

INDICADORES DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA Y SALUD AMBIENTAL PARA LAS CUENCAS DE LOS RÍOS YAUTEPEC Y CUAUTLA, MORELOS. Primera Etapa

Proyecto interno 2016

Perla Alonso Eguía Lis, Jorge Izurieta, Marco Mijangos Carro, Rebeca González Villela

Diciembre 2016

Capítulo 1

Índice General

1	Capítulo 1	ii
1.1	Introducción	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Literatura Citada	4

1.1 Introducción

Los sistemas acuáticos son la principal fuente de vida para gran parte de la biodiversidad del planeta, incluido el ser humano. El 6% de la diversidad de especies biológicas hasta ahora conocida (alrededor de 100,000 especies) se encuentra en los ecosistemas de agua dulce (Dudgeon *et al.* 2006) y este número sigue en aumento ya que diariamente se descubren nuevas especies. Tan solo en Sudamérica, en menos de cinco años, se descubrieron 465 nuevas especies de peces de agua dulce (Eschmeyery Fricke 2010). Por otra parte, los ecosistemas de agua dulce tienen condiciones de diversidad muy particulares, ya que la relación que guarda el área con respecto a la riqueza de especies, es mayor que en cualquier otro ecosistema, fenómeno denominado por Martens (2010) como “paradoja de la biodiversidad del agua dulce”. Además, la tasa de endemismo en los sistemas dulceacuícolas es muy alta, principalmente en los lagos (Groombridge y Jenkins 2002).

La cuenca del río Yautepec, ubicado en el estado de Morelos, nace en Itzamatitlán y después de un largo recorrido se une con el río Amacuzac, el más grande de Morelos. Abarca una superficie de 1,222 Km². El nacimiento de este río se da en un manantial de aguas cristalinas que se conoce como Poza Azul o El Bosque. Las aguas del río Yautepec formaron hace más de diez mil años un espectacular borbollón alrededor del cual se formó lo que hoy es el Parque Natural Las Estacas que nace en los manantiales de Oaxtepec y recibe los derrames de aguas corrientes como la de Tlayacapan y Totolapan, cruza la cabecera municipal y se une con el río Tepoztlán, pasa por las haciendas de Atlhuayán y Xochimancas, y al entrar al municipio de Tlaltizapán cambia el nombre por el del río Higuerón. Entre los arroyos de caudal permanente más importantes está el de Atongo, el de la Barranca del Esconde, el de Huasosoyucan y La Villa, al sur del municipio. También existen ramales intermitentes como el Ignacio Bastida, el Itzamatitlán y la Barranca del Bosque, de aguas frías potables, además del manantial de aguas sulfurosas de Oaxtepec. En esta microcuenca existen tres bordos y 34 pozos para extracción de agua. La cuenca del río Cuautla, tiene sus orígenes en las faldas del volcán Popocatepetl, a una altitud de 3600 msnm. Corre con dirección Noroeste a Sureste, con una longitud aproximada de 110km. La cuenca, comprende una superficie estimada de 76,500 ha, desde su origen hasta el sur de la entidad donde se une al río Amacuzac. La cuenca del Río Cuautla

comprende la mayor parte de los municipios de Cuautla, Ayala, Yecapixtla, Atlatlahucan, Ocuituco y Tetela del Volcán con una población de 305,518 habitantes, lo que representa el 19.7% del total estatal.

Estos ríos son de enorme importancia por dos razones principales: son fuente de abastecimiento para una gran proporción de la población del estado de Morelos así como para producción agrícola y 2) biológicamente son una de las zonas de importancia ecológica más representativas en el Estado por su biodiversidad. La protección de los humedales fluviales requiere, entre otras cosas, del entendimiento de los procesos biofísicos de la cuenca hidrológica que le dan mantenimiento, así como de los impactos y alteraciones y sus consecuencias en el sistema. Partiendo de este análisis, es factible establecer planes de desarrollo sustentable.

1.2 Objetivos

1. Síntesis de la investigación y / o estudios históricos y actuales de monitoreo y biomonitoreo.
2. Análisis de cambio climático y del régimen de caudal en las cuencas
 - 2.1 Análisis del comportamiento de las isotermas e isoyetas y estudio comparativo para los periodos de pre-impacto y post-impacto en el río Yautepec y río Cuautla.
 - 2.2 Análisis hidrométrico y recuperación de series de datos faltantes a través del análisis de datos extremos y periodos de máxima y mínima sequía de acuerdo al percentil 25% y 75%.
3. Localización física y análisis de los factores de estrés al sistema como son descargas, calidad del agua y alteraciones hidrológicas generadas por modificaciones hidráulicas.
 - 3.1 Compilación y análisis de información general sobre hidrografía, calidad del agua, infraestructura hidráulica y de saneamiento del área de estudio.
 - 3.2 Análisis de calidad del agua con generación de esquema unifiliar de la hidrografía con información de poblaciones, estaciones de monitoreo de la RNMCA, con simbología y nomenclatura.
4. Localización de sitios de referencia para bioindicadores

- 4.1 Análisis del estado de salud del ecosistema a través del estudio de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bioindicadores (macroinvertebrados) y macrófitos
- 4.2 Evaluación de integridad ecológica a través de análisis geomorfológico e índice de calidad visual.
- 5. Elaboración de un sistema de Información Geográfica.
 - 5.1 Diseño del modelo relacional para el sistema de información geográfica y recopilación de conjunto de datos vectoriales temáticos que alimentarán al sistema: hidrología, estaciones climatológicas, hidrométricas, uso de suelo, edafología, censo poblacional 2010, censo pecuario y censo económico. Datos raster: Modelo digital de elevación, isolíneas climatológicas.

1.3 Literatura Citada

Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.I., Knowler, D.J., Lévêque, C., Naiman R.J., Prieur-Richard, A.H., Soto, D., Stiassny M.L.J. y Sullivan, A. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Conservation Biology* 81: 163–182

Eschmeyer, W.N. y Fricke, R. (eds). 2010. *Catalog of fishes*. Disponible en <http://reaserach.calacademy.org/ichtiology/catalog/fishcatmailn.asp>. (Obtenido el 04 de junio del 2014).

Groombridge, B. y Jenkins, M.B. 2002. *World Atlas of Biodiversity. Earth's living resources in the 21st Century*. Berkeley, California. University of California Press.

Capítulo 2

Estudio de Calidad Del Agua

INDICE GENERAL

2. Estudio de Calidad del Agua	1
2.1. Estaciones de monitoreo.....	3
2.2. Primera campaña de monitoreo	5
2.2.1. Resultados de calidad del agua para el río Yautepec.....	5
2.2.2. Resultados de calidad del agua para el Río Dulce	24
2.2.3. Resultados de calidad del agua para el Río Cuautla.....	42
2.2.4. Aforos	61
2.2.5. Cargas transportadas.....	79
2.2.5.1. <i>Río Yautepec</i>	79
2.2.5.2. <i>Río Dulce</i>	93
2.2.5.3. <i>Río Cuautla</i>	98
2.2.6. Resumen de resultados de calidad del agua, primer muestreo	112
2.3. Segunda campaña de monitoreo	113
2.3.1. Resultados calidad del agua para el Río Yautepec	113
2.3.2. Resultados calidad del agua para el Río Dulce	133
2.3.3. Resultados calidad del agua para el Río Cuautla.....	150
2.3.4. Aforos	169
2.3.5. Cargas transportadas.....	187
2.3.5.1. <i>Río Yautepec</i>	187
2.3.5.2. <i>Río Dulce</i>	202
2.3.5.3. <i>Río Cuautla</i>	215
2.4. Índice de calidad del agua	229
2.5. Resumen de resultados de calidad del agua, segundo muestreo	233
2.6. Modelación de la calidad del agua	236
2.7. Geomorfología	241
2.8. Referencias.....	271

INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Parámetros seleccionados para las muestras de agua.....	2
Tabla 2. 2. Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo	4
Tabla 2. 3. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas.....	5
Tabla 2. 4. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce	24
Tabla 2. 5. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla	43
Tabla 2. 6. Aforos en las estaciones del río Yautepec	61
Tabla 2. 7. Aforos en las estaciones del río Dulce.....	61
Tabla 2. 8. Aforos en las estaciones del río Cuautla	61
Tabla 2. 9. Calculo de caudal en la estación Unidad Deportiva en el río Cuautla	63
Tabla 2. 10. Calculo de caudal en la estación López Portillo en el río Cuautla	64
Tabla 2. 11. Calculo de caudal en la estación San Rafael Zaragoza en el río Cuautla.....	65
Tabla 2. 12. Calculo de caudal en la estación Ixtoluca en el río Cuautla	66
Tabla 2. 13. Calculo de caudal en la estación Nexpa en el río Cuautla.....	67

Tabla 2. 14. Calculo de caudal en la estación Tepoztlán en el río Yautepec.....	68
Tabla 2. 15. Calculo de caudal en la estación Cocoyoc en el río Yautepec.....	69
Tabla 2. 16. Calculo de caudal en la estación Yautepec Centro en el río Yautepec.....	70
Tabla 2. 17. Calculo de caudal en la estación Barranca Apaquentzalco en el río Yautepec	71
Tabla 2. 18. Calculo de caudal en la estación Centro IPN en el río Yautepec.....	72
Tabla 2. 19. Calculo de caudal en la estación Tlaltizapán en el río Yautepec	73
Tabla 2. 20. Calculo de caudal en la estación después de confluencia con Dulce en el río Yautepec.....	74
Tabla 2. 21. Calculo de caudal en la estación Pedro Amaro en el río Yautepec	75
Tabla 2. 22. Calculo de caudal en la estación Las Fuentes en el río Dulce	76
Tabla 2. 23. Calculo de caudal en la estación Acamilpa en el río Dulce	77
Tabla 2. 24. Calculo de caudal en la estación Tlaltizapán-Dulce en el río Dulce.....	78
Tabla 2. 25. Cargas actuales en el río Yautepec en kg/día	79
Tabla 2. 26. Cargas de acuerdo al criterio para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable (LFD)	80
Tabla 2. 27. Cargas de acuerdo al criterio para Riego Agrícola (LFD)	81
Tabla 2. 28. Cargas de acuerdo al criterio de Protección de Vida Acuática (LFD).....	82
Tabla 2. 29. Capacidad de asimilación, caso Fuente de Abastecimiento de Agua Potable (LFD)	82
Tabla 2. 30. Capacidad de asimilación, caso Riego Agrícola (LFD)	83
Tabla 2. 31. Capacidad de asimilación, caso Protección a la Vida Acuática (LFD)	84
Tabla 2. 32. Cargas actuales en el río Dulce	93
Tabla 2. 33. Cargas de acuerdo al criterio para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable (LFD)	94
Tabla 2. 34. Cargas de acuerdo al criterio para Riego Agrícola (RA).....	95
Tabla 2. 35. Cargas de acuerdo al criterio para Protección de Vida Acuática (PVA).....	95
Tabla 2. 36. Capacidad de asimilación, caso Fuente de Abastecimiento (LFD).....	96
Tabla 2. 37. Capacidad de asimilación, caso Riego Agrícola (LFD)	97
Tabla 2. 38. Capacidad de asimilación, caso para Protección a la Vida Acuática (LFD)...	97
Tabla 2. 39. Cargas actuales en el río Cuautla	98
Tabla 2. 40. Cargas de acuerdo al criterio para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable (LFD)	99
Tabla 2. 41. Cargas de acuerdo al criterio para Riego Agrícola (LFD).....	100
Tabla 2. 42. Cargas de acuerdo al criterio para Protección de Vida Acuática (LFD)	101
Tabla 2. 43. Capacidad de asimilación para uso Fuente de Abastecimiento (LFD).....	101
Tabla 2. 44. Capacidad de asimilación para uso Riego Agrícola (LFD)	102
Tabla 2. 45. Capacidad de asimilación para uso de Protección a la Vida Acuática (LFD)	103
Tabla 2. 46. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas.....	114
Tabla 2. 47. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce	134

Tabla 2. 48. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla.....	151
Tabla 2. 49. Aforos en las estaciones del río Yautepec.	169
Tabla 2. 50. Aforos en las estaciones del río Dulce.....	170
Tabla 2. 51. Aforos en las estaciones del río Cuautla	170
Tabla 2. 52. Calculo de caudal en la estación Piedra Blanca en el río Cuautla.....	172
Tabla 2. 53. Calculo de caudal en la estación Unidad Deportiva en el río Cuautla	173
Tabla 2. 54. Calculo de caudal en la estación López Portillo en el río Cuautla	173
Tabla 2. 55. Calculo de caudal en la estación Rafael Zaragoza en el río Cuautla	174
Tabla 2. 56. Calculo de caudal en la estación Ixtoluca en el río Cuautla	176
Tabla 2. 57. Calculo de caudal en la estación Nexpa en el río Cuautla.....	177
Tabla 2. 58. Calculo de caudal en la estación Cocoyoc en el río Yautepec.....	178
Tabla 2. 59. Calculo de caudal en la estación Yautepec Centro en el río Yautepec.....	179
Tabla 2. 60. Calculo de caudal en la estación IPN en el río Yautepec	180
Tabla 2. 61. Calculo de caudal en la estación Tlaltizapán-Yautepec en el río Yautepec..	180
Tabla 2. 62. Calculo de caudal en la estación Después de Confluencia con Dulce en el río Yautepec.....	181
Tabla 2. 63. Calculo de caudal en la estación Pedro Amaro en el río Yautepec	182
Tabla 2. 64. Calculo de caudal en la estación Las Fuentes en el río Dulce	184
Tabla 2. 65. Calculo de caudal en la estación Tezoyuca en el río Dulce	184
Tabla 2. 66. Calculo de caudal en la estación Acamilpa en el río Dulce	185
Tabla 2. 67. Calculo de caudal en la estación Tlaltizapán-Dulce en el río Dulce.....	186
Tabla 2. 68. Cargas actuales en el río Yautepec	187
Tabla 2. 69. Cargas máximas permisibles en el río Yautepec para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable en la LFD.....	188
Tabla 2. 70. Cargas máximas permisibles en el río Yautepec para Riego Agrícola (LFD)	189
Tabla 2. 71. Cargas máximas permisibles en el río Yautepec para Protección de Vida Acuática (LFD).....	190
Tabla 2. 72. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Yautepec para el uso de Fuente de Abastecimiento de Agua Potable en la LFD.....	190
Tabla 2. 73. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Yautepec para el uso de Riego Agrícola en la LFD	191
Tabla 2. 74. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Yautepec para el uso de Protección a la Vida Acuática en la LFD.....	192
Tabla 2. 75. Cargas actuales en el río Dulce	202
Tabla 2. 76. Cargas máximas permisibles en el río Dulce para Fuente de Abastecimiento de Agua Potables en la Ley Federal de Derechos.....	202
Tabla 2. 77. Cargas máximas permisibles en el río Dulce para Riego Agrícola (LFD)	203
Tabla 2. 78. Cargas máximas permisibles en el río Dulce para Protección de Vida Acuática en la Ley Federal de Derechos.....	204

Tabla 2. 79. Capacidad de asimilación en río Dulce Fuente de Abastecimiento de Agua Potable (LFD)	204
Tabla 2. 80. Capacidad de asimilación en río Dulce para Riego Agrícola (LFD).....	205
Tabla 2. 81. Capacidad de asimilación en río Dulce para Protección de Vida Acuática (LFD)	205
Tabla 2. 82. Cargas actuales en el río Cuautla	215
Tabla 2. 83. Cargas máximas permisibles en el río Cuautla para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable en la LFD	216
Tabla 2. 84. Cargas máximas permisibles en el río Cuautla para Riego Agrícola en la LFD	217
Tabla 2. 85. Cargas máximas permisibles en el río Cuautla para Protección de Vida Acuática en la LFD.....	217
Tabla 2. 86. Capacidad de asimilación en río Dulce para Fuente de Abastecimiento (LFD)	218
Tabla 2. 87. Capacidad de asimilación en río Cuautla para uso Riego Agrícola (LFD)	219
Tabla 2. 88. Capacidad de asimilación en río Cuautla para Protección a la Vida Acuática (LFD)	219
Tabla 2. 89. Rangos de clasificación.....	230
Tabla 2. 90. Resultado de índice de calidad para el río Cuautla	231
Tabla 2. 91. Resultado de índice de calidad para el río Yautepec.....	231
Tabla 2. 92. Resultado de índice de calidad para el río Dulce	231
Tabla 2. 93. Descripción de zonas en el río Dulce.....	237
Tabla 2. 94. Descripción de zonas en el río Yautepec	237
Tabla 2. 95. Descripción de zonas en el río Cuautla	238
Tabla 2. 96. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección de estudio Nexpa.....	245
Tabla 2. 97. Datos de la configuración del perfil, sección Nexpa	245
Tabla 2. 98. Descripción morfológica de la estación Nexpa	245
Tabla 2. 99. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección de estudio Cuautla.....	247
Tabla 2. 100. Datos de la configuración del perfil, sección Cuautla.....	247
Tabla 2. 101. Descripción morfológica de la estación Cuautla.....	248
Tabla 2. 102. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección de estudio Moyotepec	250
Tabla 2. 103. Datos de la configuración del perfil, sección Moyotepec	250
Tabla 2. 104. Descripción morfológica de la estación Moyotepec	250
Tabla 2. 105. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección de estudio San Rafael Zaragoza.....	252
Tabla 2. 106. Datos de la configuración del perfil, sección San Rafael Zaragoza.....	253
Tabla 2. 107. Descripción morfológica de la estación San Rafael Zaragoza	253
Tabla 2. 108. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección Yautepec, Barranca Honda.....	255
Tabla 2. 109. Datos de la configuración del perfil, sección Yautepec, Barranca Honda...	255
Tabla 2. 110. Descripción morfológica de la estación Barranca Honda	255

Tabla 2. 111. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección Tezoyuca, Río Dulce	257
Tabla 2. 112. Datos de la configuración del perfil, sección Tezoyuca, Río Dulce	257
Tabla 2. 113. Descripción morfológica de la estación Tezoyuca	258
Tabla 2. 114. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección Acamilpa, Río Dulce	260
Tabla 2. 115. Datos de la configuración del perfil, sección Acamilpa, Río Dulce	260
Tabla 2. 116. Descripción morfológica de la estación Acamilpa	260
Tabla 2. 117. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección Yautepec, Centro	262
Tabla 2. 118. Datos de la configuración del perfil, sección Yautepec, Centro	263
Tabla 2. 119. Descripción morfológica de la estación Yautepec Centro	263
Tabla 2. 120. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección Tlaltizapan, Centro	265
Tabla 2. 121. Datos de la configuración del perfil, sección Tlaltizapan, Centro	265
Tabla 2. 122. Descripción morfológica de la estación Yautepec Centro	265
Tabla 2. 123. Resumen de levantamientos topográficos	268
Tabla 2. 124. Resumen de la clasificación de sitios en el río Cuautla de acuerdo a Rosgen	268
Tabla 2. 125. Resumen de la clasificación de sitios en el río Yautepec de acuerdo a Rosgen	269
Tabla 2. 126. Resumen de la clasificación de sitios en el río Dulce de acuerdo a Rosgen	270

INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. Localización de las estaciones de muestreo	3
Figura 2. 2. Temperatura en el río Yautepec y en las descargas	10
Figura 2. 3. Conductividad Eléctrica en el río Yautepec y en las descargas	10
Figura 2. 4. Oxígeno Disuelto en el río Yautepec y en las descargas	11
Figura 2. 5. pH en el río Yautepec y en las descargas	11
Figura 2. 6. Salinidad en el río Yautepec y en las descargas	12
Figura 2. 7. Carbono Orgánico Total (COT) en el río Yautepec y en las descargas	12
Figura 2. 8. Alcalinidad Total en el río Yautepec y en las descargas	13
Figura 2. 9. Dureza Total en el río Yautepec y en las descargas	13
Figura 2. 10. Color Verdadero en el río Yautepec y en las descargas	14
Figura 2. 11. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA	14
Figura 2. 12. Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA	15
Figura 2. 13. DQO Soluble en el río Yautepec y en las descargas	15
Figura 2. 14. Sólidos Disueltos Totales (SDT) en el río Yautepec y en las descargas	16
Figura 2. 15. Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA	16
Figura 2. 16. Sólidos Totales (ST) en el río Yautepec y en las descargas	17
Figura 2. 17. Nitrógeno Amoniacal (NH ₃) en el río Yautepec y en las descargas	17

Figura 2. 18. Nitratos (NO_3) en el río Yautepec y en las descargas.....	18
Figura 2. 19. Nitritos (NO_2) en el río Yautepec y en las descargas.....	18
Figura 2. 20. Nitrógeno Total (NT) en el río Yautepec y en las descargas.....	19
Figura 2. 21. Ortofosfatos (P-Orto) en el río Yautepec y en las descargas.....	19
Figura 2. 22. Fósforo Hidrolizable en el río Yautepec y en las descargas.....	20
Figura 2. 23. Fósforo Orgánico en el río Yautepec y en las descargas.....	20
Figura 2. 24. Fósforo Total (PT) en el río Yautepec y en las descargas.....	21
Figura 2. 25. Coliformes Fecales en el río Yautepec y en las descargas.....	21
Figura 2. 26. Cloruros en el río Yautepec y en las descargas.....	22
Figura 2. 27. Sulfatos en el río Yautepec y en las descargas.....	22
Figura 2. 28. Sulfuros en el río Yautepec y en las descargas.....	23
Figura 2. 29. Arsénico en el río Yautepec y en las descargas.....	23
Figura 2. 30. Temperatura en el río Dulce.....	26
Figura 2. 31. Conductividad Eléctrica en el río Dulce.....	26
Figura 2. 32. Oxígeno Disuelto en el río Dulce.....	27
Figura 2. 33. pH en el río Dulce.....	27
Figura 2. 34. Salinidad en el río Dulce.....	28
Figura 2. 35. Carbono Orgánico Total (COT) en el río Dulce.....	28
Figura 2. 36. Alcalinidad Total en el río Dulce.....	29
Figura 2. 37. Dureza Total en el río Dulce.....	29
Figura 2. 38. Color Verdadero en el río Dulce.....	30
Figura 2. 39. DBO en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA.....	30
Figura 2. 40. DBO soluble en el río Dulce.....	31
Figura 2. 41. DQO en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA.....	31
Figura 2. 42. DQO soluble en el río Dulce.....	32
Figura 2. 43. Sólidos Disueltos Totales (SDT) en el río Dulce.....	32
Figura 2. 44. Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA.....	33
Figura 2. 45. Sólidos Totales (ST) en el río Dulce.....	33
Figura 2. 46. Nitrógeno Amoniacal (NH_3) en el río Dulce.....	34
Figura 2. 47. Nitratos (NO_3) en el río Dulce.....	34
Figura 2. 48. Nitritos (NO_2) en el río Dulce.....	35
Figura 2. 49. Nitrógeno Orgánico en el río Dulce.....	35
Figura 2. 50. Nitrógeno Total en el río Dulce.....	36
Figura 2. 51. Ortofosfatos en el río Dulce.....	36
Figura 2. 52. Fósforo Hidrolizable en el río Dulce.....	37
Figura 2. 53. Fósforo Orgánico en el río Dulce.....	37
Figura 2. 54. Fósforo Total en el río Dulce.....	38
Figura 2. 55. Fosfatos en el río Dulce.....	38
Figura 2. 56. Grasas y Aceites en el río Dulce.....	39

Figura 2. 57. Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM) en el río Dulce.....	39
Figura 2. 58. Cloruros en el río Dulce	40
Figura 2. 59. Sulfatos en el río Dulce.....	40
Figura 2. 60. Sulfuros en el río Dulce.....	41
Figura 2. 61. Coliformes Fecales en el río Dulce	41
Figura 2. 62. Arsénico en el río Dulce.....	42
Figura 2. 63. Temperatura en el río Cuautla.....	46
Figura 2. 64. Conductividad Eléctrica en el río Cuautla	46
Figura 2. 65. Oxígeno Disuelto en el río Cuautla	47
Figura 2. 66. pH en el río Cuautla.....	47
Figura 2. 67. Potencial de Oxido Reducción en el río Cuautla	48
Figura 2. 68. Carbono Orgánico total en el río Cuautla.....	48
Figura 2. 69. Alcalinidad Total en el río Cuautla	49
Figura 2. 70. Dureza en el río Cuautla	49
Figura 2. 71. Color Verdadero en el río Cuautla	50
Figura 2. 72. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA.....	50
Figura 2. 73. Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble en el río Cuautla	51
Figura 2. 74. Demanda Química de Oxígeno en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA	51
Figura 2. 75. Demanda Química de Oxígeno soluble en el río Cuautla.....	52
Figura 2. 76. Sólidos Disueltos Totales (SDT) en el río Cuautla	52
Figura 2. 77. Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA.....	53
Figura 2. 78. Sólidos Totales (ST) en el río Cuautla.....	53
Figura 2. 79. Nitrógeno Amoniacal (NH ₃) en el río Cuautla	54
Figura 2. 80. Nitratos (NO ₂) en el río Cuautla.....	54
Figura 2. 81. Nitritos (NO ₃) en el río Cuautla.....	55
Figura 2. 82. Nitrógeno Orgánico en el río Cuautla	55
Figura 2. 83. Nitrógeno Total en el río Cuautla	56
Figura 2. 84. Ortofosfatos en el río Cuautla.....	56
Figura 2. 85. Fósforo Hidrolizable en el río Cuautla	57
Figura 2. 86. Fósforo Orgánico en el río Cuautla.....	57
Figura 2. 87. Fósforo Total en el río Cuautla.....	58
Figura 2. 88. Fosfatos en el río Cuautla.....	58
Figura 2. 89. Grasas y Aceites en el río Cuautla	59
Figura 2. 90. Cloruros en el río Cuautla.....	59
Figura 2. 91. Sulfatos en el río Cuautla.....	60
Figura 2. 92. Coliformes Fecales en el río Cuautla.....	60
Figura 2. 93. Caudales en las cuencas de los ríos Yautepec y Cuautla.....	62
Figura 2. 94. Sección transversal en la estación Unidad Deportiva en el río Cuautla.....	63
Figura 2. 95. Sección transversal en la estación López Portillo en el río Cuautla	64

Figura 2. 96. Sección transversal en la estación San Rafael Zaragoza en el río Cuautla .	66
Figura 2. 97. Sección transversal en la estación Ixtoluca en el río Cuautla	67
Figura 2. 98. Sección transversal en la estación Nexpa en el río Cuautla	68
Figura 2. 99. Sección transversal en la estación Tepoztlán en el río Yautepec.....	69
Figura 2. 100. Sección transversal en la estación Cocoyoc en el río Yautepec	70
Figura 2. 101. Sección transversal en la estación Yautepec Centro en el río Yautepec....	71
Figura 2. 102. Sección transversal en la estación Barranca Apaquentzalco en el río Yautepec.....	72
Figura 2. 103. Sección transversal en la estación Centro IPN en el río Yautepec	73
Figura 2. 104. Sección transversal en la estación Tlaltizapán en el río Yautepec.....	74
Figura 2. 105. Sección transversal en la estación Después de confluencia con Dulce en el río Yautepec	75
Figura 2. 106. Sección transversal en la estación Pedro Amaro en el río Yautepec.....	76
Figura 2. 107. Sección transversal en la estación Las Fuentes en el río Dulce.....	77
Figura 2. 108. Sección transversal en la estación Acamilpa en el río Dulce.....	78
Figura 2. 109. Sección transversal en la estación Tlaltizapán-Dulce en el río Dulce	79
Figura 2. 110. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno y límites de clasificación de CONAGUA.....	85
Figura 2. 111. Carga de Demanda Química de Oxígeno y límites de clasificación de CONAGUA.....	85
Figura 2. 112. Carga de Sólidos Disueltos Totales en el río Yautepec.....	86
Figura 2. 113. Carga de Sólidos Suspendidos Totales en el río Yautepec	86
Figura 2. 114. Carga de Sólidos Suspendidos Totales con límites de clasificación de CONAGUA.....	87
Figura 2. 115. Carga de Sólidos Totales en el río Yautepec	87
Figura 2. 116. Carga de Nitrógeno Amoniacal en el río Yautepec.....	88
Figura 2. 117. Carga de Nitritos en el río Yautepec.....	88
Figura 2. 118. Carga de Nitratos en el río Yautepec	89
Figura 2. 119. Carga de Nitrógeno Total en el río Yautepec	89
Figura 2. 120. Carga de Fósforo Total en el río Yautepec.....	90
Figura 2. 121. Carga de Sulfatos en el río Yautepec.....	90
Figura 2. 122. Carga de Sulfuros en el río Yautepec	91
Figura 2. 123. Carga de Cloruros en el río Yautepec	91
Figura 2. 124. Carga de Coliformes Fecales en el río Yautepec.....	92
Figura 2. 125. Carga de Arsénico en el río Yautepec.....	92
Figura 2. 126. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA.....	104
Figura 2. 127. Carga de Demanda Química de Oxígeno en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA.....	105
Figura 2. 128. Carga de Sólidos Disueltos Totales en el río Cuautla.....	105
Figura 2. 129. Carga de Sólidos Sususpendidos Totales en el río Cuautla	106

Figura 2. 130. Carga Sólidos Suspendidos Totales en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA.....	106
Figura 2. 131. Carga de Sólidos Totales en el río Cuautla	107
Figura 2. 132. Carga de Nitrógeno Amoniacal en el río Cuautla	107
Figura 2. 133. Carga de Nitritos en el río Cuautla.....	108
Figura 2. 134. Carga de Nitratos en el río Cuautla	108
Figura 2. 135. Carga de Fósforo Total en el río Cuautla	109
Figura 2. 136. Carga de Sulfatos en el río Cuautla.....	109
Figura 2. 137. Carga de Sulfuros en el río Cuautla	110
Figura 2. 138. Carga de Cloruros en el río Cuautla	110
Figura 2. 139. Carga de Coliformes Fecales en el río Cuautla.....	111
Figura 2. 140. Carga de Arsénico en el río Cuautla.....	111
Figura 2. 141. Temperatura en el río Yautepec y en las descargas.....	118
Figura 2. 142. Conductividad Eléctrica en el río Yautepec y en las descargas	118
Figura 2. 143. Oxígeno Disuelto en el río Yautepec y en las descargas	119
Figura 2. 144. pH en el río Yautepec y en las descargas	119
Figura 2. 145. Carbono Orgánico Total (COT) en el río Yautepec y en las descargas	120
Figura 2. 146. Alcalinidad Total en el río Yautepec y en las descargas	120
Figura 2. 147. Dureza Total en el río Yautepec y en las descargas.....	121
Figura 2. 148. Color Verdadero en el río Yautepec y en las descargas	121
Figura 2. 149. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA	122
Figura 2. 150. Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA	122
Figura 2. 151. Demanda Química de Oxígeno en el río Yautepec y en las descargas.....	123
Figura 2. 152. Sólidos Disueltos Totales (SDT) en el río Yautepec y en las descargas ...	123
Figura 2. 153. Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA	124
Figura 2. 154. Sólidos Totales (ST) en el río Yautepec y en las descargas.....	124
Figura 2. 155. Nitrógeno Amoniacal (NH ₃) en el río Yautepec y en las descargas	125
Figura 2. 156. Nitratos (NO ₃) en el río Yautepec y en las descargas.....	125
Figura 2. 157. Nitritos (NO ₂) en el río Yautepec y en las descargas.....	126
Figura 2. 158. Nitrógeno Total (NT) en el río Yautepec y en las descargas.....	126
Figura 2. 159. Ortofosfatos (P-Orto) en el río Yautepec y en las descargas.....	127
Figura 2. 160. Fósforo Hidrolizable en el río Yautepec y en las descargas	127
Figura 2. 161. Fósforo Orgánico en el río Yautepec y en las descargas.....	128
Figura 2. 162. Fósforo Total (PT) en el río Yautepec y en las descargas	128
Figura 2. 163. Coliformes Fecales en el río Yautepec y en las descargas.....	129
Figura 2. 164. Fosfatos en el río Yautepec y en las descargas.....	129
Figura 2. 165. Cloruros en el río Yautepec y en las descargas.....	130
Figura 2. 166. Sulfatos en el río Yautepec y en las descargas.....	130
Figura 2. 167. Sulfuros en el río Yautepec y en las descargas	131

Figura 2. 168. Sustancias Activas al Azul de Metileno en el río Yautepec y en las descargas	131
Figura 2. 169. Grasas y Aceites en el río Yautepec y en las descargas.....	132
Figura 2. 170. Arsénico en el río Yautepec y en las descargas.....	132
Figura 2. 171. Plomo en el río Yautepec y en las descargas.....	133
Figura 2. 172. Temperatura en el río Dulce.....	136
Figura 2. 173. Conductividad Eléctrica en el río Dulce.....	136
Figura 2. 174. Oxígeno Disuelto en el río Dulce	137
Figura 2. 175. pH en el río Dulce.....	137
Figura 2. 176. Carbono Orgánico Total (COT) en el río Dulce	138
Figura 2. 177. Alcalinidad Total en el río Dulce.....	138
Figura 2. 178. Dureza Total en el río Dulce.....	139
Figura 2. 179. Color Verdadero en el río Dulce.....	139
Figura 2. 180. Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA.....	140
Figura 2. 181. Demanda Bioquímica de Oxígeno soluble en el río Dulce	140
Figura 2. 182. Demanda Química de Oxígeno en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA	141
Figura 2. 183. Sólidos Disueltos Totales (SDT) en el río Dulce.....	141
Figura 2. 184. Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA.....	142
Figura 2. 185. Sólidos Totales (ST) en el río Dulce.....	142
Figura 2. 186. Nitrógeno Amoniacal (NH ₃) en el río Dulce.....	143
Figura 2. 187. Nitratos (NO ₃) en el río Dulce.....	143
Figura 2. 188. Nitritos (NO ₂) en el río Dulce	144
Figura 2. 189. Nitrógeno Orgánico en el río Dulce.....	144
Figura 2. 190. Nitrógeno Total en el río Dulce.....	145
Figura 2. 191. Ortofosfatos en el río Dulce.....	145
Figura 2. 192. Fósforo Hidrolizable en el río Dulce.....	146
Figura 2. 193. Fósforo Total en el río Dulce	146
Figura 2. 194. Fosfatos en el río Dulce.....	147
Figura 2. 195. Cloruros en el río Dulce	147
Figura 2. 196. Sulfatos en el río Dulce.....	148
Figura 2. 197. Coliformes Fecales en el río Dulce.....	148
Figura 2. 198. Arsénico en el río Dulce.....	149
Figura 2. 199. Plomo en el río Dulce.....	149
Figura 2. 200. Zinc en el río Dulce	150
Figura 2. 201. Temperatura en el río Cuautla	154
Figura 2. 202. Conductividad Eléctrica en el río Cuautla	154
Figura 2. 203. Oxígeno Disuelto en el río Cuautla.....	155
Figura 2. 204. pH en el río Cuautla	155
Figura 2. 205. Carbono Orgánico total en el río Cuautla.....	156

Figura 2. 206. Alcalinidad Total en el río Cuautla	156
Figura 2. 207. Dureza en el río Cuautla	157
Figura 2. 208. Color Verdadero en el río Cuautla	157
Figura 2. 209. Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA.....	158
Figura 2. 210. Demanda Bioquímica de Oxígeno soluble en el río Cuautla.....	158
Figura 2. 211. Demanda Química de Oxígeno en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA	159
Figura 2. 212. Sólidos Disueltos Totales (SDT) en el río Cuautla	159
Figura 2. 213. Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA.....	160
Figura 2. 214. Sólidos Totales (ST) en el río Cuautla.....	160
Figura 2. 215. Nitrógeno Amoniacal (NH_3) en el río Cuautla	161
Figura 2. 216. Nitratos (NO_2) en el río Cuautla	161
Figura 2. 217. Nitritos (NO_3) en el río Cuautla.....	162
Figura 2. 218. Nitrógeno Orgánico en el río Cuautla	162
Figura 2. 219. Nitrógeno Total en el río Cuautla	163
Figura 2. 220. Ortofosfatos en el río Cuautla	163
Figura 2. 221. Fósforo Hidrolizable en el río Cuautla	164
Figura 2. 222. Fósforo Orgánico en el río Cuautla.....	164
Figura 2. 223. Fósforo Total en el río Cuautla.....	165
Figura 2. 224. Fosfatos en el río Cuautla.....	165
Figura 2. 225. Grasas y Aceites en el río Cuautla	166
Figura 2. 226. Cloruros en el río Cuautla.....	166
Figura 2. 227. Sulfatos en el río Cuautla	167
Figura 2. 228. Sustancias Activas al Azul de Metileno en el río Cuautla.....	167
Figura 2. 229. Arsénico en el río Cuautla	168
Figura 2. 230. Plomo en el río Cuautla	168
Figura 2. 231. Coliformes fecales en el río Cuautla.....	169
Figura 2. 232. Caudales en las cuencas de los ríos Yautepec y Cuautla.....	171
Figura 2. 233. Sección transversal en la estación Piedra Blanca en el río Cuautla	172
Figura 2. 234. Sección transversal en la estación Unidad Deportiva en el río Cuautla.....	173
Figura 2. 235. Sección transversal en la estación López Portillo en el río Cuautla	174
Figura 2. 236. Sección transversal en la estación Rafael Zaragoza en el río Cuautla	175
Figura 2. 237. Sección transversal en la estación Ixtoluca en el río Cuautla	176
Figura 2. 238. Sección transversal en la estación Nexpa en el río Cuautla	177
Figura 2. 239. Sección transversal en la estación Cocoyoc en el río Yautepec	178
Figura 2. 240. Sección transversal en la estación Yautepec Centro en el río Yautepec...179	
Figura 2. 241. Sección transversal en la estación IPN en el río Yautepec.....	180
Figura 2. 242. Sección transversal en la estación Tlaltizapán-Yautepec en el río Yautepec	181

Figura 2. 243. Sección transversal en la estación Después de Confluencia con Dulce en el río Yautepec	182
Figura 2. 244. Sección transversal en la estación Pedro Amaro en el río Yautepec.....	183
Figura 2. 245. Sección transversal en la estación Las Fuentes en el río Dulce.....	184
Figura 2. 246. Sección transversal en la estación Las Fuentes en el río Dulce.....	185
Figura 2. 247. Sección transversal en la estación Acamilpa en el río Dulce.....	186
Figura 2. 248. Sección transversal en la estación Acamilpa en el río Dulce.....	187
Figura 2. 249. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Yautepec	193
Figura 2. 250. Carga de Demanda Química de Oxígeno con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Yautepec.....	193
Figura 2. 251. Carga de Sólidos Disueltos Totales en el río Yautepec.....	194
Figura 2. 252. Carga de Sólidos Suspendidos Totales en el río Yautepec	194
Figura 2. 253. Carga de Sólidos Suspendidos Totales con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Yautepec.....	195
Figura 2. 254. Carga de Sólidos Totales en el río Yautepec	195
Figura 2. 255. Carga de Nitrógeno Amoniacal en el río Yautepec.....	196
Figura 2. 256. Carga de Nitratos en el río Yautepec	196
Figura 2. 257. Carga de Nitritos en el río Yautepec.....	197
Figura 2. 258. Carga de Nitrógeno Total en el río Yautepec	197
Figura 2. 259. Carga de Fósforo Total en el río Yautepec.....	198
Figura 2. 260. Carga de Sulfatos en el río Yautepec.....	198
Figura 2. 261. Carga de Sulfuros en el río Yautepec	199
Figura 2. 262. Carga de Cloruros en el río Yautepec	199
Figura 2. 263. Carga de Coliformes Fecales en el río Yautepec.....	200
Figura 2. 264. Carga de Arsénico en el río Yautepec.....	200
Figura 2. 265. Carga de Plomo en el río Yautepec.....	201
Figura 2. 266. Carga de Zinc en el río Yautepec	201
Figura 2. 267. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Dulce.....	207
Figura 2. 268. Carga de Demanda Química de Oxígeno en el río Dulce	207
Figura 2. 269. Carga de Sólidos Disueltos Totales en el río Dulce	207
Figura 2. 270. Carga de Sólidos Suspendidos Totales en el río Dulce.....	208
Figura 2. 271. Carga Sólidos Suspendidos Totales con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Dulce	208
Figura 2. 272. Carga de Sólidos Totales en el río Dulce.....	209
Figura 2. 273. Carga Nitrógeno Amoniacal en el río Dulce.....	209
Figura 2. 274. Carga de Nitratos en el río Dulce.....	210
Figura 2. 275. Carga de Nitritos en el río Dulce	210
Figura 2. 276. Carga Nitrógeno Total en el río Dulce	211
Figura 2. 277. Carga Fósforo Total en el río Dulce.....	211
Figura 2. 278. Carga Sulfatos en el río Dulce	212
Figura 2. 279. Carga de Sulfuros en el río Dulce.....	212

Figura 2. 280. Carga de Cloruro en el río Dulce	213
Figura 2. 281. Carga de Coliformes Fecales en el río Dulce	213
Figura 2. 282. Carga de Arsénico en el río Dulce	214
Figura 2. 283. Carga de Plomo en el río Dulce	214
Figura 2. 284. Carga de Zinc en el río Dulce.....	215
Figura 2. 285. Carga Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA.....	220
Figura 2. 286. Carga de Sólidos Disueltos Totales en el río Cuautla.....	221
Figura 2. 287. Carga de Sólidos Suspendidos Totales en el río Cuautla	221
Figura 2. 288. Carga Sólidos Suspendidos Totales en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA.....	222
Figura 2. 289. Carga de Sólidos Totales en el río Cuautla	222
Figura 2. 290. Carga Nitrógeno Amoniacal en el río Cuautla	223
Figura 2. 291. Carga de Nitratos en el río Cuautla	223
Figura 2. 292. Carga de Nitritos en el río Cuautla.....	224
Figura 2. 293. Carga Nitrógeno Total en el río Cuautla.....	224
Figura 2. 294. Carga Fósforo Total en el río Cuautla	225
Figura 2. 295. Carga Sulfatos en el río Cuautla	225
Figura 2. 296. Carga de Sulfuros en el río Cuautla	226
Figura 2. 297. Carga de Cloruro en el río Cuautla	226
Figura 2. 298. Carga de Sustancias Activas al Azul de Metileno en el río Cuautla	227
Figura 2. 299. Carga de Grasas y Aceites en el río Cuautla.....	227
Figura 2. 300. Carga de Coliformes Fecales en el río Cuautla.....	228
Figura 2. 301. Carga de Arsénico en el río Cuautla.....	228
Figura 2. 302. Carga de Plomo en el río Cuautla.....	229
Figura 2. 303. Índice de calidad del río Yautepec, Dulce y el río Cuautla	232
Figura 2. 304. Unifilar del río Cuautla.	239
Figura 2. 305. Unifilar del río Yautepec y el río Dulce.	240
Figura 2. 306. Diagrama para la clasificación de ríos (Rosgen, 1994)	244
Figura 2. 307. Localización del sitio de Nexpa.....	246
Figura 2. 308. Río Cuautla en Nexpa.....	246
Figura 2. 309. Sección del río Cuautla en Nexpa	247
Figura 2. 310. Localización de la estación Cuautla	248
Figura 2. 311. Río Cuautla en el sitio Cuautla.....	249
Figura 2. 312. Sección del río Cuautla en el sitio denominado Cuautla	249
Figura 2. 313. Localización de la estación Moyotepec.....	251
Figura 2. 314. Río Cuautla en Moyotepec	251
Figura 2. 315. Sección transversal del río Cuautla en Moyotepec.....	252
Figura 2. 316. Localización de la estación San Rafael Zaragoza.....	253
Figura 2. 317. Río Cuautla en San Rafael Zaragoza.....	254
Figura 2. 318. Sección transversal del río Cuautla en San Rafael Zaragoza.....	254
Figura 2. 319. Localización de la estación Barranca Honda.....	256

Figura 2. 320. Barranca Honda.....	256
Figura 2. 321. Sección transversal de la Barranca Honda.....	257
Figura 2. 322. Localización de la estación Tezoyuca	258
Figura 2. 323. Río Dulce en Tezoyuca.....	259
Figura 2. 324. Sección transversal del río Dulce en Tezoyuca.....	259
Figura 2. 325. Localización de la estación Acamilpa	261
Figura 2. 326. Río Dulce en Acamilpa.....	261
Figura 2. 327. Sección transversal del río Dulce en Acamilpa	262
Figura 2. 328. Localización de la estación Yautepec centro.....	263
Figura 2. 329. Río Yautepec en Yautepec centro	264
Figura 2. 330. Sección transversal del río Yautepec en Yautepec centro.....	264
Figura 2. 331. Ubicación del sitio de levantamiento topográfico de la sección Tlaltizapan Centro, Cauce del río Yautepec.....	266
Figura 2. 332. Aspecto general del sitio de levantamiento de la sección de estudio, Tlaltizapan, Centro	266
Figura 2. 333. Tlaltizapán, Centro	267

2. Estudio de Calidad del Agua

Para establecer la calidad del agua en los ríos Yautepec y Cuautla se definió efectuar dos campañas de muestreo durante 2014 y 2015 y en época de estiaje, la cual determina condiciones críticas a la que puede estar sujeta una corriente superficial, con la influencia de descargas de aguas residuales. En este caso las cuencas del río Yautepec y el río Cuautla, se caracterizan por recibir las descargas de núcleos de población importantes, el río Dulce afluente del río Yautepec, recibe las descargas de una parte de Jiutepec, Tepetzingo y Tetecalita. El río Yautepec, de localidad de Yautepec y su zona conurbada, Cocoyoc, Barranca Honda, Ticuman y Tlaltizapan principalmente. El río Cuautla recibe las descargas de Yecapixtla, Cuautla y su zona conurbada, Anenecuilco, y Cd. Ayala principalmente.

El objetivo de este estudio es efectuar una caracterización de la calidad del agua de los ríos Yautepec y Cuautla, en base a los resultados de dos campañas de muestreo, y determinar su capacidad de asimilación de contaminantes por tramos en función a la ubicación de las estaciones de muestreo. Se efectuó en base a visitas prospectivas la selección de las estaciones de monitoreo, incluyendo las 5 descargas principales en las cuencas dado su caudal e importancia, estas fueron la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Tepoztlán, la PTAR de Yautepec, la PTAR de Cuautla, la PTAR de Tlaltizapán y la PTAR de Jiutepec. La selección de los sitios en río y descargas fue consultada con personal de la Subgerencia de Calidad del Agua del Organismo de Cuenca Balsas.

Cabe mencionar que aunque se buscó efectuar los muestreos en época de estiaje, debido a condiciones atípicas en cuanto a lluvias en 2014 y 2015, las condiciones encontradas durante la campaña de monitoreo no fueron completamente de estiaje debido a la presencia de lluvias aisladas durante los trabajos de campo.

Para la selección de los parámetros se consideraron los principales parámetros que están incluidos en la normativa actual para descargas de aguas residuales, incluyendo parámetros que se listan en la Ley Federal de Derechos en cuerpos de agua, en donde se definen los límites permisibles para los principales usos, ver Tabla 2. 1. Se efectuaron análisis de parámetros especiales en algunas estaciones, las cuales se señalan más adelante, como Plaguicidas Clorados y Fosforados, barrido de Compuestos Semivolátiles y Atrazina.

Tabla 2. 1. Parámetros seleccionados para las muestras de agua

Parámetros
Alcalinidad Total
Carbón Orgánico Total
Cianuros
Cloruros
Color Verdadero
Cromo Hexavalente
Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble
Demanda Bioquímica de Oxígeno Total
Demanda Química de Oxígeno Soluble
Demanda Química de Oxígeno
Dureza Total
Fenoles Totales
Fosfato Total
Fosfato Orto
Fósforo Hidrolizable
Fósforo Orgánico
Grasas y Aceites (prueba fisicoquímica)
Materia Flotante
Nitrógeno de Nitratos
Nitrógeno de Nitritos
Nitrógeno Amoniacal
Nitrógeno Orgánico
Nitrógeno Total kjeldahl
Oxígeno Disuelto
Sólidos Disueltos Totales
Sólidos Sedimentables
Sólidos Suspendidos Totales
Sólidos Totales
Sulfatos
Sulfuros Totales
Sustancias Activas al Azul de Metileno
Metales
Plaguicidas Organoclorados / Plaguicidas Organofosforados
Coliformes Fecales
Prueba de Toxicidad con <i>Vibrio fischeri</i> (agua)

2.1. Estaciones de monitoreo

En la Figura 2. 1 se muestra la localización de las estaciones de monitoreo seleccionadas para el estudio de calidad del agua en las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepec.

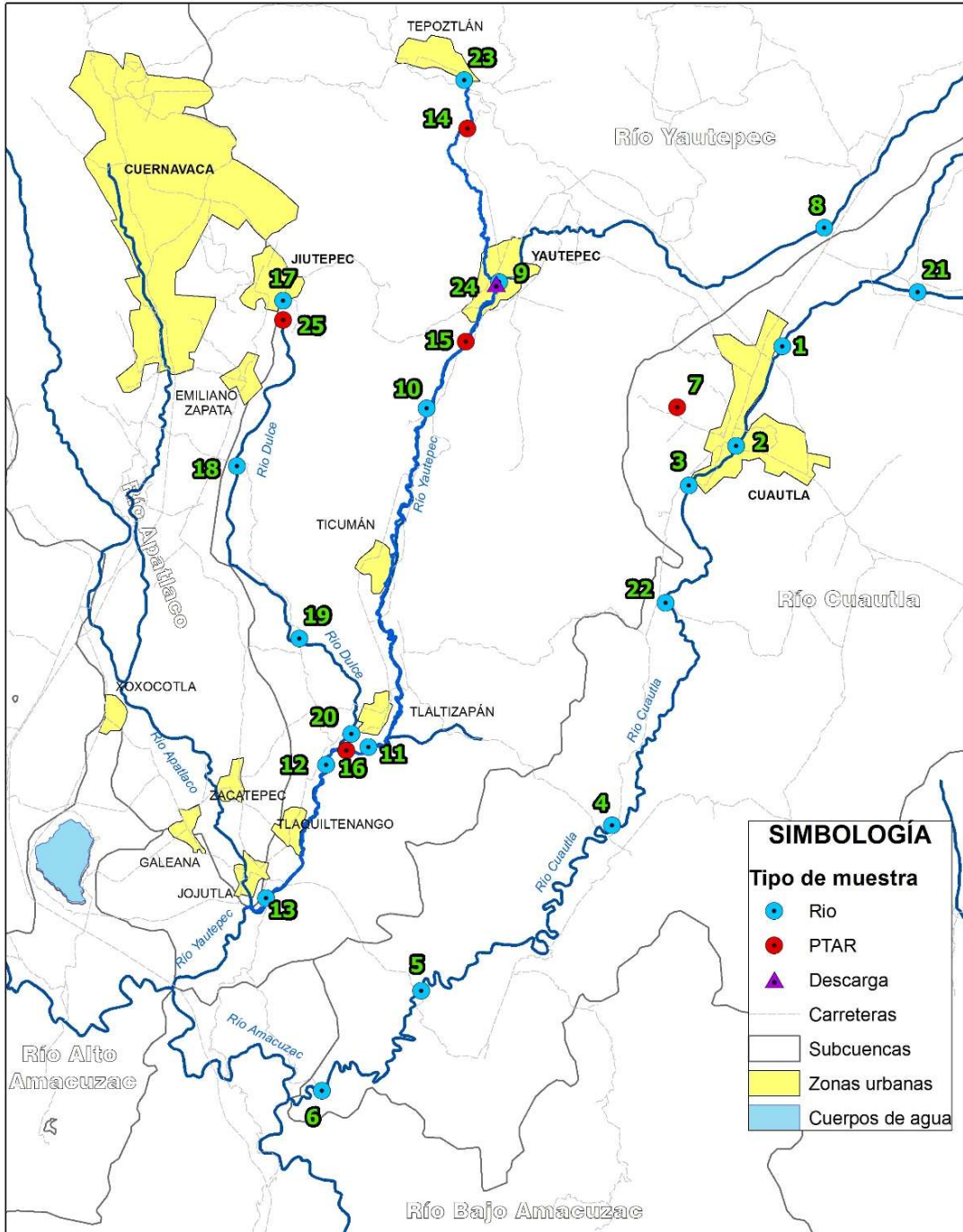


Figura 2. 1. Localización de las estaciones de muestreo

En la Tabla 2. 2 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de muestreo

Tabla 2. 2. Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo

Clave	Río	Sitio	Coordenadas	
			Longitud	Latitud
23	Yautepec	Tepoztlán	18°58'30.54"	99°4'44.79"
14	Yautepec	PTAR Tepoztlán	18°57'11.43"	99°4'38.91"
9	Yautepec	Yautepec Centro	18°53'0.561"	99°3'44.43"
24	Yautepec	Barranca Apaquentzalco	18°52'57.62"	99°3'49.95"
8	Yautepec	Cocoyoc Balneario	18°54'29.39"	98°54'26.70"
15	Yautepec	PTAR Yautepec	18°51'22.90"	99°4'41.68"
10	Yautepec	Centro IPN**	18°49'33.88"	99°5'48.93"
16	Yautepec	PTAR Tlaltizapán	18°40'14.05"	99°8'6.495"
11	Yautepec	Tlaltizapán-Yautepec	18°40'20.12"	99°7'28.13"
12	Yautepec	Después de confluencia con Dulce	18°39'50.63"	99°8'41.02"
13	Yautepec	Pedro Amaro**	18°36'12.62"	99°10'23.62"
17	Dulce	Las Fuentes	18°52'30.00"	99°9'55.53"
25	Dulce	PTAR en Jiutepec	18°51'58.41"	99°9'55.09"
18	Dulce	Tezoyuca	18°47'59.20"	99°11'13.97"
19	Dulce	Acamilpa	18°43'17.63"	99°9'26.99"
20	Dulce	Tlaltizapán-Dulce**	18°40'41.46"	99°7'57.81"
21	Cuautla	Yecapixtla	18°52'43.90"	98°51'46.22"
1	Cuautla	Piedra Blanca	18°51'15.61"	98°55'38.72"
2	Cuautla	Unidad Deportiva**	18°48'32.43"	98°56'57.49"
7	Cuautla	PTAR Cuautla	18°49'36.00"	98°58'38.95"
3	Cuautla	López Portillo**	18°47'27.64"	98°58'18.81"
22	Cuautla	Olintepepec	18°44'15.64"	98°58'59.14"
4	Cuautla	Rafael Zaragoza	18°38'12.09"	99°0'30.48"
5	Cuautla	Ixtoluca	18°33'41.16"	99°5'57.72"
6	Cuautla	Nexpa**	18°30'58.04"	99°8'47.32"

* Estaciones en plantas de tratamiento o descargas

** Estaciones con análisis especiales: Plaguicidas Clorados y Fosforados; barrido de COSV; y Atrazina.

A continuación se presentan los resultados de calidad del agua de las dos campañas de muestreo por cuerpo de agua, es decir por los ríos Yautepec y Cuautla. La primera campaña se efectuó en el mes de Septiembre de 2014, y la segunda en el mes de Abril de 2015, es decir correspondió al periodo de lluvias tardías del final del 2014 y el estiaje del 2015 antes del periodo de lluvias que oficialmente se considera empieza en el mes de Mayo.

2.2. Primera campaña de monitoreo

2.2.1. Resultados de calidad del agua para el río Yautepec

En la Tabla 2. 3 se muestra los resultados de calidad de agua de las estaciones ubicadas en el río Yautepec y en las descargas.

Tabla 2. 3. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas.

Clave	Nombre	Sitio	Temp.	Cond.	OD	pH	Sal.	ORP	COT	Materia Flotante	Alcalinidad Total	Dureza Total	Color verdadero		CE ₅₀	UT
			°C	µS/cm	mg/L		PSS	mv	mg/L		mg/L CaCO ₂	mg/L CaCO ₃	Upt-Co	pH	%	
8	Cocoyoc Balneario	Río	19.60	403	7.35	7.52	0.12	242.5	7.84	Ausencia	105	178	12.5	7.99	ND	ND
9	Yautepec Centro	Río	23.30	753	7.64	7.96			6.14	Ausencia	167	404	25.0	7.4	ND	ND
23	Tepoztlán	Arroyo	18.80	182	6.77	6.40	0.27	-	3.49	Ausencia	89	89.3	60.0	7.42	ND	ND
14	PTAR Tepoztlán	PTAR	23.00	1,015	0.29	7.51			70.22	Ausencia	185	232	50.0	8.08	37.2	2.7
24	Barranca Apaquentzalco	Arroyo	23.50	350	7.99	8.01			5.23	Ausencia	136	162	25.0	8.32	ND	ND
15	PTAR Yautepec	PTAR	20.00	950	1.11	7.39			21.32	Ausencia	257	244	40.0	8.26	94.7	1.1
10	Centro IPN	Río	24.80	724	7.68	8.31	0.63	-	5.02	Ausencia	181	410	20.0	8.52	ND	ND
11	Tlaltizapán	Río	25.10	1,042	6.59	7.37	0.34	-	1.67	Ausencia	327	640	<2.5	8.06	ND	ND
16	PTAR Tlaltizapán	PTAR	24.90	987	4.31	7.71			9.00	Ausencia	325	336	20.0	8.32	ND	ND
12	Después de Confluencia con Dulce	Río	22.80	887	7.47	7.76			2.28	Ausencia	296	530	2.5	8.21	ND	ND
13	Pedro Amaro	Río	24.20	1,140	7.31	8.05	0.48		2.13	Ausencia	293	528	5.0	8.18	ND	ND

Nomenclatura: Temp.=Temperatura; °C = grados centígrados; Cond.=Conductividad; µS/cm = microsiemens/centímetro; OD = Oxígeno Disuelto; mg/L = miligramo/Litro; Sal. = Salinidad; PSS = Practical Salinity Scale; ORP = Oxidation Reduction Potential; mv = millivolts; COT = Carbono Orgánico Total; CE₅₀ = Concentración Efectiva al 50%; UT = Unidades de Toxicidad; Upt-Co = Unidades de Platino-Cobalto; pH = Potential Hydrogen; ND = No Determinado

Tabla 2.3. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	DBO ₅	DBO ₅ Soluble	DQO	DQO Soluble	SDT	Sol. Sed	SST	ST	N-NH ₃	N-NO ₃	N-NO ₂	N- Org.	NT-Kj	NT
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mL/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
8	Cocoyoc Balneario	Río	3.4	1.8	19.1	15.4	350	<0.5	64	414	0.29	3.56	<0.0213	1.58	1.87	5.43
9	Yautepec Centro	Río	2.4	<0.61	43.7	23	682	<0.5	22	704	0.39	0.89	0.032	<1.30	<1.3	1.31
23	Tepoztlán	Arroyo	11	9.6	53.7	26.2	370	<0.5	770	1,140	0.33	1.15	0.048	<1.30	<1.3	1.53
14	PTAR Tepoztlán	PTAR	458	65	843	95	494	<0.5	670	1,164	17.30	<0.118	<0.0213	33.7	51	51.00
24	Barranca Apaquentzalco	Arroyo	3.2	<0.61	47.5	31	338	8	28	366	0.32	3.57	0.151	<1.30	<1.3	4.04
15	PTAR Yautepec	PTAR	25	6.5	81.8	74.8	674	<0.5	26	700	15.40	0.21	0.056	2	17.4	17.67
10	Centro IPN	Río	4.8	<0.61	7.8	7.7	656	<0.5	43	699	0.42	1.75	0.399	1.41	1.83	3.98
11	Tlaltzapán	Río	<0.61	<0.61	21.9	21.2	1,018	<0.5	24	1,042	<0.284	1.12	<0.0213	<1.30	<1.3	1.12
16	PTAR Tlaltzapán	PTAR	54	<0.61	25	6.2	707	<0.5	67	774	12.20	1.08	0.170	5.33	17.5	18.78
12	Después de Confluencia con Dulce	Río	<0.61	<0.61	28.6	27.9	814	<0.5	30	844	<0.284	1.52	0.098	<1.30	<1.3	1.62
13	Pedro Amaro	Río	1.1	<0.61	17.2	17.4	838	<0.5	37	874	0.35	1.66	0.058	<1.30	<1.3	2.07

Nomenclatura: DBO₅ = Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días; DQO = Demanda Química de Oxígeno; SDT = Sólidos Disueltos Totales; Sol. Sed. = Sólidos sedimentables; SST = Sólidos Suspendidos Totales; ST = Sólidos Totales; N-NH₃ = Nitrógeno Amoniacal; N-NO₃ = Nitratos; N-NO₂ = Nitritos; N-
Org. = Nitrógeno Orgánico; NT = Nitrógeno Total; NT-Kj = Nitrógeno Total Kjeldahl.

Tabla 2.3. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del en el río Yautepec y en las descargas (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	P-Orto	P-Hidro.	P-Org.	PT	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	SAAM	Cloruros	Fenoles	Fosfatos	Sulfatos	Sulfuros
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100mL	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
8	Cocoyoc Balneario	Río	0.23	0.19	0.14	0.33	4E+01	<8.56	<0.13	17.7	<0.0145	1.00	18.5	0.30
9	Yautepec Centro	Río	0.27	0.41	0.07	0.48	1.50E+04	<8.56	<0.13	10.9	<0.0145	1.47	238.0	0.12
23	Tepoztlán	Arroyo	0.11	0.37	0.41	0.78	1.20E+03	<8.56	<0.13	4.3	<0.0145	2.39	35.8	15.30
14	PTAR Tepoztlán	PTAR	0.66	1.07	0.05	1.12	7.50E+03	103	0.38	112.0	0.0162	3.43	50.2	5.42
24	Barranca Apaquentzalco	Arroyo	0.16	0.18	0.05	0.23	2.40E+04	<8.56	<0.13	17.2	<0.0145	0.70	35.1	0.30
15	PTAR Yautepec	PTAR	3.51	3.9	0.9	4.8	<3	13.8	0.63	75.3	<0.0145	12.50	158.0	0.67
10	Centro IPN	Río	0.24	0.31	0.07	0.38	2.10E+02	<8.56	0.13	17.7	<0.0145	1.16	185.0	0.35
11	Tlaltizapán	Río	0.1	<0.015	0.1	0.1	1.20E+02	<8.56	<0.13	13.4	<0.0145	0.31	372.0	0.32
16	PTAR Tlaltizapán	PTAR	0.24	0.64	0.22	0.86	3.00E+00	<8.56	<0.13	42.0	<0.0145	2.63	156.0	0.70
12	Después de Confluencia con Dulce	Río	0.12	0.09	0.05	0.14	9.30E+02	10.2	<0.13	12.5	<0.0145	0.43	255.0	0.64
13	Pedro Amaro	Río	0.13	0.13	0.03	0.16	4.60E+04	<8.56	<0.13	11.1	<0.0145	0.49	279.0	0.30

Nomenclatura: P-Orto = Ortofosfato; P-Hidro. = Fósforo Hidrolizable; P-Org. = Fósforo Orgánico; PT = Fósforo Total; SAAM = Sustancias Activas al Azul de Metileno

Tabla 2.3. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Níquel	Plomo	Zinc	Cianuros	Cromo VI
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
8	Cocoyoc Balneario	Río	0.0062	0.002	<0.05	0.05	0.0017	0.093	0.013	0.102	<0.02	<0.100
9	Yautepec Centro	Río	0.0034	<0.001	<0.05	<0.005	<0.001	0.067	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
23	Tepoztlán	Arroyo	<0.001	<0.001	<0.05	0.01	<0.001	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
14	PTAR Tepoztlán	PTAR	0.0041	0.002	<0.05	0.02	<0.001	<0.05	0.013	0.403	<0.02	<0.100
24	Barranca Apaquentzalco	Arroyo	0.0051	<0.001	<0.05	<0.005	<0.001	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
15	PTAR Yautepec	PTAR	0.0012	<0.001	<0.05	<0.005	<0.001	0.073	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
10	Centro IPN	Río	0.0017	<0.001	<0.05	<0.005	<0.001	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
11	Tlaltizapán	Río	0.013	<0.001	<0.05	<0.005	<0.001	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
16	PTAR Tlaltizapán	PTAR	0.0058	<0.001	<0.05	<0.005	0.0013	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
12	Después de Confluencia con Dulce	Río	0.0119	<0.001	<0.05	<0.005	<0.001	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
13	Pedro Amaro	Río	0.0118	<0.001	<0.05	<0.005	0.0021	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100

Tabla 2.3. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	Hexacloro Benceno	Lindano	Heptacloro	Aldrín	Epoxido de Heptacloro	Clordanos	Dieldrín	DDT(Total-Isómeros)	Metoxicloro
			µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
8	Cocoyoc Balneario	Río	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
9	Yautepec Centro	Río									
23	Tepoztlán	Arroyo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
14	PTAR Tepoztlán	PTAR									
24	Barranca Apaquentzalco	Arroyo									
15	PTAR Yautepec	PTAR	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
10	Centro IPN	Río									
11	Tlaltzapán	Río									
16	PTAR Tlaltzapán	PTAR									
12	Después de Confluencia con Dulce	Río									
13	Pedro Amaro	Río									

En las Figura 2. 2 a la Figura 2. 29 se ilustran gráficamente cada uno de los parámetros obtenidos en el río Yautepec.

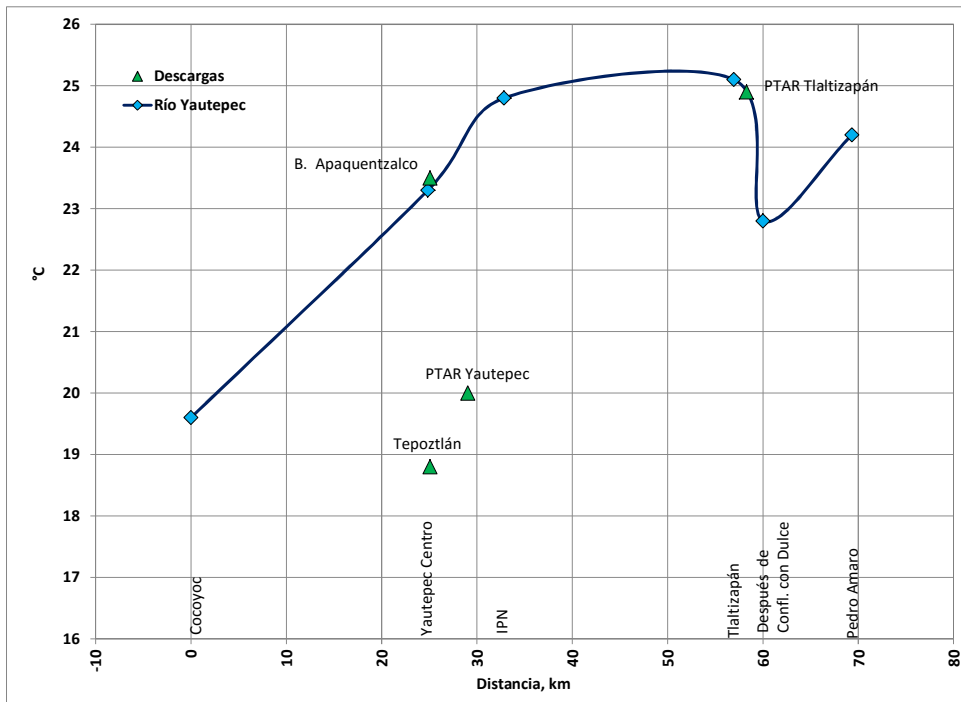


Figura 2. 2. Temperatura en el río Yautepec y en las descargas

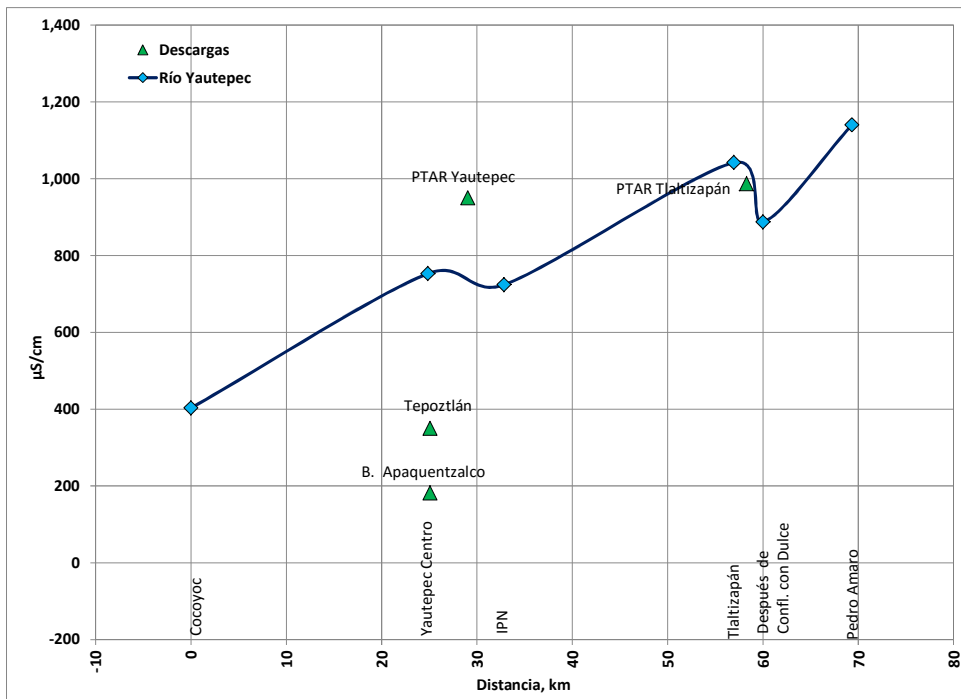


Figura 2. 3. Conductividad Eléctrica en el río Yautepec y en las descargas

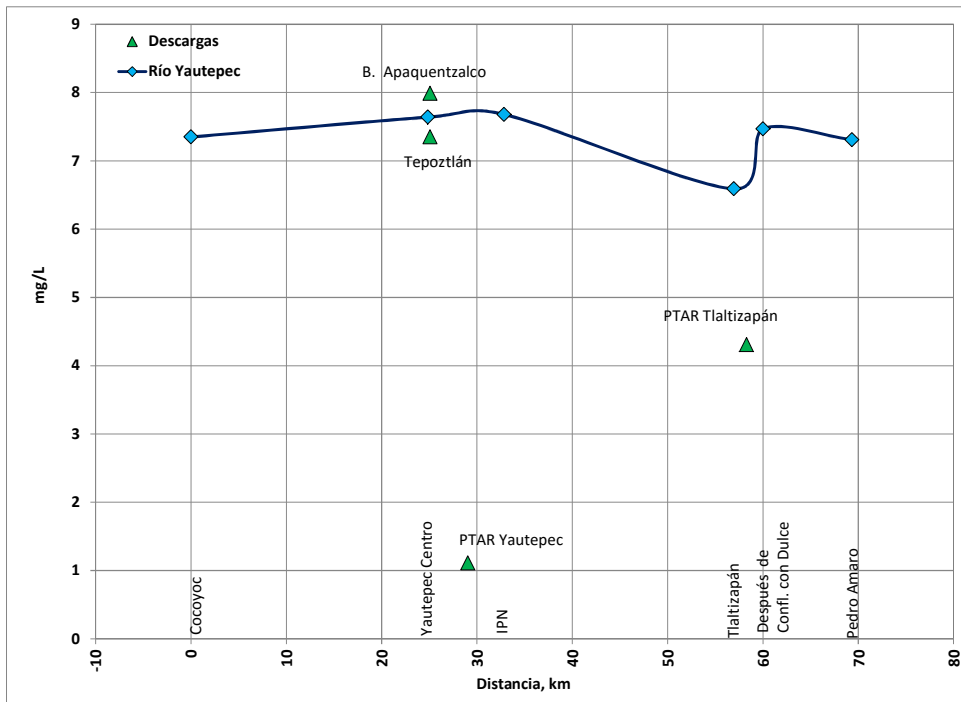


Figura 2. 4. Oxígeno Disuelto en el río Yautepec y en las descargas

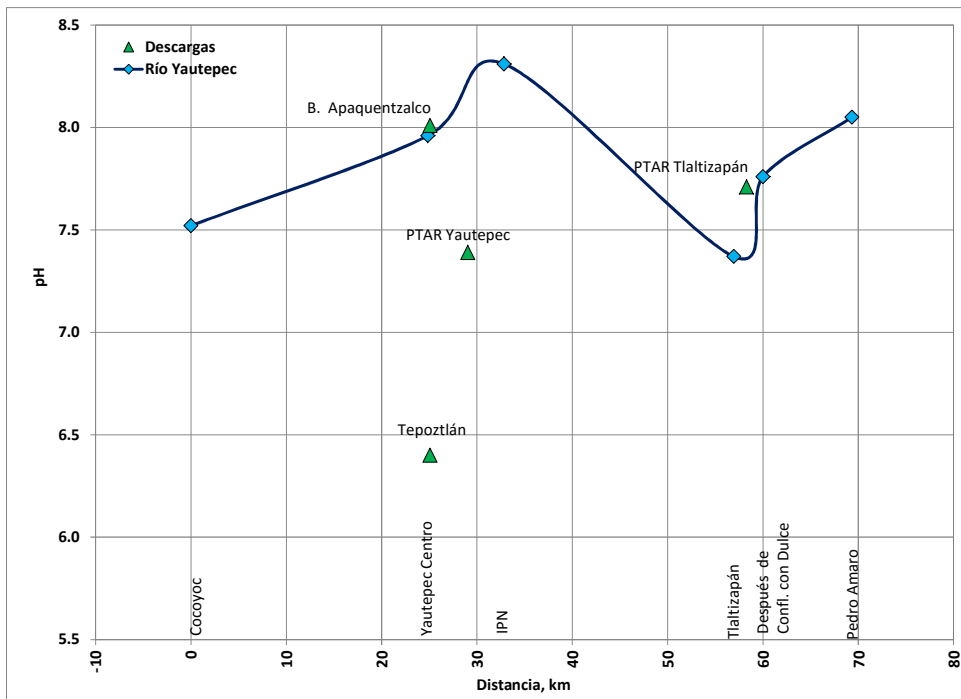


Figura 2. 5. pH en el río Yautepec y en las descargas

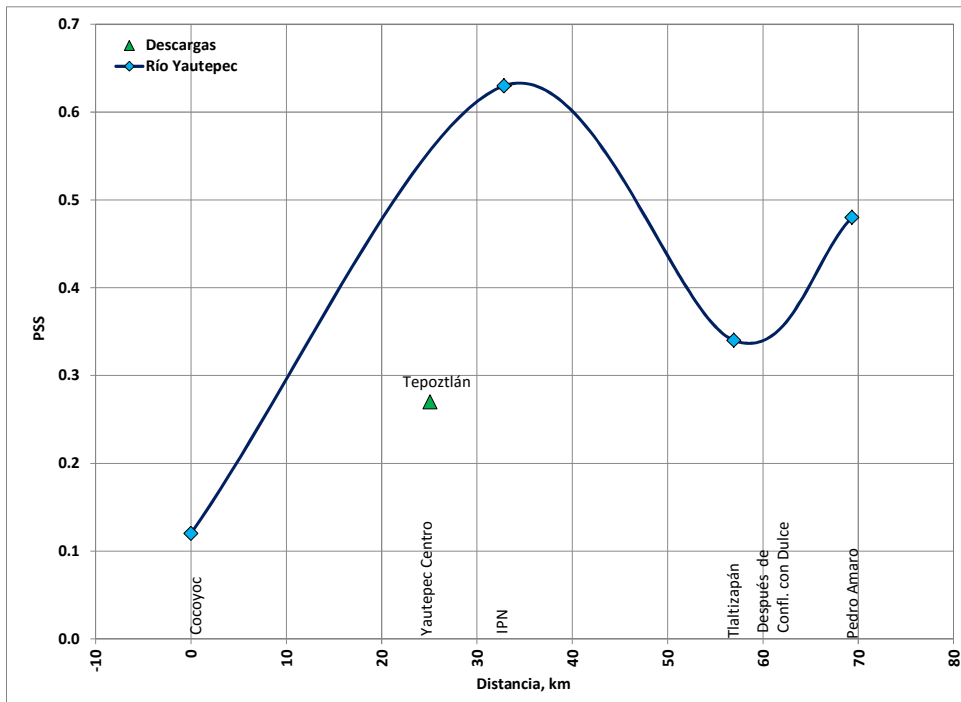


Figura 2. 6. Salinidad en el río Yautepec y en las descargas

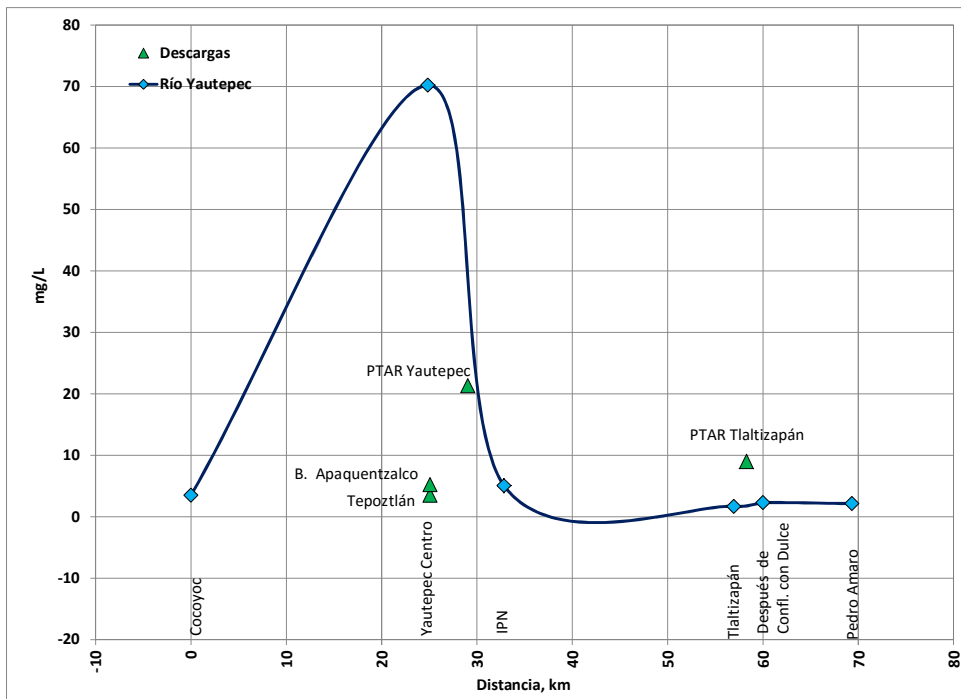


Figura 2. 7. Carbono Orgánico Total (COT) en el río Yautepec y en las descargas

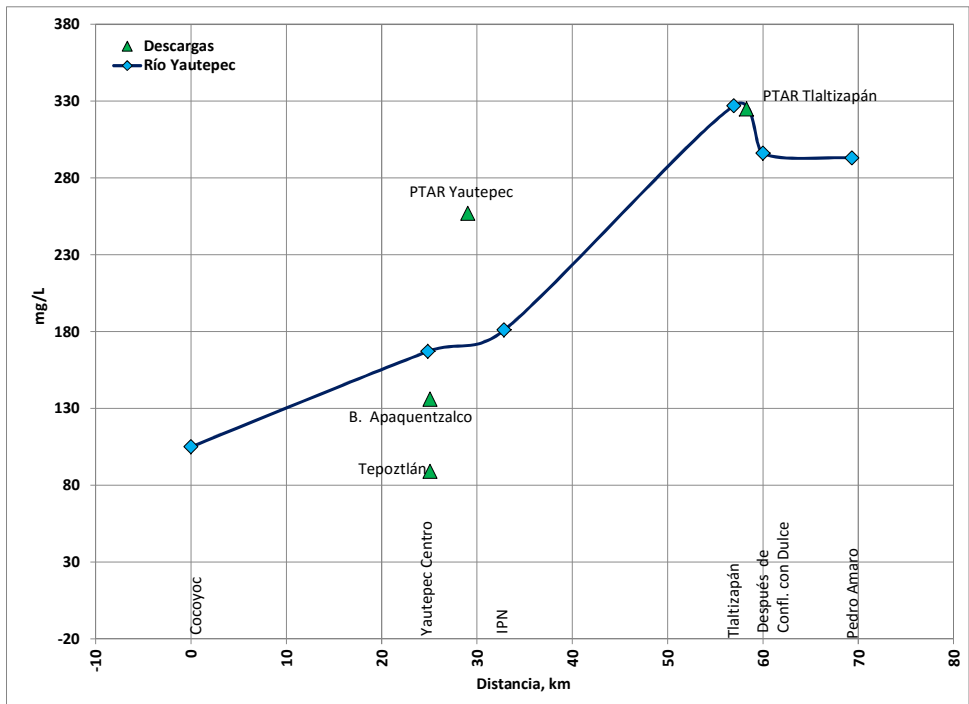


Figura 2. 8. Alcalinidad Total en el río Yautepec y en las descargas

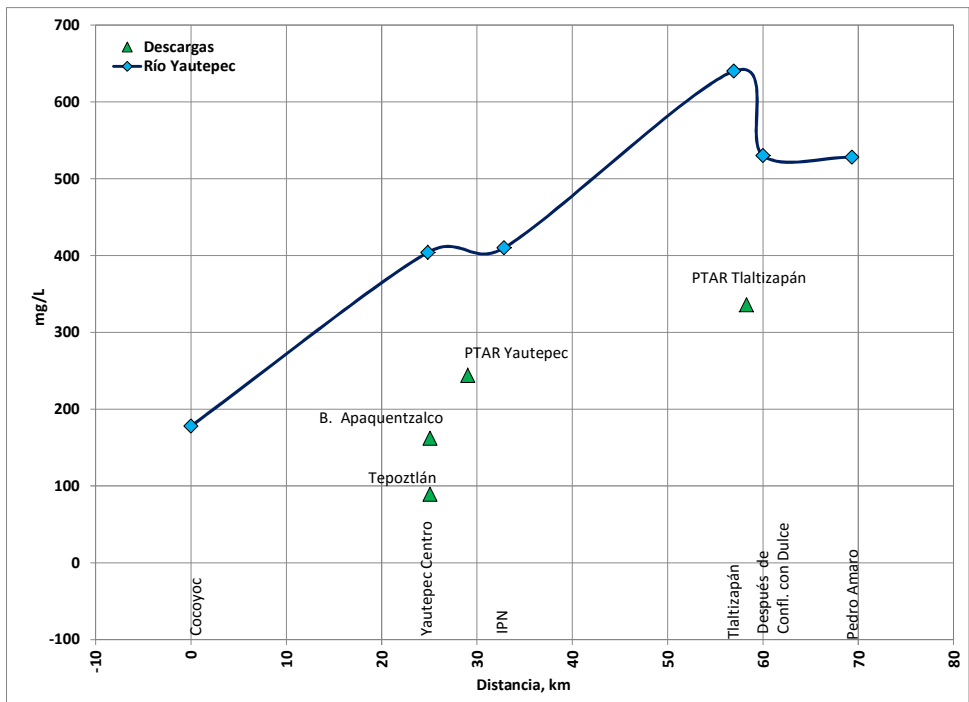


Figura 2. 9. Dureza Total en el río Yautepec y en las descargas

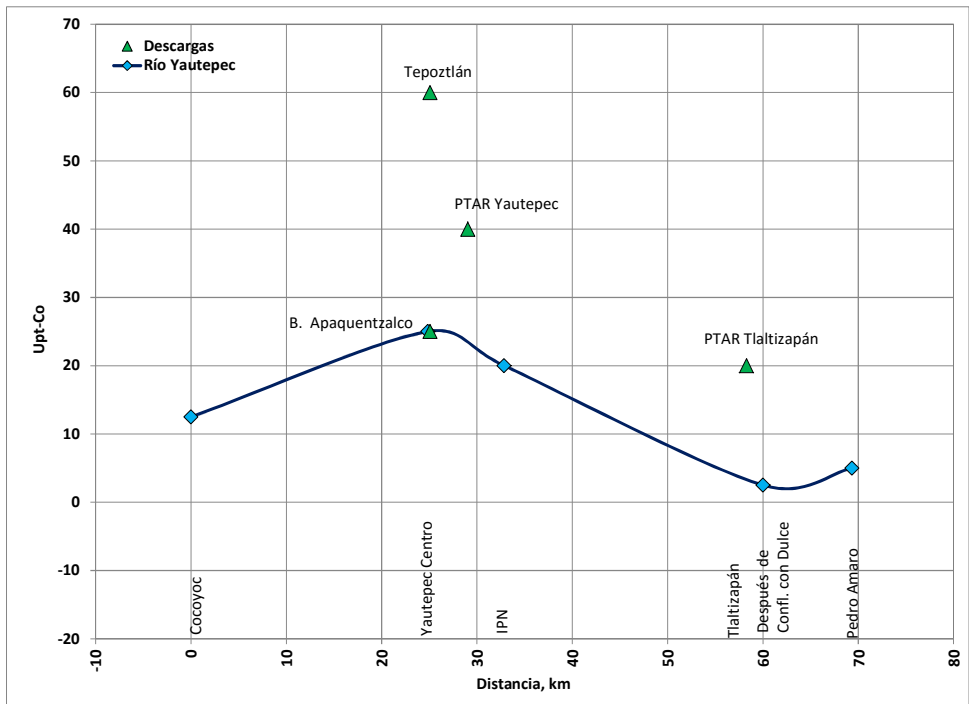


Figura 2. 10. Color Verdadero en el río Yautepec y en las descargas

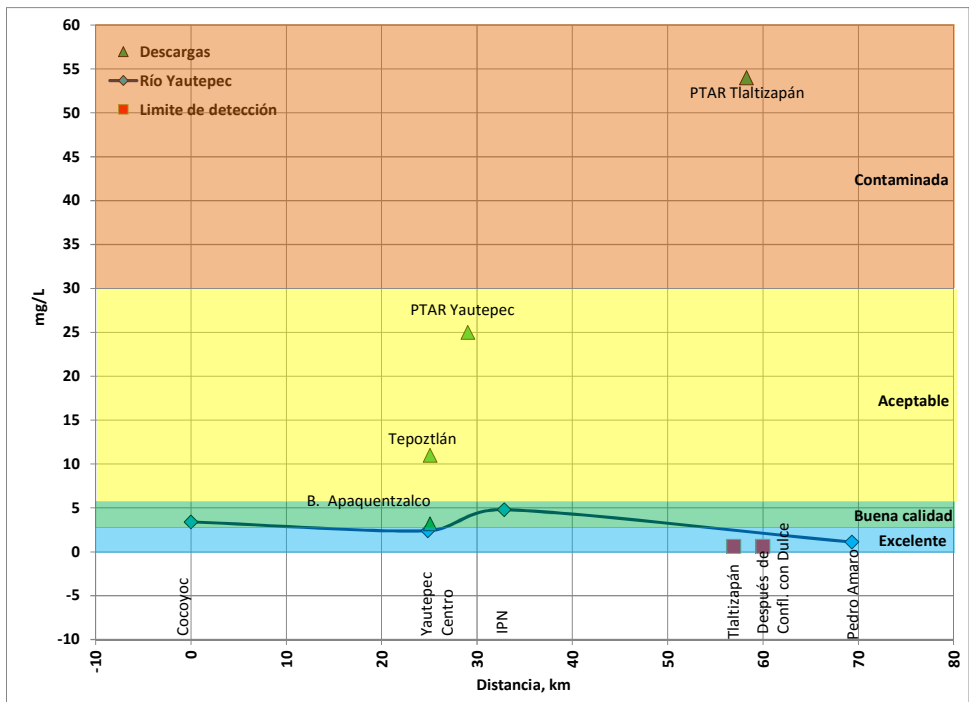


Figura 2. 11. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

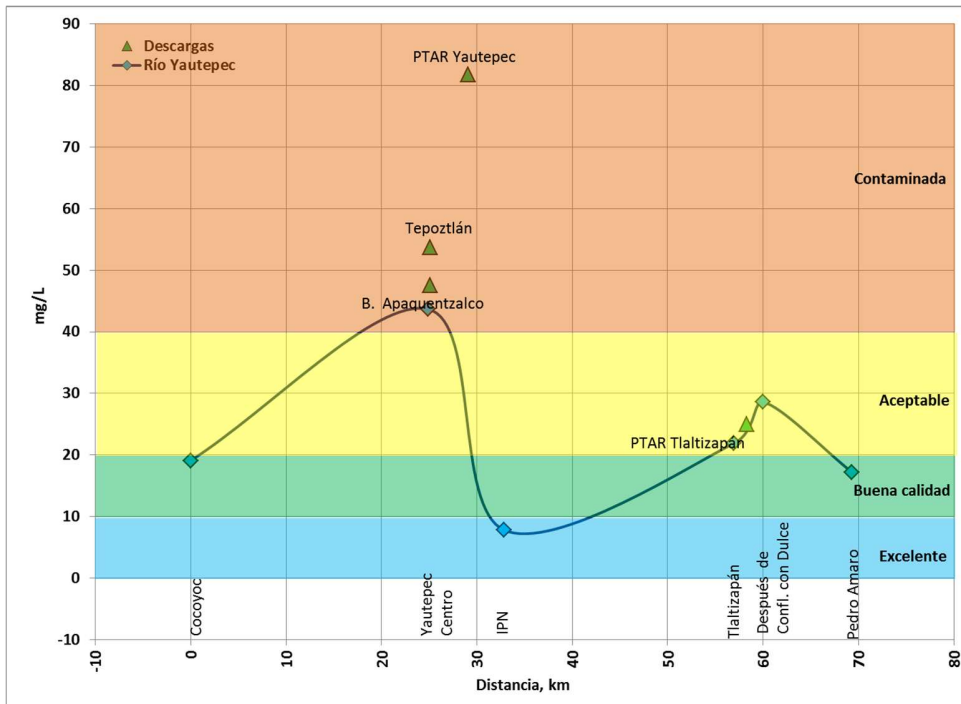


Figura 2. 12. Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

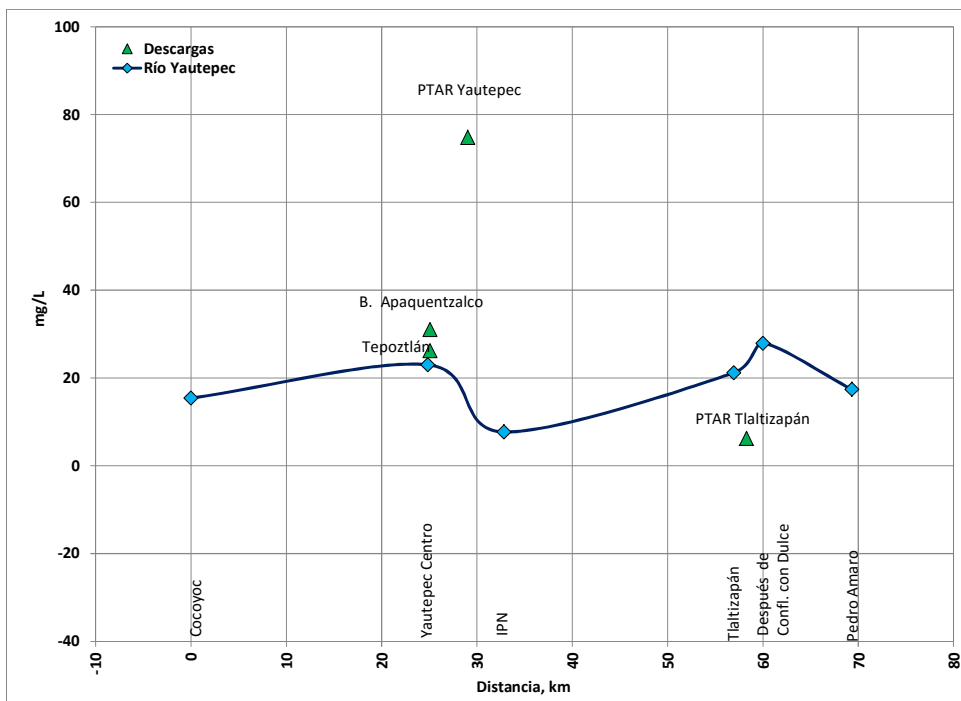


Figura 2. 13. DQO Soluble en el río Yautepec y en las descargas

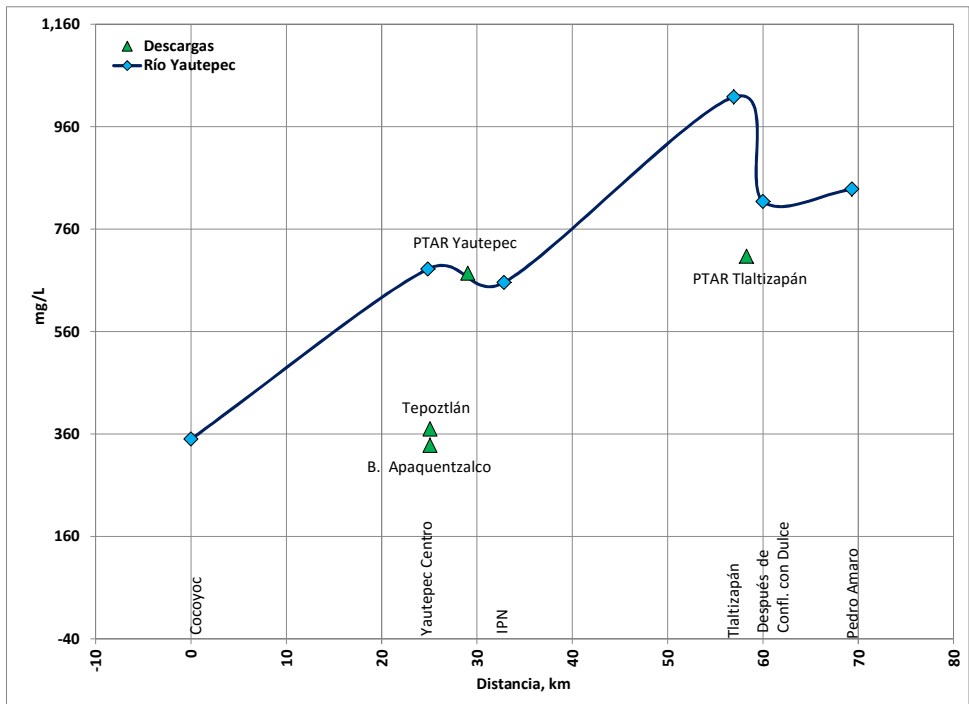


Figura 2. 14. Sólidos Disueltos Totales (SDT) en el río Yautepec y en las descargas

