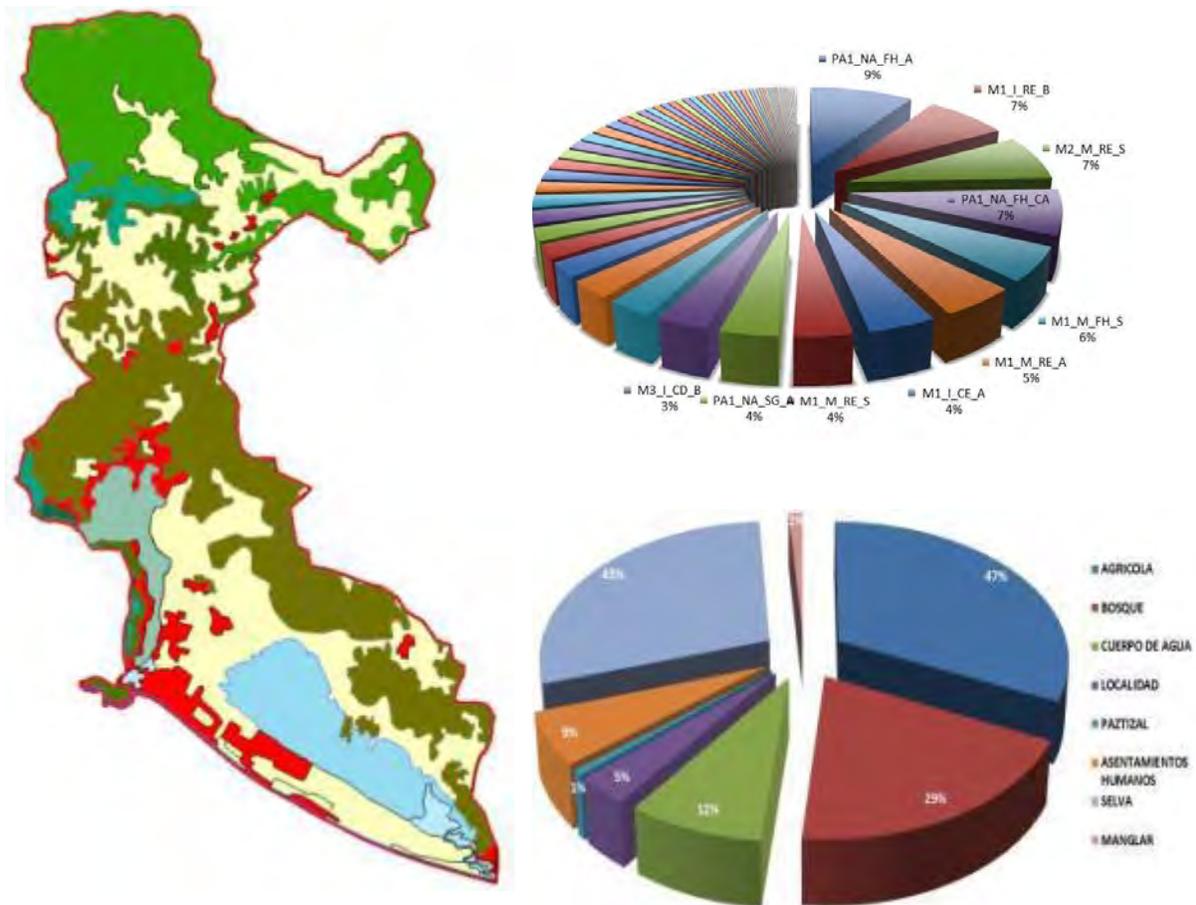
En esta SERIE ahora el uso AGRÍCOLA es el más abundante, además aparece la clasificación de ASENTAMIENTOS HUMANOS, el cual conforma un 9% del total del área de la cuenca. Junto con el área de LOCALIDAD, juntan un 14%, esto es de gran relevancia dado el incremento de zonas impermeables.

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE I de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de **“72”**

6.8.1.4 Modelo Hidrológico para cuenca del Río Sabana con SERIE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Sabana con la SERIE IV de INEGI.

FIGURA 55. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Sabana para la SERIE IV de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

Para la SERIE IV de INEGI la vegetación más abundante es la AGRÍCOLA con el 47% seguida por la de SELVA con el 43% y como tercero el BOSQUE con el 29%. (SUMA 119%)

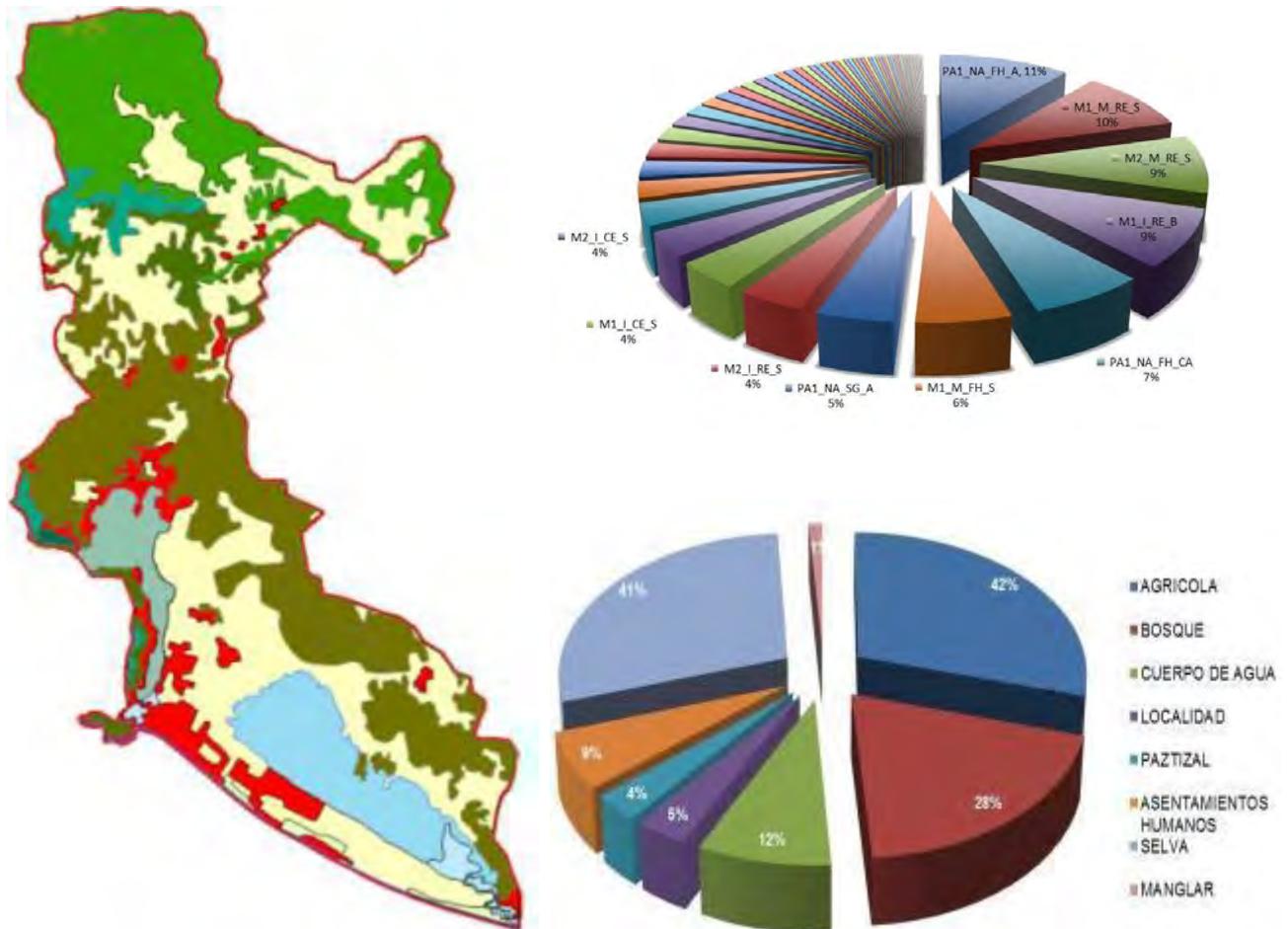
En esta SERIE se incorpora el uso de MANGLAR que conforma el 2% de la superficie en la cuneca del río Sabana.

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE I de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de "74"

6.8.1.5 Modelo Hidrológico para cuenca del Río Sabana con SERIE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Sabana con la SERIE V de INEGI.

FIGURA 56. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Sabana para la SERIE V de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

Para la SERIE V de INEGI la vegetación más abundante es la AGRÍCOLA con el 47% seguida por la de SELVA con el 43% y como tercero el BOSQUE con el 29%.(SUMA 119%)

En esta SERIE se incorpora el uso de MANGLAR que conforma el 2% de la superficie en la cuneca del río Sabana.

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE I de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante

es de **“75”**

6.8.2 Resultados del modelo realizado en HEC-HMS para cada una de las SERIES de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI en la cuenca del Río Sabana.

En las siguientes tablas se presentan las características físicas y algunos parámetros hidrológicos de la cuenca del río Sabana

Tabla 64. Características físicas de la cuenca del río Sabana.

Área							Tc	
759,700,000	759.7	64,018	2,260	1	2,259	0.035	5.91	354.86

FUENTE: Elaboración propia en base a las cuencas publicadas por INEGI, INECC, CONAGUA en 2007

De acuerdo a las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación, los Números de Curva para cada una de ellas queda de la siguiente manera

Tabla 65. Numero de Curva en las SERIES de INEGI para la Cuenca del Río Sabana.

SERIE	CN
I	68
II	69
III	72
IV	74
V	75

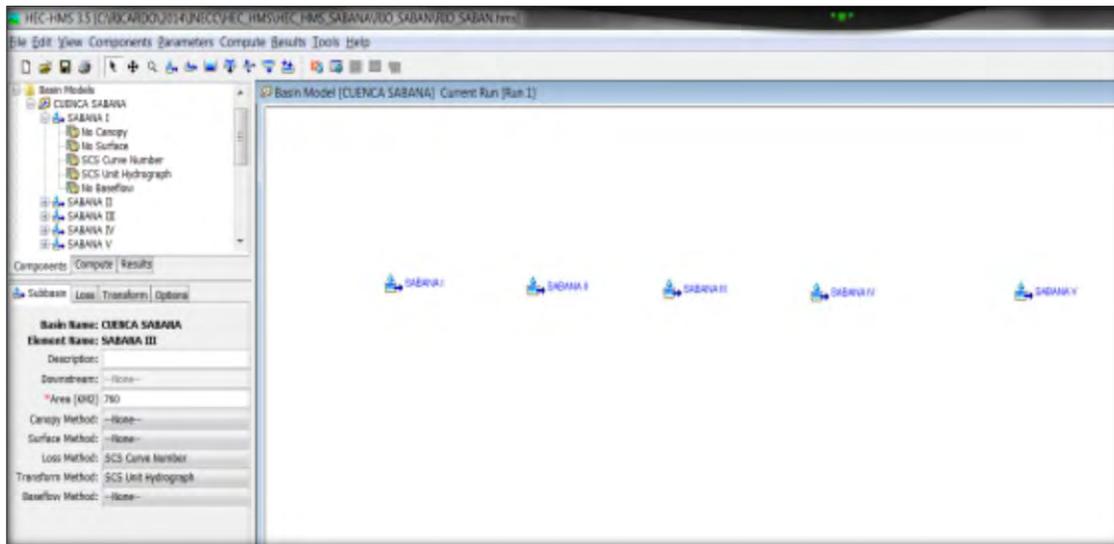
FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Haciendo uso del HEC-HMS se generan 5 cuencas que corresponden a los diferentes “Números de Curva” obtenidos en base a las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

Los demás parámetros como el área de la cuenca, longitud del cauce y pendiente media de la cuenca no cambian, se dejan constantes para poder conocer la influencia del “Número de Cuerva” o “Coeficiente de Escurrimiento” sobre el caudal generado.

Esto se puede ver en la siguiente figura donde se muestra la construcción de los escenarios ya en el HEC-HMS

FIGURA 57. Elaboración de modelo para conocer la influencia del Coeficiente de Escurrimiento obtenido de las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación en la cuenca del Río Sabana.



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE I se simula la tormenta ocurrida en el año 1984, la cual es la mayor para el periodo que comprende la SERIE I, esta tormenta generó un escurrimiento de 1,096 m³/s.

Tabla 66. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE I en la cuenca del Río Sabana.

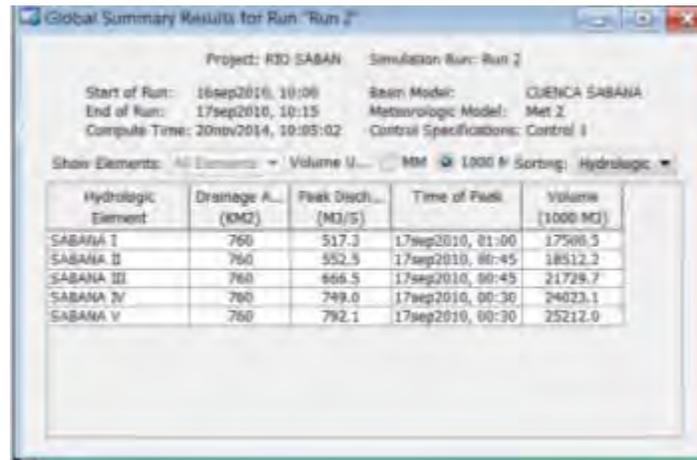
Hydrologic Element	Drainage A... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
SABANA I	760	1080.9	16sep2010, 22:45	45716.4
SABANA II	760	1128.7	16sep2010, 22:45	47389.2
SABANA III	760	1275.8	16sep2010, 22:45	52545.5
SABANA IV	760	1379.0	16sep2010, 22:30	56081.6
SABANA V	760	1431.2	16sep2010, 22:30	57874.4

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Con el modelo se obtuvo un gasto de 1080.9 m³/s no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal de 1,431.2 m³/s.

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE II se simula la tormenta ocurrida en el año 1993, la cual es la mayor para el periodo que comprende la SERIE II, esta tormenta generó un escurrimiento de 536.2 m³/s.

Tabla 67. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE II en la cuenca del Río Sabana.



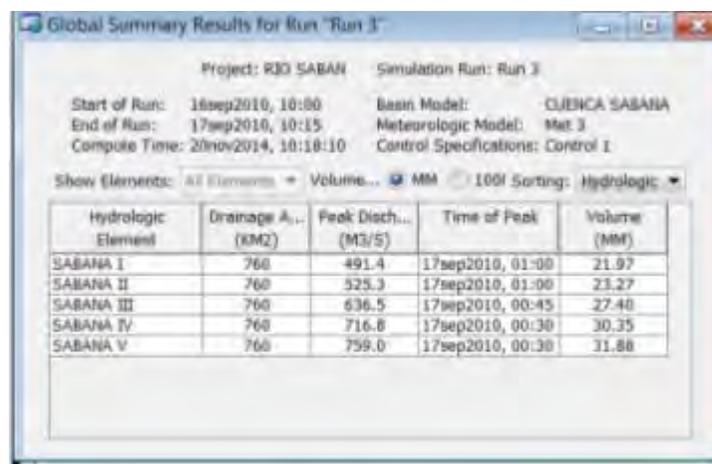
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
SABANA I	760	517.3	17sep2010, 01:00	17500.5
SABANA II	760	552.5	17sep2010, 00:45	18512.2
SABANA III	760	666.5	17sep2010, 00:45	21728.7
SABANA IV	760	749.0	17sep2010, 00:30	24023.1
SABANA V	760	792.1	17sep2010, 00:30	25212.0

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Con el modelo se obtuvo un gasto de 552.5 m³/s no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal de 792.1 m³/s.

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE III se simula la tormenta ocurrida en el año 2003, la cual es la mayor para el periodo que comprende la SERIE III, esta tormenta generó un escurrimiento de 611.58 m³/s.

Tabla 68. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE III en la cuenca del Río Sabana.



Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SABANA I	760	491.4	17sep2010, 01:00	21.97
SABANA II	760	525.3	17sep2010, 01:00	23.27
SABANA III	760	636.5	17sep2010, 00:45	27.40
SABANA IV	760	716.8	17sep2010, 00:30	30.35
SABANA V	760	759.0	17sep2010, 00:30	31.88

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

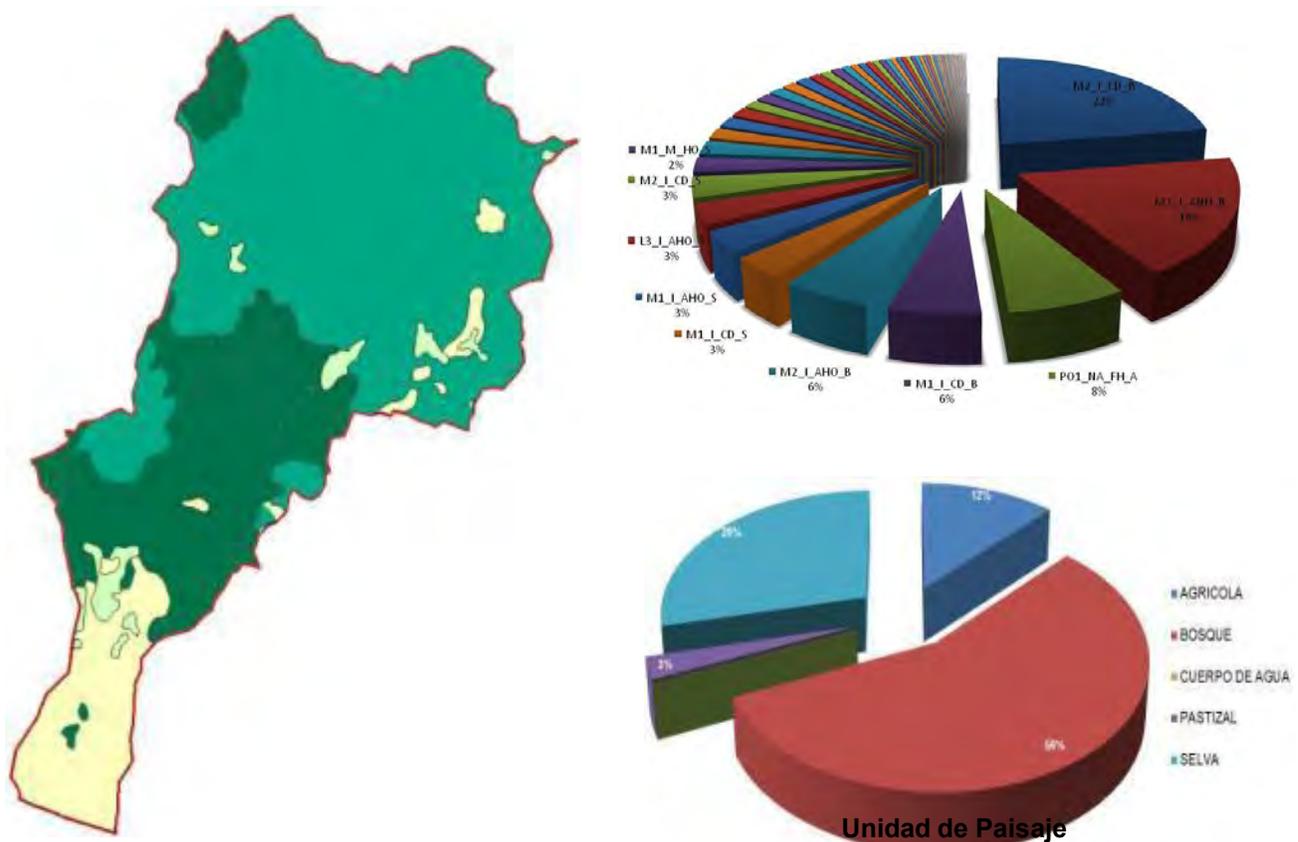
Con el modelo se obtuvo un gasto de $636.5 \text{ m}^3/\text{s}$ no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal de $759.0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Lamentablemente para las SERIES VI y V no se cuenta con registro en la estación hidrométrica para poder calibrar el modelo.

6.8.2.1 Modelo Hidrológico para cuenca del Río Atoyac con SERIE I de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Atoyac con la SERIE I de INEGI.

FIGURA 58. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Atoyac para la SERIE I de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

La vegetación más abundante en esta SERIE es la de BOSQUE con el 56% del área de la cuenca del río Presido, seguida por la de SELVA con el 29% y como tercero el AGRÍCOLA con el 12%.

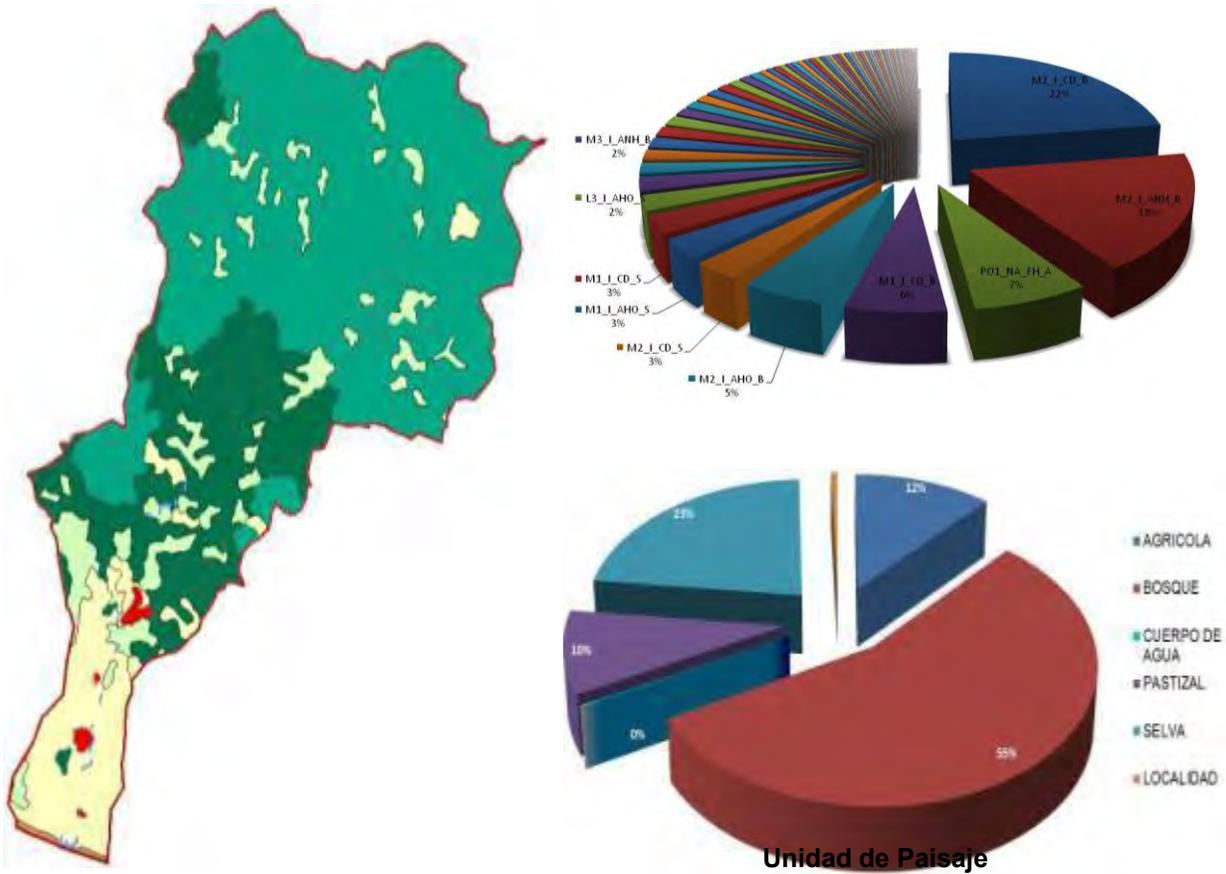
De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE I de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de **“71”**

Es sobresaliente que para esta SERIE no se consideraba la ZONA URBANA, LOCALIDAD o ASENTAMIENTOS HUMANOS.