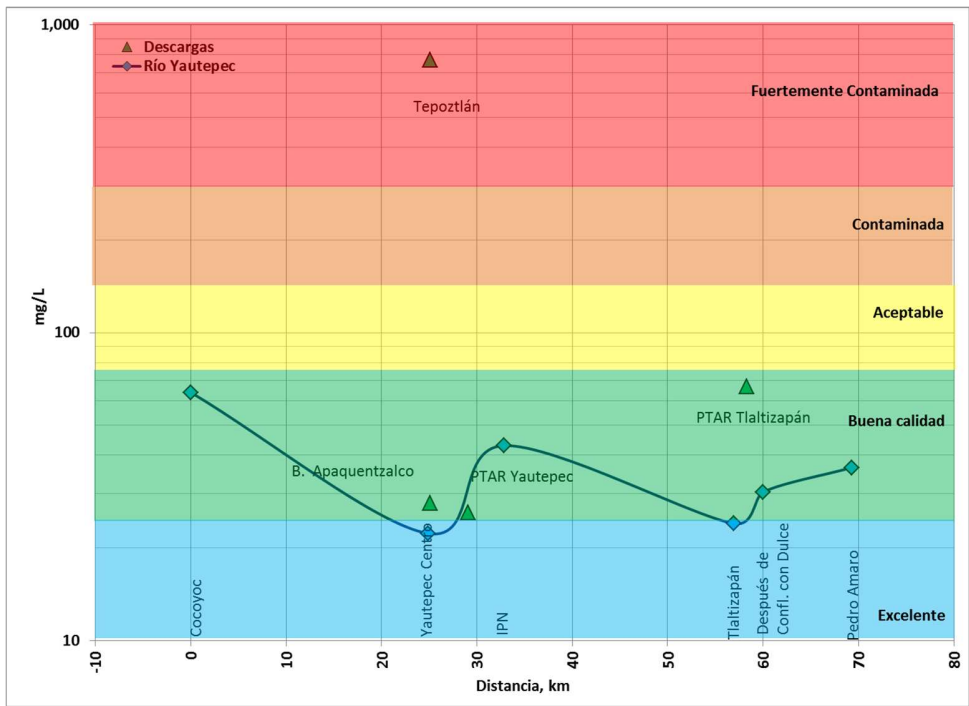


Figura 2. 15. Sólidos Suspensos Totales (SST) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

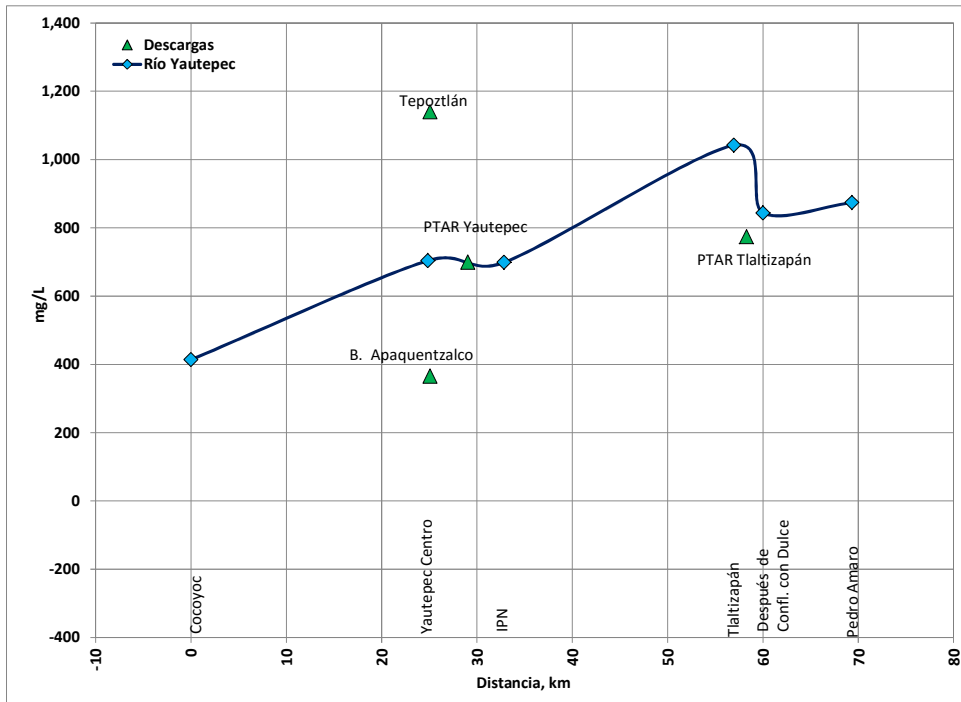


Figura 2. 16. Sólidos Totales (ST) en el río Yautepec y en las descargas

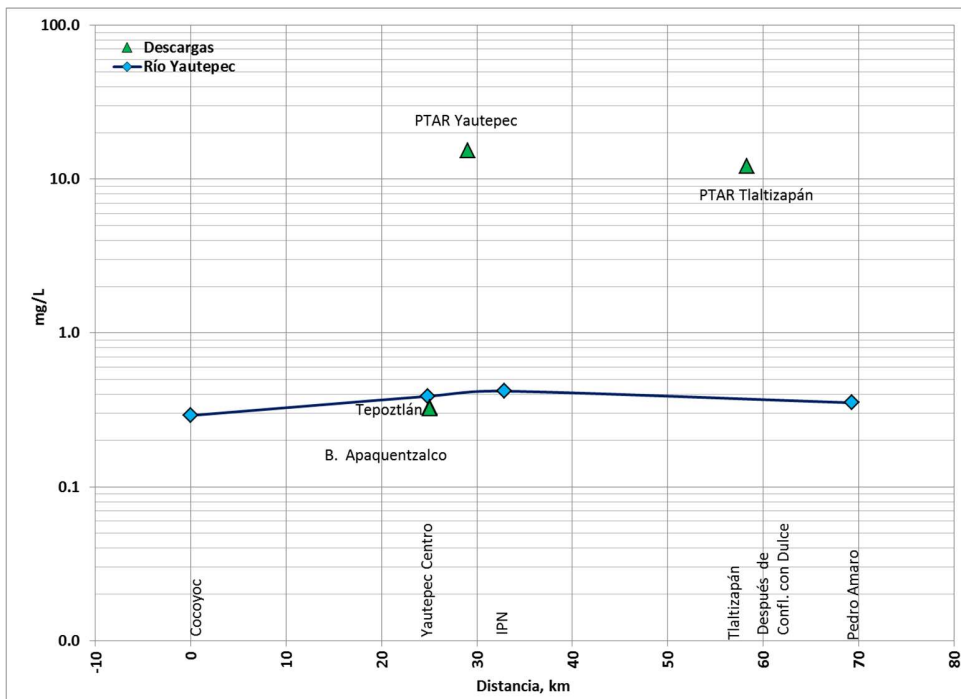


Figura 2. 17. Nitrógeno Amoniacal (NH₃) en el río Yautepec y en las descargas

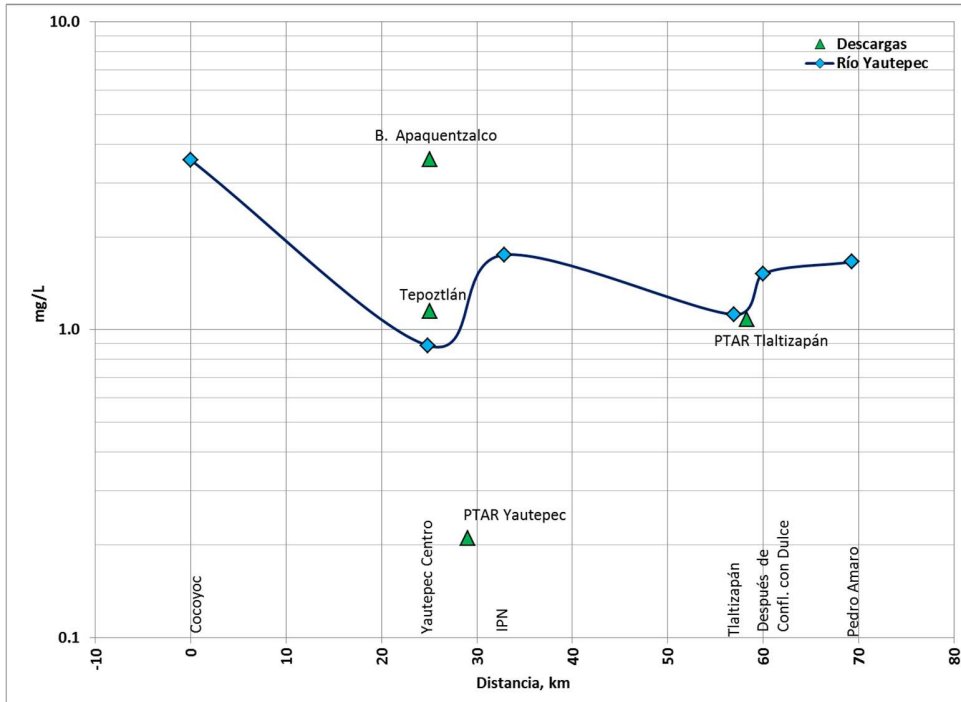


Figura 2. 18. Nitratos (NO₃) en el río Yautepec y en las descargas

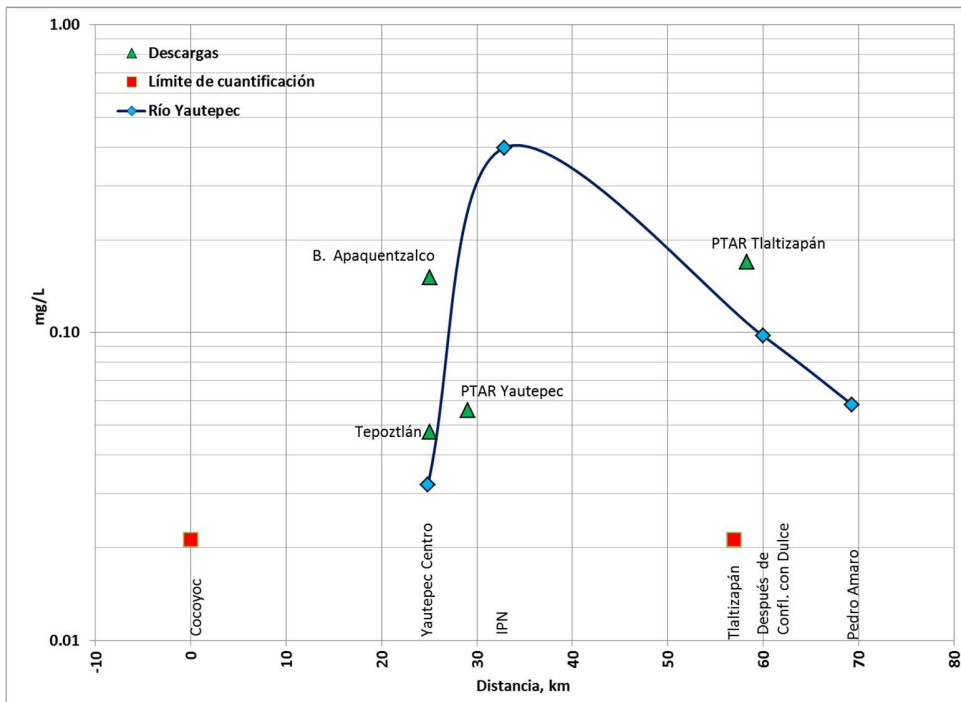


Figura 2. 19. Nitritos (NO₂) en el río Yautepec y en las descargas

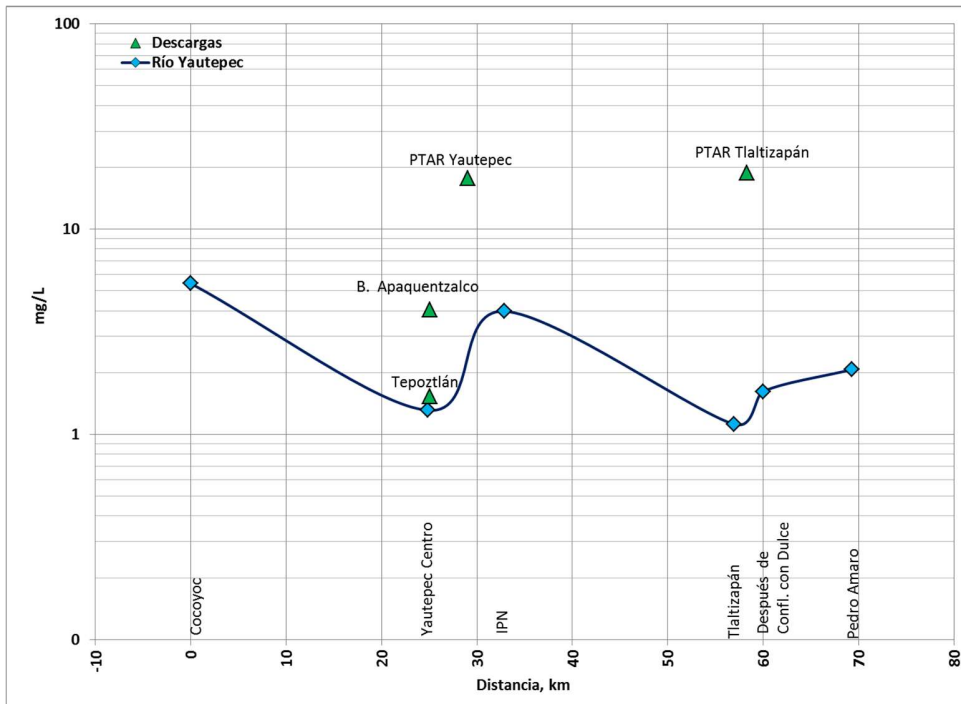


Figura 2. 20. Nitrógeno Total (NT) en el río Yautepec y en las descargas

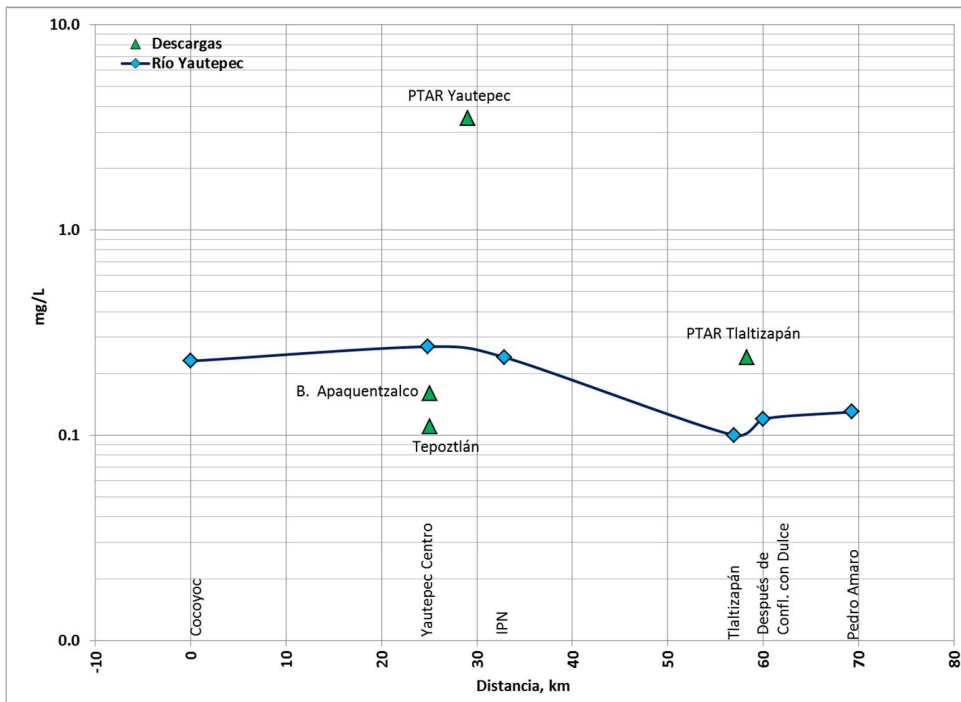


Figura 2. 21. Ortofosfatos (P-Orto) en el río Yautepec y en las descargas

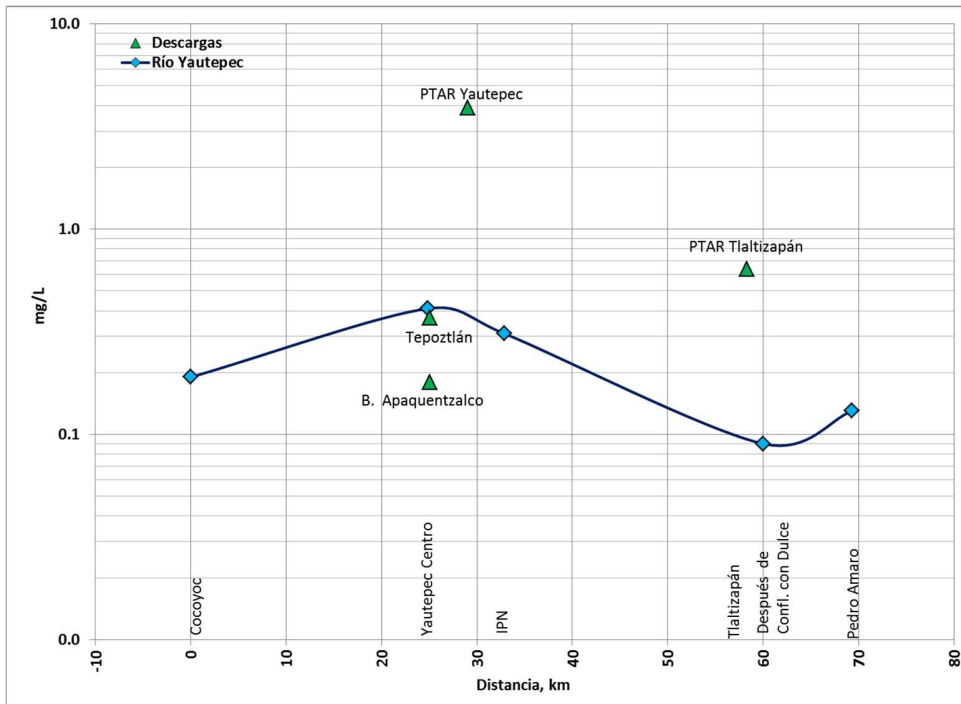


Figura 2. 22. Fósforo Hidrolizable en el río Yautepéc y en las descargas

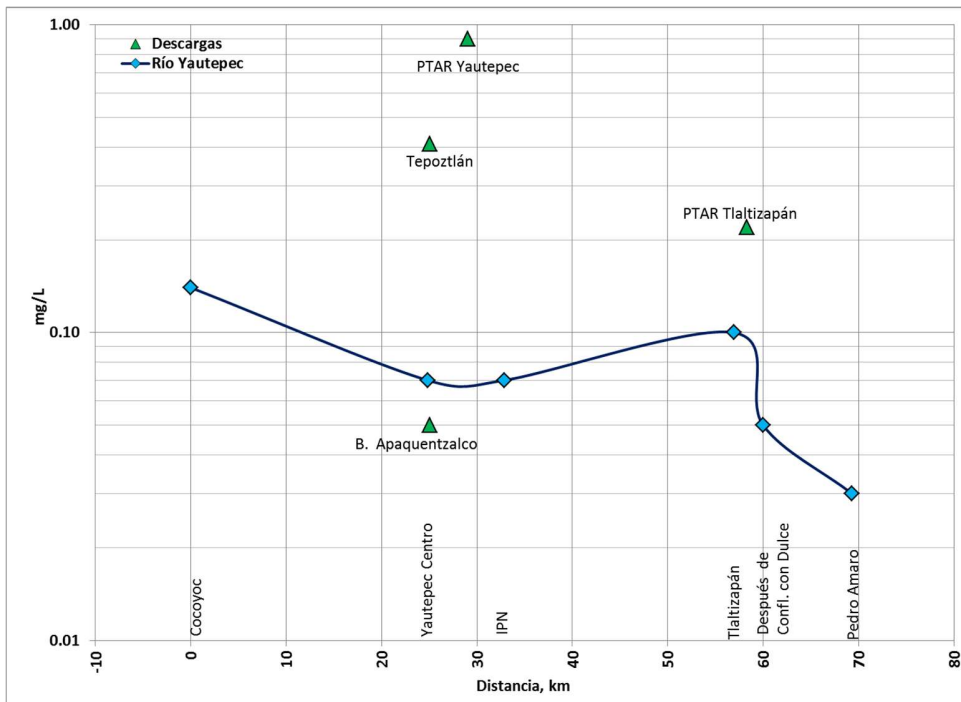


Figura 2. 23. Fósforo Orgánico en el río Yautepéc y en las descargas

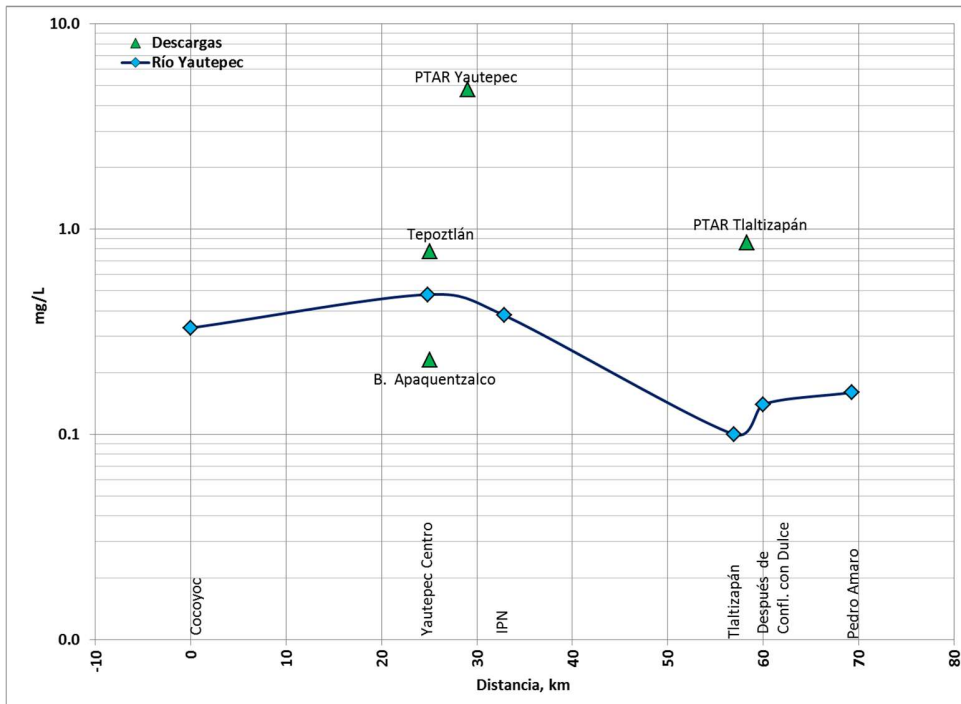


Figura 2. 24. Fósforo Total (PT) en el río Yautepec y en las descargas

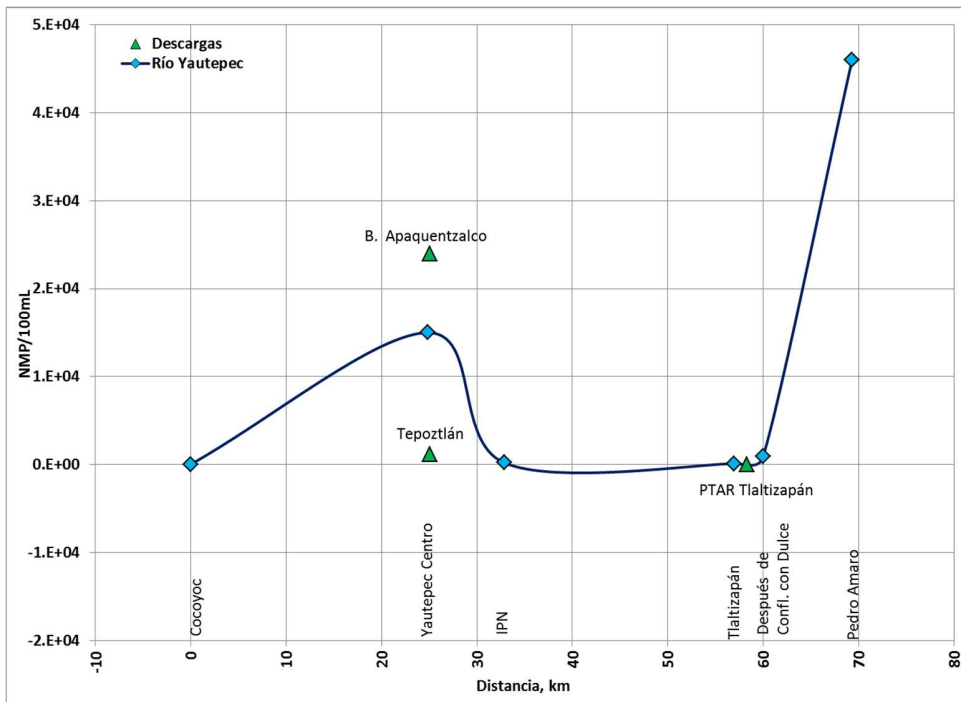


Figura 2. 25. Coliformes Fecales en el río Yautepec y en las descargas

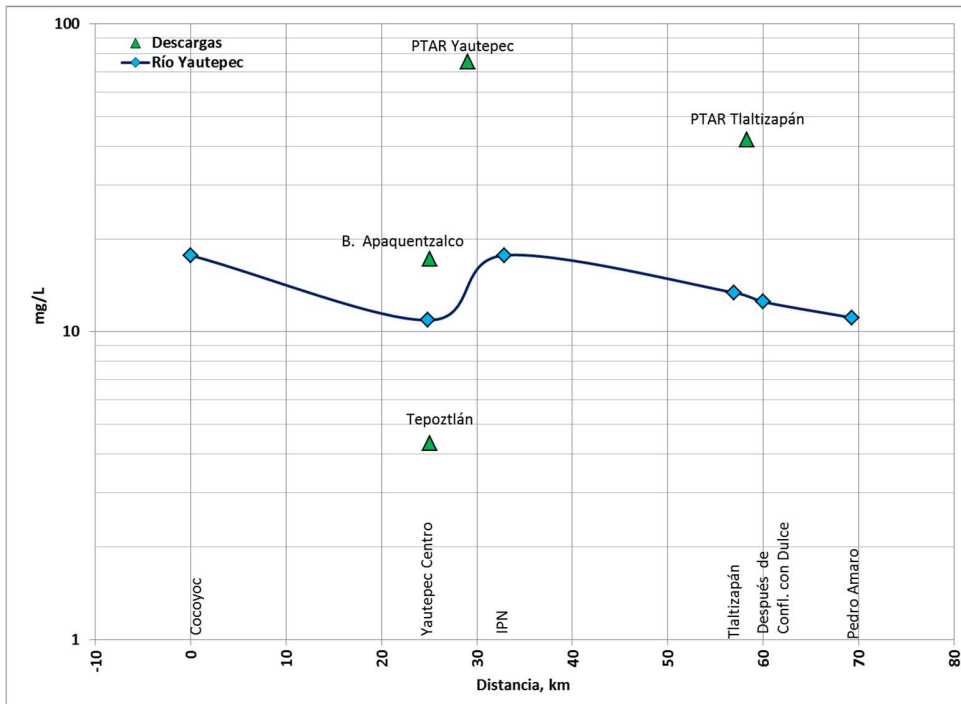


Figura 2. 26. Cloruros en el río Yautepec y en las descargas

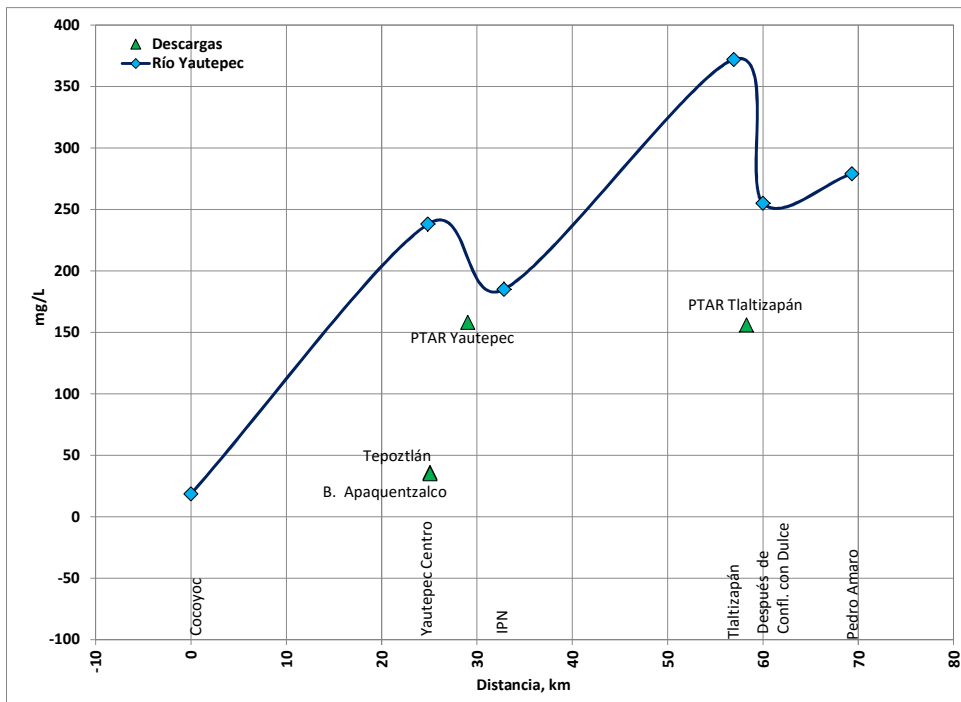


Figura 2. 27. Sulfatos en el río Yautepec y en las descargas

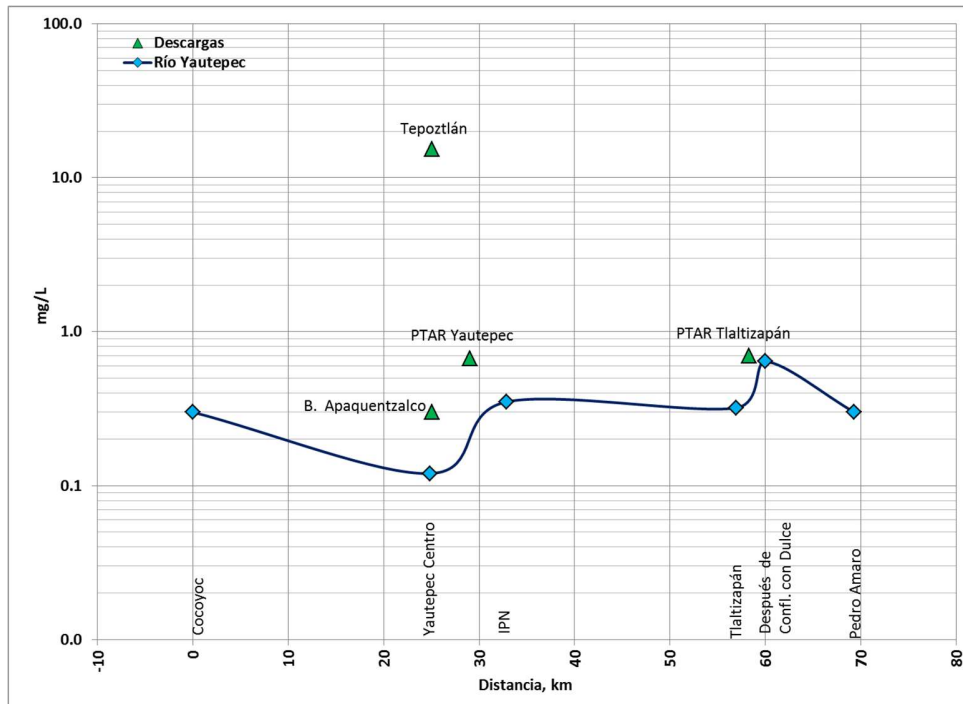


Figura 2. 28. Sulfuros en el río Yautepec y en las descargas

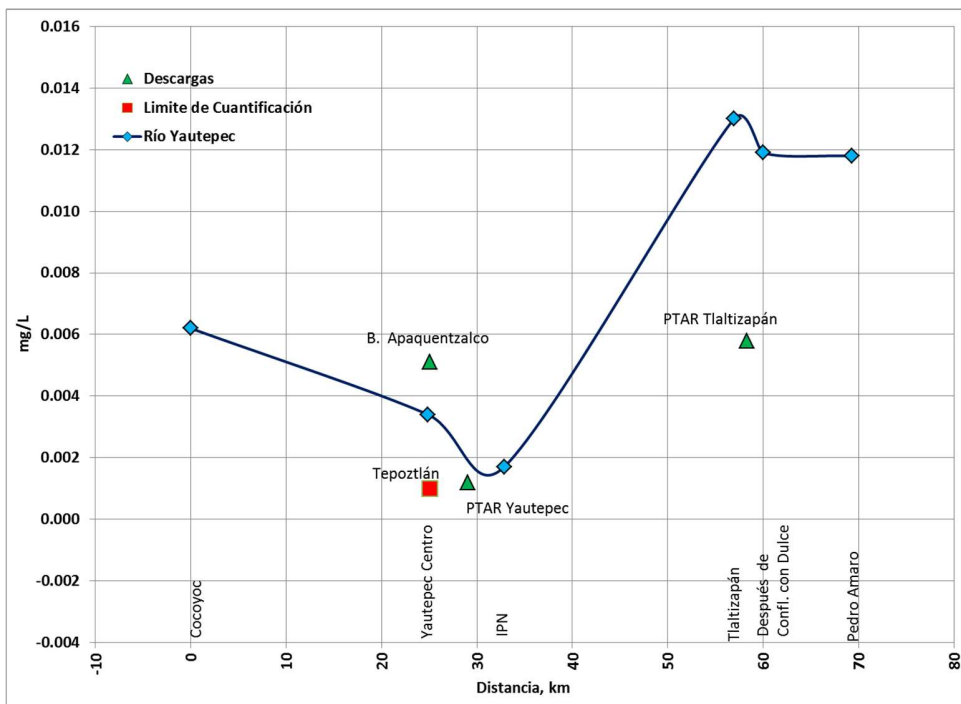


Figura 2. 29. Arsénico en el río Yautepec y en las descargas

2.2.2. Resultados de calidad del agua para el Río Dulce

En la Tabla 2. 4 se muestra los resultados de calidad de agua de las estaciones ubicadas en el río Dulce y en la Figura 2. 30 a la Figura 2. 62 se ilustran gráficamente el comportamiento de cada parámetro.

Tabla 2. 4. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce

Clave	Nombre	Sitio	Temp.	Cond.	OD	pH	Salinidad	ORP	COT	Materia Flotante	Alcalinidad Total	Dureza Total	Color verdadero		CE ₅₀	UT
			°C	µS/cm	mg/L		PSS	mv	mg/L		mg/L CaCo2	mg/L CaCO3	Upt-Co	pH	%	
17	Las Fuentes	Río	15.68	148	7.66	6.70	0.07	303.1	1.46		51.3	58.6	2.5	7.94		
18	Tezoyuca	Río														
25	PTAR Jiutepec	PTAR							3.18		80.9	96.4	15.0	8.14		
19	Acamilpa	Río	23.30	485	7.61	7.10	0.29	-	2.75	Ausencia	180	260	2.5	8.37	ND	ND
20	Tlaltizapán	Río	21.90	584	7.14	7.56	0.28	-	1.24	Ausencia	254	312	<2.5	8.14	ND	ND

Nomenclatura: Temp.=Temperatura; °C = grados centígrados; Cond.=Conductividad; µS/cm = microsiemens/centímetro; OD = Oxígeno Disuelto; mg/L = miligramo/Litro; PSS = Practical Salinity Scale; ORP = Oxidation Reduction Potential; mv = millivolts; COT = Carbono Orgánico Total; CE₅₀ = Concentración Efectiva al 50%; UT = Unidades de Toxicidad; Upt-Co = Unidades de Platino-Cobalto; pH = Potential Hydrogen; ND = No Determinado.

Tabla 2.4. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce (Continuación)

Clave	Nombre	Sitio	DBO ₅	DBO ₅ Soluble	DQO	DQO Soluble	SDT	Sol. Sed.	SST	ST	N-NH ₃	N-NO ₃	N-NO ₂	N-Org.	NT-Kj	NT
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mL/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
17	Las Fuentes	Río	0.78	0.75	8.2	<6.65	152	<0.5	2	154	0.07	1.35	0.0032	1.04	1.106	2.46
18	Tezoyuca	Río														
25	PTAR Jiutepec	PTAR	3.9	0.73	38.2	40.3	232	<0.5	33	264	0.30	2.99	0.605	1.71	2	5.60
19	Acamilpa	Río	<0.61	<0.61	11.6	10.2	474	<0.5	16	490	0.33	3.20	<0.0213	<1.30	<1.3	3.53
20	Tlaltizapán	Río	<0.61	<0.61	16.6	15.6	512	<0.5	24	536	0.35	1.54	<0.0213	<1.30	<1.3	1.89

Nomenclatura: DBO₅ = Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días; DQO = Demanda Química de Oxígeno; SDT = Sólidos Disueltos Totales; Sol. Sed. = Sólidos sedimentables; SST = Sólidos Suspendidos Totales; ST = Sólidos Totales; N-NH₃ = Nitrógeno Amoniacal; N-NO₃ = Nitratos; N-NO₂ = Nitritos; N-Org. = Nitrógeno Orgánico; NT = Nitrógeno Total; NT-Kj = Nitrógeno Total Kjeldahl; mL/L = mililitro/Litro

Tabla 2.4. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce (Continuación)

Clave	Nombre	Sitio	P-Orto	P-Hidro.	P-Org.	PT	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	SAAM	Cloruros	Fenoles	Fosfatos	Sulfatos	Sulfuros
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100mL	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
17	Las Fuentes	Río	0.16	0.16	0.07	0.39	3.E+00	7.31	<0.13	2.6	<0.0145	0.70	14.8	<1.44
18	Tezoyuca	Río												
25	PTAR Jiutepec	PTAR	0.33	1.13	0.13	1.59	2.E+01	14.8	0.164	10.4	<0.0145	3.86	26.2	<1.44
19	Acamilpa	Río	0.26	<0.015	0.33	0.59	3.E+01	<8.56	<0.13	10.7	<0.0145	1.01	95.4	0.33
20	Tlaltizapán	Río	0.12	0.1	0.04	0.26	2.E+03	<8.56	<0.13	6.4	<0.0145	0.43	80.8	0.51

Nomenclatura: P Orto = Ortofosfato; P-Hidro. = Fósforo Hidrolizable; P-Org. = Fósforo Orgánico; PT = Fósforo Total; SAAM = Sustancias Activas al Azul de Metileno

Tabla 2.4. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce (Continuación)

Clave	Nombre	Sitio	Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Níquel	Plomo	Zinc	Cianuros	Cromo VI
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
17	Las Fuentes	Río									<0.02	<0.10
18	Tezoyuca	Río										
25	PTAR Jiutepec	PTAR									<0.02	<0.10
19	Acamilpa	Río	0.0066	<0.001	<0.05	<0.05	<0.001	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
20	Tlaltizapán	Río	0.0075	<0.001	<0.05	<0.05	<0.001	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100

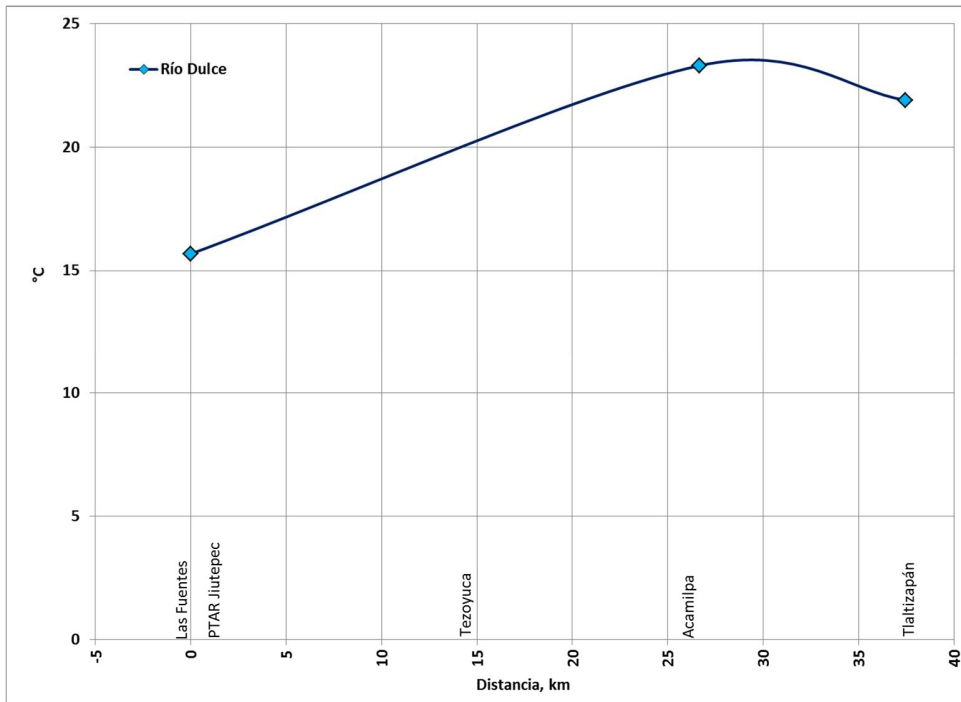


Figura 2. 30. Temperatura en el río Dulce

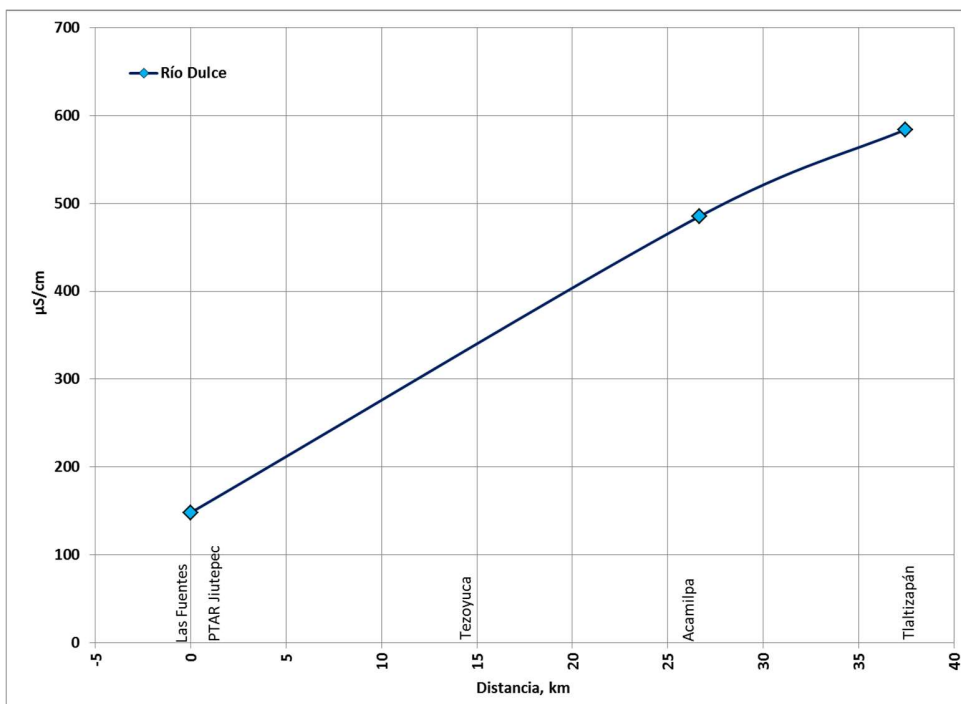


Figura 2. 31. Conductividad Eléctrica en el río Dulce

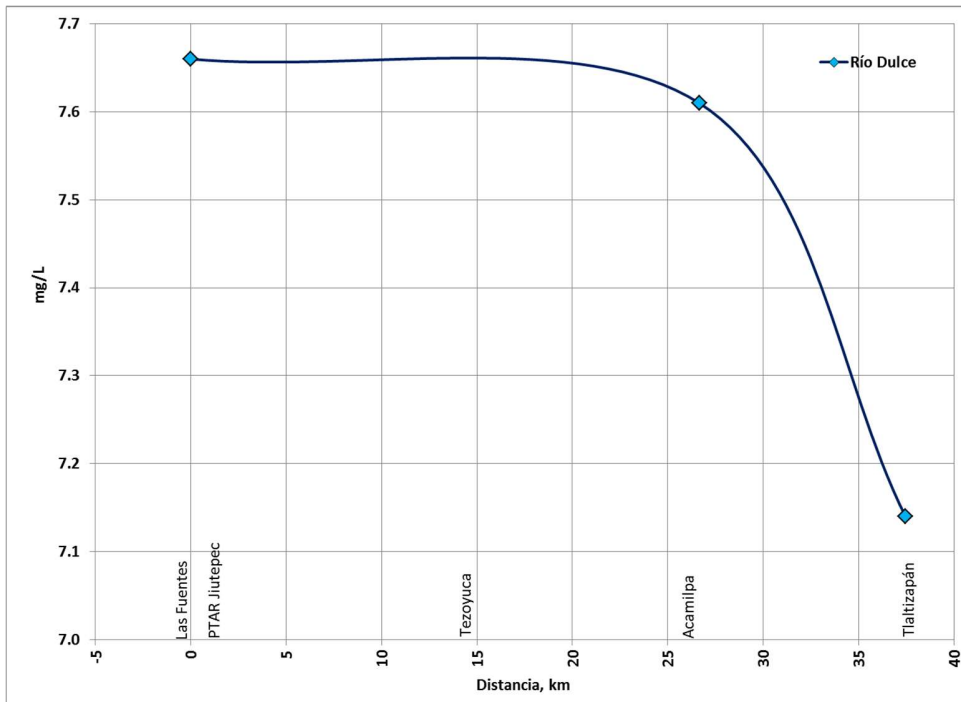


Figura 2. 32. Oxígeno Disuelto en el río Dulce

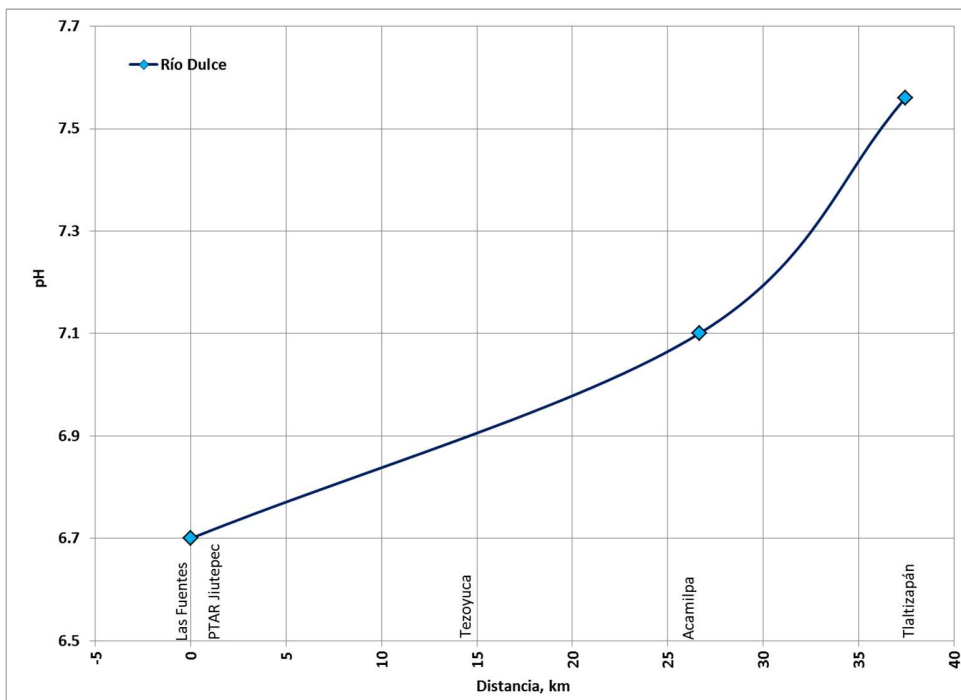


Figura 2. 33. pH en el río Dulce

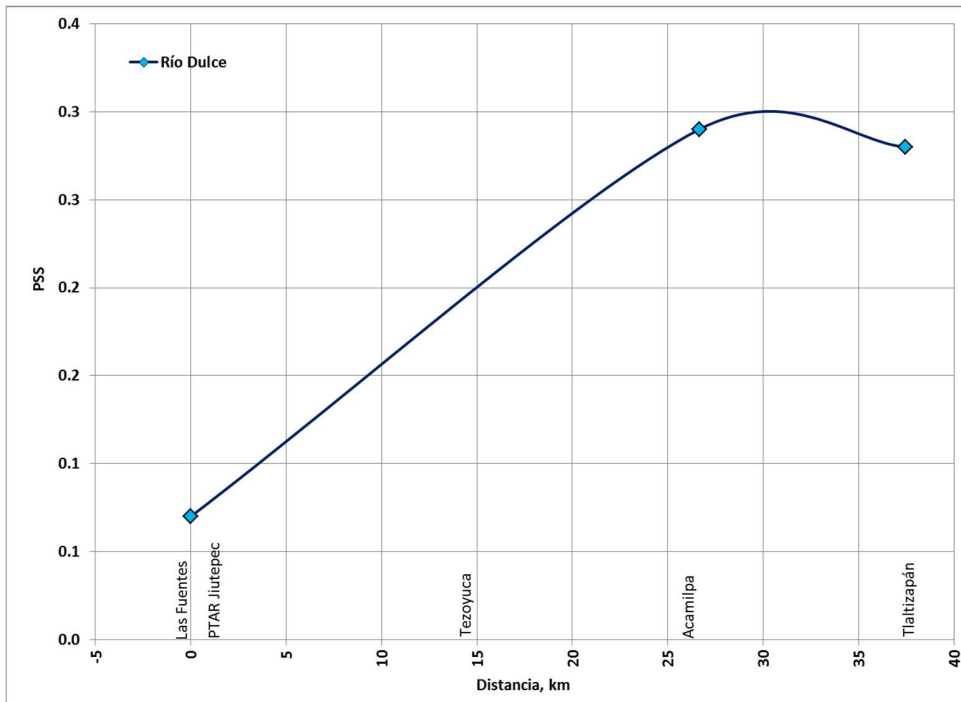


Figura 2. 34. Salinidad en el río Dulce

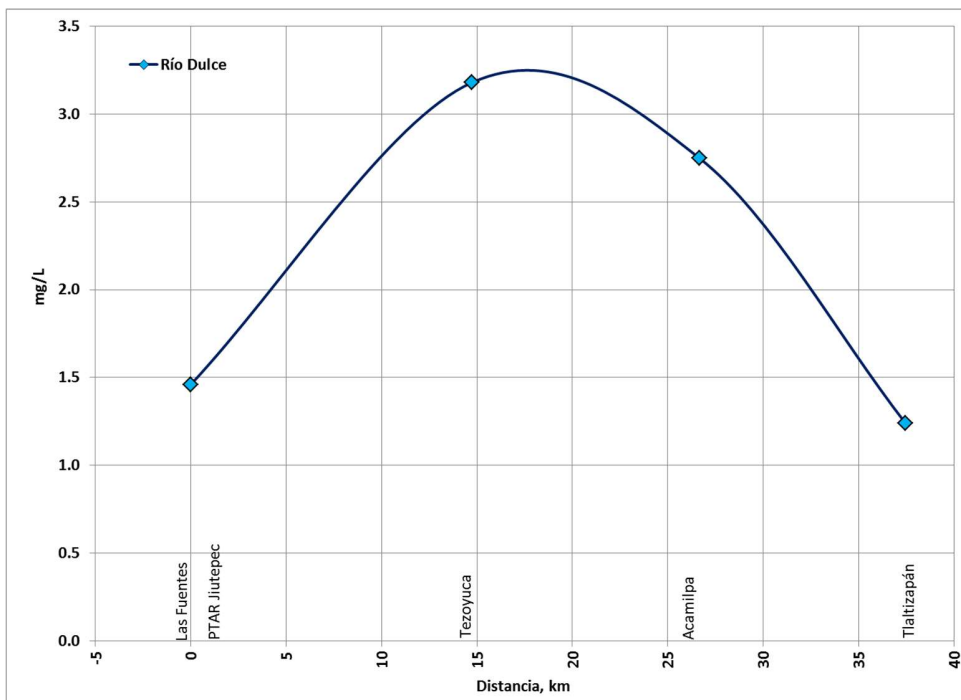


Figura 2. 35. Carbono Orgánico Total (COT) en el río Dulce

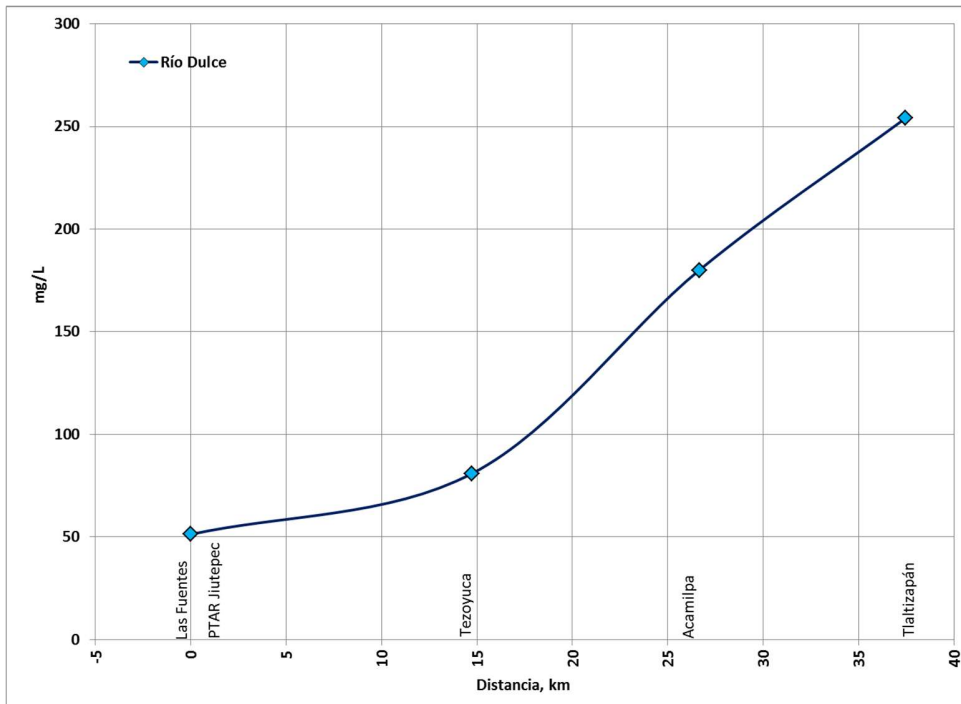


Figura 2. 36. Alcalinidad Total en el río Dulce

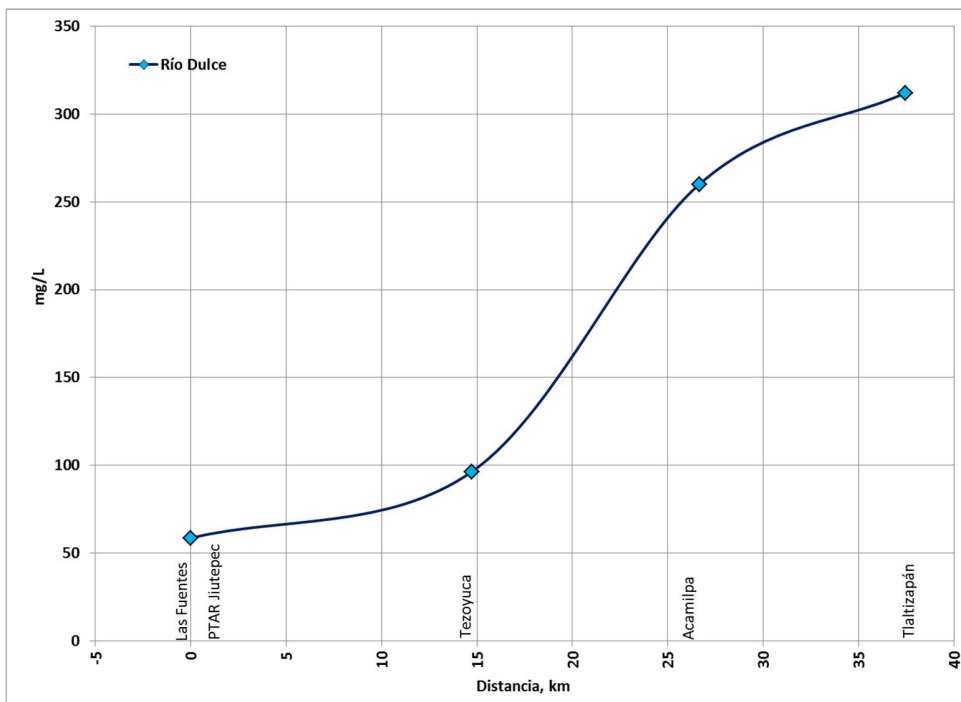


Figura 2. 37. Dureza Total en el río Dulce

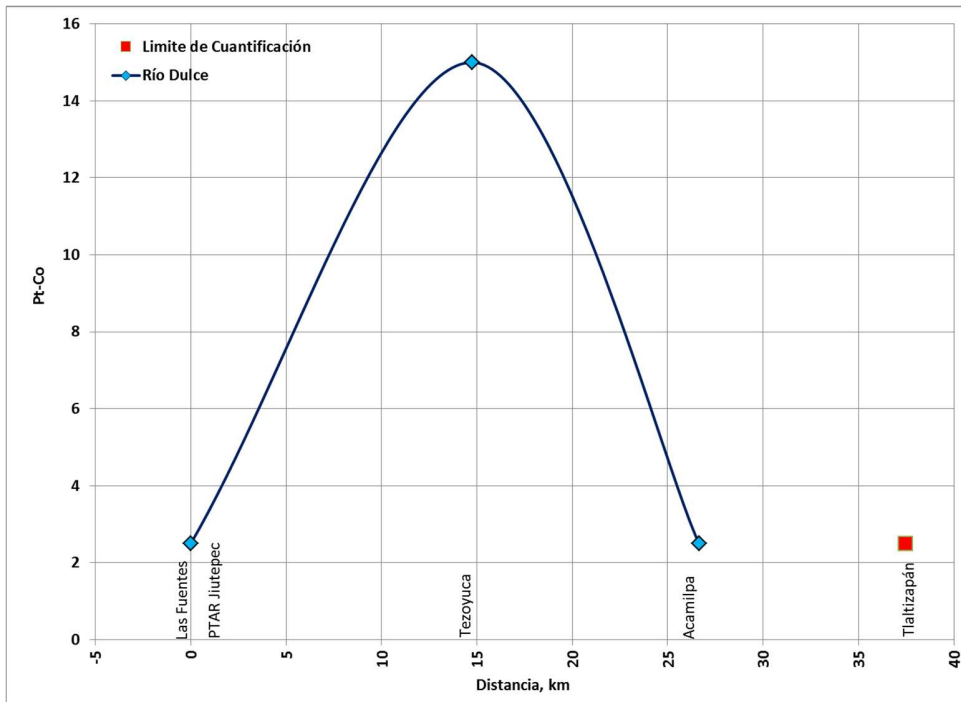


Figura 2. 38. Color Verdadero en el río Dulce

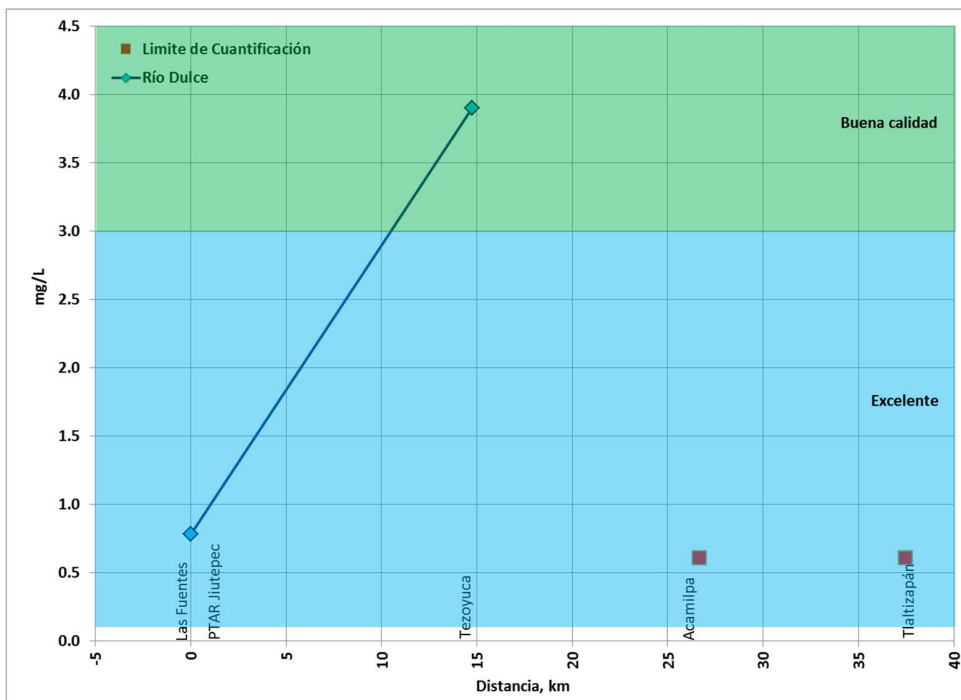


Figura 2. 39. DBO en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

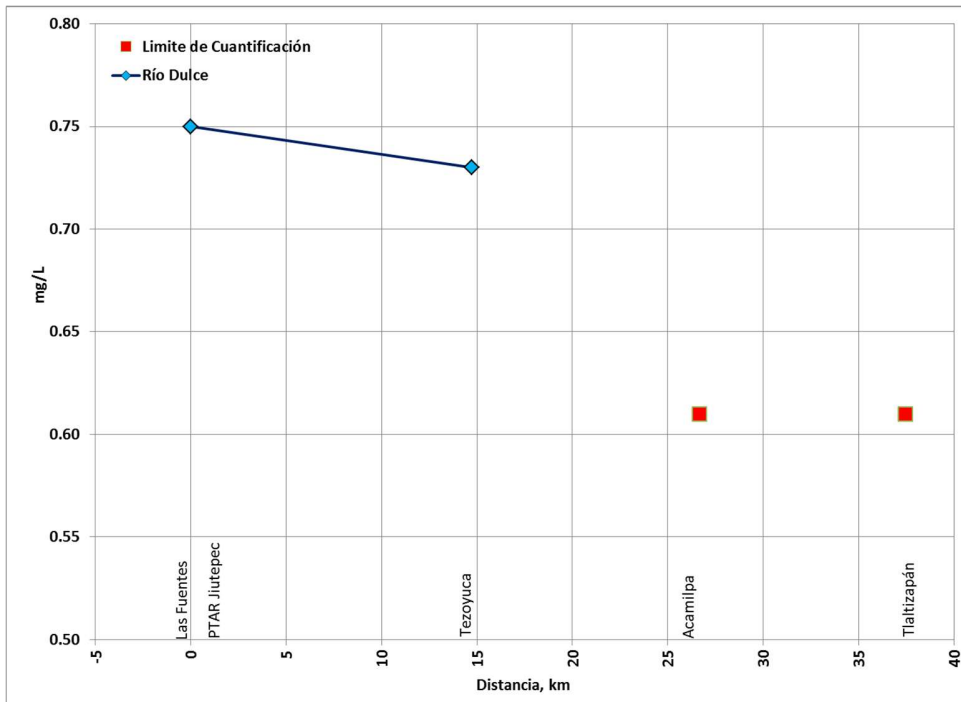


Figura 2. 40. DBO soluble en el río Dulce

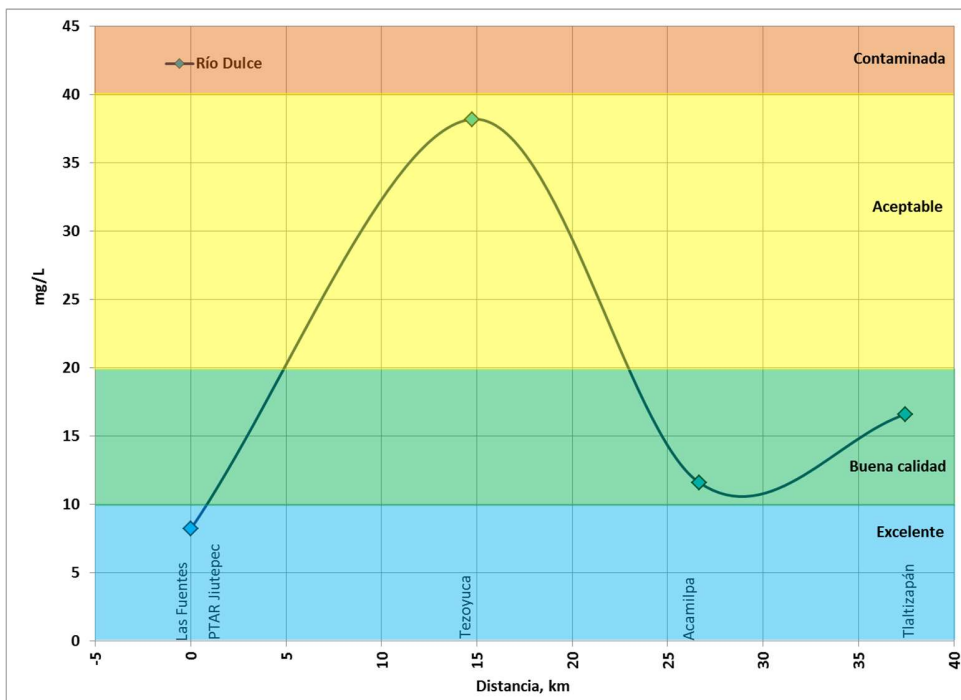


Figura 2. 41. DQO en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

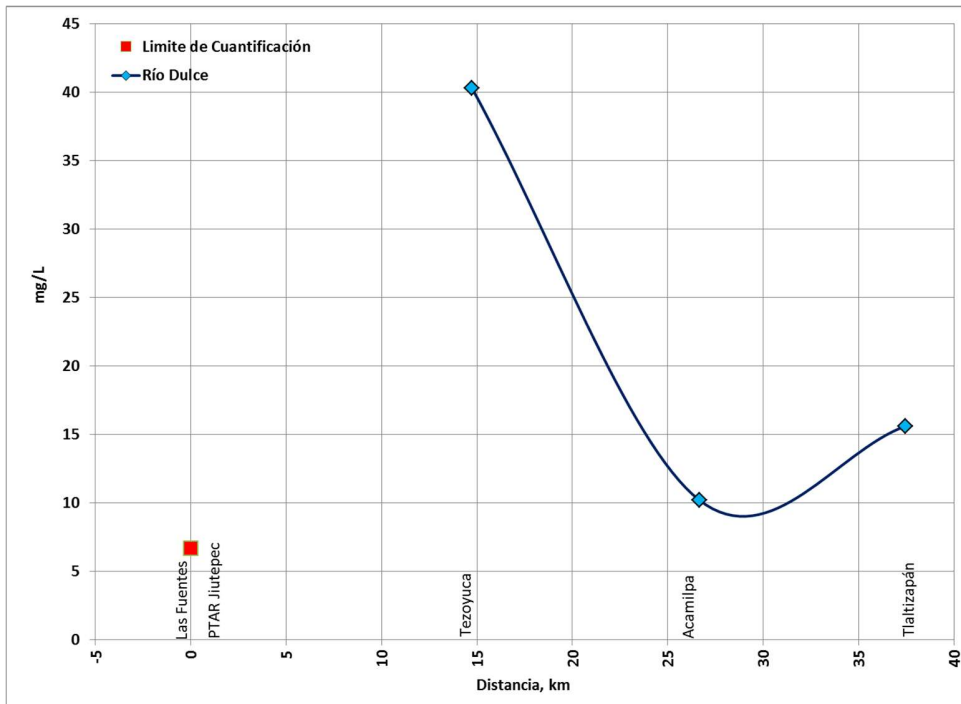


Figura 2. 42. DQO soluble en el río Dulce

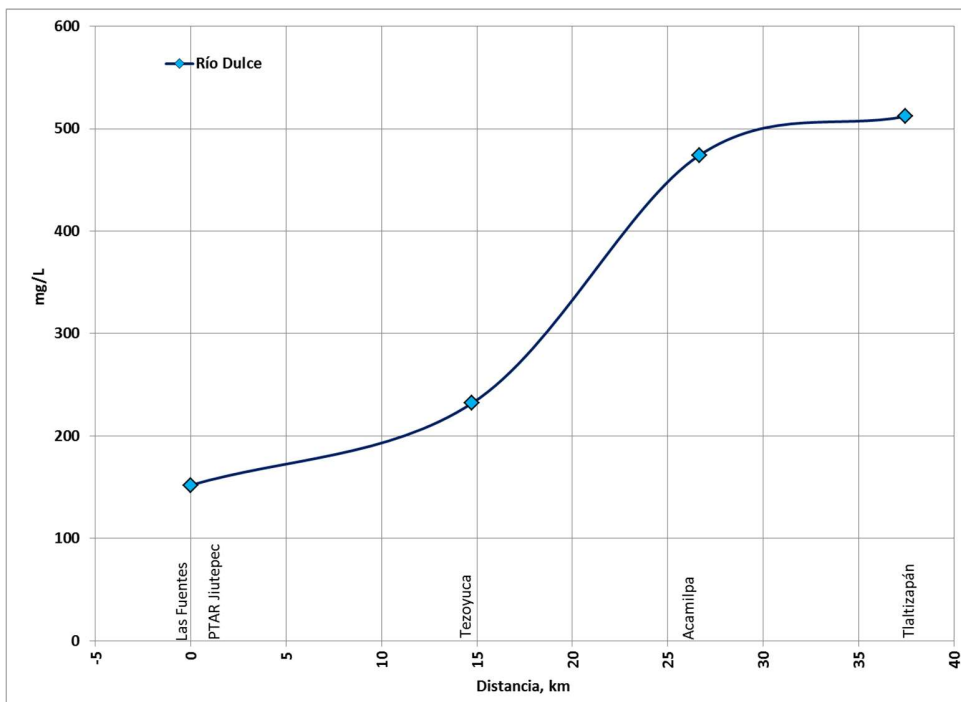


Figura 2. 43. Sólidos Disueltos Totales (SDT) en el río Dulce

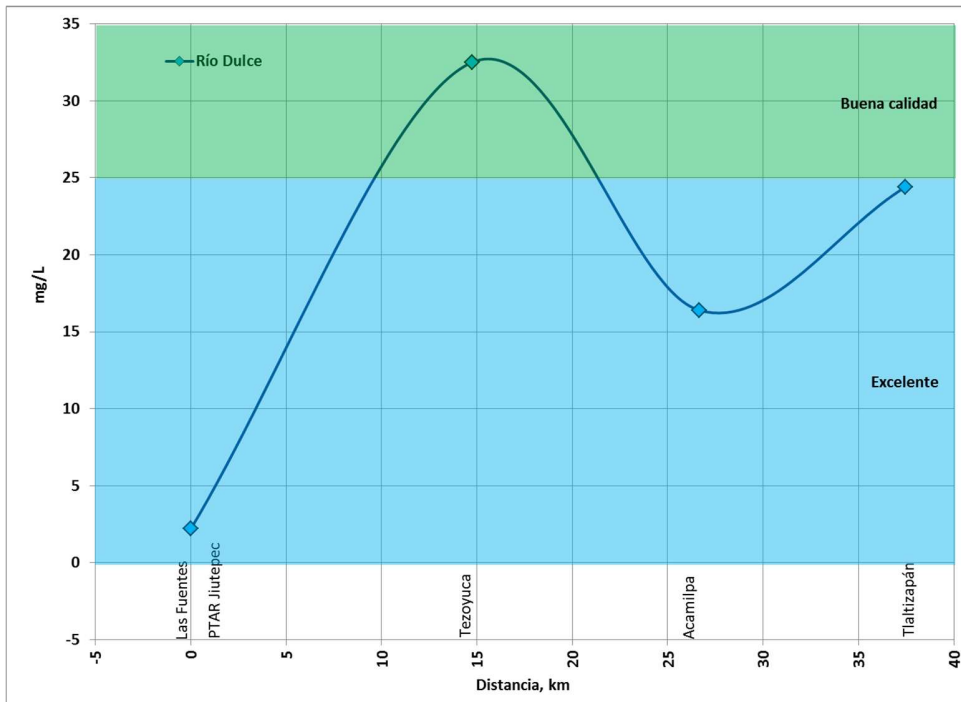


Figura 2. 44. Sólidos Suspendedos Totales (SST) en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

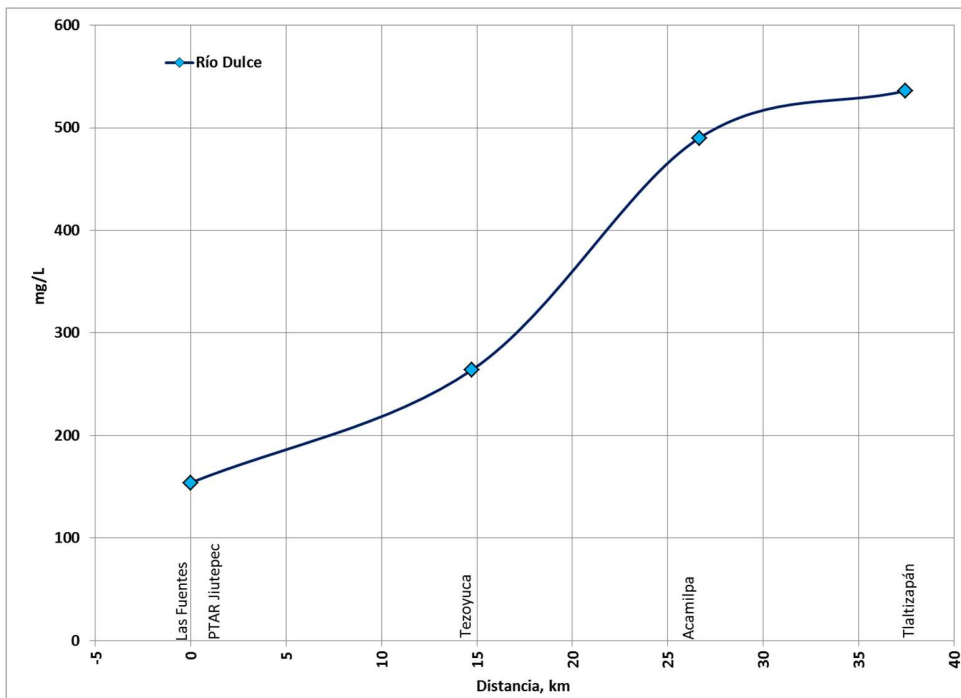


Figura 2. 45. Sólidos Totales (ST) en el río Dulce

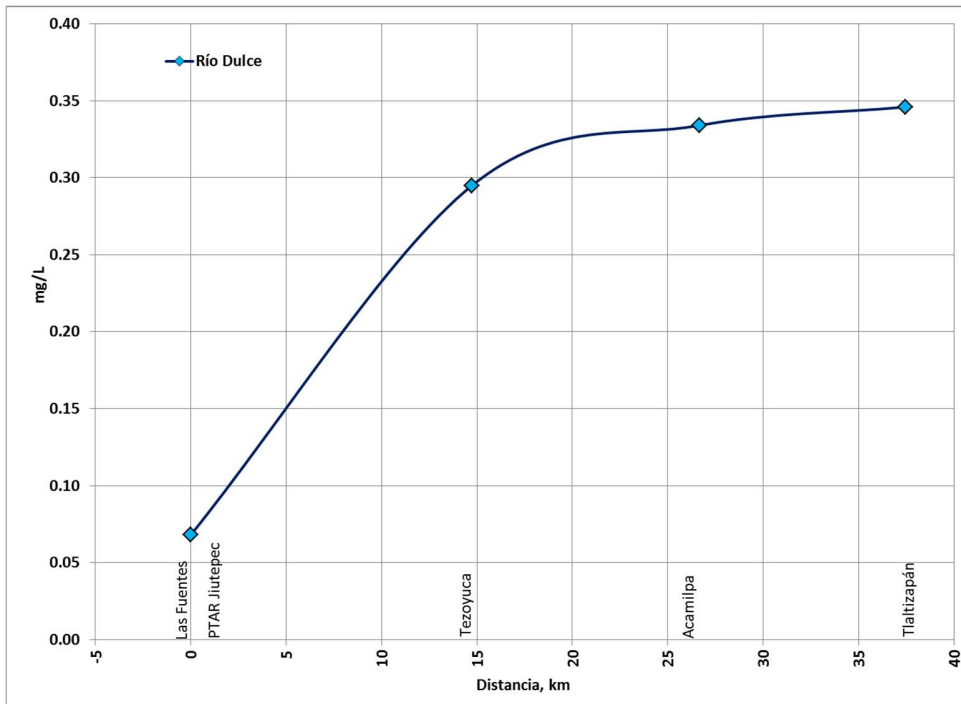


Figura 2. 46. Nitrógeno Amoniactal (NH₃) en el río Dulce

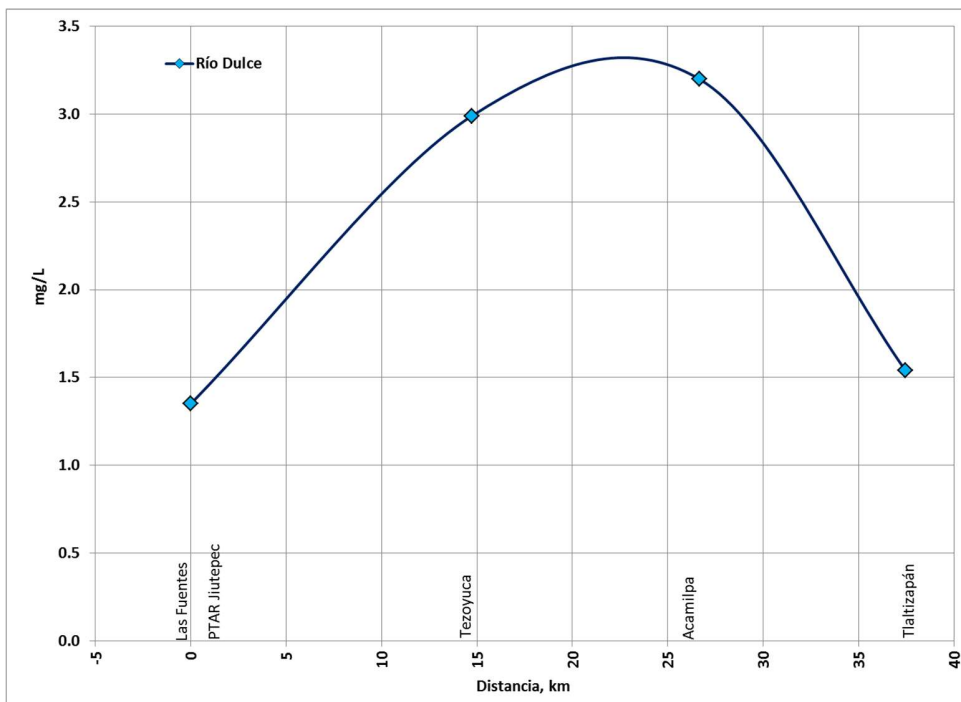


Figura 2. 47. Nitratos (NO₃) en el río Dulce

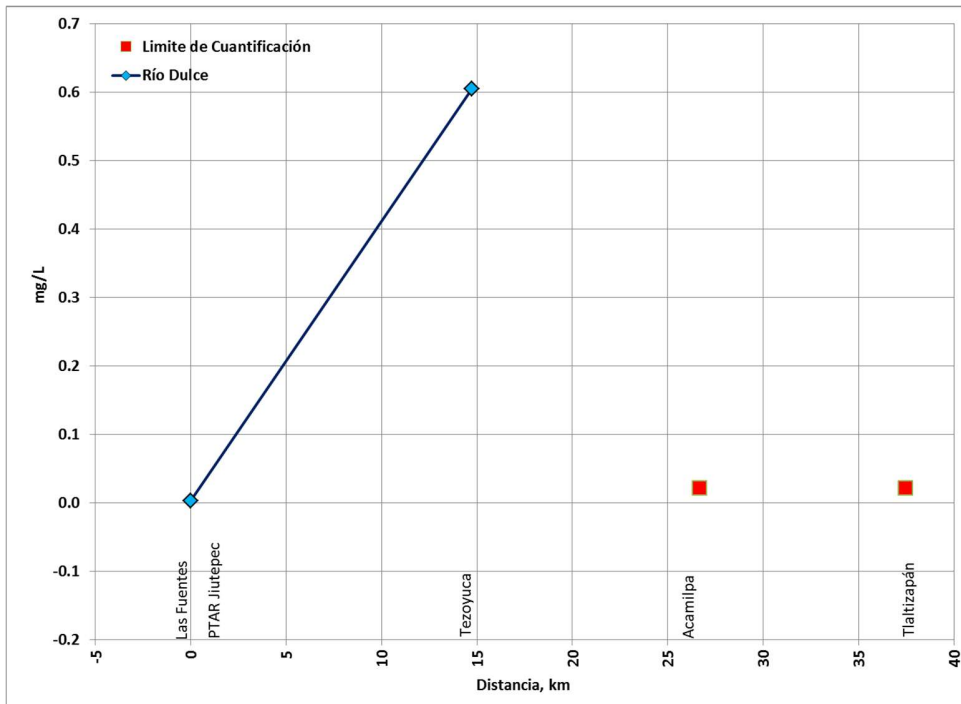


Figura 2. 48. Nitritos (NO_2) en el río Dulce

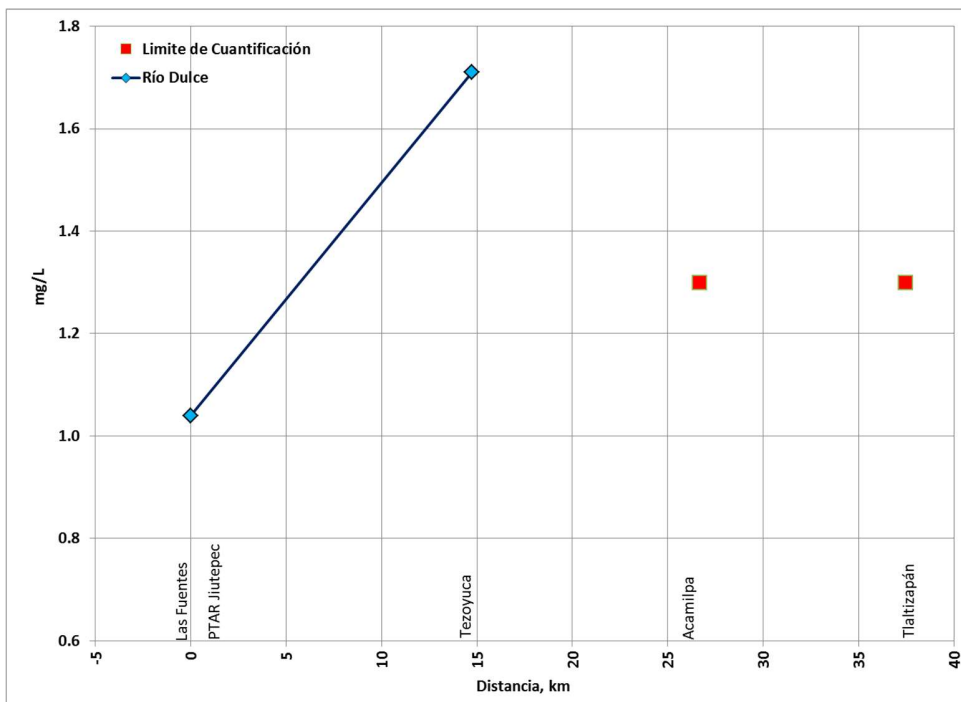


Figura 2. 49. Nitrógeno Orgánico en el río Dulce

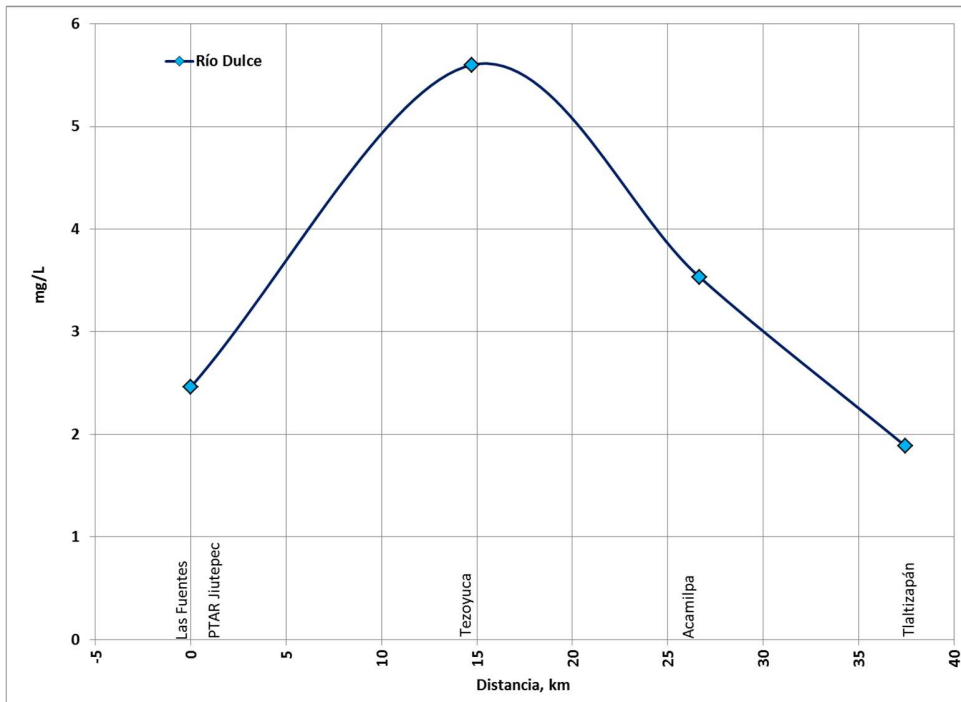


Figura 2. 50. Nitrógeno Total en el río Dulce

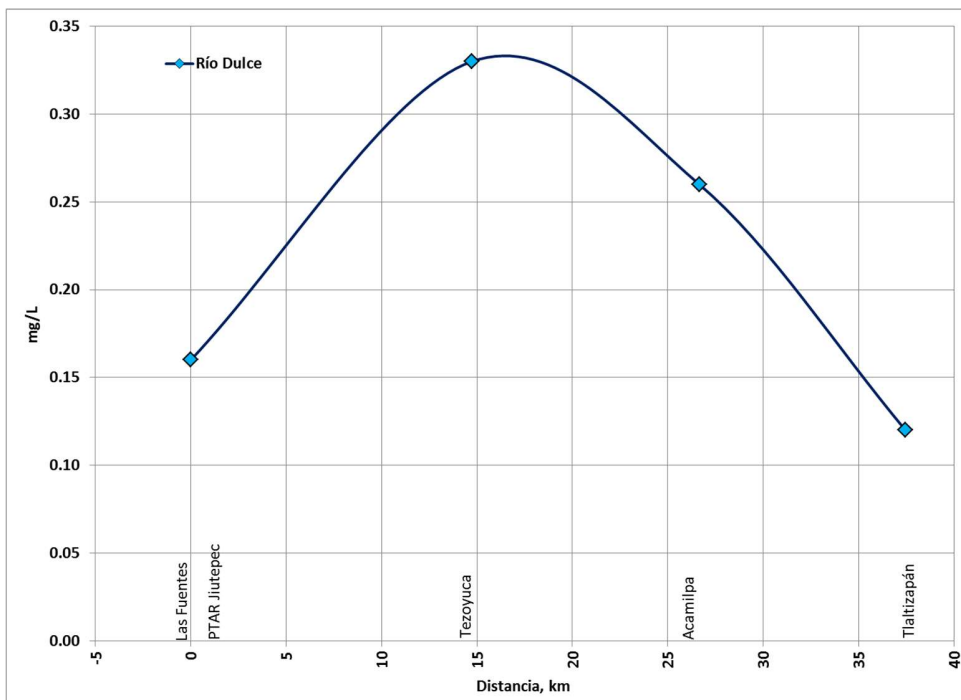


Figura 2. 51. Ortofosfatos en el río Dulce

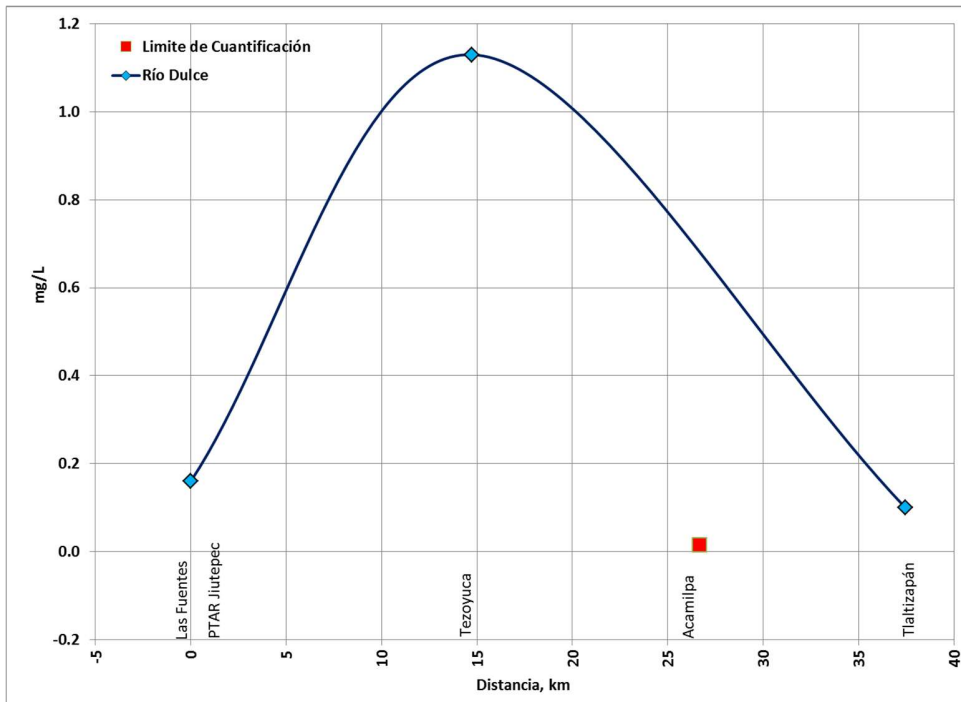


Figura 2. 52. Fósforo Hidrolizable en el río Dulce

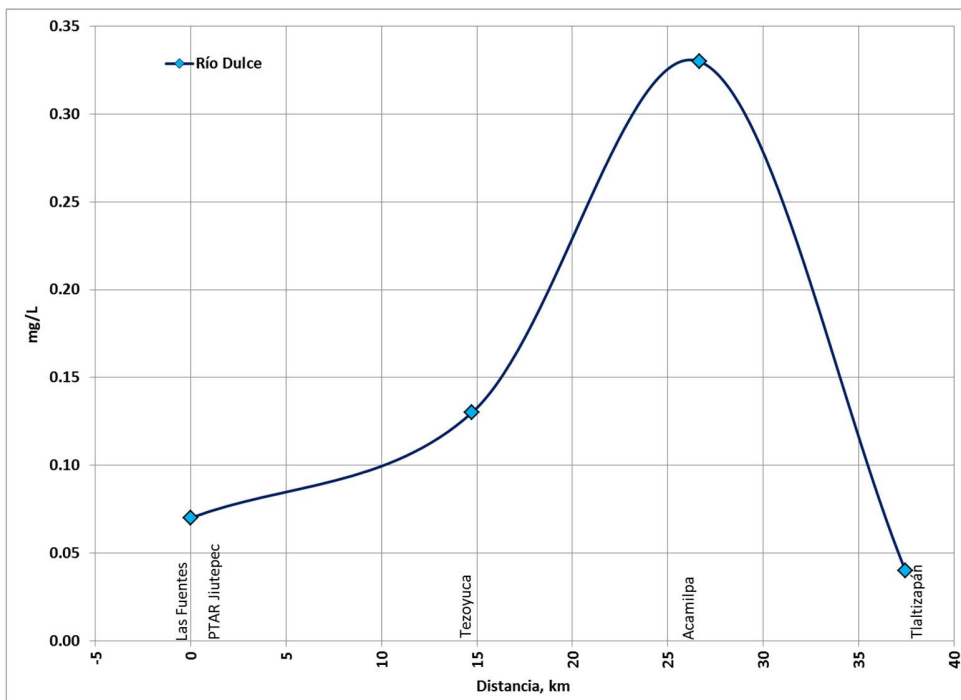


Figura 2. 53. Fósforo Orgánico en el río Dulce

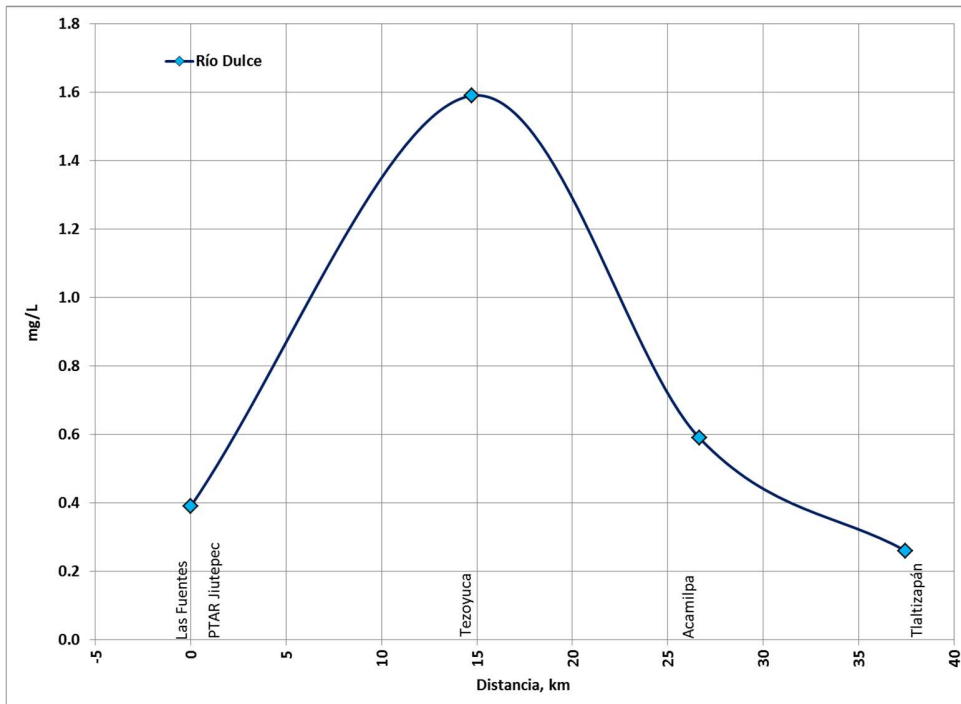


Figura 2. 54. Fósforo Total en el río Dulce

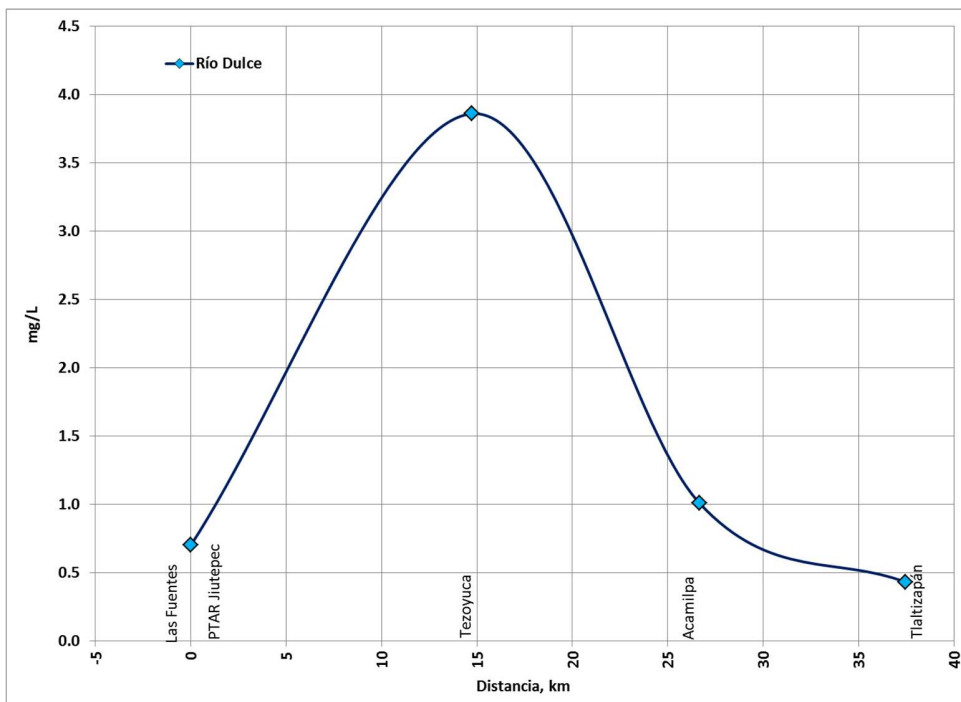


Figura 2. 55. Fosfatos en el río Dulce

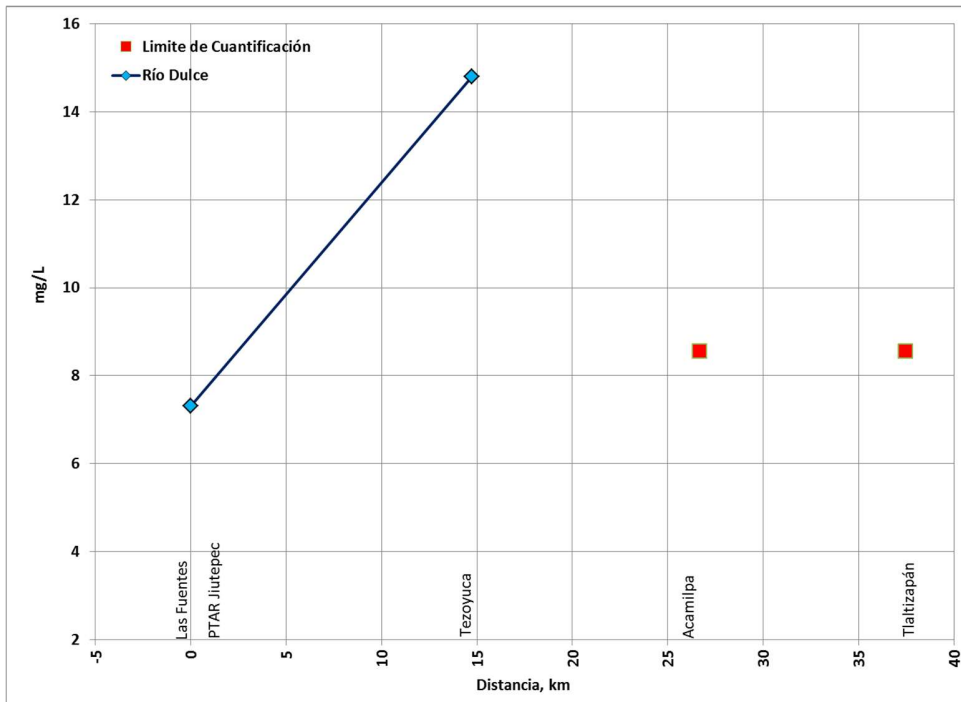


Figura 2. 56. Grasas y Aceites en el río Dulce

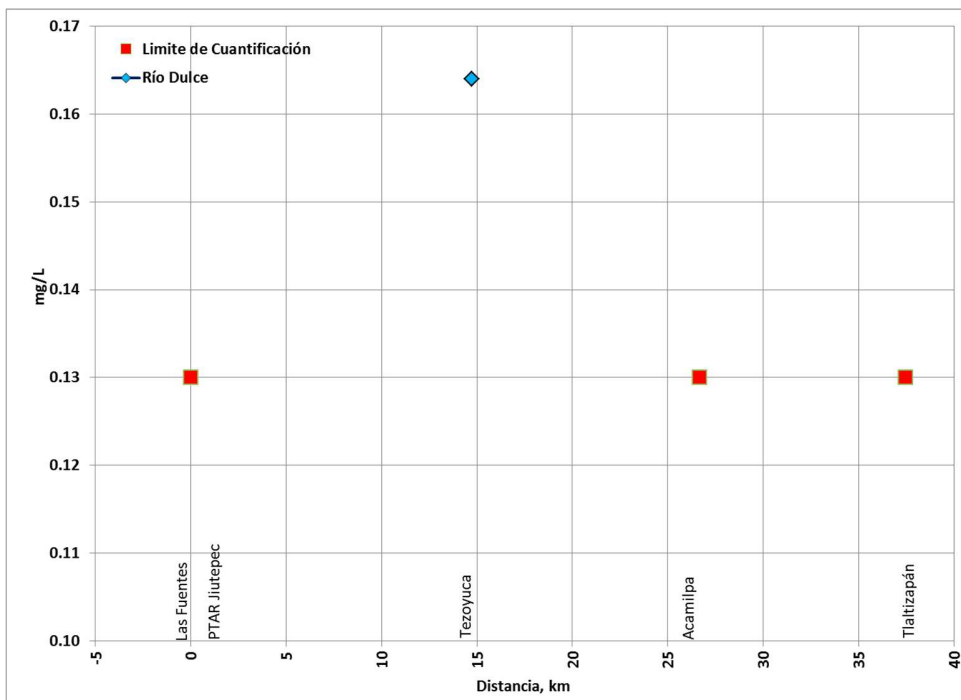


Figura 2. 57. Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM) en el río Dulce

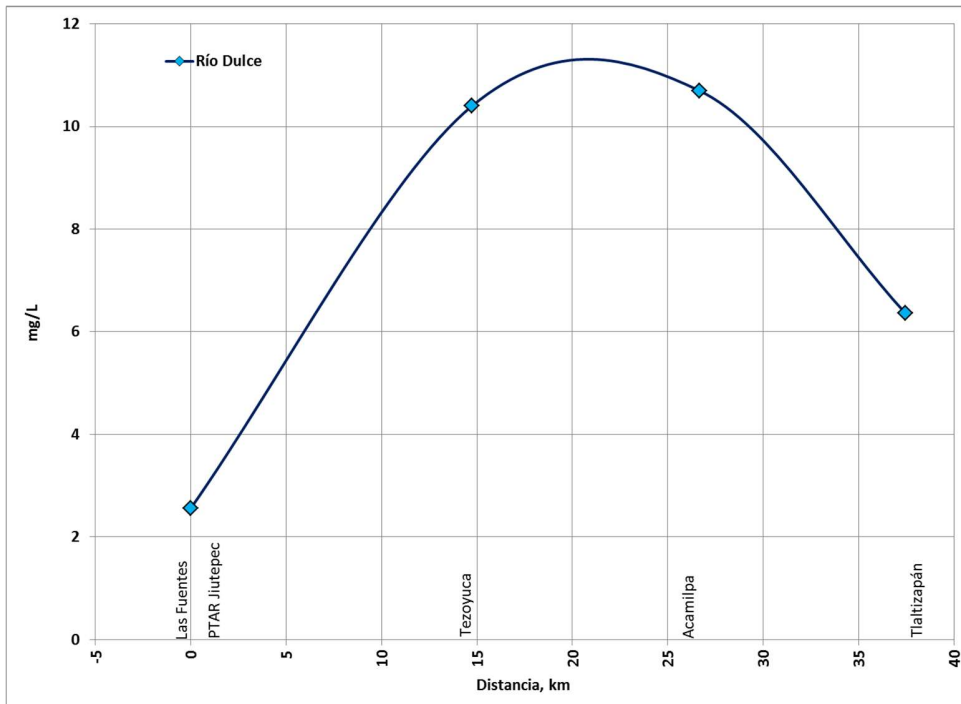


Figura 2. 58. Cloruros en el río Dulce

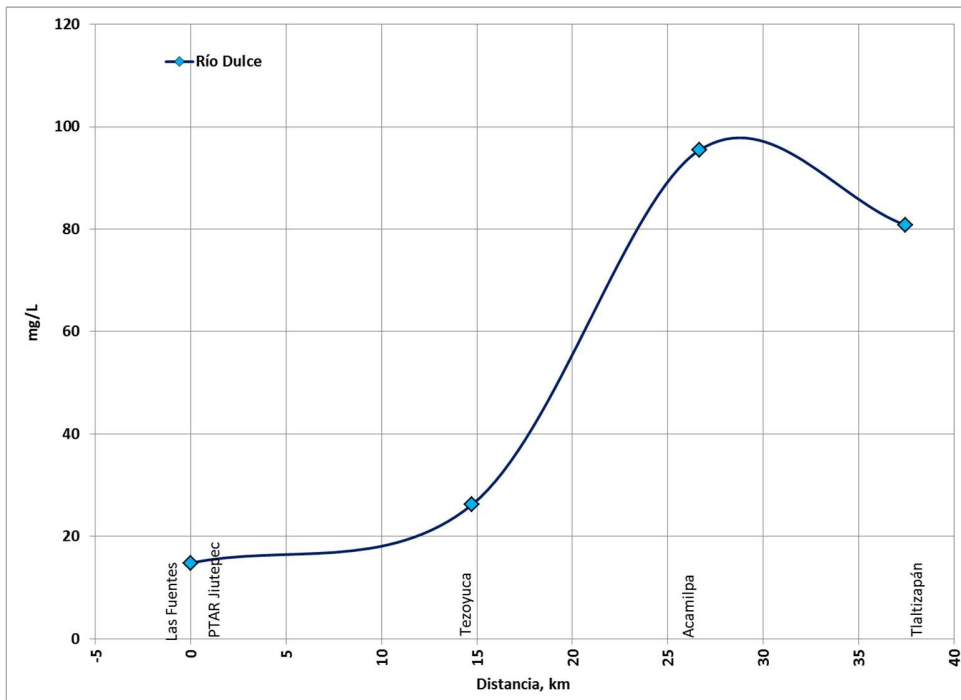


Figura 2. 59. Sulfatos en el río Dulce

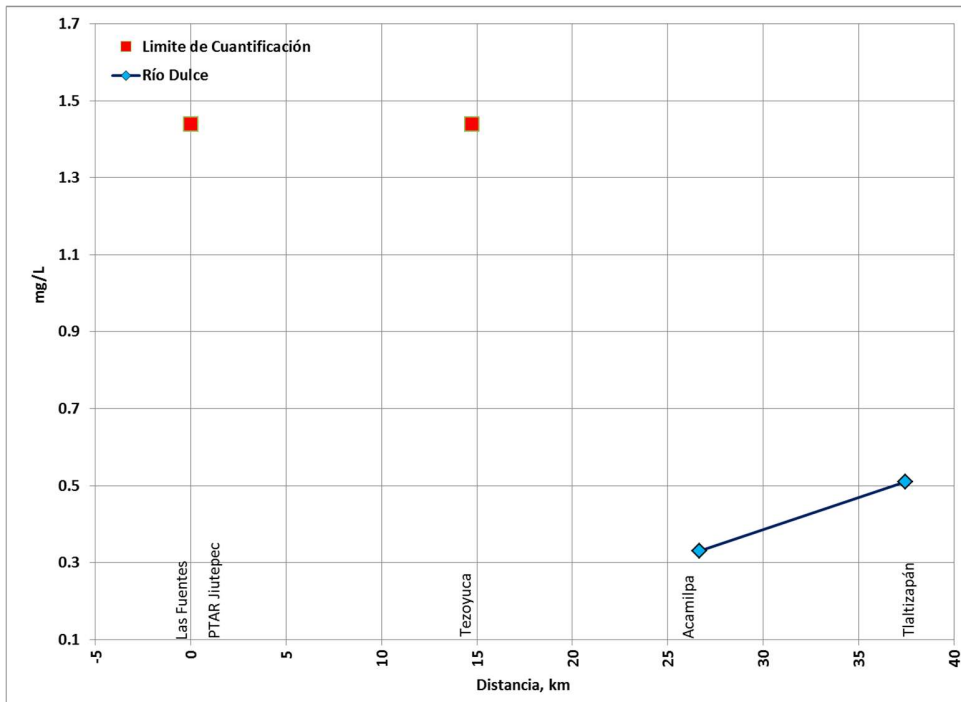


Figura 2. 60. Sulfuros en el río Dulce

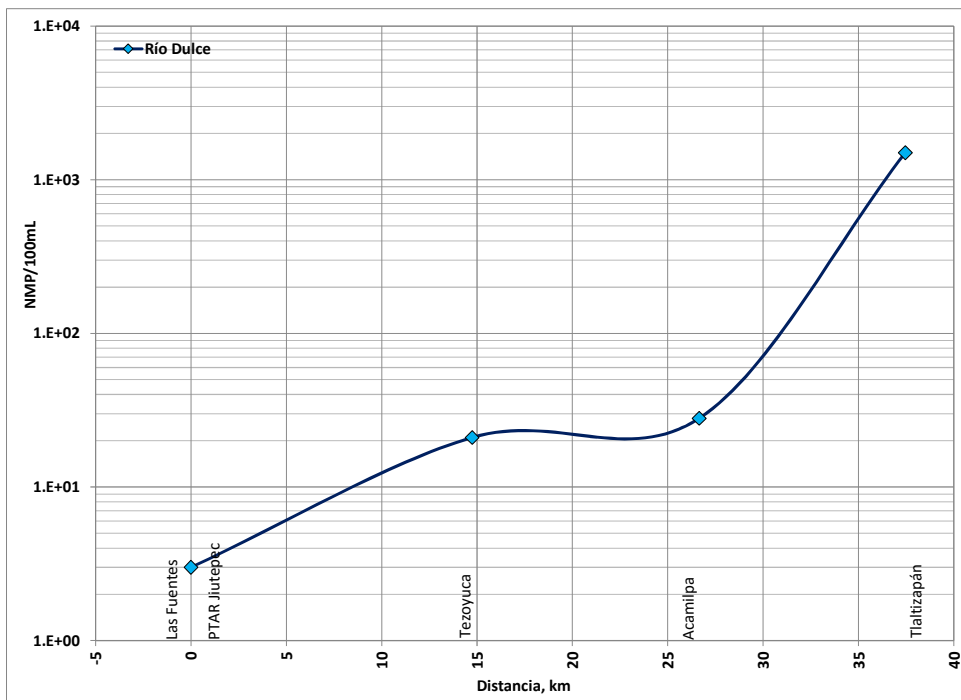


Figura 2. 61. Coliformes Fecales en el río Dulce

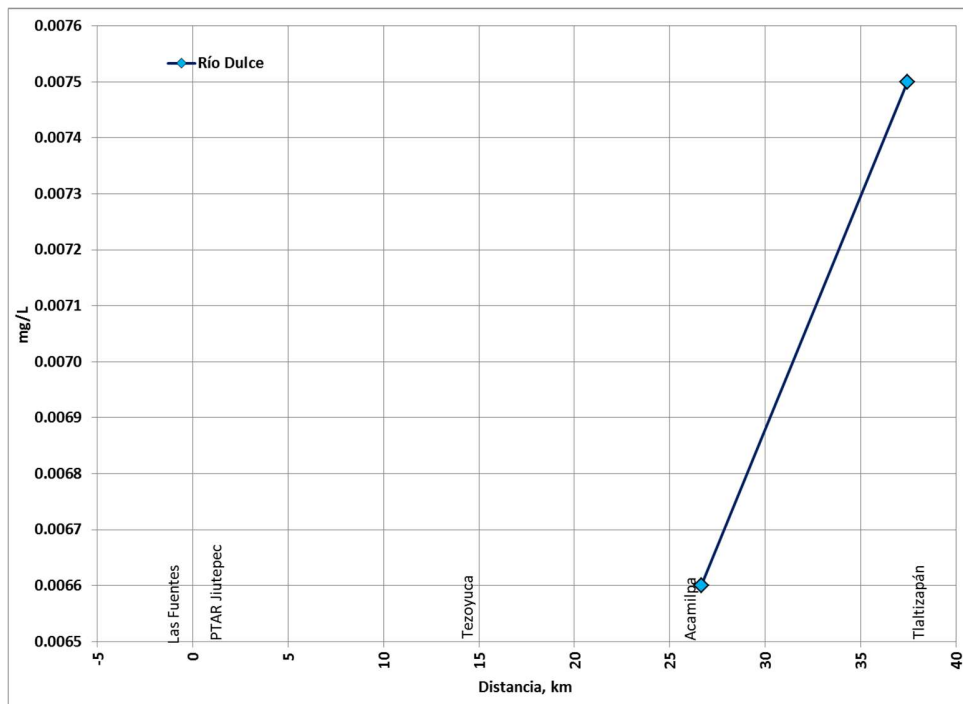


Figura 2. 62. Arsénico en el río Dulce

2.2.3. Resultados de calidad del agua para el Río Cuautla

En la Tabla 2. 5 se muestra los resultados de calidad de agua de las estaciones ubicadas en el río Cuautla y en las descargas y en la Figura 2. 63 a la Figura 2. 92 se ilustran gráficamente el comportamiento de cada parámetro.

Tabla 2. 5. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla

Clave	Nombre	Sitio	Temp.	Cond.	OD	pH	Salinidad	ORP	COT	Materia Flotante	Alcalinidad Total	Dureza Total	Color Verdadero		CE ₅₀	UT
			°C	µS/cm	mg/L		PSS	mv	mg/L	Ausencia	mg/L CaCo2	mg/L CaCO3	Upt-Co	pH	%	
21	Yecapixtla	Río														
1	Piedra Blanca	Río														
2	Unidad deportiva	Río	22.40	389	7.40	8.28		213.30	1.49		184	192	2.5	8.31		
7	PTAR Cuautla	PTAR	20.70	582	7.04	7.78			2.17		221	267	7.5	8.21		
3	López Portillo	Río	29.50	532	3.63	7.87		34.80	6.08		227	211	17.5	8		
22	Olintepec	Río														
4	Rafael Zaragoza	Río	23.10	943	8.80	8.57		262.80	2.33		316	477	20.0	8.57		
5	Ixtoluca	Río	23.50	1,011	8.54	9.04		254.60	3.63		333	489	20.0	8.69		
6	Nexpa	Río	24.80	1,080	8.42	8.72		269.40	3.11		306	517	17.5	8.62		

Nomenclatura: Temp.=Temperatura; °C = grados centígrados; Cond.=Conductividad; µS/cm = microsiemens/centímetro; OD = Oxígeno Disuelto; mg/L = miligramo/Litro; PSS = Practical Salinity Scale; ORP = Oxidation Reduction Potential; mv = millivolts; COT = Carbono Orgánico Total; CE₅₀ = Concentración Efectiva al 50%; UT = Unidades de Toxicidad; Upt-Co = Unidades de Platino-Cobalto; pH = Potential Hydrogen.

Tabla 2.5. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	DBO ₅	DBO ₅ Soluble	DQO	DQO Soluble	SDT	Sol. Sed.	SST	ST	N-NH ₃	N-NO ₃	N-NO ₂	N-Org.	NT-Kj	NT
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mL/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
21	Yecapixtla	Río														
1	Piedra Blanca	Río														
2	Unidad deportiva	Río	<0.61	<0.61	22.8	<6.65	152	<0.5	2	154	0.10	1.47	0.060	0.88	0.983	3.49
7	PTAR Cuautla	PTAR	0.84	0.74	31.6	21.6	232	<0.5	33	264	0.10	6.77	<0.002	1.28	1.38	9.53
3	López Portillo	Río	20	2.8	39.3	24.9	379	<0.5	8	387	2.29	0.37	0.829	3.61	5.9	13.00
22	Olintepec	Río														
4	Rafael Zaragoza	Río	2.2	0.88	<6.65	<6.65	761	<0.5	53	814	0.61	4.15	0.012	0.28	0.891	5.94
5	Ixtoluca	Río	1	0.9	20.3	20.5	774	<0.5	46	820	<0.037	3.25	<0.002	1.16	1.17	5.58
6	Nexpa	Río	1	0.62	31.9	<6.65	872	<0.5	18	890	0.04	3.01	<0.002	0.16	0.205	3.42

Nomenclatura: DBO₅ = Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días; DQO = Demanda Química de Oxígeno; SDT = Sólidos Disueltos Totales; Sol. Sed. = Sólidos sedimentables; SST = Sólidos Suspendidos Totales; ST = Sólidos Totales; N-NH₃ = Nitrógeno Amoniacal; N-NO₃ = Nitratos; N-NO₂ = Nitritos; N-Org. = Nitrógeno Orgánico; NT = Nitrógeno Total; NT-Kj = Nitrógeno Total Kjeldahl; mL/L = mililitro/Litro

Tabla 2.5. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	P-Orto	P-Hidro.	P-Org.	PT	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	SAAM	Cloruros	Fenoles	Fosfatos	Sulfatos	Sulfuros
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100mL	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
21	Yecapixtla	Río												
1	Piedra Blanca	Río												
2	Unidad deportiva	Río	0.25	0.23	0.07	0.55	4.0E+00	<2.91	<0.13	3.9	<0.0145	0.92	25.3	<1.44
7	PTAR Cuautla	PTAR	0.92	1.03	0.28	2.23	3.0E+00	7.7	<0.13	7.9	<0.0145	4.01	59.8	<1.44
3	López Portillo	Río	0.93	0.84	0.25	2.02	1.1E+01	13.6	0.246	20.8	<0.0145	3.34	38.2	<1.44
22	Olintepepec	Río												
4	Rafael Zaragoza	Río	0.22	0.24	0.03	0.49	2.3E+03	6.92	<0.13	26.4	<0.0145	0.83	204.0	<1.44
5	Ixtoluca	Río	0.2	0.2	<0.015	0.4	1.2E+02	3.88	<0.13	28.3	<0.0145	0.61	238.0	<1.44
6	Nexpa	Río	0.15	0.12	0.06	0.33	4.3E+01	52	<0.13	25.9	<0.0145	0.55	274.0	<1.44

Nomenclatura: P Orto = Ortofosfato; P-Hidro. = Fósforo Hidrolizable; P-Org. = Fósforo Orgánico; PT = Fósforo Total; SAAM = Sustancias Activas al Azul de Metileno

Tabla 2.5. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Níquel	Plomo	Zinc	Cianuros	Cromo VI
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
21	Yecapixtla	Río										
1	Piedra Blanca	Río										
2	Unidad deportiva	Río									<0.02	<0.10
7	PTAR Cuautla	PTAR									<0.02	<0.10
3	López Portillo	Río									<0.02	<0.10
22	Olintepepec	Río										
4	Rafael Zaragoza	Río									<0.02	<0.10
5	Ixtoluca	Río									<0.02	<0.10
6	Nexpa	Río									<0.02	<0.10

Tabla 2.5. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	Hexacloro Benceno	Lindano	Heptacloro	Aldrín	Epoxido de Heptacloro	Clordanos	Dieldrín	DDT(Total-Isómeros)	Metoxicloro
			µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
21	Yecapixtla	Río									
1	Piedra Blanca	Río									
2	Unidad deportiva	Río									
7	PTAR Cuautla	PTAR									
3	López Portillo	Río									
22	Olintepepec	Río									
4	Rafael Zaragoza	Río									
5	Ixtoluca	Río									
6	Nexpa	Río	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

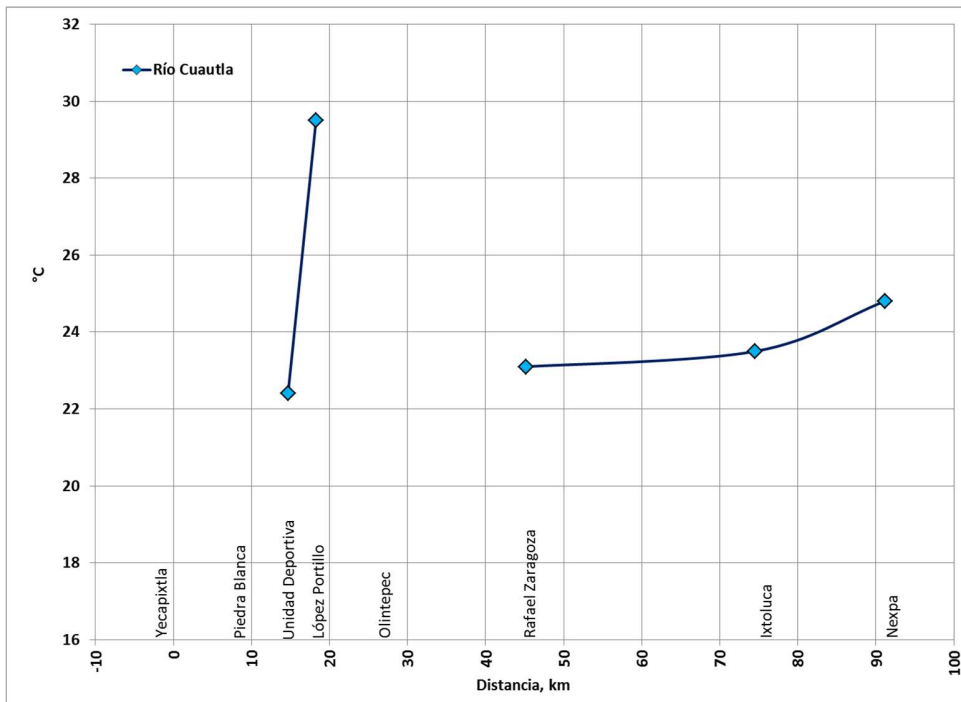


Figura 2. 63. Temperatura en el río Cuautla

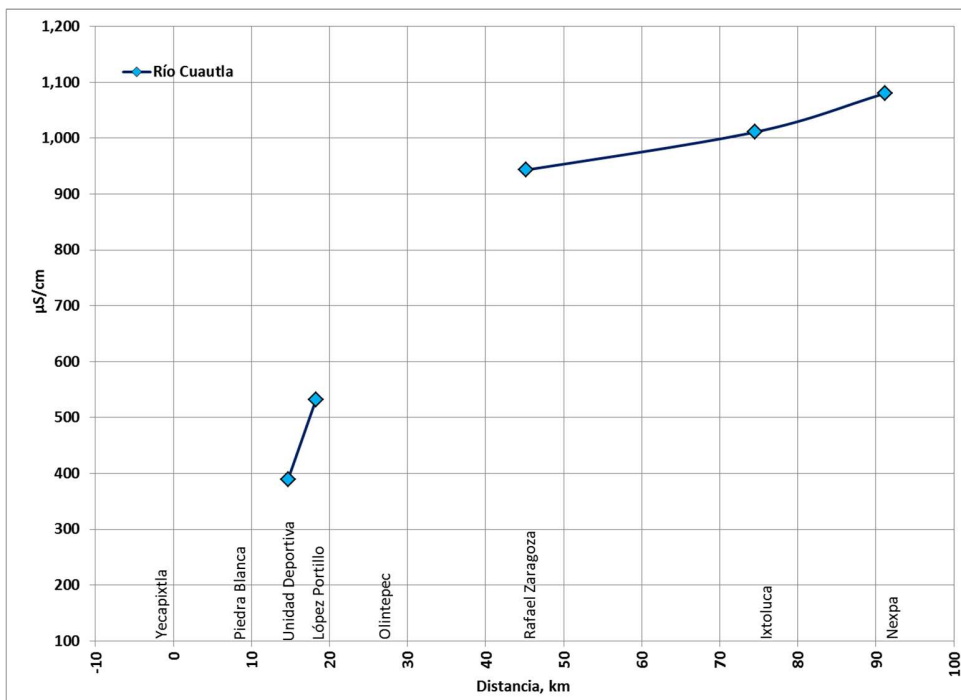


Figura 2. 64. Conductividad Eléctrica en el río Cuautla

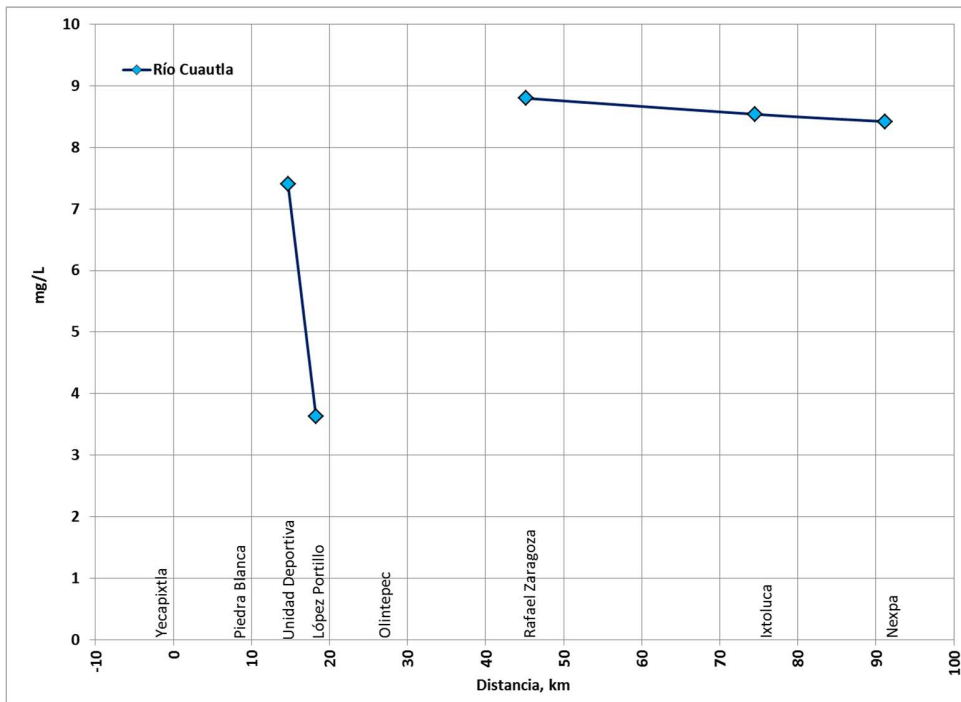


Figura 2. 65. Oxígeno Disuelto en el río Cuautla

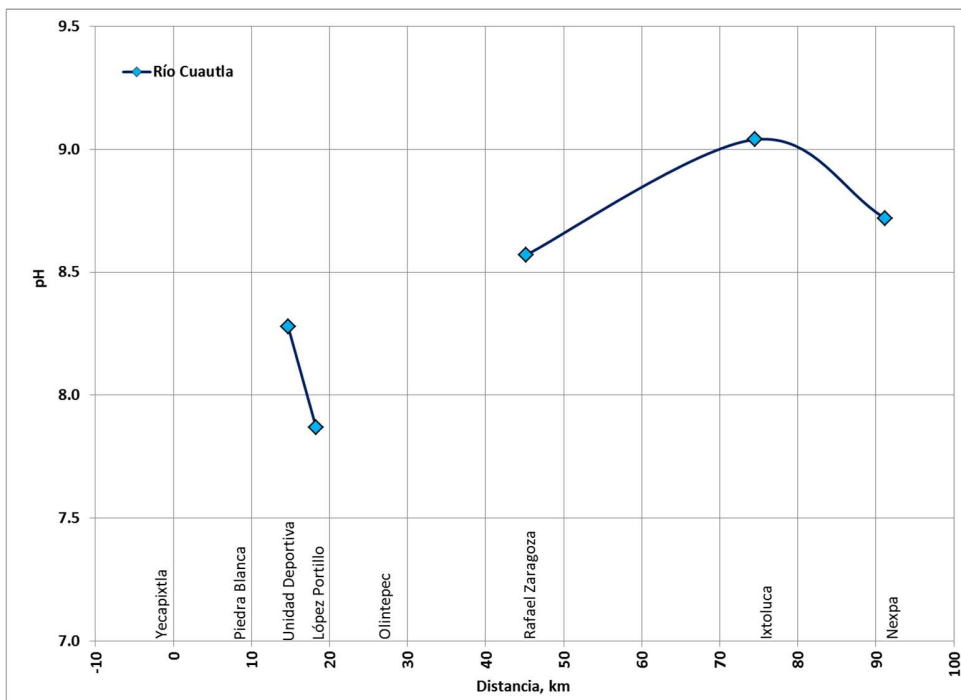


Figura 2. 66. pH en el río Cuautla

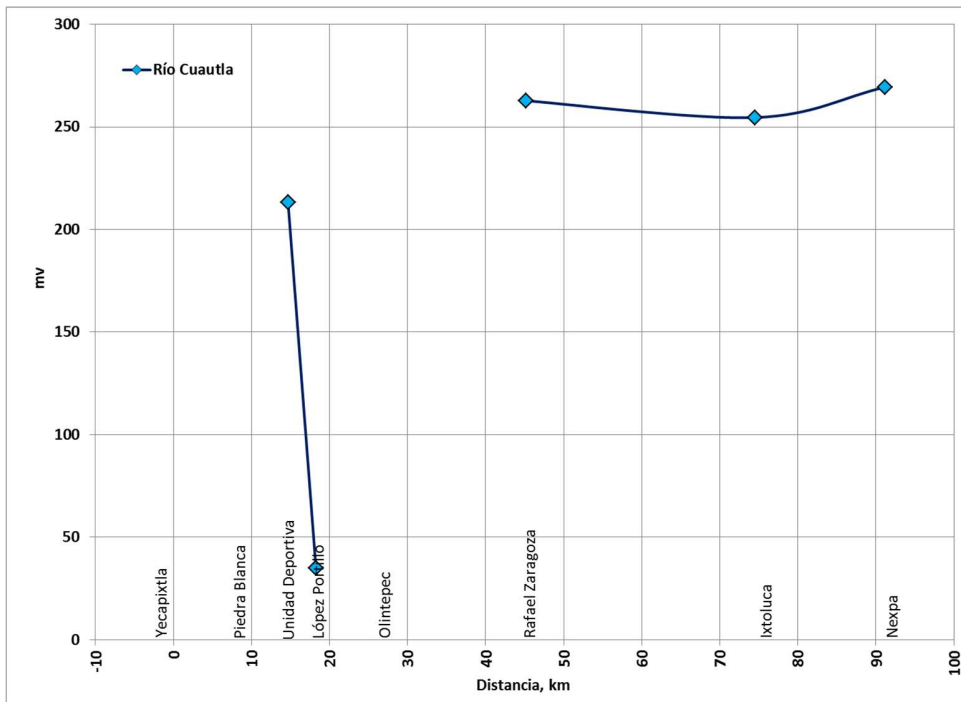


Figura 2. 67. Potencial de Oxido Reducción en el río Cuautla

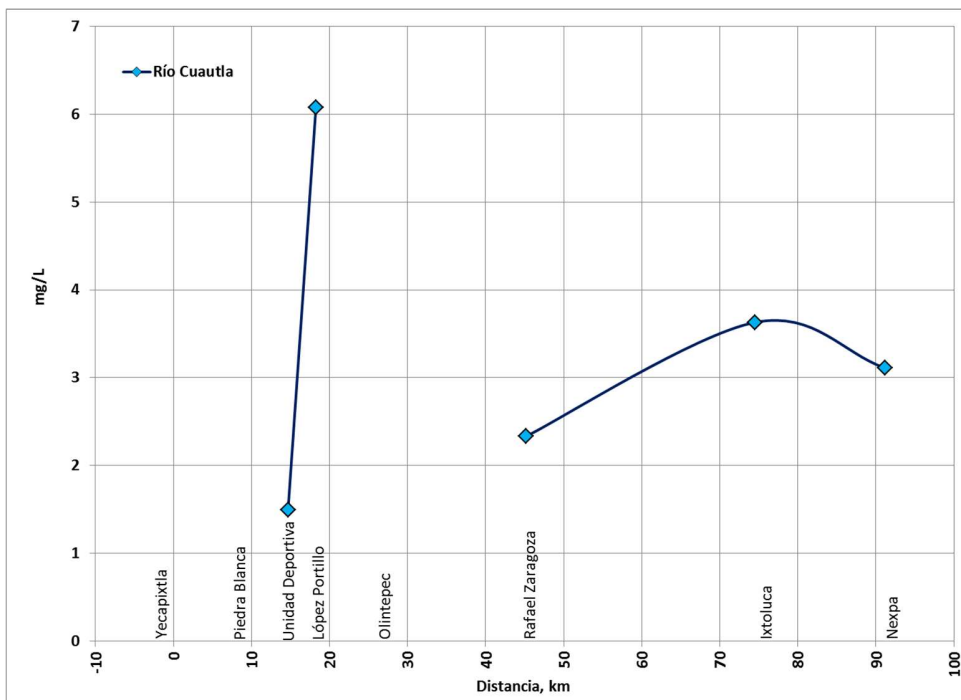


Figura 2. 68. Carbono Orgánico total en el río Cuautla

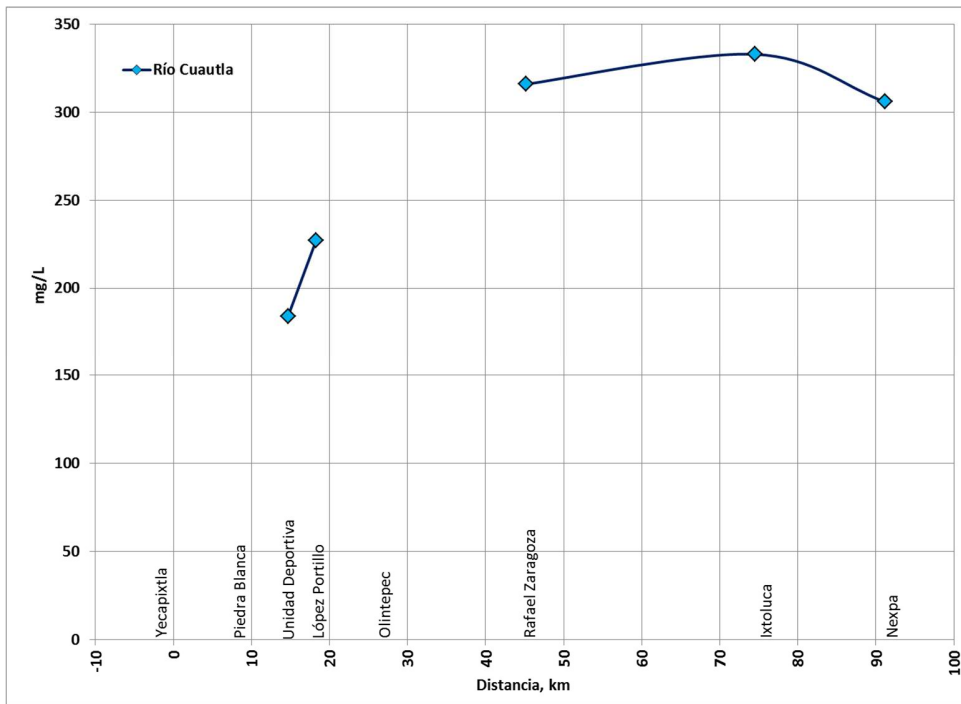


Figura 2. 69. Alcalinidad Total en el río Cuautla

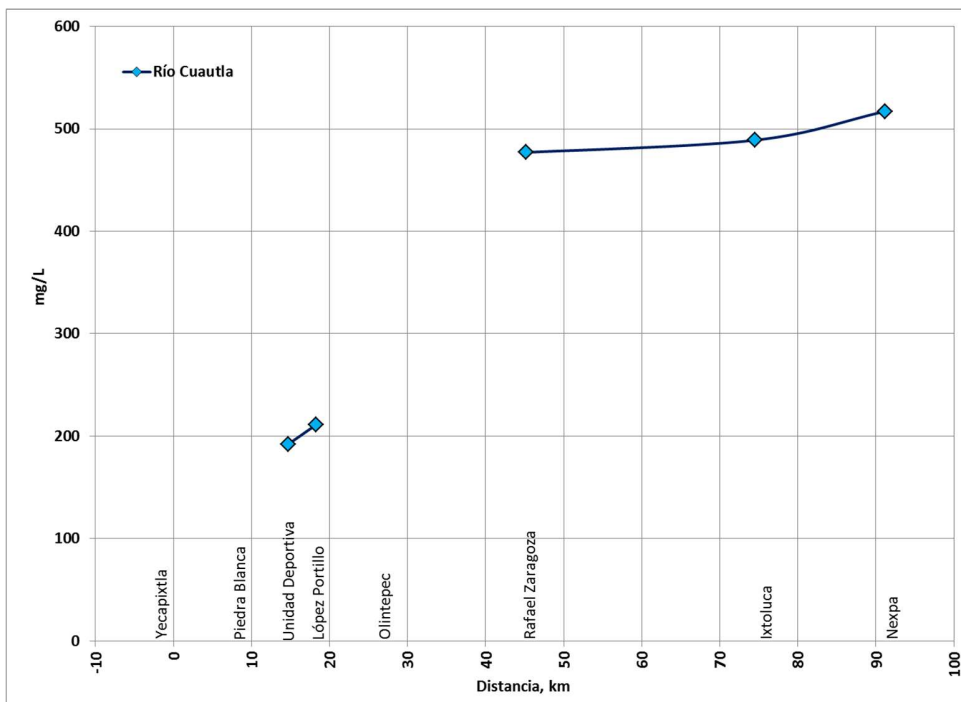


Figura 2. 70. Dureza en el río Cuautla

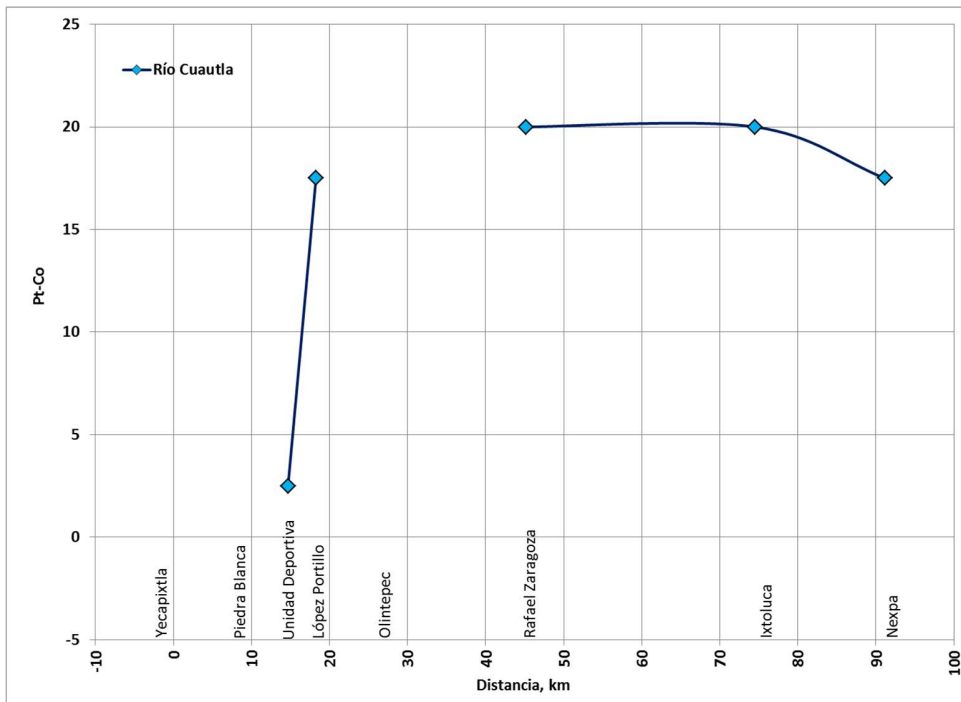


Figura 2. 71. Color Verdadero en el río Cuautla

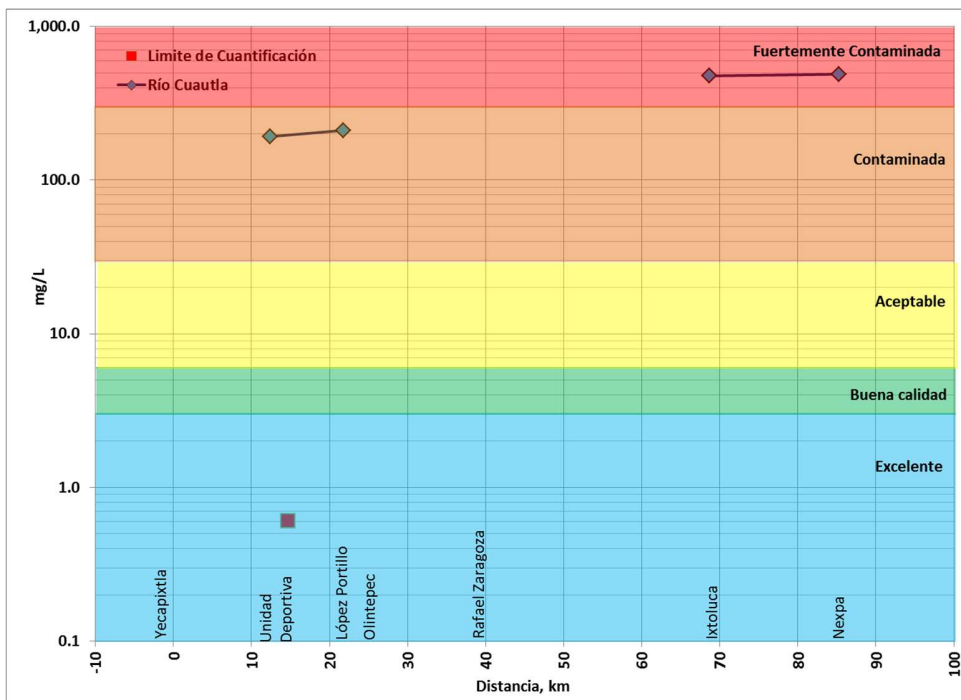


Figura 2. 72. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

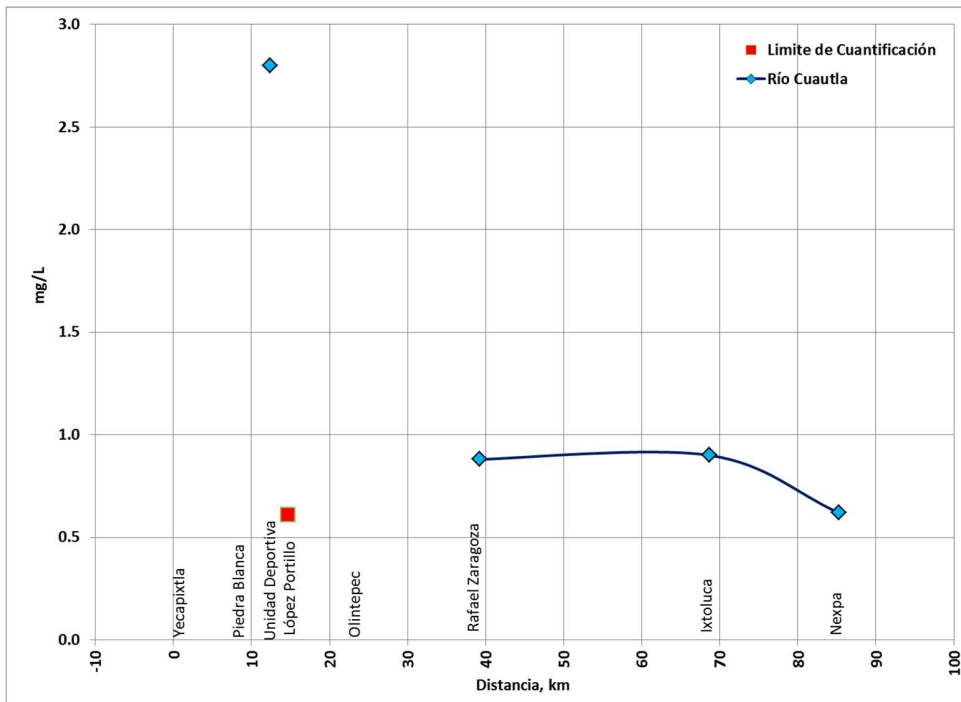


Figura 2. 73. Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble en el río Cuautla

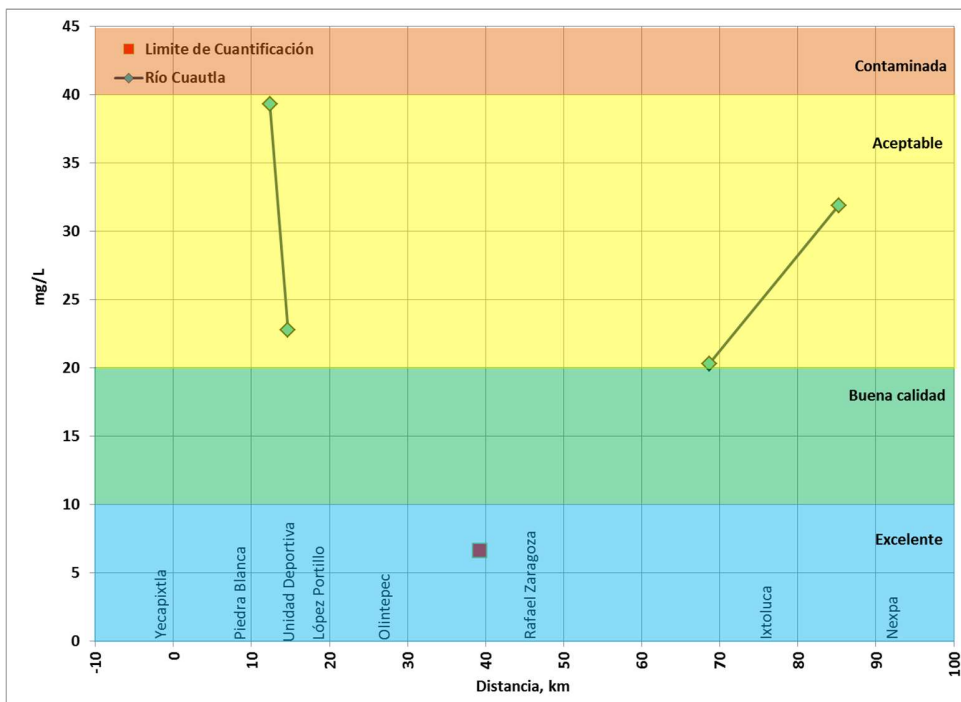


Figura 2. 74. Demanda Química de Oxígeno en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

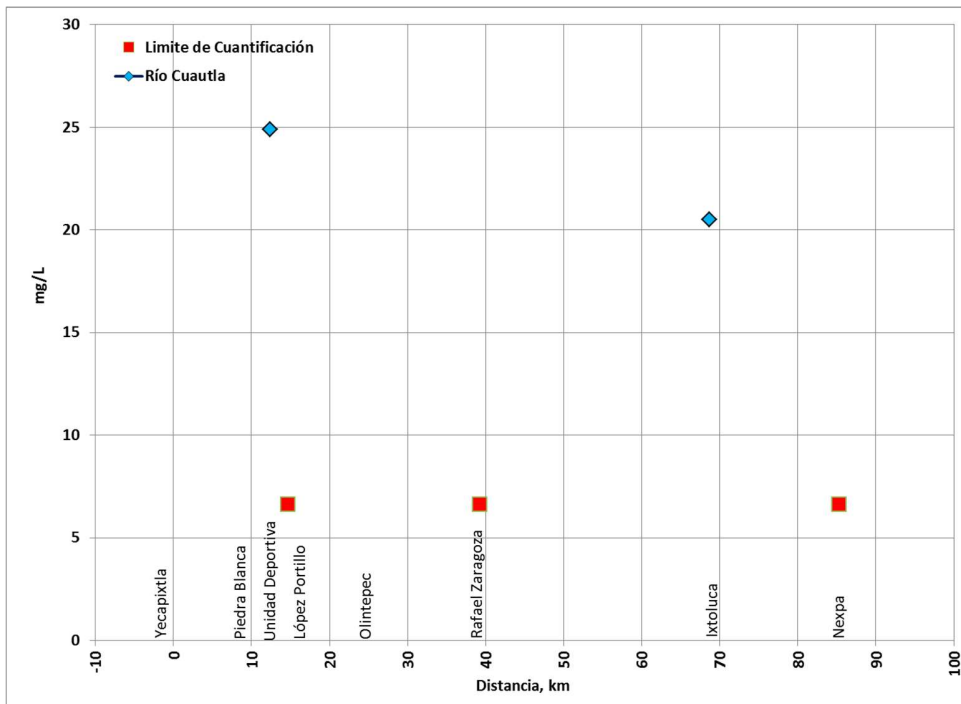


Figura 2. 75. Demanda Química de Oxígeno soluble en el río Cuautla

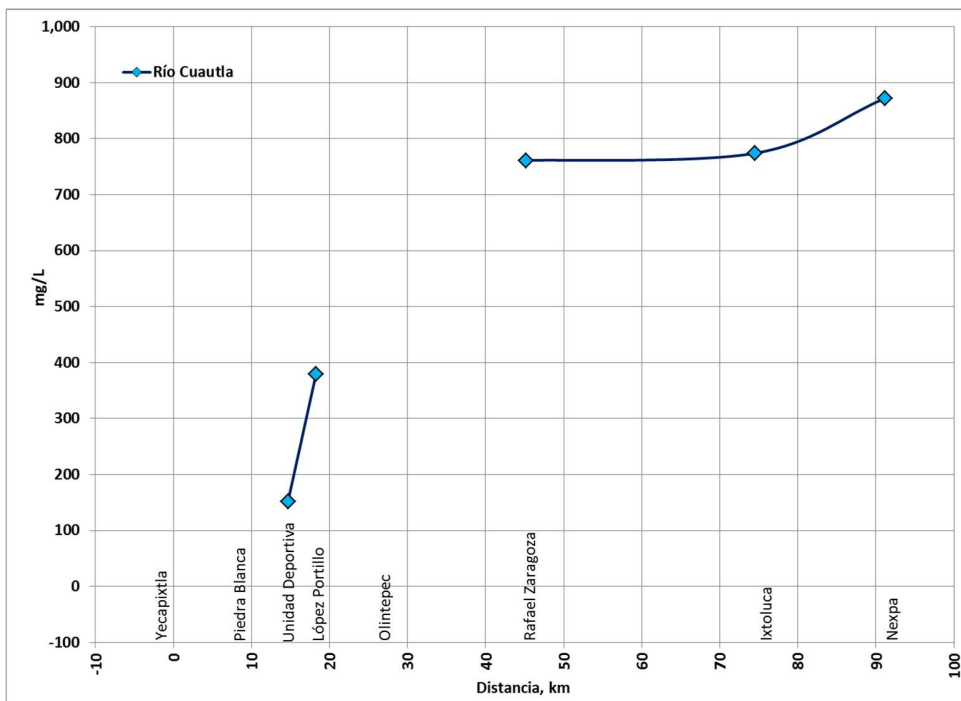


Figura 2. 76. Sólidos Disueltos Totales (SDT) en el río Cuautla

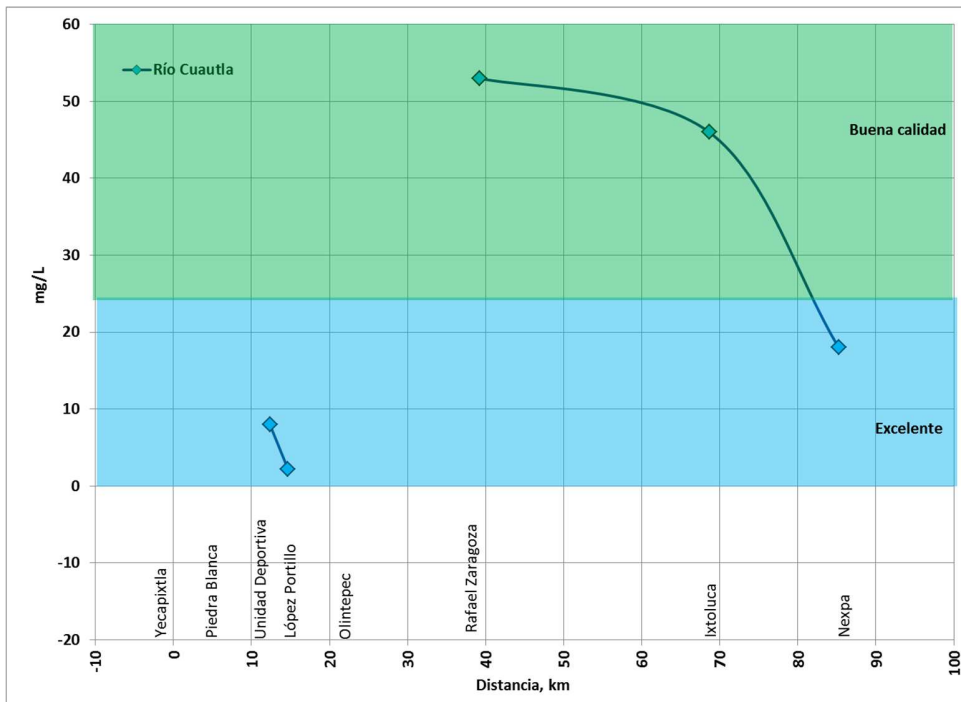


Figura 2. 77. Sólidos Suspendedos Totales (SST) en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

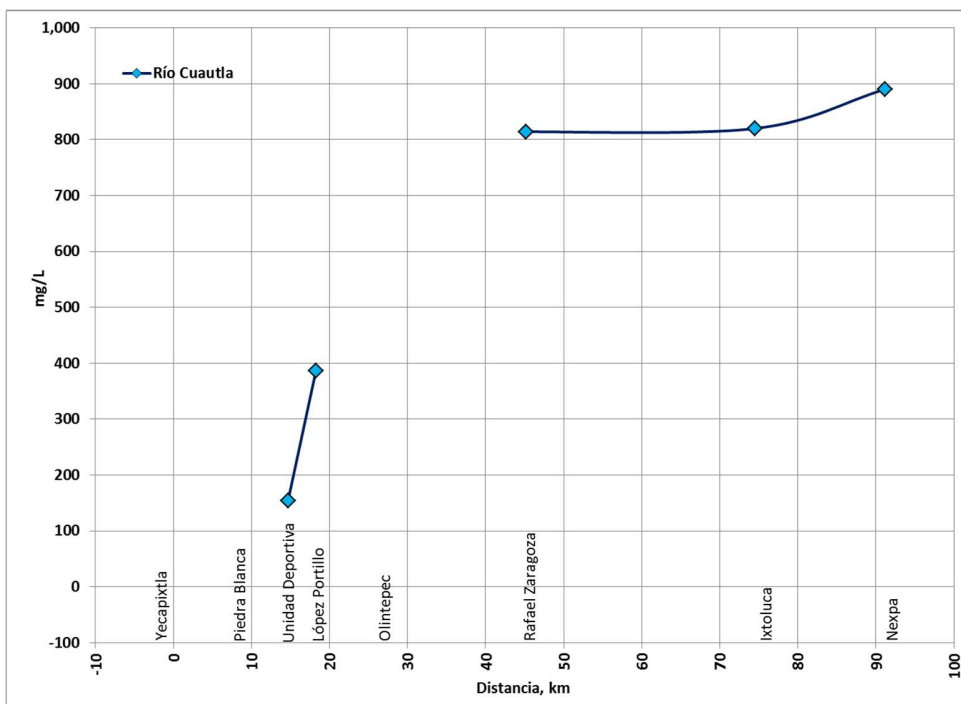


Figura 2. 78. Sólidos Totales (ST) en el río Cuautla

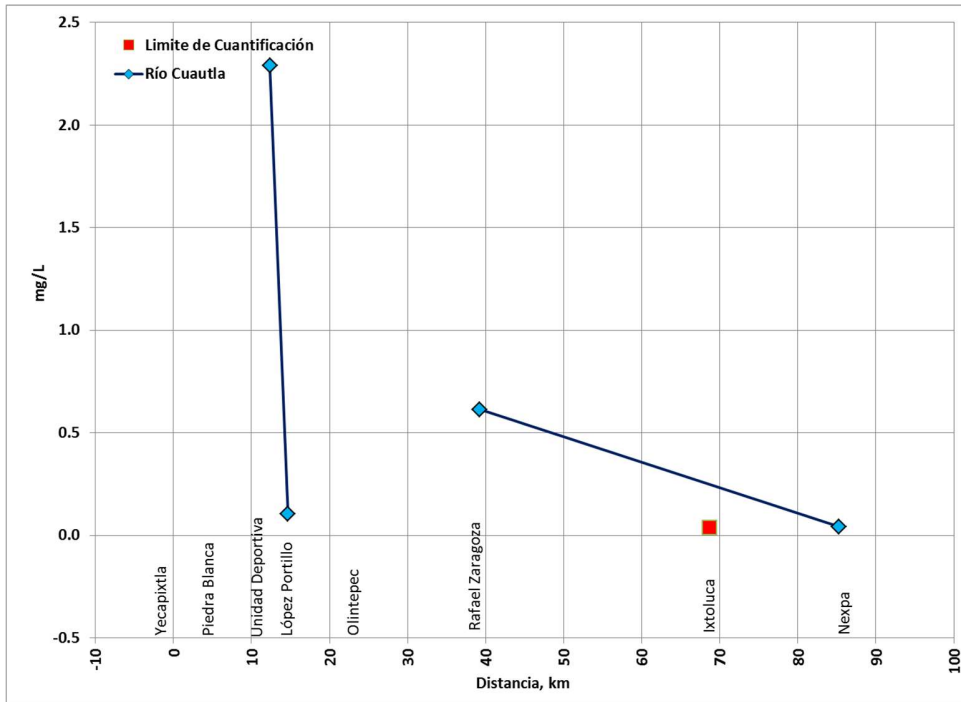


Figura 2. 79. Nitrógeno Amoniaco (NH_3) en el río Cuautla

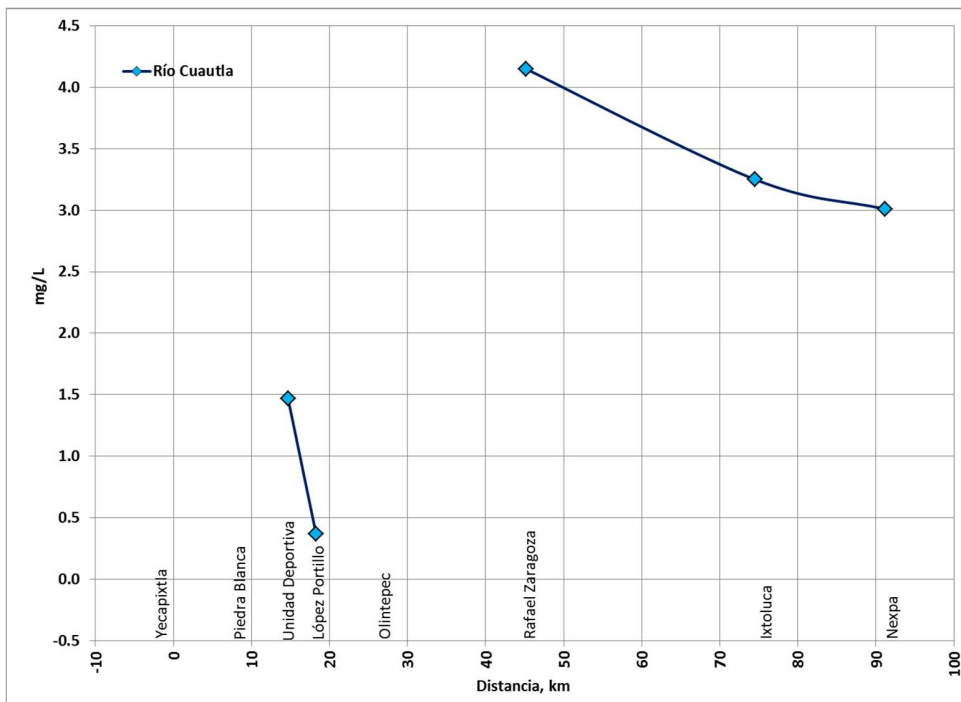


Figura 2. 80. Nitratos (NO_2) en el río Cuautla

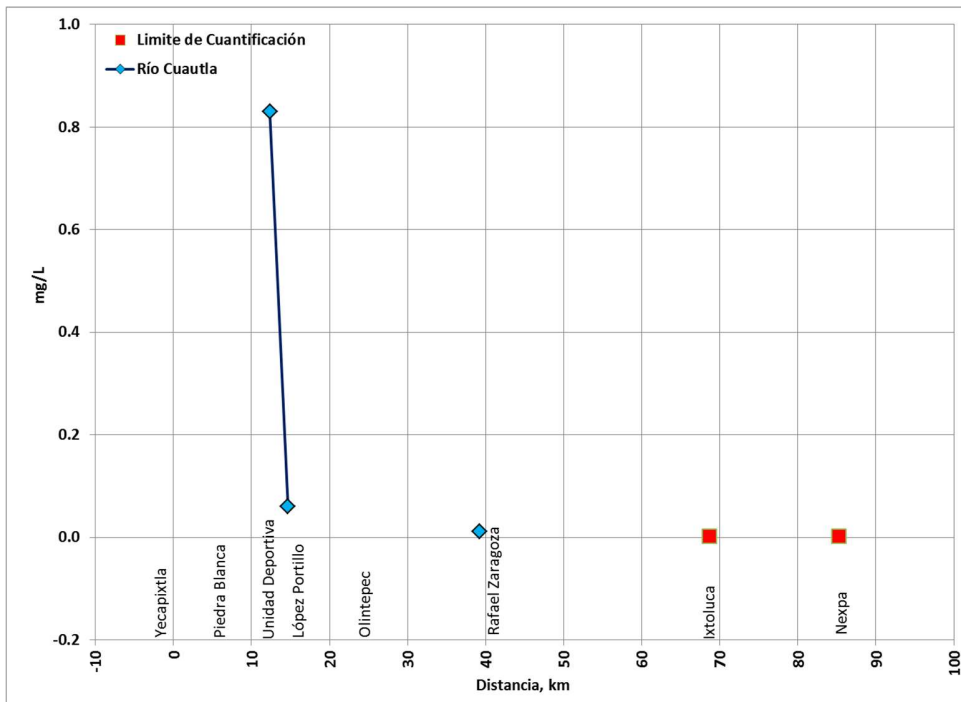


Figura 2. 81. Nitritos (NO_3) en el río Cuautla

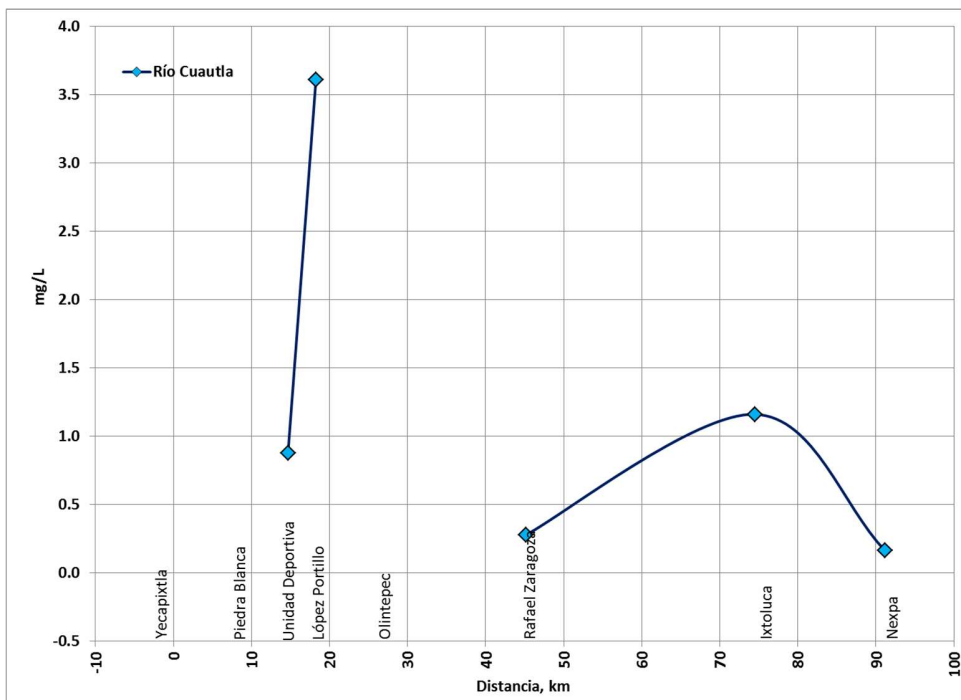


Figura 2. 82. Nitrógeno Orgánico en el río Cuautla

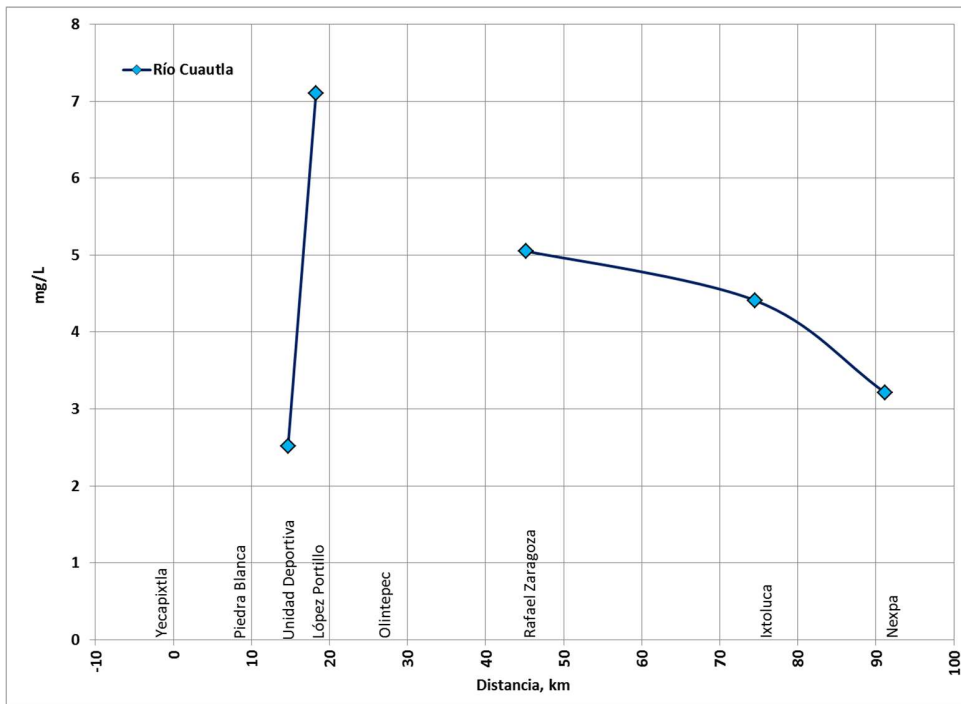


Figura 2. 83. Nitrógeno Total en el río Cuautla

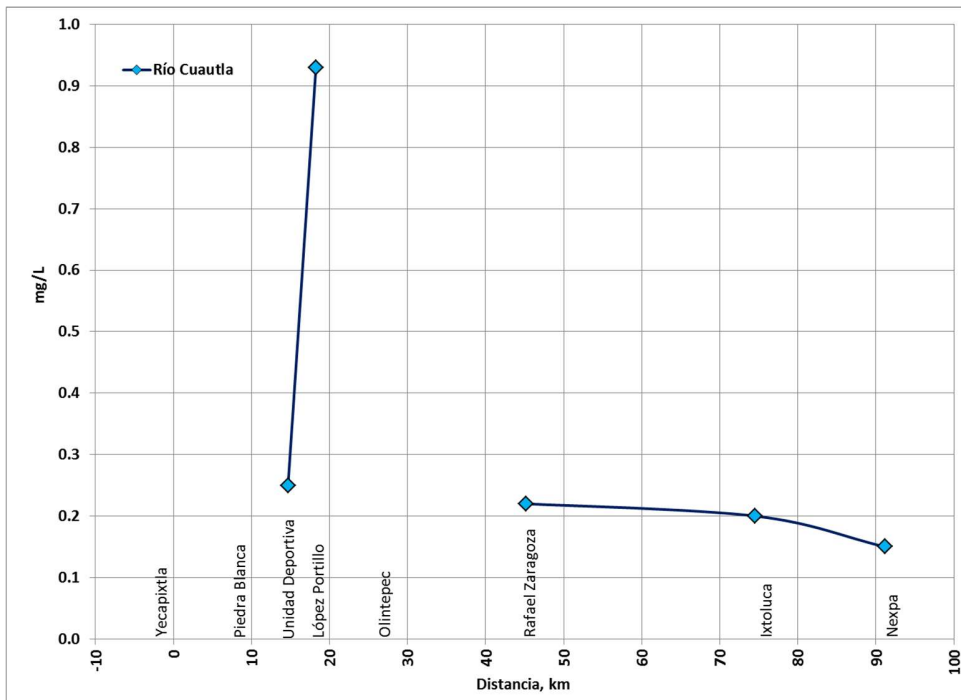


Figura 2. 84. Ortofosfatos en el río Cuautla

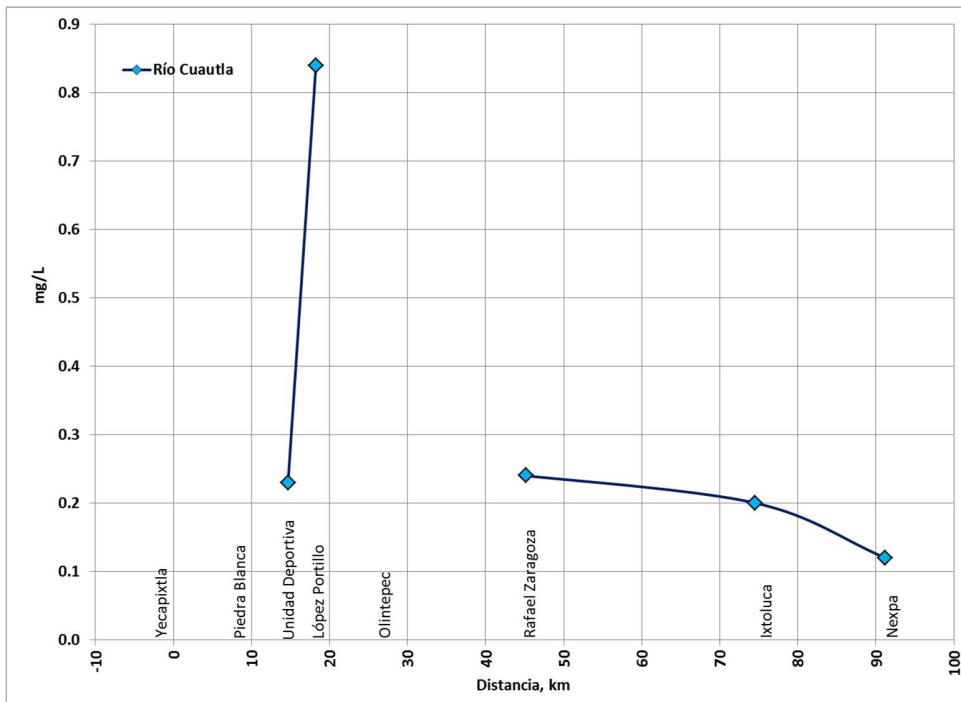


Figura 2. 85. Fósforo Hidrolizable en el río Cuautla

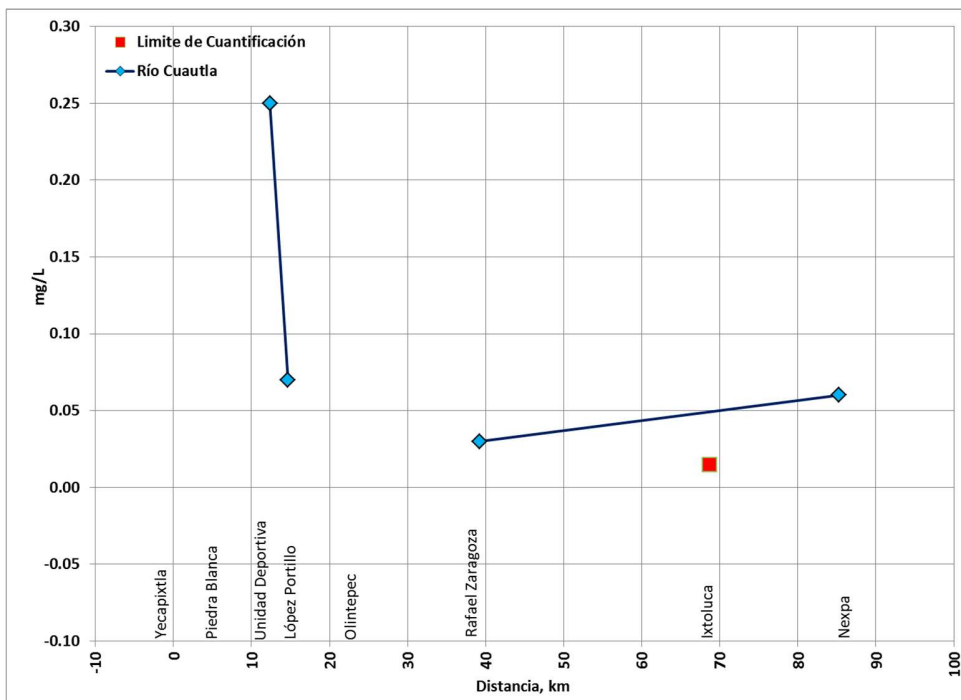


Figura 2. 86. Fósforo Orgánico en el río Cuautla

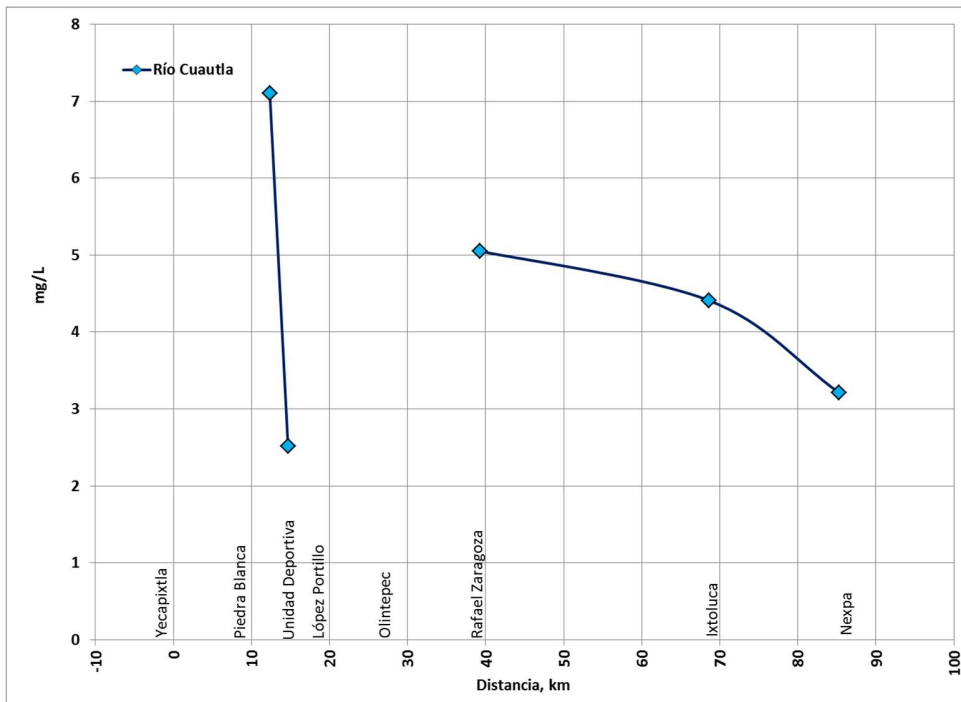


Figura 2. 87. Fósforo Total en el río Cuautla

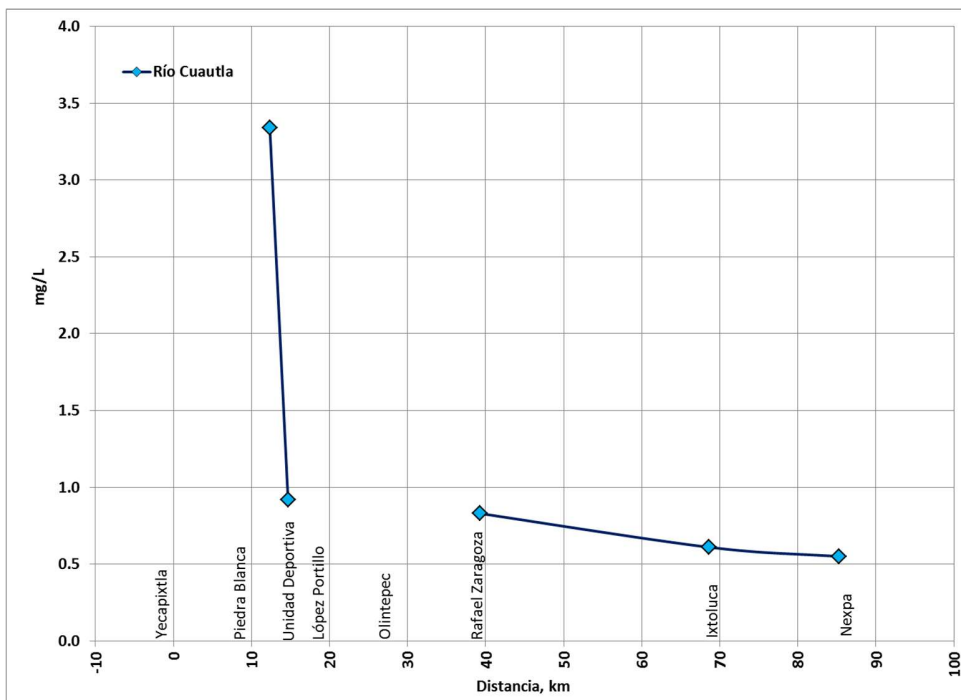


Figura 2. 88. Fosfatos en el río Cuautla

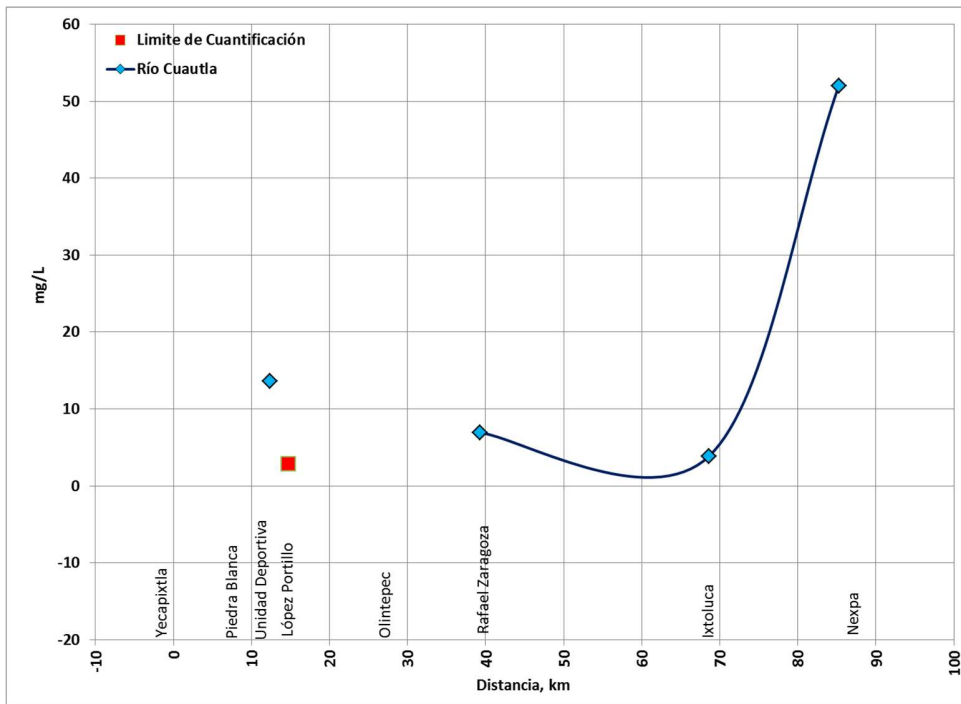


Figura 2. 89. Grasas y Aceites en el río Cuautla

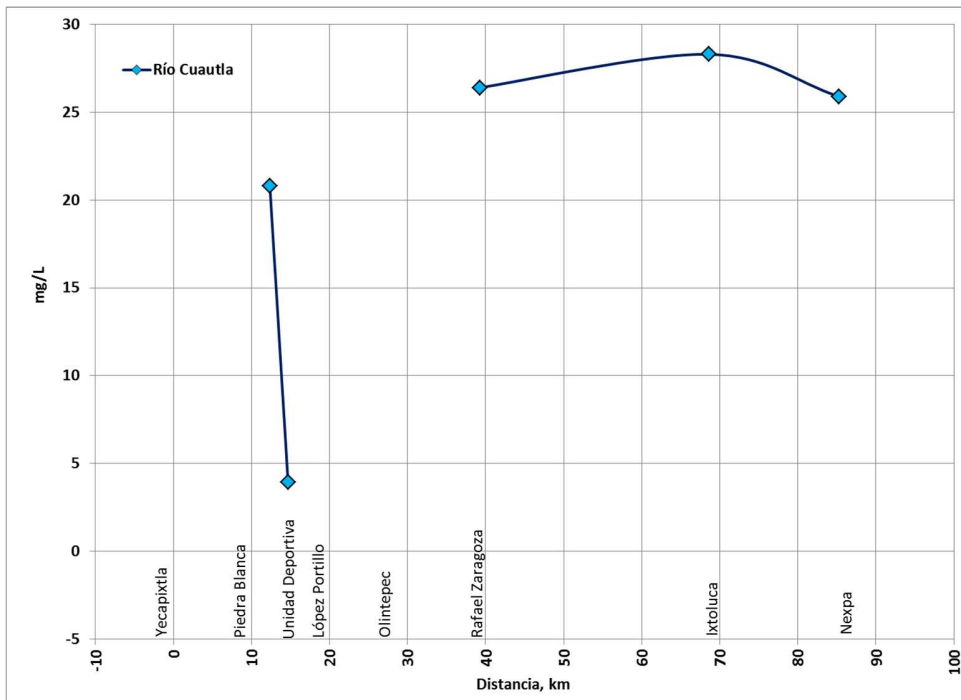


Figura 2. 90. Cloruros en el río Cuautla

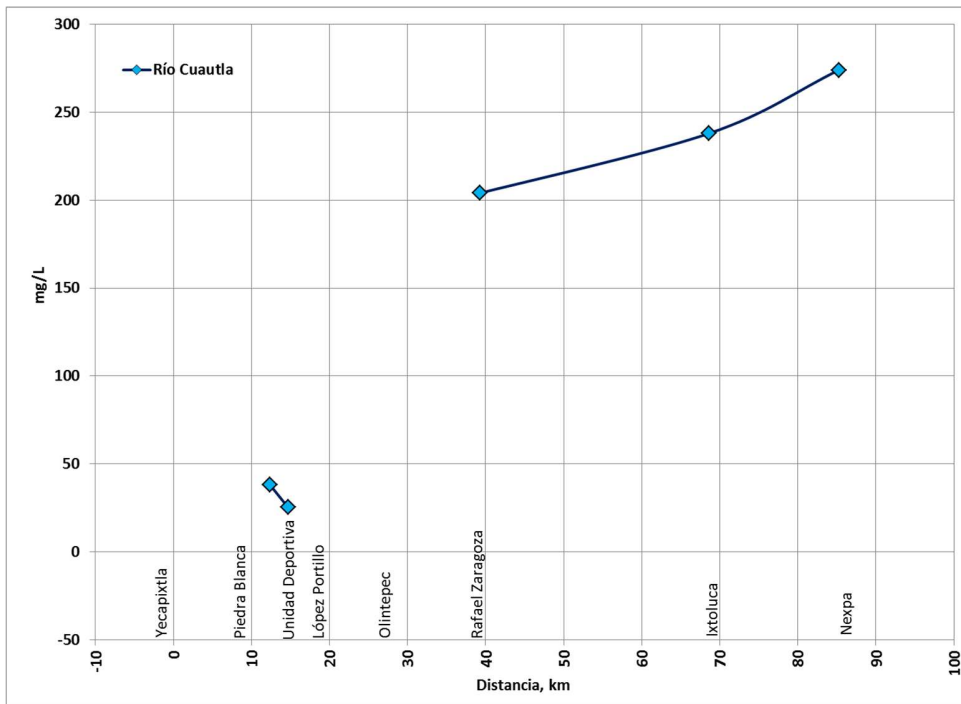


Figura 2. 91. Sulfatos en el río Cuautla

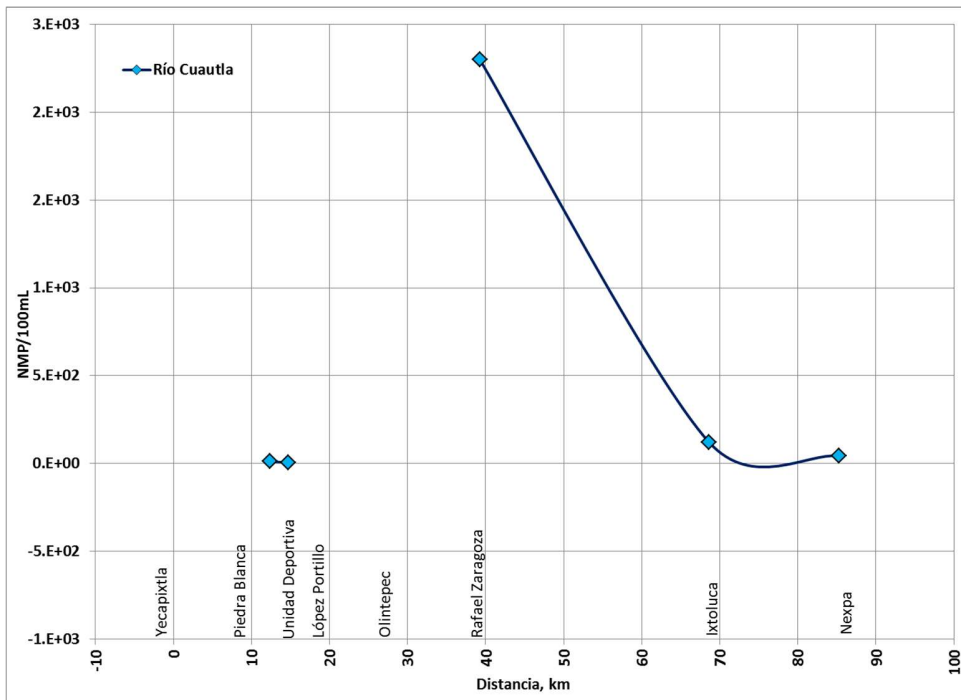


Figura 2. 92. Coliformes Fecales en el río Cuautla

2.2.4. Aforos

Asociado con la caracterización de la calidad del agua en las estaciones señaladas anteriormente, se efectuó el aforo en cada uno de los sitios. En la Tabla 2. 6 se muestra los resultados de los aforos para las estaciones de monitoreo en el río Yautepec, en la Tabla 2. 7 los correspondientes al río Dulce y en la Tabla 2. 8 los correspondientes al río Cuautla.