6.8.2.2 *Modelo Hidrológico para cuenca del Río Atoyac con SERIE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.*

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Atoyac con la SERIE II de INEGI.

FIGURA 59. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Atoyac para la SERIE II de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

La vegetación más abundante en esta SERIE es la de BOSQUE con el 55% del área de la cuenca del río Sabana, seguida por la de SELVA con el 23% y como tercero el AGRÍCOLA con el 12%.

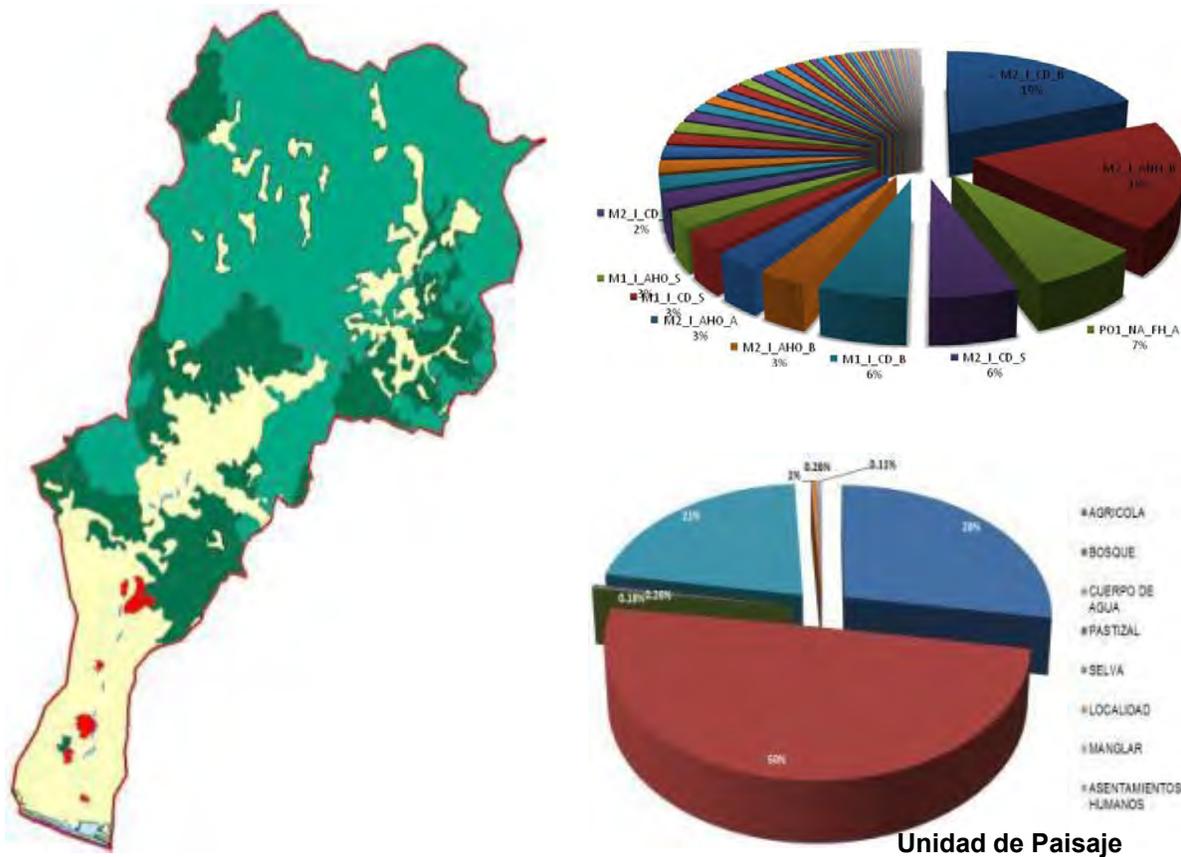
En esta SERIE ya aparece el tema de LOCALIDAD, pero solo representa el 1% del área de la cuenca.

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE II de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de **“71”**

6.8.2.3 *Modelo Hidrológico para cuenca del Río Atoyac con SERIE III de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.*

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Atoyac con la SERIE III de INEGI.

FIGURA 60. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Atoyac para la SERIE III de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

La vegetación más abundante en esta SERIE es la de BOSQUE con el 50% seguida por AGRÍCOLA con el 28% y como tercero la de SELVA con el 21%.

Para esta SERIE ya predomina más el uso de suelo de AGRICULTURA que el de SELVA.

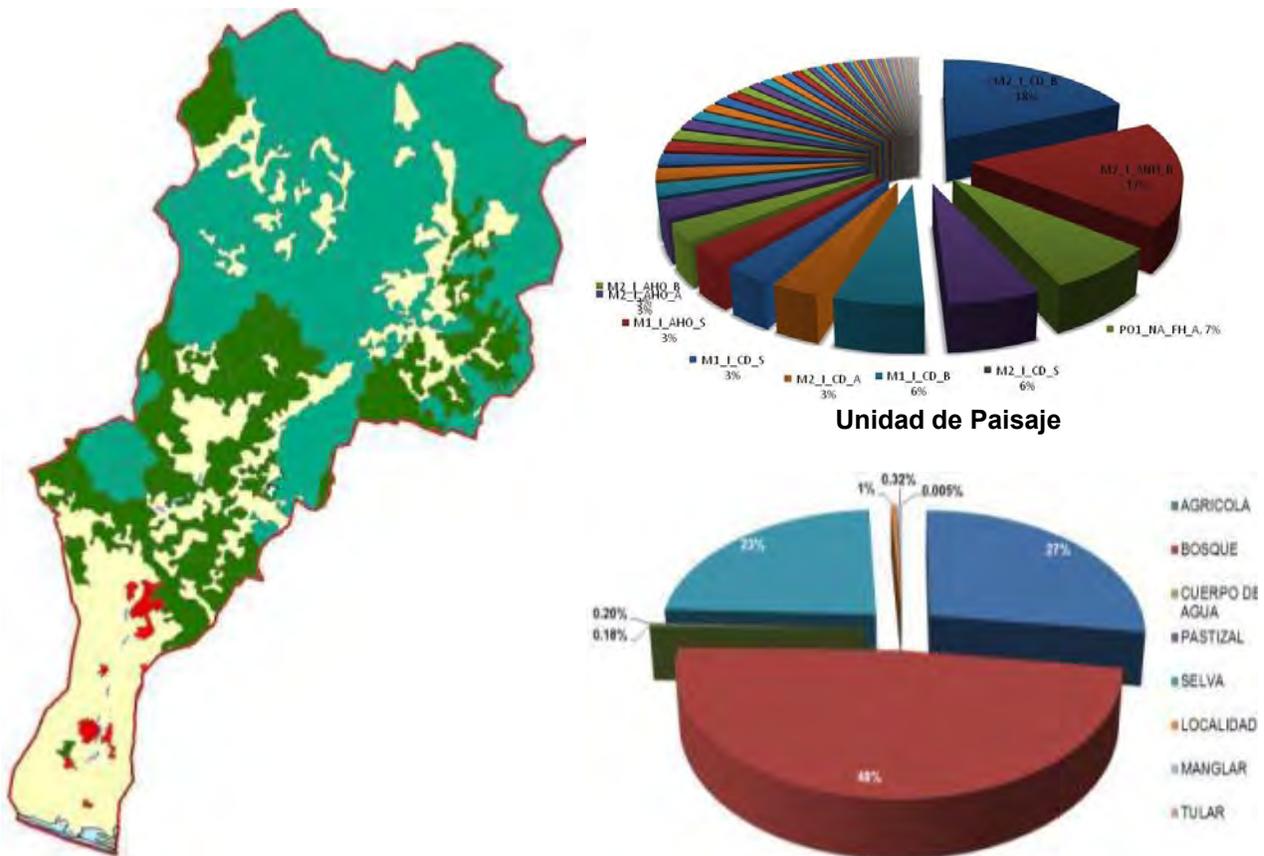
En esta SERIE aparece la clasificación de ASENTAMIENTOS HUMANOS, el cual conforma un 0.11% del total del área de la cuenca. Junto con el área de LOCALIDAD, apenas conforman un 1.11%. Además aparece el MANGLAR pero solo representa el 0.26%

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE III de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de “72”

6.8.2.4 *Modelo Hidrológico para cuenca del Río Atoyac con SERIE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.*

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Atoyac con la SERIE IV de INEGI.

FIGURA 61. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Atoyac para la SERIE IV de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

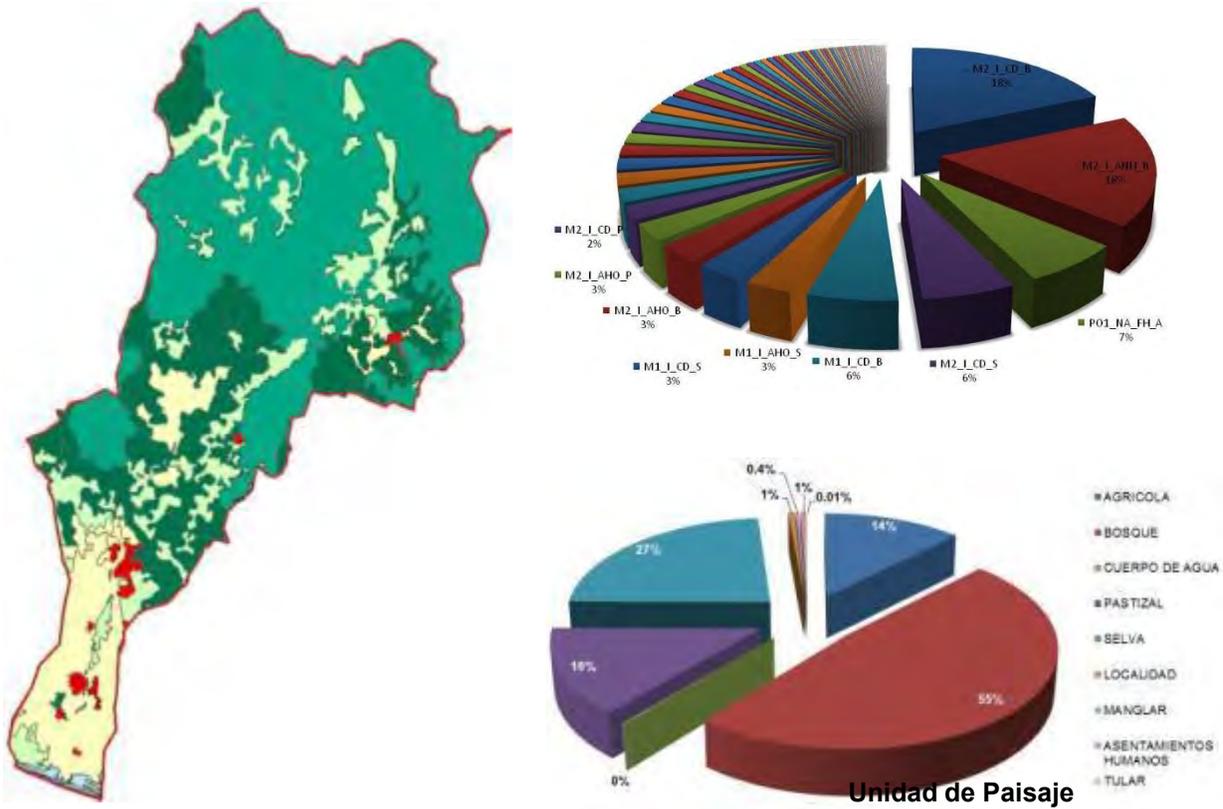
Para la SERIE IV de INEGI la vegetación más abundante es la BOSQUE con el 48% seguida por AGRÍCOLA con el 27% y como tercero la de SELVA con el 23%.

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE IV de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de “72”

6.8.2.5 *Modelo Hidrológico para cuenca del Río Atoyac con SERIE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.*

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Atoyac con la SERIE V de INEGI.

FIGURA 62. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Atoyac para la SERIE V de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

Para la SERIE V de INEGI la vegetación más abundante es la BOSQUE con el 55% seguida por la de SELVA con el 27% y como tercero el PASTIZAL con el 16% y en cuarto la el AGRICULTURA con el 14%. (SUMA 112%)

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE V de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de “69”

6.8.3 Resultados del modelo realizado en HEC-HMS para cada una de las SERIES de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI en la cuenca del Río Atoyac.

En las siguientes tablas se presentan las características físicas y algunos parámetros hidrológicos de la cuenca del río Atoyac.

Tabla 69. Características físicas de la cuenca del río Atoyac.

Área							Tc	
879,200,000	879.2	77,886	3,540	1	3,539	0.045	6.24	374.41

FUENTE: Elaboración propia en base a las cuencas publicadas por INEGI, INECC, CONAGUA en 2007

De acuerdo a las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación, los Números de Curva para cada una de ellas queda de la siguiente manera

Tabla 70. Número de Curva en las SERIES de INEGI para la Cuenca del Río Atoyac.

SERIE	CN
I	71
II	71
III	72
IV	72
V	69

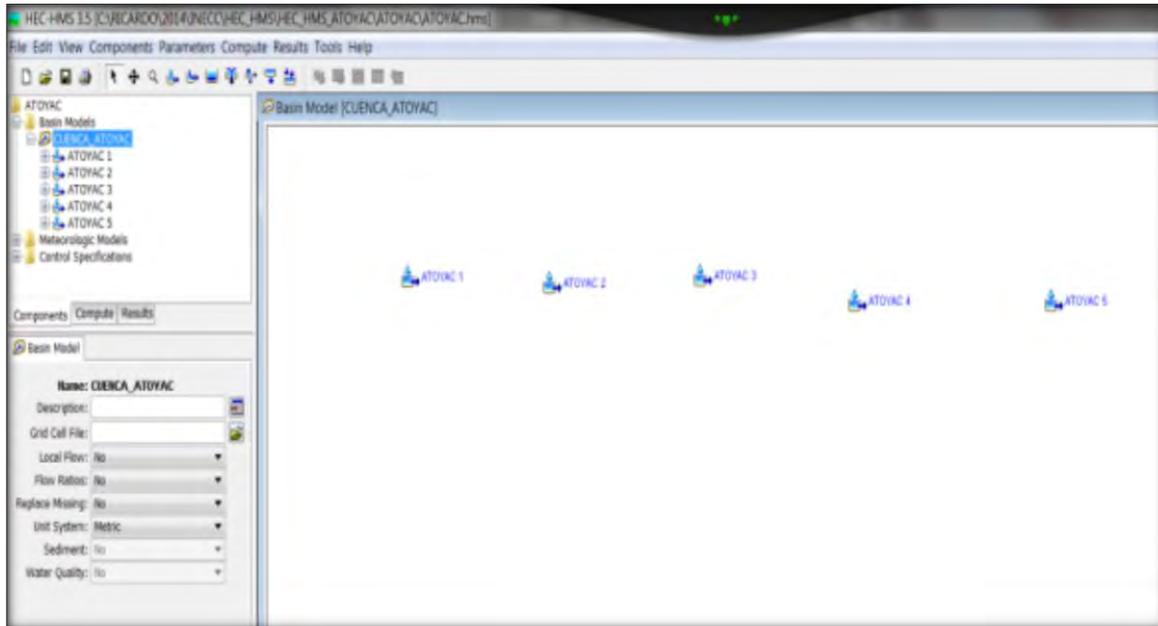
FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Haciendo uso del HEC-HMS se generan 5 cuencas que corresponden a los diferentes “Números de Curva” obtenidos en base a las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

Los demás parámetros como el área de la cuenca, longitud del cauce y pendiente media de la cuenca no cambian, se dejan constantes para poder conocer la influencia del “Numero de Cuerva” o “Coeficiente de Esgurrimiento” sobre el caudal generado.

Esto se puede ver en la siguiente figura donde se muestra la construcción de los escenarios ya en el HEC-HMS

FIGURA 63. Elaboración de modelo para conocer la influencia del Coeficiente de Escurrimiento obtenido de las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación en la cuenca del Río Atoyac.



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE I se simula la tormenta ocurrida en el año 1984, la cual es la mayor para el periodo que comprende la SERIE I pero no se cuenta con dato de la hidrométrica por lo que se utilizará la tormenta ocurrida en 1973, esta tormenta generó un escurrimiento de 540 m³/s.

Tabla 71. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE I en la cuenca del Río Atoyac.



Project: ATOYAC Simulation Run: Run 1

Start of Run: 10sep2010, 10:00 Basin Model: CUENCA_ATOYAC
 End of Run: 11sep2010, 10:15 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: 20nov2014, 10:52:01 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume... MM 100l Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage A... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
ATOYAC 1	880	531.0	10sep2010, 23:45	24019.7
ATOYAC 2	880	531.0	10sep2010, 23:45	24019.7
ATOYAC 3	880	565.2	10sep2010, 23:30	25295.7
ATOYAC 4	880	531.0	10sep2010, 23:45	24019.7
ATOYAC 5	880	467.1	11sep2010, 00:00	21561.0

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Con el modelo se obtuvo un gasto de 531 m³/s no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría un caudal de 467.1 m³/s.

Para la SERIE II no se cuenta con datos hidrometeorológicos.

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE III se simula la tormenta ocurrida en el año 2005, la cual es la mayor para el periodo que comprende la SERIE III, esta tormenta generó un escurrimiento de 15.39 m³/s.

Tabla 72. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE III en la cuenca del Río Atoyac.



Project: ATOYAC Simulation Run: Run 3

Start of Run: 10sep2010, 10:00 Basin Model: CUENCA_ATOYAC
 End of Run: 11sep2010, 10:15 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: 20nov2014, 10:58:13 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume... MM 100l Sorting: Hydrologic

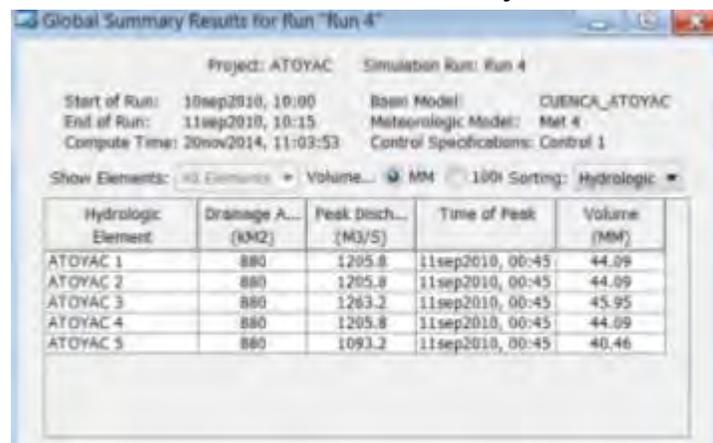
Hydrologic Element	Drainage A... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
ATOYAC 1	880	605.9	10sep2010, 23:30	27069.8
ATOYAC 2	880	605.9	10sep2010, 23:30	27069.8
ATOYAC 3	880	642.3	10sep2010, 23:30	28429.6
ATOYAC 4	880	605.9	10sep2010, 23:30	27069.8
ATOYAC 5	880	536.3	10sep2010, 23:45	24441.5

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Con el modelo se obtuvo un gasto de 605.9 m³/s no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal de 536.3 m³/s.

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE IV se simula la tormenta ocurrida en el año 2006, la cual es la mayor para el periodo que comprende la SERIE IV, esta tormenta generó un escurrimiento de 1,246 m³/s.

Tabla 73. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE IV en la cuenca del Río Atoyac.



Hydrologic Element	Drainage A... (km2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
ATOYAC 1	880	1205.8	11sep2010, 00:45	44.09
ATOYAC 2	880	1205.8	11sep2010, 00:45	44.09
ATOYAC 3	880	1263.2	11sep2010, 00:45	45.95
ATOYAC 4	880	1205.8	11sep2010, 00:45	44.09
ATOYAC 5	880	1093.2	11sep2010, 00:45	40.46

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

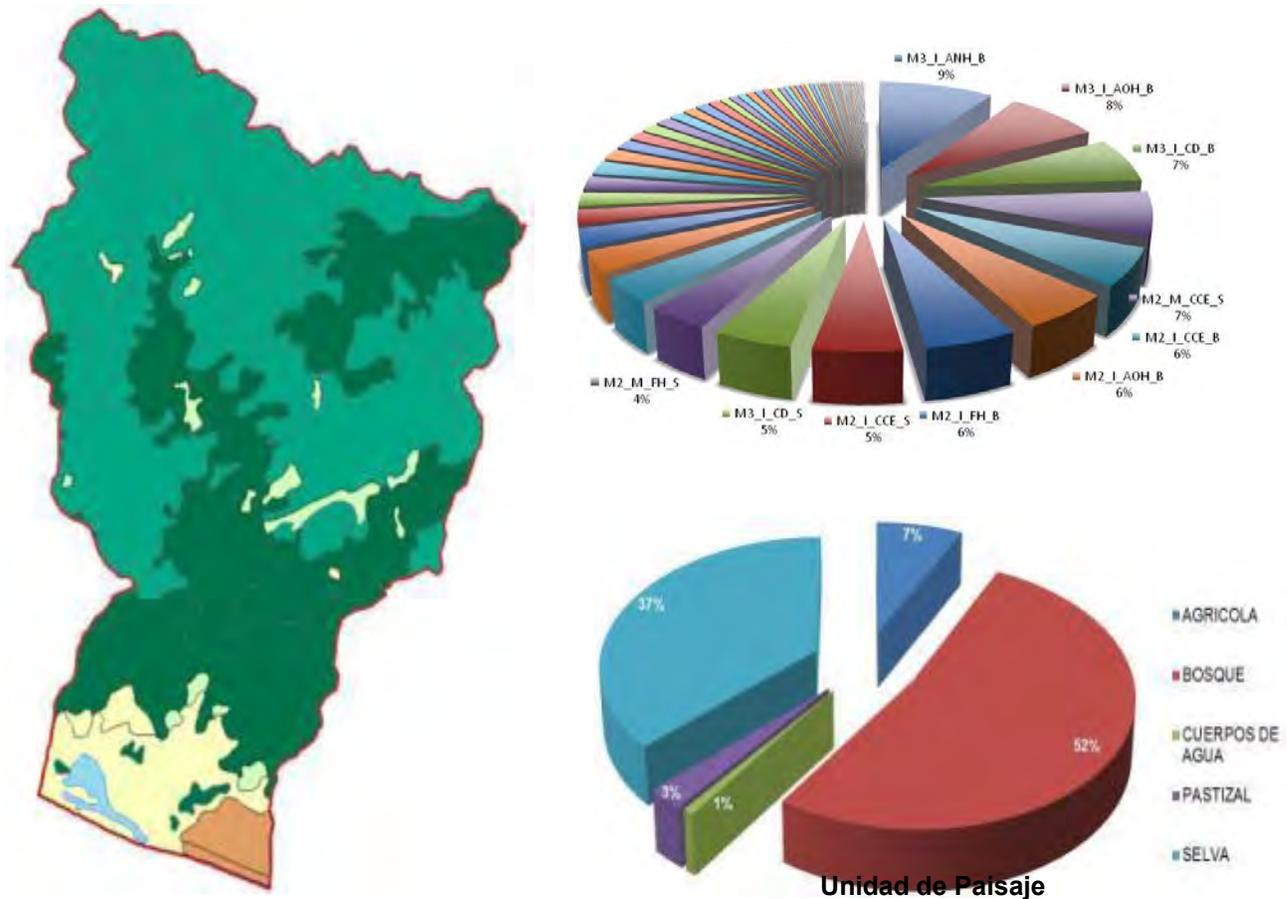
Con el modelo se obtuvo un gasto de 1,205.8 m³/s no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal de 1,093.2 m³/s.

Lamentablemente para las SERIES II y V no se cuenta con registro en la estación hidrométrica para poder calibrar el modelo.

6.8.3.1 Modelo Hidrológico para cuenca del Río Técpán con SERIE I de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Técpán con la SERIE I de INEGI.

FIGURA 64. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Técpán para la SERIE I de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

La vegetación más abundante en esta SERIE es la de BOSQUE con el 52% del área de la cuenca del río Técpán, seguida por la de SELVA con el 37% y como tercero el AGRÍCOLA con el 7%.

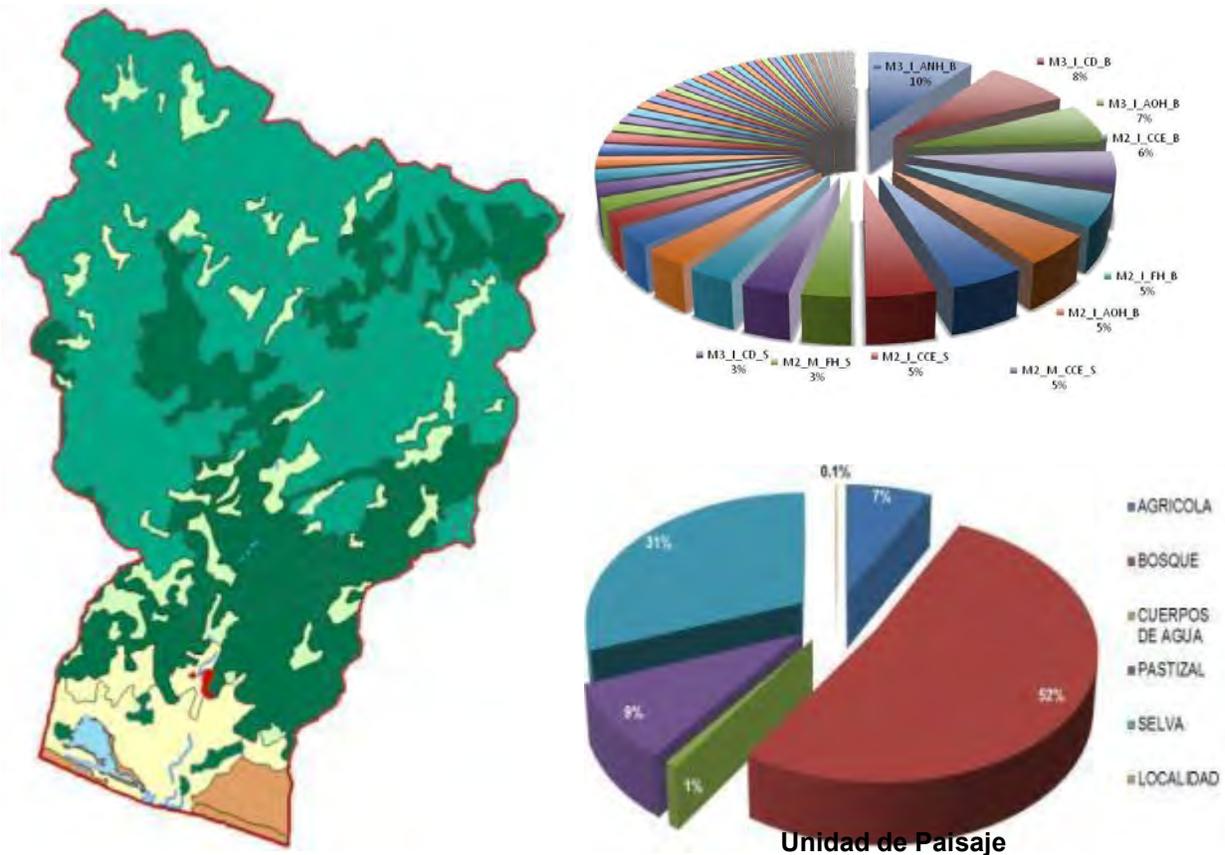
De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE I de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de **“72”**

Es sobresaliente que para esta SERIE no se consideraba la ZONA URBANA, LOCALIDAD o ASENTAMIENTOS HUMANOS.

6.8.3.2 *Modelo Hidrológico para cuenca del Río Técpan con SERIE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.*

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Técpan con la SERIE II de INEGI.

FIGURA 65. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Técpan para la SERIE II de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

La vegetación más abundante en esta SERIE es la de BOSQUE con el 52% del área de la cuenca del río Técpan, seguida por la de SELVA con el 31% y como tercero el PASTIZAL con el 9%.

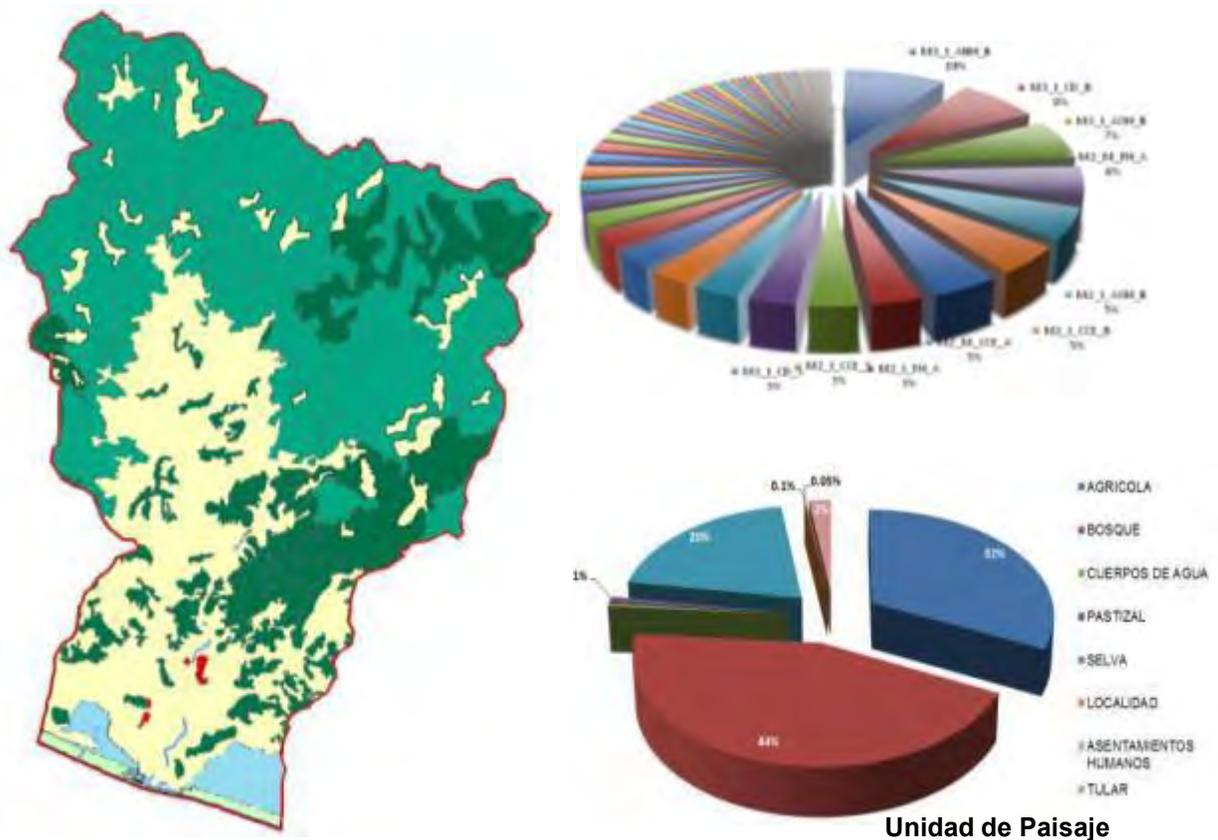
En esta SERIE ya aparece el tema de LOCALIDAD, pero solo representa el 1% del área de la cuenca.

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE II de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de **“72”**

6.8.3.3 Modelo Hidrológico para cuenca del Río Tépam con SERIE III de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Tépam con la SERIE III de INEGI.

FIGURA 66. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Tépam para la SERIE III de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

La vegetación más abundante en esta SERIE es la de BOSQUE con el 44% seguida por AGRÍCOLA con el 32% y como tercero la de SELVA con el 20%.

Para esta SERIE ya predomina más el uso de suelo de AGRICULTURA que el de SELVA.

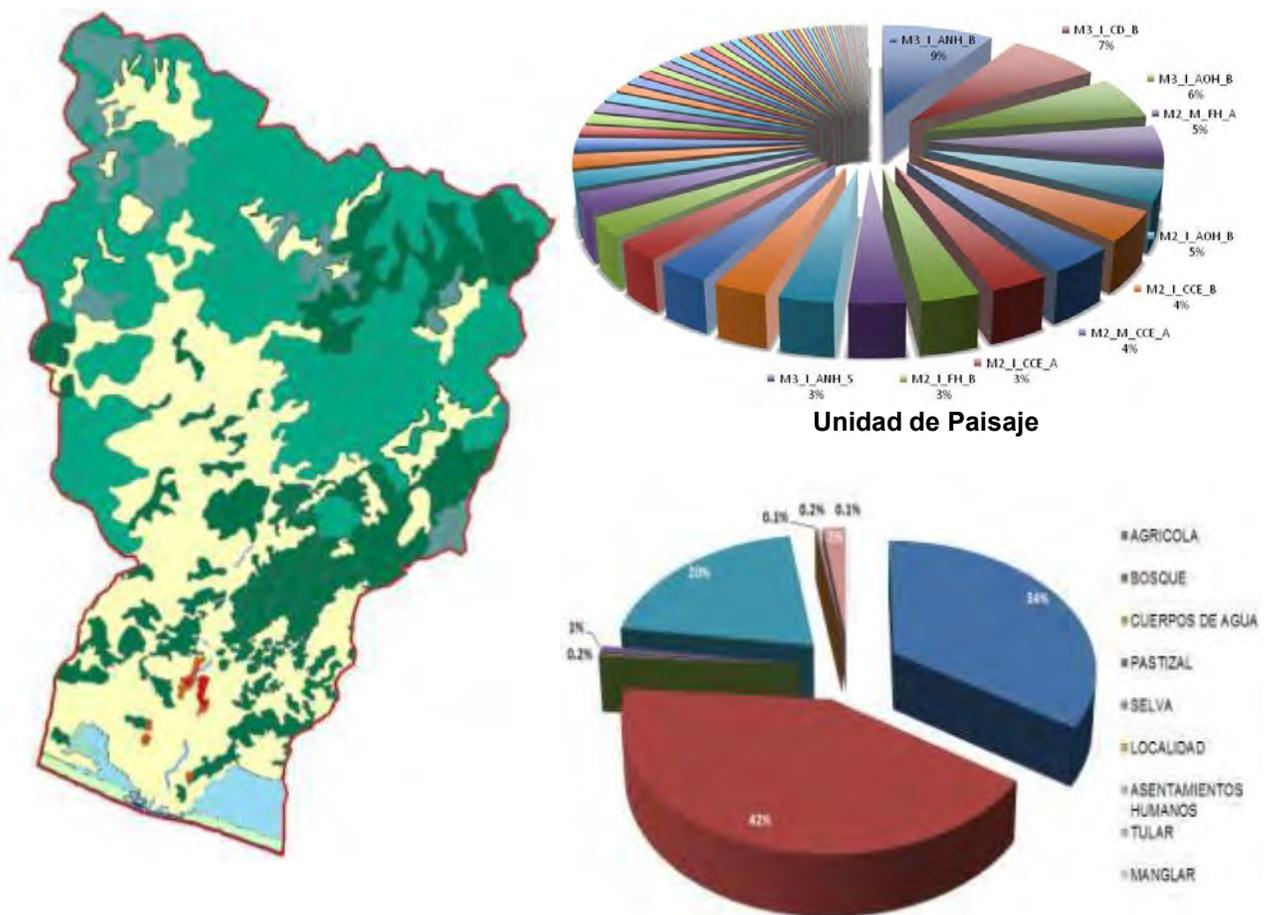
En esta SERIE aparece la clasificación de ASENTAMIENTOS HUMANOS, el cual conforma un 0.11% del total del área de la cuenca. Junto con el área de LOCALIDAD, apenas conforman un 0.15%. Además aparece el MANGLAR pero solo representa el 0.02%

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE III de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de “72”

6.8.3.4 *Modelo Hidrológico para cuenca del Río Técpán con SERIE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.*

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Técpán con la SERIE IV de INEGI.

FIGURA 67. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Técpán para la SERIE IV de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

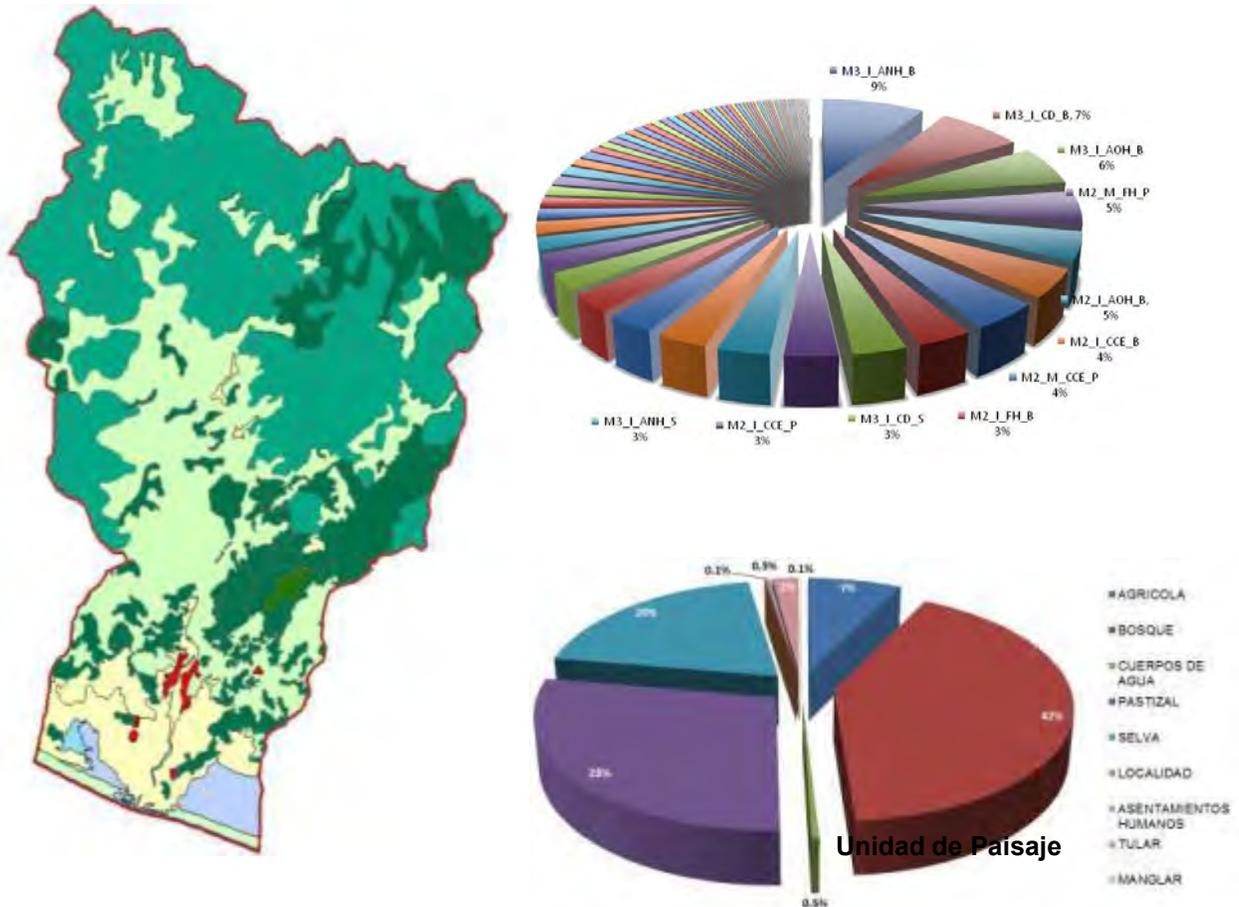
Para la SERIE IV de INEGI la vegetación más abundante es la BOSQUE con el 42% seguida por AGRÍCOLA con el 34% y como tercero la de SELVA con el 20%.

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE IV de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de “72”

6.8.3.5 *Modelo Hidrológico para cuenca del Río Técpan con SERIE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.*

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Técpan con la SERIE V de INEGI.

FIGURA 68. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Técpan para la SERIE V de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

Para la SERIE V de INEGI la vegetación más abundante es la BOSQUE con el 42% seguida por la de PASTIZAL con el 28% y como tercero el SELVA con el 20% y en cuarto la el AGRICULTURA con el 7%.

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE V de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de **“72”**

6.8.4 Resultados del modelo realizado en HEC-HMS para cada una de las SERIES de Uso Técpán de Suelo y Vegetación de INEGI en la cuenca del Río Técpán.

En las siguientes tablas se presentan las características físicas y algunos parámetros hidrológicos de la cuenca del río Técpán.

Tabla 74. Características físicas de la cuenca del río Técpán.

Área							Tc	
1,548,000,000	1548	83,259	2,160	1	2,159	0.026	8.15	489.16

FUENTE: Elaboración propia en base a las cuencas publicadas por INEGI, INECC, CONAGUA en 2007

De acuerdo a las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación, los Números de Curva para cada una de ellas queda de la siguiente manera

Tabla 75. Número de Curva en las SERIES de INEGI para la Cuenca del Río Técpán.

SERIE	CN
I	67
II	68
III	72
IV	72
V	69

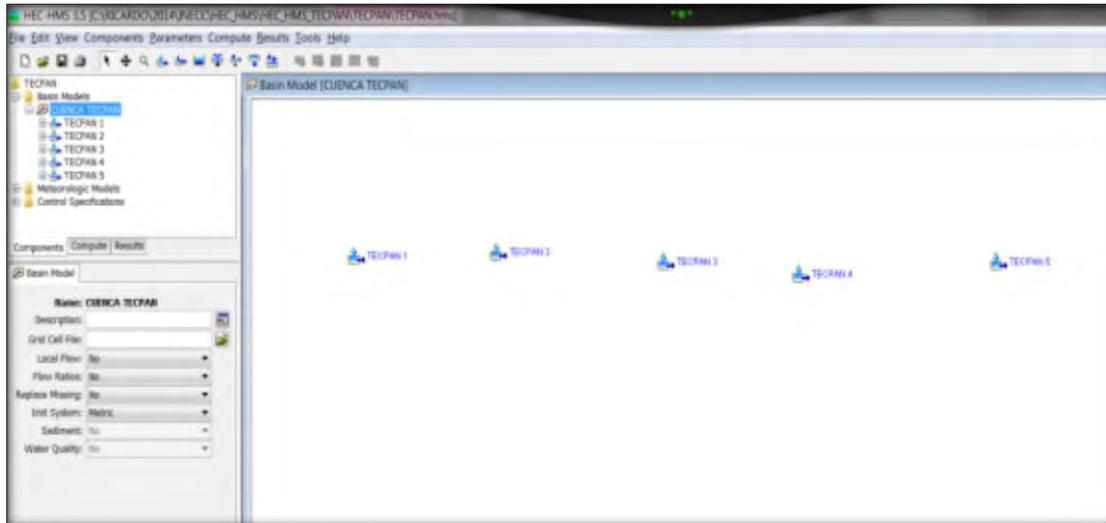
FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Haciendo uso del HEC-HMS se generan 5 cuencas que corresponden a los diferentes “Números de Curva” obtenidos en base a las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

Los demás parámetros como el área de la cuenca, longitud del cauce y pendiente media de la cuenca no cambian, se dejan constantes para poder conocer la influencia del “Número de Cuerva” o “Coeficiente de Escurrimiento” sobre el caudal generado.

Esto se puede ver en la siguiente figura donde se muestra la construcción de los escenarios ya en el HEC-HMS

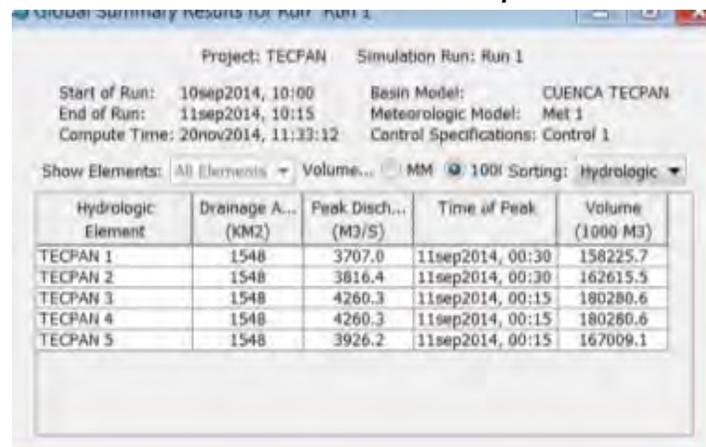
FIGURA 69. Elaboración de modelo para conocer la influencia del Coeficiente de Escurrimiento obtenido de las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación en la cuenca del Río Técpán.



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE I se simula la tormenta ocurrida en el año 1984, la cual es la mayor para el periodo que comprende la SERIE I, esta tormenta generó un escurrimiento de 3,706 m³/s.

Tabla 76. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE I en la cuenca del Río Técpán.



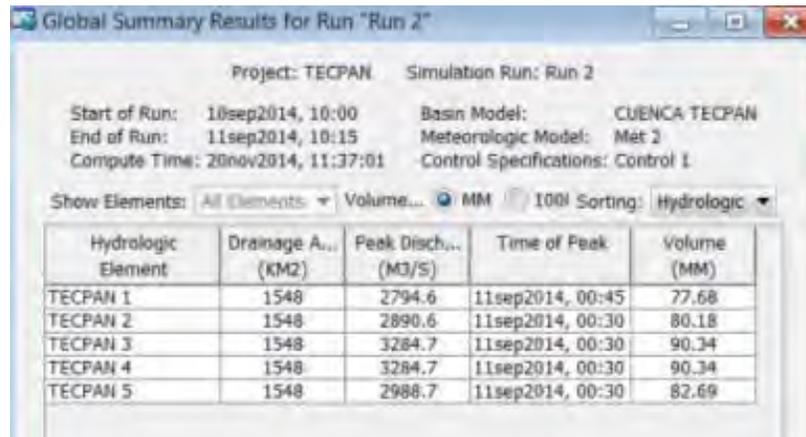
Hydrologic Element	Drainage A... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
TECPAN 1	1548	3707.0	11sep2014, 00:30	158225.7
TECPAN 2	1548	3816.4	11sep2014, 00:30	162615.5
TECPAN 3	1548	4260.3	11sep2014, 00:15	180280.6
TECPAN 4	1548	4260.3	11sep2014, 00:15	180280.6
TECPAN 5	1548	3926.2	11sep2014, 00:15	167009.1

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Con el modelo se obtuvo un gasto de 3,707 m³/s no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal de 3,926.2 m³/s.

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE II se simula la tormenta ocurrida en el año 1993, la cual es la mayor para el periodo que comprende la SERIE II, esta tormenta generó un escurrimiento de 2,866 m³/s.

Tabla 77. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE II en la cuenca del Río Técpán.