Tabla 2. 6. Aforos en las estaciones del río Yautepec

Estación	Nombre	Velocidad promedio m/s	Área transversal m ²	Q m ³ /s
23	Tepoztlán	0.49	0.337	0.164
8	Cocoyoc Balneario	0.66	0.635	0.422
14	PTAR Tepoztlán	0.12	0.152	0.018
9	Yautepec Centro	0.86	0.121	0.104
15	PTAR Yautepec	--	--	0.007
24	Barranca Apaquentzalco	0.28	1.061	0.296
16	PTAR Tlaltizapán	0.57	0.028	0.016
10	Centro IPN	0.66	2.841	1.881
11	Tlaltizapán-Yautepec	1.02	6.205	6.299
12	Después Confluencia con Dulce	1.23	4.520	5.543
13	Pedro Amaro	0.45	8.850	4.013

Tabla 2. 7. Aforos en las estaciones del río Dulce

Estación	Nombre	Velocidad promedio m/s	Área transversal m ²	Q m ³ /s
17	Las Fuentes	0.50	4.530	2.249
19	Acamilpa	0.47	1.407	0.658
20	Antes confluencia Yautepec	0.65	4.453	2.900

Tabla 2. 8. Aforos en las estaciones del río Cuautla

Estación	Nombre	Velocidad promedio m/s	Área transversal m ²	Q m ³ /s
2	Unidad Deportiva	2.41	0.421	2.628
7	PTAR Cuautla	4.44	0.068	0.304
3	López Portillo	0.74	3.414	2.803
4	San Rafael Zaragoza	0.46	3.029	1.064
5	Ixtoluca	0.73	2.916	1.088
6	Nexpa	0.539	4.178	1.966

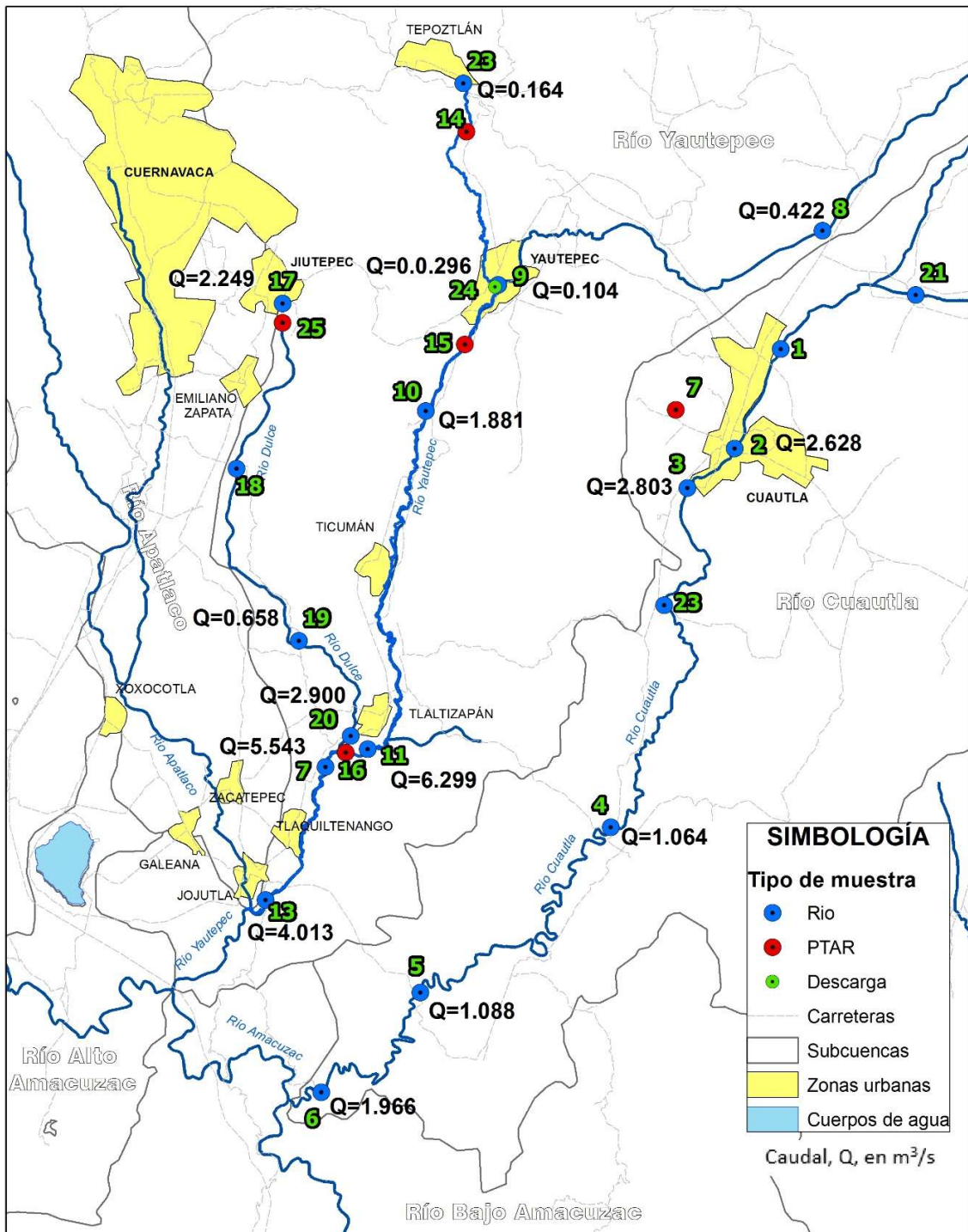


Figura 2. 93. Caudales en las cuencas de los ríos Yautepec y Cuautla

Río Cuautla

A continuación se describe las características hidráulicas de las estaciones de aforo en el río Cuautla.

En la Tabla 2. 9 a la Tabla 2. 13 se muestra, respectivamente, las dimensiones de la sección transversal del río, así como el caudal en el punto de aforo, para las estaciones en el río Cuautla. En la Figura 2. 94 a la Figura 2. 98 se ilustra la sección transversal en cada sitio de aforo.

Tabla 2. 9. Calculo de caudal en la estación Unidad Deportiva en el río Cuautla

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
0.5	0.33	2.316	0.167	0.386
1.0	0.36	2.186	0.183	0.399
1.5	0.43	2.302	0.216	0.498
2.0	0.52	2.868	0.251	0.721
2.5	0.47	2.386	0.262	0.624
3.1	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	<i>1.079</i>	<i>2.628</i>

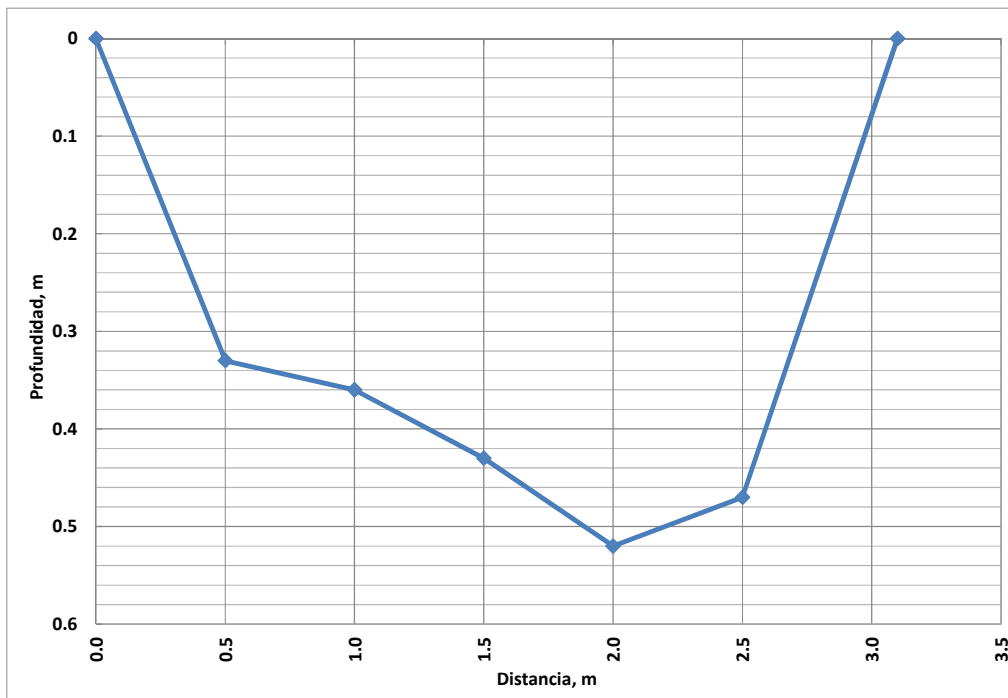


Figura 2. 94. Sección transversal en la estación Unidad Deportiva en el río Cuautla

Tabla 2. 10. Calculo de caudal en la estación López Portillo en el río Cuautla

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
5.0	0.47	1.159	1.298	1.504
5.5	0.55	1.072	0.267	0.286
6.0	0.50	0.783	0.254	0.199
6.5	0.52	0.730	0.261	0.190
7.0	0.55	0.725	0.266	0.193
7.5	0.44	0.648	0.223	0.144
8.0	0.37	0.635	0.191	0.121
8.5	0.40	0.599	0.199	0.119
9.0	0.42	0.544	0.357	0.037
9.5	0.38	0.511	0.098	0.009
9.5	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	3.414	2.803

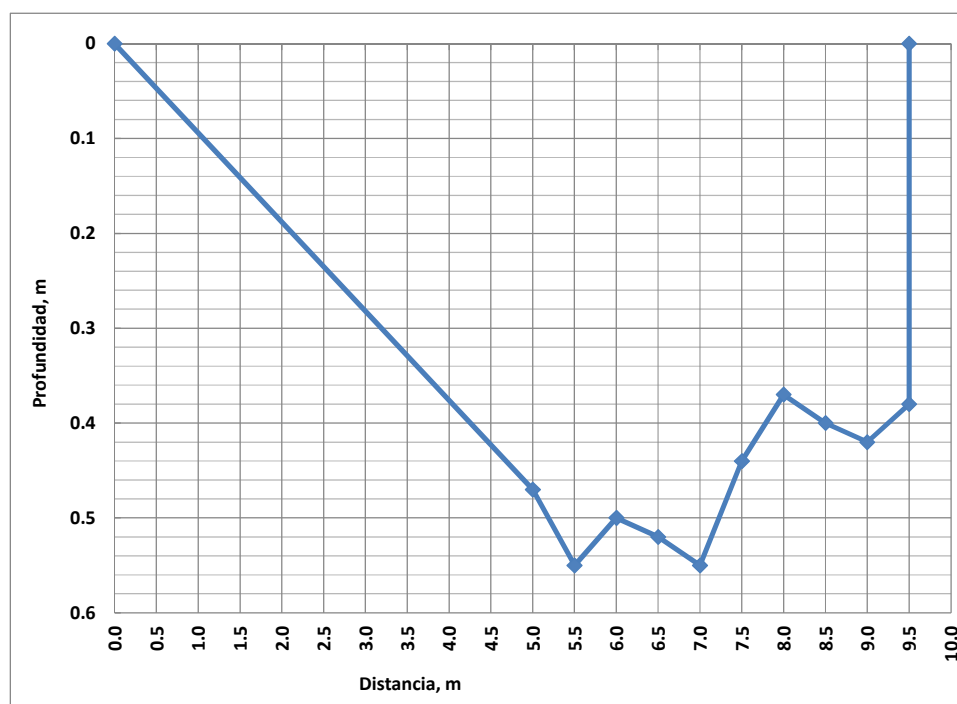


Figura 2. 95. Sección transversal en la estación López Portillo en el río Cuautla

Tabla 2. 11. Calculo de caudal en la estación San Rafael Zaragoza en el río Cuautla

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.00	0.00	0.000	--	--
0.50	0.26	0.448	0.132	0.059
1.00	0.29	0.494	0.146	0.072
1.50	0.34	0.534	0.176	0.094
2.00	0.49	0.512	0.239	0.123
2.50	0.55	0.598	0.269	0.161
3.00	0.52	0.616	0.259	0.159
3.50	0.47	0.604	0.238	0.143
4.00	0.46	0.562	0.232	0.130
4.50	0.48	0.508	0.369	0.043
5.00	0.45	0.398	0.220	0.025
5.50	0.34	0.357	0.174	0.015
6.00	0.30	0.308	0.151	0.011
6.50	0.27	0.296	0.139	0.009
7.00	0.31	0.305	0.148	0.011
7.50	0.23	0.290	--	--
8.15	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	3.029	1.064

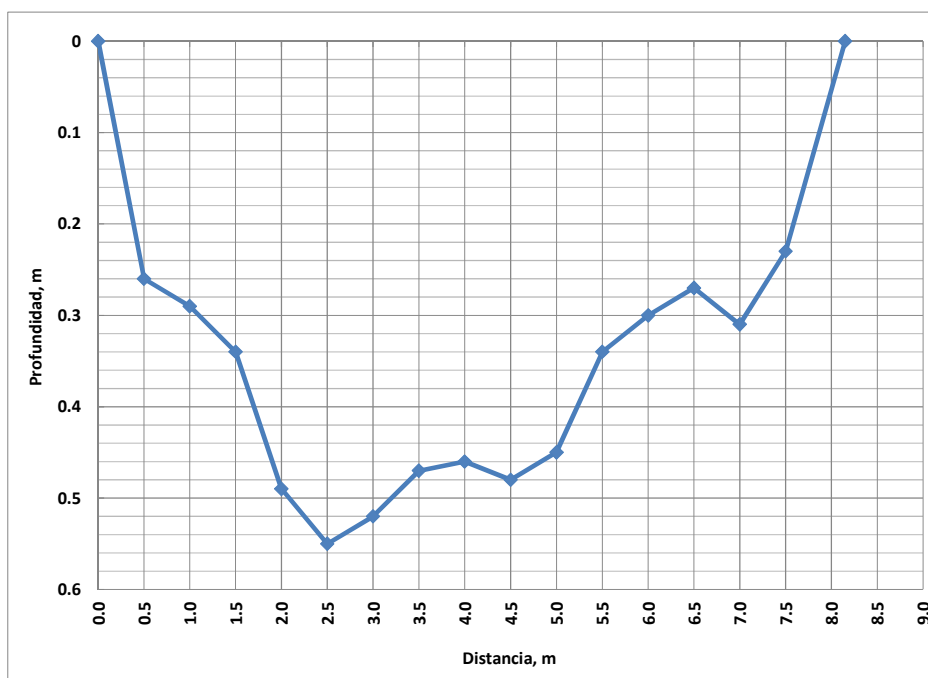


Figura 2. 96. Sección transversal en la estación San Rafael Zaragoza en el río Cuautla

Tabla 2. 12. Calculo de caudal en la estación Ixtoluca en el río Cuautla

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
0.5	0.22	0.552	0.112	0.062
1.0	0.25	0.512	0.123	0.063
1.5	0.25	0.548	0.126	0.069
2.0	0.27	0.630	0.138	0.087
2.5	0.33	0.680	0.163	0.111
3.0	0.30	0.946	0.163	0.154
3.5	0.30	0.926	0.156	0.145
4.0	0.40	1.258	0.197	0.248
4.5	0.45	1.300	0.225	0.024
5.0	0.50	1.314	0.241	0.029
5.5	0.40	1.348	0.209	0.021
6.0	0.45	1.086	0.216	0.024
6.5	0.25	0.662	0.138	0.009
7.0	0.25	0.308	0.127	0.008
7.5	0.28	0.334	0.133	0.009
8.0	0.20	0.286	0.108	0.005
8.5	0.24	0.242	0.135	0.007
9.0	0.28	0.234	--	--
10.0	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	2.916	1.088

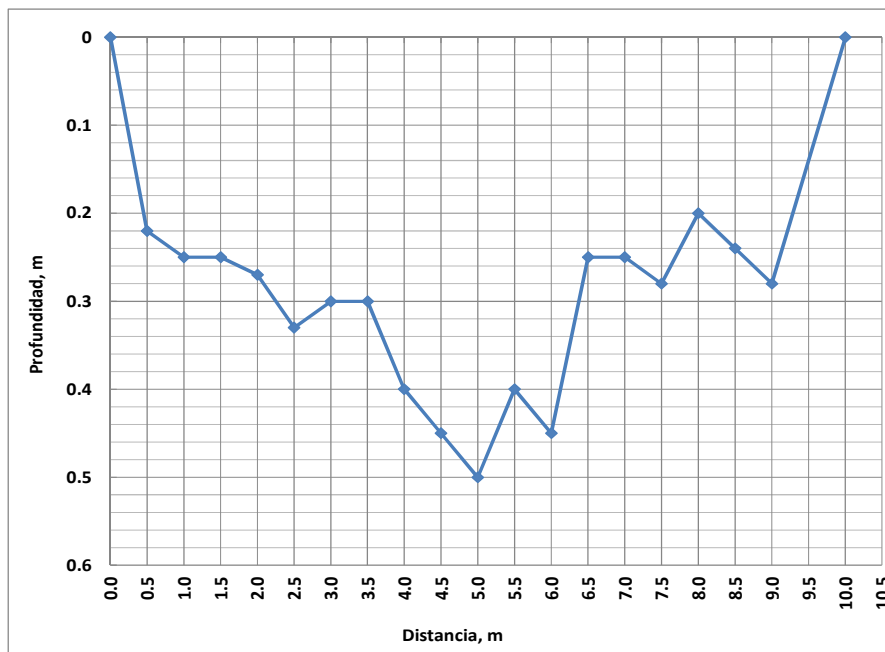


Figura 2. 97. Sección transversal en la estación Ixtoluca en el río Cuautla

Tabla 2. 13. Calculo de caudal en la estación Nexpa en el río Cuautla

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
5.0	0.62	0.548	1.702	0.933
5.5	0.57	0.582	0.284	0.165
6.0	0.50	0.654	0.263	0.172
6.5	0.63	0.602	0.299	0.180
7.0	0.50	0.470	0.258	0.121
7.5	0.50	0.474	0.249	0.118
8.0	0.48	0.490	0.239	0.117
8.5	0.45	0.492	0.224	0.110
9.0	0.40	0.348	0.197	0.020
9.5	0.30	0.240	0.153	0.011
10.0	0.25	0.282	0.128	0.008
10.5	0.25	0.238	0.124	0.008
11.0	0.23	0.166	0.059	0.003
11.0	0.00	0.000	--	--
0.0	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	4.178	1.966

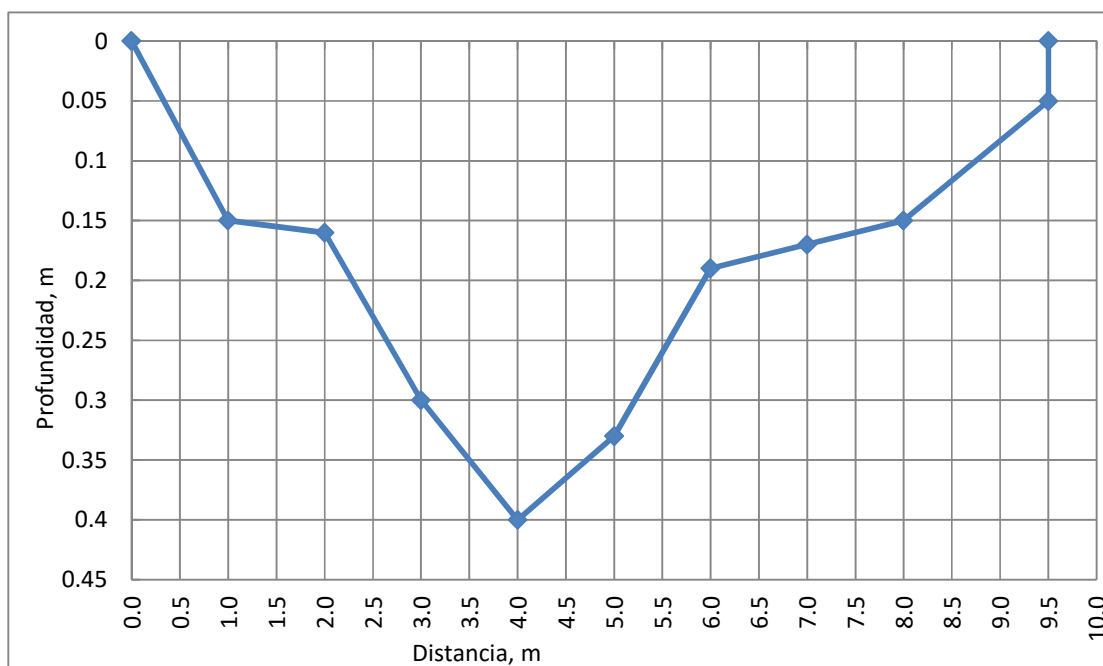


Figura 2. 98. Sección transversal en la estación Nexpa en el río Cuautla

Río Yautepec

A continuación se describe las características hidráulicas de las estaciones de aforo en el río Yautepec. En la Tabla 2. 14 a la Tabla 2. 19 se muestra, respectivamente, las dimensiones de la sección trasversal del río, así como el caudal en el punto de aforo, para las estaciones en el río Yautepec. En la Figura 2. 99 a la Figura 2. 104 se ilustra la sección transversal en cada sitio de aforo.

Tabla 2. 14. Calculo de caudal en la estación Tepoztlán en el río Yautepec

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
0.25	0.14	0.440	0.061	0.027
0.75	0.28	0.520	0.128	0.067
1.25	0.26	0.580	0.096	0.056
1.50	0.18	0.290	0.052	0.015
1.80	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	<i>0.337</i>	<i>0.164</i>

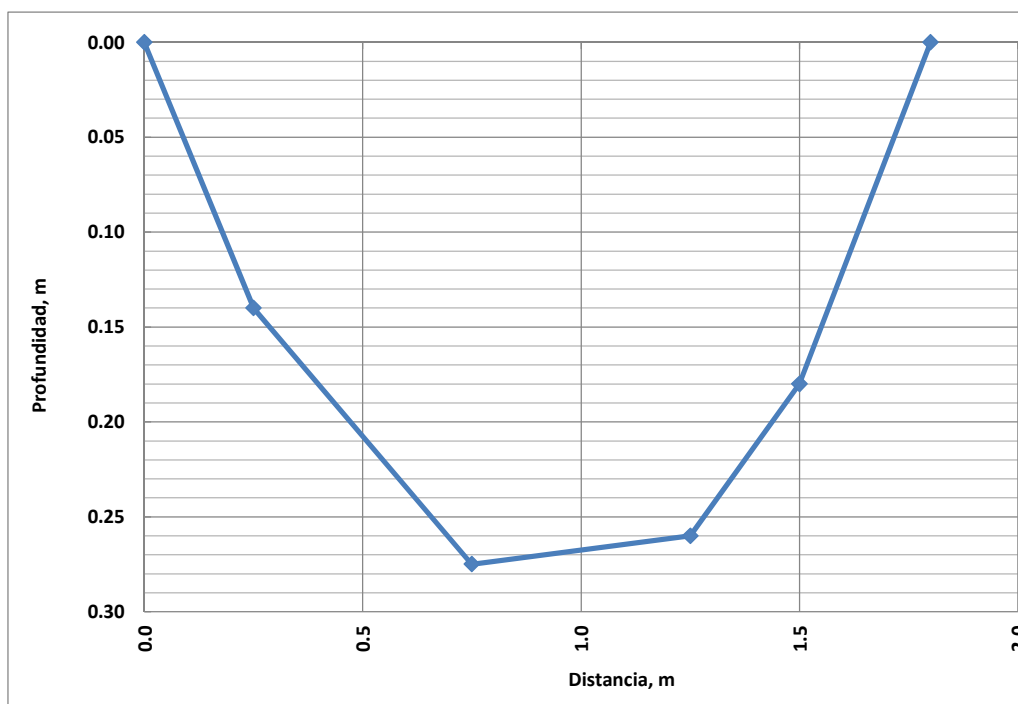


Figura 2. 99. Sección transversal en la estación Tepoztlán en el río Yautepec

Tabla 2. 15. Calculo de caudal en la estación Cocoyoc en el río Yautepec

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.00	0.00	0.000	--	--
0.25	0.12	0.320	0.056	0.018
0.75	0.29	0.550	0.138	0.076
1.25	0.34	0.860	0.165	0.142
1.75	0.31	0.860	0.150	0.129
2.25	0.20	0.510	0.098	0.050
2.75	0.06	0.280	0.028	0.008
2.90	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	<i>0.635</i>	<i>0.422</i>

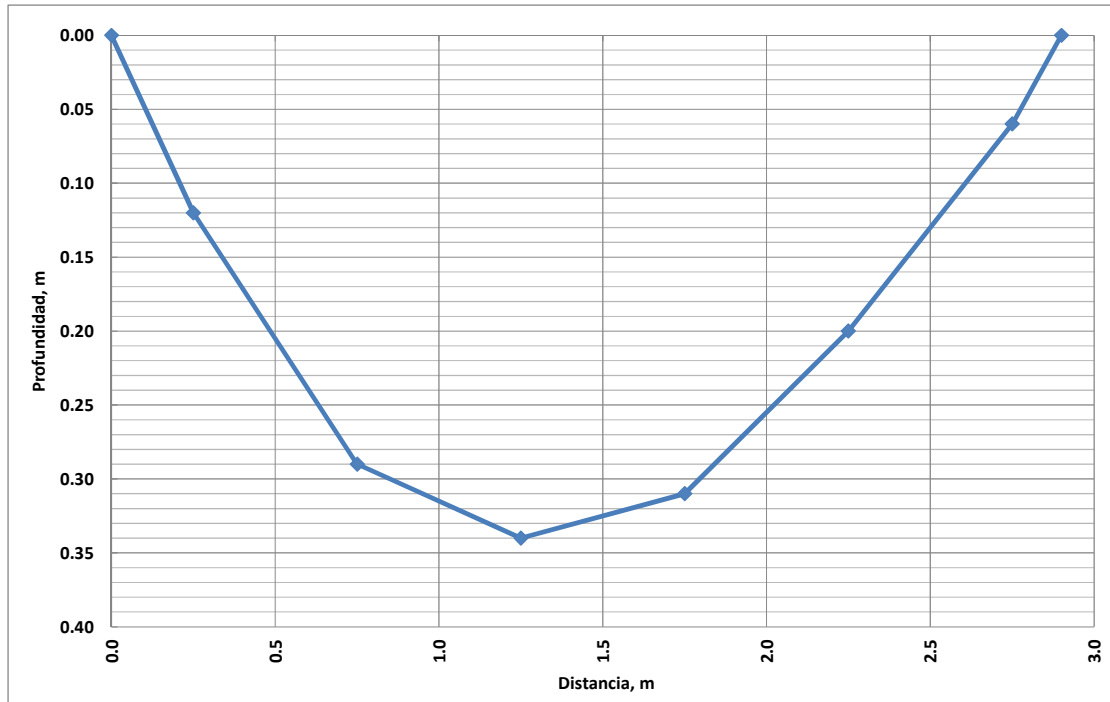


Figura 2. 100. Sección transversal en la estación Cocoyoc en el río Yautepec

Tabla 2. 16. Calculo de caudal en la estación Yautepec Centro en el río Yautepec

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.00	0.000	0.000	--	--
0.25	0.070	0.790	0.029	0.023
0.75	0.140	0.890	0.047	0.042
1.00	0.125	0.880	0.044	0.039
1.25	0.100	0.000	--	--
1.25	0.000	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	<i>0.121</i>	<i>0.104</i>

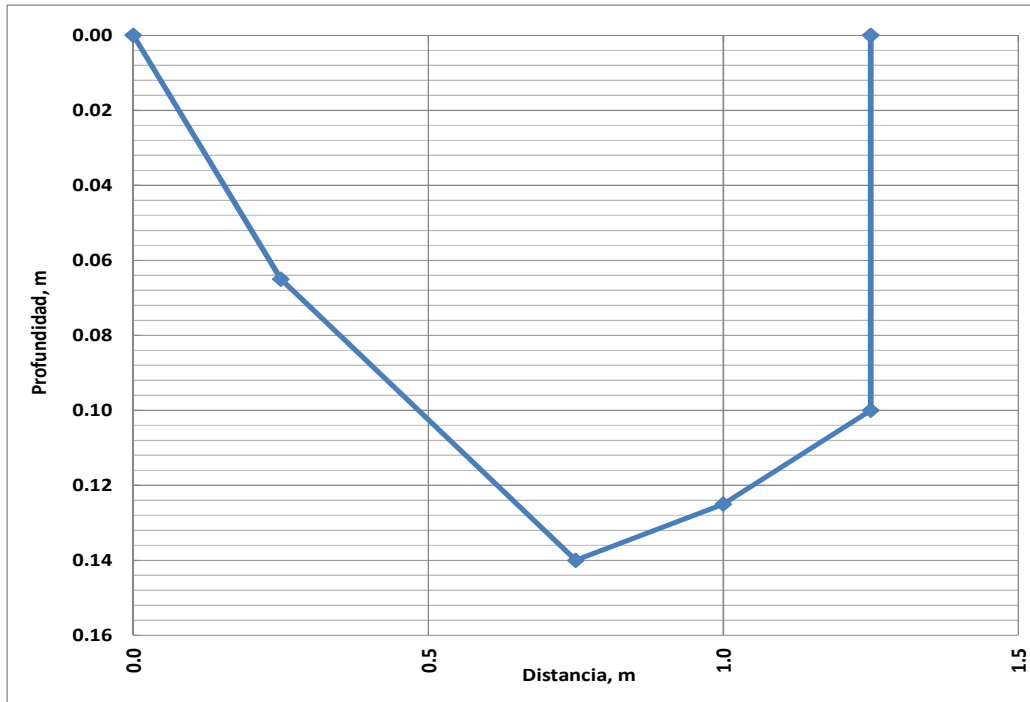


Figura 2. 101. Sección transversal en la estación Yautepec Centro en el río Yautepec

Tabla 2. 17. Calculo de caudal en la estación Barranca Apaquentzalco en el río Yautepec

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.00	0.00	0.000	--	--
0.50	0.13	0.120	0.114	0.014
1.50	0.29	0.300	0.281	0.084
2.50	0.38	0.430	0.327	0.140
3.33	0.30	0.170	0.339	0.058
4.15	0.21	0.000	--	--
4.15	0.00	0.000	--	--
0.00	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	1.061	0.296

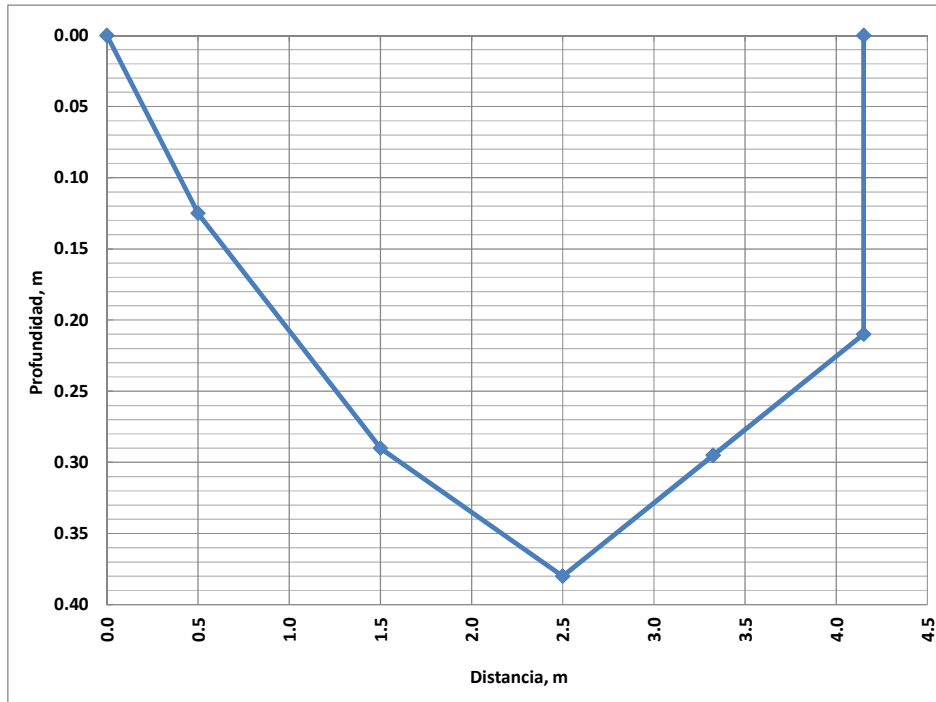


Figura 2. 102. Sección transversal en la estación Barranca Apaquentzalco en el río Yautepec

Tabla 2. 18. Calculo de caudal en la estación Centro IPN en el río Yautepec

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.00	0.00	0.000	--	--
0.50	0.16	0.310	0.144	0.045
1.50	0.38	0.550	0.357	0.196
2.50	0.45	0.690	0.444	0.307
3.50	0.48	0.790	0.476	0.376
4.50	0.48	0.800	0.473	0.378
5.50	0.42	0.790	0.423	0.334
6.50	0.39	0.510	0.340	0.173
7.35	0.19	0.390	0.184	0.072
8.20	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	<i>2.841</i>	<i>1.881</i>

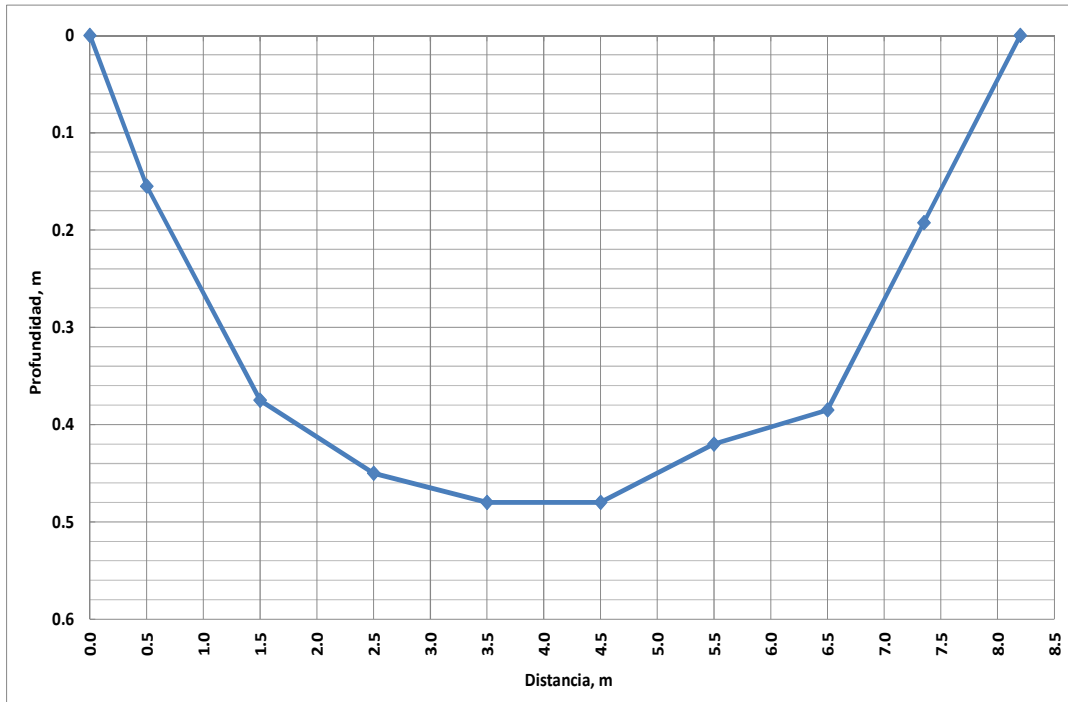


Figura 2. 103. Sección transversal en la estación Centro IPN en el río Yautepec

Tabla 2. 19. Calculo de caudal en la estación Tlaltizapán en el río Yautepec

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
3.0	0.8.	0.862	1.838	1.584
4.5	1.00	1.180	1.065	1.257
6.0	0.48	1.092	0.923	1.007
7.5	0.48	0.892	0.786	0.701
9.0	0.83	1.098	1.594	1.751
11.5	0.00	0.00	--	--
		Suma	6.205	6.299

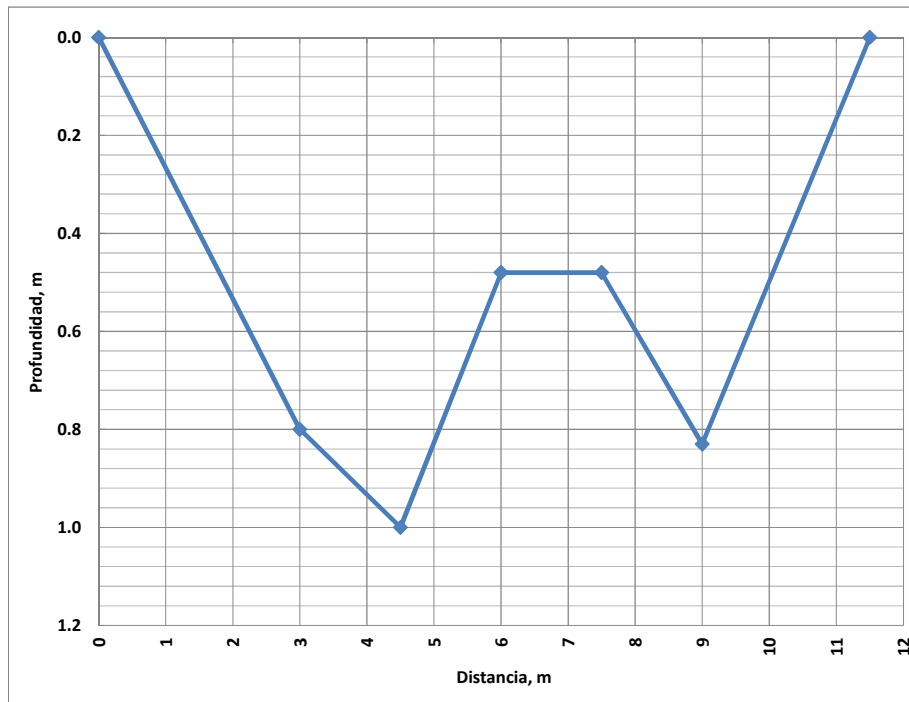


Figura 2. 104. Sección transversal en la estación Tlaltizapán en el río Yautepec

Tabla 2. 20. Calculo de caudal en la estación después de confluencia con Dulce en el río Yautepec

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
1.5	0.15	0.748	0.225	0.168
3.0	0.15	0.720	0.249	0.180
4.5	0.28	1.132	0.414	0.469
6.0	0.38	1.243	0.574	0.713
7.5	0.50	1.434	0.737	1.057
9.0	0.55	1.426	0.806	1.150
10.5	0.50	1.364	0.731	0.997
12.0	0.35	1.036	0.328	0.340
13.5	0.25	1.028	0.456	0.469
15.5	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	<i>4.521</i>	<i>5.54259</i>

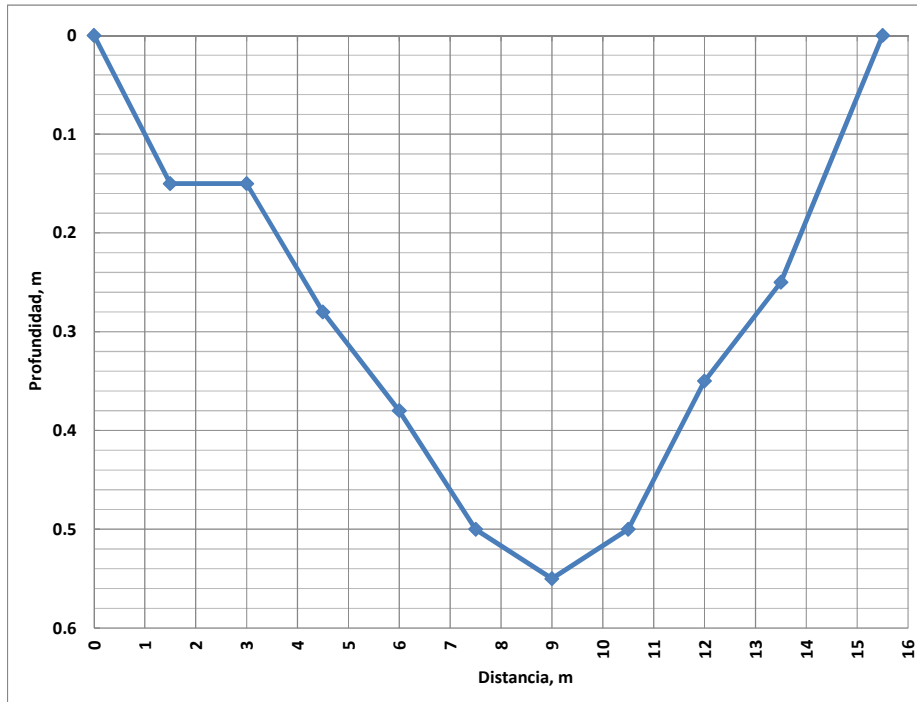


Figura 2. 105. Sección transversal en la estación Después de confluencia con Dulce en el río Yautepec

Tabla 2. 21. Calculo de caudal en la estación Pedro Amaro en el río Yautepec

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0	0.0	0.0	--	--
6	0.8	0.3	3.975	1.193
12	0.5	0.8	3.075	2.460
18	0.3	0.2	1.800	0.360
23	0.0	0.0	--	--
0	0.0	0.0	--	--
		<i>Suma</i>	<i>8.850</i>	<i>4.0125</i>

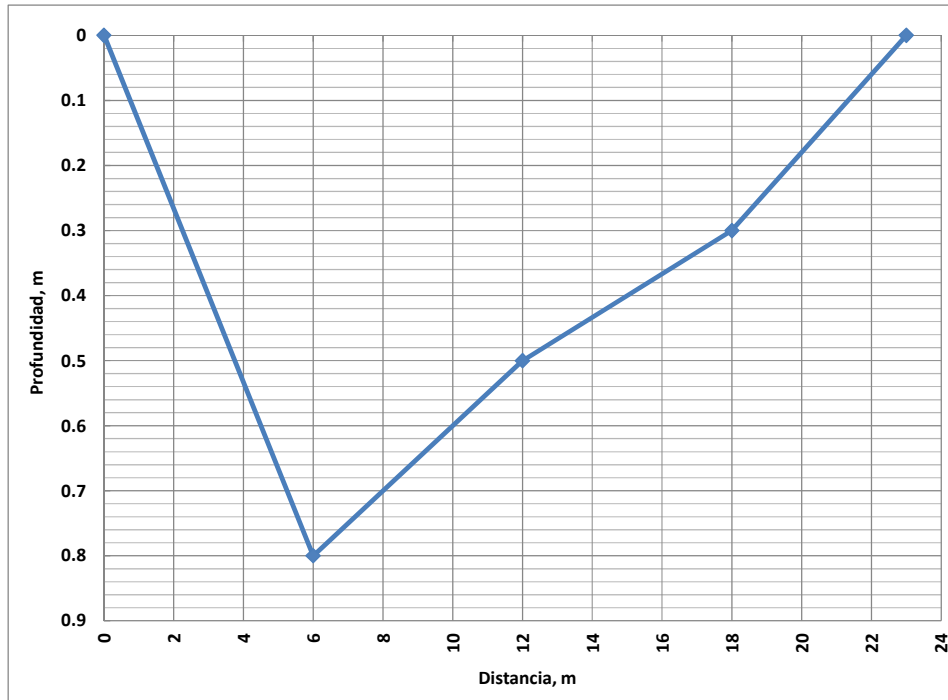


Figura 2. 106. Sección transversal en la estación Pedro Amaro en el río Yautepec

Río Dulce

A continuación se describe las características hidráulicas de las estaciones de aforo en el río Dulce. En la Tabla 2. 22 a la Tabla 2. 24 se muestra, respectivamente, las dimensiones de la sección trasversal del río, así como el caudal en el punto de aforo, para las estaciones del río Dulce. En la Figura 2. 107 a la Figura 2. 109 se ilustra la sección transversal en cada sitio de aforo.

Tabla 2. 22. Calculo de caudal en la estación Las Fuentes en el río Dulce

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
0.5	0.58	2.054	0.297	0.610
1.0	0.69	2.596	0.341	0.884
1.5	0.65	1.438	0.338	0.486
2.0	0.58	0.870	0.309	0.269
2.55	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	1.285	2.249

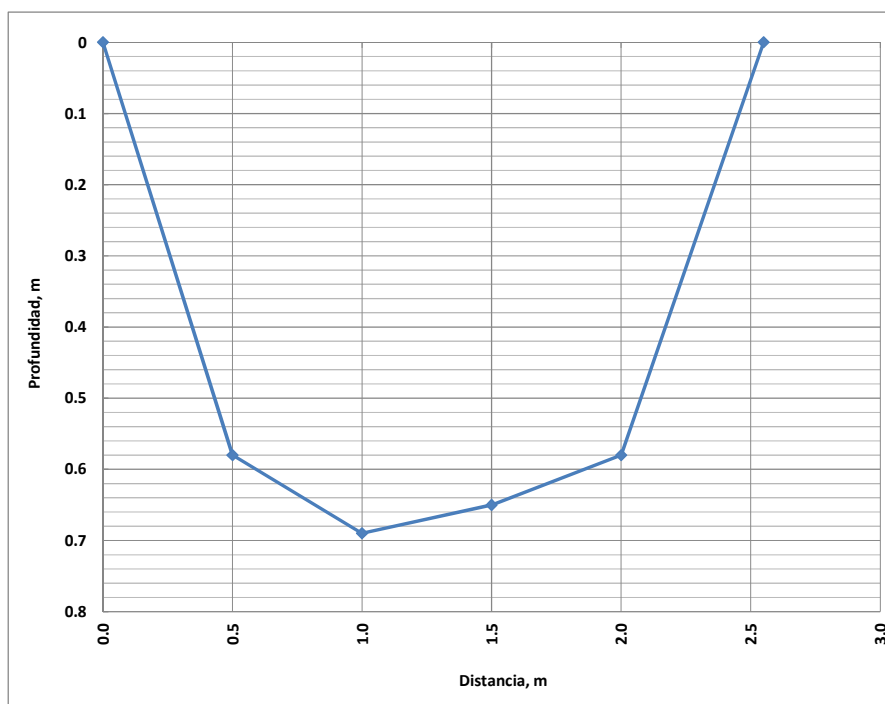


Figura 2. 107. Sección transversal en la estación Las Fuentes en el río Dulce

Tabla 2. 23. Calculo de caudal en la estación Acamilpa en el río Dulce

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
0.5	0.19	0.834	0.104	0.087
1.0	0.34	0.298	0.162	0.048
1.5	0.36	0.344	0.186	0.064
2.0	0.48	0.422	0.237	0.100
2.5	0.55	0.562	0.280	0.157
3.0	0.70	0.460	0.438	0.201
3.75	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	1.407	0.658

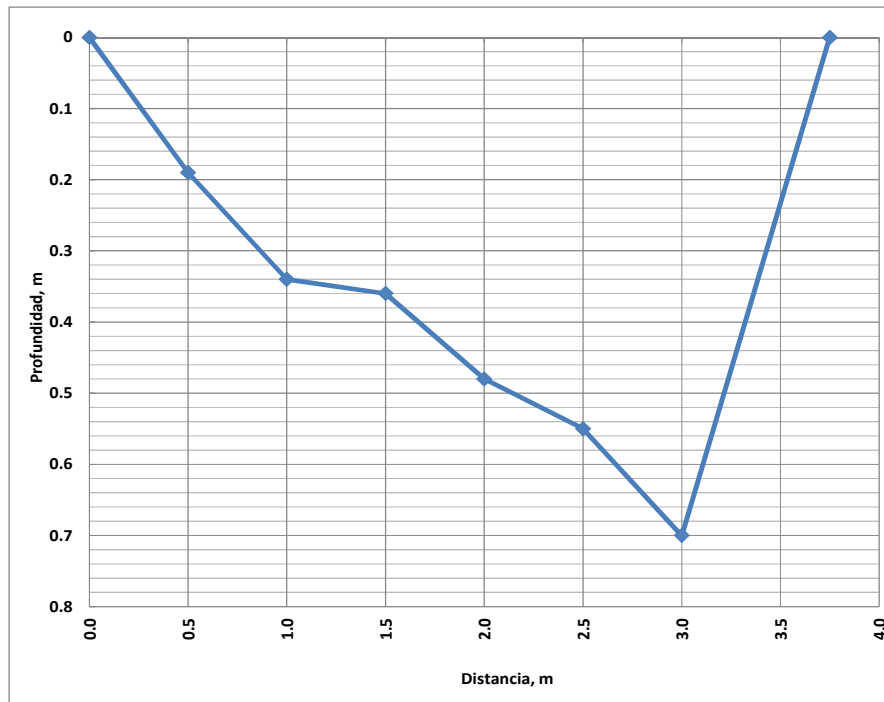


Figura 2. 108. Sección transversal en la estación Acamilpa en el río Dulce

Tabla 2. 24. Calculo de caudal en la estación Tlaltzapán-Dulce en el río Dulce

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
1.0	0.15	0.512	0.174	0.089
2.0	0.34	0.638	0.343	0.219
3.0	0.55	0.752	0.550	0.414
4.0	0.82	0.802	0.821	0.659
5.0	1.10	0.594	1.078	0.640
6.0	1.20	0.592	1.488	0.881
7.5	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	<i>4.453</i>	<i>2.900</i>

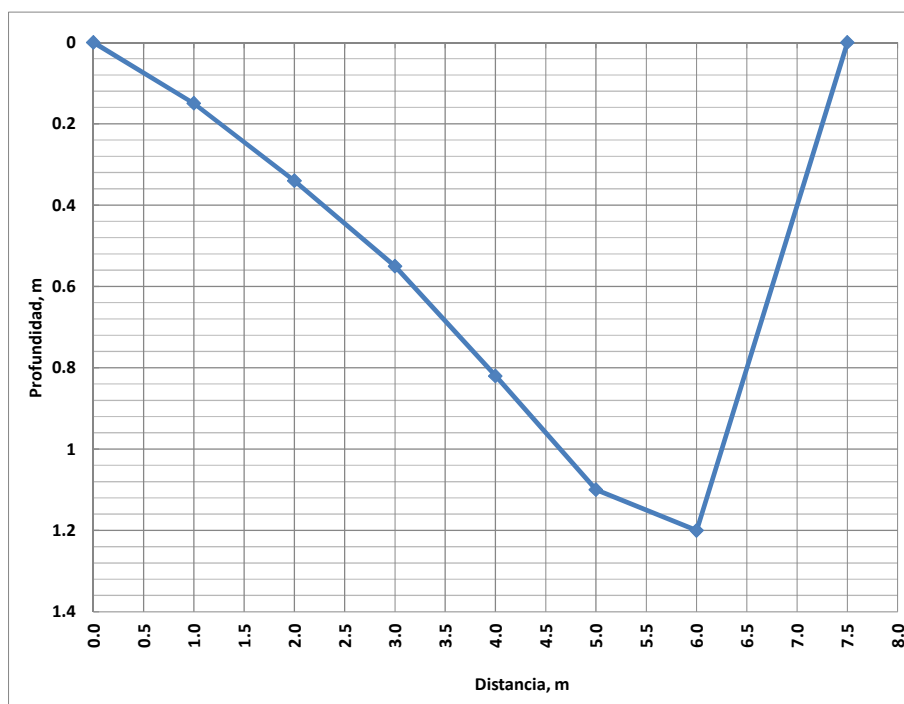


Figura 2. 109. Sección transversal en la estación Tlaltizapán-Dulce en el río Dulce

2.2.5. Cargas transportadas

2.2.5.1. Río Yautepec

En la Tabla 2. 25 se muestra las cargas transportadas en las estaciones en el río Yautepec, que resultan de multiplicar la concentración del parámetro de interés por el caudal encontrado en cada estación de muestreo. Para poder comprar estas cargas transportadas con valores de referencia, en la Tabla IV. 9, Tabla 2. 27 y

Tabla 2. 28 se muestra las cargas, para las estaciones en el río Yautepec, con los valores de los parámetros incluidos en los criterios de calidad del agua de la Ley Federal de Derechos (LFD).

Tabla 2. 25. Cargas actuales en el río Yautepec en kg/día

Parámetro	Cocoyoc Bañeario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán-Yautepec	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Carbón Orgánico Total	286	55	816	909	1,092	738
Alcalinidad Total	3,831	1,501	29,419	177,976	141,748	101,577
Dureza	6,494	3,631	66,639	348,332	253,806	183,047

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán- Yautepec	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Demanda Bioquímica de Oxígeno	124	21.6	780	ND	ND	381
Demanda Química de Oxígeno	697	393	1,268	11,919	13,696	5,963
Sólidos Disueltos Totales	12,770	6,129	106,622	554,065	389,808	290,518
Sólidos Suspendidos Totales	2,335	200	6,989	13,062	14,558	12,654
Sólidos Totales	15,105	6,326	113,611	567,127	404,175	302,998
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)	10.6	3.5	68	ND	ND	122
Nitratos (N-NO ₃)	130	8.0	284	610	728	575
Nitritos (N-NO ₂)	ND	0.29	65	ND	47	20
Nitrógeno Orgánico	58	ND	229	ND	ND	ND
Nitrógeno Total	198	12	647	610	775	718
Ortofosfato	8.4	2.4	39	54	57	45
Fósforo Hidrolizable	6.9	3.7	50	ND	43	45
Fósforo Orgánico	5.1	0.6	11	54	24	10
Fósforo Total	13	3.1	50	109	81	55
Fosfatos	36	13	189	169	206	170
Sulfatos	675	2,139	30,069	202,468	122,114	96,724
Sulfuros	11	1.1	57	174	306	104
Cloruros	646	98	2,877	7,293	5,986	3,848
Fenoles	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Grasas y Aceite	ND	ND	ND	ND	4,885	ND
Sustancias Activas al Azul de Metileno	ND	ND	21	ND	ND	ND
Coliformes Fecales (NMP/día)	1.E+10	1.E+12	3.E+11	7.E+11	4.E+12	2.E+14
Arsénico	0.23	0.03	0.28	7.1	5.7	4.1
Cadmio	0.05	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cromo	1.7	ND	ND	ND	ND	ND
Mercurio	0.06	ND	ND	ND	ND	0.73
Níquel	3.4	0.60	ND	ND	ND	ND
Plomo	0.49	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc	3.7	ND	ND	ND	ND	ND
Cianuros	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

ND: No Determinado; Parámetros por debajo del límite de cuantificación

Tabla 2. 26. Cargas de acuerdo al criterio para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable (LFD)

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Alcalinidad Total	14,594	3,595	65,014	217,707	191,552	138,672
Sólidos Disueltos Totales	18,242	4,493	81,267	272,134	239,440	173,340
Sólidos Suspendidos Totales	1,824	449	8,127	27,213	23,944	17,334
Sólidos Totales	20,067	4,943	89,394	299,347	263,384	190,674
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)	182	45	813	2,721	2,394	1,733
Nitritos (N-NO ₂)	2	0.4	8	27	24	17
Fósforo Total	4	0.9	16	54	48	35
Sulfatos	9,121	2,247	40,633	136,067	119,720	86,670

Parámetro	Cocoyoc Bañero	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Sulfuros	7.3	1.8	33	109	96	69
Cloruros	9,121	2,247	40,633	136,067	119,720	86,670
Fenoles	0.0	0.0	0.2	0.5	0.5	0.3
Grasas y Aceite	365	90	1,625	5,443	4,789	3,467
Sustancias Activas al Azul de Metileno	18	4	81	272	239	173
Coliformes Fecales (NMP/día)	4.E+11	9.E+10	2.E+12	5.E+12	5.E+12	3.E+12
Arsénico	1.8	0.4	8.1	27.2	23.9	17.3
Cadmio	0.4	0	2	5	5	3
Cobre	36	9	163	544	479	347
Cromo	1.8	0.4	8.1	27.2	23.9	17.3
Mercurio	0.04	0.0	0.2	0.5	0.5	0.3
Níquel	0.4	0.1	1.6	5.4	4.8	3.5
Plomo	2	0	8	27	24	17
Zinc	182	45	813	2,721	2,394	1,733
Cianuros	1	0	3	11	10	7

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio de la LFD

Tabla 2. 27. Cargas de acuerdo al criterio para Riego Agrícola (LFD)

Parámetro	Cocoyoc Bañero	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Alcalinidad Total*	--	--	--	--	--	--
Sólidos Disueltos Totales	18,242	4,493	81,267	272,134	239,440	173,340
Sólidos Suspendidos Totales	1,824	449	8,127	27,213	23,944	17,334
Sólidos Totales*	--	--	--	--	--	--
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--	--	--
Fósforo Total *	--	--	--	--	--	--
Sulfatos	9,121	2,247	40,633	136,067	119,720	86,670
Sulfuros*	--	--	--	--	--	--
Cloruros	5,473	1,348	24,380	81,640	71,832	52,002
Fenoles*	--	--	--	--	--	--
Grasas y Aceites*	--	--	--	--	--	--
Sustancias Activas al Azul de Metileno *	--	--	--	--	--	--
Coliformes Fecales (NMP/día)	4.E+11	9.E+10	2.E+12	5.E+12	5.E+12	3.E+12
Arsénico	3.6	0.90	16	54	48	35
Cadmio	0.36	0.09	1.6	5.4	4.8	3.5
Cobre	7.3	1.8	33	109	96	69
Cromo	3.6	0.90	16	54	48	35
Mercurio*	--	--	--	--	--	--
Níquel	7.3	1.8	33	109	96	69
Plomo	18.2	4.5	81	272	239	173
Zinc	73	18	325	1,089	958	693
Cianuros	0.73	0.18	3.3	11	9.6	6.9

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio de la LFD

Tabla 2. 28. Cargas de acuerdo al criterio de Protección de Vida Acuática (LFD)

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Alcalinidad Total*	--	--	--	--	--	--
Sólidos Disueltos Totales*	--	--	--	--	--	--
Sólidos Suspendidos Totales	1,095	270	4,876	16,328	14,366	10,400
Sólidos Totales*	--	--	--	--	--	--
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)	2.2	0.54	9.8	33	29	21
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--	--	--
Fósforo Total	1.8	0.45	8.1	27	24	17
Sulfatos*	--	--	--	--	--	--
Sulfuros	0.07	0.02	0.33	1.09	0.96	0.69
Cloruros	9,121	2,247	40,633	136,067	119,720	86,670
Fenoles	3.6	0.9	16	54	48	35
Grasas y Aceites	365	90	1,625	5,443	4,789	3,467
Sustancias Activas al Azul de Metileno	3.6	0.90	16	54	48	35
Coliformes Fecales (NMP/día)	4.E+11	9.E+10	2.E+12	5.E+12	5.E+12	3.E+12
Arsénico	7.3	1.8	33	109	96	69
Cadmio	0.1	0.04	0.65	2.2	1.9	1.4
Cobre	1.8	0.45	8.1	27	24	17
Cromo	1.8	0.45	8.1	27	24	17
Mercurio	0.02	0.004	0.08	0.27	0.24	0.17
Níquel	22	5.4	98	327	287	208
Plomo	1.1	0.27	4.9	16	14	10
Zinc	0.73	0.18	3.3	11	9.6	6.9
Cianuros	0.18	0.04	0.81	2.7	2.4	1.7

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio de la LFD para este uso

En la Tabla 2. 29, Tabla 2. 30 y Tabla 2. 31 se muestra, respectivamente, la capacidad de asimilación y dilución, que resulta de restar las cargas actuales de las cargas calculadas con los criterios dados en la LFD para los tres principales usos. Un valor positivo indica que la carga actual está por abajo de la carga permisible, y un valor negativo, que la carga esta excedida para las condiciones de caudal encontradas.

Tabla 2. 29. Capacidad de asimilación, caso Fuente de Abastecimiento de Agua Potable (LFD)

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Alcalinidad Total	10,763	2,094	35,595	39,732	49,803	37,095
Sólidos Disueltos Totales*	5,473	-1,636	-25,355	-281,931	-150,368	-117,178
Sólidos Suspendidos Totales	-511	249	1,138	14,151	9,386	4,680

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Sólidos Totales*	4,962	-1,384	-24,218	-267,780	-140,791	-112,324
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)	53	37	528	2,112	1,667	1,158
Nitritos (N-NO ₂)	-	0.16	-57	-	-23	-2.9
Fósforo Total	-10	-2.2	-34	-54	-34	-21
Sulfatos	8,446	108	10,565	-66,401	-2,394	-10,054
Sulfuros	-3.6	0.7	-24	-65	-211	-35
Cloruros	8,475	2,149	37,757	128,774	113,734	82,822
Fenoles	-	-	-	-	-	-
Grasas y Aceites	-	-	-	-	-96	-
Sustancias Activas al Azul de Metileno	-	-	60	-	-	-
Col. Fecales (NMP/día)	4.E+11	-1.E+12	1.E+12	5.E+12	3.E+11	-2.E+14
Arsénico	1.6	0.42	7.9	20	18	13
Cadmio	0.31	-	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-
Cromo	0.16	-	-	-	-	-
Mercurio	-0.03	-	-	-	-	-0.38
Níquel	-3.0	-0.51	-	-	-	-
Plomo	1.3	-	-	-	-	-
Zinc	179	-	-	-	-	-
Cianuros	-	-	-	-	-	-

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio de la LFD para este uso

Tabla 2. 30. Capacidad de asimilación, caso Riego Agrícola (LFD)

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Alcalinidad Total*	--	--	--	--	--	--
Sólidos Disueltos Totales	5,473	-1,636	-25,355	-281,931	-150,368	-117,178
Sólidos Suspendidos Totales	-511	249	1,138	14,151	9,386	4,680
Sólidos Totales*	--	--	--	--	--	--
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--	--	--
Fósforo Total*	--	--	--	--	--	--
Sulfatos	8,446	108	10,565	-66,401	-2,394	-10,054
Sulfuros*	--	--	--	--	--	--
Cloruros	4,827	1,250	21,503	74,347	65,846	48,154
Fenoles*	--	--	--	--	--	--
Grasas y Aceites*	--	--	--	--	--	--
Sustancias Activas al Azul de Metileno *	--	--	--	--	--	--
Coliformes Fecales (NMP/día)	4.E+11	-1.E+12	1.E+12	5.E+12	3.E+11	-2.E+14
Arsénico	3.4	0.87	16	47	42	31
Cadmio	0.31	-	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-
Cromo	2.0	-	-	-	-	-
Mercurio	-0.06	-	-	-	-	-0.73

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Níquel	3.9	1.2	-	-	-	-
Plomo	18	-	-	-	-	-
Zinc	69	-	-	-	-	-
Cianuros	-	-	-	-	-	-

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio del uso de la LFD

Tabla 2. 31. Capacidad de asimilación, caso Protección a la Vida Acuática (LFD)

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Alcalinidad Total*						
Sólidos Disueltos Totales*						
Sólidos Suspendidos Totales	-1,240	69	-2,113	3,266	-192	-2,253
Sólidos Totales*						
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)	-8.4	-2.9	-58	-	-	-101
Nitratos (N-NO ₃)*						
Nitritos (N-NO ₂)*						
Fósforo Total	-12	-2.6	-42	-82	-57	-38
Sulfatos*						
Sulfuros	-10.9	-1.1	-57	-173	-306	-103
Cloruros	8,475	2,149	37,757	128,774	113,734	82,822
Fenoles	-	-	-	-	-	-
Grasas y Aceites	-	-	-	-	-96	-
Sustancias Activas al Azul de Metileno	-	-	4.9	-	-	-
Coliformes Fecales (NMP/día)	4.E+11	-1.E+12	1.E+12	5.E+12	3.E+11	-2.E+14
Arsénico	7.1	1.8	32	102	90	65
Cadmio	0.09	-	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-
Cromo	0.16	-	-	-	-	-
Mercurio	-0.04	-	-	-	-	-0.55
Níquel	18.5	4.8	-	-	-	-
Plomo	0.6	-	-	-	-	-
Zinc	-3.0	-	-	-	-	-
Cianuros	-	-	-	-	-	-

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio del uso de la LFD

En **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Figura 2. 110 a la Figura 2. 125 se ilustra gráficamente la carga actual y las cargas máximas permisibles de acuerdo a los criterios de calidad del agua en la LFD.

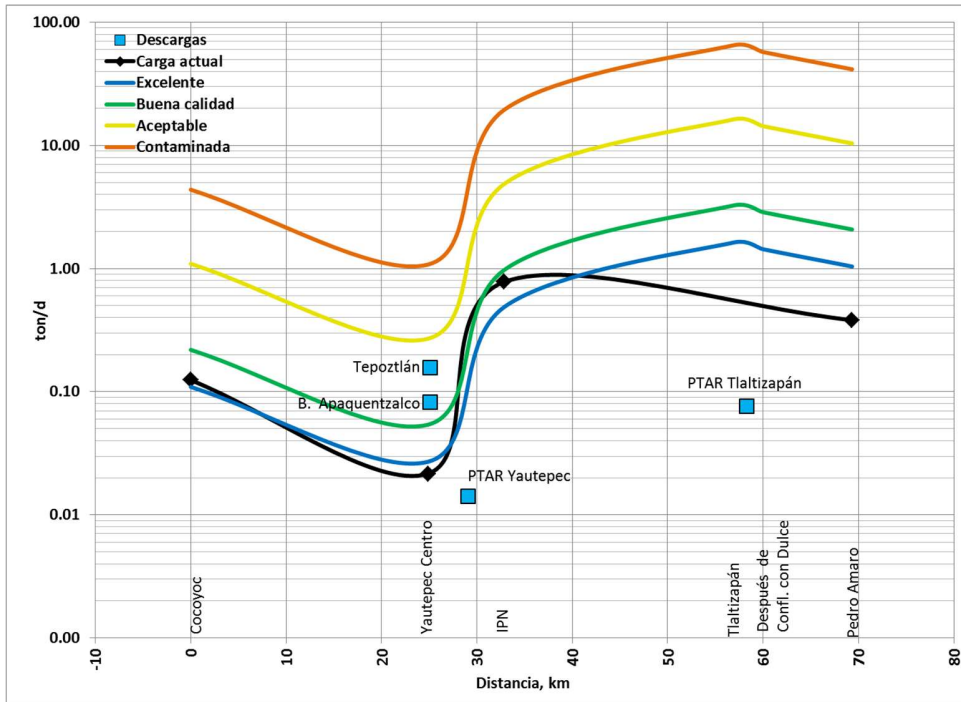


Figura 2. 110. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno y límites de clasificación de CONAGUA

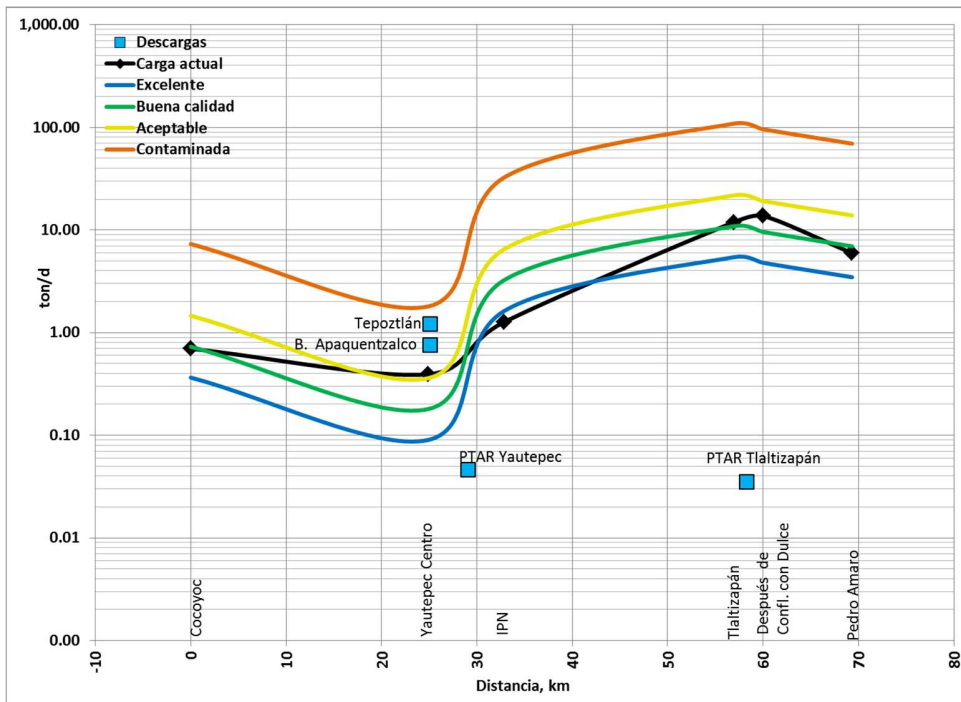


Figura 2. 111. Carga de Demanda Química de Oxígeno y límites de clasificación de CONAGUA

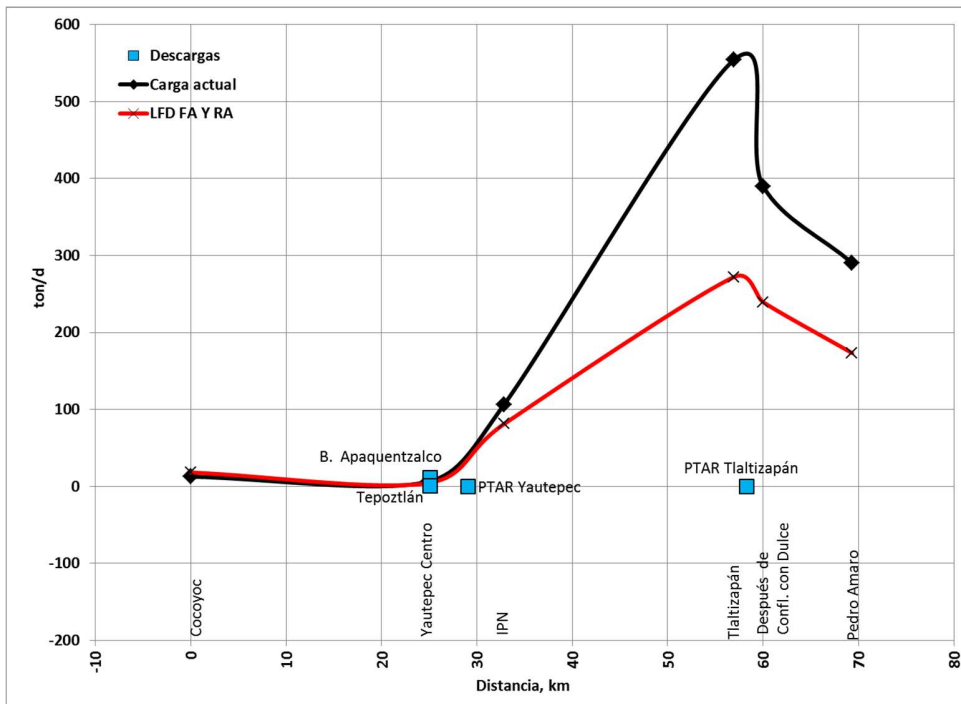


Figura 2. 112. Carga de Sólidos Disueltos Totales en el río Yautepec

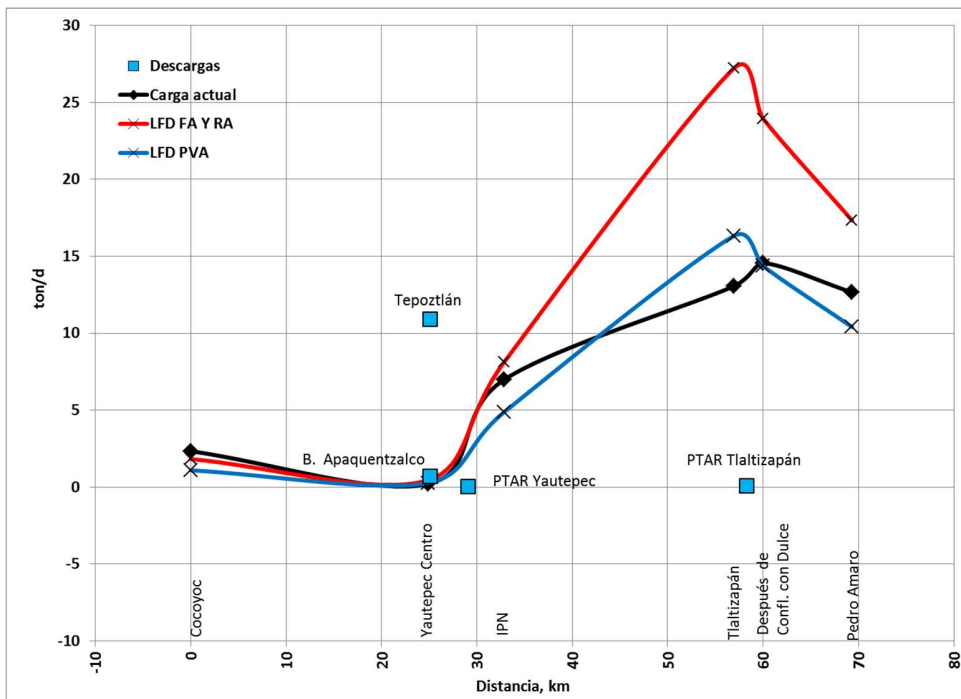


Figura 2. 113. Carga de Sólidos Suspensos Totales en el río Yautepec

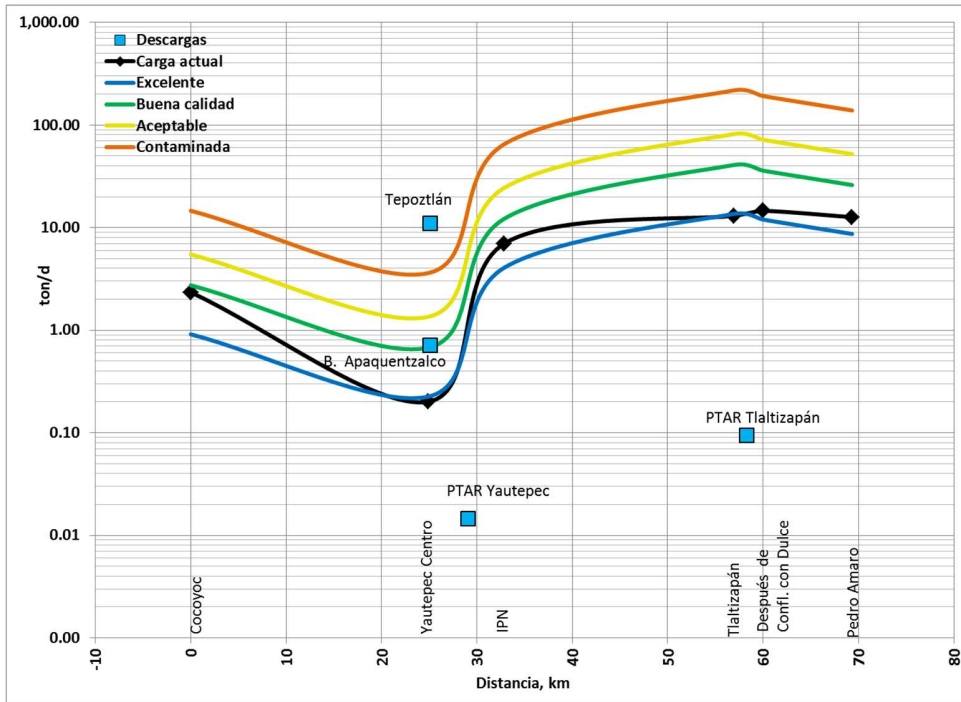


Figura 2. 114. Carga de Sólidos Suspendidos Totales con límites de clasificación de CONAGUA

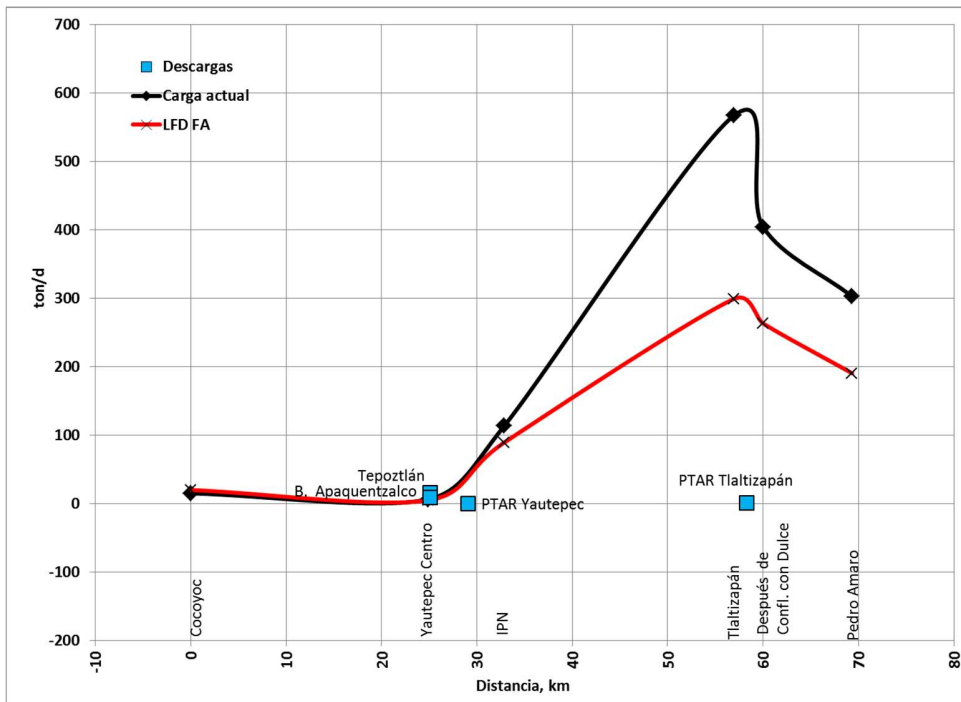


Figura 2. 115. Carga de Sólidos Totales en el río Yautepéc

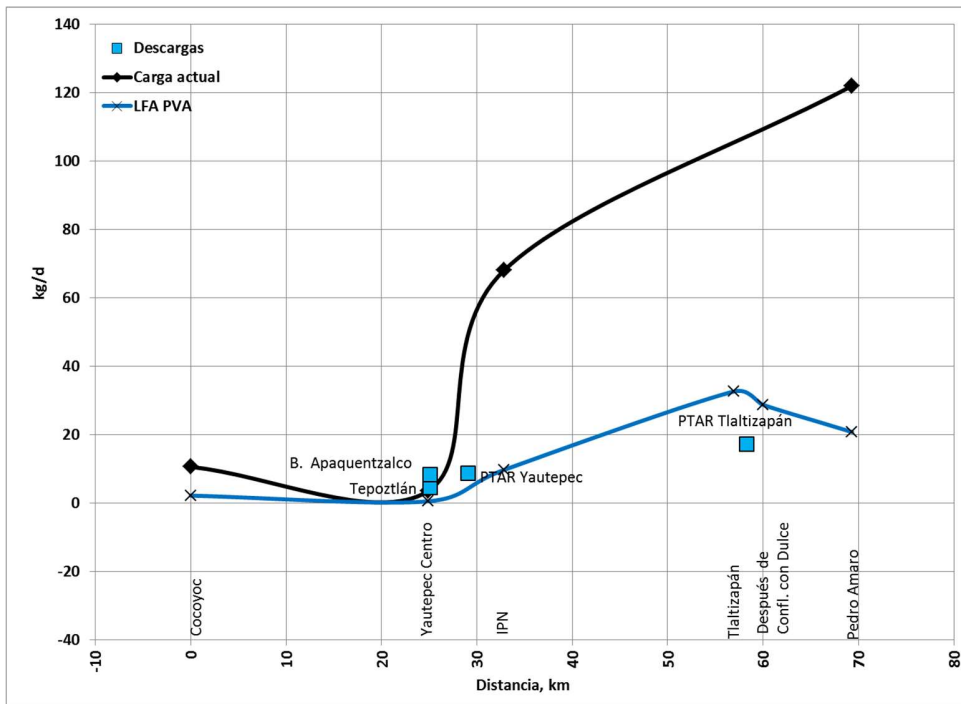


Figura 2. 116. Carga de Nitrógeno Amoniacal en el río Yautepec

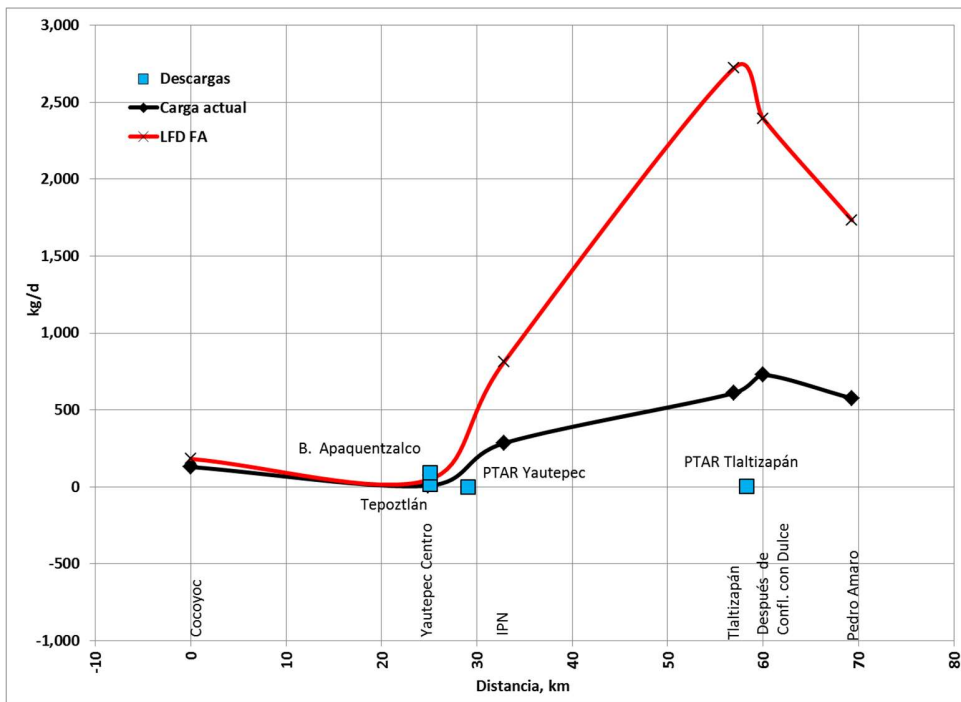


Figura 2. 117. Carga de Nitritos en el río Yautepec

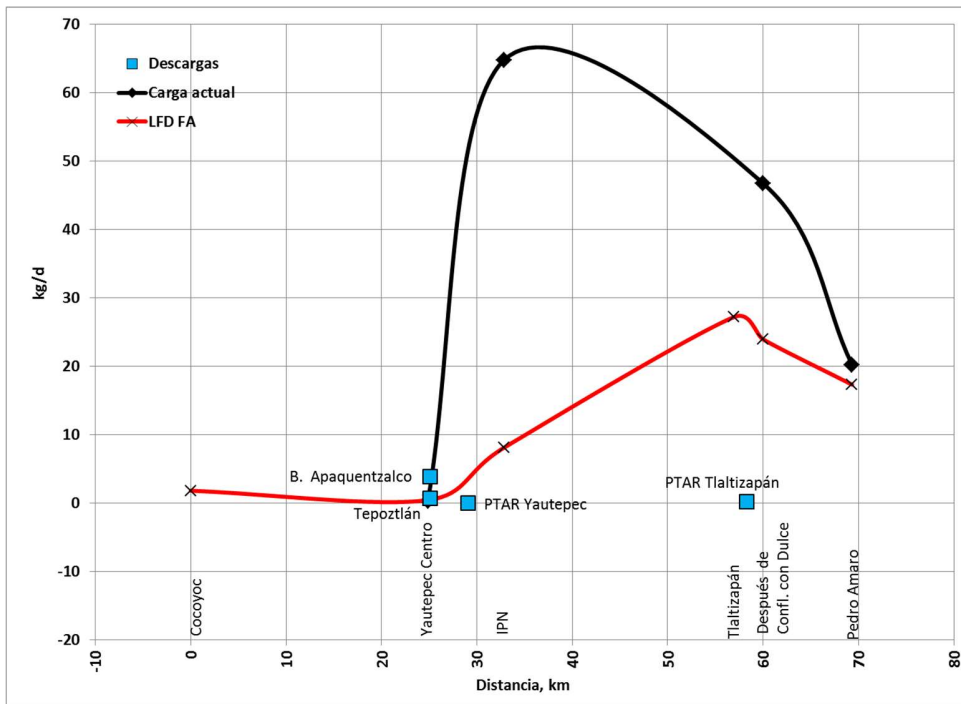


Figura 2. 118. Carga de Nitratos en el río Yautepec

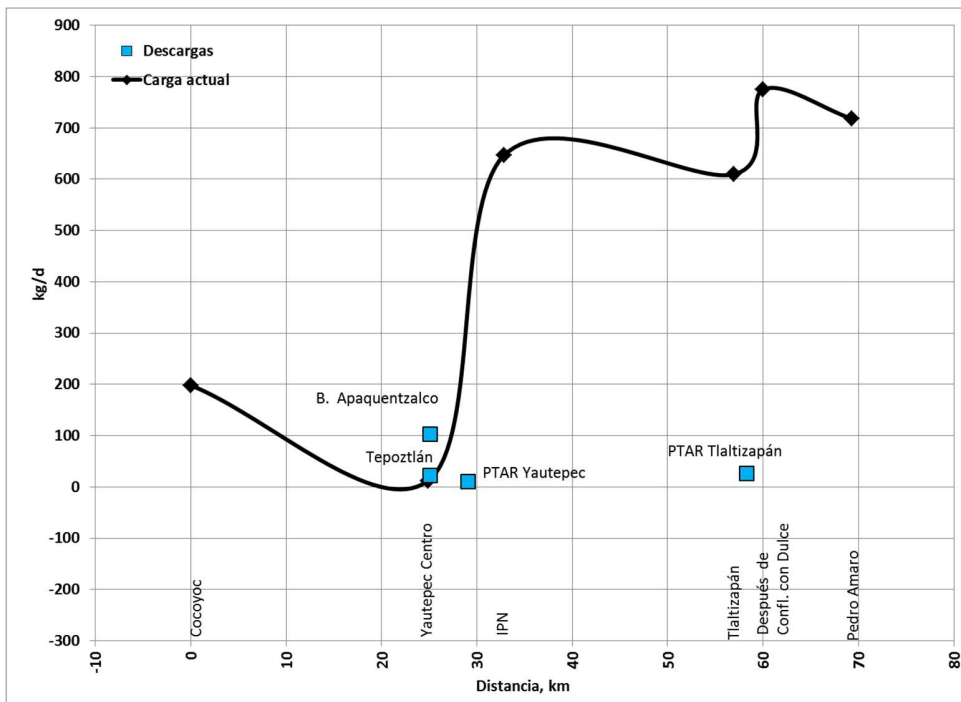


Figura 2. 119. Carga de Nitrógeno Total en el río Yautepec

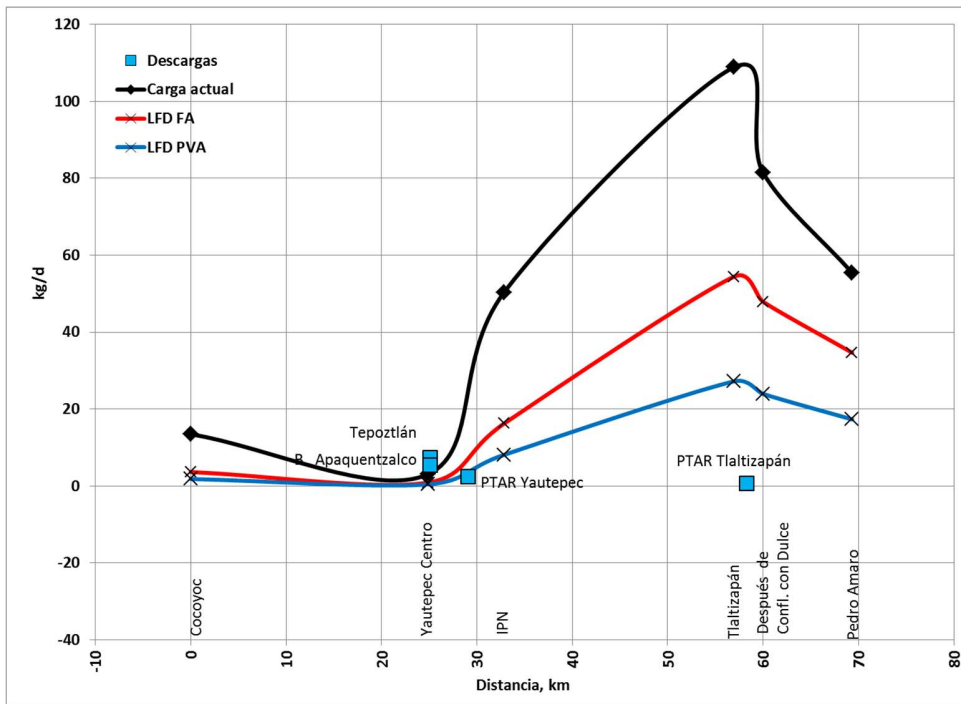


Figura 2. 120. Carga de Fósforo Total en el río Yautepec

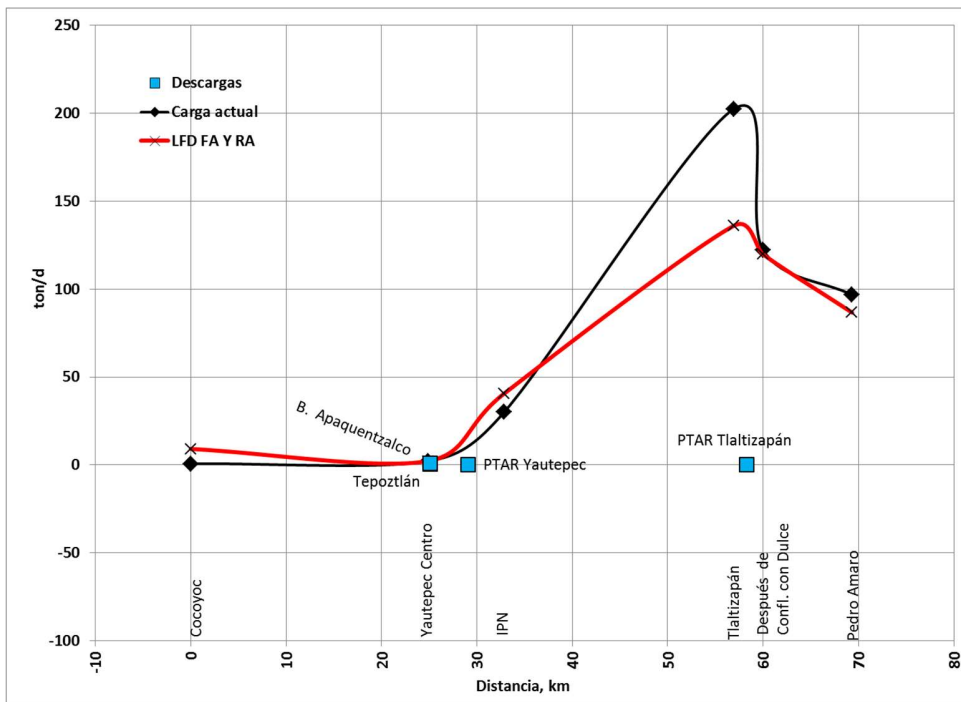


Figura 2. 121. Carga de Sulfatos en el río Yautepec

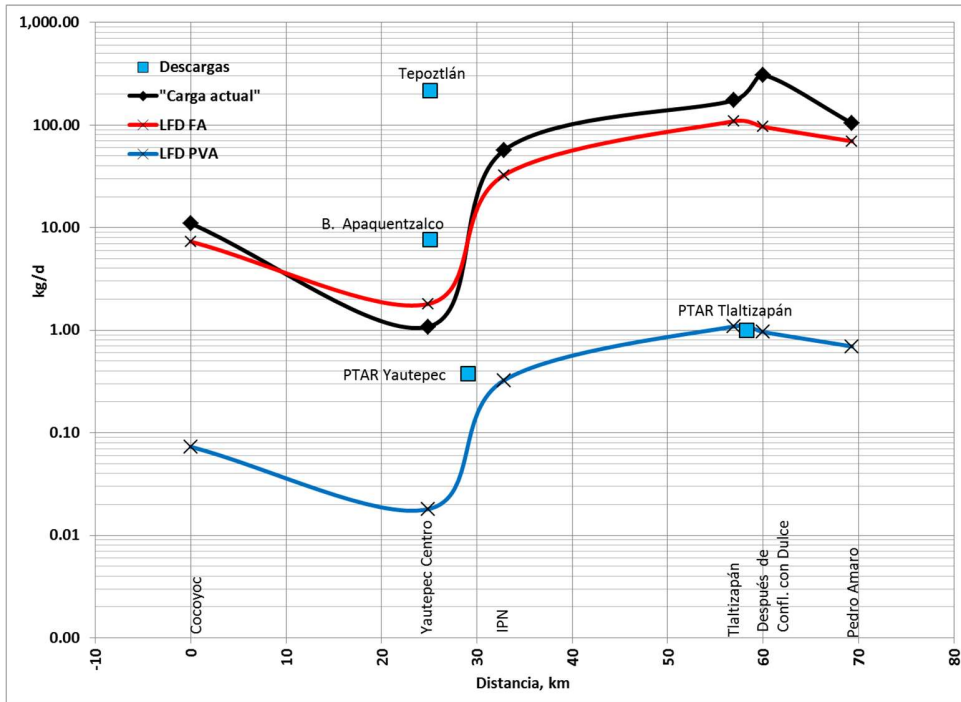


Figura 2. 122. Carga de Sulfuros en el río Yautepec

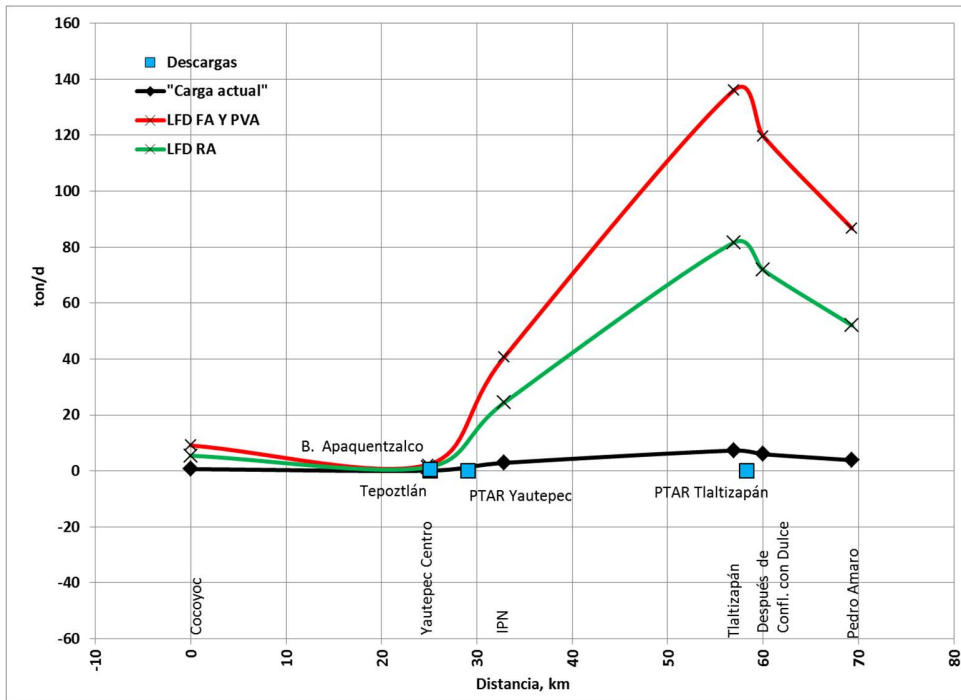


Figura 2. 123. Carga de Cloruros en el río Yautepec

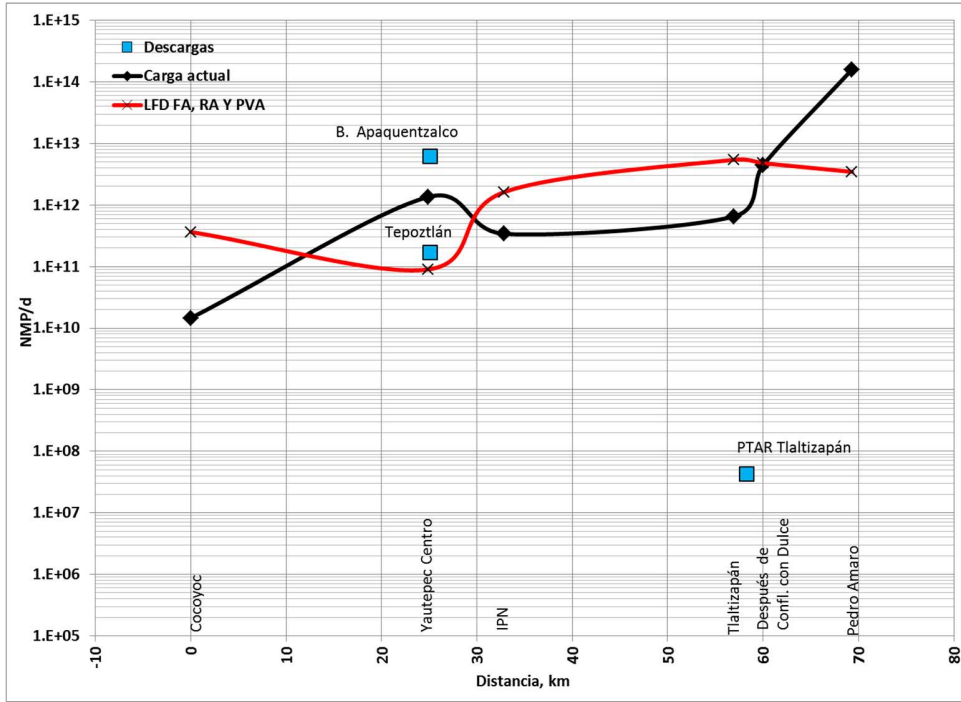


Figura 2. 124. Carga de Coliformes Fecales en el río Yautepec

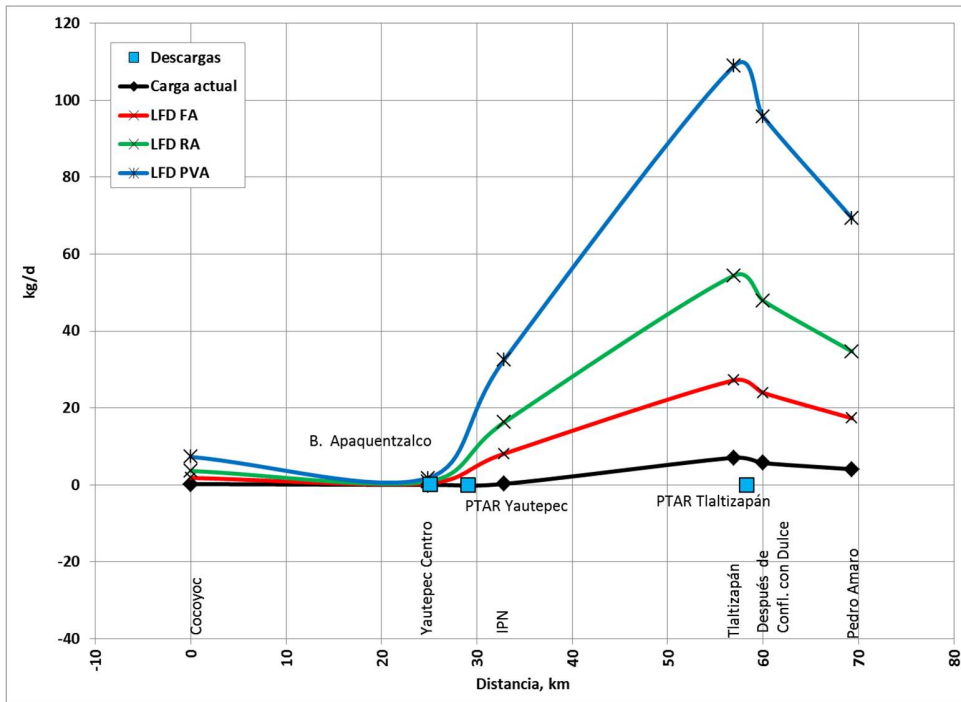


Figura 2. 125. Carga de Arsénico en el río Yautepec

Los resultados anteriores indican que en la mayor parte del río Yautepec, se tienen cargas transportadas actuales de Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Totales y Sólidos Suspendidos Totales que superan las cargas permisibles para los tres usos, hasta en un valor del orden de 280 toneladas/día. Es el mismo caso para el Fósforo Total, que supera el valor permisible en 82 kg/día valor máximo en la parte media del río, los Sulfuros supera los valores admisibles en todo el río hasta en 306 kg/día, y el Nitrógeno Amoniacal supera el valor permisible en 100 kg/día en la parte final del río. Por su parte los Sulfatos exceden hasta en 66 ton/día el valor permisible desde la parte media a la parte baja del río Yautepec. Los Coliformes Fecales son excedidos solo en dos sitios, después del poblado de Yautepec y después de la confluencia con el Dulce. Las cargas de los metales Mercurio, Níquel y Zinc se ven excedidas al inicio y final del río con valores de hasta 0.7 kg/día para el Hg, y de 3 kg/día para el Zn y el Ni.

2.2.5.2. Río Dulce

En la Tabla 2. 32 se muestra las cargas transportadas en las estaciones del río Dulce. Para poder comprar estas cargas transportadas con valores de referencia, en la Tabla 2. 33, Tabla 2. 34 y Tabla 2. 35 se muestra las cargas, para las estaciones en el río Dulce, con los valores de los parámetros incluidos en los criterios de calidad del agua de la Ley Federal de Derechos (LFD) para los tres usos principales.

Tabla 2. 32. Cargas actuales en el río Dulce

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Carbono Orgánico Total	284	SD	156	311
Alcalinidad Total	9,968	SD	10,232	63,650
Dureza	11,387	SD	14,780	78,184
Demanda Bioquímica de Oxígeno	152	SD	ND	ND
Demanda Química de Oxígeno	1,593	SD	659	4,160
Sólidos Disueltos Totales	29,536	SD	26,945	128,302
Sólidos Suspendidos Totales	427	SD	932	6,114
Sólidos Totales	29,924	SD	27,854	134,316
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	13	SD	19	87
Nitratos (N-NO ₃)	262	SD	182	386
Nitritos (N-NO ₂)	0.62	SD	ND	ND
Nitrógeno Orgánico	202	SD	ND	ND
Nitrógeno Total	478	SD	201	473
Ortofosfato	31.1	SD	15	30
P-Hidrolizable	31.1	SD	ND	25
P-Orgánico	13.6	SD	19	10
Fósforo Total	76	SD	34	65
Fosfatos	136	SD	57	108
Sulfatos	2,876	SD	5,423	20,248
Sulfuros	ND	SD	19	128
Cloruros	497	SD	608	1,594
Fenoles	ND	SD	ND	ND
Grasa y Aceites	1,420	SD	ND	ND

Sustancias Activas al Azul de Metileno	ND	SD	ND	ND
Coliformes Fecales (NMP/día)	6.E+02	SD	2.E+03	4.E+05
Arsénico	SD	SD	0.38	1.9
Cadmio	SD	SD	ND	ND
Cobre	SD	SD	ND	ND
Cromo	SD	SD	ND	ND
Mercurio	SD	SD	ND	ND
Níquel	SD	SD	ND	ND
Plomo	SD	SD	ND	ND
Zinc	SD	SD	ND	ND
Cianuros	ND	SD	ND	ND

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

ND: Parámetros por debajo del límite de cuantificación

SD: Sin Datos (no se analizó)

Tabla 2. 33. Cargas de acuerdo al criterio para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable (LFD)

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Alcalinidad Total	77,725	SD	22,738	100,236
Sólidos Disueltos Totales	97,156	SD	28,423	125,295
Sólidos Suspendidos Totales	9,716	SD	2,842	12,530
Sólidos Totales	106,872	SD	31,265	137,825
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)	972	SD	284	1,253
Nitritos (N-NO ₂)	9.7	SD	2.8	13
Fósforo Total	19.4	SD	5.7	25
Sulfatos	48,578	SD	14,211	62,648
Sulfuros	38.9	SD	11	50
Cloruros	48,578	SD	14,211	62,648
Fenoles	0.19	SD	0.06	0.25
Grasas y Aceites	1,943	SD	568	2,506
Sustancias Activas al Azul de Metileno	97	SD	28	125
Coliformes Fecales (NMP/día)	2.E+12	SD	6.E+11	3.E+12
Arsénico	9.7	SD	2.8	13
Cadmio	1.94	SD	0.57	2.5
Cobre	194	SD	57	251
Cromo	9.7	SD	2.8	13
Mercurio	0.19	SD	0.06	0.25
Níquel	1.9	SD	0.6	2.5
Plomo	9.7	SD	2.8	13
Zinc	972	SD	284	1,253
Cianuros	3.89	SD	1.1	5.0

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio de la LFD para este uso

SD: Sin Datos (no se analizó)

Tabla 2. 34. Cargas de acuerdo al criterio para Riego Agrícola (RA)

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Alcalinidad Total*				
Sólidos Disueltos Totales	97,156	SD	28,423	125,295
Sólidos Suspendidos Totales	9,716	SD	2,842	12,530
Sólidos Totales*	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--
Fósforo Total*	--	--	--	--
Sulfatos	48,578	SD	14,211	62,648
Sulfuros*	--	--	--	--
Cloruros	29,147	SD	8,527	37,589
Fenoles*	--	--	--	--
Grasas y Aceites*	--	--	--	--
Sustancias Activas al Azul de Metileno *	--	--	--	--
Coliformes Fecales (NMP/día)	2.E+12	SD	6.E+11	3.E+12
Arsénico	19	SD	5.7	25
Cadmio	1.9	SD	0.57	2.5
Cobre	38.9	SD	11	50
Cromo	19.4	SD	5.7	25
Mercurio*	--	--	--	--
Níquel	38.9	SD	11	50
Plomo	97.2	SD	28	125
Zinc	389	SD	114	501
Cianuros	3.9	SD	1.1	5.0

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio de la LFD para este uso

SD: Sin Datos (no se analizó)

Tabla 2. 35. Cargas de acuerdo al criterio para Protección de Vida Acuática (PVA)

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Alcalinidad Total*	--	--	--	--
Sólidos Disueltos Totales*	--	--	--	--
Sólidos Suspendidos Totales	5,829	SD	1,705	7,518
Sólidos Totales*	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	11.7	SD	3.4	15
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--
Fósforo Total	9.7	SD	2.8	13
Sulfatos*	--	--	--	--
Sulfuros	0.39	SD	0.11	0.50
Cloruros	48,578	SD	14,211	62,648
Fenoles	19.4	SD	5.7	25
Grasas y Aceites	1,943	SD	568	2,506
Sustancias Activas al Azul de Metileno	19.4	SD	5.7	25
Coliformes Fecales (NMP/día)	2.E+12	SD	6.E+11	3.E+12
Arsénico	38.9	SD	11	50
Cadmio	0.78	SD	0.23	1.0
Cobre	9.7	SD	2.8	13
Cromo	9.7	SD	2.8	13

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Mercurio	0.10	SD	0.03	0.13
Níquel	117	SD	34	150
Plomo	5.8	SD	1.7	7.5
Zinc	3.89	SD	1.1	5.0
Cianuros	0.97	SD	0.28	1.3

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio de la LFD para este uso

En la Tabla 2. 36, Tabla 2. 37 y Tabla 2. 38 se muestra, respectivamente, la capacidad de asimilación de los parámetros presentes en la LFD (para los tres usos). Los valores negativos indican que la carga actual está por arriba de la carga permisible. En las celdas que contienen el signo menos (-), indican que la concentración del parámetro está por debajo del límite permisible. Las celdas con SD indican que no se tiene el valor de la concentración del parámetro.

Tabla 2. 36. Capacidad de asimilación, caso Fuente de Abastecimiento (LFD)

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Alcalinidad Total	67,757	SD	12,506	36,586
Sólidos Disueltos Totales	67,621	SD	1,478	-3,007
Sólidos Suspendidos Totales	9,288	SD	1,910	6,415
Sólidos Totales	76,948	SD	3,411	3,508
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)	709	SD	102	867
Nitritos (N-NO ₂)	9	SD	-	-
Fósforo Total	-56	SD	-28	-40.1
Sulfatos	45,702	SD	8,788	42,400
Sulfuros	-	--	-7.4	-77.7
Cloruros	48,081	SD	13,603	61,054
Fenoles	-	SD	-	-
Grasas y Aceites	523	SD	-	-
Sustancias Activas al Azul de Metileno	-	SD	-	-
Coliformes Fecales (NMP/día)	2.E+12	SD	6.E+11	3.E+12
Arsénico	-	SD	2.5	10.65
Cadmio	-	SD	-	-
Cobre	-	SD	-	-
Cromo	-	SD	-	-
Mercurio	-	SD	-	-
Níquel	-	SD	-	-
Plomo	-	SD	-	-
Zinc	-	SD	-	-
Cianuros	-	SD	-	-

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio de la LFD para este uso

SD: Sin Datos

Tabla 2. 37. Capacidad de asimilación, caso Riego Agrícola (LFD)

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Alcalinidad Total*	--	--	--	--
Sólidos Disueltos Totales	67,621	SD	1,478	-3,007
Sólidos Suspendidos Totales	9,288	SD	1,910	6,415
Sólidos Totales	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--
Fósforo Total*	--	--	--	--
Sulfatos	45,702	SD	8,788	42,400
Sulfuros*	--	--	--	--
Cloruros	28,649	SD	7,919	35,995
Fenoles*	--	--	--	--
Grasas y Aceites*	--	--	--	--
Sustancias Activas al Azul de Metileno *	--	--	--	--
Coliformes Fecales (NMP/día)	2.E+12	SD	6.E+11	3.E+12
Arsénico	-	SD	5.3	23.18
Cadmio	-	SD	-	-
Cobre	-	SD	-	-
Cromo	-	SD	-	-
Mercurio	--	SD	--	--
Níquel	-	SD	-	-
Plomo	-	SD	-	-
Zinc	-	SD	-	-
Cianuros	-	SD	-	-

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio de la LFD para este uso

SD: Sin Datos

Tabla 2. 38. Capacidad de asimilación, caso para Protección a la Vida Acuática (LFD)

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Alcalinidad Total*	--	--	--	--
Sólidos Disueltos Totales*	--	--	--	--
Sólidos Suspendidos Totales	5,402	--	773	1,403
Sólidos Totales*	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	-2	--	-16	-72
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--
Fósforo Total	-66	--	-31	-53
Sulfatos*	--	--	--	--
Sulfuros	-	--	-19	-127
Cloruros	48,081	--	13,603	61,054
Fenoles	-	--	-	-
Grasas y Aceites	523	--	-	-
Sustancias Activas al Azul de Metileno	-	--	-	-
Coliformes Fecales (NMP/día)	2.E+12	--	6.E+11	3.E+12
Arsénico	-	--	11	48
Cadmio	-	--	-	-
Cobre	-	--	-	-
Cromo	-	--	-	-

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Mercurio	-	--	-	-
Níquel	-	--	-	-
Plomo	-	--	-	-
Zinc	-	--	-	-
Cianuros	-	--	-	-

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio de la LFD para este uso

SD: Sin Datos

Con respecto al río Dulce, los resultados anteriores indican que en el río Yautepec, la carga transportada actuales de Sólidos Disueltos Totales, superan las cargas permisibles para FA y RA en la parte baja antes de su confluencia con el Yautepec. Las cargas de Fósforo Total en todo el río excepto en Tezoyuca, superan las cargas permisibles para FA y PVA, es el mismo caso para el Nitrógeno Amoniacal, pero en este caso solo para PVA. Las cargas de Sulfuros en las dos últimas estaciones o la mitad baja, superan las cargas según los criterios para FA y PVE.

2.2.5.3. Río Cuautla

En la Tabla 2. 39 se muestra las cargas actuales transportadas en las estaciones en el río Cuautla. Para comparar estas cargas actuales con valores de referencia, en la Tabla IV. 23, Tabla IV. 24 y Tabla IV. 25 se muestra las cargas en las estaciones del río Cuautla, con los valores de los parámetros incluidos en los criterios de calidad del agua de la Ley Federal de Derechos (LFD) para los tres usos principales.

Tabla 2. 39. Cargas actuales en el río Cuautla

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad Deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Carbono Orgánico Total	SD	SD	338	1,472	SD	214	341	528
Alcalinidad Total	SD	SD	41,780	54,974	SD	29,061	31,289	51,983
Dureza	SD	SD	43,596	51,099	SD	43,867	45,947	87,827
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SD	SD	ND	4,843.5	SD	202.3	94	170
Demanda Química de Oxígeno	SD	SD	5,177	9,517	SD	ND	1,907	5,419
Sólidos Disueltos Totales	SD	SD	34,514	91,784	SD	69,985	72,726	148,134
Sólidos Suspendidos Totales	SD	SD	500	1,937	SD	4,874	4,322	3,058
Sólidos Totales	SD	SD	34,968	93,722	SD	74,860	77,048	151,192
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	SD	SD	23.6	554.6	SD	56.5	ND	7
Nitratos (N-NO ₃)	SD	SD	333.8	89.6	SD	381.7	305	511
Nitritos (N-NO ₂)	SD	SD	13.58	200.84	SD	1.06	ND	ND
Nitrógeno Orgánico	SD	SD	199	874	SD	25	109	28
Nitrógeno Total	SD	SD	570	1,719	SD	465	414	546
Ortofosfato	SD	SD	56.8	225.2	SD	20.2	19	25

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad Deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
P-Hidrolizable	SD	SD	52.2	203.4	SD	22.1	19	20
P-Orgánico	SD	SD	15.9	60.5	SD	2.8	ND	10
Fósforo Total	SD	SD	124.9	489.2	SD	45.1	38	56
Fosfatos	SD	SD	209	809	SD	76	57	93
Sulfatos	SD	SD	5,745	9,251	SD	18,761	22,363	46,547
Sulfuros	SD	SD	ND	ND	SD	ND	ND	ND
Cloruros	SD	SD	895	5,037	SD	2,428	2,659	4,400
Fenoles	SD	SD	ND	ND	SD	ND	ND	ND
Grasas y Aceites	SD	SD	ND	3,294	SD	636	365	8,834
Sustancias Activas al Azul de Metileno	SD	SD	ND	60	SD	ND	ND	ND
Coliformes Fecales (NMP/día)	SD	SD	9.E+09	3.E+10	SD	2.E+12	1.E+11	7.E+10
Arsénico	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cadmio	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cobre	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cromo	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Mercurio	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Níquel	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Plomo	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Zinc	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cianuros	SD	SD	ND	ND	SD	ND	ND	ND

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

ND: No Determinado; Parámetros por debajo del límite de cuantificación

SD: Sin Datos

Tabla 2. 40. Cargas de acuerdo al criterio para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable (LFD)

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Alcalinidad Total	SD	SD	90,826	96,870	SD	36,786	37,584	67,952
Sólidos Disueltos Totales	SD	SD	113,532	121,087	SD	45,983	46,980	84,939
Sólidos Suspendidos Totales	SD	SD	11,353	12,109	SD	4,598	4,698	8,494
Sólidos Totales	SD	SD	124,885	133,196	SD	50,581	51,678	93,433
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)	SD	SD	1,135	1,211	SD	460	470	849
Nitritos (N-NO ₂)	SD	SD	11	12	SD	4.6	4.7	8.5
Fósforo Total	SD	SD	23	24	SD	9.2	9.4	17
Sulfatos	SD	SD	56,766	60,544	SD	22,991	23,490	42,470
Sulfuros	SD	SD	45	48	SD	18.4	19	34
Cloruros	SD	SD	56,766	60,544	SD	22,991	23,490	42,470
Fenoles	SD	SD	0.23	0.24	SD	0.09	0.09	0.17
Grasas y Aceites	SD	SD	2,271	2,422	SD	920	940	1,699
Sustancias Activas al Azul de Metileno	SD	SD	114	121	SD	46.0	47	85
Coliformes Fecales (NMP/día)	SD	SD	2.E+12	2.E+12	SD	9.E+11	9.E+11	2.E+12
Arsénico	SD	SD	11.4	12.1	SD	4.6	4.7	8.5

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Cadmio	SD	SD	2.3	2.4	SD	0.92	0.94	1.7
Cobre	SD	SD	227	242	SD	92	94	170
Cromo	SD	SD	11	12	SD	4.6	4.7	8.5
Mercurio	SD	SD	0.23	0.24	SD	0.09	0.09	0.17
Níquel	SD	SD	2.3	2.4	SD	0.92	0.9	1.7
Plomo	SD	SD	11.4	12.1	SD	4.60	4.7	8.5
Zinc	SD	SD	1,135	1,211	SD	460	470	849
Cianuros	SD	SD	4.54	4.84	SD	1.84	1.9	3.4

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio de la LFD para este uso

SD: Sin Datos

Tabla 2. 41. Cargas de acuerdo al criterio para Riego Agrícola (LFD)

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Alcalinidad Total*	--	--	--	--	--	--	--	--
Sólidos Disueltos Totales	SD	SD	113,532	121,087	SD	45,983	46,980	84,939
Sólidos Suspendidos Totales	SD	SD	11,353	12,109	SD	4,598	4,698	8,494
Sólidos Totales	--	--	--	--	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--	--	--	--	--
Fósforo Total*	--	--	--	--	--	--	--	--
Sulfatos	SD	SD	56,766	60,544	SD	22,991	23,490	42,470
Sulfuros*	--	--	--	--	--	--	--	--
Cloruros	SD	SD	34,060	36,326	SD	13,795	14,094	25,482
Fenoles*	--	--	--	--	--	--	--	--
Grasas y Aceites*	--	--	--	--	--	--	--	--
Sustancias Activas al Azul de Metileno *	--	--	--	--	--	--	--	--
Coliformes Fecales (NMP/día)	SD	SD	2.E+12	2.E+12	SD	9.E+11	9.E+11	2.E+12
Arsénico	SD	SD	23	24	SD	9.2	9.4	17
Cadmio	SD	SD	2.3	2.4	SD	0.92	0.94	1.7
Cobre	SD	SD	45	48	SD	18	19	34
Cromo	SD	SD	23	24	SD	9.2	9.4	17
Mercurio*	--	--	--	--	--	--	--	--
Níquel	SD	SD	45	48	SD	18	19	34
Plomo	SD	SD	114	121	SD	46.0	47	85
Zinc	SD	SD	454	484	SD	184	188	340
Cianuros	SD	SD	4.5	4.8	SD	1.8	1.9	3.4

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio de la LFD para este uso

SD: Sin Datos

Tabla 2. 42. Cargas de acuerdo al criterio para Protección de Vida Acuática (LFD)

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Alcalinidad Total*	--	--	--	--	--	--	--	--
Sólidos Disueltos Totales*	--	--	--	--	--	--	--	--
Sólidos Suspendedos Totales	--	--	6,812	7,265	--	2,759	2,819	5,096
Sólidos Totales*	--	--	--	--	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	--	--	13.6	14.5	--	5.5	5.6	10
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--	--	--	--	--
Fósforo Total	--	--	11	12	--	4.6	4.7	8.5
Sulfatos*	--	--	--	--	--	--	--	--
Sulfuros	--	--	0.45	0.48	--	0.18	0.19	0.34
Cloruros	--	--	56,766	60,544	--	22,991	23,490	42,470
Fenoles	--	--	23	24	--	9.2	9.4	17
Grasas y Aceites	--	--	2,271	2,422	--	920	940	1,699
Sustancias Activas al Azul de Metileno	--	--	23	24	--	9.2	9.4	17
Coliformes Fecales (NMP/día)	--	--	2.E+12	2.E+12	--	9.E+11	9.E+11	2.E+12
Arsénico	--	--	45	48	--	18	19	34
Cadmio	--	--	0.91	0.97	--	0.37	0.38	0.68
Cobre	--	--	11.4	12.1	--	4.6	4.7	8.5
Cromo	--	--	11.4	12.1	--	4.6	4.7	8.5
Mercurio	--	--	0.11	0.12	--	0.05	0.05	0.08
Níquel	--	--	136	145	--	55	56	102
Plomo	--	--	6.8	7.3	--	2.8	2.8	5.1
Zinc	--	--	4.5	4.8	--	1.8	1.9	3.4
Cianuros	--	--	1.1	1.2	--	0.46	0.47	0.85

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio de la LFD para este uso

SD: Sin Datos

En la Tabla 2. 43, Tabla 2. 44 y Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio del uso de la LFD

SD: Sin Datos

Tabla 2. 45 se muestra respectivamente, la capacidad de asimilación de los parámetros presentes en la LFD (para los tres usos). Los valores negativos indican que la carga actual está por arriba de la carga permisible. En las celdas que contienen el signo menos (-), indican que la concentración del parámetro está por debajo del límite permisible. Las celdas con SD indican que no se tiene el valor de la concentración del parámetro.

Tabla 2. 43. Capacidad de asimilación para uso Fuente de Abastecimiento (LFD)

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Alcalinidad Total	SD	SD	49,046	41,896	SD	7,725	6,295	15,969
Sólidos Disueltos Totales	SD	SD	79,018	29,303	SD	-24,003	-25,745	-63,195
Sólidos Suspendidos Totales	SD	SD	10,854	10,171	SD	-276	376	5,436
Sólidos Totales	SD	SD	89,917	39,475	SD	-24,279	-25,369	-57,759
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)	SD	SD	802	1,121	SD	78	164	338
Nitritos (N-NO ₂)	SD	SD	-2	-189	SD	3.5	-	-
Fósforo Total	SD	SD	-102	-465	SD	-36	-28.2	-39
Sulfatos	SD	SD	51,021	51,293	SD	4,230	1,128	-4,077
Sulfuros	SD	SD	-	-	SD	-	-	-
Cloruros	SD	SD	55,871	55,506	SD	20,563	20,831	38,070
Fenoles	SD	SD	0.23	0.24	SD	0.09	0.09	0.17
Grasa y Aceites	SD	SD	-	-872	SD	283	575	-7,135
Sustancias Activas al Azul de Metileno	SD	SD	-	62	SD	-	-	-
Coliformes Fecales (NMP/día)	SD	SD	2.E+12	2.E+12	SD	-1.E+12	8.E+11	2.E+12
Arsénico	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cadmio	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cobre	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cromo	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Mercurio	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Níquel	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Plomo	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Zinc	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cianuros	SD	SD	-	-	SD	-	-	-

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio del uso de la LFD

SD: Sin Datos

Tabla 2. 44. Capacidad de asimilación para uso Riego Agrícola (LFD)

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Alcalinidad Total*	--	--	--	--	--	--	--	--
Sólidos Disueltos Totales	SD	SD	79,018	29,303	SD	-24,003	-25,745	63,195
Sólidos Suspendidos Totales	SD	SD	10,854	10,171	SD	-276	376	5,436
Sólidos Totales*	--	--	--	--	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--	--	--	--	--
Fósforo Total*	--	--	--	--	--	--	--	--

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Sulfatos	SD	SD	51,021	51,293	SD	4,230	1,128	-4,077
Sulfuros*								
Cloruros	SD	SD	33,165	31,289	SD	11,367	11,435	21,082
Fenoles*	--	--	--	--	--	--	--	--
Grasas y Aceites*	--	--	--	--	--	--	--	--
Sustancias Activas al Azul de Metileno*	--	--	--	--	--	--	--	--
Coliformes Fecales (NMP/día)	SD	SD	2.E+12	2.E+12	SD	-1.E+12	8.E+11	2.E+12
Arsénico	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cadmio	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cobre	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cromo	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Mercurio*	--	--	--	--	--	--	--	--
Níquel	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Plomo	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Zinc	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cianuros	SD	SD	-	-	SD	-	-	-

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio del uso de la LFD

SD: Sin Datos

Tabla 2. 45. Capacidad de asimilación para uso de Protección a la Vida Acuática (LFD)

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Alcalinidad Total*	--	--	--	--	--	--	--	--
Sólidos Disueltos Totales*	--	--	--	--	--	--	--	--
Sólidos Suspendidos Totales	SD	SD	6,312	5,328	SD	-2,115	-1,503	2,039
Sólidos Totales*	--	--	--	--	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	SD	SD	-10	-540.0	SD	-51	-	2.9
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--	--	--	--	--
Fósforo Total	SD	SD	-114	-477	SD	-40.5	-32.9	-47.6
Sulfatos*	--	--	--	--	--	--	--	--
Sulfuros	SD	SD	-	-	SD	-	-	-
Cloruros	SD	SD	55,871	55,506	SD	20,563	20,831	38,070
Fenoles	SD	SD	23	24	SD	9.2	9.4	17
Grasas y Aceites	SD	SD	-	-872	SD	283	575	-7,135
Sustancias Activas al Azul de Metileno*	SD	SD	-	-35	SD	-	-	-
Coliformes Fecales (NMP/día)	SD	SD	2.E+12	2.E+12	SD	-1.E+12	8.E+11	2.E+12
Arsénico	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cadmio	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cobre	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cromo	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Mercurio	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Níquel	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Plomo	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Zinc	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cianuros	SD	SD	-	-	SD	-	-	-

Unidades en kg/d, si no se indican otras unidades en la misma tabla

*Parámetro no presente en el criterio del uso de la LFD

SD: Sin Datos

En la Figura 2. 126 a la Figura 2. 140 se ilustra gráficamente el comportamiento (para cada parámetro sobre el río Cuautla) de las cargas actuales, y las cargas máximas permisibles de acuerdo a los criterios de calidad del agua en la LFD.

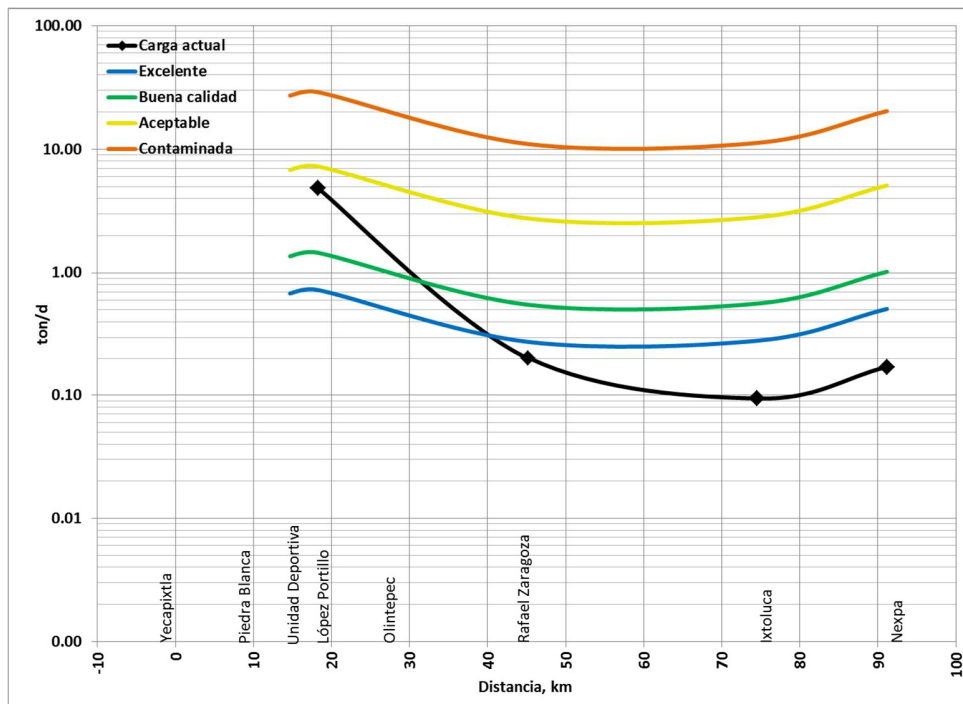


Figura 2. 126. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA

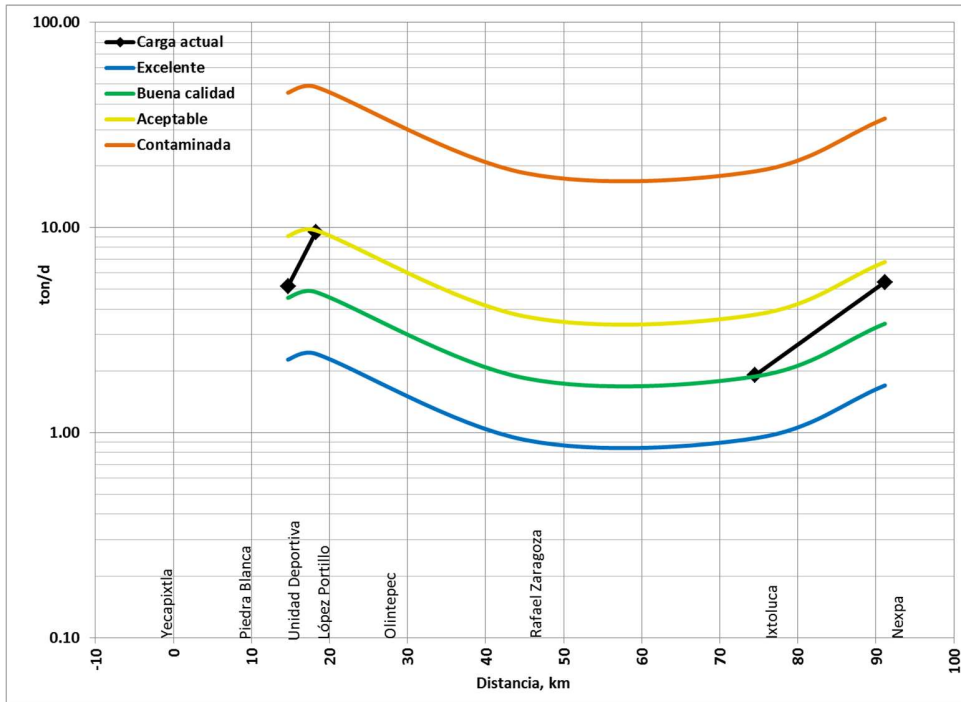


Figura 2. 127. Carga de Demanda Química de Oxígeno en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA

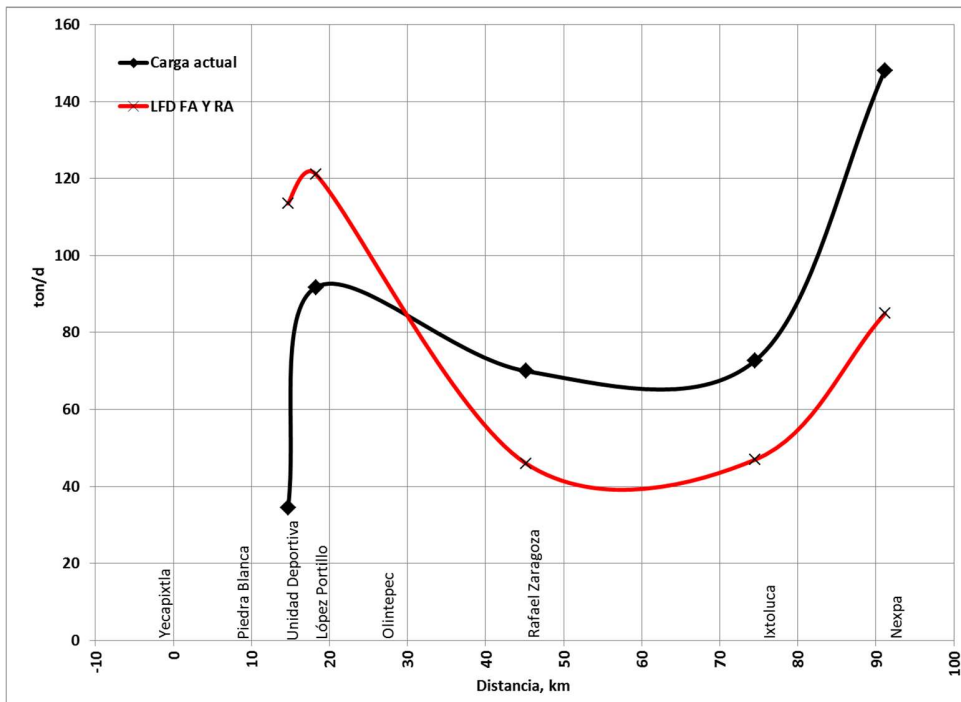


Figura 2. 128. Carga de Sólidos Disueltos Totales en el río Cuautla

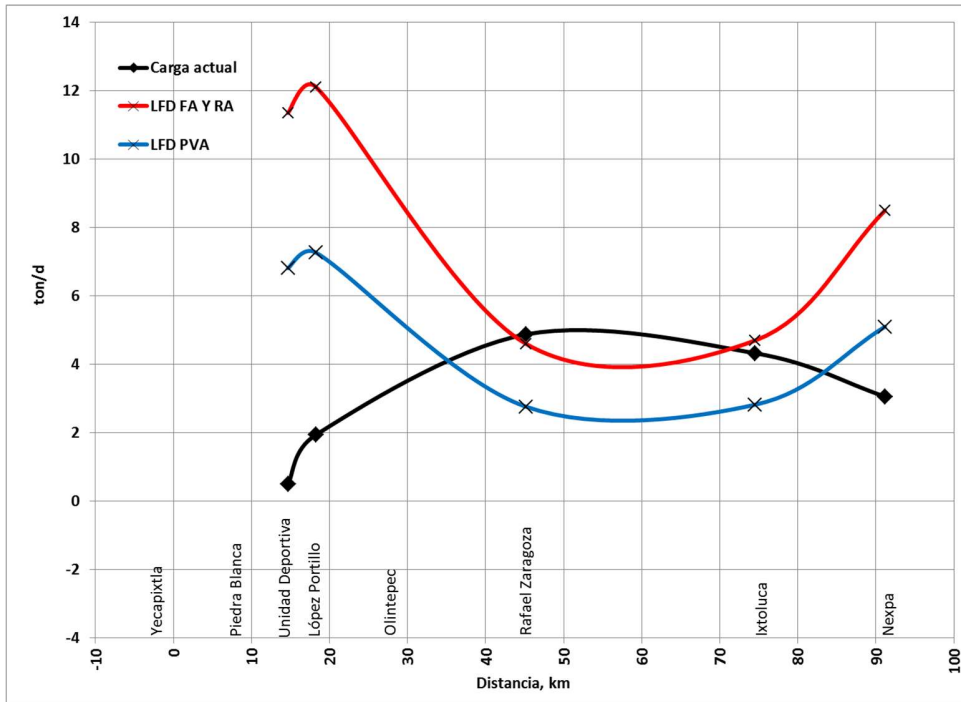


Figura 2. 129. Carga de Sólidos Suspendidos Totales en el río Cuautla

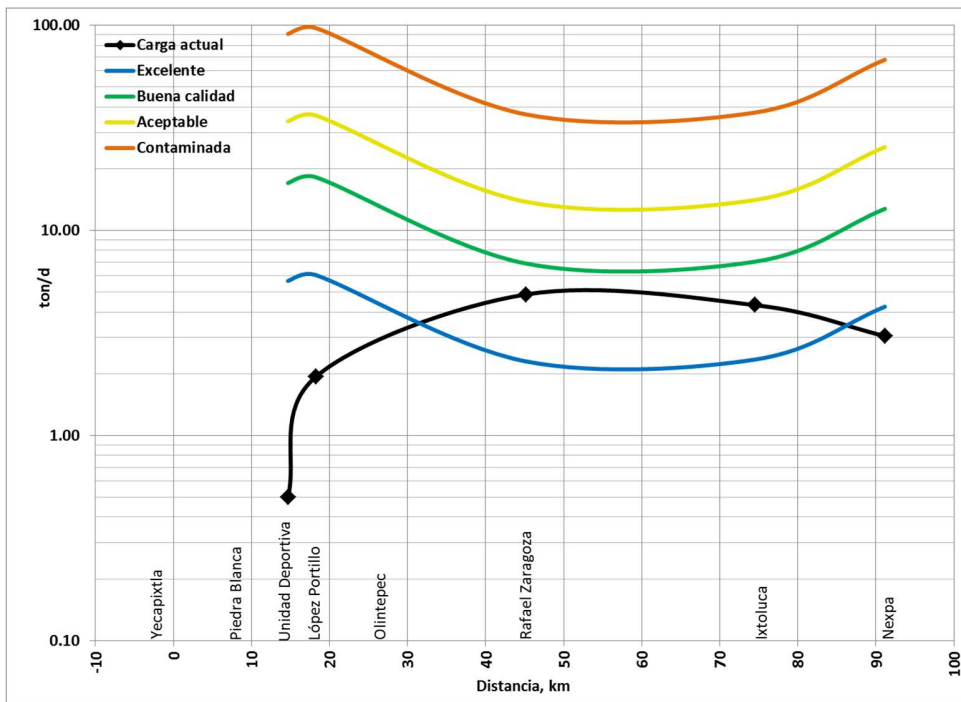


Figura 2. 130. Carga Sólidos Suspendidos Totales en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA

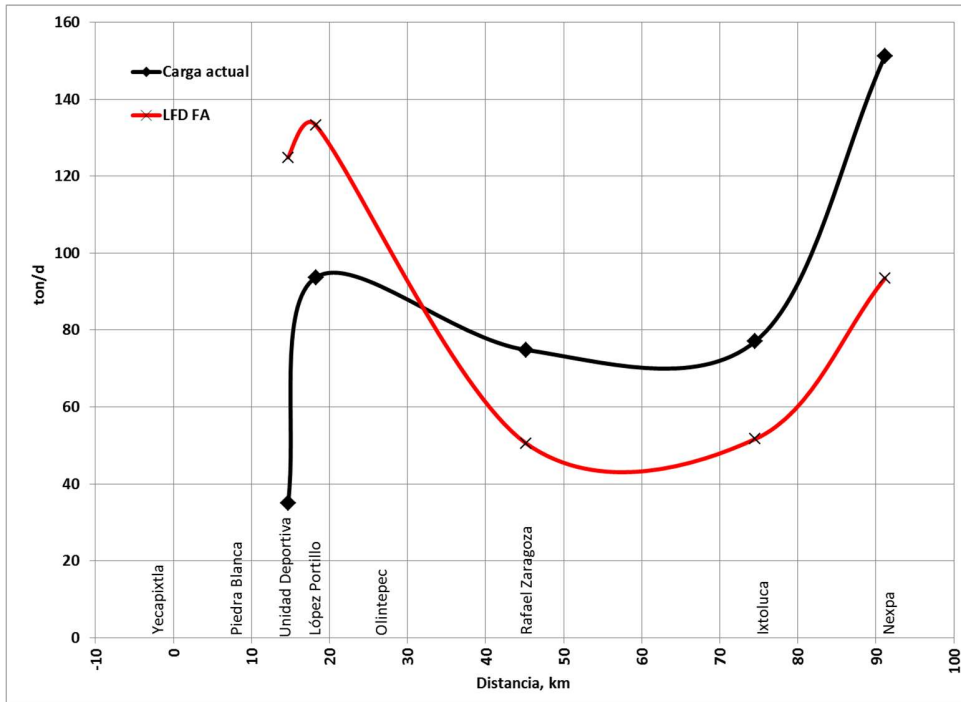


Figura 2. 131. Carga de Sólidos Totales en el río Cuautla

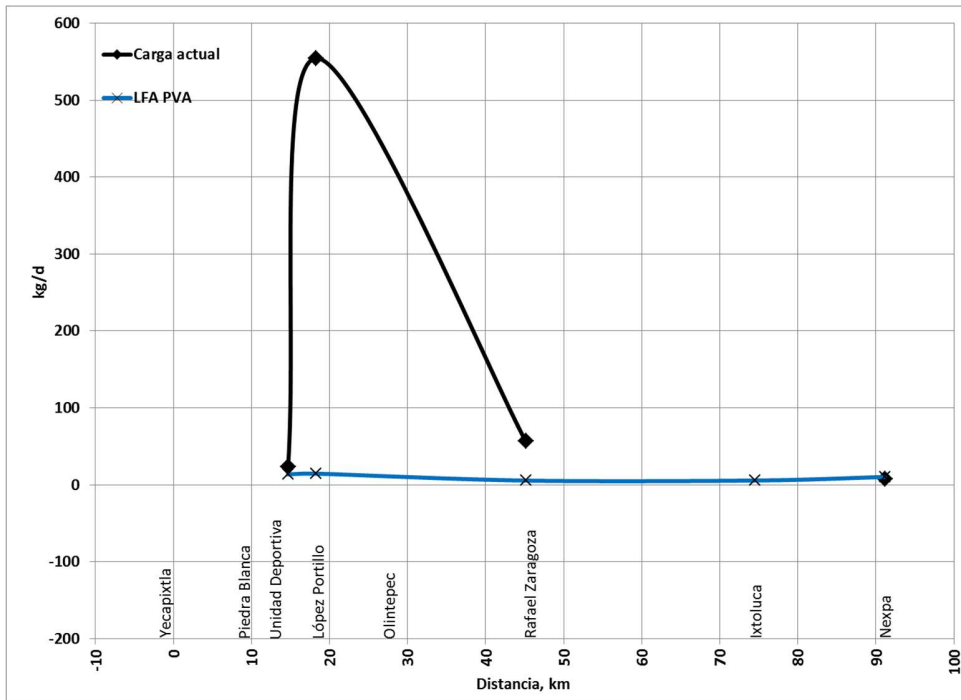


Figura 2. 132. Carga de Nitrógeno Amoniacal en el río Cuautla

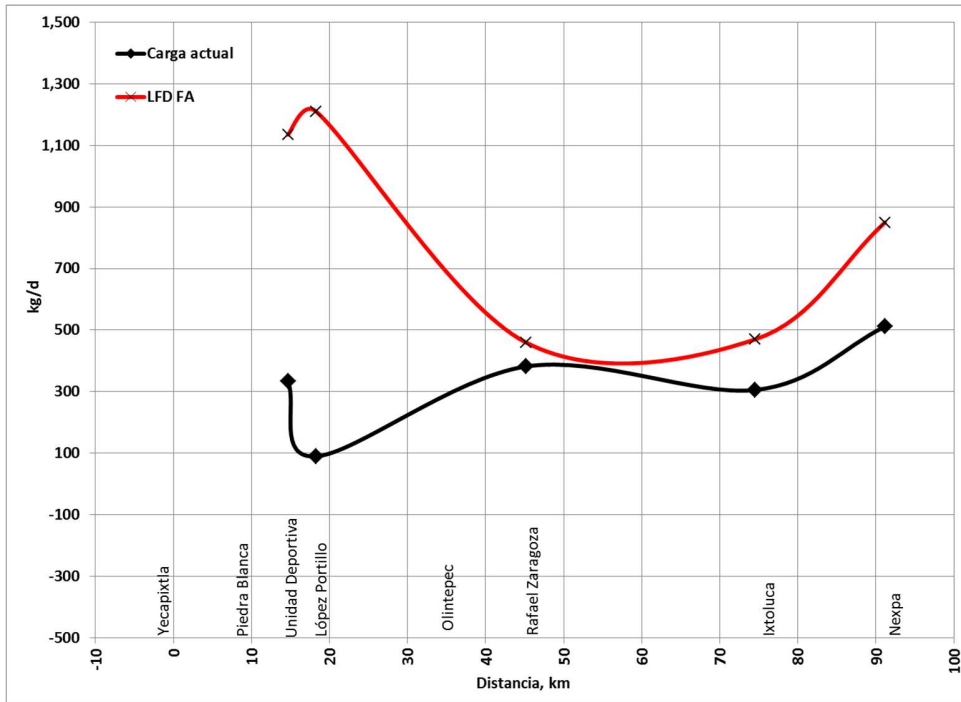


Figura 2. 133. Carga de Nitritos en el río Cuautla

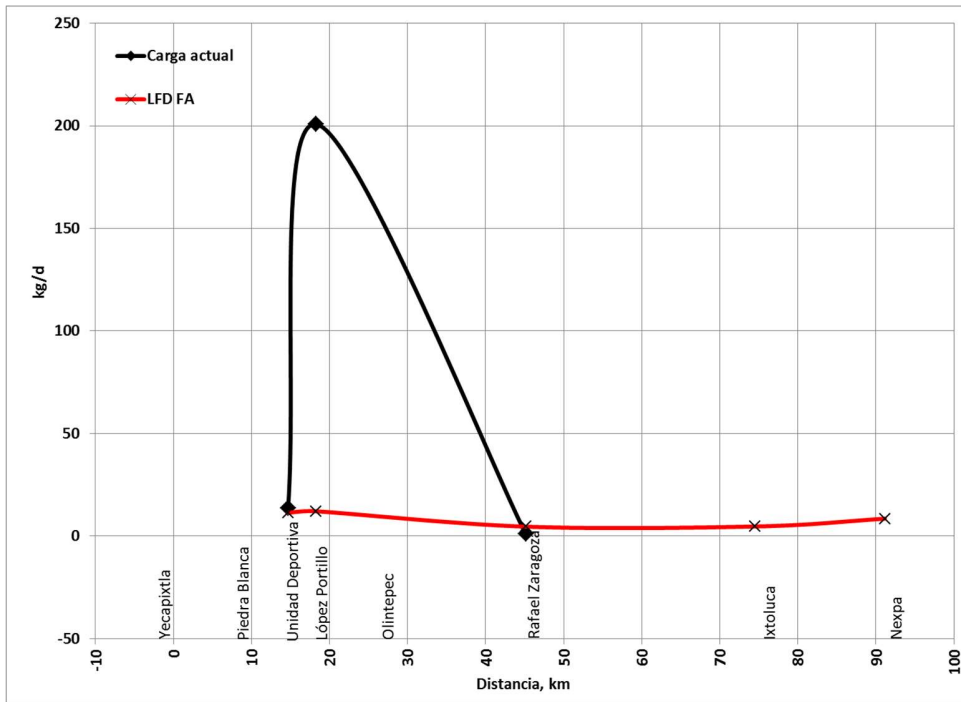


Figura 2. 134. Carga de Nitratos en el río Cuautla

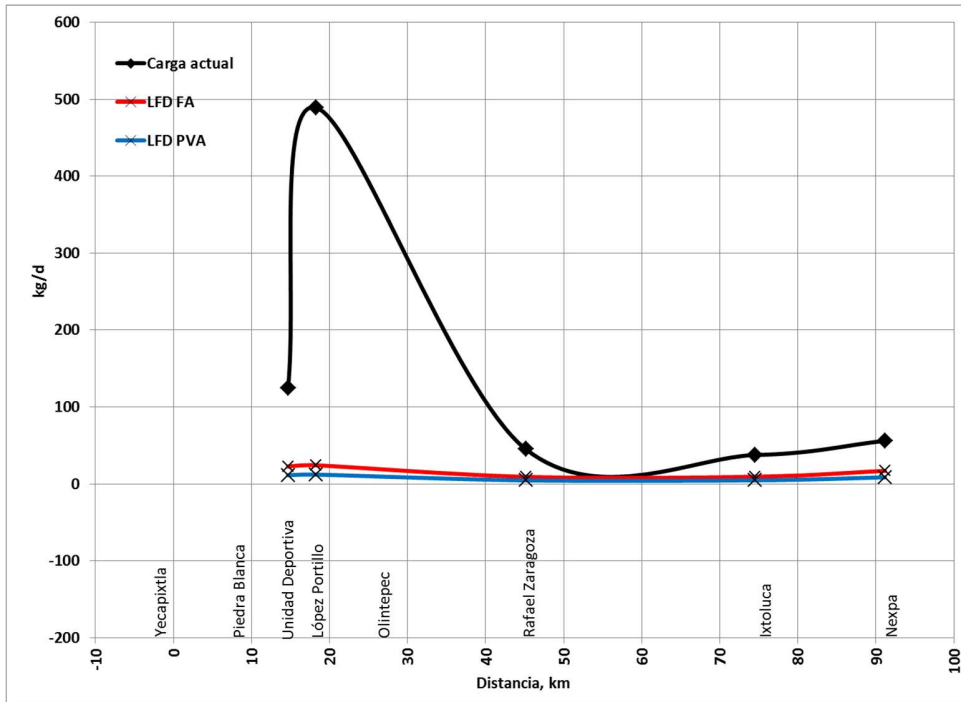


Figura 2. 135. Carga de Fósforo Total en el río Cuautla

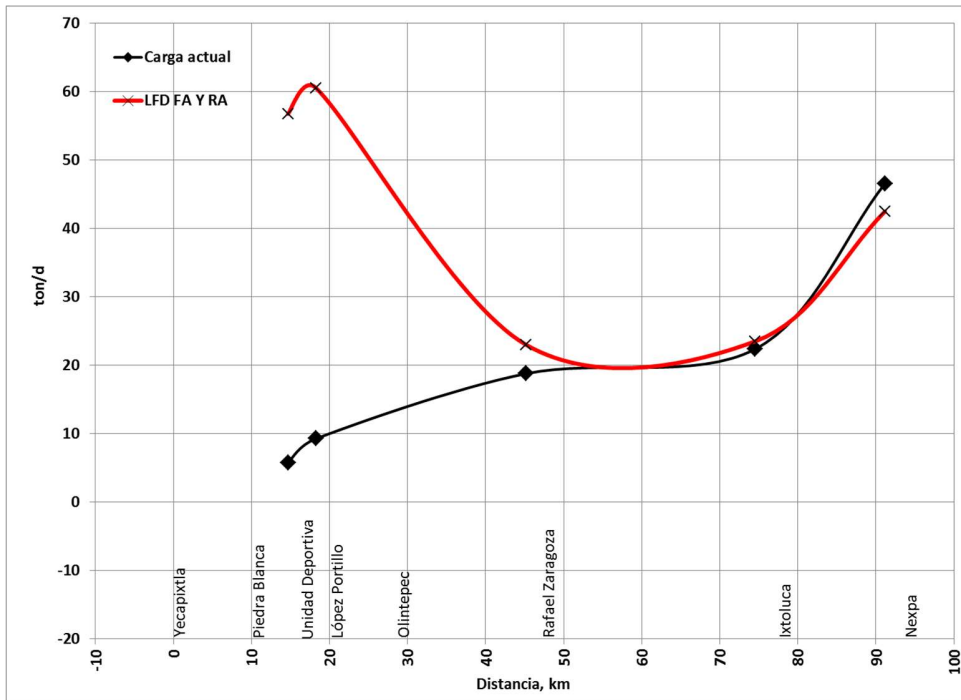


Figura 2. 136. Carga de Sulfatos en el río Cuautla

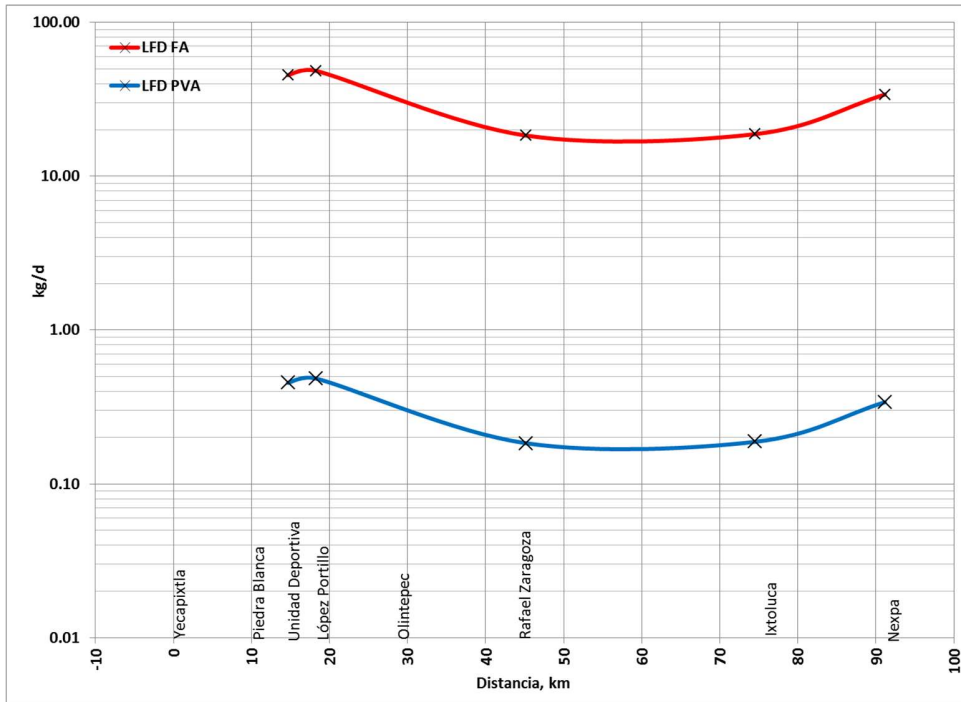


Figura 2. 137. Carga de Sulfuros en el río Cuautla

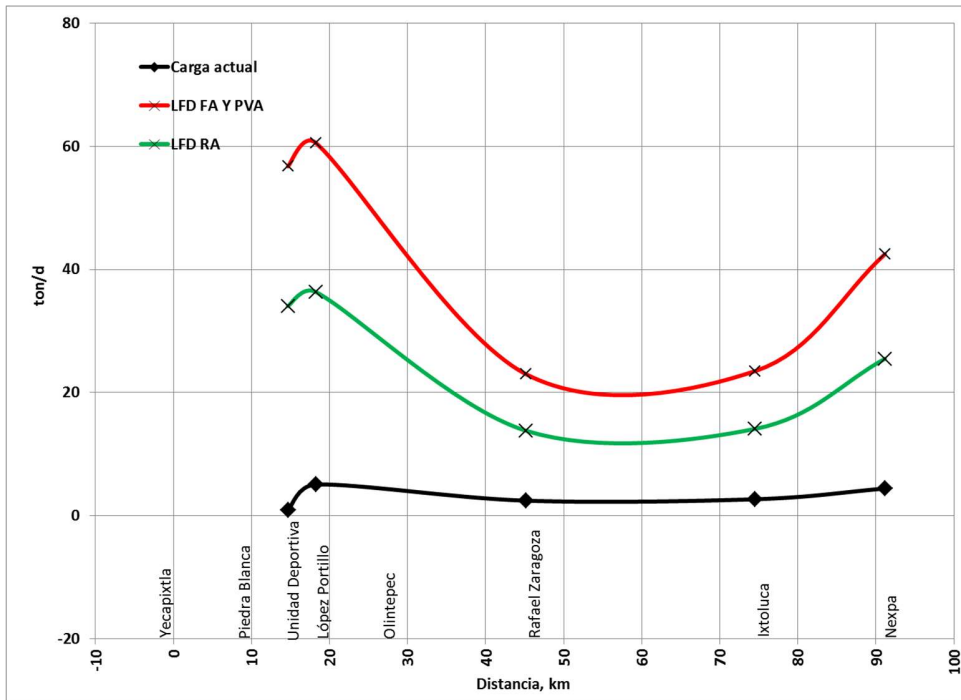


Figura 2. 138. Carga de Cloruros en el río Cuautla

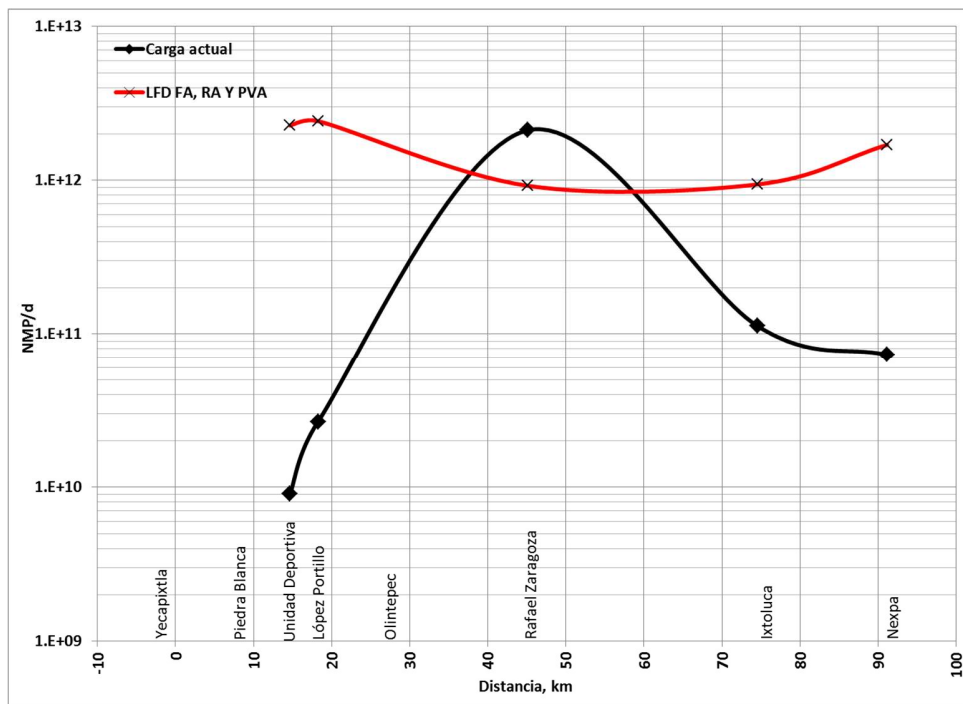


Figura 2. 139. Carga de Coliformes Fecales en el río Cuautla

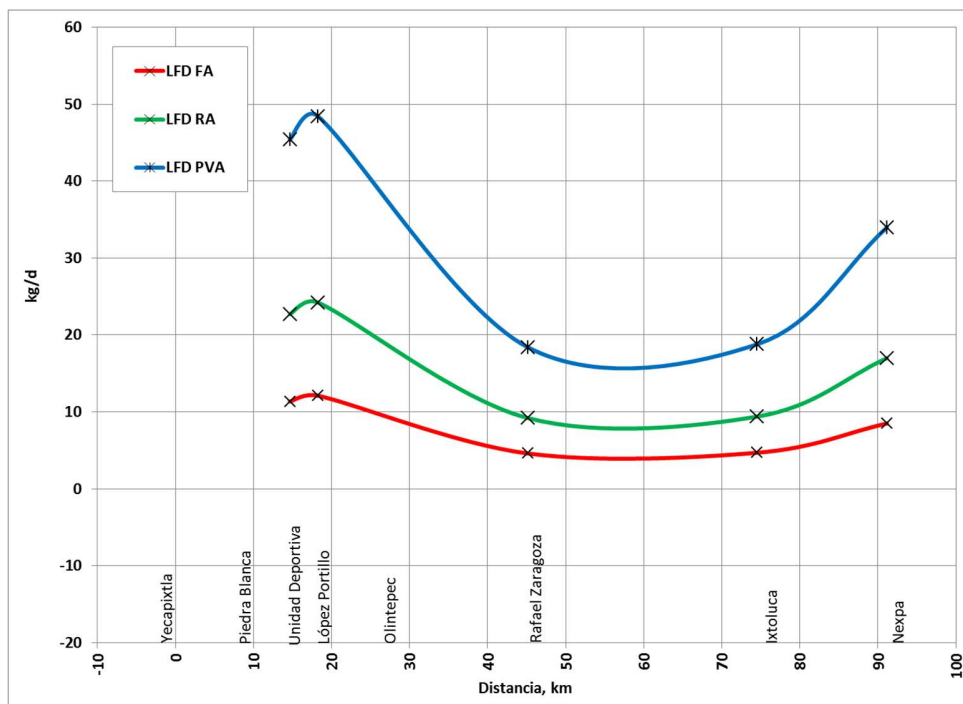


Figura 2. 140. Carga de Arsénico en el río Cuautla

El análisis de cargas transportadas y permisibles en el río Cuautla, indican lo siguiente; las cargas transportadas actuales de Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendedos Totales

y Sólidos Totales superan las cargas permisibles para FA y RA desde la parte media a la parte baja del río, y de PVA para los Sólidos Suspendidos Totales en el mismo tramo. Con respecto al Nitrógeno, las cargas de Nitratos exceden los criterios de FA y RA en la parte alta del río. Las cargas de Nitrógeno Amoniacal exceden la parte alta y media del río Cuautla para el caso de PVA. Las cargas de Fósforo Total exceden los límites permisibles para los tres usos y prácticamente en todo el río Cuautla excepto en la estación de muestreo Olin-tepec. La carga de Sulfatos que transporta el río Cuautla en Nexpa excede los límites dados para FA y RA. Las cargas de Grasa y Aceites exceden los límites dados para FA, RA y PVA en las estaciones Lopez Portillo y Nexpa. Con respecto a detergentes medidos como SAAM, en la estación Lopez Portillo, la carga de este parámetro excede el límite permisible para PVA. En cuanto a cargas bacteriológicas medidas como Coliformes Fecales, únicamente en la estación Rafael Zaragoza, se excede el límite permisible dado para el uso de PVA.

2.2.6. Resumen de resultados de calidad del agua, primer muestreo

Los resultados de los parámetros de campo y laboratorio para la primera campaña de muestreo, comparados con los criterios de calidad del agua dados en la LFD para los tres usos principales, es decir Fuente de Abastecimiento (FA), riego agrícola (RA) y Protección de Vida Acuática (PVA), y para los criterios de CONAGUA para DBO, DQO y SST, indican lo siguiente;

La calidad del agua respecto a DBO en los ríos Yautepec, Dulce y Cuautla se clasifica de Aceptable a Excelente en todas las estaciones. Con respecto a al DQO muestra una clasificación de Contaminada en el tramo inicial del río Yautepec desde Tepoztlán hasta Yautepec. Los SST presentan una clasificación de Fuertemente Contaminado únicamente en la primera estación del río Yautepec en Tepoztlán.

El Oxígeno Disuelto presenta concentraciones arriba de los criterios para los tres usos en los tres ríos, con concentraciones por arriba de los 4 mg/l, excepto en la estación "Lopez Portillo" del río Cuautla.

En cuanto a metales, se encontrón concentraciones altas en la parte alta del Yautepec en el Balneario El Bosque, en donde el Mercurio supera los criterios de PVA y FA, y el Zinc supera el criterio de PVA. En el caso del Níquel supera el criterio de FA en EL Bosque y en la estación Yautepec Centro. Tanto en el río Dulce como el Cuautla no se exceden los criterios para metales.

Los Sulfatos en la parte baja del Cuautla en Nexpa y en la parte media del Yautepec en Tlaltizapan no cumplen con los criterios para FA y RA. Las concentraciones de Sulfuros en todas las estaciones del río Cuautla superan los criterios de FA y PVA, al igual que en la parte baja del río Dulce en las estaciones Acamilpa y Tlaltizapan.

Los detergentes como SAAM presentan valores por encima de los criterios en solo dos sitios, en el río Cuautla en la estación Lopez Portillo, el valor supera el criterio para PVA, y en el río Dulce en la estación Acamilpa, también incumple este criterio.

Para Color Verdadero, el río Cuautla en el segmento medio a bajo, las concentraciones de este parámetro superan el criterio para PVA. En el río Yautepec, la parte alta y media también se incumplen los valores para este criterio.

Las Grasas y Aceites, en dos sitios del río Cuautla, superan los criterios para FA y PVA, en Lopez Portillo, es decir después de la Ciudad del Cuautla y en la última estación en Nexpa. En el Yautepec, lo mismo ocurre en la estación después de la confluencia con el Dulce y en el río Dulce en la estación de Tezoyuca.

Para las especies de Nitrógeno, Amoniacal y Nitratos, el río Cuautla presenta problemática en las estaciones que se ubican en la zona urbana de Cuautla. En el río Yautepec, desde El Bosque hasta la última estación, el Nitrógeno Amoniacal supera el criterio para PVA. En el río Dulce, todas las estaciones superan también el criterio para PVA. Los Nitratos, a pesar de que supera el criterio para FA, este incumplimiento se da en menor medida con respecto al Amoniacal.

EL Fósforo Total en todas las estaciones y en los tres ríos, incumple los criterios para FA y PVA.

Las series de Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales y Totales, en el río Cuautla incumplen algunos o varios de los tres criterios de uso, en las estaciones que se ubican en la parte baja, es decir desde Rafael Zaragoza hasta Nexpa. En el río Yautepec la problemática se presenta en la totalidad del río, y en el río Dulce en la última estación.

La contaminación bacteriológica, medida con el parámetro de Coliformes Fecales, indica que en el río Cuautla, solo la estación Rafael Zaragoza presenta valores por encima del criterio de los 1000 NMP/100 ml. En el río Yautepec, se supera este criterio en tres sitios, en Tepoztlán, Yautepec Centro y Pedro Amaro. En el río Dulce en la última estación antes de su confluencia con el Yautepec.

2.3. Segunda campaña de monitoreo

La segunda campaña de monitoreo se efectuó en el mes de abril de 2015 bajo condiciones de estiaje. A continuación se presentan los resultados de calidad del agua por cuerpo de agua.

2.3.1. Resultados calidad del agua para el Río Yautepec

En la Tabla 2. 46 se muestran los resultados de calidad de agua de las estaciones ubicadas en el río Yautepec y en las descargas.

Tabla 2. 46. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas.

Clave	Nombre	Sitio	Temp.	Cond.	OD	pH	Sal.	ORP	COT	Materia Flotante	Alcalinidad Total	Dureza Total	Color Verdadero		CE ₅₀	UT
			°C	µS/cm	mg/L		PSS	mv	mg/L		mg/L CaCo2	mg/L CaCO3	Upt-Co	pH	%	
8	Cocoyoc Balneario	Río	18.30	224.00	13.70	6.54			1.72	ausencia	112	94	<2.5	6.97	ND	ND
9	Yautepec Centro	Río	25.60	1,026.00	13.80	7.57			2.54	ausencia	255	574	2.5	8.33	ND	ND
10	Centro IPN	Río	28.80	993.00	9.95	8.53		-36.6	7.86	Ausencia	220	412	25	8.49	ND	ND
11	Tlaltzapán-Yautepec	Río	25.20	1,368.00	7.71	7.43		-144.8	1.39	Ausencia	305	728	<2.5	8.13	ND	ND
12	Después confluencia	Río	22.50	883.00	9.37	7.94			2.06	Ausencia	297	445	<2.5	8.06	ND	ND
13	Pedro Amaro	Río	24.00	963.00	9.57	7.28			2.56	Ausencia	302	526	5	8.16	ND	ND
14	PTAR Tepoztlán	PTAR	24.70	806.00	3.50	7.70			56.81	Ausencia	294	254	20	8.06	35.77	2.8
15	PTAR Yautepec	PTAR	25.20	936.00	1.57	7.55		-184.0	20.28	Ausencia	225	249	40	7.85	ND	ND
16	PTAR Tlaltzapán	PTAR	23.90	300.00	13.40	8.97			17.57	Ausencia	373	365	30	8.2	ND	ND

Nomenclatura: Temp.=Temperatura; °C = grados centígrados; Cond.=Conductividad; µS/cm = microsiemens/centímetro; OD = Oxígeno Disuelto; mg/L = miligramo/Litro; Sal. = Salinidad; PSS = Practical Salinity Scale; ORP = Oxidation Reduction Potential; mv = millivolts; COT = Carbono Orgánico Total; CE₅₀ = Concentración Efectiva al 50%; UT = Unidades de Toxicidad; Upt-Co = Unidades de Platino-Cobalto; pH = Potential Hydrogen.