Project: TECPAN Simulation Run: Run 2

Start of Run: 10sep2014, 10:00 Basin Model: CUENCA TECPAN
End of Run: 11sep2014, 10:15 Meteorologic Model: Met 2
Compute Time: 20nov2014, 11:37:01 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume... MM 100 Sorting: Hydrologic

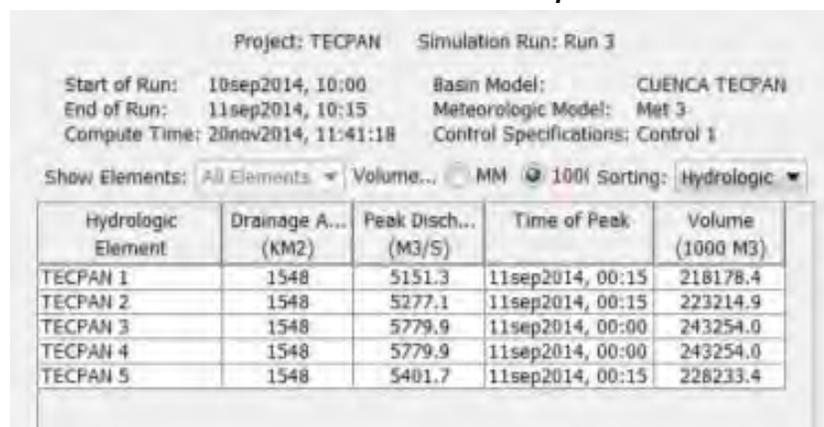
Hydrologic Element	Drainage A... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
TECPAN 1	1548	2794.6	11sep2014, 00:45	77.68
TECPAN 2	1548	2890.6	11sep2014, 00:30	80.18
TECPAN 3	1548	3284.7	11sep2014, 00:30	90.34
TECPAN 4	1548	3284.7	11sep2014, 00:30	90.34
TECPAN 5	1548	2988.7	11sep2014, 00:30	82.69

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Con el modelo se obtuvo un gasto de 2,890.6 m³/s no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal de 2,988.7 m³/s.

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE III se simula la tormenta ocurrida en el año 2005, la cual es la mayor para el periodo que comprende la SERIE III, esta tormenta generó un escurrimiento de 5,757 m³/s.

Tabla 78. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE III en la cuenca del Río Técpán.



Project: TECPAN Simulation Run: Run 3

Start of Run: 10sep2014, 10:00 Basin Model: CUENCA TECPAN
End of Run: 11sep2014, 10:15 Meteorologic Model: Met 3
Compute Time: 20nov2014, 11:41:18 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume... MM 100 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage A... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
TECPAN 1	1548	5151.3	11sep2014, 00:15	218178.4
TECPAN 2	1548	5277.1	11sep2014, 00:15	223214.9
TECPAN 3	1548	5779.9	11sep2014, 00:00	243254.0
TECPAN 4	1548	5779.9	11sep2014, 00:00	243254.0
TECPAN 5	1548	5401.7	11sep2014, 00:15	228233.4

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

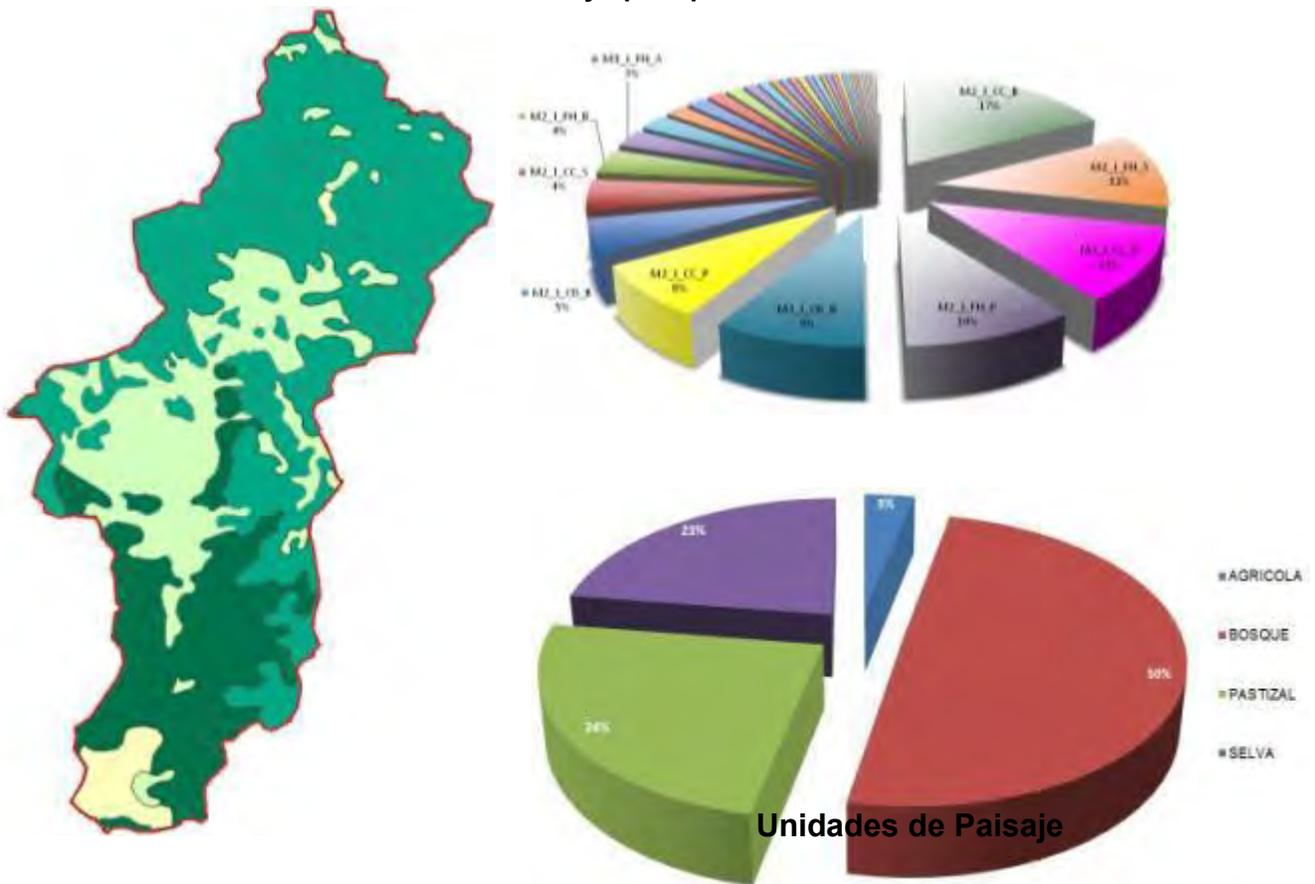
Con el modelo se obtuvo un gasto de 5,779.9 m³/s no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal de 5,401.7 m³/s.

Lamentablemente para las SERIES IV y V nos e cuenta con registro en la estación hidrométrica para poder calibrar el modelo.

6.8.4.1 Modelo Hidrológico para cuenca del Río Coyuquilla con SERIE I de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Coyuquilla con la SERIE I de INEGI.

FIGURA 70. Distribución y porcentaje de Unidades de Paisaje y Uso de Suelo en la cuenca del Río Coyuquilla para la SERIE I de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

La vegetación más abundante en esta SERIE es la de BOSQUE con el 50% del área de la cuenca del río Coyuquilla, seguida por la de PASTIZAL con el 24% y como tercero el SELVA con el 23%.

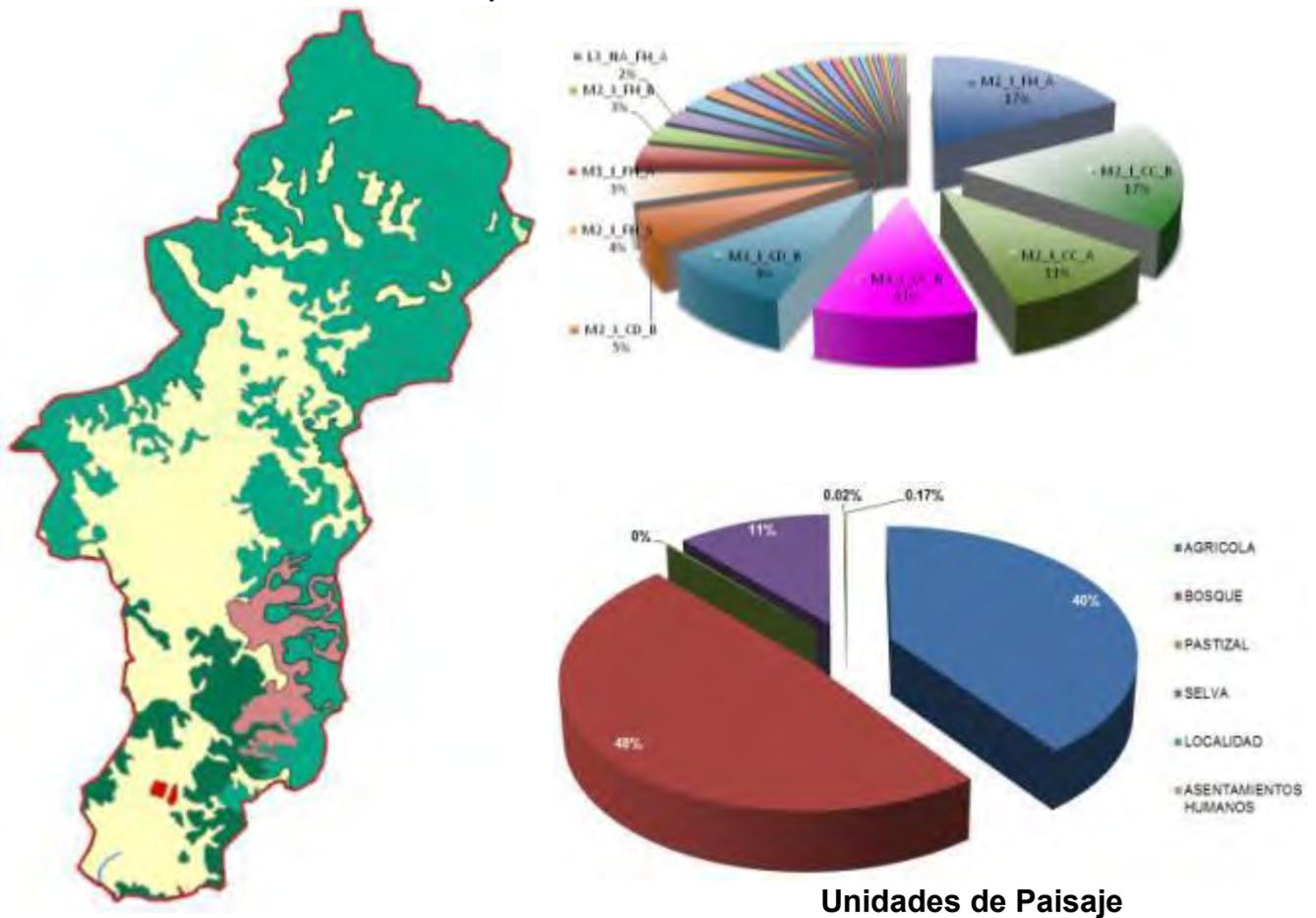
De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE I de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de “67”

Es sobresaliente que para esta SERIE no se consideraba la ZONA URBANA, LOCALIDAD o ASENTAMIENTOS HUMANOS.

6.8.4.3 Modelo Hidrológico para cuenca del Río Coyuquilla con SERIE III de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Coyuquilla con la SERIE III de INEGI.

FIGURA 72. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Coyuquilla para la SERIE III de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

La vegetación más abundante en esta SERIE es la de BOSQUE con el 48% seguida por AGRÍCOLA con el 40% y como tercero la de SELVA con el 11%.

Para esta SERIE ya predomina más el uso de suelo de AGRICULTURA que el de SELVA.

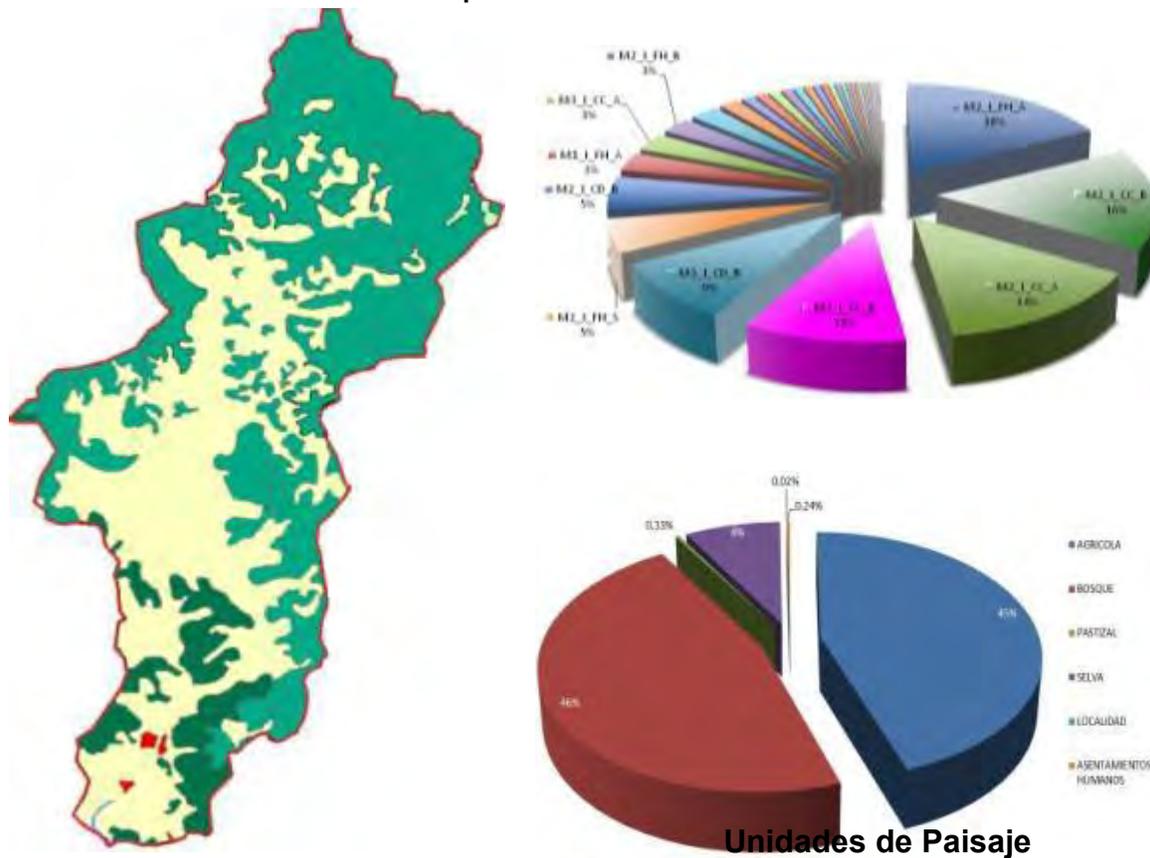
En esta SERIE aparece la clasificación de ASENTAMIENTOS HUMANOS, el cual conforma un 0.17% del total del área de la cuenca. Junto con el área de LOCALIDAD, apenas conforman un 0.19%.

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE III de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de “68”

6.8.4.4 *Modelo Hidrológico para cuenca del Río Coyuquilla con SERIE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.*

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Coyuquilla con la SERIE IV de INEGI.

FIGURA 73. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Coyuquilla para la SERIE IV de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

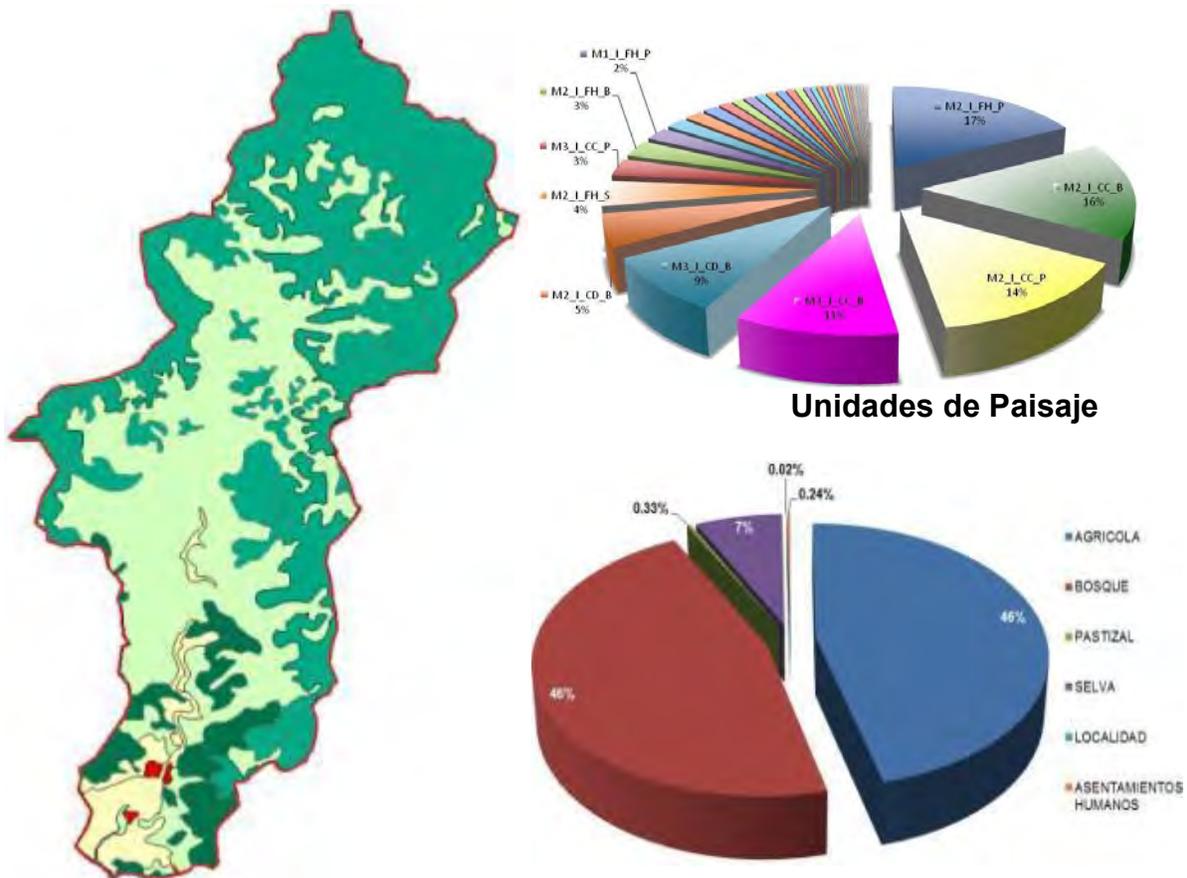
Para la SERIE IV de INEGI la vegetación más abundante es la BOSQUE con el 46% seguida por AGRÍCOLA con el 45% y como tercero la de SELVA con el 8%.

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE IV de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de “69”

6.8.4.5 *Modelo Hidrológico para cuenca del Río Coyuquilla con SERIE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.*

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Coyuquilla con la SERIE V de INEGI.

FIGURA 74. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Coyuquilla para la SERIE V de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

Para la SERIE V de INEGI la vegetación más abundante es la BOSQUE con el 48% seguida por la de AGRÍCOLA con el 46% y como tercero el SELVA con el 7%

(SU
MA.
101

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE V de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de **“69”**

6.8.5 Resultados del modelo realizado en HEC-HMS para cada una de las SERIES de Uso Coyuquilla de Suelo y Vegetación de INEGI en la cuenca del Río Coyuquilla.

En las siguientes tablas se presentan las características físicas y algunos parámetros hidrológicos de la cuenca del río Coyuquilla.

Tabla 79. Características físicas de la cuenca del río Coyuquilla.

Área							Tc	
593,400,000	593.4	57,560	2,560	1	2,559	0.044	4.99	299.13

FUENTE: Elaboración propia en base a las cuencas publicadas por INEGI, INECC, CONAGUA en 2007

De acuerdo a las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación, los Números de Curva para cada una de ellas queda de la siguiente manera

Tabla 80. Número de Curva en las SERIES de INEGI para la Cuenca del Río Coyuquilla.

SERIE	CN
I	67
II	68
III	72
IV	72
V	69

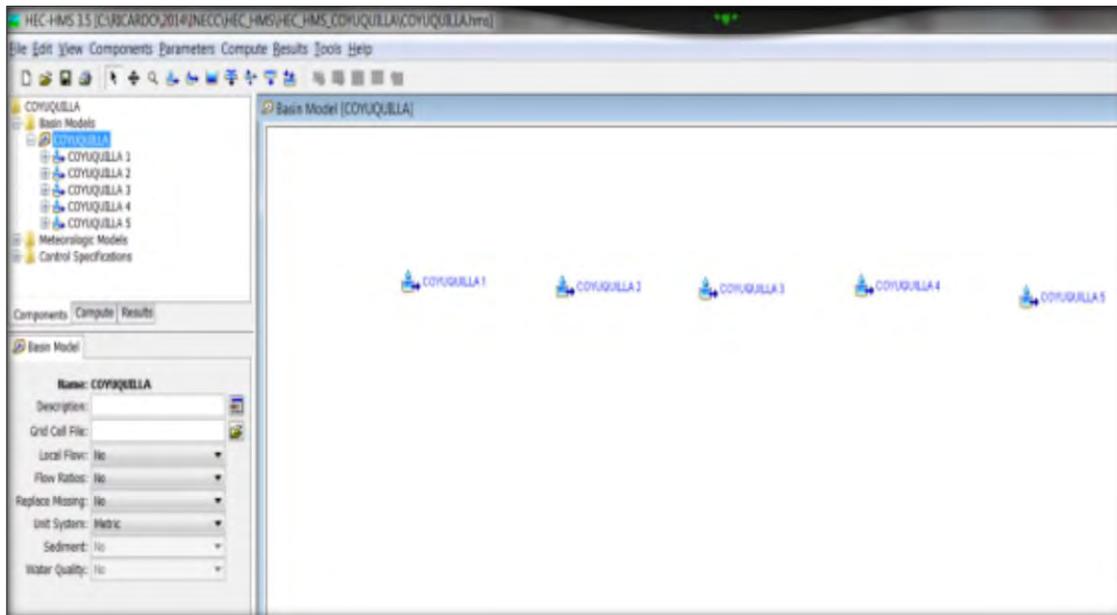
FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Haciendo uso del HEC-HMS se generan 5 cuencas que corresponden a los diferentes “Números de Curva” obtenidos en base a las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

Los demás parámetros como el área de la cuenca, longitud del cauce y pendiente media de la cuenca no cambian, se dejan constantes para poder conocer la influencia del “Numero de Cuerva” o “Coeficiente de Esgurrimiento” sobre el caudal generado.

Esto se puede ver en la siguiente figura donde se muestra la construcción de los escenarios ya en el HEC-HMS

FIGURA 75. Elaboración de modelo para conocer la influencia del Coeficiente de Escurrimiento obtenido de las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación en la cuenca del Río Coyuquilla.



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE I se simula la tormenta ocurrida en el año 1976, la cual es la mayor para el periodo que comprende la SERIE I, esta tormenta generó un escurrimiento de 465 m³/s.

Tabla 81. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE I en la cuenca del Río Atoyac.



Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
COYUQUILLA 1	594	460.5	10sep2014, 22:30	36.33
COYUQUILLA 2	594	586.7	10sep2014, 22:00	43.03
COYUQUILLA 3	594	489.9	10sep2014, 22:15	38.06
COYUQUILLA 4	594	489.9	10sep2014, 22:15	38.06
COYUQUILLA 5	594	520.0	10sep2014, 22:15	39.81

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Con el modelo se obtuvo un gasto de 460 m³/s no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal de 520 m³/s.

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE II se simula la tormenta ocurrida en el año 1996, aunque en el año 1993 ocurrió la mayor tormenta para el periodo que comprende la SERIE II no se cuenta con datos en la estación hidrométrica, la tormenta en 1996 generó un escurrimiento de 582.25 m³/s.