Tabla 2.46. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	DBO ₅	DBO ₅ Soluble	DQO	DQO Soluble	SDT	Sol. Sed.	SST	ST	N-NH ₃	N-NO ₃	N-NO ₂	N-Org.	NT-Kj	NT
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mL/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
8	Cocoyoc Balneario	Río	<1.1	<1.1	<14.6	<14.6	228	<0.5	<6.27	228	<0.284	0.94	<0.0213	<1.3	<1.30	0.94
9	Yautepec Centro	Río	1.2	<1.1	22.2	<14.6	898	<0.5	<6.27	898	<0.284	1.53	<0.0213	<1.3	<1.30	1.53
10	Centro IPN	Río	2.8	<1.1	34.7	<14.6	775	<0.50	41	816	<0.284	3.46	0.46	1.82	2.08	5.74
11	Tlaltzapán-Yautepec	Río	<1.1	<1.1	22	<14.6	1061	<0.50	18.8	1080	<0.284	1.5	<0.0213	<1.3	1.46	1.5
12	Después confluencia	Río	3.7	<1.1	19.3	19.3	693	<0.5	13.2	706	1.06	1.85	0.0508	1.8	2.86	4.7608
13	Pedro Amaro	Río	1.8	<1.1	<14.6	<14.6	817	<0.5	49	866	0.523	1.67	0.0709	<1.3	<1.3	2.26
14	PTAR Tepoztlán	PTAR	66	34	99.6	50.5	539	<0.5	52.7	592	14.3	0.185	<0.0213	14.3	29.1	28.79

Clave	Nombre	Sitio	DBO ₅	DBO ₅ Soluble	DQO	DQO Soluble	SDT	Sol. Sed.	SST	ST	N-NH ₃	N-NO ₃	N-NO ₂	N-Org.	NT-Kj	NT
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mL/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
15	PTAR Yautepec	PTAR	9.2	2.3	63.1	27.8	614	<0.050	10	624	14.3	0.701	0.2215	3.6	17.9	18.82
16	PTAR Tlaltizapán	PTAR	13	<1.1	36.7	26.3	748	<0.5	46	794	16.6	14.1	0.6945	7.2	24.2	38.59

Nomenclatura: DBO₅ = Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días; DQO = Demanda Química de Oxígeno; SDT = Sólidos Disueltos Totales; Sol. Sed. = Sólidos sedimentables; SST = Sólidos Suspendidos Totales; ST = Sólidos Totales; N-NH₃ = Nitrógeno Amoniacal; N-NO₃ = Nitratos; N-NO₂ = Nitritos; N-Org. = Nitrógeno Orgánico; NT = Nitrógeno Total; NT-Kj = Nitrógeno Total Kjeldahl; mL/L = mililitro/Litro

Tabla 2.46. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del en el río Yautepec y en las descargas (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	P-Orto	P-Hidro.	P-Org.	PT	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	SAAM	Cloruros	Fenoles	Fosfatos	Sulfatos	Sulfuros
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100mL	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
8	Cocoyoc Balneario	Río	<0.41	<0.41	<0.41	<0.41	1.1E+06	<8.56	<0.130	1.64	<0.0111	<1.25	7.46	<1.44
9	Yautepec Centro	Río	<0.41	<0.41	<0.41	<0.41	2.1E+05	<8.56	<0.130	15.6	<0.0111	<1.25	369	2.36
10	Centro IPN	Río	0.82	2.07	0.09	2.98	2.8E+01	<8.56	<0.130	41.5	<0.0111	6.61	284	<1.44
11	Tlaltizapán-Yautepec	Río	<0.41	<0.41	<0.41	<0.41	2.4E+04	<8.56	<0.130	14.9	<0.0111	<1.25	423	<1.44
12	Después confluencia	Río	<0.41	<0.41	<0.41	<0.41	4.3E+03	<8.56	<0.130	12	<0.0111	<1.25	204	<1.44
13	Pedro Amaro	Río	<0.41	<0.41	<0.41	<0.41	2.3E+04	<8.56	<0.130	14.8	<0.0111	<1.25	250	<1.44
14	PTAR Tepoztlán	PTAR	2.98	33.4	3.7	40.1	2.1E+06	17	0.573	63.4	<0.0111	114	61.6	<1.44
15	PTAR Yautepec	PTAR	1.28	4.55	0.4	6.23	1.1E+01	12.9	0.26	55.6	<0.0111	15.1	160	<1.44
16	PTAR Tlaltizapán	PTAR	0.99	69.6	0.9	71.5	1.4E+01	<8.56	0.338	63.2	<0.0111	216	185	<1.44

Nomenclatura: P Orto = Ortofosfato; P-Hidro. = Fósforo Hidrolizable; P-Org. = Fósforo Orgánico; PT = Fósforo Total; SAAM = Sustancias Activas al Azul de Metileno

Tabla 2.46. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Níquel	Plomo	Zinc	Cianuros	Cromo VI
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
8	Cocoyoc Balneario	Río	0.001	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	0.102	<0.10	<0.02	<0.10
9	Yautepec Centro	Río	0.0032	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	0.153	<0.10	<0.02	<0.10
10	Centro IPN	Río	0.0094	<0.03	<0.05	<0.1	<0.001	<0.05	<0.10	<0.10	<0.02	<0.10
11	Tlaltizapán-Yautepec	Río	0.0464	<0.03	<0.05	<0.1	<0.001	<0.05	<0.10	<0.10	<0.02	<0.10
12	Después confluencia	Río	0.0114	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	0.132	0.103	<0.02	<0.10
13	Pedro Amaro	Río	0.0117	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	0.13	<0.10	<0.02	<0.10

Clave	Nombre	Sitio	Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Níquel	Plomo	Zinc	Cianuros	Cromo VI
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
14	PTAR Tepoztlán	PTAR	0.0011	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	<0.10	<0.10	<0.02	<0.10
15	PTAR Yautepec	PTAR	0.0052	<0.03	<0.05	<0.1	<0.001	<0.05	<0.10	<0.10	<0.02	<0.10
16	PTAR Tlaltizapán	PTAR	0.0062	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	0.139	<0.10	<0.02	<0.10

Tabla 2.46. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	Hexacloro Benceno	Lindano	Heptacloro	Aldrín	Epóxido de Heptacloro	Clordanos	Dieldrín	DDT(Total-Isómeros)	Metoxicloro
			µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
8	Cocoyoc Balneario	Río									
9	Yautepec Centro	Río									
10	Centro IPN	Río	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
11	Tlaltizapán-Yautepec	Río									
12	Después confluencia	Río									
13	Pedro Amaro	Río	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
14	PTAR Tepoztlán	PTAR									
15	PTAR Yautepec	PTAR									
16	PTAR Tlaltizapán	PTAR									

Tabla 2.46. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	Demeton-S	Diazonin	Disulfoton	Metil Paration	Malation	Paration	Etion
			µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
8	Cocoyoc Balneario	Río							
9	Yautepec Centro	Río							
10	Centro IPN	Río	<0.10	<0.05	<0.10	<0.05	<0.10	<0.10	<0.10
11	Tlaltizapán-Yautepec	Río							
12	Después confluencia	Río							
13	Pedro Amaro	Río	<0.10	<0.05	<0.10	<0.05	<0.10	<0.10	<0.10
14	PTAR Tepoztlán	PTAR							
15	PTAR Yautepec	PTAR							
16	PTAR Tlaltizapán	PTAR							

En la Figura 2. 141 a la Figura 2. 171 se ilustran gráficamente cada uno de los parámetros obtenidos en el río Yautepec.

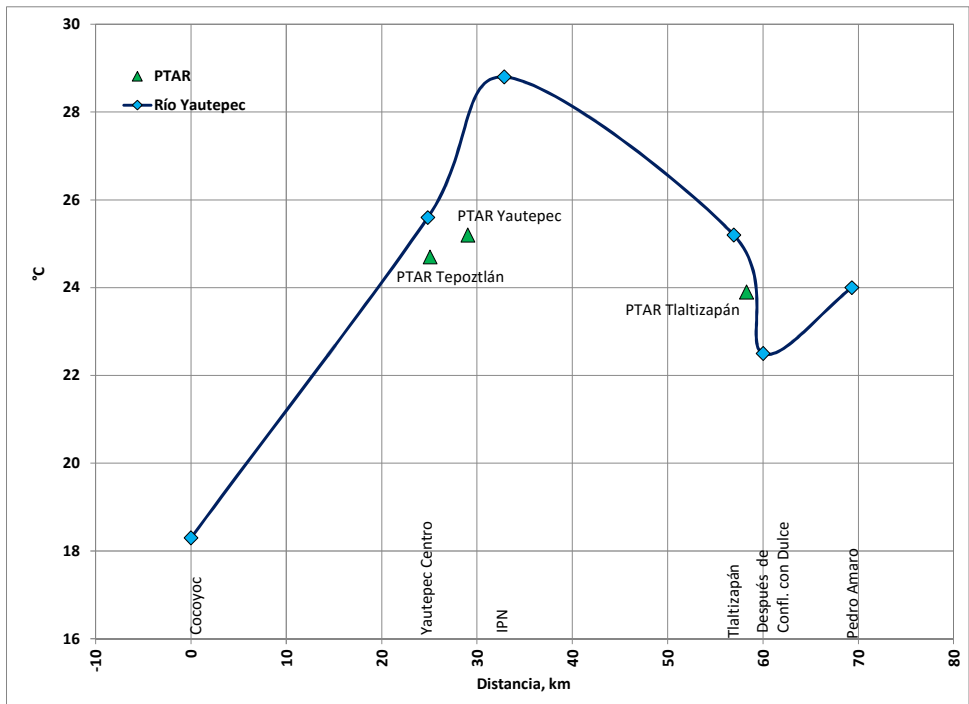


Figura 2. 141. Temperatura en el río Yautepec y en las descargas

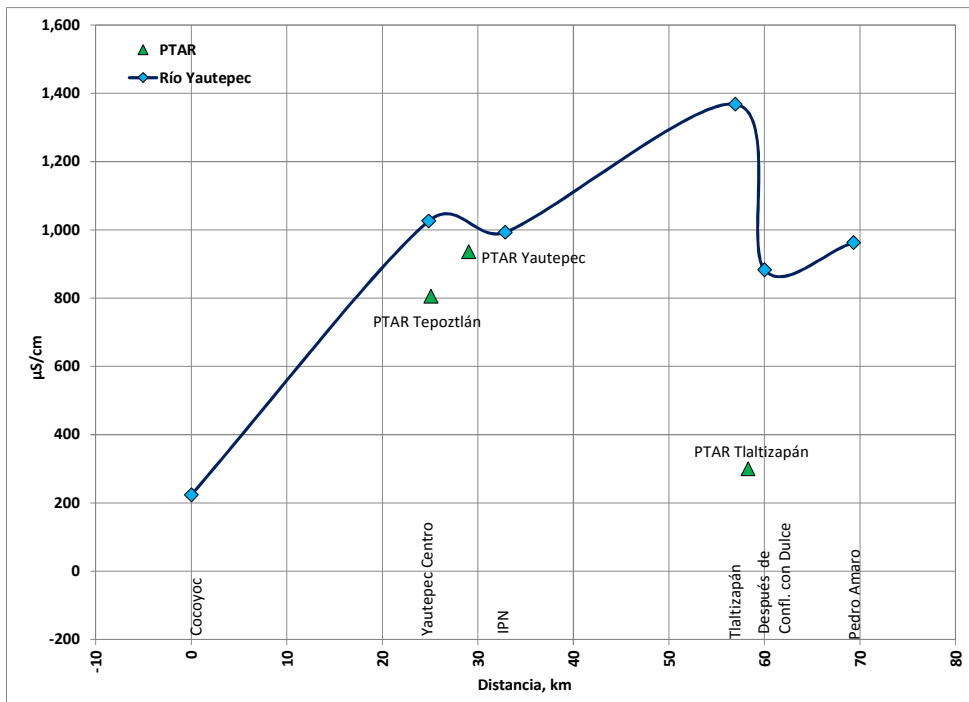


Figura 2. 142. Conductividad Eléctrica en el río Yautepec y en las descargas

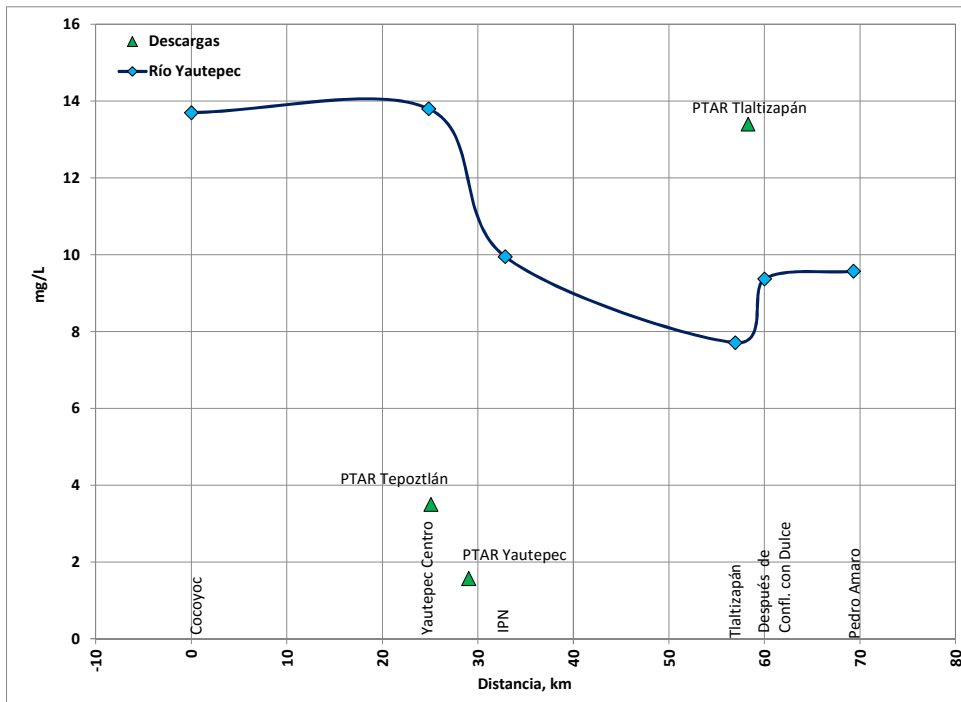


Figura 2. 143. Oxígeno Disuelto en el río Yautepec y en las descargas

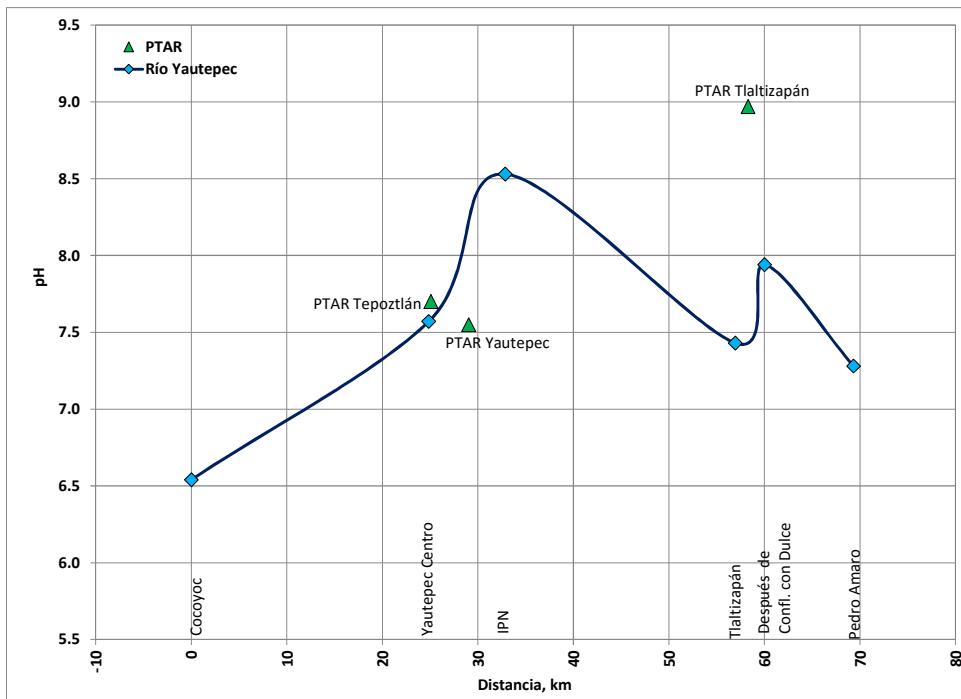


Figura 2. 144. pH en el río Yautepec y en las descargas

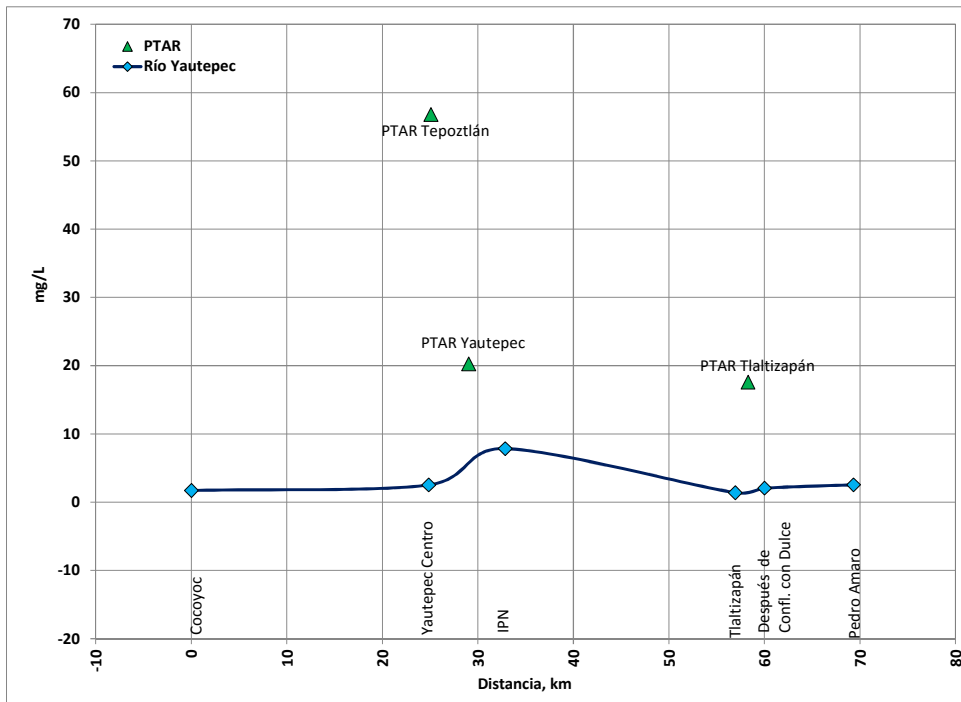


Figura 2. 145. Carbono Orgánico Total (COT) en el río Yautepec y en las descargas

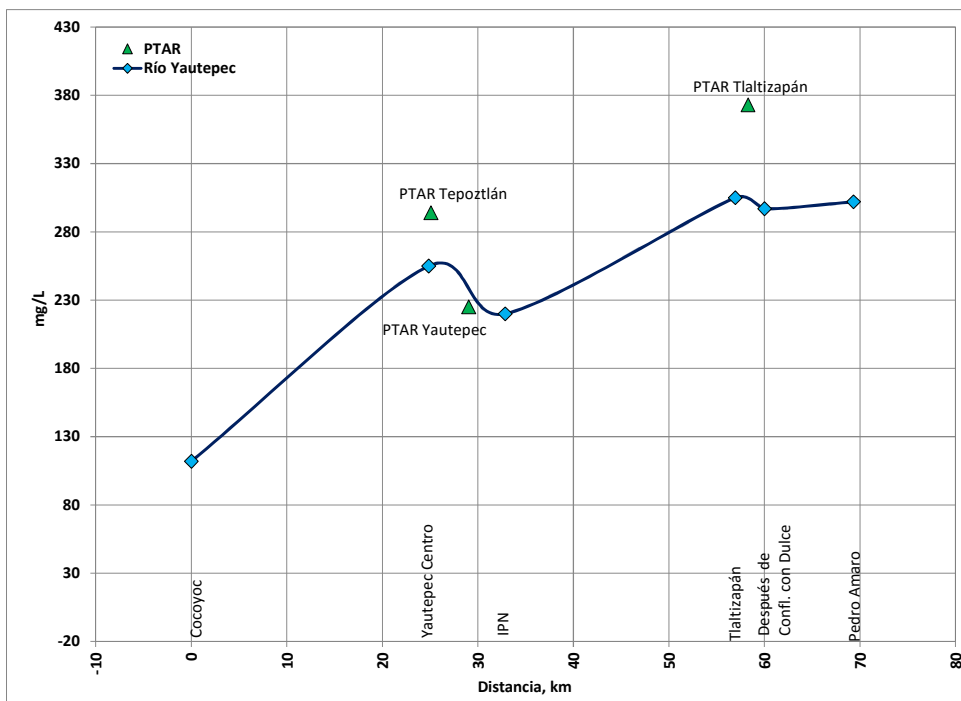


Figura 2. 146. Alcalinidad Total en el río Yautepec y en las descargas

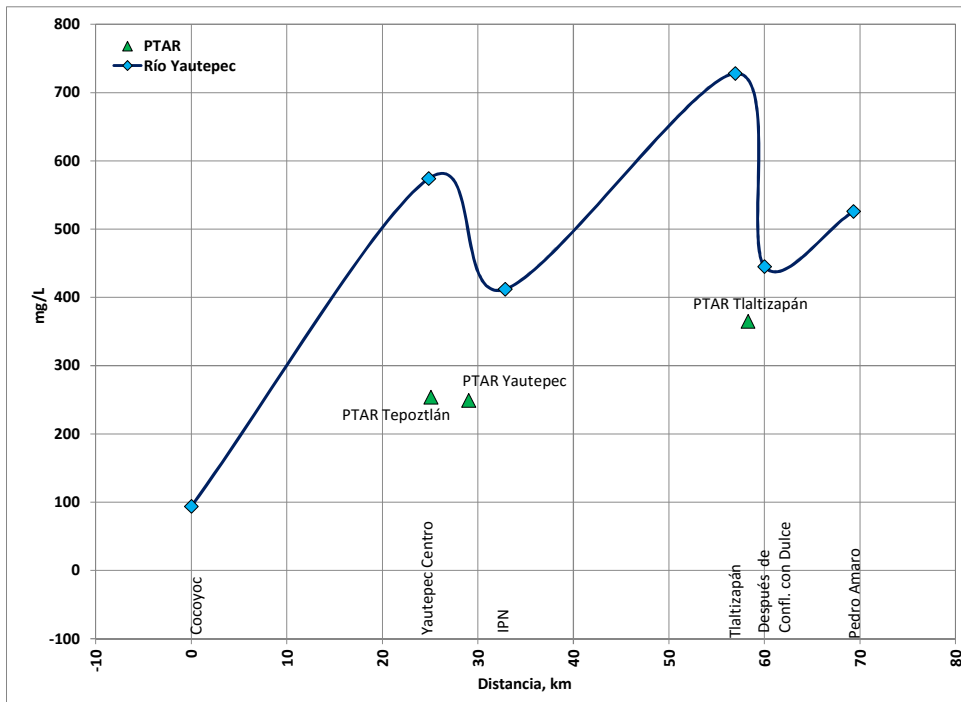


Figura 2. 147. Dureza Total en el río Yautepec y en las descargas

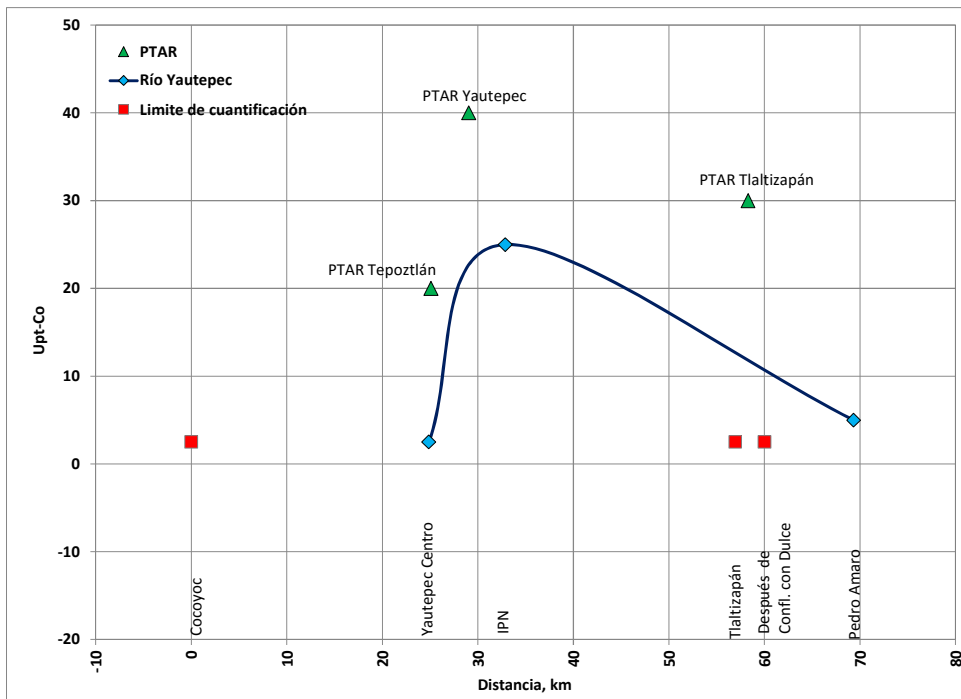


Figura 2. 148. Color Verdadero en el río Yautepec y en las descargas

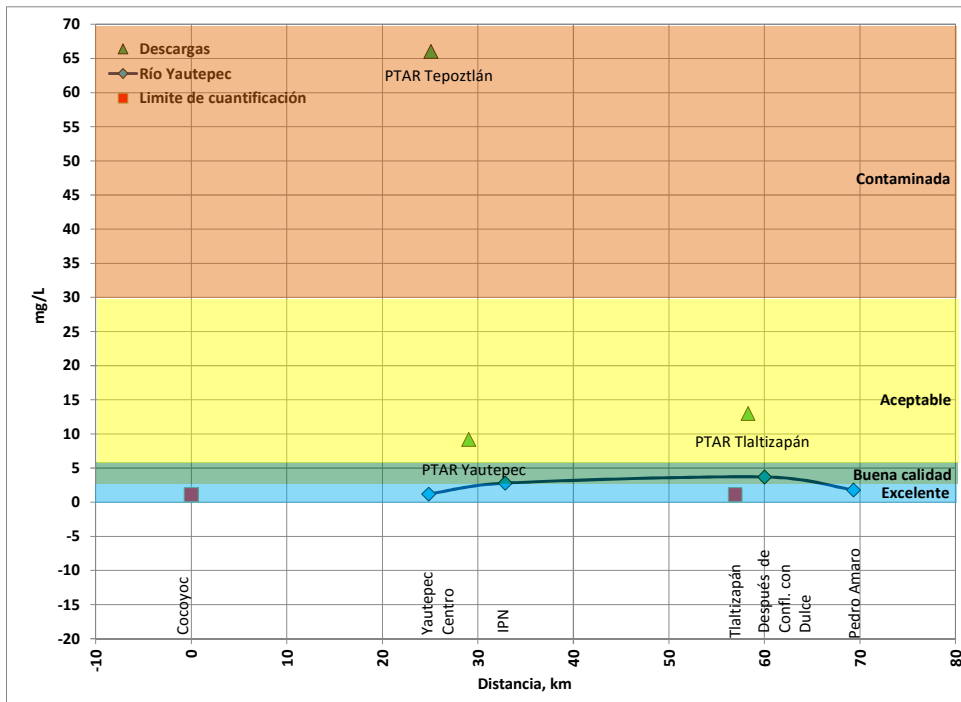


Figura 2. 149. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

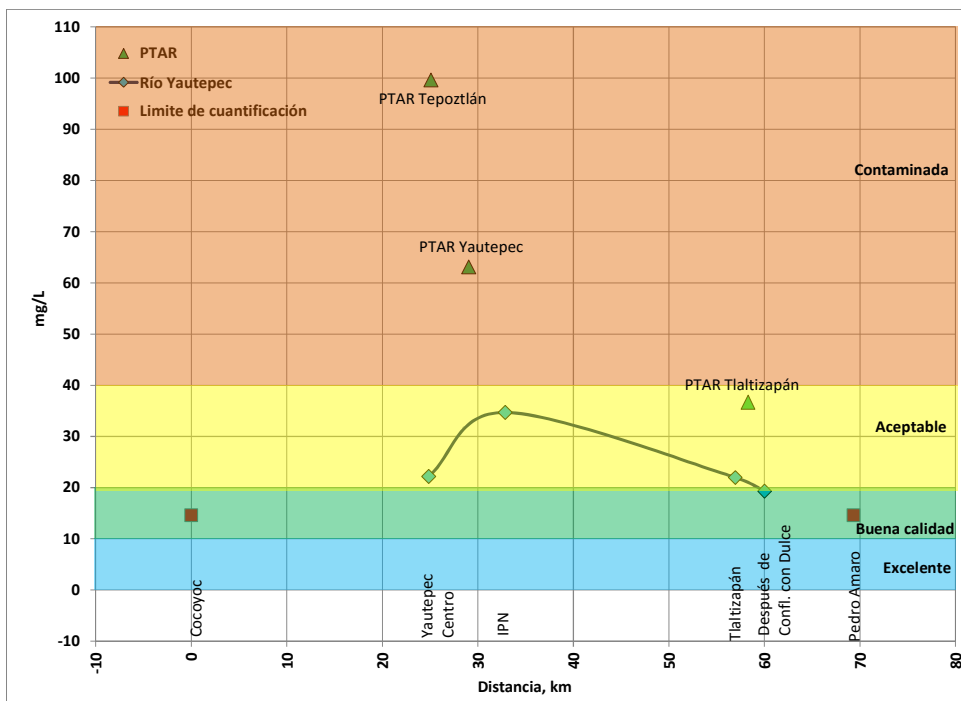


Figura 2. 150. Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

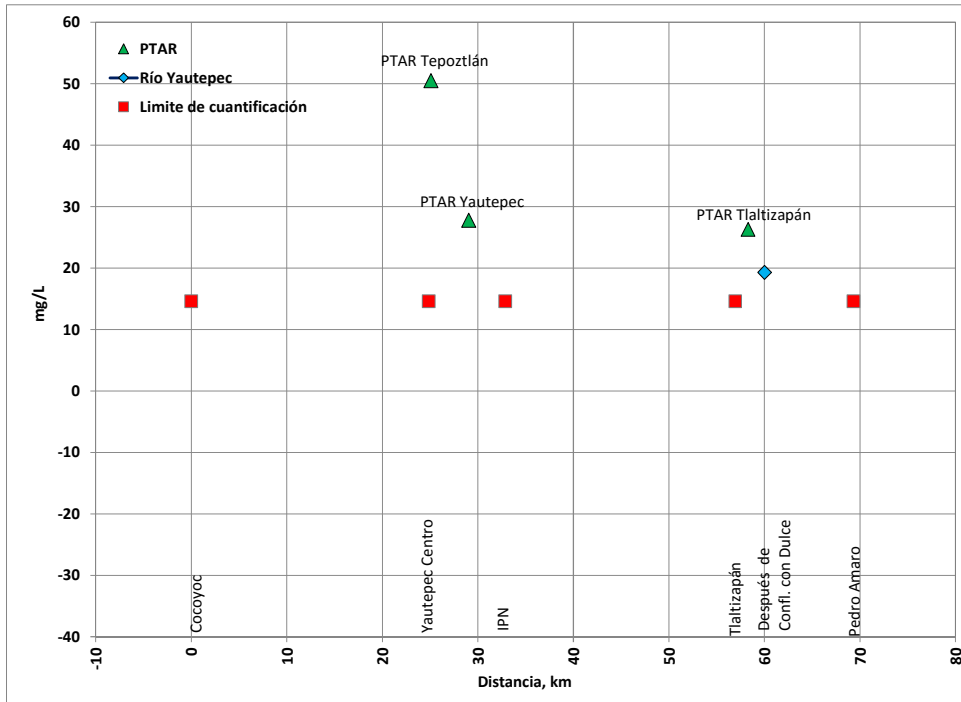


Figura 2. 151. Demanda Química de Oxígeno en el río Yautepec y en las descargas

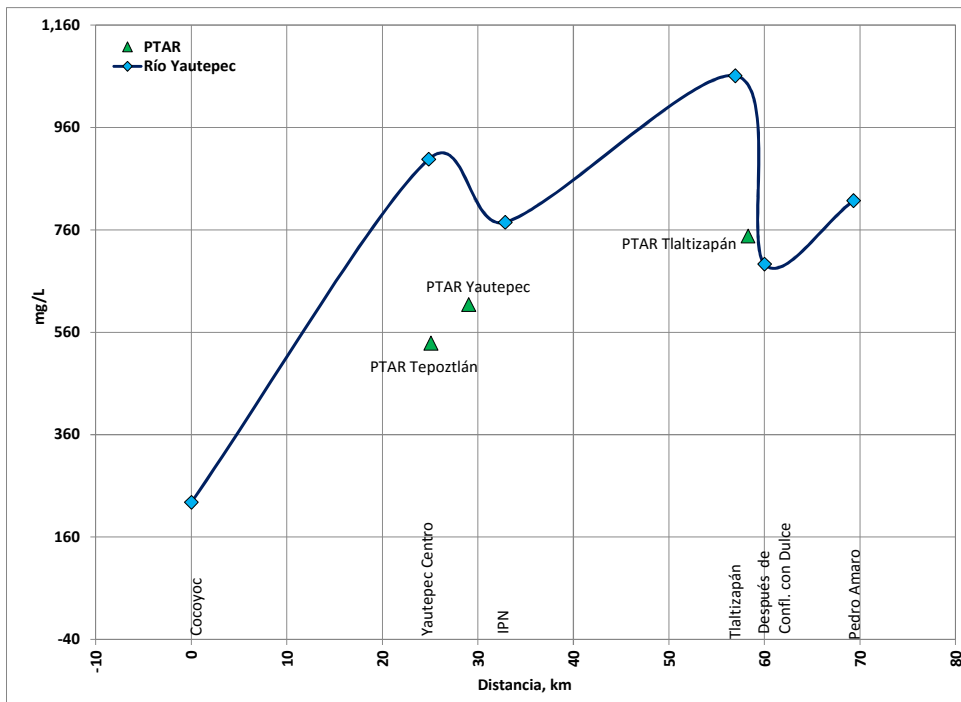


Figura 2. 152. Sólidos Disueltos Totales (SDT) en el río Yautepec y en las descargas

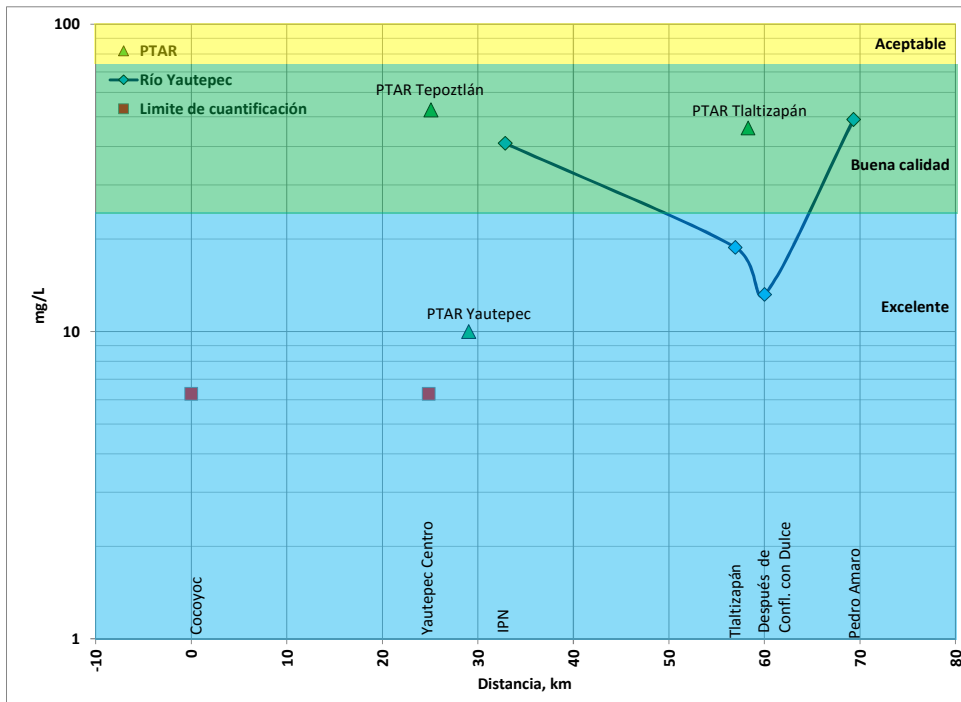


Figura 2. 153. Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

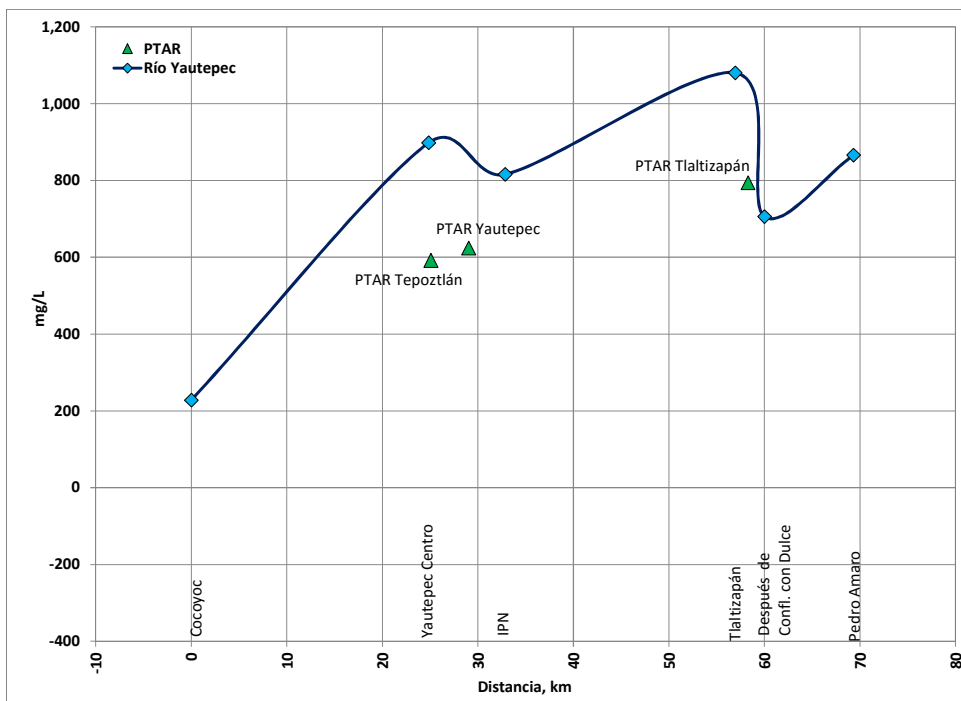


Figura 2. 154. Sólidos Totales (ST) en el río Yautepec y en las descargas

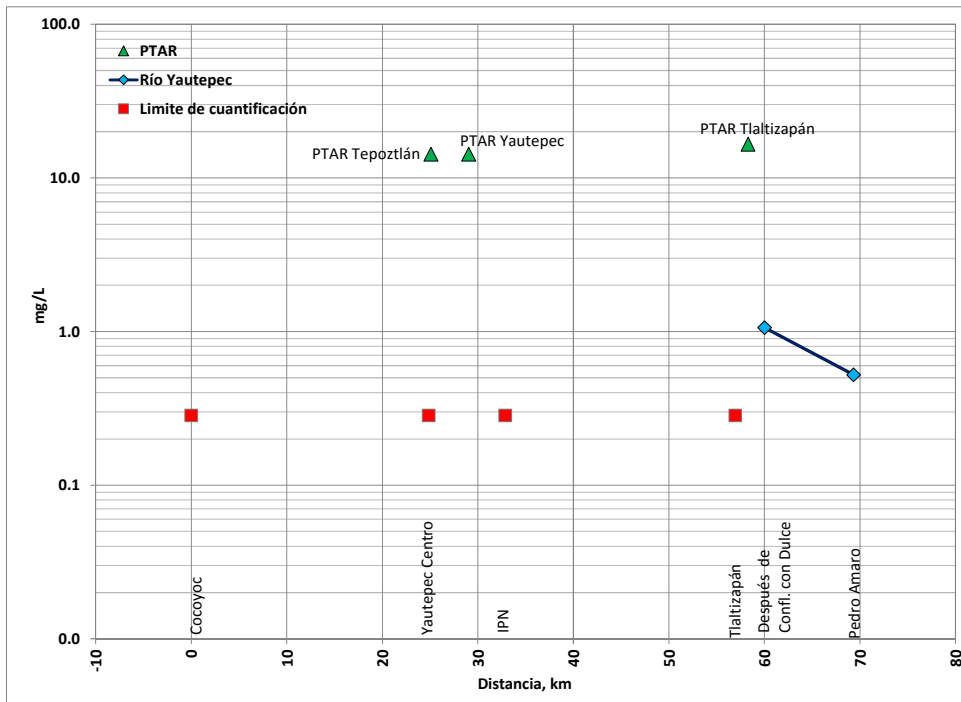


Figura 2. 155. Nitrógeno Amoniacal (NH_3) en el río Yautepec y en las descargas

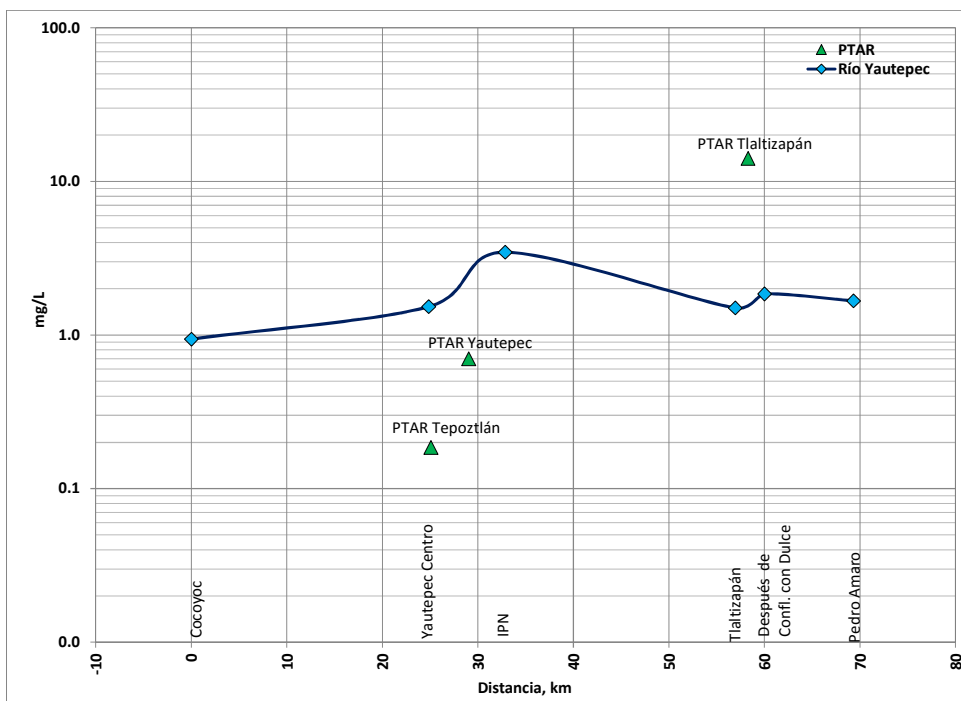


Figura 2. 156. Nitratos (NO_3) en el río Yautepec y en las descargas

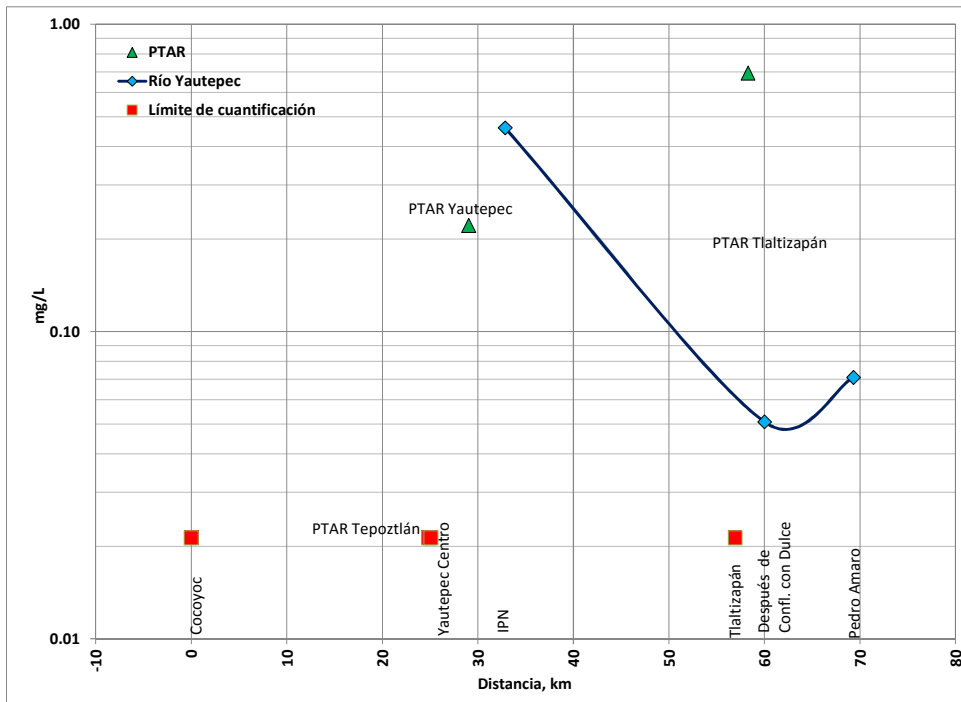


Figura 2. 157. Nitritos (NO₂) en el río Yautepec y en las descargas

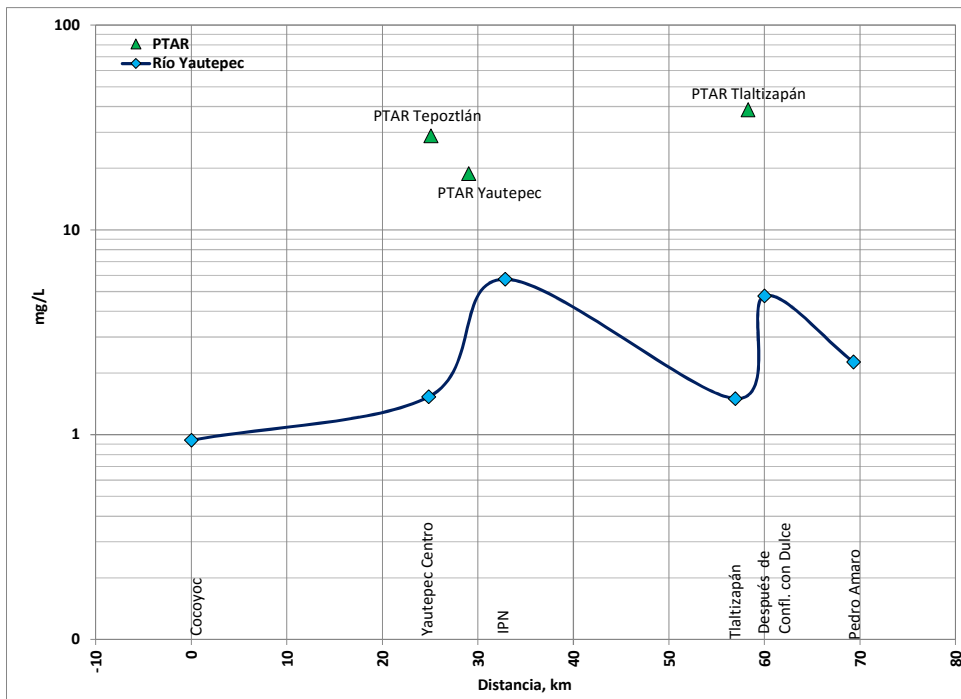


Figura 2. 158. Nitrógeno Total (NT) en el río Yautepec y en las descargas

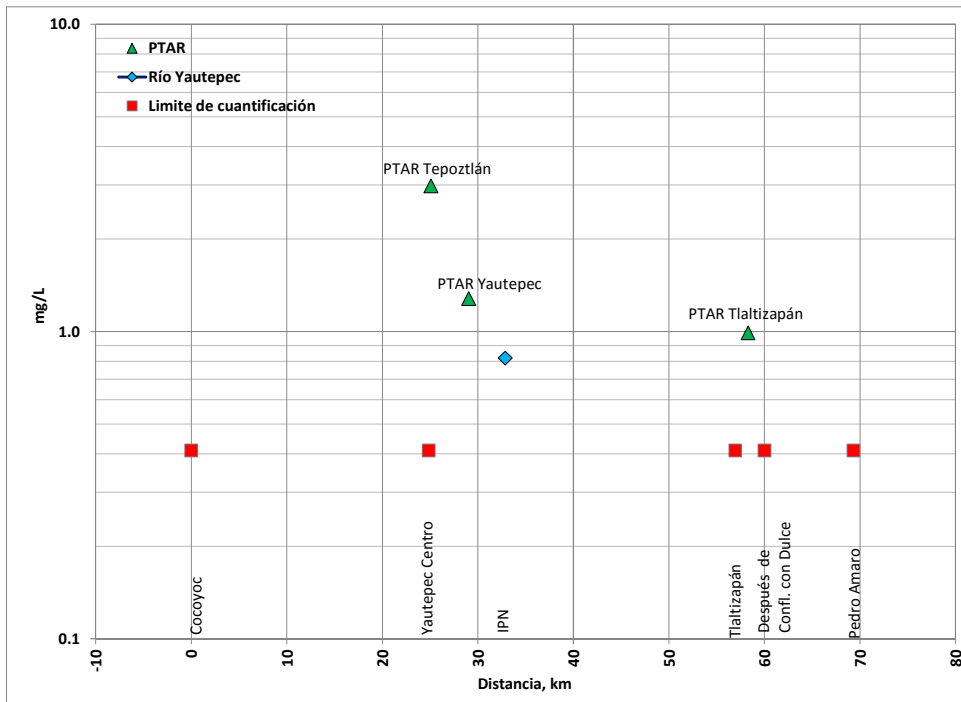


Figura 2. 159. Ortofosfatos (P-Orto) en el río Yautepec y en las descargas

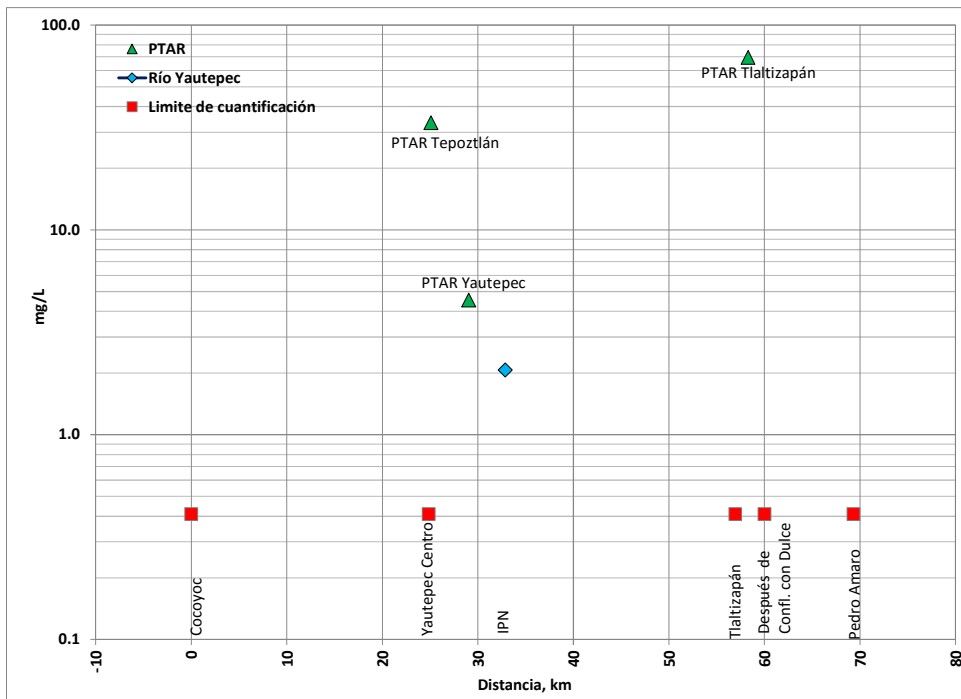


Figura 2. 160. Fósforo Hidrolizable en el río Yautepec y en las descargas

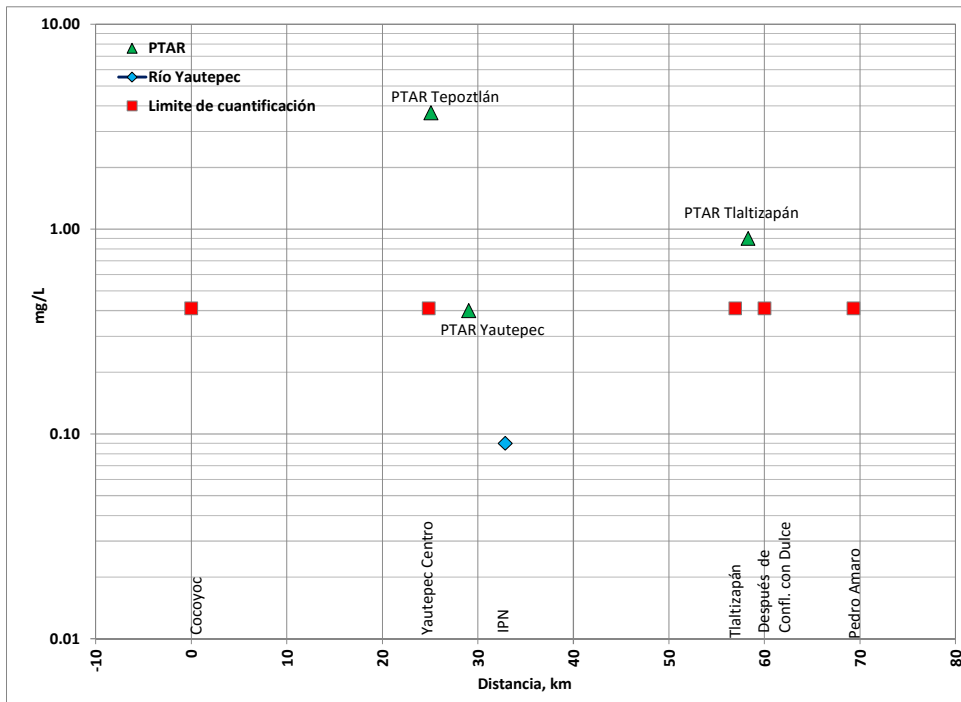


Figura 2. 161. Fósforo Orgánico en el río Yautepec y en las descargas

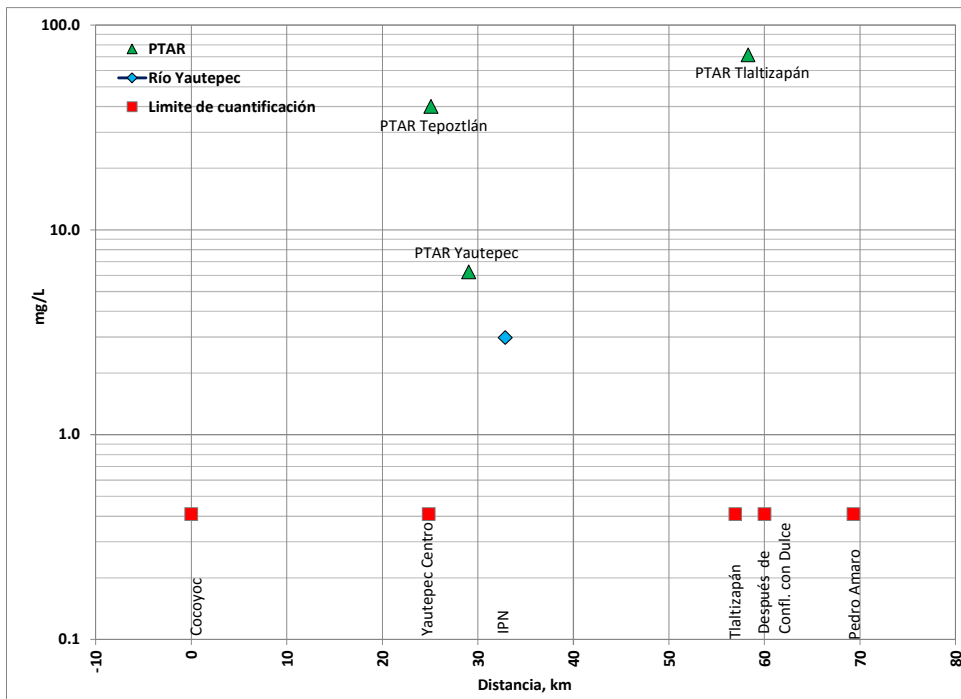


Figura 2. 162. Fósforo Total (PT) en el río Yautepec y en las descargas

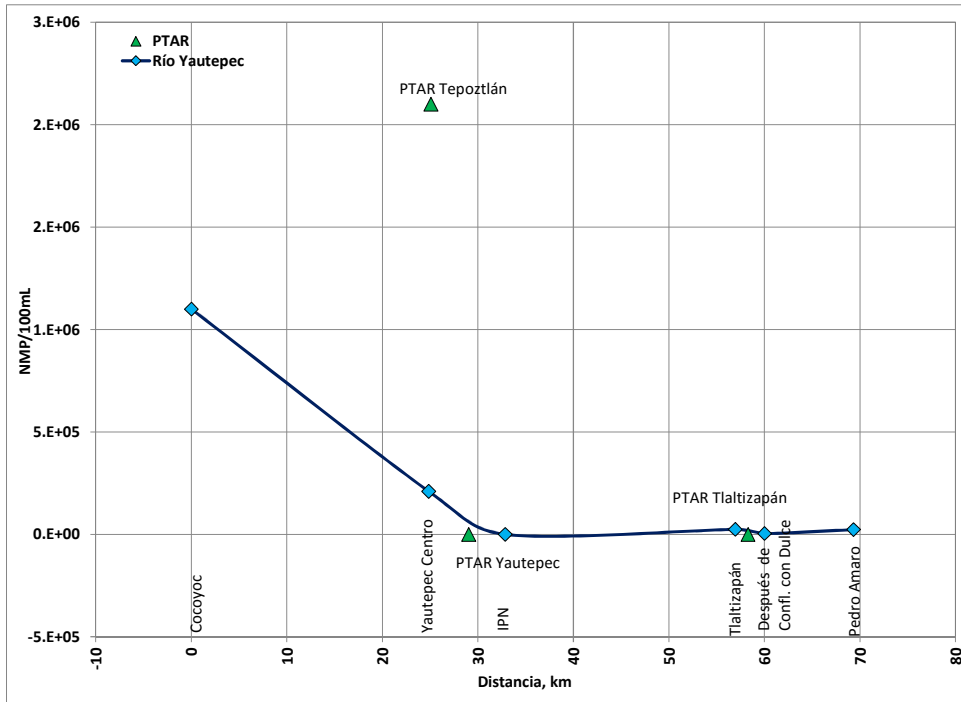


Figura 2. 163. Coliformes Fecales en el río Yautepec y en las descargas

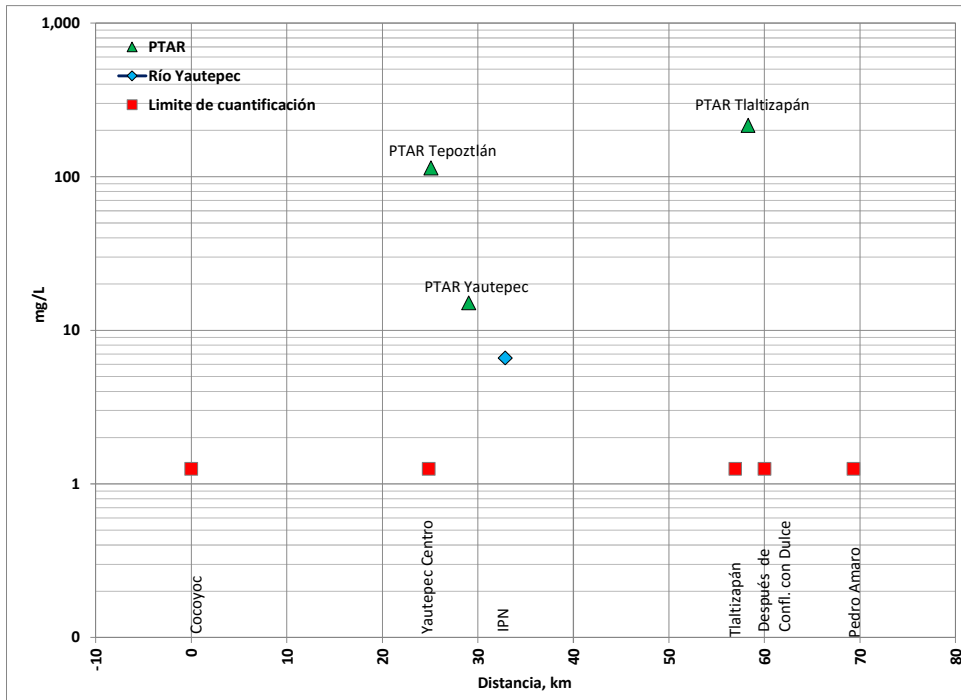


Figura 2. 164. Fosfatos en el río Yautepec y en las descargas

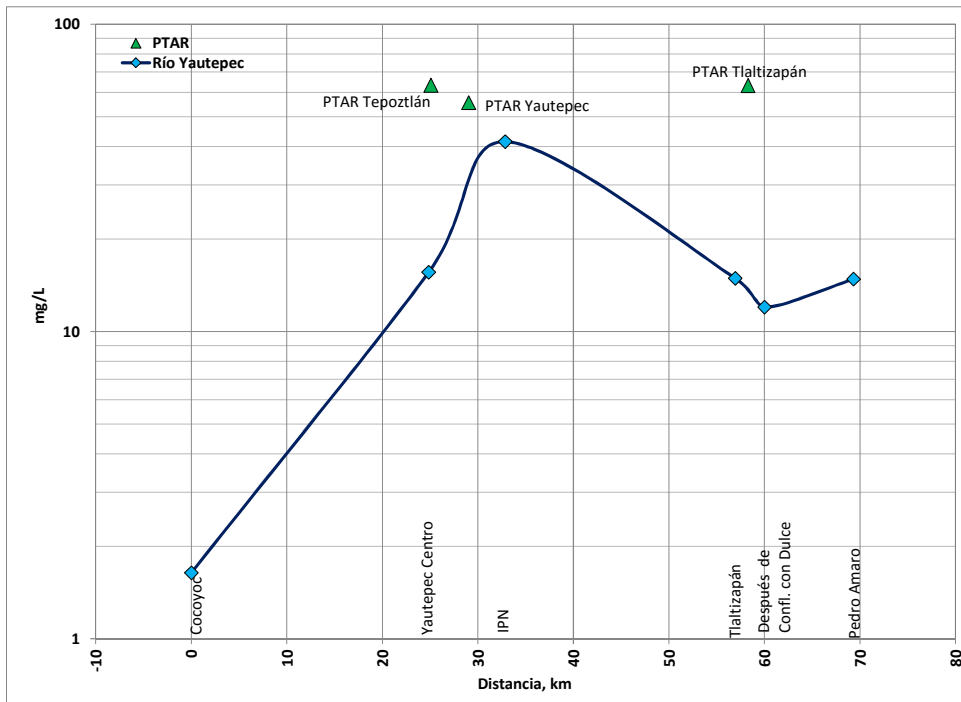


Figura 2. 165. Cloruros en el río Yautepec y en las descargas

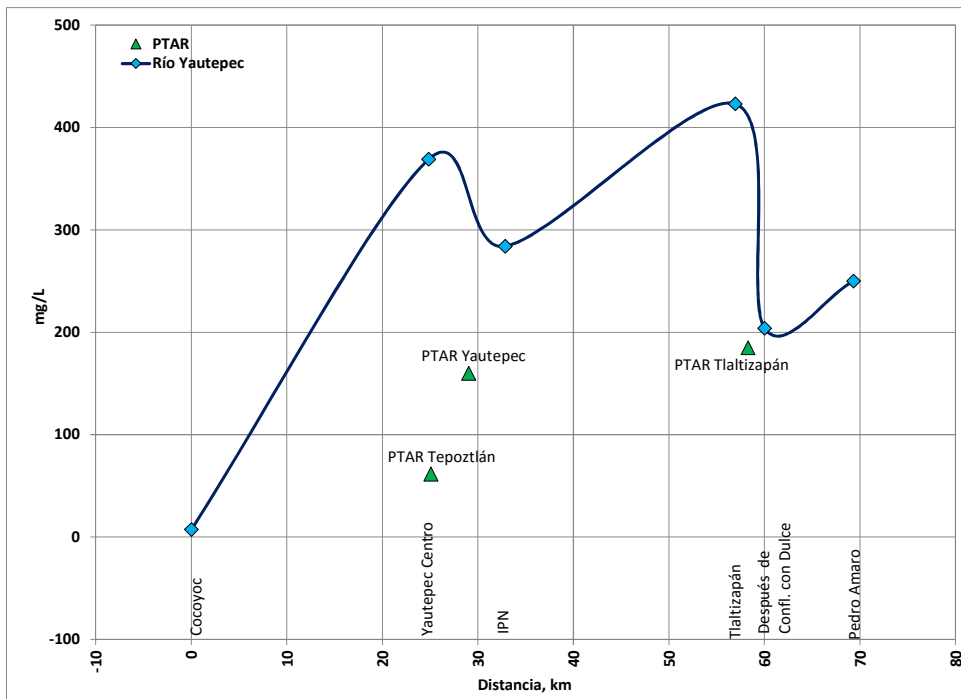


Figura 2. 166. Sulfatos en el río Yautepec y en las descargas

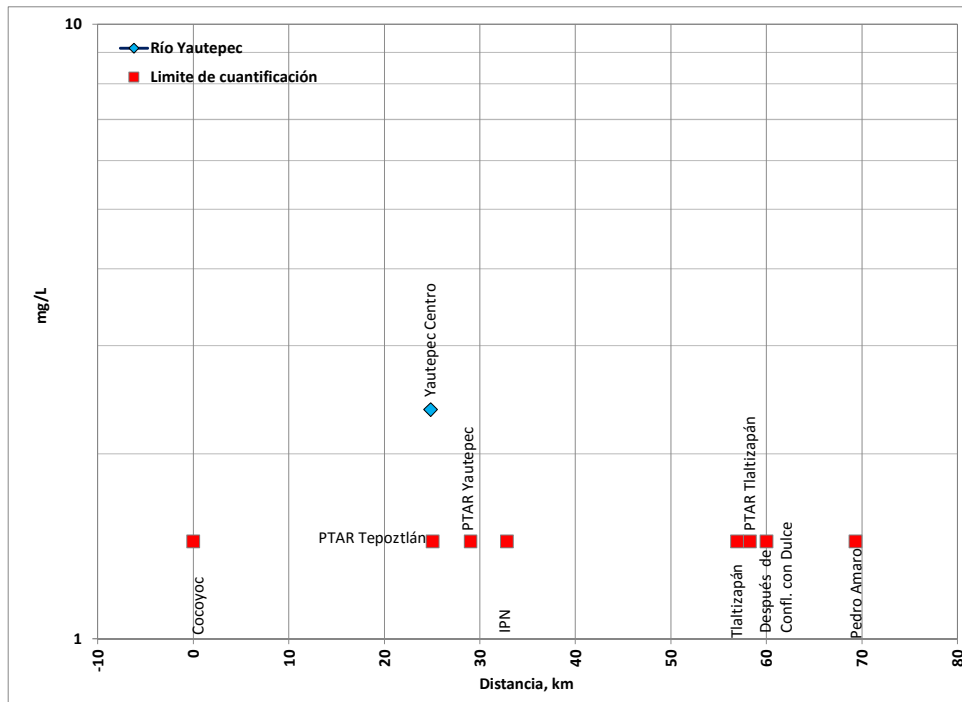


Figura 2. 167. Sulfuros en el río Yautepec y en las descargas

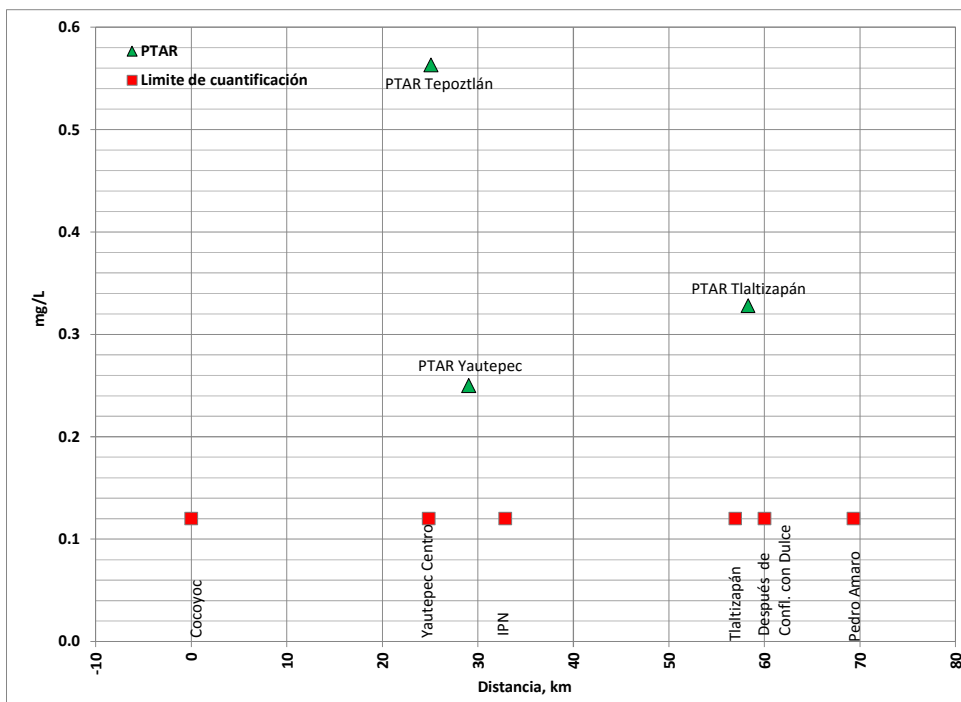


Figura 2. 168. Sustancias Activas al Azul de Metileno en el río Yautepec y en las descargas

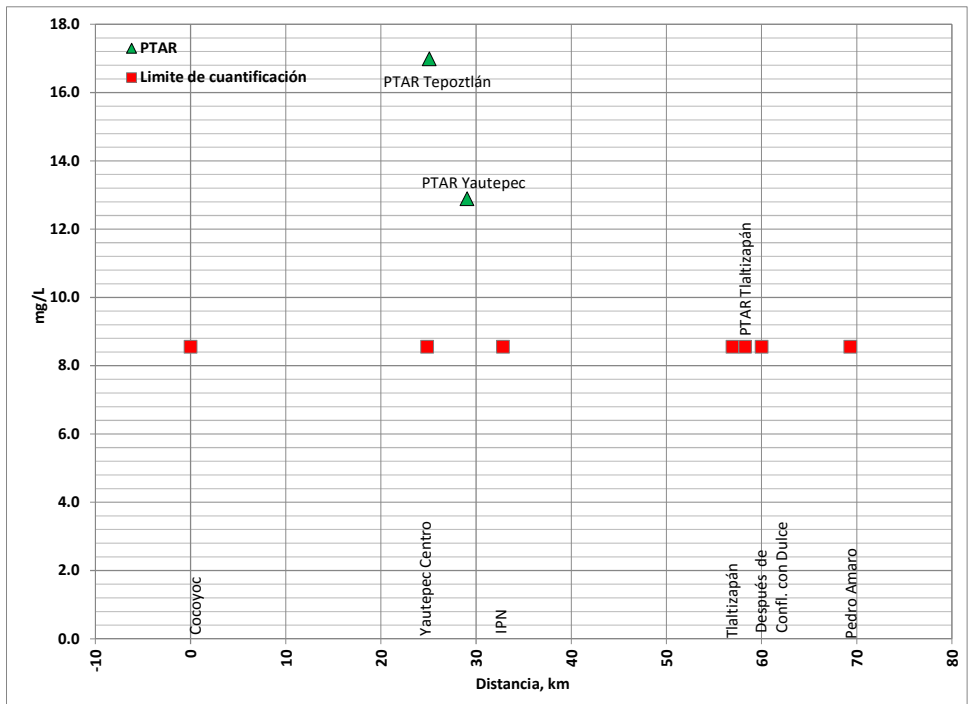


Figura 2. 169. Grasas y Aceites en el río Yauteppec y en las descargas

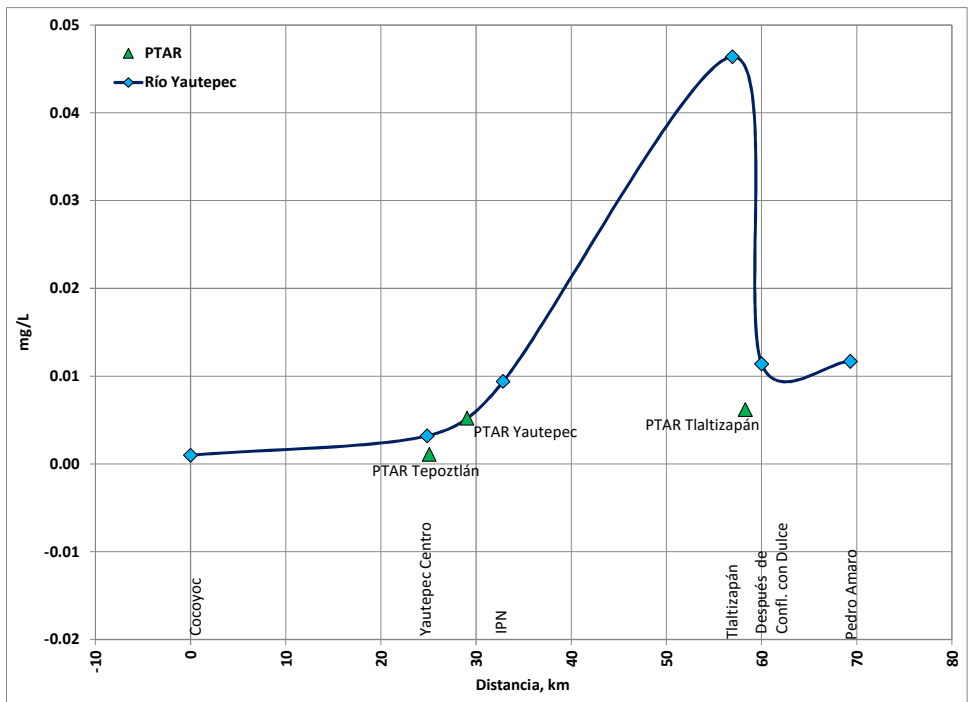


Figura 2. 170. Arsénico en el río Yauteppec y en las descargas

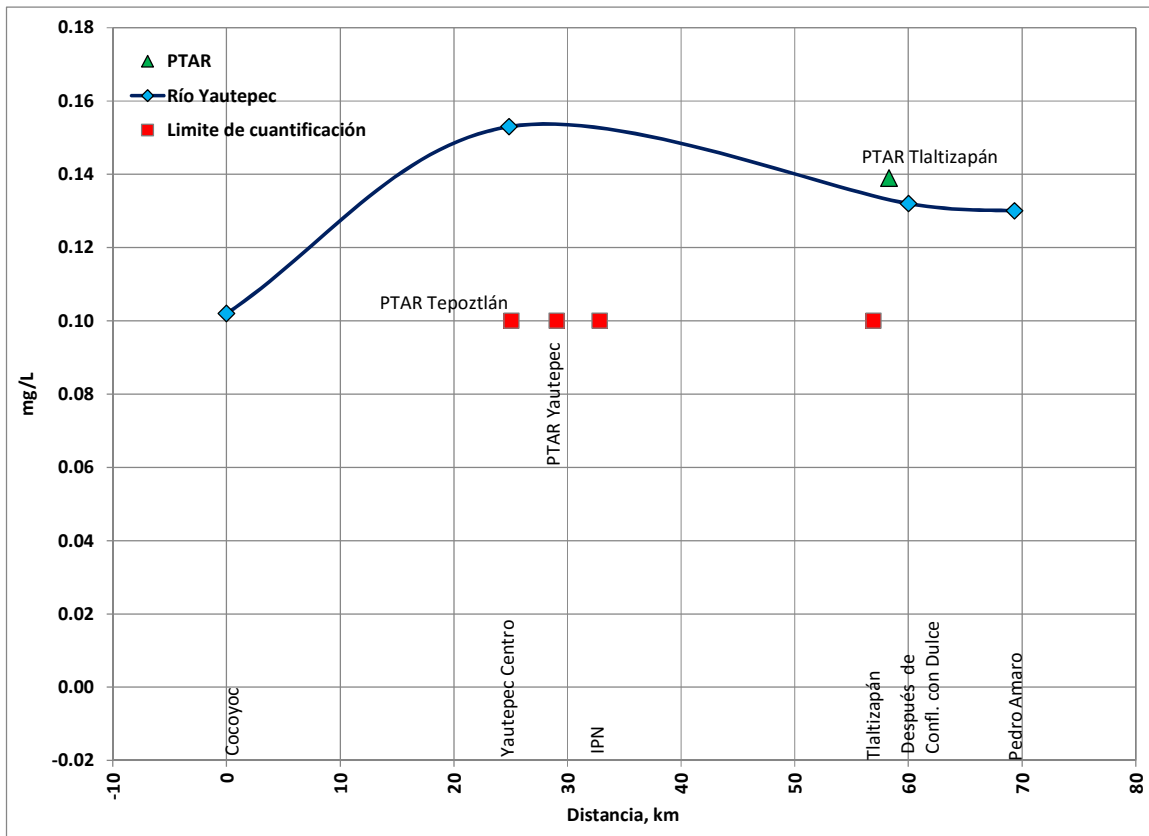


Figura 2. 171. Plomo en el río Yautepec y en las descargas

2.3.2. Resultados calidad del agua para el Río Dulce

En la Tabla 2. 47 se muestra los resultados de calidad de agua de las estaciones ubicadas en el río Dulce y en la Figura 2. 172 a la Figura 2. 200 se ilustran gráficamente el comportamiento de cada parámetro.

Tabla 2. 47. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce

Clave	Nombre	Sitio	Temp.	Cond.	OD	pH	Sal.	ORP	COT	Materia Flotante	Alcalinidad Total	Dureza Total	Color verdadero		CE ₅₀	UT
			°C	µS/cm	mg/L		PSS	mv	mg/L		mg/L CaCo2	mg/L CaCO3	Upt-Co	pH	%	
17	Las Fuentes	Río	15.5	127	11.46	7.52			2.11	Ausencia	51.6	38	<2.5	7.8	ND	ND
18	Tezoyuca	Río	25.2	301	9.09	8.29			5.9	Ausencia	93.7	84.2	25	8.3	ND	ND
19	Acamilpa	Río	20.3	618	11.33	8.06			2.14	Ausencia	194	311	7.5	8.35	ND	ND
20	Tlaltizapán	Río	20.2	616	11.63	7.83			1.34	Ausencia	276	274	<2.5	7.99	ND	ND

Nomenclatura: Temp.=Temperatura; °C = grados centígrados; Cond.=Conductividad; µS/cm = microsiemens/centímetro; OD = Oxígeno Disuelto; mg/L = miligramo/Litro; Sal. = Salinidad; PSS = Practical Salinity Scale; ORP = Oxidation Reduction Potential; mv = millivolts; COT = Carbono Orgánico Total; CE₅₀ = Concentración Efectiva al 50%; UT = Unidades de Toxicidad; Upt-Co = Unidades de Platino-Cobalto; pH = Potential Hydrogen.