Tabla 82. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE II en la cuenca del Río Técpan.



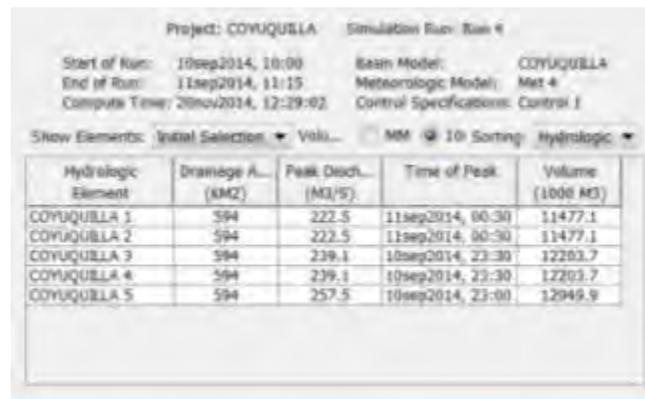
Hydrologic Element	Drainage A... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
COYUQUILLA 1	594	584.2	10sep2014, 22:15	44.58
COYUQUILLA 2	594	584.2	10sep2014, 22:15	44.58
COYUQUILLA 3	594	617.2	10sep2014, 22:15	46.49
COYUQUILLA 4	594	617.2	10sep2014, 22:15	46.49
COYUQUILLA 5	594	650.6	10sep2014, 22:15	48.44

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Con el modelo se obtuvo un gasto de 584.2 m³/s no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal de 650.6 m³/s.

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE IV se simularía la tormenta ocurrida en el año 2006, pero no existe dato hidrométrico por lo que se optó por el año 2007, la cual es la siguiente mayo para el periodo que comprende la SERIE IV, esta tormenta generó un escurrimiento de 245.14 m³/s.

Tabla 83. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE III en la cuenca del Río Coyuquilla.



Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Disch. (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
COYUQUELLA 1	594	222.5	11sep2014, 00:30	11477.1
COYUQUELLA 2	594	222.5	11sep2014, 00:30	11477.1
COYUQUELLA 3	594	239.1	10sep2014, 23:30	12203.7
COYUQUELLA 4	594	239.1	10sep2014, 23:30	12203.7
COYUQUELLA 5	594	257.5	10sep2014, 23:00	12949.9

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

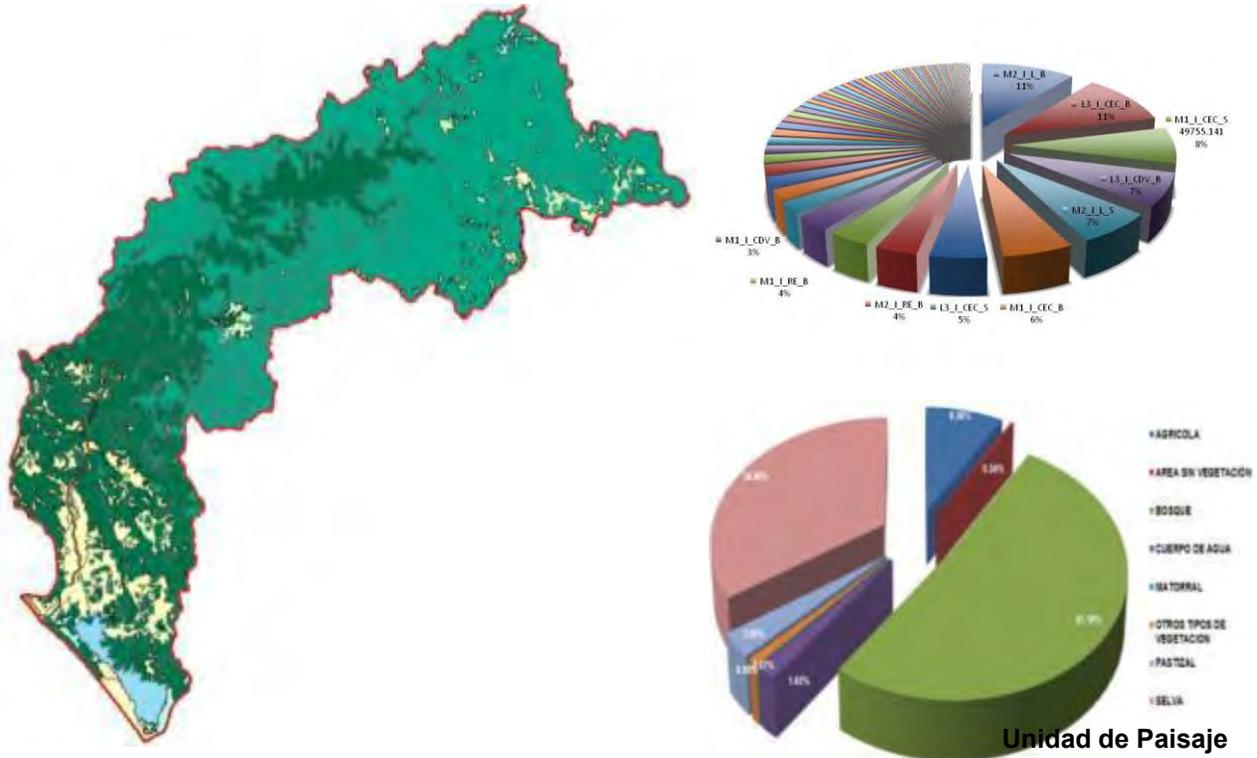
Con el modelo se obtuvo un gasto de 239.1 m³/s no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal de 257.5 m³/s.

Lamentablemente para las SERIES III y V no se cuenta con registro en la estación hidrométrica para poder calibrar el modelo.

6.8.5.1 Modelo Hidrológico para cuenca del Río Presidio con SERIE I de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Presidio con la SERIE I de INEGI.

FIGURA 76. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Presidio para la SERIE I de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

La vegetación más abundante en esta SERIE es la de BOSQUE con el 51% del área de la cuenca del río Presidio, seguida por la de SELVA con el 34% y como tercero el AGRÍCOLA con el 8%.

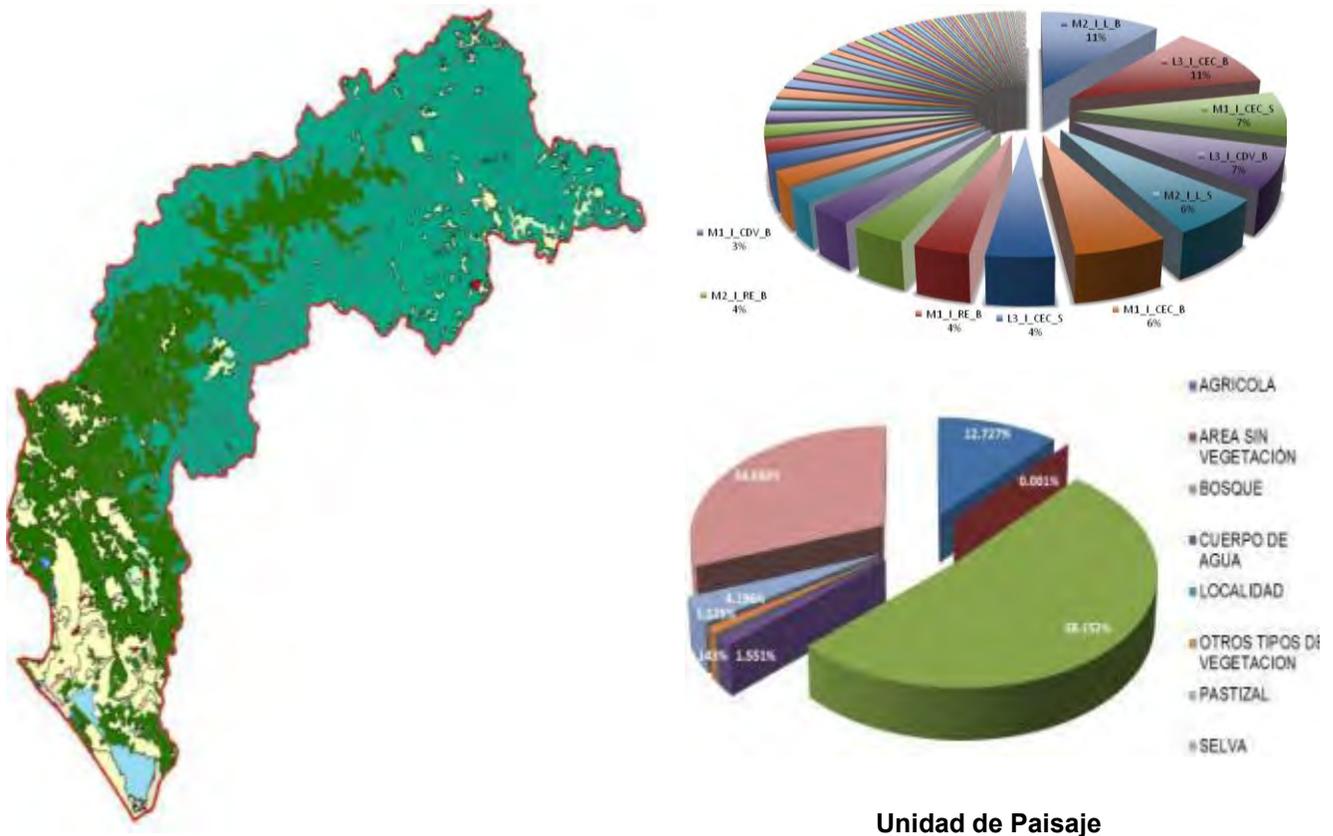
De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE I de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de **“72”**

Es sobresaliente que para esta SERIE no se consideraba la ZONA URBANA, LOCALIDAD o ASENTAMIENTOS HUMANOS.

6.8.5.2 Modelo Hidrológico para cuenca del Río Presidio con SERIE II de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Presidio con la SERIE II de INEGI.

FIGURA 77. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Presidio para la SERIE II de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

La vegetación más abundante en esta SERIE es la de BOSQUE con el 58% del área de la cuenca del río Sabana, seguida por la de SELVA con el 34% y como tercero el AGRÍCOLA con el 13%. (SUMA 105%)

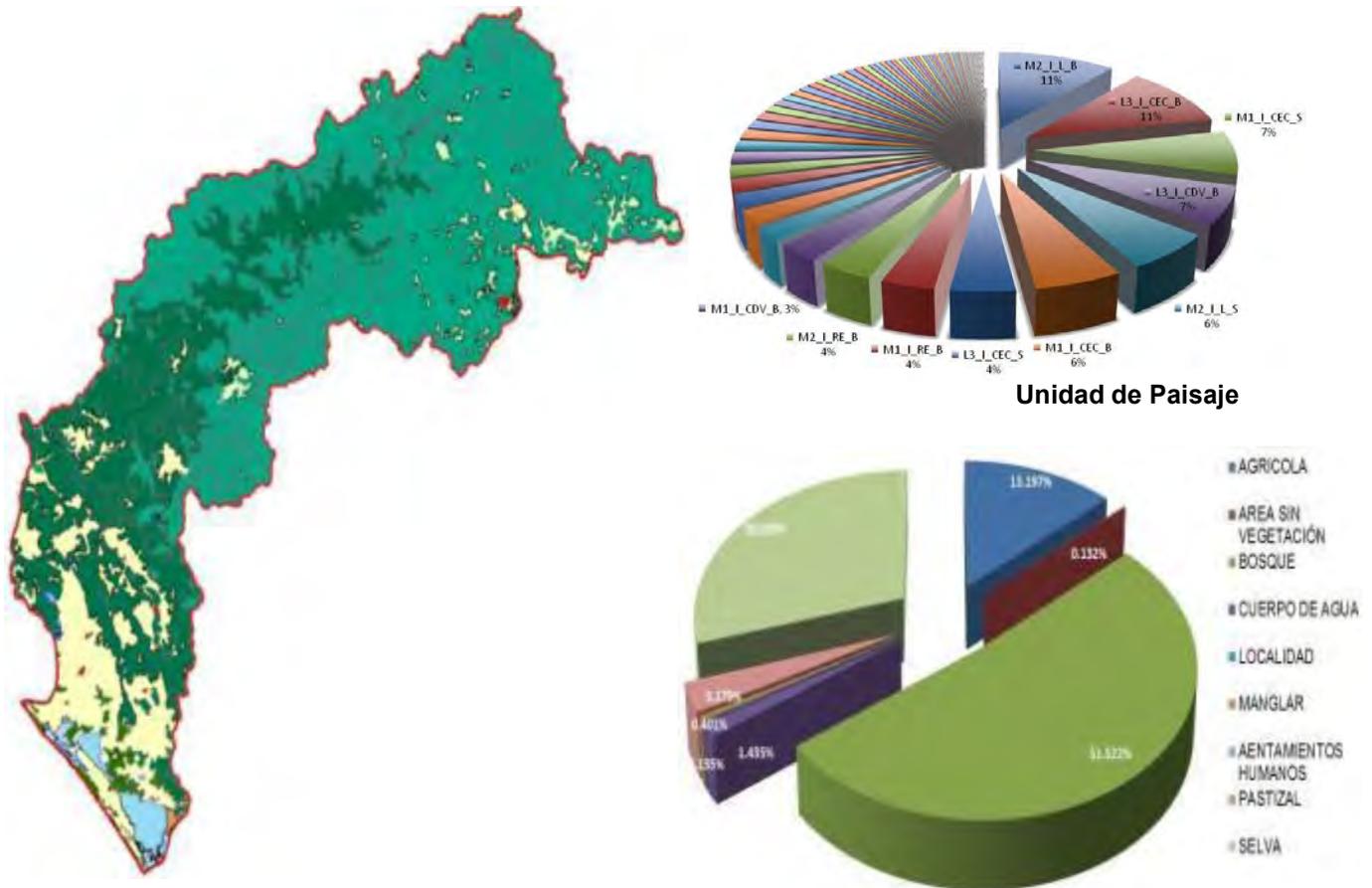
En esta SERIE ya aparece el tema de LOCALIDAD, PERO SOLO REPRESENTA EL 0.14% del área de la cuenca.

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE II de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de **“72”**

6.8.5.3 *Modelo Hidrológico para cuenca del Río Presidio con SERIE III de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.*

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Presidio con la SERIE III de INEGI.

FIGURA 78. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Presidio para la SERIE III de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

La vegetación más abundante en esta SERIE es la de BOSQUE con el 52% seguida por la de SELVA con el 30% y como tercero el AGRÍCOLA con el 13%.

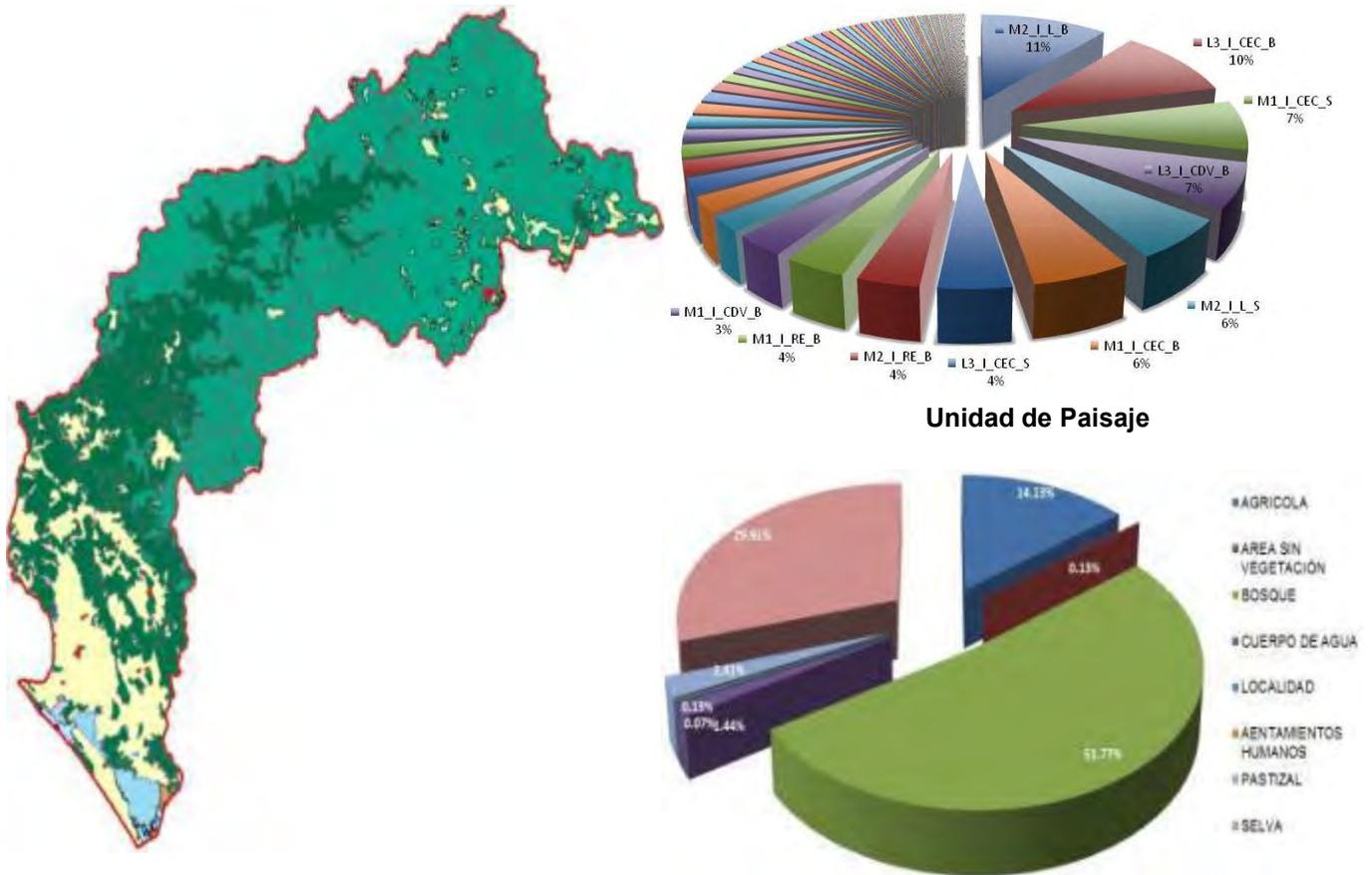
En esta SERIE aparece la clasificación de ASENTAMIENTOS HUMANOS, el cual conforma un 0.003% del total del área de la cuenca. Junto con el área de LOCALIDAD, apenas conforman un 0.13%.

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE III de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de **“72”**

6.8.5.4 *Modelo Hidrológico para cuenca del Río Presidio con SERIE IV de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.*

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Presidio con la SERIE IV de INEGI.

FIGURA 79. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Presidio para la SERIE IV de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

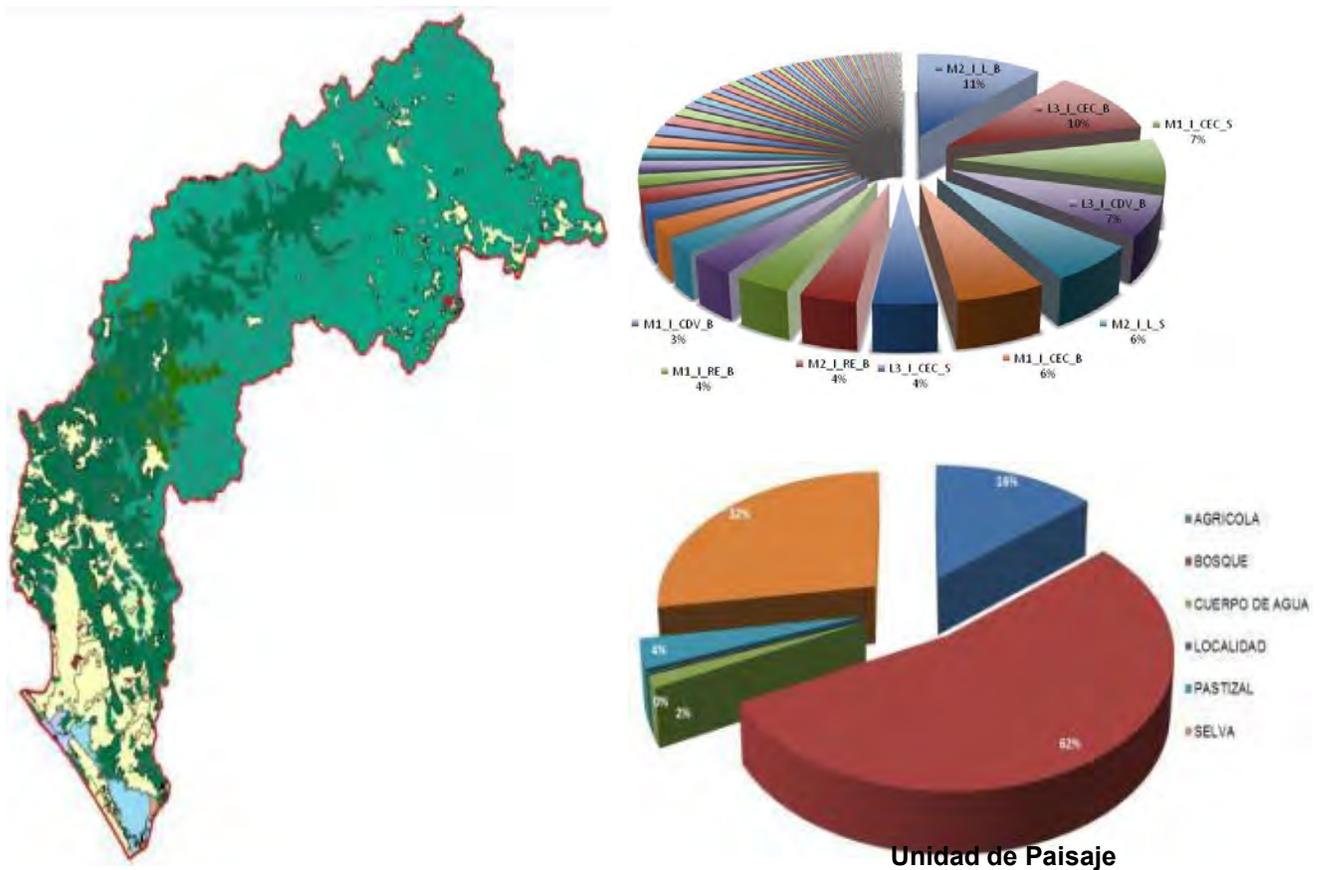
Para la SERIE IV de INEGI la vegetación más abundante es la BOSQUE con el 52% seguida por la de SELVA con el 30% y como tercero el AGRÍCOLA con el 14%.

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE IV de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de **“72”**

6.8.5.5 *Modelo Hidrológico para cuenca del Río Presidio con SERIE V de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI.*

En la siguiente figura se muestra el uso de suelo y vegetación existente en la cuenca del río Presidio con la SERIE V de INEGI.

FIGURA 80. Distribución y porcentaje de uso de suelo en la cuenca del Río Presidio para la SERIE V de INEGI



FUENTE: Elaboración INECC en base a los registros del BANDAS

Para la SERIE V de INEGI la vegetación más abundante es la BOSQUE con el 62% seguida por la de SELVA con el 32% y como tercero el AGRICULTURA con el 29%. (SUMA 123%)

De acuerdo a la configuración del USO DE SUELO Y VEGETACIÓN contenida en la SERIE V de INEGI y con la EDAFOLOGÍA, el **NUMERO DE CURVA** resultante es de **“72”**

6.8.6 Resultados del modelo realizado en HEC-HMS para cada una de las SERIES de Uso Presidio de Suelo y Vegetación de INEGI en la cuenca del Río Presidio.

En las siguientes tablas se presentan las características físicas y algunos parámetros hidrológicos de la cuenca del río Presidio.

Tabla 84. Características físicas de la cuenca del río Presidio.

Área							Tc	
6,479,000,000	6479	220,452	2,840	1	2,839	0.013	22.59	1355.48

FUENTE: Elaboración propia en base a las cuencas publicadas por INEGI, INECC, CONAGUA en 2007

De acuerdo a las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación, los Números de Curva para cada una de ellas queda de la siguiente manera

Tabla 85. Número de Curva en las SERIES de INEGI para la Cuenca del Río Presidio.

SERIE	CN
I	72
II	72
III	72
IV	72
V	72

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Haciendo uso del HEC-HMS se generan 5 cuencas que corresponden a los diferentes “Números de Curva” obtenidos en base a las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación.

Los demás parámetros como el área de la cuenca, longitud del cauce y pendiente media de la cuenca no cambian, se dejan constantes para poder conocer la influencia del “Numero de Cuerva” o “Coeficiente de Escurrimiento” sobre el caudal generado.

Esto se puede ver en la siguiente figura donde se muestra la construcción de los escenarios ya en el HEC-HMS

FIGURA 81. Elaboración de modelo para conocer la influencia del Coeficiente de Escurrimiento obtenido de las SERIES de INEGI de Uso de Suelo y Vegetación en la cuenca del Río Presidio.



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE I se simula la tormenta ocurrida en el año 1979, la cual es la mayor para el periodo que comprende la SERIE I, esta tormenta generó un escurrimiento de 1,630 m³/s.

Tabla 86. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE I en la cuenca del Río Presidio.

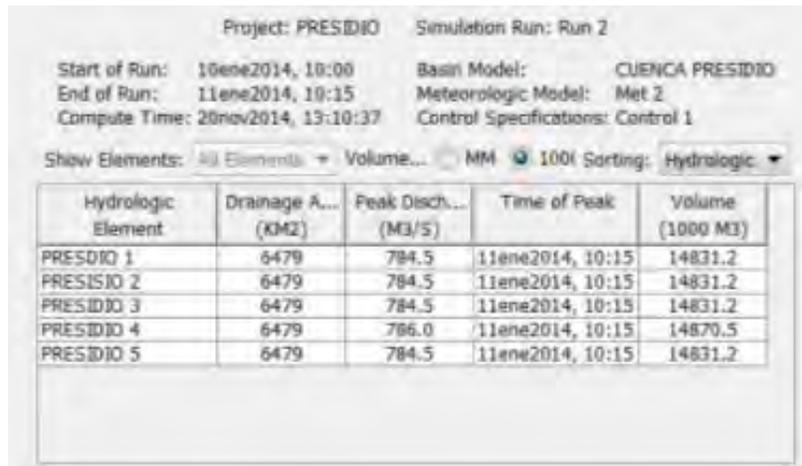
Project: PRESIDIO		Simulation Run: Run 1		
Start of Run:	10ene2014, 10:00	Basin Model:	CUENCA PRESIDIO	
End of Run:	11ene2014, 10:15	Meteorologic Model:	Met 1	
Compute Time:	20nov2014, 13:07:19	Control Specifications:	Control 1	
Show Elements:	Initial Selection	Volume Units:	MM 1000 M3	
		Sorting:	Hydrologic	
Hydrologic Element	Drainage A... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (/1000 M3)
PRESIDIO 1	6479	1635.4	11ene2014, 10:15	36697.0
PRESIDIO 2	6479	1635.4	11ene2014, 10:15	36697.0
PRESIDIO 3	6479	1635.4	11ene2014, 10:15	36697.0
PRESIDIO 4	6479	1638.1	11ene2014, 10:15	36785.2
PRESIDIO 5	6479	1635.4	11ene2014, 10:15	36697.0

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Con el modelo se obtuvo un gasto de 1,635.4 m³/s no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal igual ya que no ha cambiado el coeficiente de escurrimiento.

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE II se simularía la tormenta ocurrida en el año 1993, pero no se cuenta con dato hidrométrico por lo que se simuló la tormenta en 1998 generó un escurrimiento de 796.12 m³/s.

Tabla 87. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE III en la cuenca del Río Presidio.



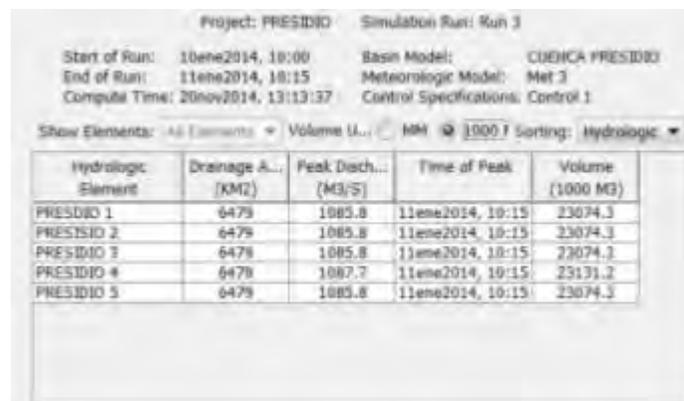
Hydrologic Element	Drainage A... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
PRESIDIO 1	6479	784.5	11ene2014, 10:15	14831.2
PRESIDIO 2	6479	784.5	11ene2014, 10:15	14831.2
PRESIDIO 3	6479	784.5	11ene2014, 10:15	14831.2
PRESIDIO 4	6479	786.0	11ene2014, 10:15	14870.5
PRESIDIO 5	6479	784.5	11ene2014, 10:15	14831.2

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Con el modelo se obtuvo un gasto de 1,635.4 m³/s no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal igual ya que no ha cambiado el coeficiente de escurrimiento.

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE III se simularía la tormenta ocurrida en el año 1993, pero no se cuenta con dato hidrométrico por lo que se simuló la tormenta en 1998 generó un escurrimiento de 1,089.33 m³/s.

Tabla 88. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE II en la cuenca del Río Presidio.



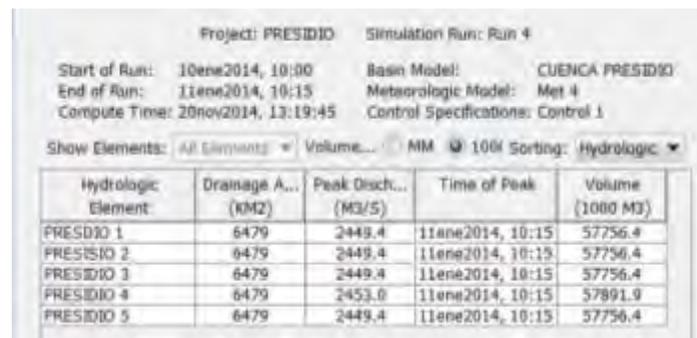
Hydrologic Element	Drainage A... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
PRESIDIO 1	6479	1085.8	11ene2014, 10:15	23074.3
PRESIDIO 2	6479	1085.8	11ene2014, 10:15	23074.3
PRESIDIO 3	6479	1085.8	11ene2014, 10:15	23074.3
PRESIDIO 4	6479	1087.7	11ene2014, 10:15	23131.2
PRESIDIO 5	6479	1085.8	11ene2014, 10:15	23074.3

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Con el modelo se obtuvo un gasto de 1,085.8 m³/s no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal igual ya que no ha cambiado el coeficiente de escurrimiento.

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE IV se simula la tormenta ocurrida en el año 2006, la cual es la mayor para el periodo que comprende la SERIE IV, esta tormenta generó un escurrimiento de 2,462.28 m³/s.

Tabla 89. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE III en la cuenca del Río Presidio.



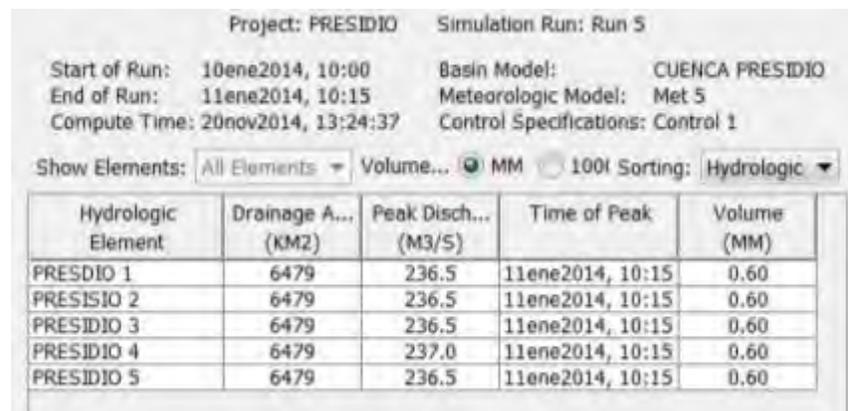
Hydrologic Element	Drainage A... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
PRESIDIO 1	6479	2449.4	11ene2014, 10:15	57756.4
PRESIDIO 2	6479	2449.4	11ene2014, 10:15	57756.4
PRESIDIO 3	6479	2449.4	11ene2014, 10:15	57756.4
PRESIDIO 4	6479	2453.0	11ene2014, 10:15	57891.9
PRESIDIO 5	6479	2449.4	11ene2014, 10:15	57756.4

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Con el modelo se obtuvo un gasto de 2,449.4 m³/s no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal igual ya que no ha cambiado el coeficiente de escurrimiento.

De acuerdo al análisis climatológico e hidrométrico realizado en la “Actividad c”, para la SERIE V se simula la tormenta ocurrida en el año 2009, la cual es la mayor para el periodo que comprende la SERIE V, esta tormenta generó un escurrimiento de 214.99 m³/s.

Tabla 90. Resultados de la corrida en el HEC-HMS para la SERIE III en la cuenca del Río Presidio.



Hydrologic Element	Drainage A... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
PRESIDIO 1	6479	236.5	11ene2014, 10:15	0.60
PRESIDIO 2	6479	236.5	11ene2014, 10:15	0.60
PRESIDIO 3	6479	236.5	11ene2014, 10:15	0.60
PRESIDIO 4	6479	237.0	11ene2014, 10:15	0.60
PRESIDIO 5	6479	236.5	11ene2014, 10:15	0.60

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Con el modelo se obtuvo un gasto de $236.5 \text{ m}^3/\text{s}$ no muy lejos de lo registrado en la hidrométrica, esa tormenta si ocurriera en el presente generaría una caudal igual ya que no ha cambiado el coeficiente de escurrimiento.

6.8.7 Análisis estadístico para encontrar la correlación entre las unidades de paisaje y el escurrimiento en una cuenca, ante eventos hidrometeorológicos extraordinarios.

6.8.7.1 Limitaciones

SERIES INEGI

A lo largo del estudio se observaron varias situaciones que podrían afectar o dificultar el poder encontrar una correlación entre la configuración de las unidades de paisaje en una cuenca y el escurrimiento generado y/o con el Número de Curva.

La primera de ellas fue la diferencia entre las clasificación en el tema de USO de SUELO y VEGETACIÓN en las diferentes SERIES de INEGI. Se observó una clasificación muy semejante entre las SERIE I y II, para la SERIE II comienza a aparecer ZONA URBANA, además en la SERIE II ya se introduce mayor detalle en lo que son los “CUERPOS DE AGUA”, estas clasificaciones en cuanto al NUMERO de CURVA resultan muy significativas ya que es de las más altos.

Ya para la SERIE III la clasificación cambia significativamente, se agregan nuevas clasificaciones, como “ASENTAMIENTOS HUMANOS”, y la ubicación de los usos de suelo cambian de posición dentro de las columnas de información, por ejemplo, ahora existe una columna llamada “TIP_VEG”, que es la que se asemeja a las SERIES I y II, solo que a lo que son “CUERPOS DE AGUA, ZONA URBANA, ASENTAMIENTOS HUMANOS” se agrupan en “NO APLICA” por lo que hay que consultar otras columnas denominadas “CLAVEFOT, CLAVE u OTROS”, para conocer a qué uso se refiere.

Así mismo la se agrupan los usos de “AGRÍCOLA-PECUARI-FORESTAL”, para fines del estudio hidrológico se toma como “AGRÍCOLA” ya que no se especifica en que porcentaje se distribuye cada uno de los usos.

En la SERIE V se retoma una clasificación más parecida a la de las SERIES I Y II, pero más detallada, por ejemplo, surge “BOSQUE DE ENCINO, BOSQUE DE PINO, BOSQUE DE PINO-ENCINOY BOSQUE DE ENCINO-PINO, estos dos últimos de acuerdo a quien predomine más se nombra primero. Además también surgen clasificaciones como “VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO”, pasa lo mismo para los diferentes Bosques o SELVAS.

CLIMATOLOGÍA E HIDROMETRÍA.

La distribución de las estaciones climatológicas en general en la cuenca alta, no había una cobertura deseada, ya que en ocasiones existía solo una estación para toda la cuenca alta. (no es claro el párrafo)

Una de las grandes limitaciones que se tuvieron en el presente estudio es la poca existencia de estaciones hidrométricas, ya que solo había una por cuenca y esto daba un solo sitio para calibrar el modelo lluvia – escurrimiento.

La estación hidrométrica por lo general en cada una de las cuencas se localizaba en la desembocadura de los ríos al Océano Pacífico, situación que hasta cierto punto es favorable, pues se obtiene la reacción completa de la cuenca ante un evento hidrometeorológico, pero al no tener más estaciones se pierde mucho del comportamiento de la cuenca media y alta y en la aportación de cada uno de los cauces.

Otra situación desfavorable es que tanto las estaciones climatológicas como las hidrométricas, presentan muchos años sin información, varios de estos huecos coincidían con los años de las SERIES de INEGI en que se presentaban los máximos, por lo que los casos de análisis por SERIE disminuyeron, sobre todo para la SERIE VI y V, perdiendo valores valiosos.

6.8.7.2 Mecanismo para relacionar las unidades de paisaje contra el escurrimiento en las cuencas.

Dadas las condiciones antes descritas la manera en que se podrían correlacionar las unidades de paisaje contra el escurrimiento generado, o también contra el coeficiente de escurrimiento, es comparando las unidades de paisaje dominantes en (¿con?) las cuencas que presenten cambios significativos a lo largo de las SERIES.

A continuación se presenta el caso de la cuenca del Río SABANA.

Como primer paso se ordenan las unidades de paisaje en orden descendente de acuerdo al área de cada una de ellas con respecto al área total de la cuenca. Esto se realiza de acuerdo al contenido de la SERIE I ya que esa es la condición inicial.

En la siguiente tabla se muestran las unidades de paisaje de mayor abundancia en la cuenca, y su cambio a lo largo de las SERIES.

Tabla 91. Unidades de paisaje de mayor área en la cuenca del río Sabana.

CASO	SERIE I		SERIE II		SERIE III		SERIE IV		SERIE V	
	PA1 NA FH A	8687.140	PA1 NA FH A	8736.481	PA1 NA FH A	7749.309	PA1 NA FH A	7411.023	PA1 NA FH A	7411.023
	M1 M RE S	7457.811	M1 I RE B	6841.418	M2 M RE S	5946.624	M1 I RE B	5876.222	M1 I RE B	5876.222
	M2 M RE S	6988.848	M2 M RE S	6645.616	PA1 NA FH CA	5814.138	M2 M RE S	5840.575	M2 M RE S	5840.575
	M1 I RE B	6828.176	M1 M RE S	6381.292	M1 I RE B	5546.833	PA1 NA FH CA	5811.501	PA1 NA FH CA	5811.501
	PA1 NA FH CA	5539.765	PA1 NA FH CA	5802.169	M1 M RE A	3410.447	M1 M FH S	4348.772	M1 M FH S	4348.772
	M1 M FH S	4471.789	M1 M FH S	4316.927	M1 I CE A	3383.327	M1 M RE A	3952.869	M1 I CE A	3464.269
	PA1 NA SG A	3567.228	PA1 NA SG A	4064.953	M1 M RE S	3353.690	M1 I CE A	3464.269	M1 M RE A	3180.271
	M2 I RE S	3179.848	M2 I RE S	3080.431	PA1 NA SG A	3085.711	M1 M RE S	2964.853	M1 M RE S	2974.826
	M1_I_CE_S	3177.873	M1_I_CE_S	2824.174	M3_I_CD_B	2598.922	PA1_NA_SG_A	2915.964	PA1_NA_SG_A	2927.616

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

De acuerdo a la tabla 59 donde se presentan los CN para las diferentes SERIES de INEGI en la cuenca del rio Sabana se construyó la siguiente tabla en donde se muestran los CN y las áreas de las unidades de paisaje a lo largo de las SERIES.

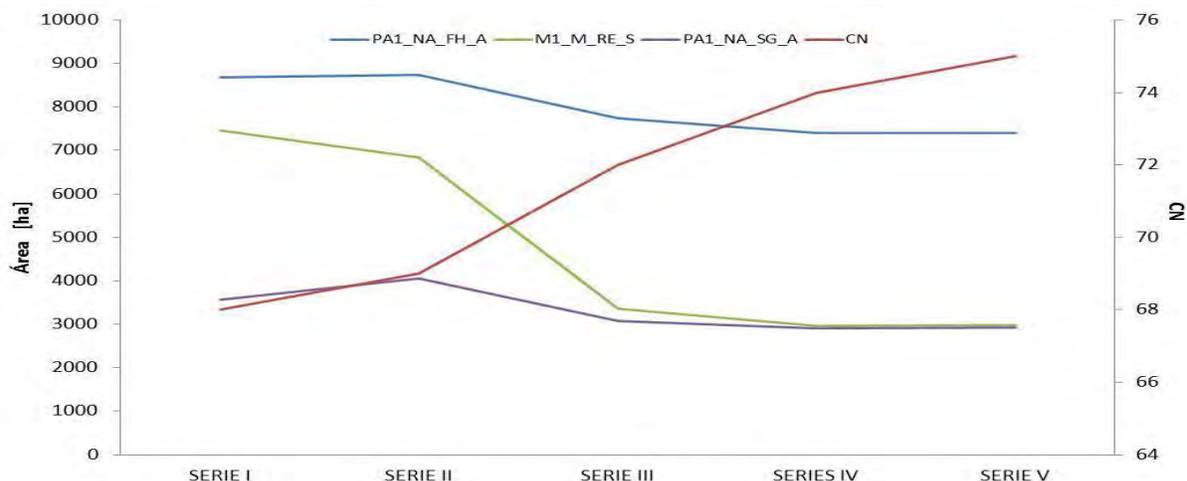
Tabla 92. Numero de Curva y Unidades de Paisaje a correlacionar [ha]
No se leen todas las celdas

	68	8687.14	7457.81	3567.23
	69	8736.48	6841.42	4064.95
	72	7749.31	3353.69	3085.71
	74	7411.02	2964.85	2915.96
	75	7411.02	2974.83	2927.62

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

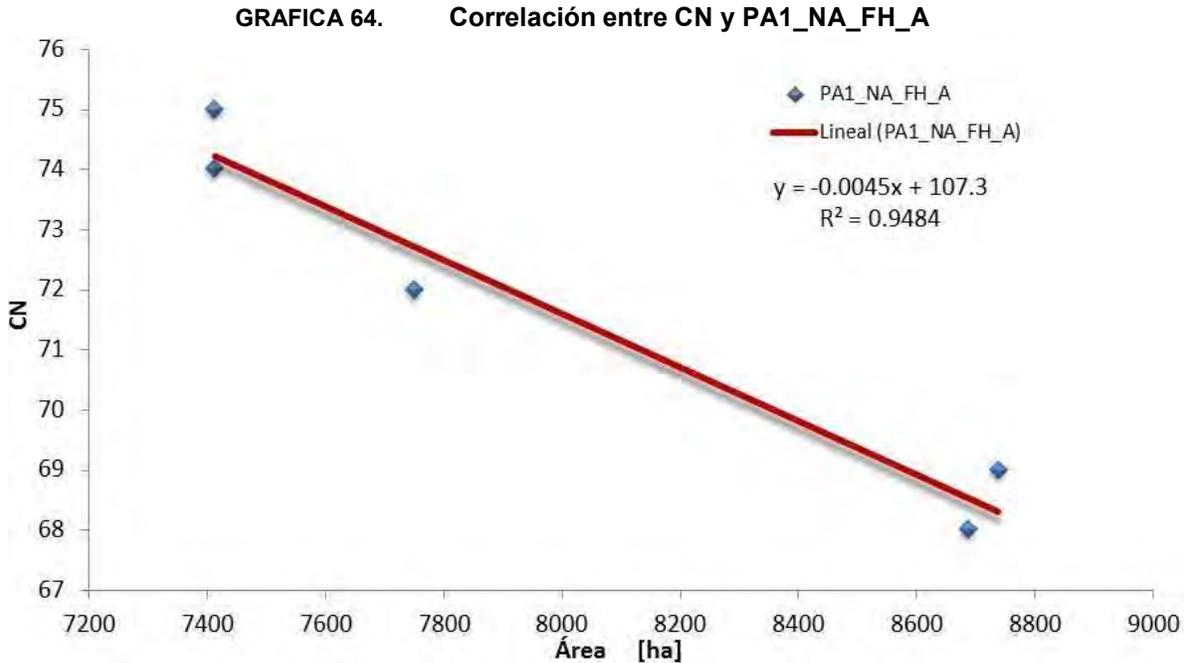
En la siguiente grafica se muestran las tendencias y comportamiento de cada una de las Unidades de Paisaje para cada una de las SERIES de INEGI, así como la tendencia y comportamiento del Número de Curva.

GRAFICA 63. CN y áreas de 3 principales Unidades de Paisaje en la cuenca del rio Sabana



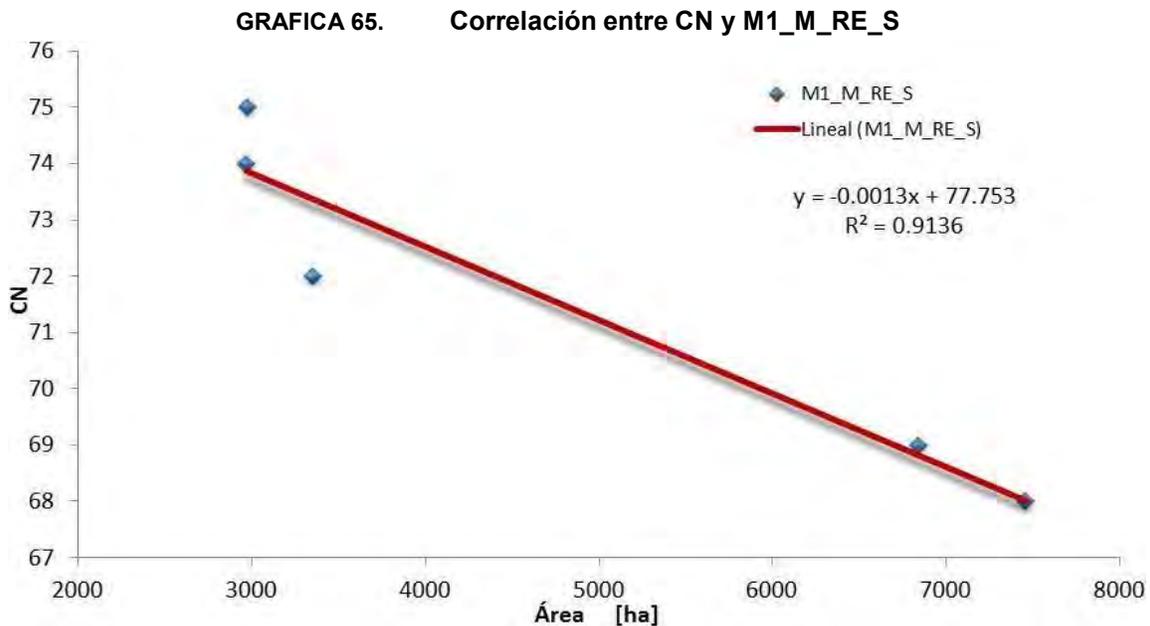
FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

En la siguiente gráfica se muestra la correlación existente entre el Número de Curva y el área de Unidad de Paisaje.