Tabla 2.47. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce (Continuación)

Clave	Nombre	Sitio	DBO ₅	DBO ₅ Soluble	DQO	DQO Soluble	SDT	Sol. Sed.	SST	ST	N-NH ₃	N-NO ₃	N-NO ₂	N-Org.	NT-Kj	NT
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mL/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
17	Las Fuentes	Río	<1.1	1.4	34.8	<14.6	132	<0.5	<6.27	132	<0.284	0.827	<0.0213	<1.3	<1.3	0.83
18	Tezoyuca	Río	<1.1	1.5	<14.6	<14.6	233	<0.5	15	248	<0.284	2.44	0.0608	1.31	1.57	3.81
19	Acamilpa	Río	<1.1	<1.1	<14.6	<14.6	488	<0.5	30	518	0.431	2.19	<0.0213	<1.3	<1.3	2.62
20	Tlaltizapán	Río	<1.1	<1.1	<14.6	<14.6	442	<0.5	16.4	458	0.326	1.11	<0.0213	<1.3	<1.3	1.44

Nomenclatura: DBO₅ = Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días; DQO = Demanda Química de Oxígeno; SDT = Sólidos Disueltos Totales; Sol. Sed. = Sólidos sedimentables; SST = Sólidos Suspendidos Totales; ST = Sólidos Totales; N-NH₃ = Nitrógeno Amoniacal; N-NO₃ = Nitratos; N-NO₂ = Nitritos; N-Org. = Nitrógeno Orgánico; NT = Nitrógeno Total; NT-Kj = Nitrógeno Total Kjeldahl; mL/L = mililitro/Litro

Tabla 2.47. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce (Continuación)

Clave	Nombre	Sitio	P-Orto	P-Hidro.	P-Org.	PT	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	SAAM	Cloruros	Fenoles	Fosfatos	Sulfatos	Sulfuros
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100mL	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
17	Las Fuentes	Río	<0.41	<0.41	<0.41	<0.41	1.1E+04	<8.56	<0.130	2.27	<0.0111	<1.25	12.5	<1.44
18	Tezoyuca	Río	0.79	1.08	<0.41	1.87	4.3E+02	<8.56	<0.130	15.6	<0.0111	3.49	27.9	<1.44
19	Acamilpa	Río	<0.41	<0.41	<0.41	<0.41	2.3E+03	<8.56	<0.130	13.5	<0.0111	<1.25	121	<1.44

Clave	Nombre	Sitio	P-Orto	P-Hidro.	P-Org.	PT	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	SAAM	Cloruros	Fenoles	Fosfatos	Sulfatos	Sulfuros
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100mL	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
20	Tlaltizapán	Río	<0.41	<0.41	<0.41	<0.41	2.3E+02	<8.56	<0.130	6.85	<0.0111	<1.25	70.8	<1.44

Nomenclatura: P-Orto = Ortofosfato; P-Hidro. = Fósforo Hidrolizable; P-Org. = Fósforo Orgánico; PT = Fósforo Total; SAAM = Sustancias Activas al Azul de Metileno

Tabla 2.47. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce (Continuación)

Clave	Nombre	Sitio	Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Níquel	Plomo	Zinc	Cianuros	Cromo VI
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
17	Las Fuentes	Río	<0.0010	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	<0.10	0.103	<0.02	<0.10
18	Tezoyuca	Río	0.0067	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	<0.10	0.122	<0.02	<0.10
19	Acamilpa	Río	0.0094	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	<0.10	0.112	<0.02	<0.10
20	Tlaltizapán	Río	0.0085	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	0.116	0.118	<0.02	<0.10

Tabla 2.47. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce (Continuación)

Clave	Nombre	Sitio	Hexacloro Benceno	Lindano	Heptacloro	Aldrín	Epoxido de Heptacloro	Clordanos	Dieldrín	DDT(Total-Isómeros)	Metoxicloro
			µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
17	Las Fuentes	Río									
18	Tezoyuca	Río									
19	Acamilpa	Río									
20	Tlaltizapán	Río	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010

Tabla 2.47. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce (Continuación)

Clave	Nombre	Sitio	Demeton-S	Diazonin	Disulfoton	Metil Paration	Malation	Paration	Etion
			µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
17	Las Fuentes	Río							
18	Tezoyuca	Río							
19	Acamilpa	Río							
20	Tlaltizapán	Río	<0.10	<0.05	<0.10	<0.05	<0.10	<0.10	<0.10

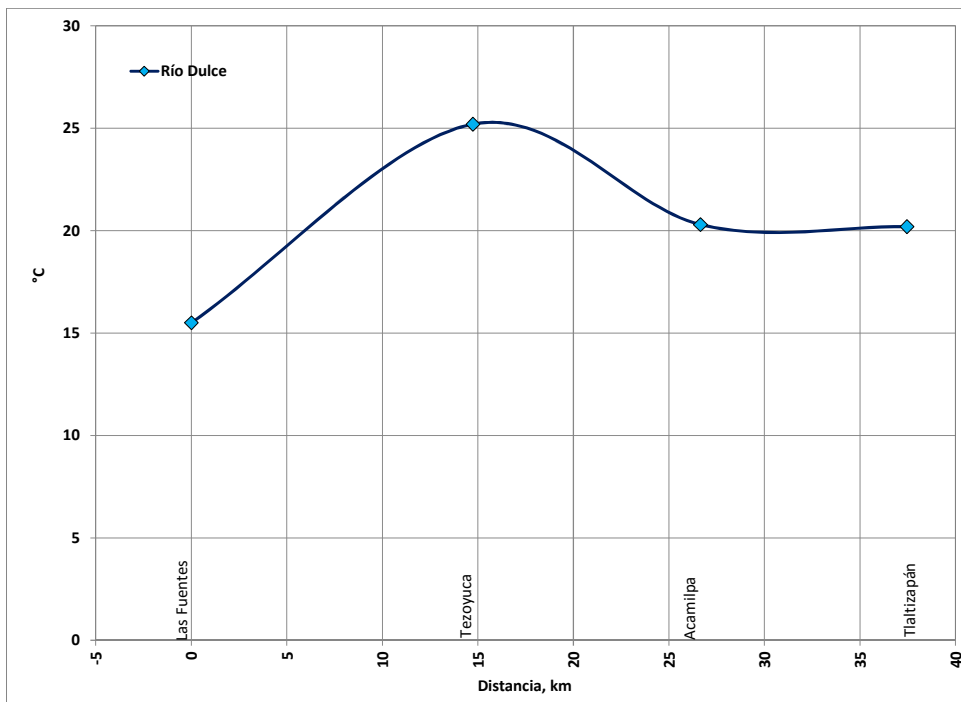


Figura 2. 172. Temperatura en el río Dulce

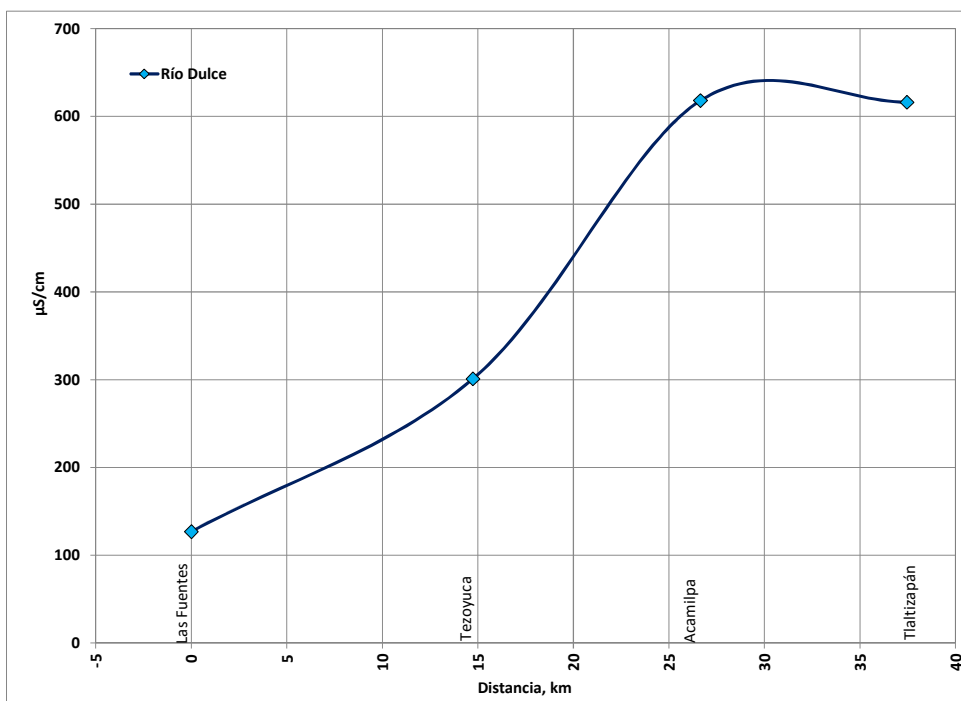


Figura 2. 173. Conductividad Eléctrica en el río Dulce

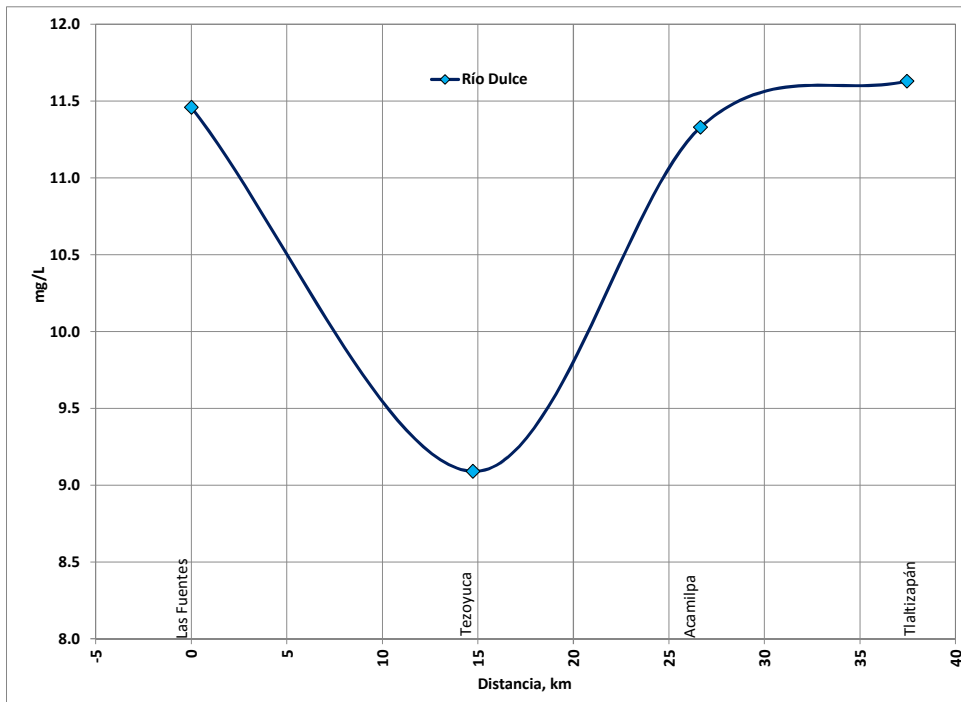


Figura 2. 174. Oxígeno Disuelto en el río Dulce

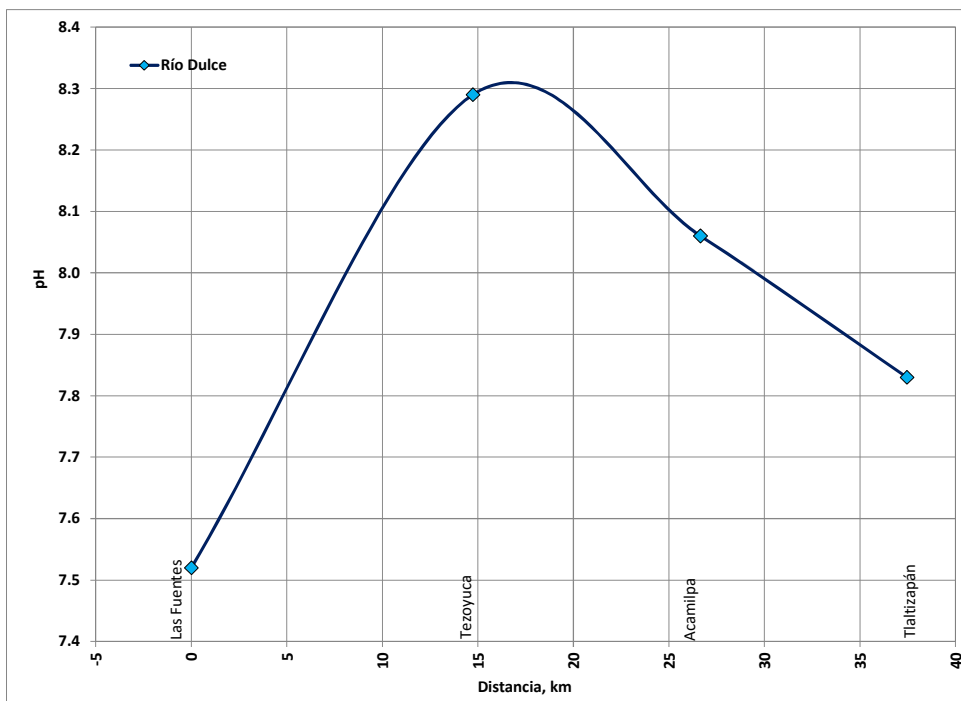


Figura 2. 175. pH en el río Dulce

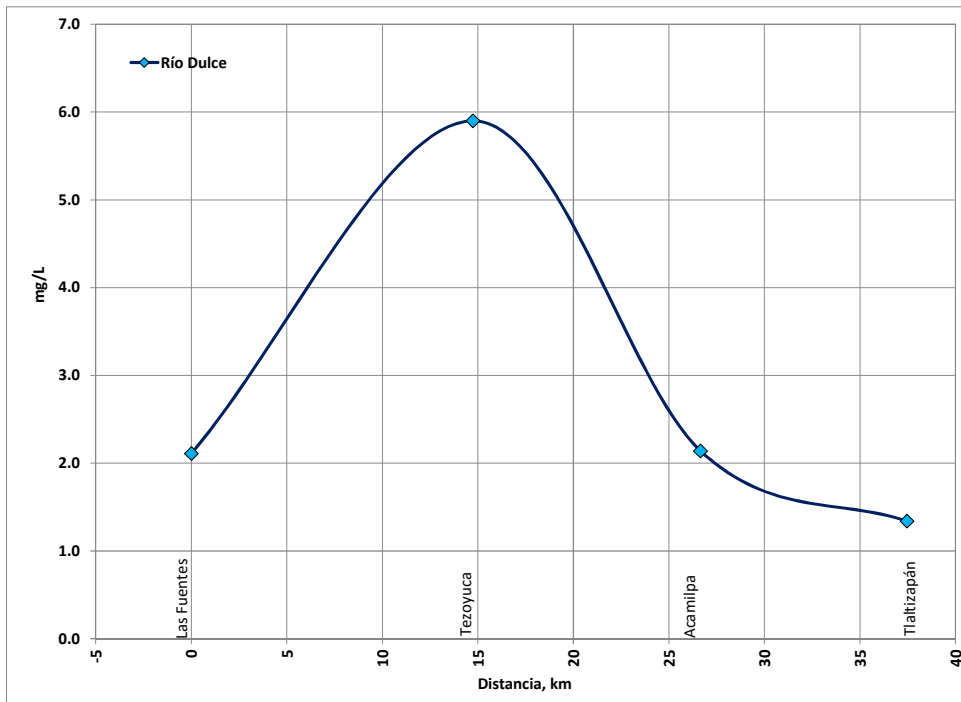


Figura 2. 176. Carbono Orgánico Total (COT) en el río Dulce

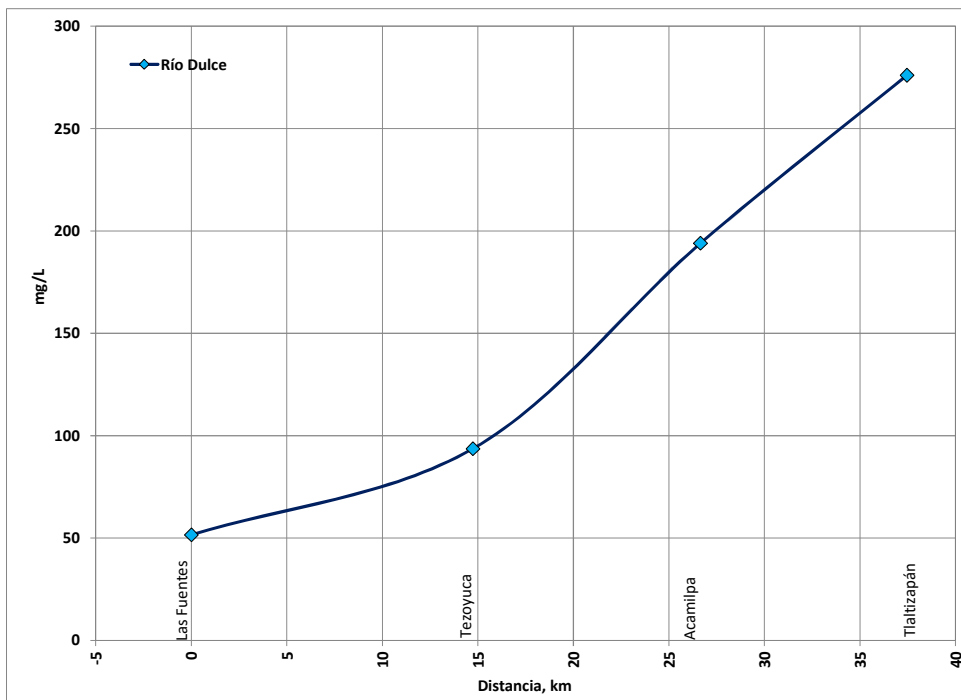


Figura 2. 177. Alcalinidad Total en el río Dulce

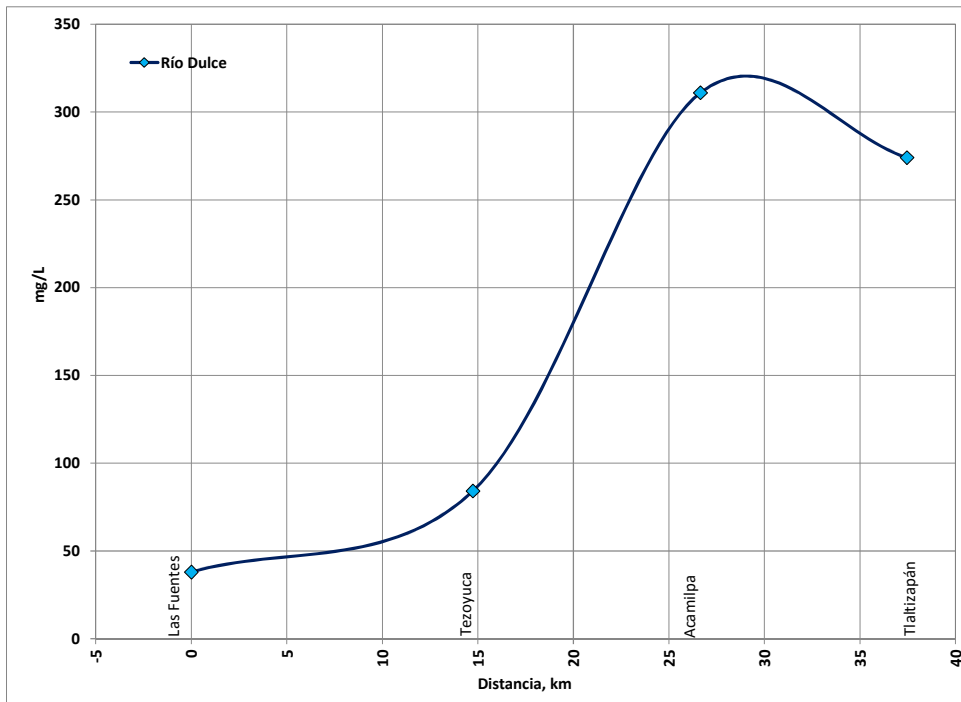


Figura 2. 178. Dureza Total en el río Dulce

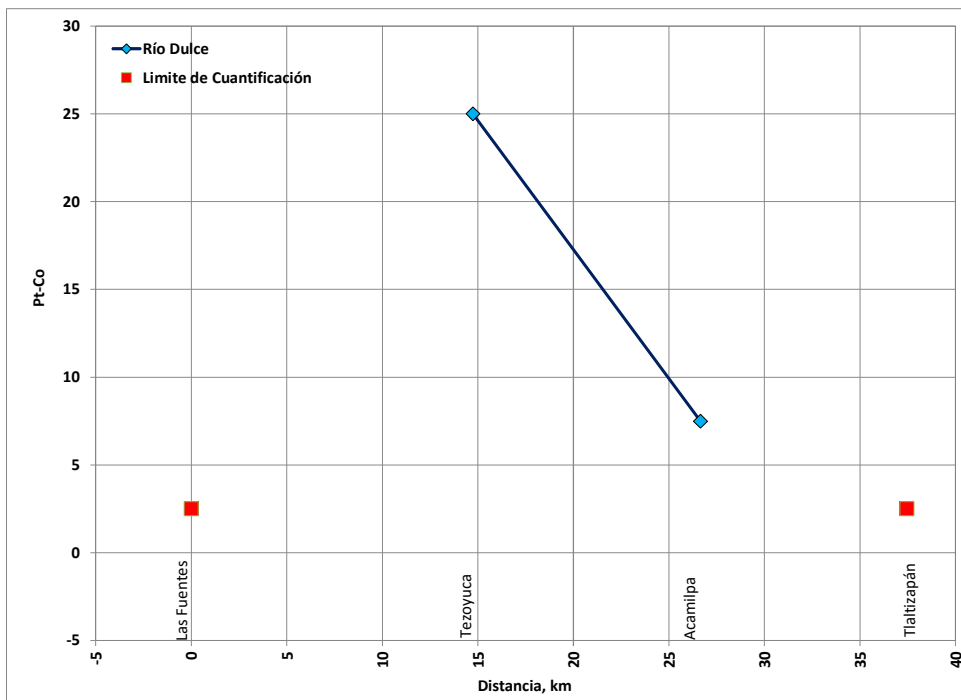


Figura 2. 179. Color Verdadero en el río Dulce

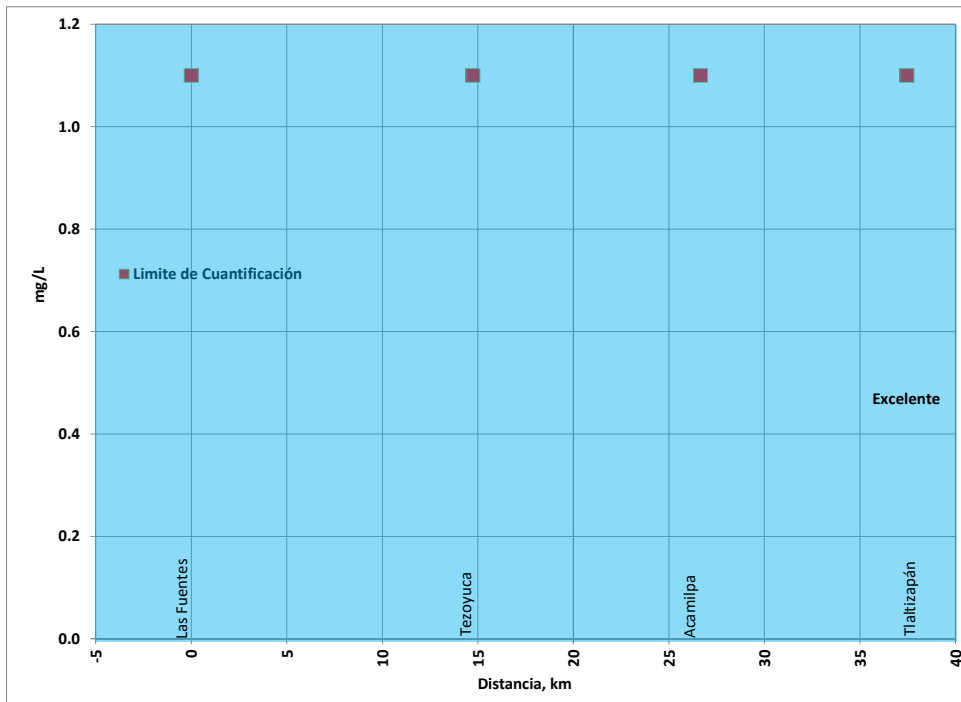


Figura 2. 180. Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

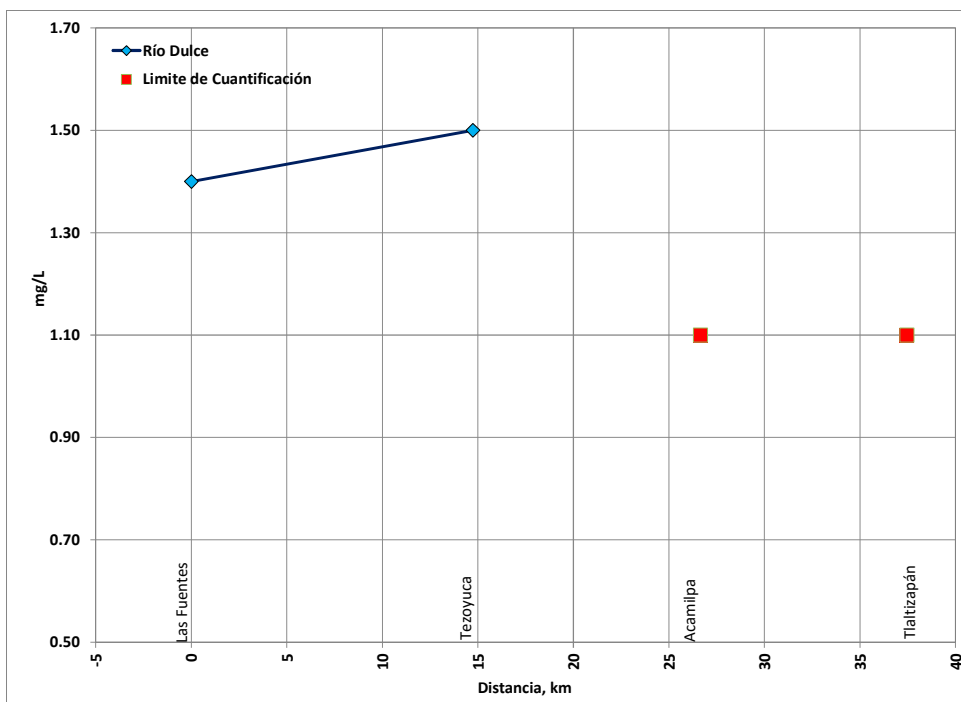


Figura 2. 181. Demanda Bioquímica de Oxígeno soluble en el río Dulce

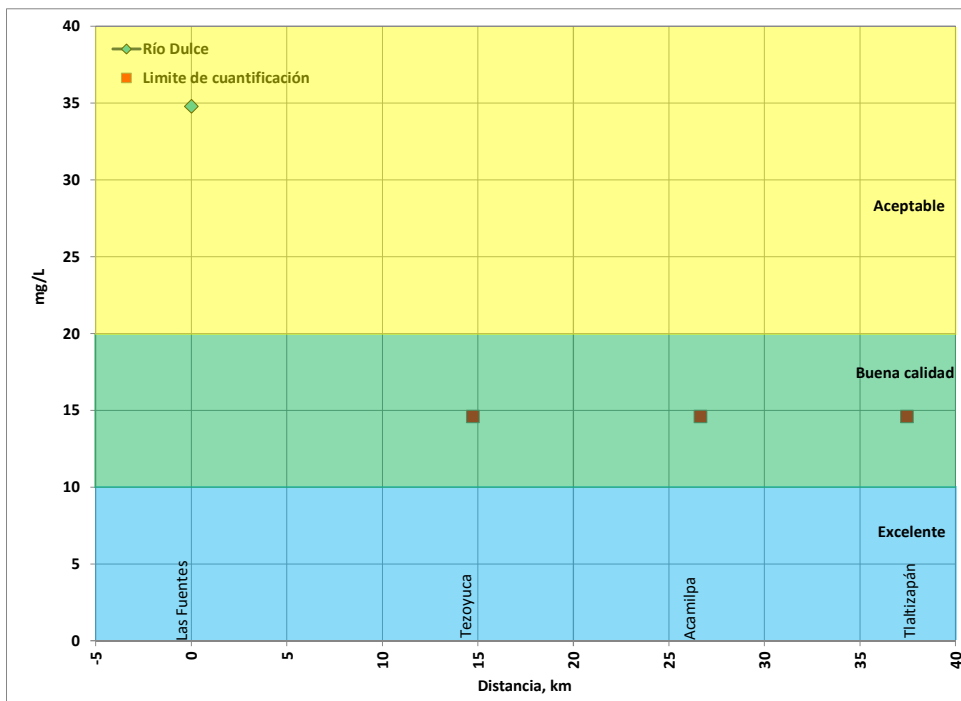


Figura 2. 182. Demanda Química de Oxígeno en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

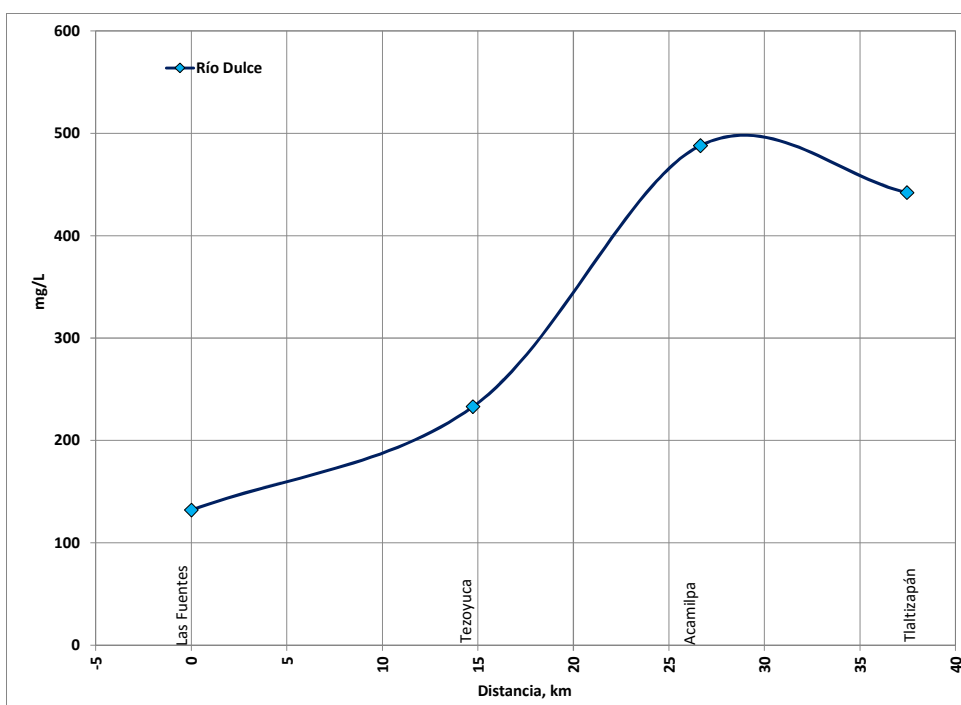


Figura 2. 183. Sólidos Disueltos Totales (SDT) en el río Dulce

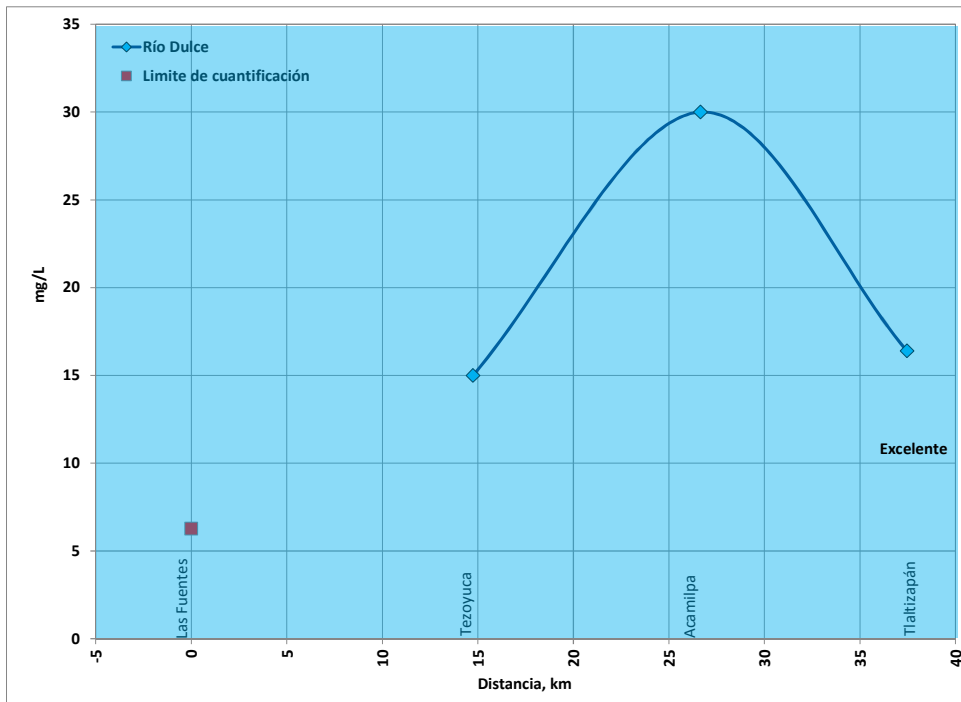


Figura 2. 184. Sólidos Suspendedos Totales (SST) en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

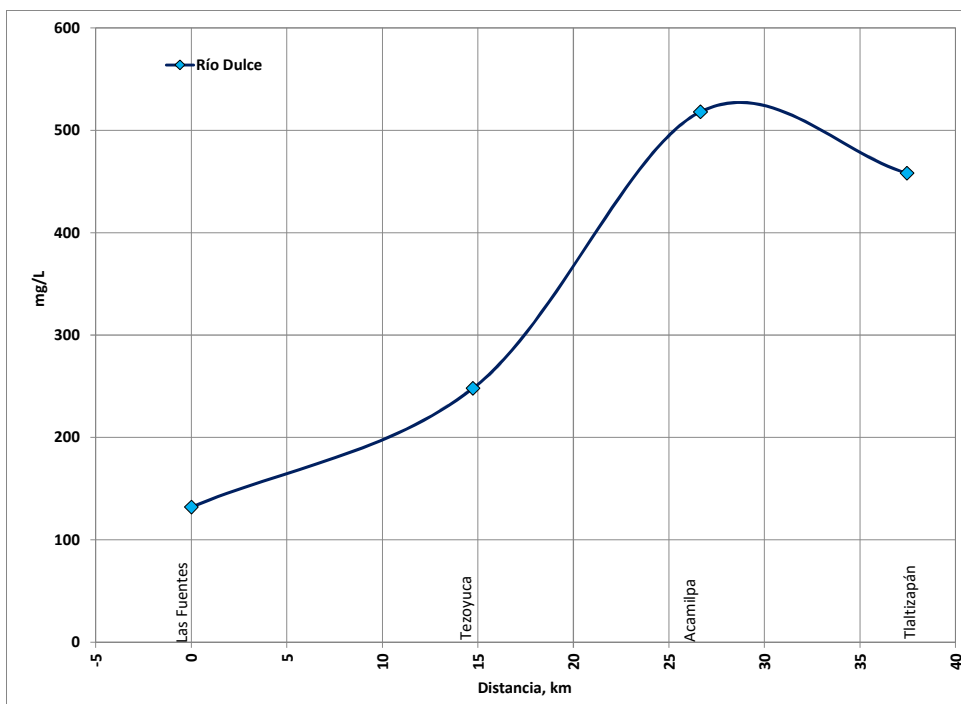


Figura 2. 185. Sólidos Totales (ST) en el río Dulce

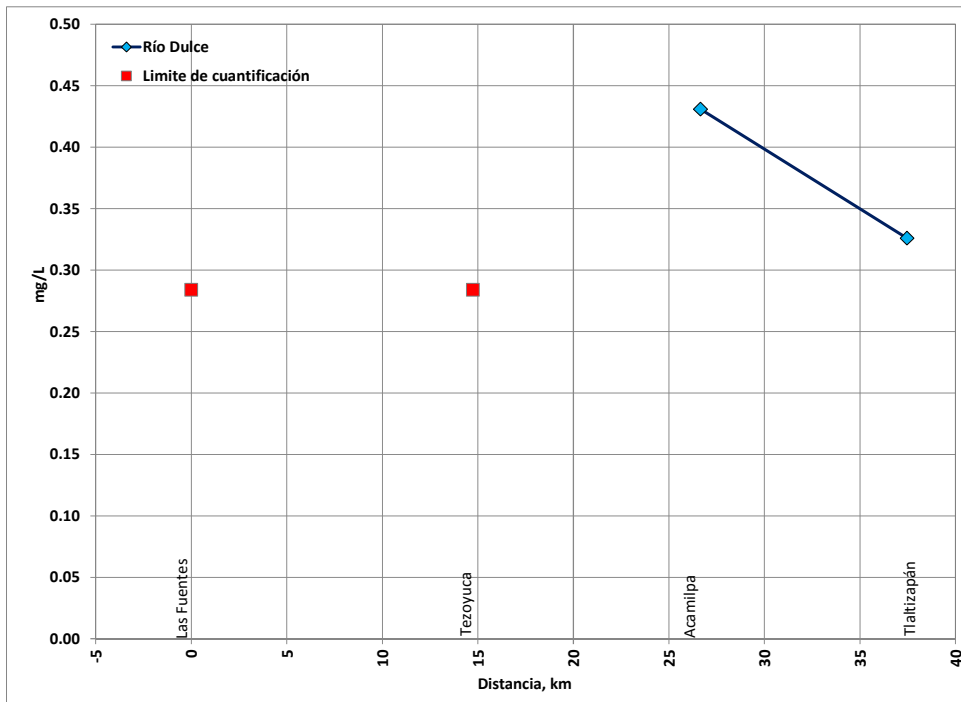


Figura 2. 186. Nitrógeno Amoniaco (NH_3) en el río Dulce

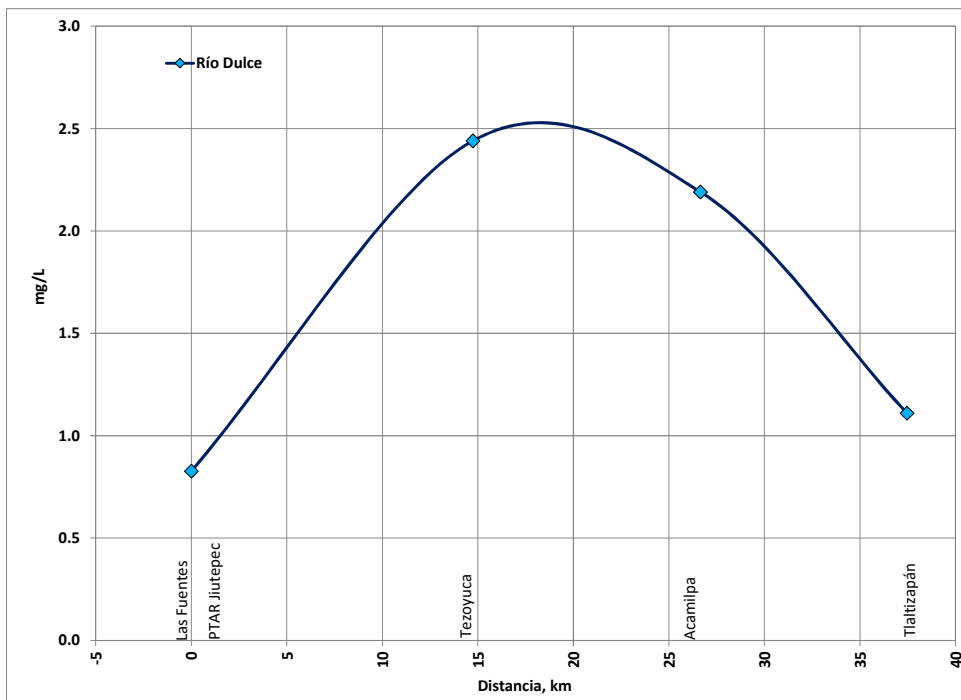


Figura 2. 187. Nitratos (NO_3) en el río Dulce

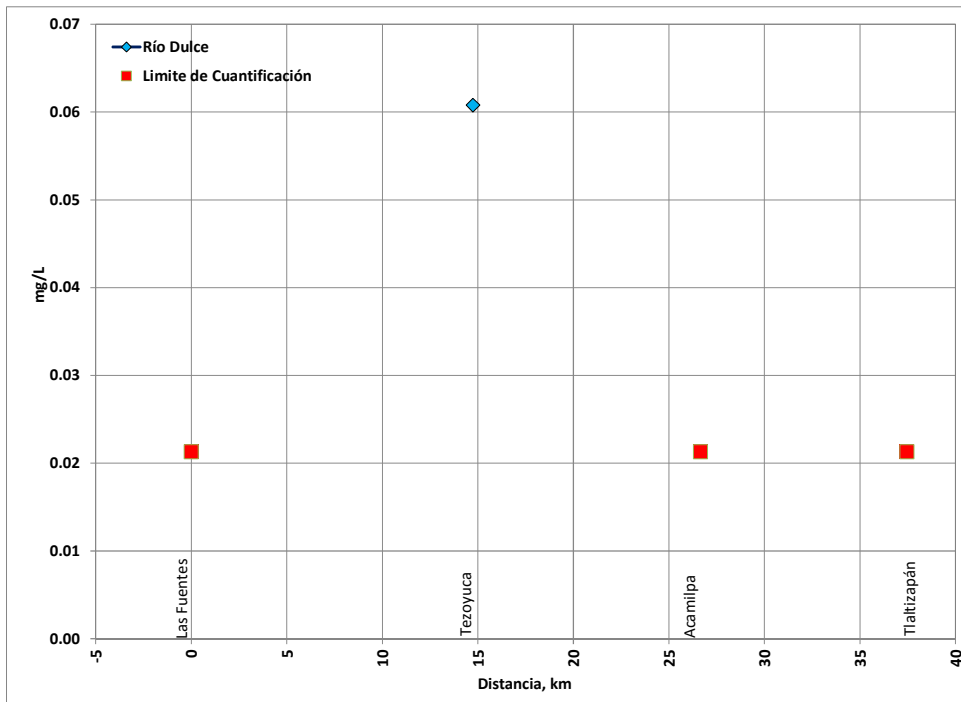


Figura 2. 188. Nitritos (NO_2) en el río Dulce

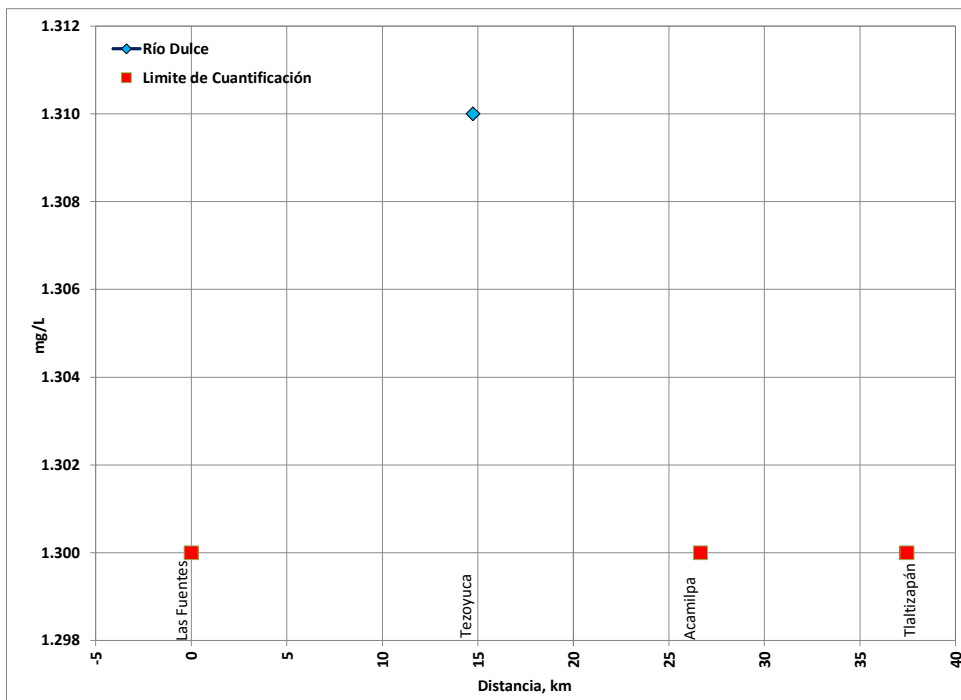


Figura 2. 189. Nitrógeno Orgánico en el río Dulce

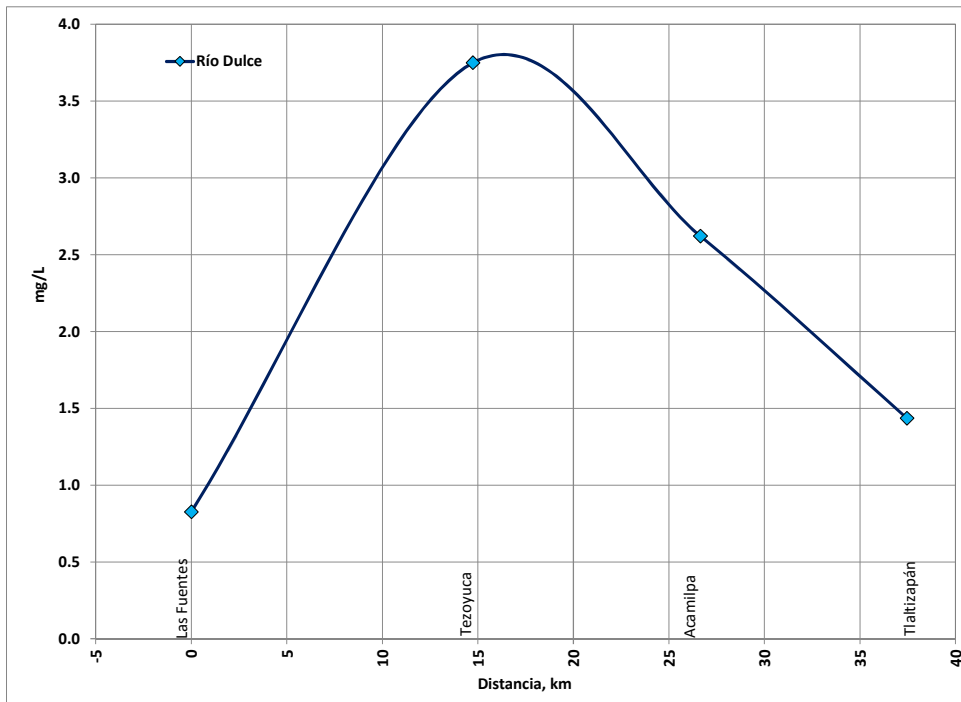


Figura 2. 190. Nitrógeno Total en el río Dulce

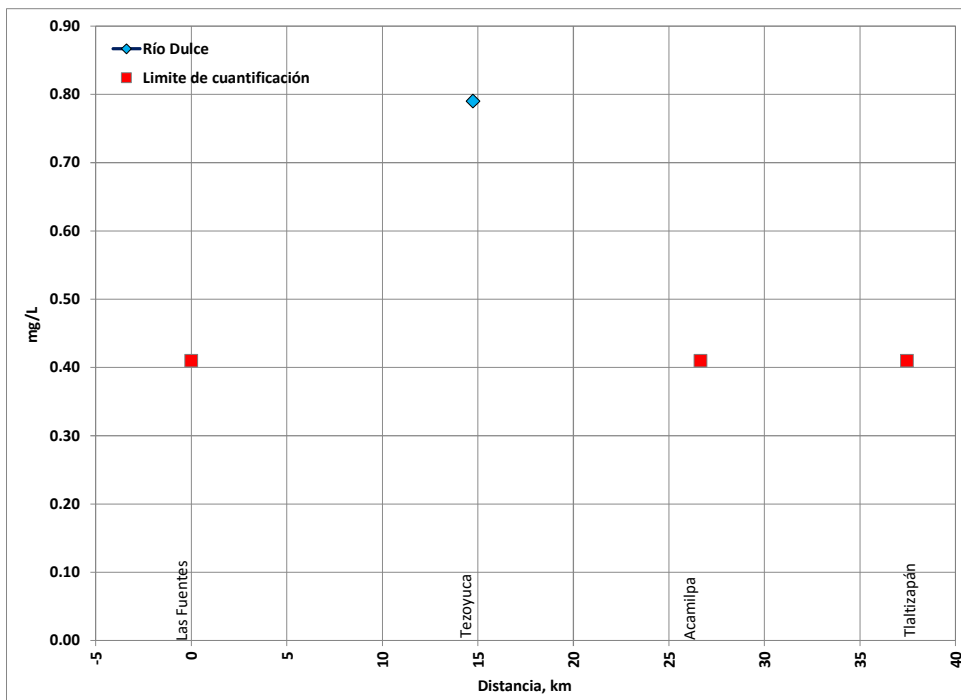


Figura 2. 191. Ortofosfatos en el río Dulce

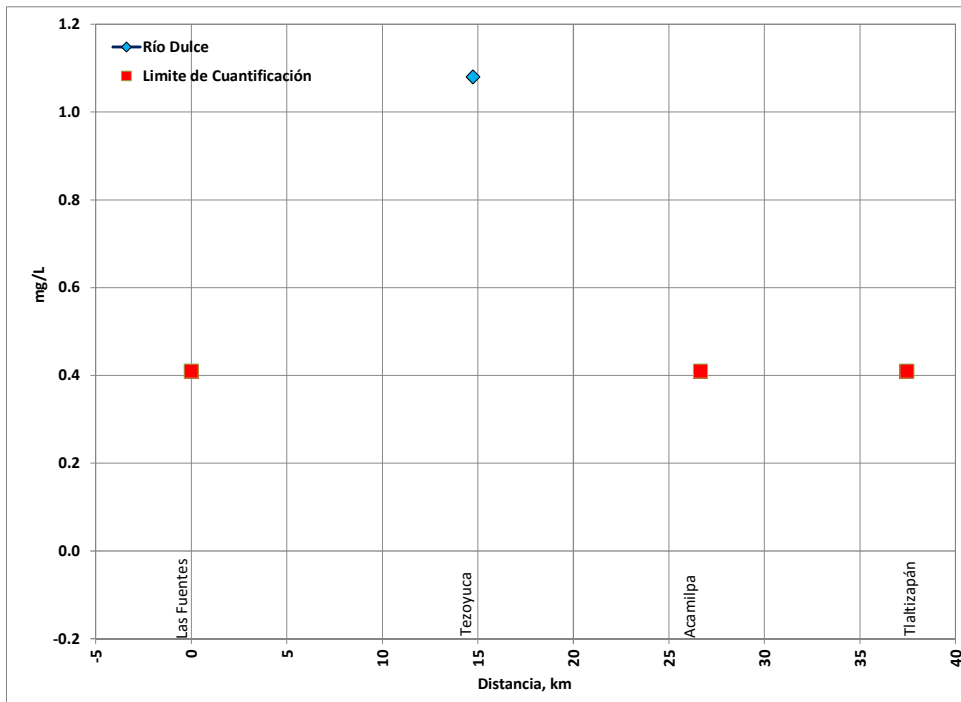


Figura 2. 192. Fósforo Hidrolizable en el río Dulce

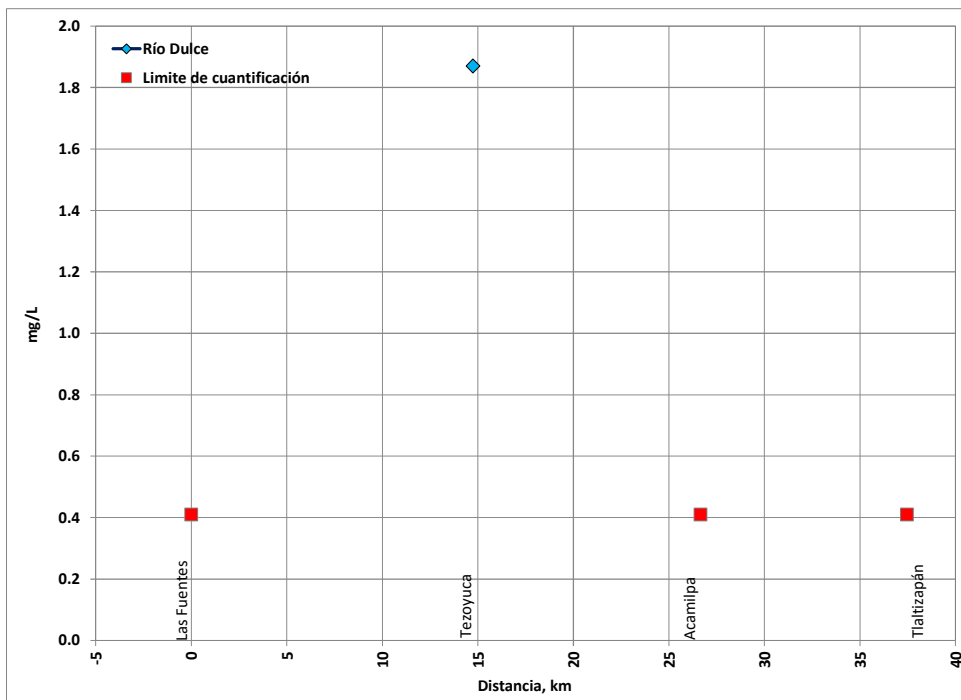


Figura 2. 193. Fósforo Total en el río Dulce

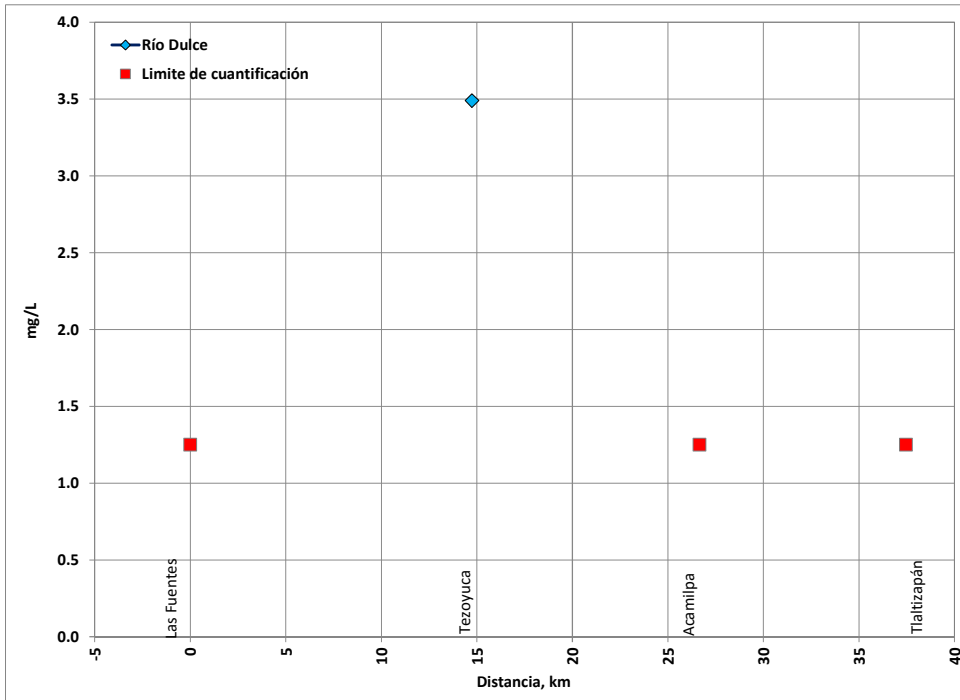


Figura 2. 194. Fosfatos en el río Dulce

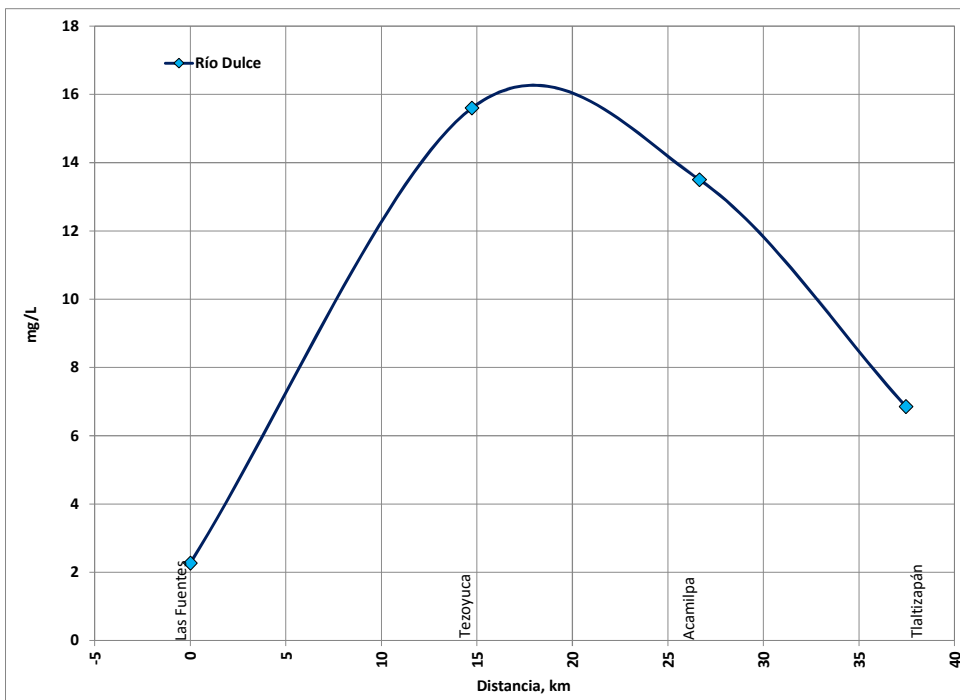


Figura 2. 195. Cloruros en el río Dulce

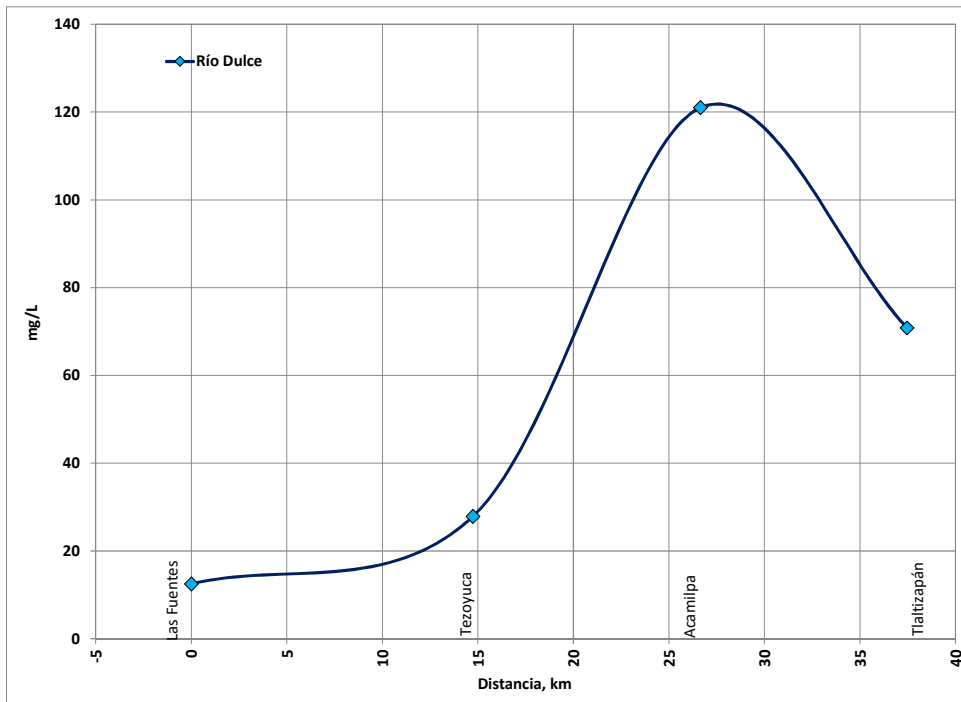


Figura 2. 196. Sulfatos en el río Dulce

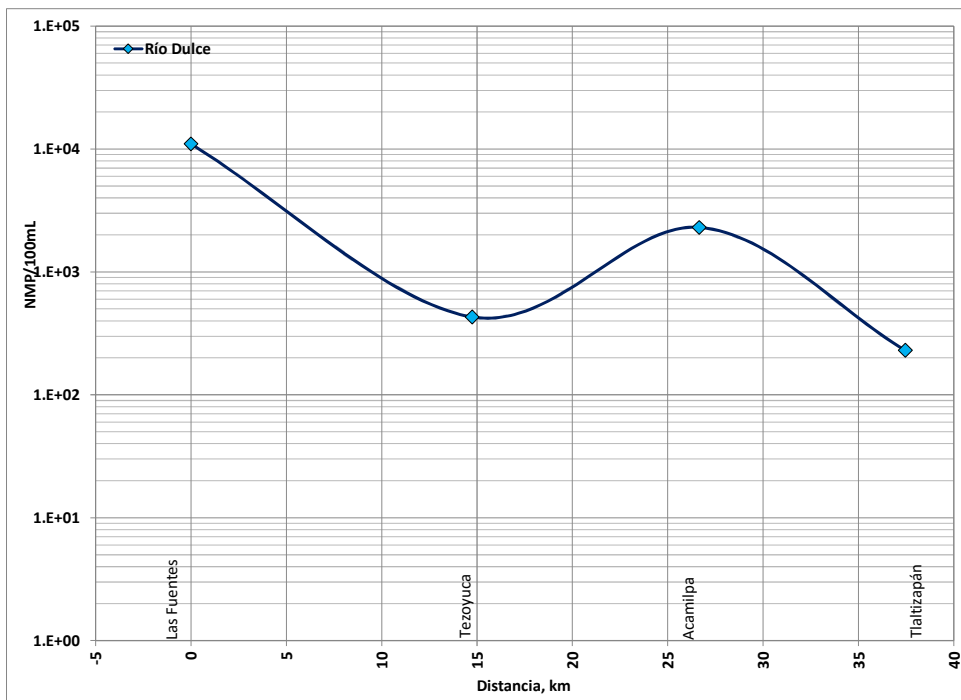


Figura 2. 197. Coliformes Fecales en el río Dulce

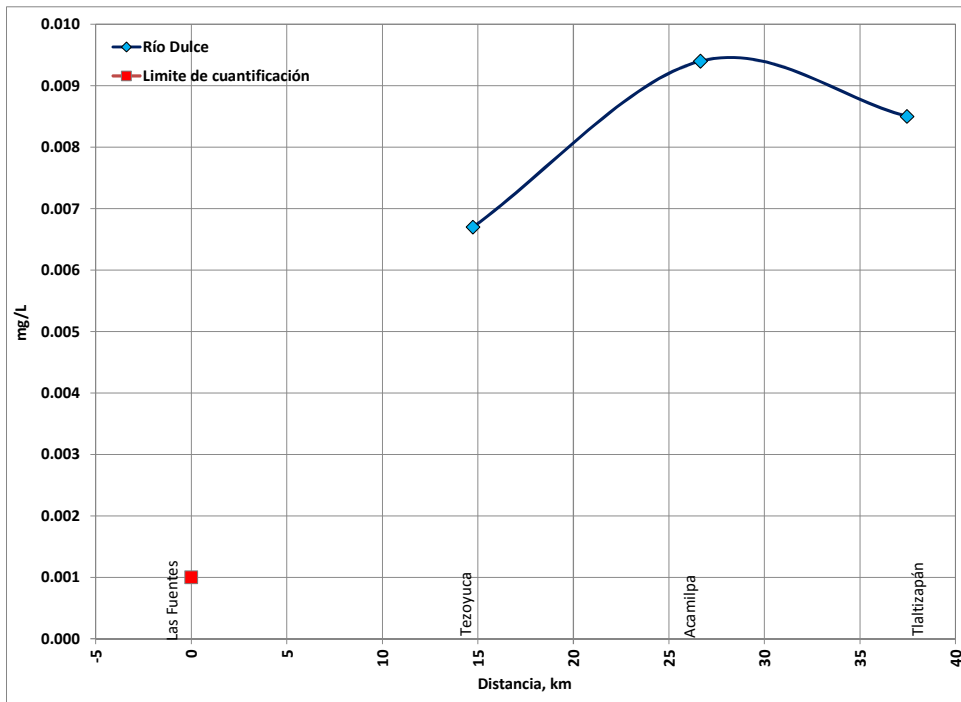


Figura 2. 198. Arsénico en el río Dulce

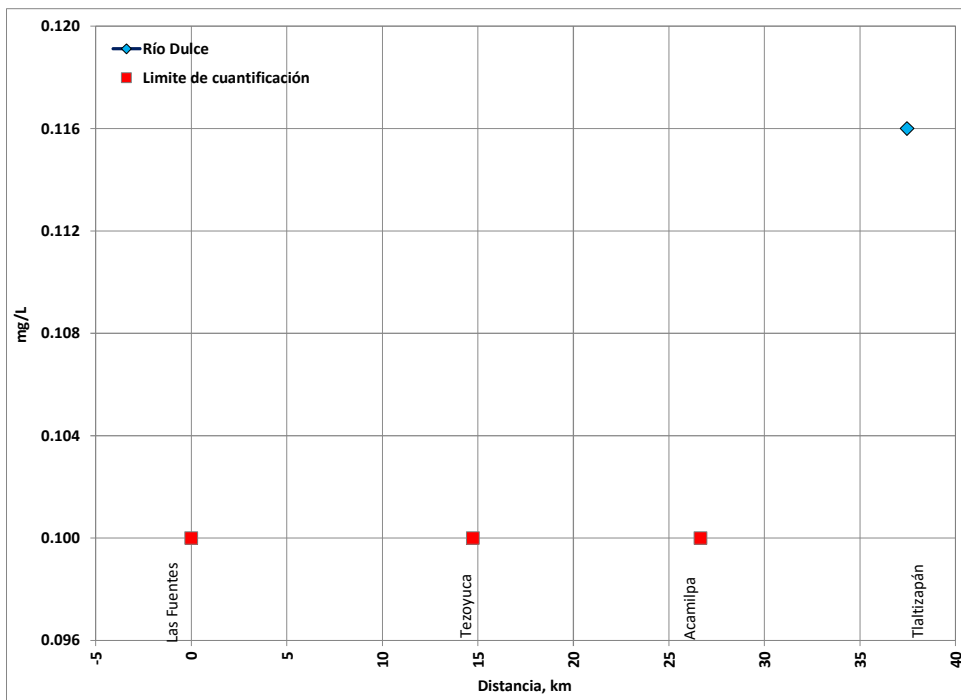


Figura 2. 199. Plomo en el río Dulce

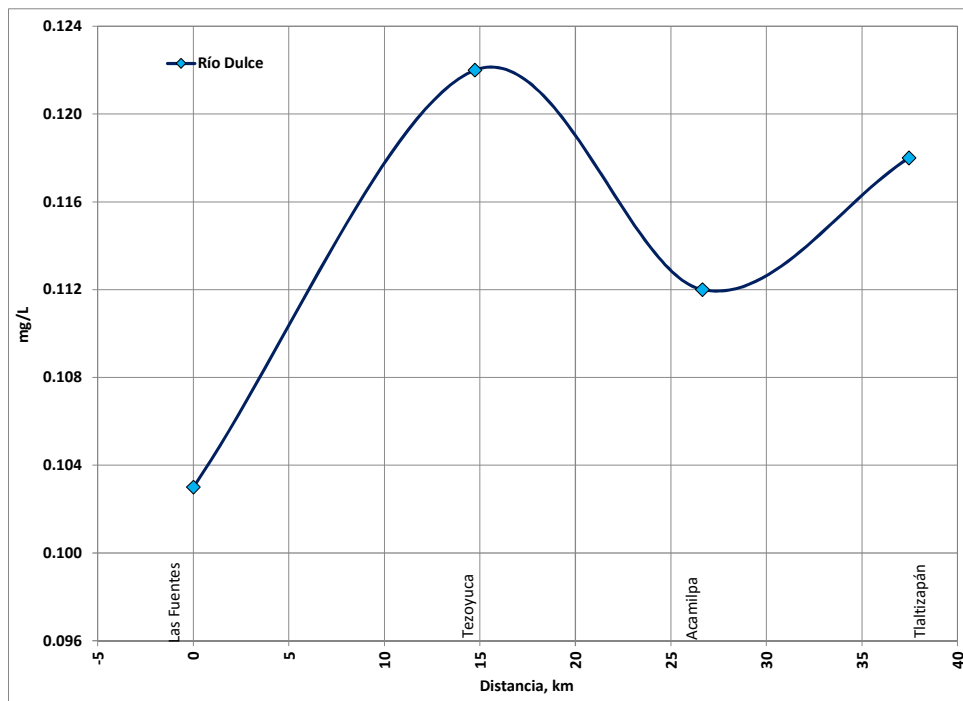


Figura 2. 200. Zinc en el río Dulce

2.3.3. Resultados calidad del agua para el Río Cuautla

En la Tabla 2. 48 se muestra los resultados de calidad de agua de las estaciones ubicadas en el río Cuautla y en las descargas y en la Figura 2. 201 a la Figura 2. 231 se ilustran gráficamente el comportamiento de cada parámetro.

Tabla 2. 48. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla

Clave	Nombre	Sitio	Temp.	Cond.	OD	pH	Sal.	ORP	COT	Materia Flotante	Alcalinidad Total	Dureza Total	Color verdadero		CE ₅₀	UT
			°C	µS/cm	mg/L		PSS	mv	mg/L		mg/L CaCo ₂	mg/L CaCO ₃	Upt-Co	pH	%	
1	Piedra Blanca	Río	22.70	947	9.31	8.08			4.28	Aus.	353	231	50	8.2	ND	ND
2	Unidad Deportiva	Río	22.9	408	11.76	7.58			1.9	Aus.	196	199	5	8.43	18.66	5.36
3	López Portillo	Río	23.9	566	4.51	7.62			8.04	Pres.	243	240	12.5	8.26	14.48	6.91
4	Rafael Zaragoza	Río	26.3	1077	10.71	8.58			4.36	Aus.	352	489	20	8.62	ND	ND
5	Ixtoluca	Río	30.3	1037	11.37	8.75			4.59	Aus.	267	420	12.5	8.85	ND	ND
6	Nexpa	Río	26.3	1123	9.03	7.99			3.81	Aus.	215	543	10	8.37	ND	ND
7	PTAR Cuautla	PTAR	22.6	561	3.31	7.47		37.1	6.77	Aus.	250	220	12.5	7.62	ND	ND

Nomenclatura: Temp.=Temperatura; °C = grados centígrados; Cond.=Conductividad; µS/cm = microsiemens/centímetro; OD = Oxígeno Disuelto; mg/L = miligramo/Litro; Sal. = Salinidad; PSS = Practical Salinity Scale; ORP = Oxidation Reduction Potential; mv = millivolts; COT = Carbono Orgánico Total; CE₅₀ = Concentración Efectiva al 50%; UT = Unidades de Toxicidad; Upt-Co = Unidades de Platino-Cobalto; pH = Potential Hydrogen; ND = No Determinado.

Tabla 2.48. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	DBO ₅	DBO ₅ Soluble	DQO	DQO Soluble	SDT	Sol. Sed.	SST	ST	N-NH ₃	N-NO ₃	N-NO ₂	N Org.	NT-Kj	NT
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mL/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	Piedra Blanca	Río	8.4	<1.1	<14.6	<14.6	581	<0.5	10.7	592	14.4	6.48	0.719	3.4	18.1	25.00
2	Unidad Deportiva	Río	3.2	2.4	<14.6	<14.6	302	<0.5	7.5	310	<0.284	0.926	<0.0213	<1.3	<1.30	0.93
3	López Portillo	Río	13	8.3	<14.6	<14.6	387	<0.5	21	408	2.62	0.361	0.0435	2.93	5.55	5.95
4	Rafael Zaragoza	Río	<1.1	<1.1	25.9	<14.6	811	<0.5	31	842	0.332	3.25	0.416	<1.3	<1.30	4.00
5	Ixtoluca	Río	1.6	<1.1	<14.6	<14.6	793	<0.5	23	816	<0.284	0.505	<0.0213	<1.3	<1.3	0.51
6	Nexpa	Río	<1.1	<1.1	<14.6	<14.6	960	<0.5	84	1044	<0.284	0.798	<0.0213	<1.3	<1.3	0.80
7	PTAR Cuautla	PTAR	9.8	1.6	50.6	<14.6	616	<0.50	17	633	5.24	2.49	0.1782	3.72	8.96	11.63

Nomenclatura: DBO₅ = Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días; DQO = Demanda Química de Oxígeno; SDT = Sólidos Disueltos Totales; Sol. Sed. = Sólidos sedimentables; SST = Sólidos Suspendidos Totales; ST = Sólidos Totales; N-NH₃ = Nitrógeno Amoniacal; N-NO₃ = Nitratos; N-NO₂ = Nitritos; N-Org. = Nitrógeno Orgánico; NT = Nitrógeno Total; NT-Kj = Nitrógeno Total Kjeldahl; mL/L = mililitro/Litro.

Tabla 2.48. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	P-Orto	P-Hidro.	P-Org.	PT	Coliformes Fecales	Grasas y Aceites	SAAM	Cloruros	Fenoles	Fosfatos	Sulfatos	Sulfuros
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100mL	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	Piedra Blanca	Río	<0.41	49.2	1	50.2	2.3E+04	<8.56	0.199	70.2	<0.0111	154	40.5	<1.44
2	Unidad Deportiva	Río	<0.41	<0.41	<0.41	<0.41	1.1E+06	11.3	<0.130	5.12	<0.0111	<1.25	23.7	<1.44
3	López Portillo	Río	0.79	0.79	0.12	1.7	4.6E+05	<8.56	0.371	16.9	<0.0111	2.78	40.7	<1.44
4	Rafael Zaragoza	Río	<0.41	<0.41	<0.41	<0.41	1.1E+03	14.3	<0.130	31	<0.0111	<1.25	216	<1.44
5	Ixtoluca	Río	<0.41	<0.41	<0.41	<0.41	4.6E+02	<8.56	<0.130	35.3	<0.0111	<1.25	249	<1.44
6	Nexpa	Río	<0.41	<0.41	<0.41	<0.41	9.3E+02	<8.56	<0.130	26	<0.0111	<1.25	452	<1.44
7	PTAR Cuautla	PTAR	0.71	1.73	1.33	3.77	2.8E+01	9.45	0.296	9.97	<0.0111	9.35	38	<1.44

Nomenclatura: P-Orto = Ortofosfato; P-Hidro. = Fósforo Hidrolizable; P-Org. = Fósforo Orgánico; PT = Fósforo Total; SAAM = Sustancias Activas al Azul de Metileno

Tabla 2.48. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Níquel	Plomo	Zinc	Cianuros	Cromo VI
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	Piedra Blanca	Río	0.0019	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	<0.10	<0.10	<0.02	<0.10
2	Unidad Deportiva	Río	0.0016	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	<0.10	<0.10	<0.02	<0.10
3	López Portillo	Río	0.0020	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	<0.10	<0.10	<0.02	<0.10
4	Rafael Zaragoza	Río	0.0087	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	0.129	<0.10	<0.02	<0.10
5	Ixtoluca	Río	0.0077	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	0.122	<0.10	<0.02	<0.10
6	Nexpa	Río	0.0132	<0.03	<0.05	<0.10	<0.001	<0.05	0.139	<0.10	<0.02	<0.10
7	PTAR Cuautla	PTAR	0.0043	<0.03	<0.05	<0.1	<0.001	<0.05	<0.10	<0.10	<0.02	<0.10

Tabla 2.48. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	Hexacloro Benceno	Lindano	Heptacloro	Aldrín	Epoxido de Heptacloro	Clordanos	Dieldrín	DDT(Total-Isómeros)	Metoxicloro
			µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
1	Piedra Blanca	Río									
2	Unidad Deportiva	Río	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
3	López Portillo	Río	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
4	Rafael Zaragoza	Río									
5	Ixtoluca	Río									
6	Nexpa	Río	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
7	PTAR Cuautla	PTAR									

Tabla 2.48. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	Demeton-S	Diazonin	Disulfoton	Metil Paration	Malation	Paration	Etion
			µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
1	Piedra Blanca	Río							
2	Unidad Deportiva	Río	<0.10	<0.05	<0.10	<0.05	<0.10	<0.10	<0.10
3	López Portillo	Río	<0.10	<0.05	<0.10	<0.05	<0.10	<0.10	<0.10
4	Rafael Zaragoza	Río							
5	Ixtoluca	Río							
6	Nexpa	Río	<0.10	<0.05	<0.10	<0.05	<0.10	<0.10	<0.10
7	PTAR Cuautla	PTAR							

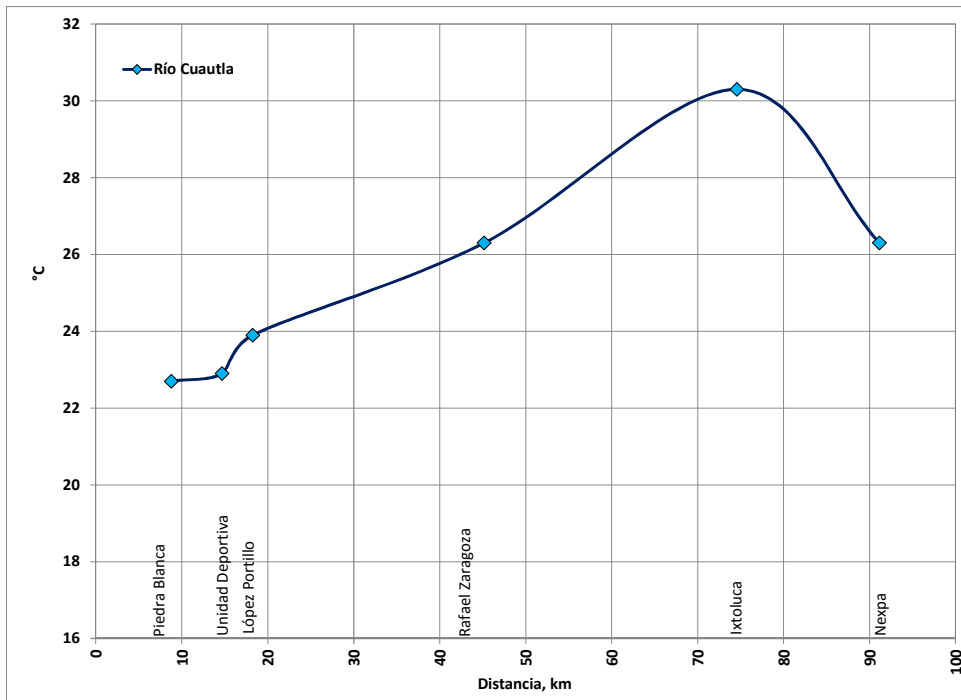


Figura 2. 201. Temperatura en el río Cuautla

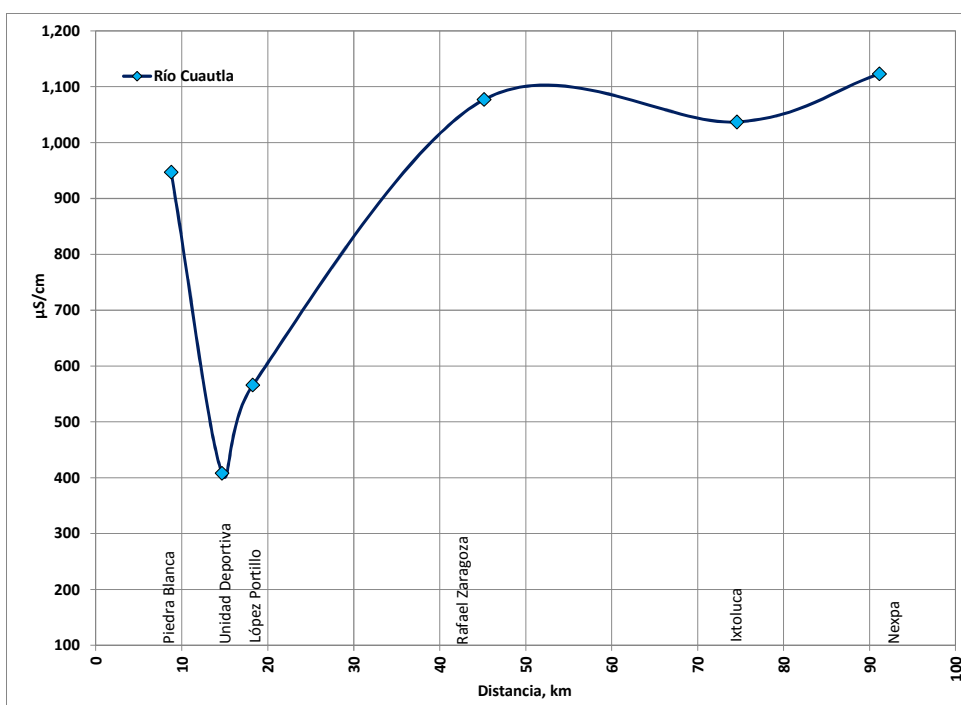


Figura 2. 202. Conductividad Eléctrica en el río Cuautla

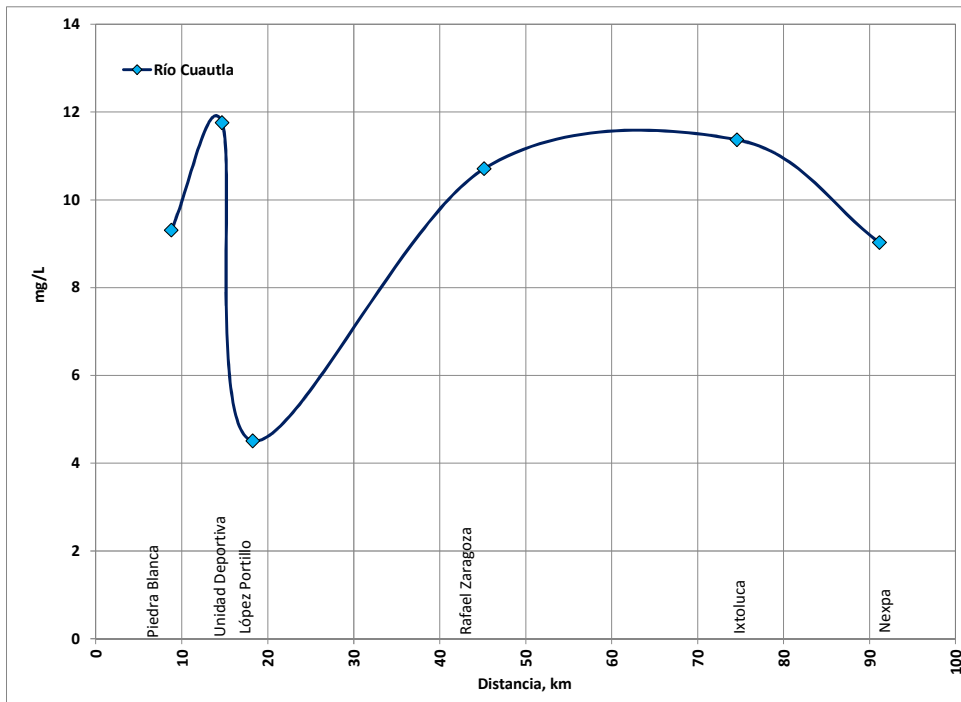


Figura 2. 203. Oxígeno Disuelto en el río Cuautla

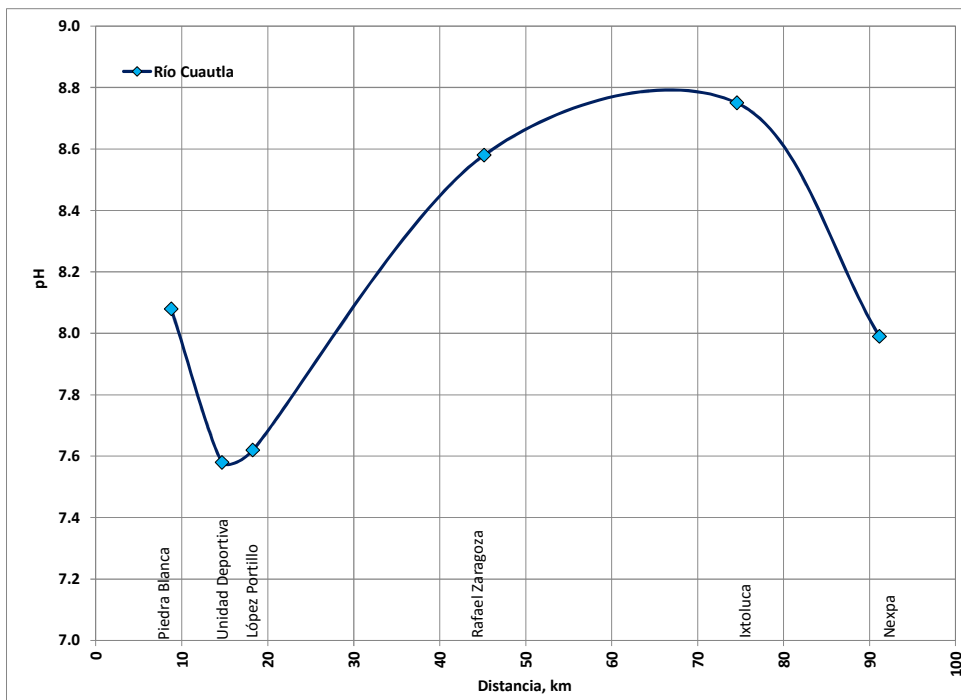


Figura 2. 204. pH en el río Cuautla

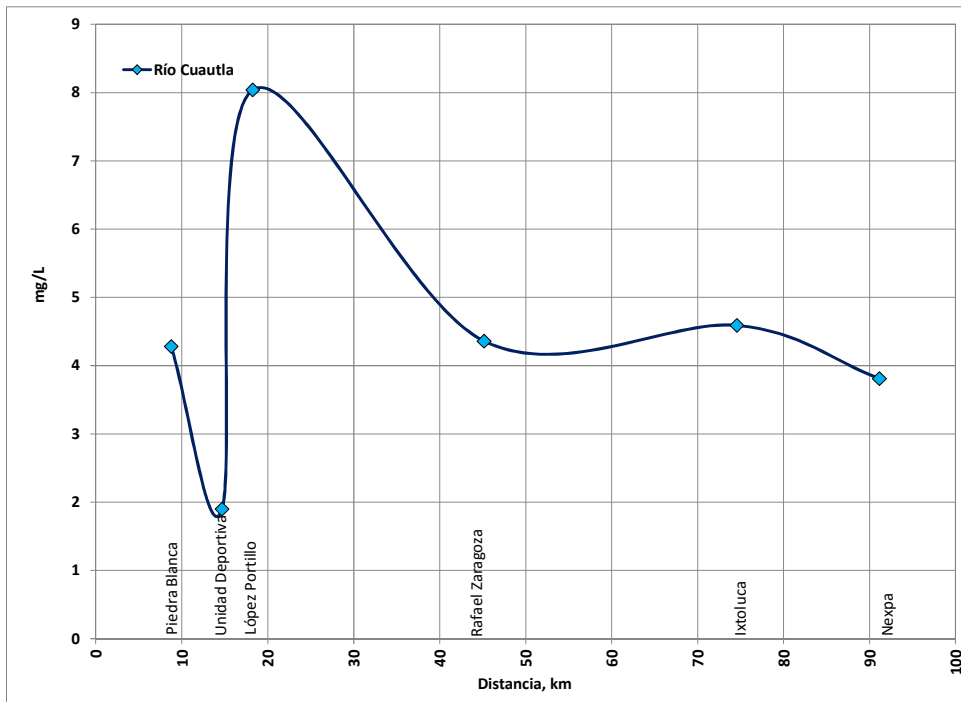


Figura 2. 205. Carbono Orgánico total en el río Cuautla

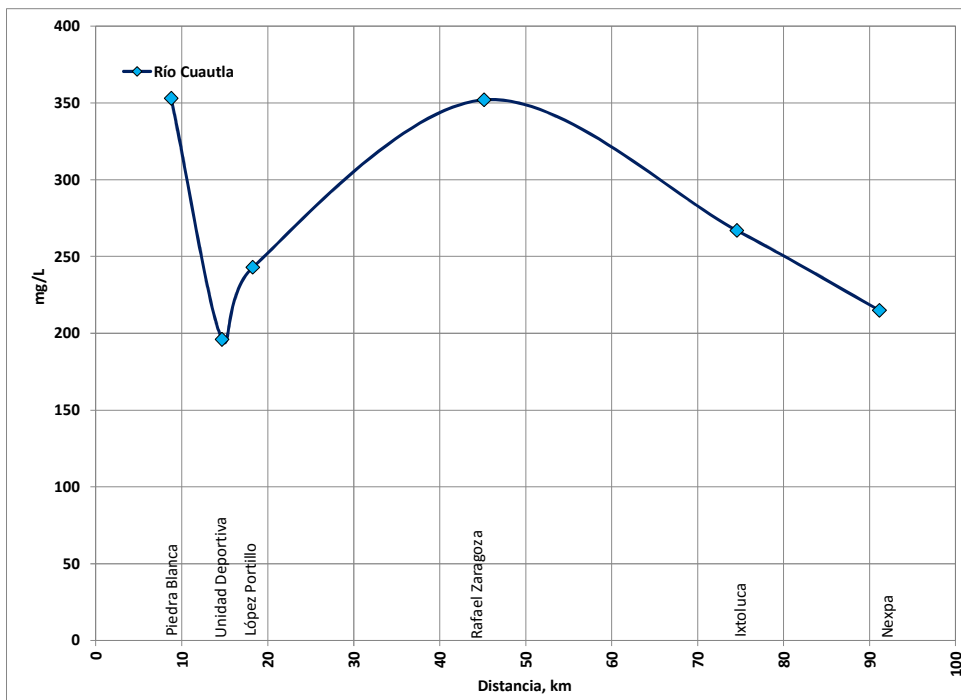


Figura 2. 206. Alcalinidad Total en el río Cuautla

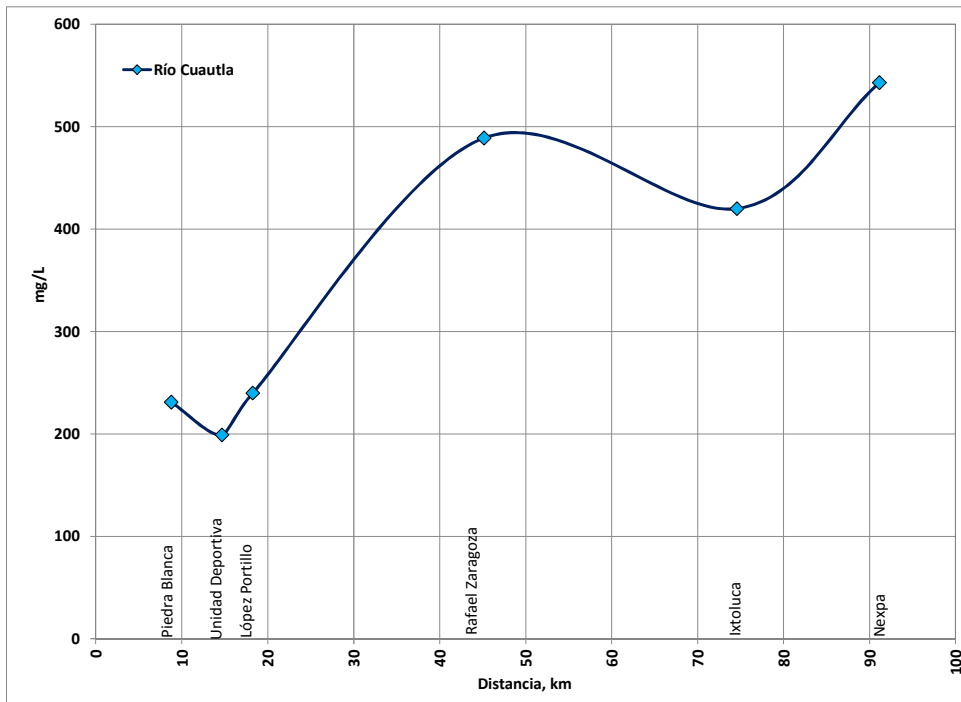


Figura 2. 207. Dureza en el río Cuautla

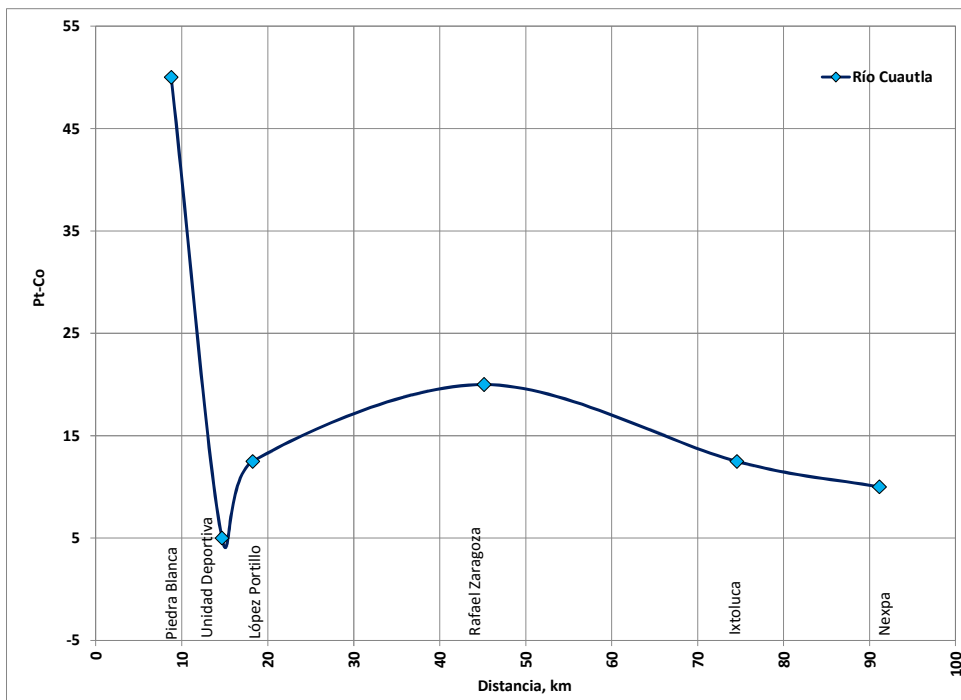


Figura 2. 208. Color Verdadero en el río Cuautla

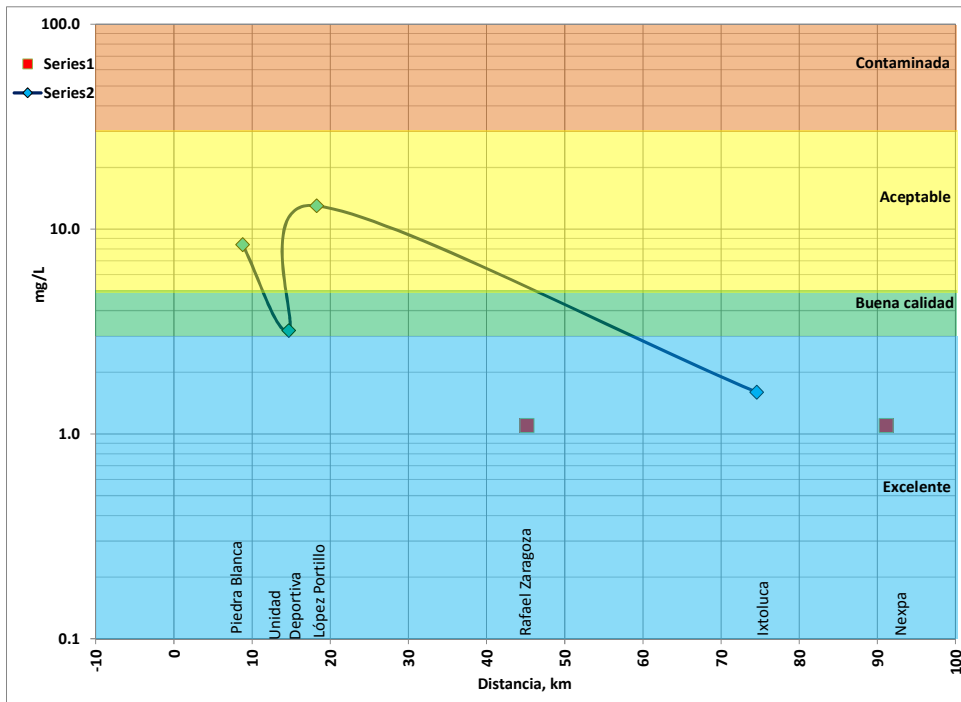


Figura 2. 209. Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

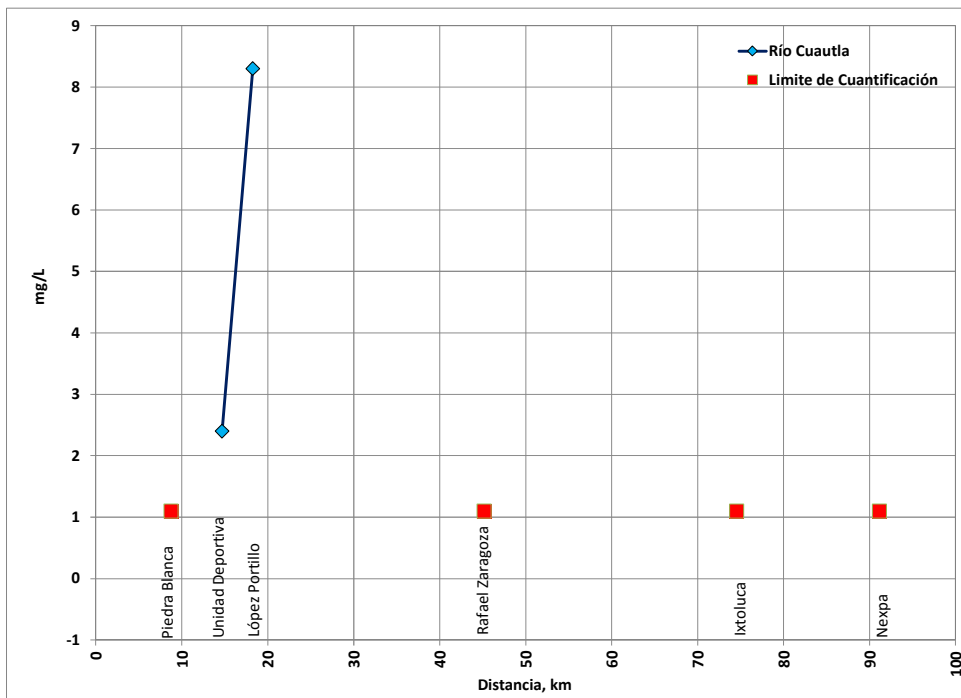


Figura 2. 210. Demanda Bioquímica de Oxígeno soluble en el río Cuautla

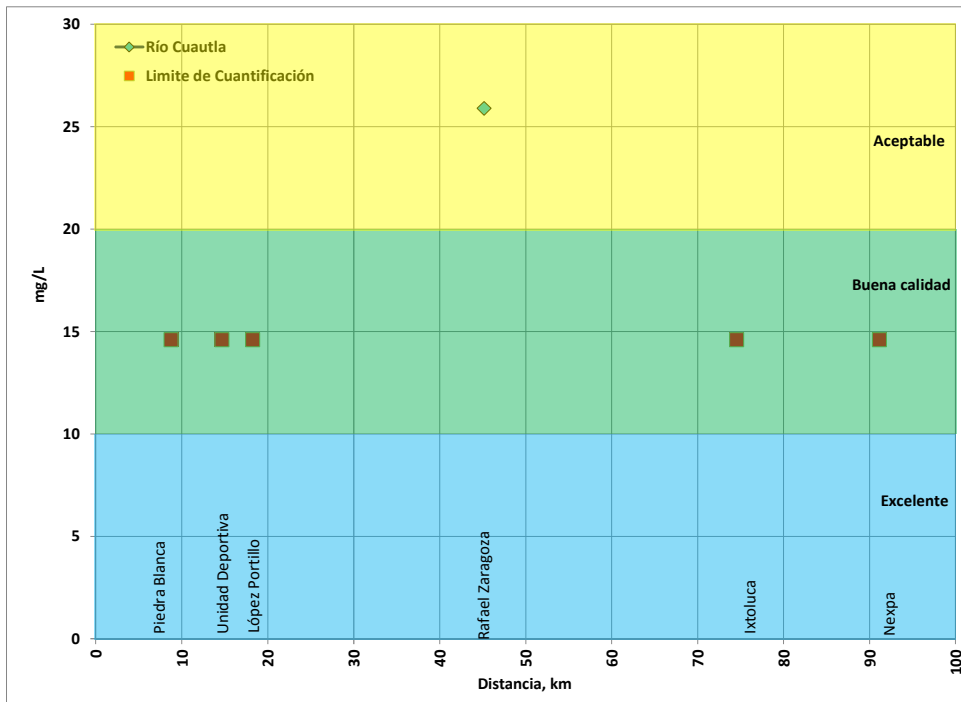


Figura 2. 211. Demanda Química de Oxígeno en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