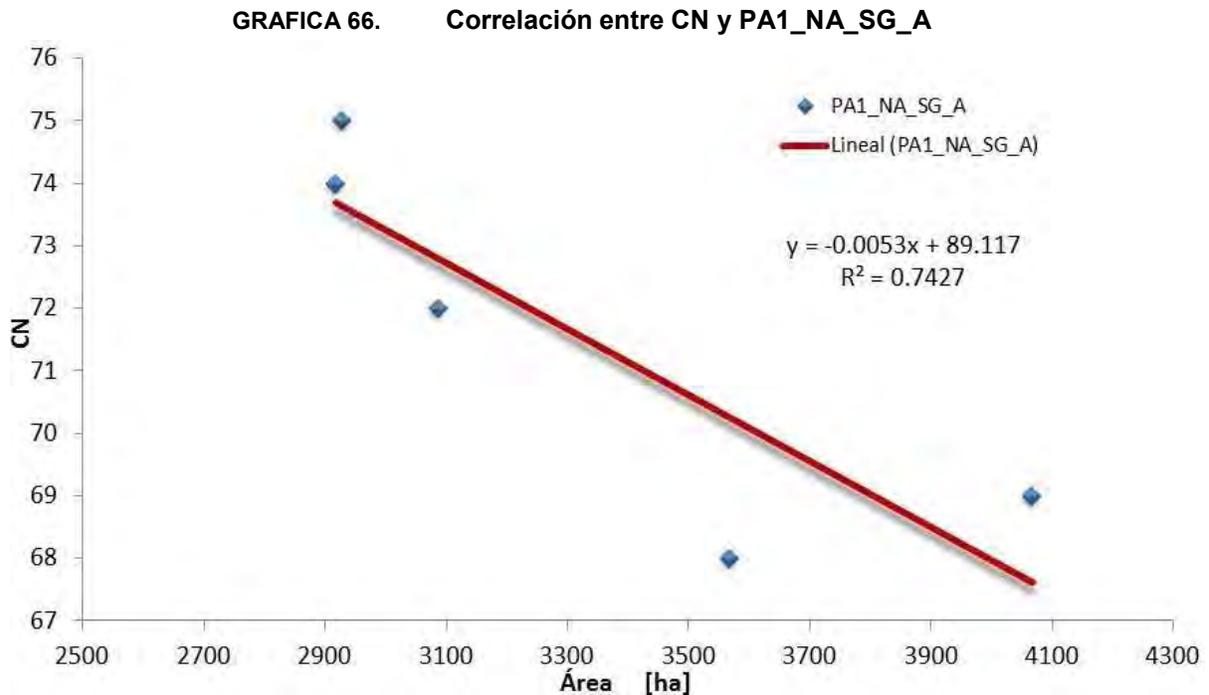
FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Como se observa la correlación existente es muy alta, ya que tanto la unidad de paisaje como el Número de Curva van decreciendo en las SERIES de INEGI. En la siguiente grafica se muestra la segunda unidad de paisaje en importancia en cuanto al área que conforma en la cuenca del río Sabana.



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

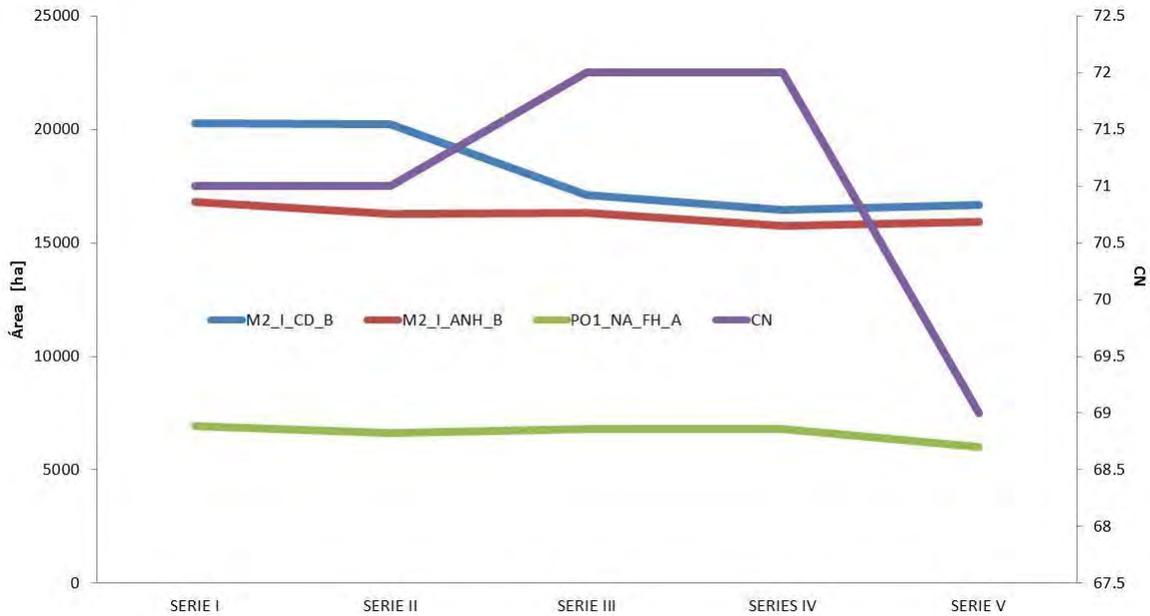
Como se observa la correlación va disminuyendo, sin dejar de ser muy buena, a continuación se compara con una unidad de paisaje en el lugar 7 de importancia en cuanto al área, y resulta lo siguiente.



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Aquí ya la correlación comienza a disminuir considerablemente, esto por la distribución de esta unidad de paisaje a lo largo de las SERIES de INEGI. Esta unidad de paisaje comenzó en el lugar 7 de importancia por su área, en la SERIE II se mantuvo, pero ya para la SERIE III pasó al lugar 8 y para la SERIE VI al lugar 9 conservando este lugar para la SERIE V.

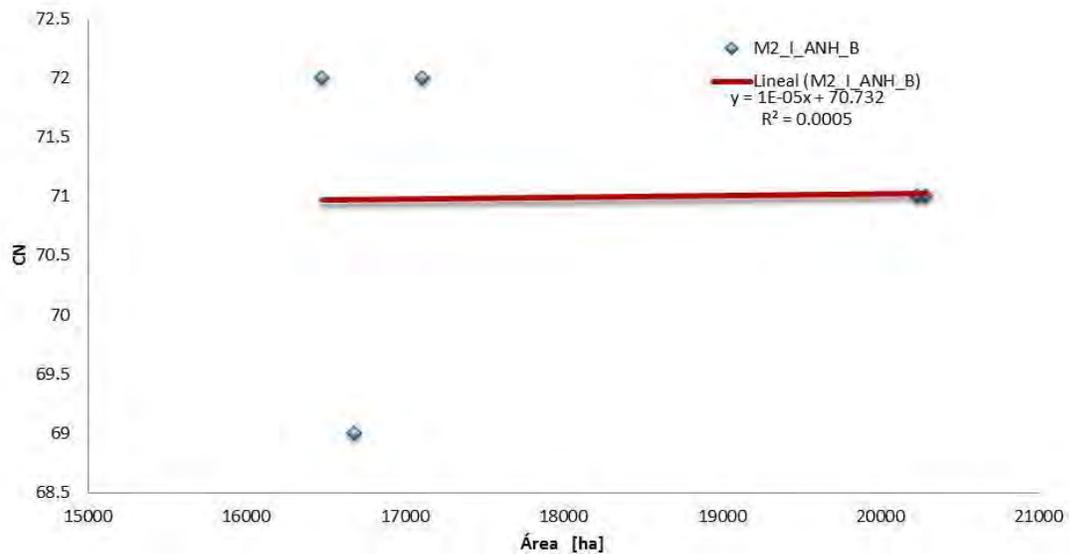
GRAFICA 67. CN y áreas de 3 principales Unidades de Paisaje en la cuenca del río Atoyac



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

En la siguiente gráfica se muestra la correlación existente entre el Número de Curva y el área de Unidad de Paisaje con mayor peso de área.

GRAFICA 68. Correlación entre CN y M2_I_ANH_B

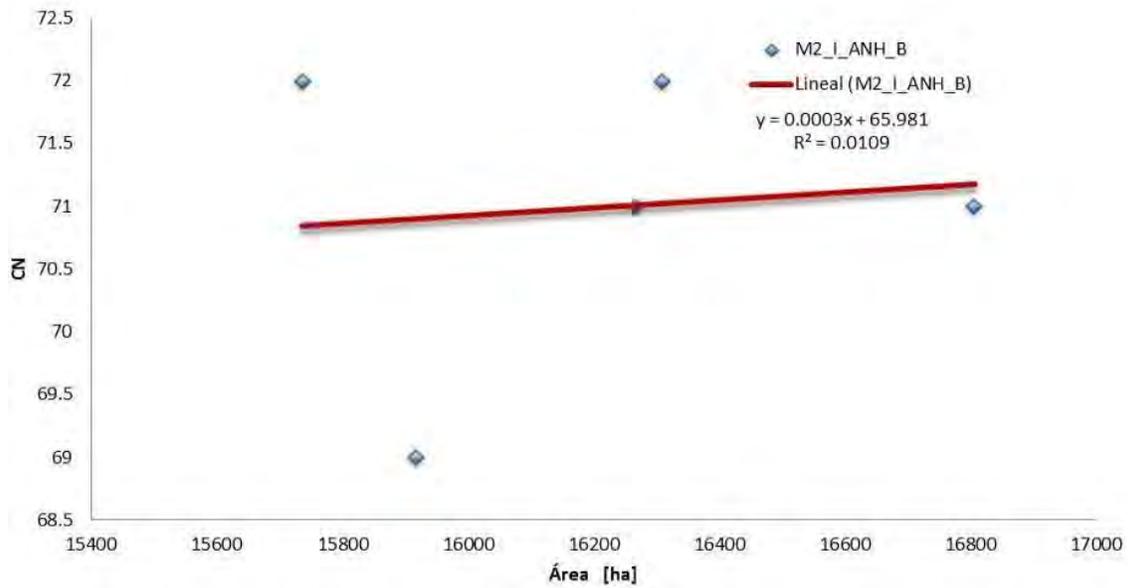


FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Como se observa la correlación existente es muy baja. Esto debido a que para la SERIE V el CN cambia drásticamente cambiando la tendencia que seguía.

Se realizó el mismo procedimiento para la segunda unidad de paisaje en importancia, en la siguiente gráfica se muestra la correlación existente.

GRAFICA 69. Correlación entre CN y M3_AOH_B



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Se obtuvo el mismo resultado que en la gráfica anterior, ya que el cambio se hace en CN y no en la unidad de paisaje.

A continuación se presenta el caso de la cuenca del Río TÉCPAN.

Se sigue el mismo procedimiento que la cuenca anterior, como primer paso se ordenan las unidades de paisaje en orden descendente de acuerdo al área de cada una de ellas que respecto al área total de la cuenca. Esto se realiza de acuerdo al contenido de la SERIE I ya que esa es la condición inicial.

En la siguiente tabla se muestran las unidades de paisaje de mayor abundancia en la cuenca, y su cambio a lo largo de las SERIES.

Tabla 95. Unidades de paisaje de mayor área en la cuenca del río Tépán.

CASO	SERIE I		SERIE II		SERIE III		SERIE IV		SERIE V	
M3_I_ANH_B	15034.441	M3_I_ANH_B	14864.255	M3_I_ANH_B	15296.210	M3_I_ANH_B	13830.848	M3_I_ANH_B	14252.428	
M3_I_AOH_B	12360.597	M3_I_CD_B	12071.012	M3_I_CD_B	12369.893	M3_I_CD_B	11544.288	M3_I_CD_B	11895.265	
M3_I_CD_B	10815.452	M3_I_AOH_B	10283.591	M3_I_AOH_B	10908.036	M3_I_AOH_B	9557.947	M3_I_AOH_B	9843.327	
M2_M_CCE_S	10635.650	M2_I_CCE_B	8538.164	M2_M_FH_A	8752.214	M2_M_FH_A	8042.271	M2_M_FH_P	8192.332	

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

De acuerdo a la tabla 69 donde se presentan los CN para las diferentes SERIES de INEGI en la cuenca del río Tépán, se construyó la siguiente tabla en donde se muestran los CN y las áreas de las unidades de paisaje a lo largo de las SERIES.

**Tabla 96. Numero de Curva y Unidades de Paisaje a correlacionar [ha]
No se leen todas las celdas**

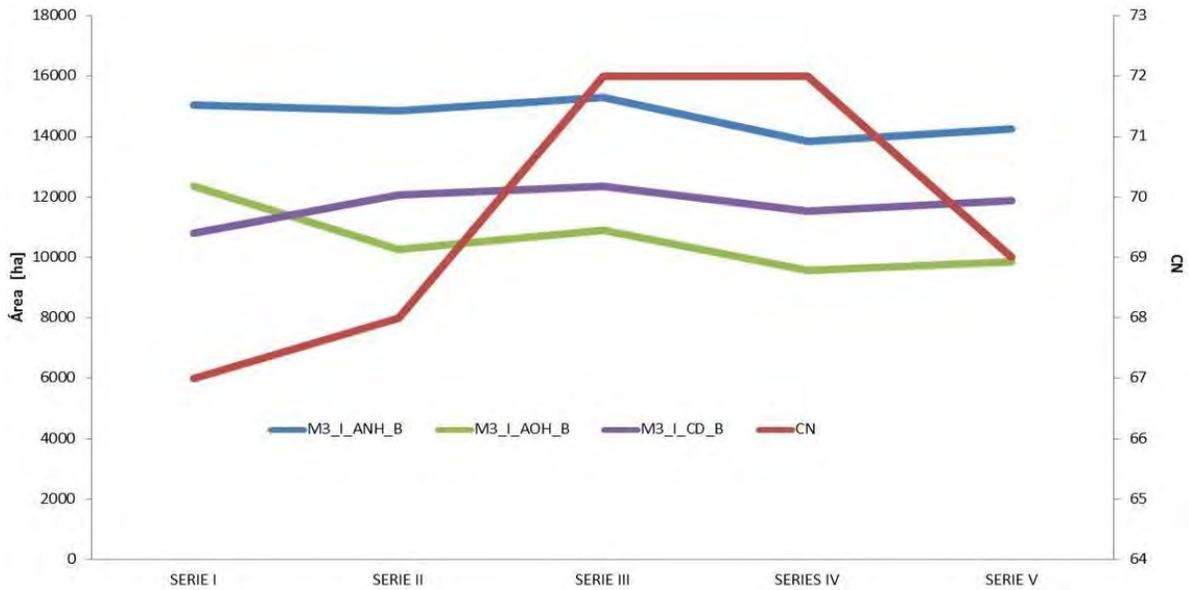
	67	15034.44	12360.60	10815.45
	68	14864.26	10283.59	12071.01
	72	15296.21	10908.04	12369.89
	72	13830.85	9557.95	11544.29
	69	14252.43	9843.33	11895.26

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Como se puede observar el coeficiente de escurrimiento no varía para las SERIES III y VI, esto podría generar ciertos conflictos para la correlación.

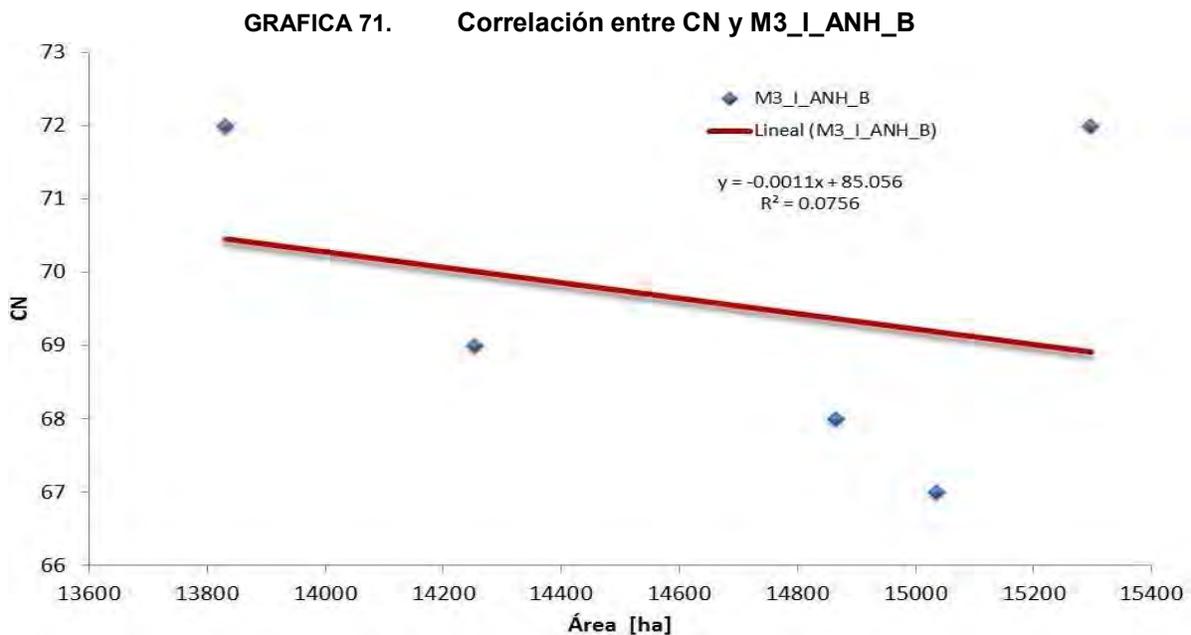
En la siguiente grafica se muestran las tendencias y comportamiento de cada una de las Unidades de Paisaje para cada una de las SERIES de INEGI, así como la tendencia y comportamiento del Número de Curva.

GRAFICA 70. CN y áreas de 3 principales Unidades de Paisaje en la cuenca del río Técpan



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

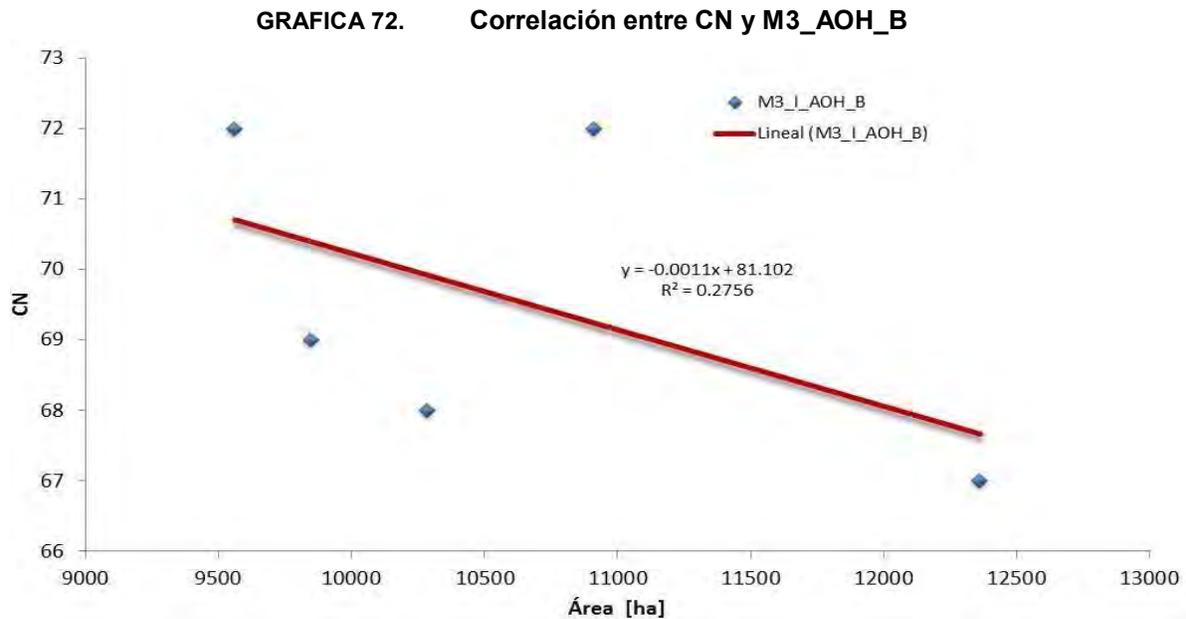
En la siguiente gráfica se muestra la correlación existente entre el Número de Curva y el área de Unidad de Paisaje.



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

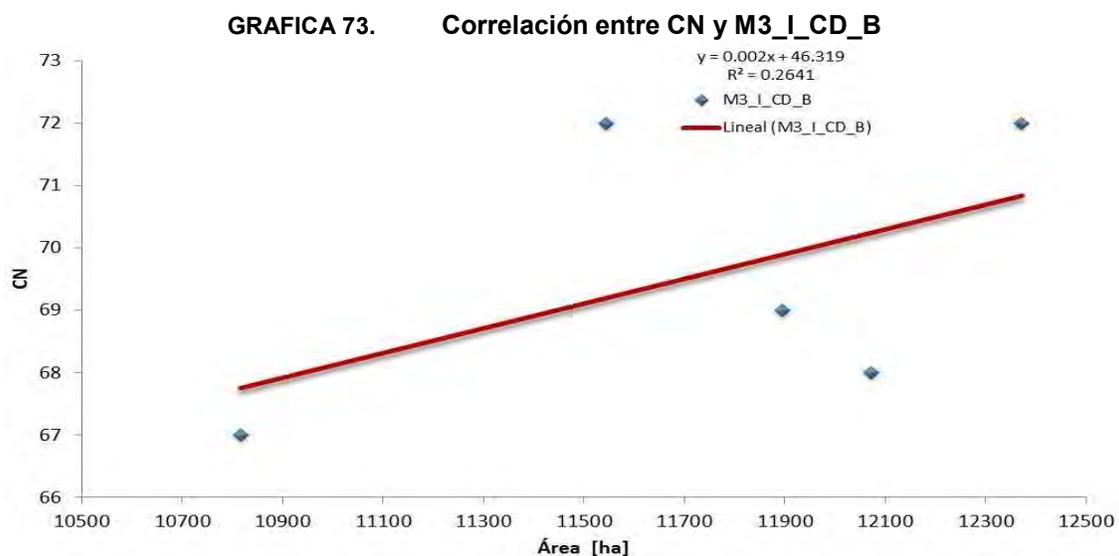
Como se observa la correlación existente es muy baja, ya que no existe un comportamiento semejante de la pérdida o incremento de las Unidades de Paisaje respecto al CN, esta situación sucedió en las SERIES III y VI. Situación que se menciona en las limitaciones.

Se realizó el mismo procedimiento para la segunda unidad de paisaje en importancia, en la siguiente gráfica se muestra la correlación existente.



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

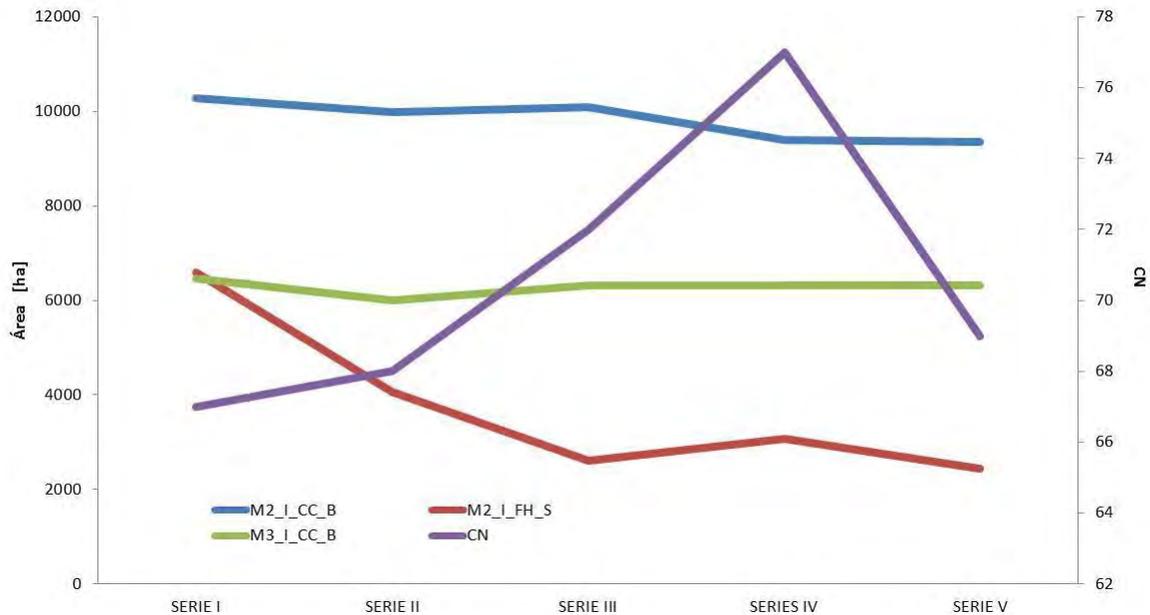
Como se observa la correlación va disminuyendo, y es casi nula, esto debido a que esta unidad de paisaje comienza en la posición 2 y para la SERIE II ya se encuentra en la posición tres de importancia en área. Por último se probó con una más, en la gráfica se muestra el resultado



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

La correlación no mejoró, permanece casi nula y para esta unidad de paisaje la correlación cambió de sentido, pero con una correlación mala.

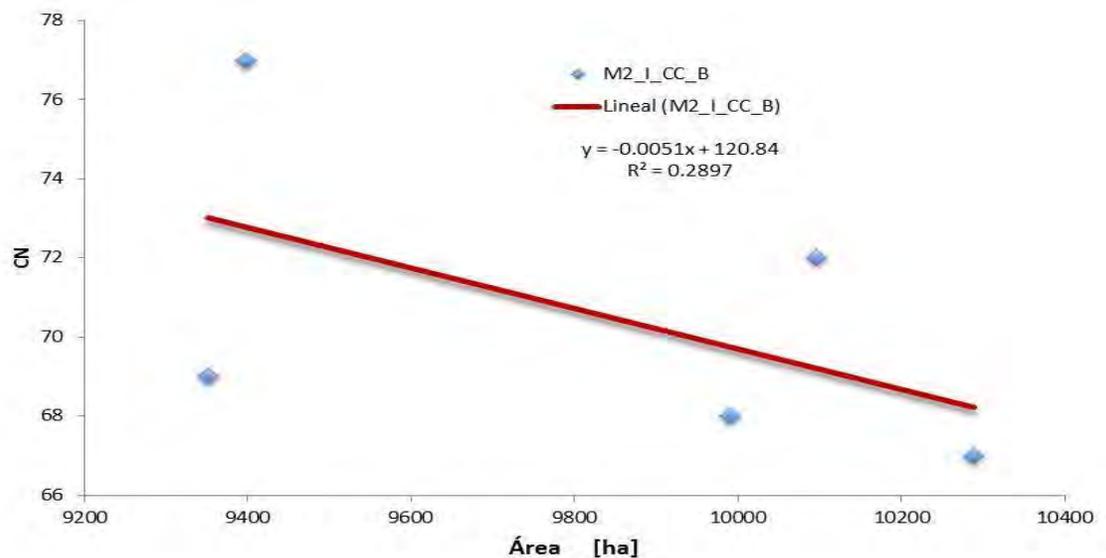
GRAFICA 74. CN y áreas de 3 principales Unidades de Paisaje en la cuenca del río Coyuquilla



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

En la siguiente gráfica se muestra la correlación existente entre el Número de Curva y el área de Unidad de Paisaje con mayor peso de área.

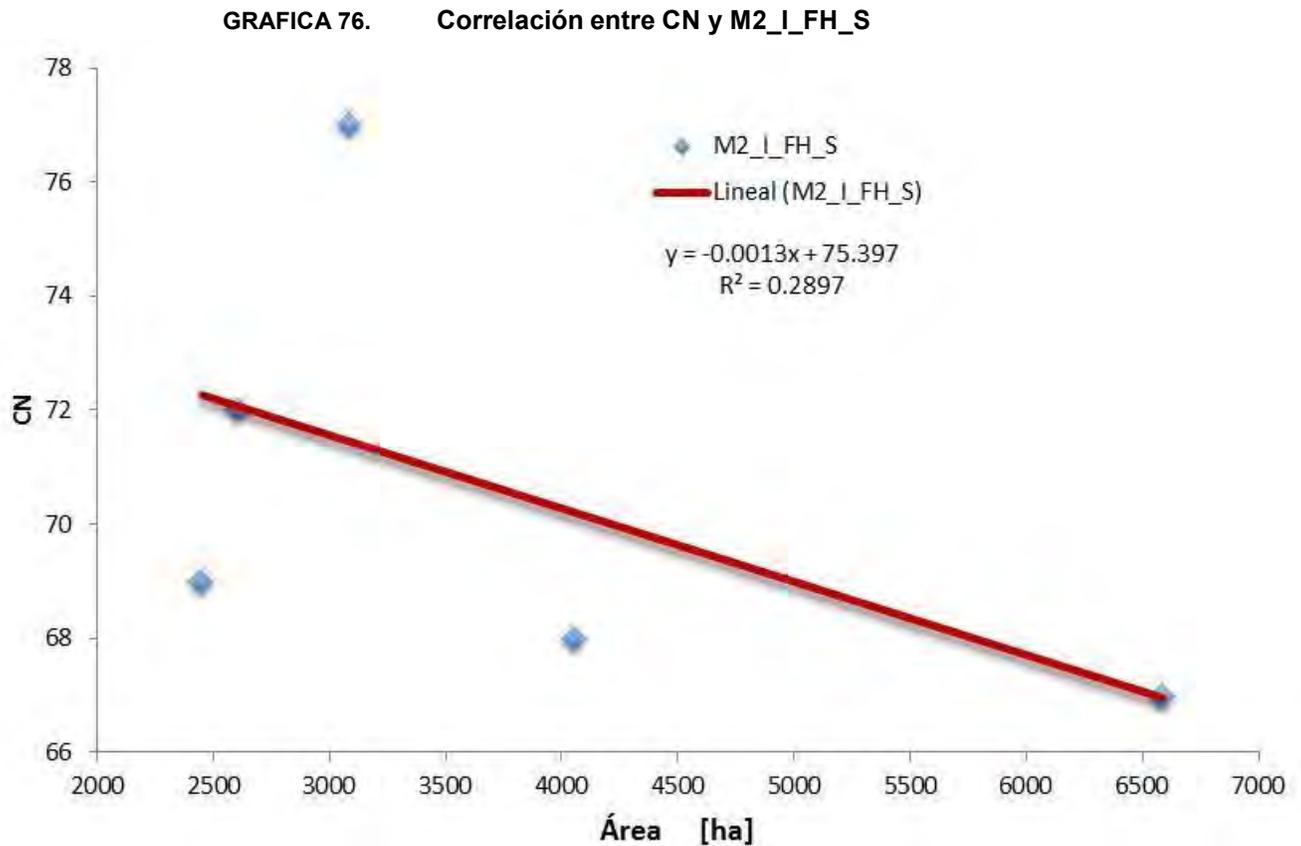
GRAFICA 75. Correlación entre CN y M2_I_CC_B



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Como se observa la correlación existente es muy baja, Esto debido a que para la SERIE II el área baja drásticamente y para la SERIE III esta área sube, lo que hace un comportamiento irregular y que la correlación sea baja.

Se realizó el mismo procedimiento para la segunda unidad de paisaje en importancia, en la siguiente gráfica se muestra la correlación existente.



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Se obtuvo el mismo resultado que en la gráfica anterior, ya que para esta unidad de paisaje, de la SERIE II a la SERIE IV se observa un comportamiento contrario a respecto a las demás SERIES.

A continuación se presenta el caso de la cuenca del Río PRESIDIO.

Se sigue el mismo procedimiento que la cuenca anterior, como primer paso se ordenan las unidades de paisaje en orden descendente de acuerdo al área de

cada una de ellas que respecto al área total de la cuenca. Esto se realiza de acuerdo al contenido de la SERIE I ya que esa es la condición inicial.

En la siguiente tabla se muestran las unidades de paisaje de mayor abundancia en la cuenca, y su cambio a lo largo de las SERIES.

Tabla 99. Unidades de paisaje de mayor área en la cuenca del río Presidio.

CASO	SERIE I		SERIE II		SERIE III		SERIE IV		SERIE V	
	M2 L B	70221.478	M2 L B	73219.755	M2 L B	73395.333	M2 L B	71663.010	M2 L B	73608.667
	L3 CEC B	69647.679	L3 CEC B	69595.200	L3 CEC B	69262.988	L3 CEC B	68370.683	L3 CEC B	68892.564
	M1 CEC S	49755.141	M1 CEC S	48863.854	M1 CEC S	48985.675	M1 CEC S	48676.584	M1 CEC S	48642.562
	L3 CDV B	45726.302	L3 CDV B	44210.360	L3 CDV B	43587.748	L3 CDV B	43565.350	L3 CDV B	43509.828
	M2 L S	44359.597	M2 L S	41317.887	M2 L S	40939.721	M2 L S	40179.002	M2 L S	40178.916
	M1 CEC B	39129.955	M1 CEC B	39681.845	M1 CEC B	39286.689	M1 CEC B	39496.309	M1 CEC B	39509.144
	L3 CEC S	31928.589	L3 CEC S	29241.505	L3 CEC S	28822.387	L3 CEC S	29036.219	L3 CEC S	28200.919
	M2 RE B	23767.487	M1 RE B	24172.695	M1 RE B	24106.507	M2 RE B	25009.172	M2 RE B	25009.151
	M1 RE B	23641.384	M2 RE B	23830.280	M2 RE B	23923.052	M1 RE B	24668.159	M1 RE B	24904.984

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

De acuerdo a la tabla 79 donde se presentan los CN para las diferentes SERIES de INEGI en la cuenca del río Coyuquilla se construyó la siguiente tabla en donde se muestran los CN y las áreas de las unidades de paisaje a lo largo de las SERIES.

**Tabla 100. Numero de Curva y Unidades de Paisaje a correlacionar [ha]
No se leen todas las celdas**

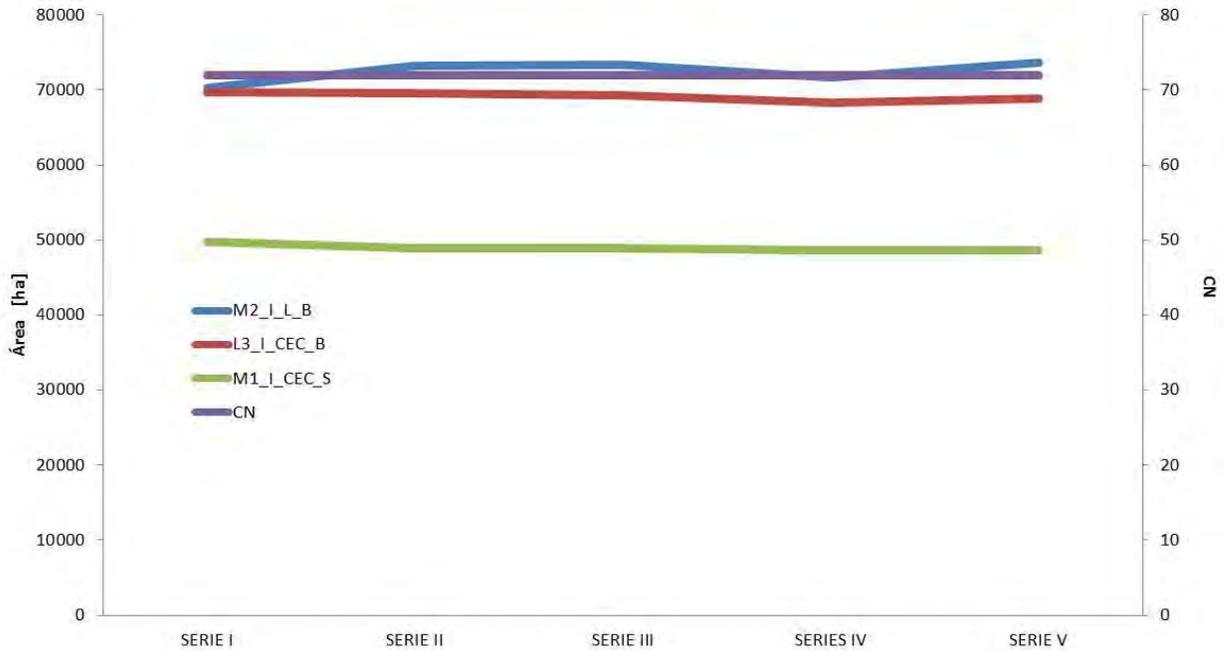
		72	70221.48	69647.68
		72	73219.76	69595.20
		72	73395.33	69262.99
		72	71663.01	68370.68
		72	73608.67	68892.56
				49755.14
				48863.85
				48985.67
				48676.58
				48642.56

FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Para esta cuenca el CN se mantiene constante, se espera que también la conformación de las SERIES sea homogénea.

En la siguiente grafica se muestran las tendencias y comportamiento de cada una de las Unidades de Paisaje para cada una de las SERIES de INEGI, así como la tendencia y comportamiento del Número de Curva.

GRAFICA 77. CN y áreas de 3 principales Unidades de Paisaje en la cuenca del río Presidio



FUENTE: Elaboración propia en base a las SERIES de Usos de Suelo y Vegetación de INEGI

Para esta cuenca al no cambiar de Número de Curva no se puede hacer una correlación ya que tampoco cambia la configuración de las Unidades de Paisaje en las SERIES de INEGI.

6.9 Actividad f. Integración de resultados

De acuerdo a los alcances del presente estudio se tiene:

Alcances: Se obtendrá la influencia o la relación que presenta el Cambio de Uso de Suelo y Vegetación y por ende la Unidad de Paisaje y el Número de Curva en los caudales generados en las cuencas.

De acuerdo al desarrollo del presente estudio, las Unidades de Paisaje tuvieron como elementos en común el Uso de Suelo y Vegetación y la Edafología con los elementos que sirven para determinar el Número de Curva o Coeficiente de Escurrimiento, en el presente estudio, se utilizaron las 5 diferentes SERIES que INEGI a publicado para el tema de Uso de Suelo y Vegetación, por lo que este elemento en común entre Unidad de Paisaje y Coeficiente de Escurrimiento o Numero de Curva fue variando en cada una de las cuencas analizadas, concluyendo lo siguiente:

Las SERIES I y II presentan la misma clasificación de los distintos tipos de vegetación, estos se localizan en la columna “ENTIDAD”, en todas las cuencas en la SERIE I, no existe la clasificación de “ZONA URBANA”, en la SERIE II ya se introduce mayor detalle en lo que son los “CUERPOS DE AGUA”.

Ya para la SERIE III la clasificación cambia, se agregan nuevas clasificaciones, como “ASENTAMIENTOS HUMANOS”, y la ubicación de los usos de suelo cambian de posición dentro de las columnas de información, por ejemplo, ahora existe una columna llamada “TIP_VEG”, que es la que se asemeja a las SERIES I y II, solo que a lo que son “CUERPOS DE AGUA, ZONA URBANA, ASENTAMIENTOS HUMANOS” se agrupan en “NO APLICA” por lo que hay que consultar otras columnas denominadas “CLAVEFOT, CLAVE u OTROS”, para conocer a qué uso se refiere.

Así mismo la se agrupan los usos de “AGRÍCOLA-PECUARI-FORESTAL”, para fines del estudio hidrológico se toma como “AGRÍCOLA” ya que no se especifica en que porcentaje se distribuye cada uno de los usos.

La SERIE II y IV siguieron la misma clasificación, entre ellas se podría comparar muy bien los cambios que surgieron.

En la SERIE V se retoma una clasificación más parecida a la de las SERIES I Y II, pero más detallada, por ejemplo, surge “BOSQUE DE ENCINO, BOSQUE DE PINO, BOSQUE DE PINO-ENCINOY BOSQUE DE ENCINO-PINO, estos dos últimos de acuerdo a quien predomine más se nombra primero. Además también

surgen clasificaciones como “VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO”, ese es un ejemplo para lo mismo para los diferentes Bosque o SELVAS.

Una de las grandes limitaciones que se tuvieron en el presente estudio es la poca existencia de estaciones hidrométricas, ya que solo había un sitio para calibrar el modelo lluvia – escurrimiento y en general estaba casi a la desembocadura de los ríos al Océano Pacífico, situación que no es mala, pero si se pierde mucho del comportamiento de la cuenca media y alta.

Además tanto las estaciones climatológicas como las hidrométricas, presentan muchos años sin información, varios de estos huecos coincidían con los años de las SERIES de INEGI en que se presentaban los máximos.

A pesar de esta diferencia en las clasificaciones, se pudo observar que se han perdido usos de suelos como SELVAS y BOSQUES y por ende las Unidades de Paisaje que contienen estos USOS hacen que el coeficiente de escurrimiento se incremente, lo que ocasiona que los caudales para una misma tormenta.

Esto se puede verificar en el apartado de la modelación hidrológica que se realizó para cada uno de los periodos correspondiente a las SERIES de INEGI, en donde para cada una de las SERIES se simulaba la misma tormenta dando diferentes caudales, en su mayoría mayores.

Con este estudio se puede demostrar que Unidades de Paisaje de ALTA MONTAÑA o MEDIA MONTAÑA con BOSQUE y SELVA juegan un papel crítico en la contención natural de las avenidas provocadas por fenómenos hidrometeorológicos como huracanes, ondas tropicales y depresiones tropicales, aminorando los caudales que podrían ser generadores de inundaciones en zonas agrícolas y urbanas.

7 Bibliografía

INEGI, INECC, CONAGUA “Delimitación de las Cuencas Hidrográficas de México a escala 1:250 000” (Julio 2007).

NASA Global Hydrology and Climate Center. Imágenes GOES. Pagina web http://weather.msfc.nasa.gov/GOES/goes_es.html

CONAGUA Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS). Bases de datos hidrométricos.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Comisión Nacional de Agua. México.

Disponible en consulta:

http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=featured&Itemid=128

Eric III, “Extracator rápido de información climatológica” IMTA. Pagina web <http://www.imta.gob.mx/productos/software/eric-iii-version-3-2-extractor-rapido-de-informacion-climatolo-detail>

M. A. Summerfield 1991. “Global Geomorphology. An Introduction to the Study of Landforms”. xxii + 537 pp.

Remenieras, “Tratado de hidrología aplicada”, G. Publicación: 1974

Mulvaney “Métodos más utilizados para evaluar la capacidad de producción de caudales de una cuenca fluvial, 1850.

Mulvaney “Hydrological and Modelling Concepts”, (1850)

Imbeau “Rational method -"event" model relating storm runoff peak”, (1892).

Lorenzo A. Richards “The Richards equation represents the movement of water in unsaturated soils”, 1931.

Wisler & Brater “the hydrograph of surface runoff resulting from a relatively short, intense rain, called a unit storm”, 1949.

Sherman “First proposed the unit hydrograph concept”, (1932).

Keulegan, G.H. “Spatially variable discharge over a sloping plane”, 1944.

Loudermilk, Hursh, “Landscapes led to the proposal of subsurface flow as a major mechanism of storm runoff”, 1934, 1936.

Physical Hydrology for Ecosystems. BEE 3710. Green and Ampt Infiltration: Green, W.H. and G. Ampt. 1911.

C. W. Thornthwaite. "An Approach toward a Rational Classification of Climate. Geographical Review", Vol. 38, No. 1. (Jan., 1948), pp. 55-94.

Penman, "El método de Penman-Monteith" derivado de la ecuación de combinación, 1965.

The Theis (1935) solution (or Theis nonequilibrium method) is useful for determining the hydraulic properties (transmissivity and storativity)

Bocco, G y M. E. Mendoza, 1997. La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México. El caso de Michoacán de Ocampo. Geografía y Desarrollo.

Bocco, G., Mendoza, M., Velásquez, A., 2001. Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping—a tool for land use planning in developing countries. *Geomorphology* 39, 211–219.

Bocco, G., Mendoza, M., Priego, A., Burgos, A., 2010. La cartografía de los sistemas naturales como base geográfica para la planeación territorial. SEMARNAT, INE, CIGA.

Farina, A. 1997. Principles and Methods in Landscape Ecology. Kluwer. 235 pp.

Forman, R. T. y M. Godron. 1986. Landscape Ecology. John Wiley and Sons, Nueva York, EUA, 619 pp.

Mendoza, M., Plascencia, H., Alcántara, C., Rosete, F., Bocco, G., 2009. La cartografía de los sistemas naturales como base geográfica para la planeación territorial. SEMARNAT, INE, CIGA.

Serrano, D. 2012. Consideraciones entorno al concepto de unidad del paisaje y sistematización de propuestas. *Estudios Geográficos*. Vol. LXXIII, 272, pp. 215-237

Velázquez, A., J. F. Mas, J. R. Díaz, R. Mayorga, P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta ecológica* 62: 21-37.

Velázquez A y G. Bocco. 2003. La ecología del paisaje y su potencial para acciones de conservación de ecosistemas templados de montaña; En: Ó. Sánchez, E. Vega, O. Monroy- Vilchis y C. Dominguez Aguilar (eds.). 2003.

Conservación de ecosistemas templados de montaña en México. Instituto Nacional de Ecología, México, 315 pp.

Verstappen, H. Th. y R. A. Van Zuidam. 1991. El Sistema ITC para Levantamientos Geomorfológicos. Una Base para la Evaluación de Recursos y Riesgos Naturales. ITC publicación No. 10. Enschede, Holanda, 89 pp.

Zonneveld, I.S. 1979. Land Evaluation and Land(Scape) Science. Lectures of Land(Scape) Science, Land(Scape) Survey and Land Evaluation (Pragmatic Land Classification). Textbook VII.4. ITC. Enschede, Holanda, 134 pp.

Zonneveld, I. S., 1995. Land Ecology. Academic Publishing, Amsterdam,. Land Evaluation and Land(Scape) Science. Lectures of Land(Scape) Science; Land(Scape) Survey and Land Evaluation (Pragmatic Land Classification). Textbook VII.4. ITC. Enschede, Holanda, 134 pp.

Zinck, J.A. 1988. Physiography and Soils. Soil Survey Course. ITC. Enschede, Holanda, 156 pp.

Vélez-Upegui J. y A. Botéro-Gutierrez (2010) Estimation of the time of concentration and the lag time at San Luis Creek Basin, Manizales, Open Journal System.

Yue, S., P, Pilon. And G. Cavadias. (2001). "Power of Mann-Kendall and Sperman's rhotest for detecting monotonic trends in hydrological series". Journal of Hydrology. 259 (2002) 254-271.

Zalewsky, M., G. Janauer y G. Joláncai (1997) "Ecohydrology: A new paradigm for the sustainable use of aquatic resources". IHP-UNESCO SC97/ws/12. Paris Zinck, J. (1988) Physiography and soils. Soil survey course. ITC. Enschede, Holland, 156 pp.

Zonneveld, I. (1979) Land evaluation and Landscape Science. Lecture of Landscape science. Textbook VII.4. ITC, Enschede, Holland, 134 pp.