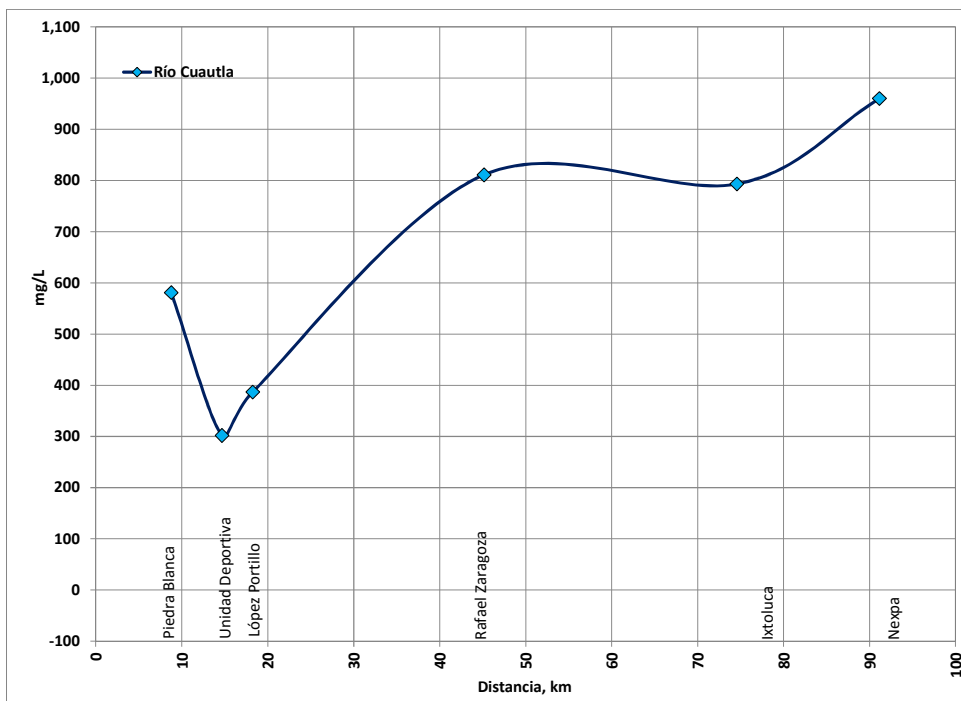


Figura 2. 212. Sólidos Disueltos Totales (SDT) en el río Cuautla

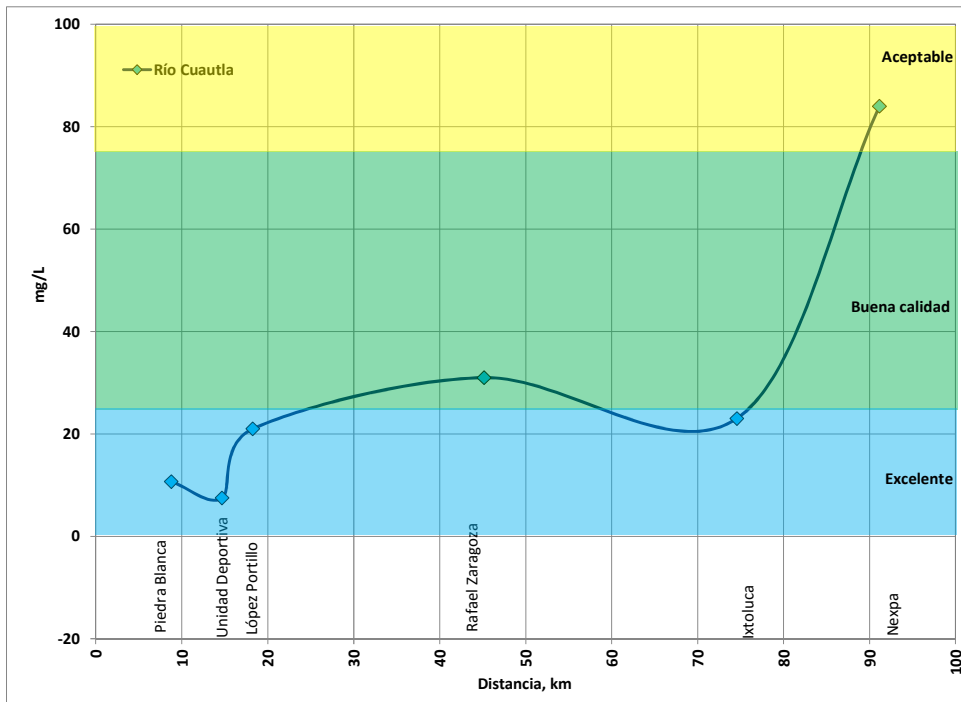


Figura 2. 213. Sólidos Suspendedos Totales (SST) en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

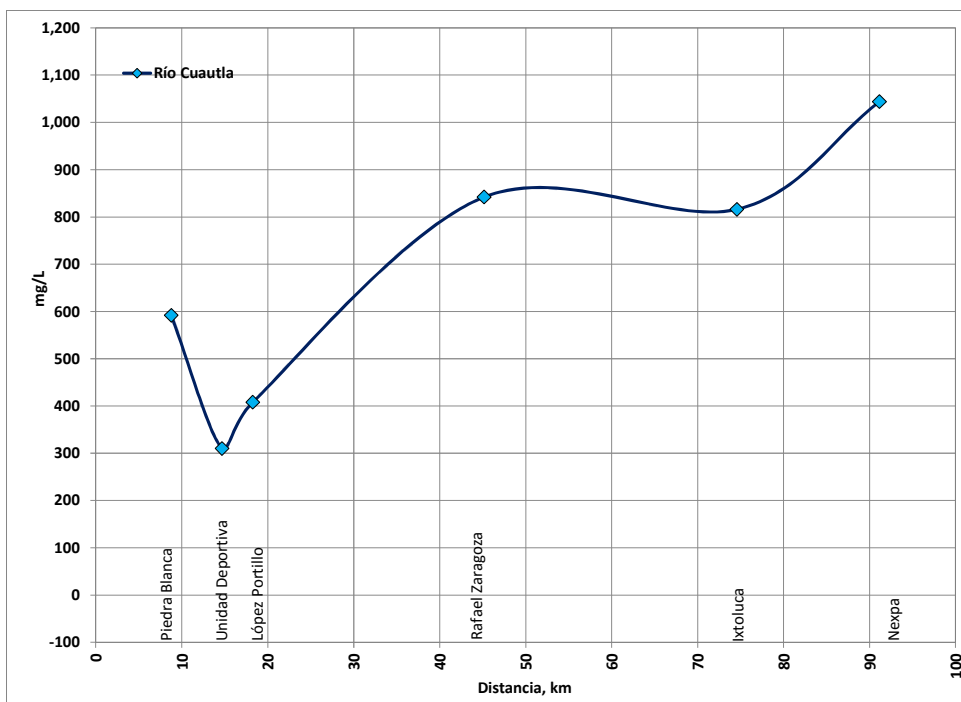


Figura 2. 214. Sólidos Totales (ST) en el río Cuautla

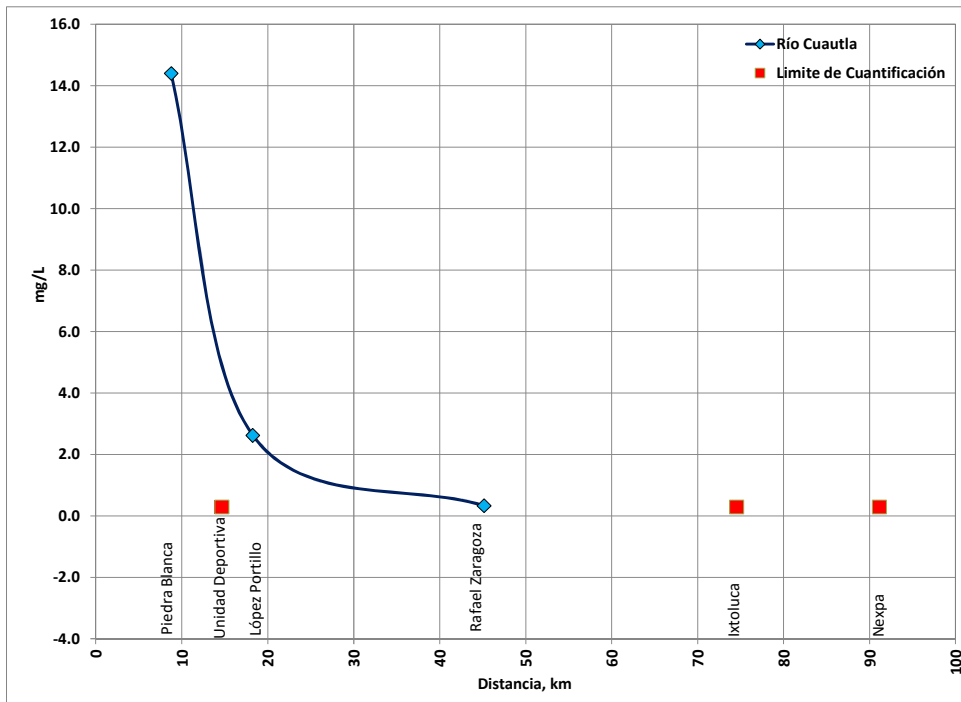


Figura 2. 215. Nitrógeno Amoniaco (NH_3) en el río Cautla

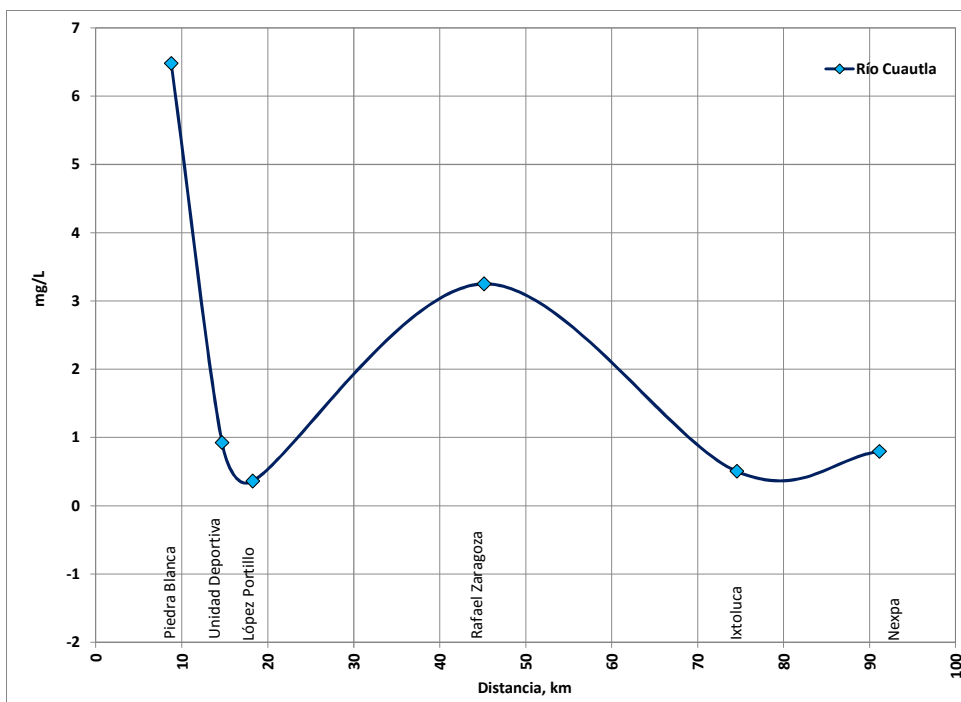


Figura 2. 216. Nitratos (NO_2) en el río Cautla

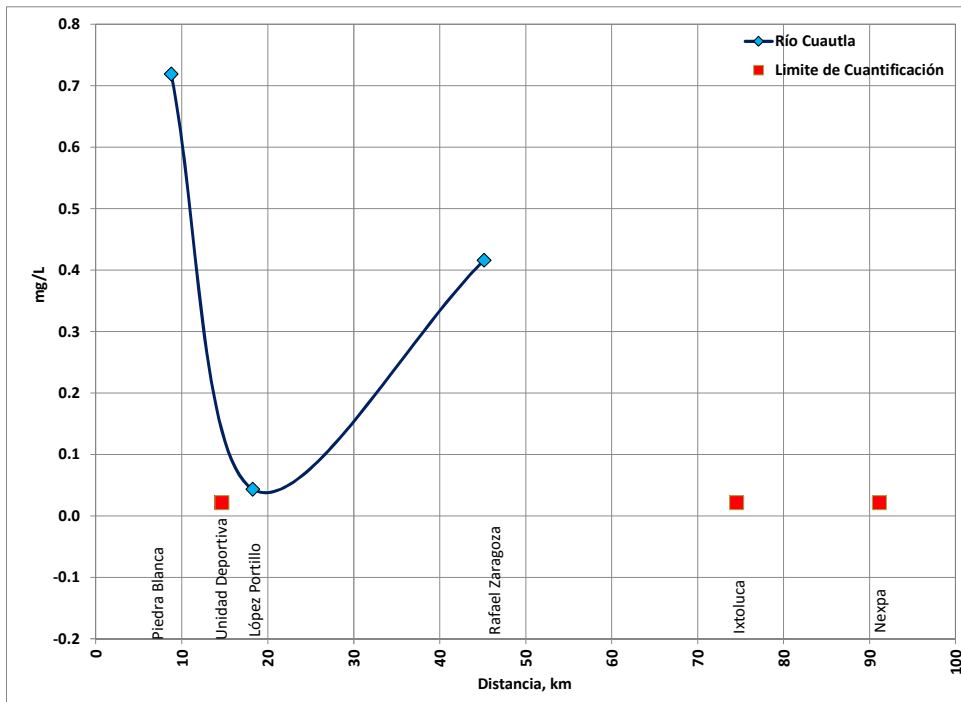


Figura 2. 217. Nitritos (NO_3) en el río Cuautla

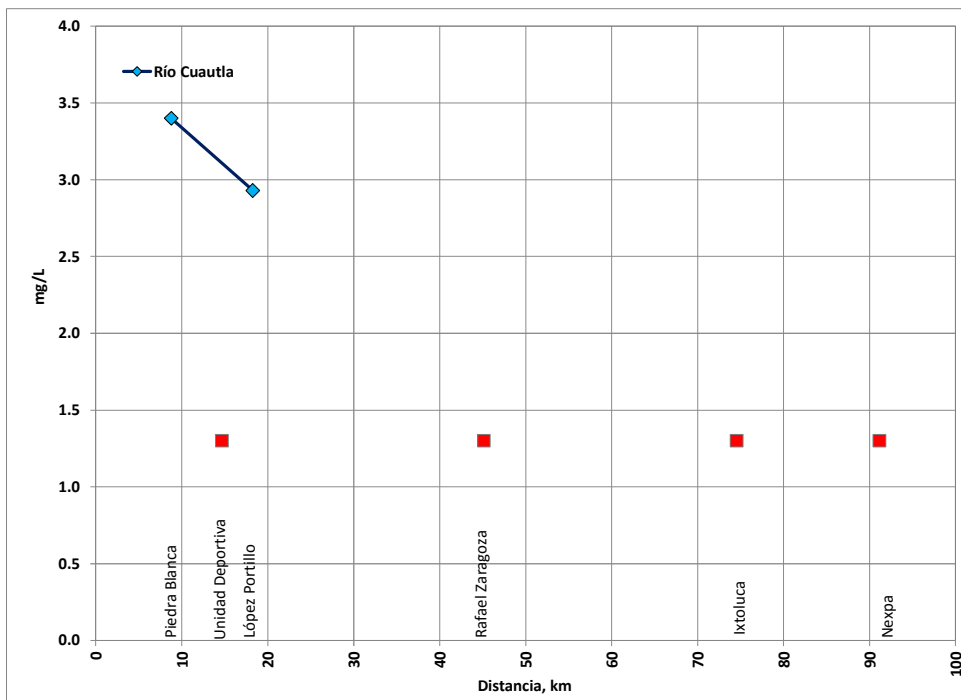


Figura 2. 218. Nitrógeno Orgánico en el río Cuautla

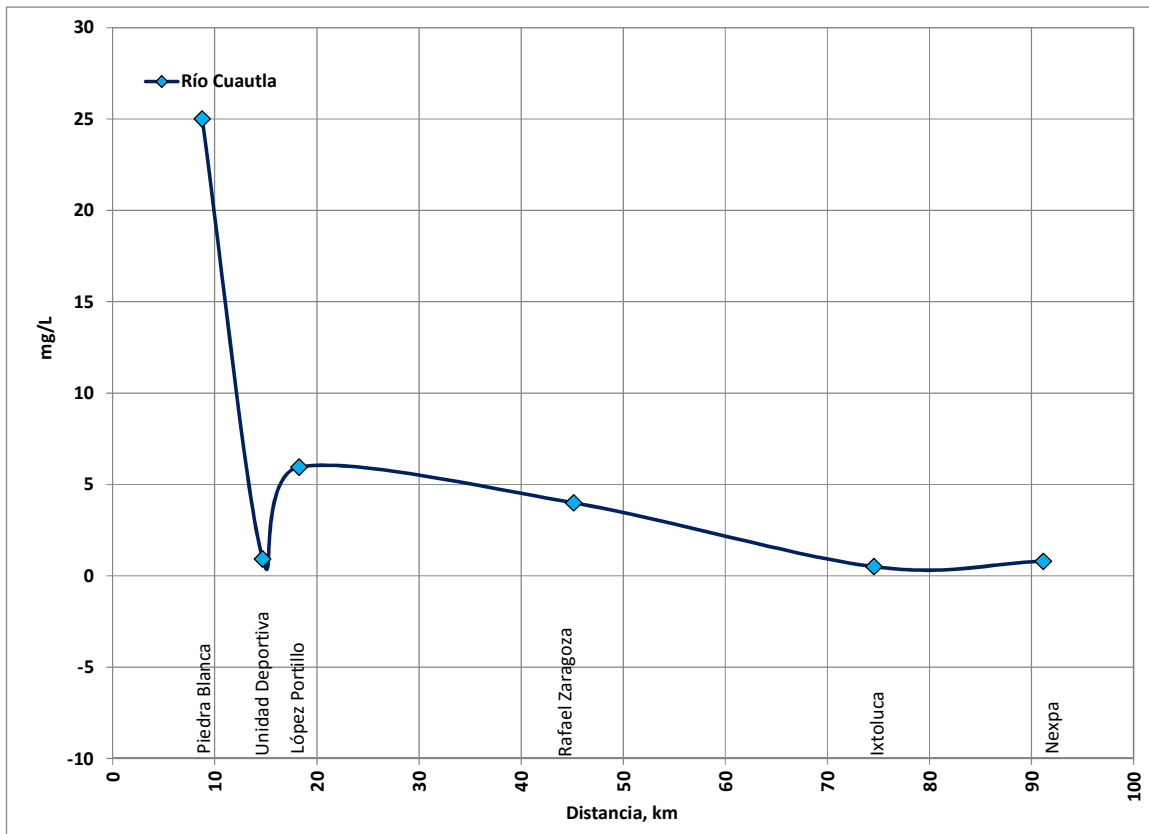


Figura 2. 219. Nitrógeno Total en el río Cuautla

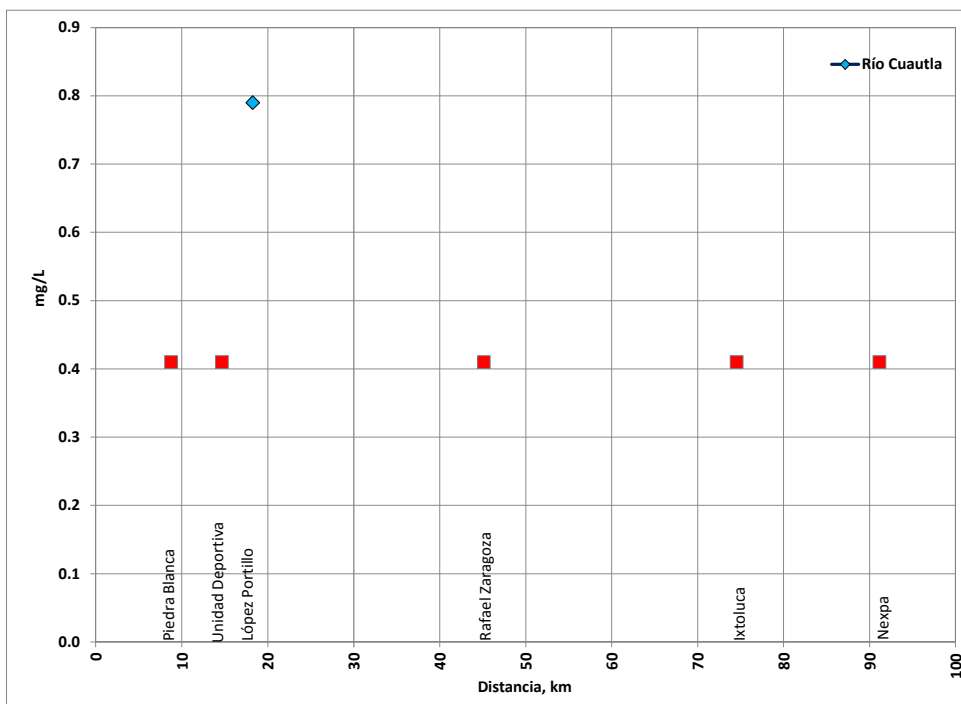


Figura 2. 220. Ortofosfatos en el río Cuautla

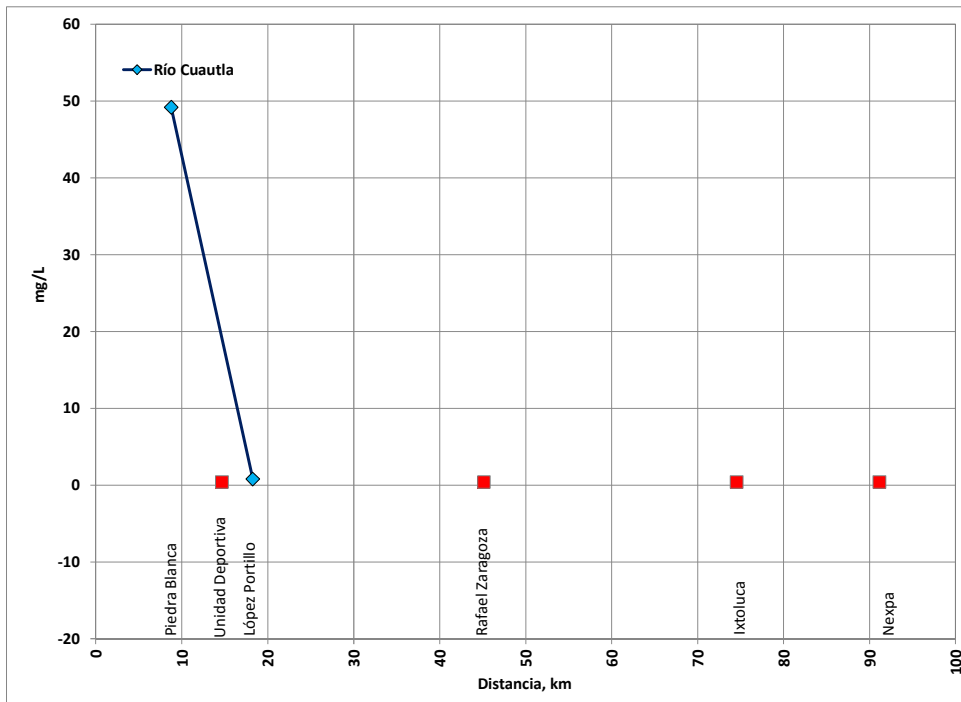


Figura 2. 221. Fósforo Hidrolizable en el río Cautla

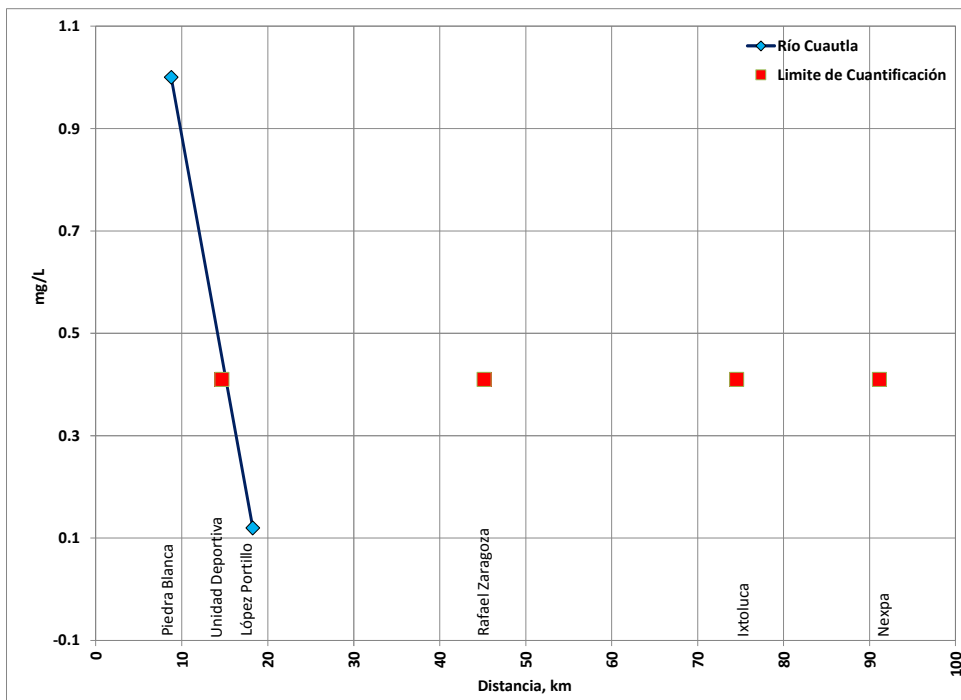


Figura 2. 222. Fósforo Orgánico en el río Cautla

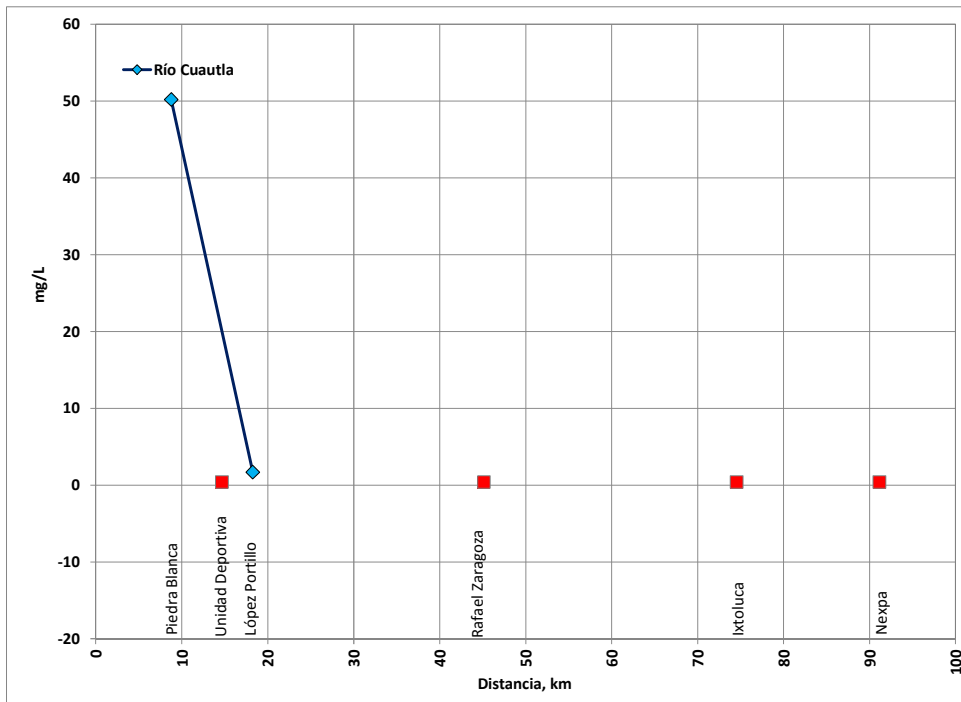


Figura 2. 223. Fósforo Total en el río Cuautla

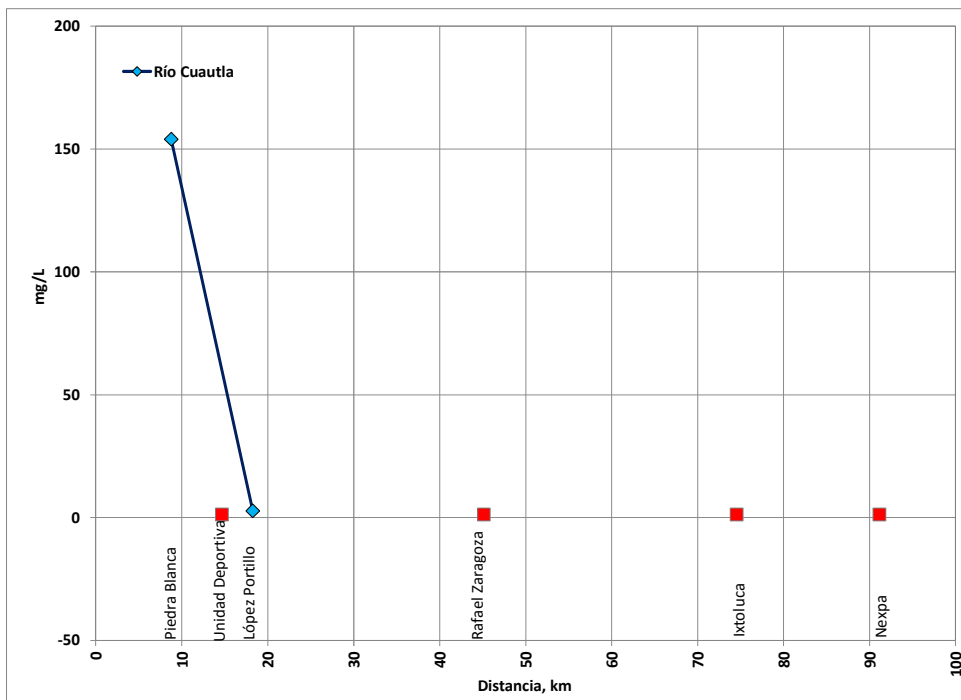


Figura 2. 224. Fosfatos en el río Cuautla

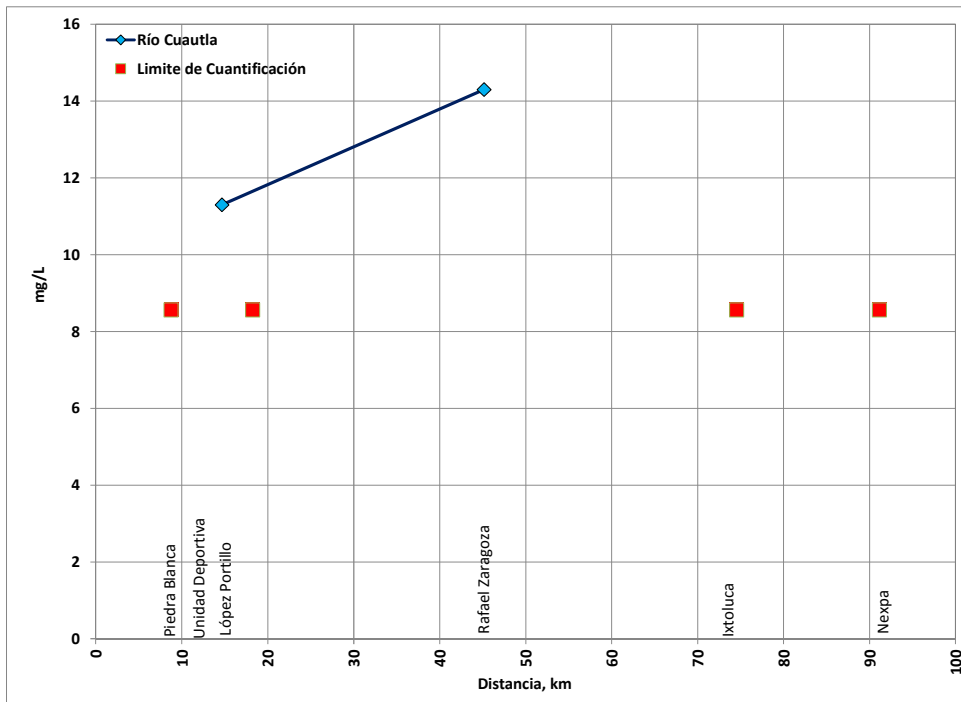


Figura 2. 225. Grasas y Aceites en el río Cuautla

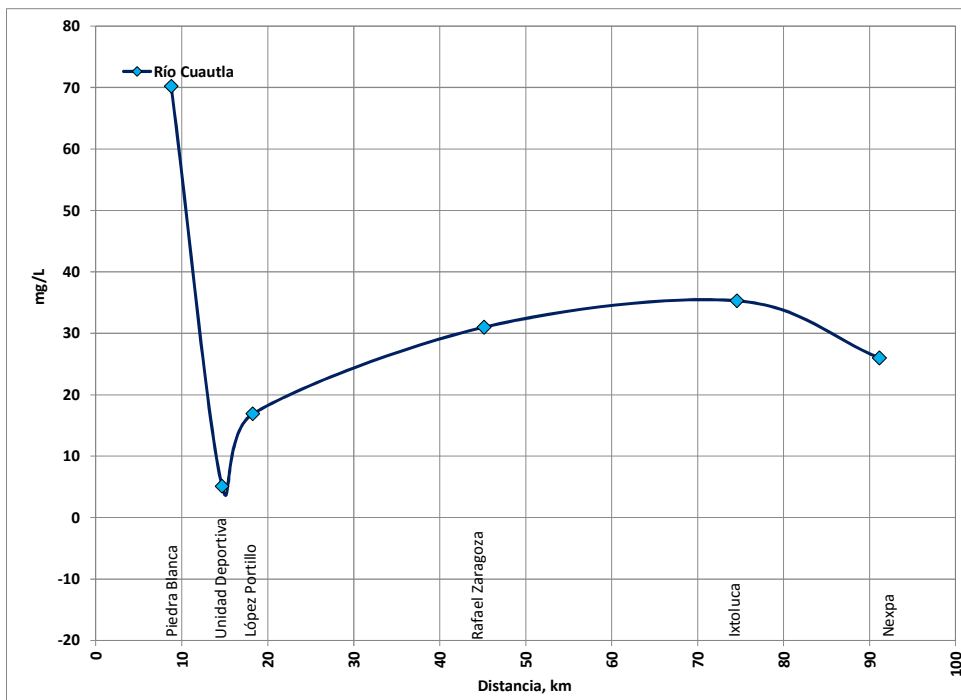


Figura 2. 226. Cloruros en el río Cuautla

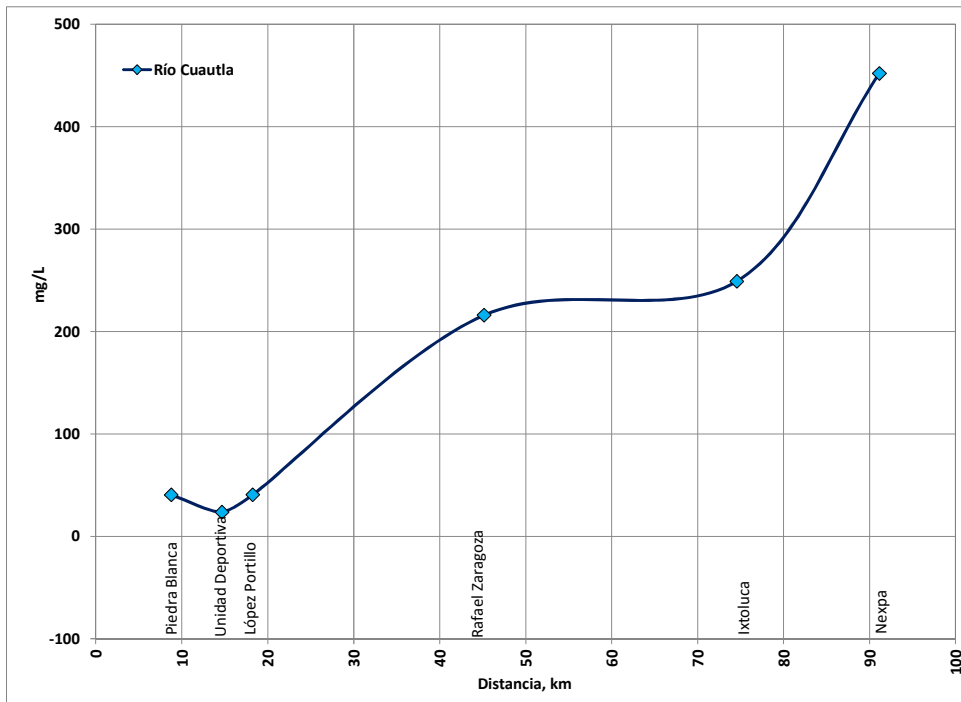


Figura 2. 227. Sulfatos en el río Cuautla

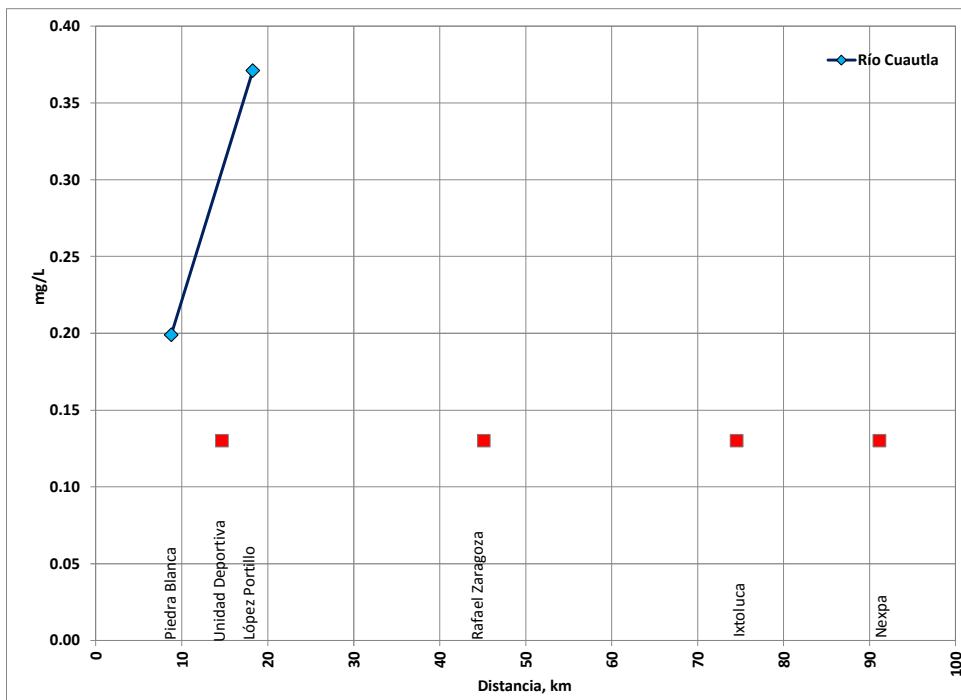


Figura 2. 228. Sustancias Activas al Azul de Metileno en el río Cuautla

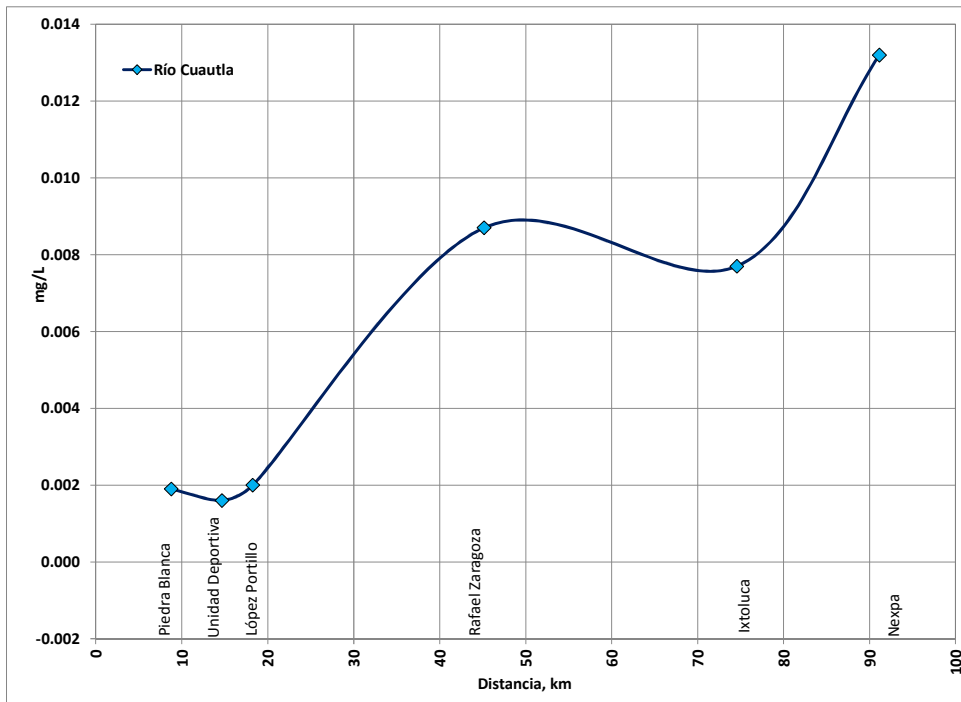


Figura 2. 229. Arsénico en el río Cuautla

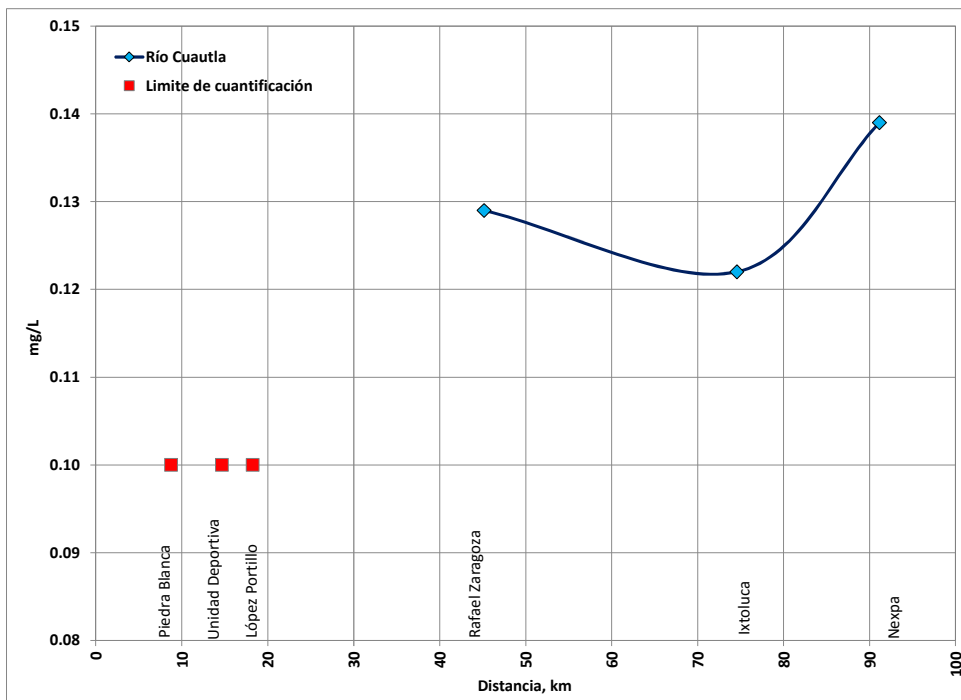


Figura 2. 230. Plomo en el río Cuautla

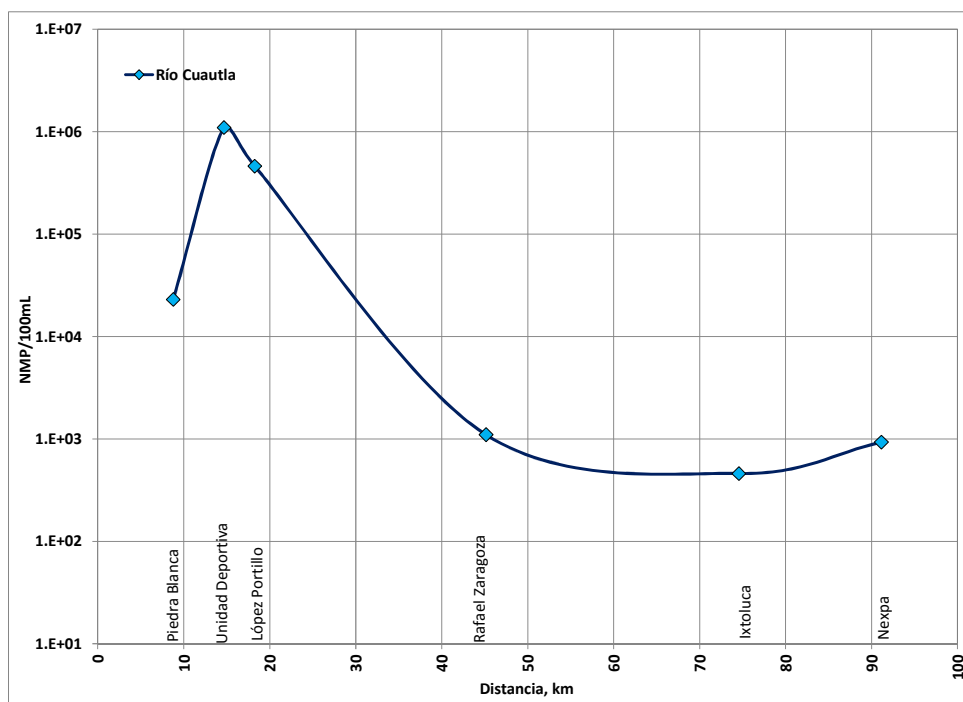


Figura 2. 231. Coliformes fecales en el río Cuautla

2.3.4. Aforos

Asociado con la caracterización de la calidad del agua en las estaciones señaladas anteriormente, se efectuó el aforo en cada uno de los sitios. En la Tabla 2. 49 se muestra los resultados de los aforos para las estaciones de monitoreo en el río Yautepec, en la Tabla 2. 50 los correspondientes al río Dulce y en la Tabla 2. 51 los del río Cuautla.

Tabla 2. 49. Aforos en las estaciones del río Yautepec.

Estación	Nombre	Velocidad promedio m/s	Área transversal m ²	Q m ³ /s
8	Cocoyoc Balneario	0.234	4.01	0.892
9	Yautepec Centro	0.259	1.46	0.322
10	Centro IPN	0.226	0.37	0.107
11	Tlaltzapán-Yautepec	0.834	4.44	3.864
12	Después de Confluencia con Dulce	0.326	5.20	1.408
13	Pedro Amaro	0.732	3.72	3.236

Tabla 2. 50. Aforos en las estaciones del río Dulce

Estación	Nombre	Velocidad promedio m/s	Área transversal m ²	Q m ³ /s
17	Las Fuentes	0.193	3.94	0.778
18	Tezoyuca	0.303	0.46	0.147
19	Acamilpa	0.253	0.81	0.207
20	Tlaltizapán-Dulce	0.522	5.11	2.414

Tabla 2. 51. Aforos en las estaciones del río Cuautla

Estación	Nombre	Velocidad promedio m/s	Área transversal m ²	Q m ³ /s
1	Piedra Blanca	0.274	0.43	0.097
2	Unidad Deportiva	1.328	0.89	1.188
3	López Portillo	0.226	0.37	0.107
4	Rafael Zaragoza	0.207	4.79	1.011
5	Ixtoluca	0.323	1.15	0.388
6	Nexpa	0.355	1.93	0.746

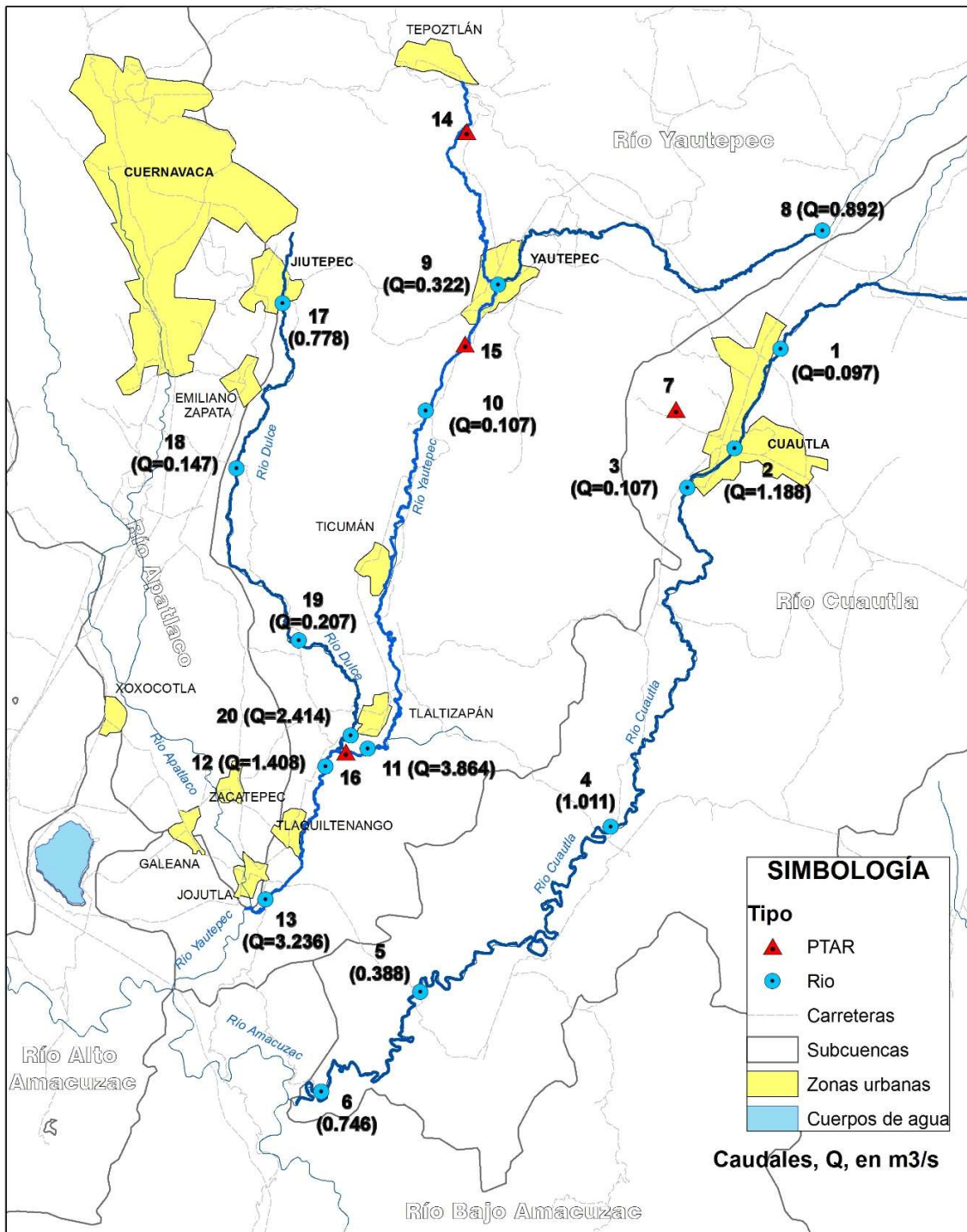


Figura 2. 232. Caudales en las cuencas de los ríos Yauteppec y Cuautla

Río Cuautla

A continuación se describe las características hidráulicas de las estaciones de aforo en el río Cuautla.

En la Tabla 2. 52 a la Tabla 2. 57 se muestra, respectivamente, las dimensiones de la sección transversal del río, así como el caudal en el punto de aforo, para las estaciones en el río Cuautla. En la Figura 2. 233 a la Figura 2. 238 se ilustra la sección transversal en cada sitio de aforo.

Tabla 2. 52. Calculo de caudal en la estación Piedra Blanca en el río Cuautla

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00			
0.4	0.19	0.270	0.075	0.020
0.8	0.16	0.278	0.067	0.019
1.2	0.19	0.234	0.073	0.017
1.6	0.15	0.142	0.058	0.008
2.0	0.07	0.504	0.038	0.019
2.4	0.18	0.214	0.066	0.014
2.8	0.16		0.057	
3.1	0.00			
		<i>Suma</i>	<i>0.432</i>	<i>0.0969</i>

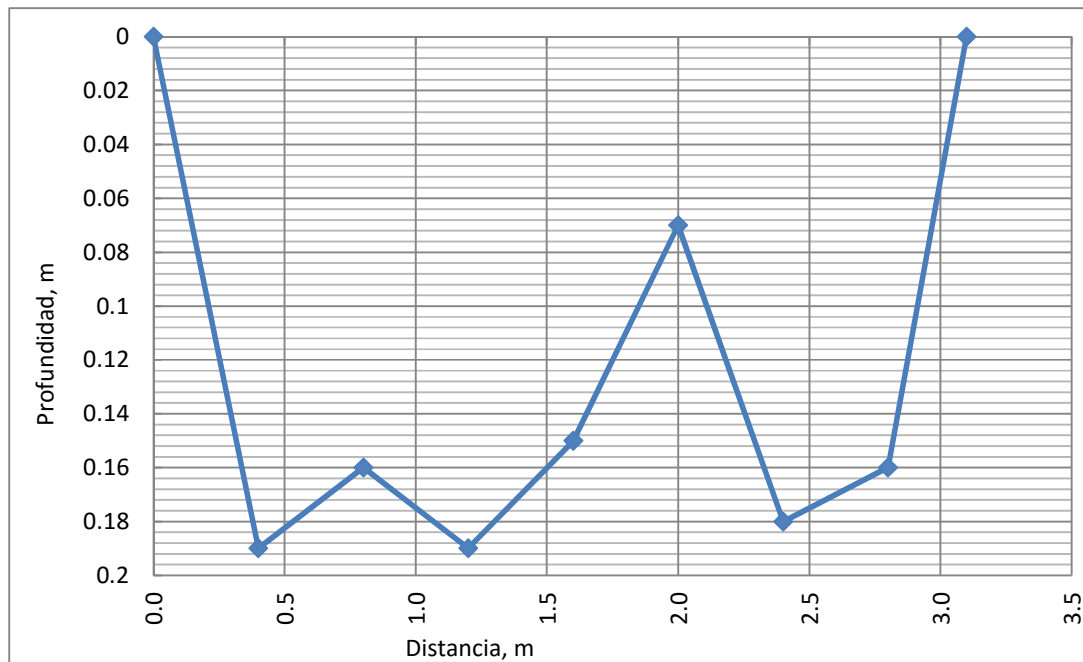


Figura 2. 233. Sección transversal en la estación Piedra Blanca en el río Cuautla

Tabla 2. 53. Calculo de caudal en la estación Unidad Deportiva en el río Cuautla

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
0.0	0.25	0.000	--	--
0.5	0.45	1.180	0.280	0.330
1.0	0.33	1.500	0.189	0.284
1.5	0.60	1.500	0.258	0.387
2.0	0.20	1.130	0.165	0.186
2.9	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	0.893	1.188

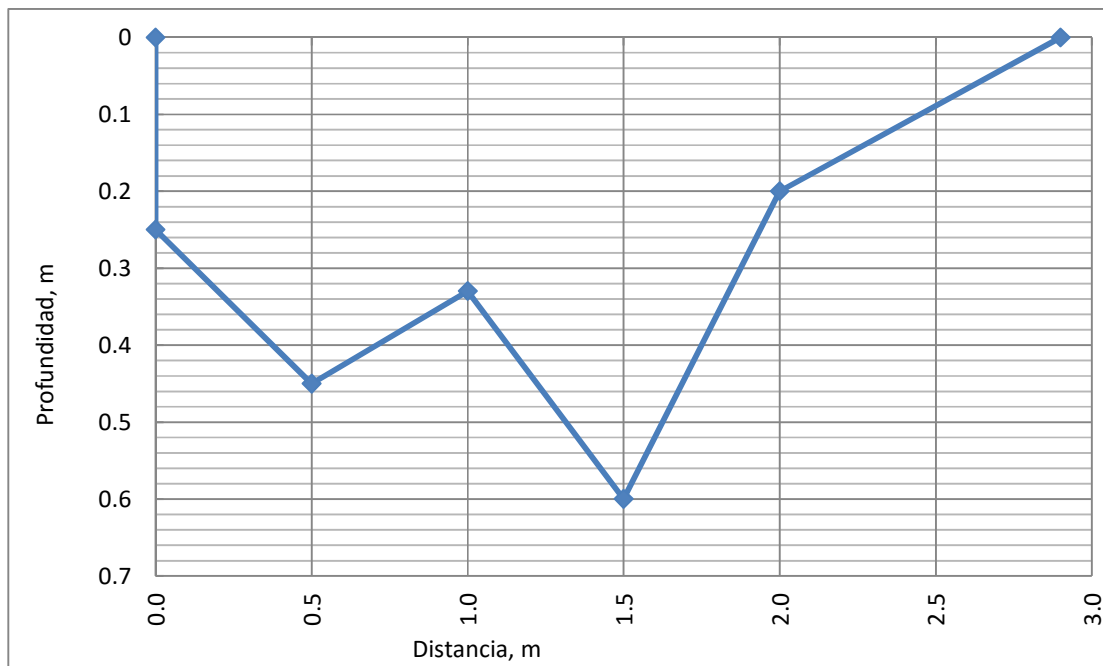


Figura 2. 234. Sección transversal en la estación Unidad Deportiva en el río Cuautla

Tabla 2. 54. Calculo de caudal en la estación López Portillo en el río Cuautla

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
0.0	0.10	0.483	0.171	0.082
0.5	0.29	0.158	0.141	0.022
1.0	0.3.0	0.036	0.061	0.002
1.6	0.17	0.000	--	--

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
1.6	0.00			
		<i>Suma</i>	0.373	0.1069

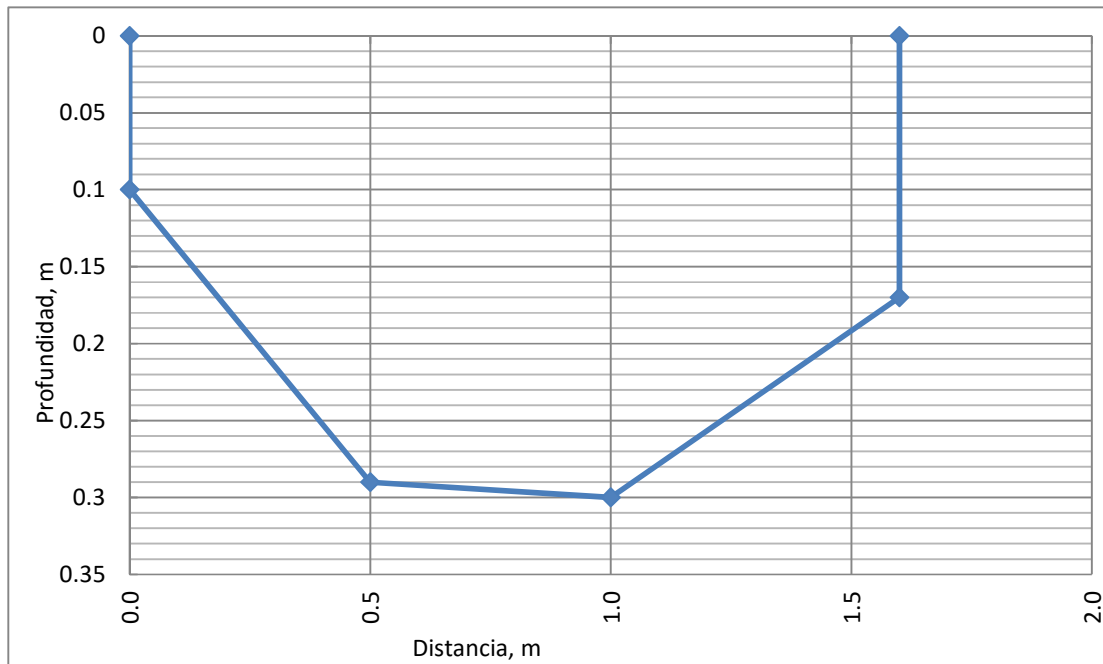


Figura 2. 235. Sección transversal en la estación López Portillo en el río Cuautla

Tabla 2. 55. Calculo de caudal en la estación Rafael Zaragoza en el río Cuautla

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0	0.00	0.000	--	--
1	0.20	0.091	0.206	0.019
2	0.25	0.079	0.244	0.019
3	0.25	0.155	0.250	0.039
4	0.25	0.146	0.259	0.038
5	0.32	0.229	0.315	0.072
6	0.35	0.171	0.346	0.059
7	0.35	0.238	0.344	0.082
8	0.30	0.335	0.313	0.105
9	0.35	0.146	0.331	0.048
10	0.25	0.335	0.278	0.093
11	0.37	0.290	0.343	0.099
12	0.27	0.226	0.283	0.064
13	0.27	0.259	0.286	0.074
14	0.40	0.216	0.359	0.078

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
15	0.20	0.091	0.221	0.020
16	0.17	0.274	0.178	0.049
17	0.20	0.232	0.231	0.054
18	0.07	0.000	--	--
18	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	4.785	1.011

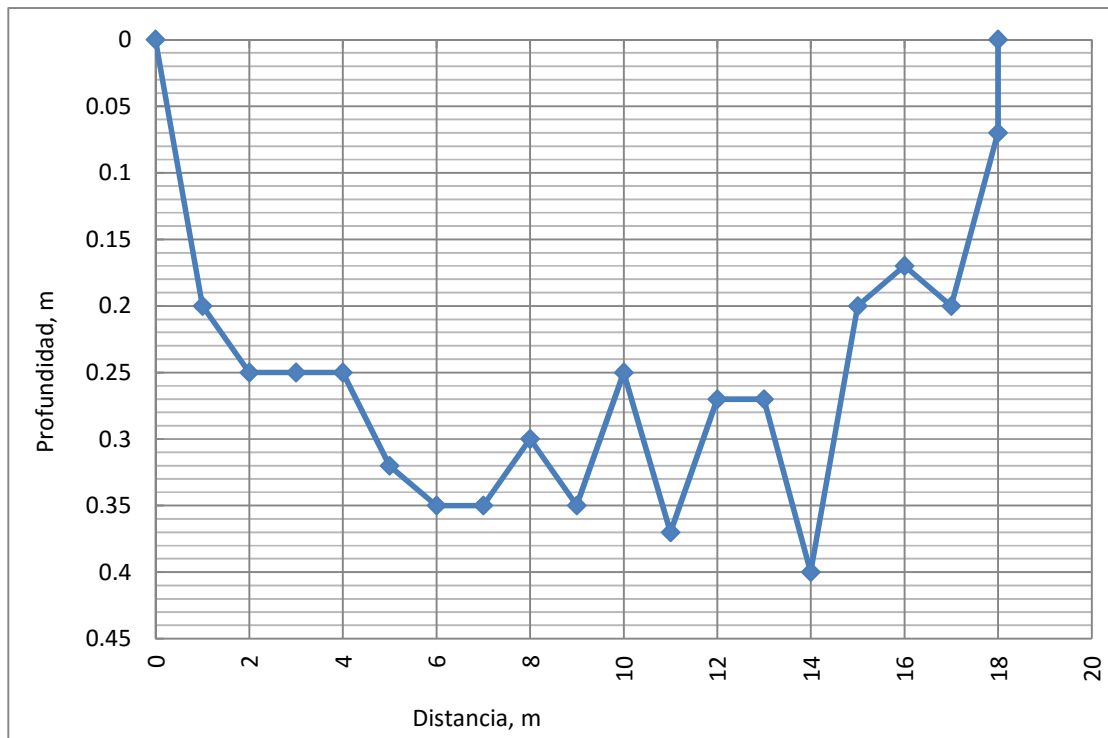


Figura 2. 236. Sección transversal en la estación Rafael Zaragoza en el río Cuautla

Tabla 2. 56. Calculo de caudal en la estación Ixtoluca en el río Cuautla

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0	0.00	0.000	--	--
1	0.05	0.270	0.060	0.016
2	0.13	0.333	0.129	0.043
3	0.20	0.465	0.204	0.095
4	0.30	0.558	0.288	0.160
5	0.30	0.158	0.284	0.045
6	0.17	0.000	--	--
7	0.00	0.000	--	--
<i>Suma</i>			<i>1.150</i>	<i>0.388</i>

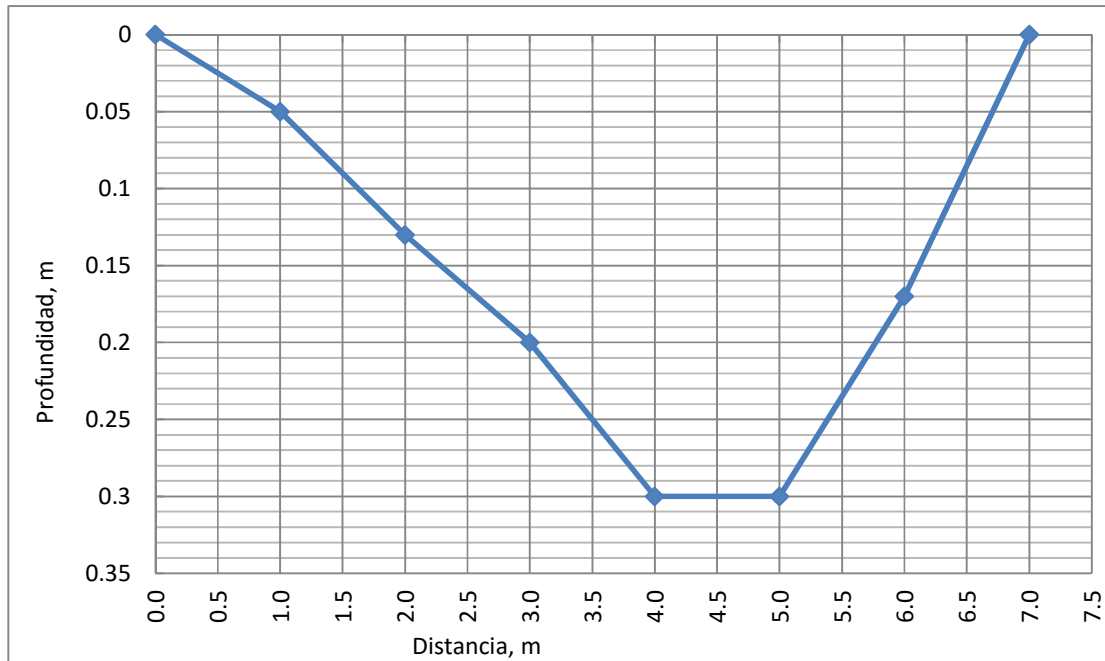


Figura 2. 237. Sección transversal en la estación Ixtoluca en el río Cuautla

Tabla 2. 57. Calculo de caudal en la estación Nexpa en el río Cuautla

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0	0.00	0.000	--	--
1	0.15	0.083	0.151	0.013
2	0.16	0.358	0.176	0.063
3	0.30	0.650	0.295	0.192
4	0.40	0.490	0.379	0.186
5	0.33	0.390	0.321	0.125
6	0.19	0.472	0.205	0.097
7	0.17	0.338	0.170	0.057
8	0.15	0.058	0.228	0.013
9.5	0.05	0.000	--	--
9.5	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	1.925	0.746

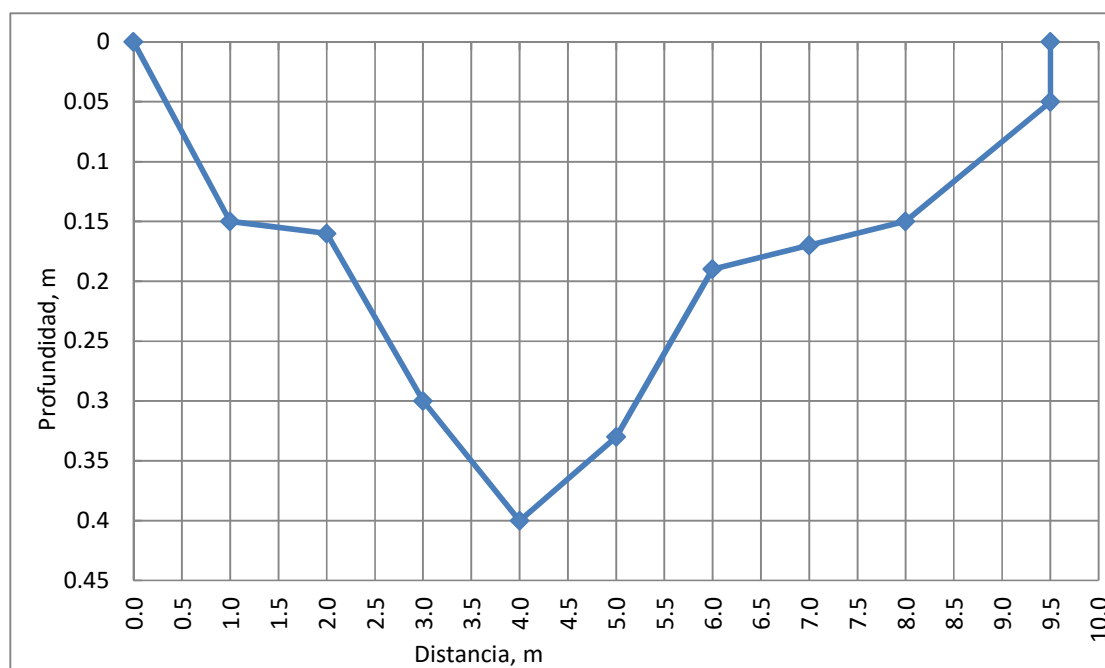


Figura 2. 238. Sección transversal en la estación Nexpa en el río Cuautla

Río Yautepec

A continuación se describe las características hidráulicas de las estaciones de aforo en el río Yautepec. En la Tabla 2. 58 a la Tabla 2. 63 se muestra, respectivamente, las dimensiones de la sección trasversal del río, así como el caudal en el punto de aforo,

para las estaciones en el río Yautepec. En la Figura 2. 239 a la Figura 2. 244 se ilustra la sección transversal en cada sitio de aforo.

Tabla 2. 58. Calculo de caudal en la estación Cocoyoc en el río Yautepec

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
0.5	0.61	0.058	0.314	0.018
1.0	0.76	0.112	0.378	0.042
1.5	0.87	0.138	0.423	0.058
2.0	0.79	0.144	0.381	0.055
2.5	0.49	0.206	0.268	0.055
3.0	0.56	0.178	0.277	0.049
3.5	0.58	0.236	0.285	0.067
4.0	0.52	0.380	0.261	0.099
4.5	0.47	0.368	0.242	0.089
5.0	0.53	0.384	0.261	0.100
5.5	0.52	0.376	0.263	0.099
6.0	0.56	0.288	0.273	0.079
6.5	0.49	0.214	0.244	0.052
7.0	0.40	0.194	0.146	0.028
7.2	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	<i>4.015</i>	<i>0.892</i>

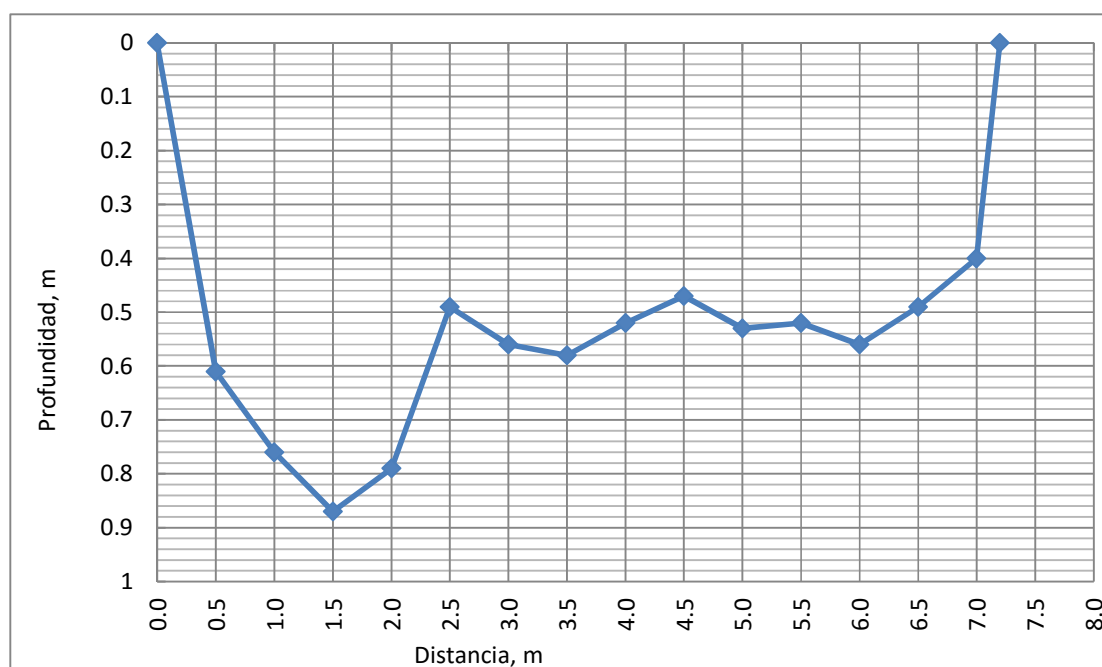


Figura 2. 239. Sección transversal en la estación Cocoyoc en el río Yautepec

Tabla 2. 59. Calculo de caudal en la estación Yautepec Centro en el río Yautepec

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
0.5	0.30	0.266	0.153	0.041
1.0	0.35	0.186	0.172	0.032
1.5	0.35	0.064	0.170	0.011
2.0	0.27	0.142	0.140	0.020
2.5	0.27	0.090	0.140	0.013
3.0	0.35	0.072	0.170	0.012
3.5	0.35	0.186	0.164	0.031
4.0	0.18	0.404	0.094	0.038
4.5	0.16	0.534	0.084	0.045
5.0	0.20	0.452	0.098	0.044
5.5	0.20	0.452	0.080	0.036
5.8	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	<i>1.465</i>	<i>0.322</i>

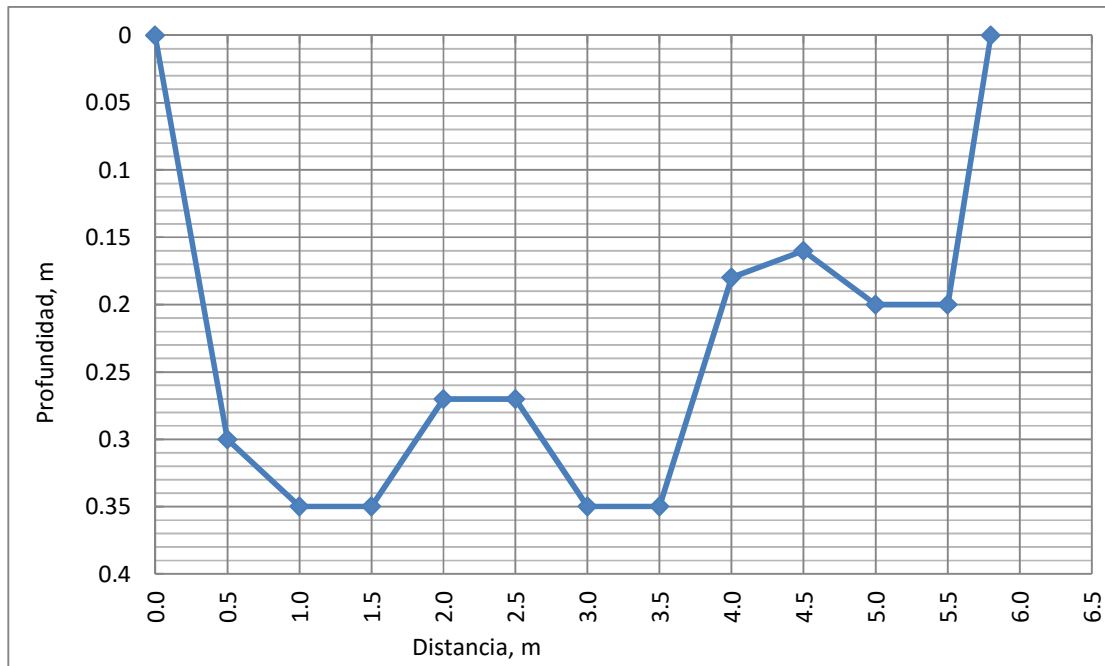


Figura 2. 240. Sección transversal en la estación Yautepec Centro en el río Yautepec

Tabla 2. 60. Calculo de caudal en la estación IPN en el río Yautepec

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
0.0	0.10	0.483	0.171	0.082
0.5	0.29	0.158	0.141	0.022
1.0	0.30	0.036	0.061	0.002
1.6	0.17	0.000	--	--
1.6	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	<i>0.373</i>	<i>0.107</i>

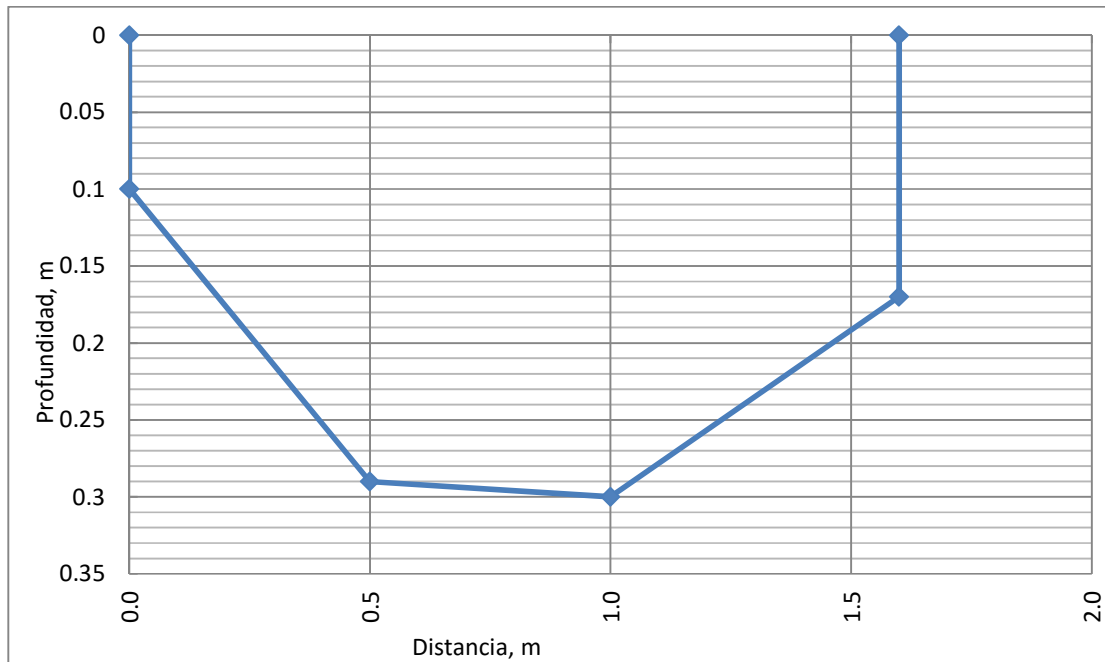


Figura 2. 241. Sección transversal en la estación IPN en el río Yautepec

Tabla 2. 61. Calculo de caudal en la estación Tlaltzapán-Yautepec en el río Yautepec

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.0	0.000	--	--
1.0	0.22	0.190	0.224	0.043
2.0	0.25	0.722	0.246	0.178
3.0	0.25	0.800	0.253	0.202
4.0	0.27	0.938	0.275	0.258
5.0	0.33	0.968	0.319	0.309
6.0	0.30	0.896	0.304	0.272
7.0	0.30	1.084	0.313	0.339

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
8.0	0.40	0.952	0.394	0.375
9.0	0.45	1.234	0.450	0.555
10.0	0.50	1.040	0.481	0.501
11.0	0.40	0.997	0.419	0.417
12.0	0.45	0.830	0.419	0.348
13.0	0.25	0.196	0.350	0.069
13.8	0.25	0.000	0.000	0.000
		<i>Suma</i>	4.445	3.864

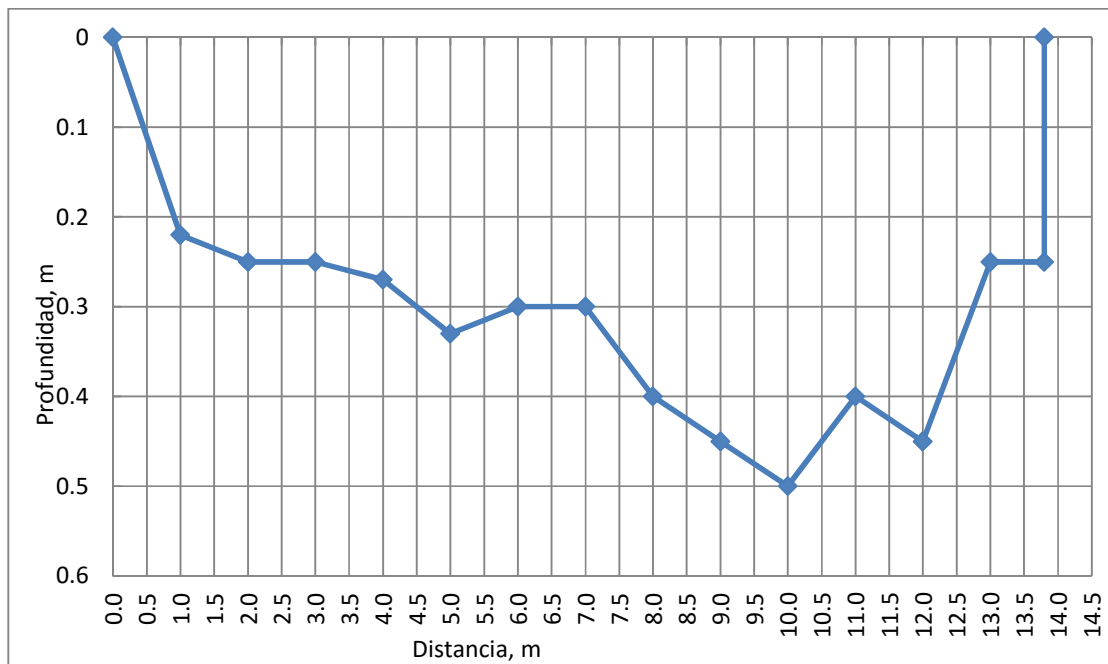


Figura 2. 242. Sección transversal en la estación Tlaltzapán-Yautepec en el río Yautepec

Tabla 2. 62. Calculo de caudal en la estación Después de Confluencia con Dulce en el río Yautepec

Distancia m	Profundidad m	Vel _{0.2} m/s	Vel _{0.8} m/s	Área _{0.2} m ²	Área _{0.8} m ²	Q m ³ /s
0	0.00	0.000	0.000	--	--	--
1	0.30	0.206	0.206	0.150	0.168	0.065
2	0.44	0.283	0.326	0.220	0.223	0.125
3	0.60	0.382	0.462	0.300	0.280	0.222
4	0.60	0.322	0.510	0.300	0.306	0.195
5	0.65	0.240	0.534	0.325	0.300	0.150
6	0.50	0.290	0.668	0.250	0.256	0.147
7	0.40	0.294	0.388	0.200	0.223	0.124

Distancia m	Profundidad m	Vel _{0.2} m/s	Vel _{0.8} m/s	Área _{0.2} m ²	Área _{0.8} m ²	Q m ³ /s
8	0.48	0.300	0.324	0.240	0.220	0.138
9	0.40	0.000	0.338	0.200	0.226	0.103
10	0.53	0.170	0.040	0.265	0.549	0.138
11	0.60	0.000	0.000	--	--	--
11	0.00	0.000	0.000	--	--	--
		<i>Suma</i>			5.200	1.408

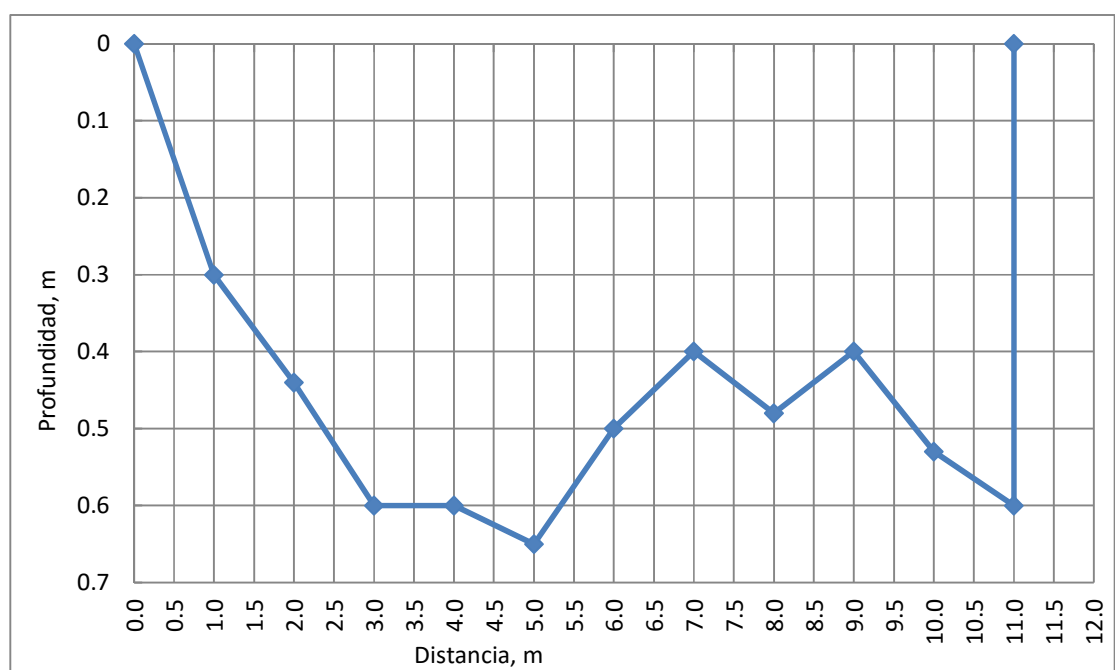


Figura 2. 243. Sección transversal en la estación Después de Confluencia con Dulce en el río Yautepec

Tabla 2. 63. Calculo de caudal en la estación Pedro Amaro en el río Yautepec

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0	0.00	0.000	--	--
1	0.22	0.253	0.238	0.060
2	0.36	0.446	0.375	0.167
3	0.62	0.933	0.593	0.553
4	0.66	0.834	0.659	0.549
5	0.69	1.315	0.650	0.855
6	0.40	1.440	0.403	0.580

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
7	0.13	0.174	0.166	0.029
8	0.14	1.100	0.136	0.150
9	0.09	0.296	0.103	0.031
10	0.14	0.916	0.131	0.120
11	0.11	0.61	0.129	0.079
12	0.20	0.464	0.139	0.065
12.4	0.05	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	<i>3.720</i>	<i>3.236</i>

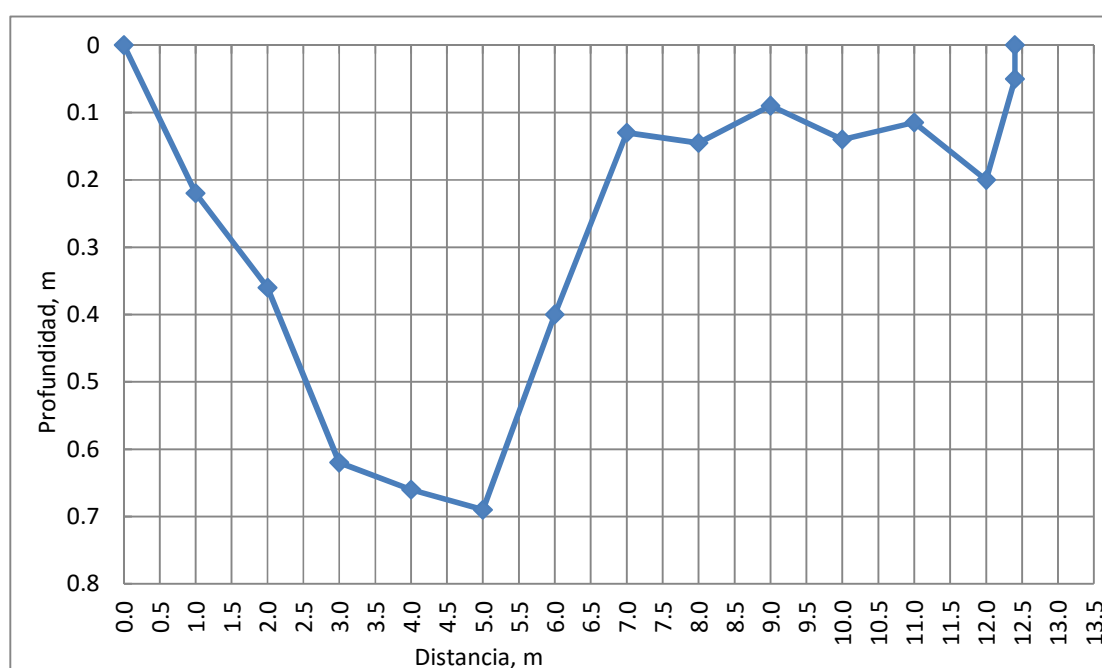


Figura 2. 244. Sección transversal en la estación Pedro Amaro en el río Yautepec

Río Dulce

A continuación se describe las características hidráulicas de las estaciones de aforo en el río Dulce. En la Tabla 2. 64 a la Tabla 2. 67 se muestra, respectivamente, las dimensiones de la sección trasversal del río, así como el caudal en el punto de aforo, para las estaciones del río Dulce. En la Figura 2. 245 a la Figura 2. 248 se ilustra la sección transversal en cada sitio de aforo.

Tabla 2. 64. Calculo de caudal en la estación Las Fuentes en el río Dulce

Distancia m	Profundidad m	Vel _{0.2} m/s	Vel _{0.8} m/s	Área _{0.2} m ²	Área _{0.8} m ²	Q m ³ /s
0	0.00	0.000	0.000	--	--	--
0	0.12	0.000	0.000	--	--	--
1	0.93	0.077	0.037	0.61	0.37	0.061
2	1.10	0.183	0.217	0.55	0.52	0.214
3	1.05	0.330	0.437	0.53	0.50	0.392
4	0.80	0.133	0.127	0.53	0.33	0.112
5	0.10	0.000	0.000	--	--	--
		<i>Suma</i>			3.936	0.778

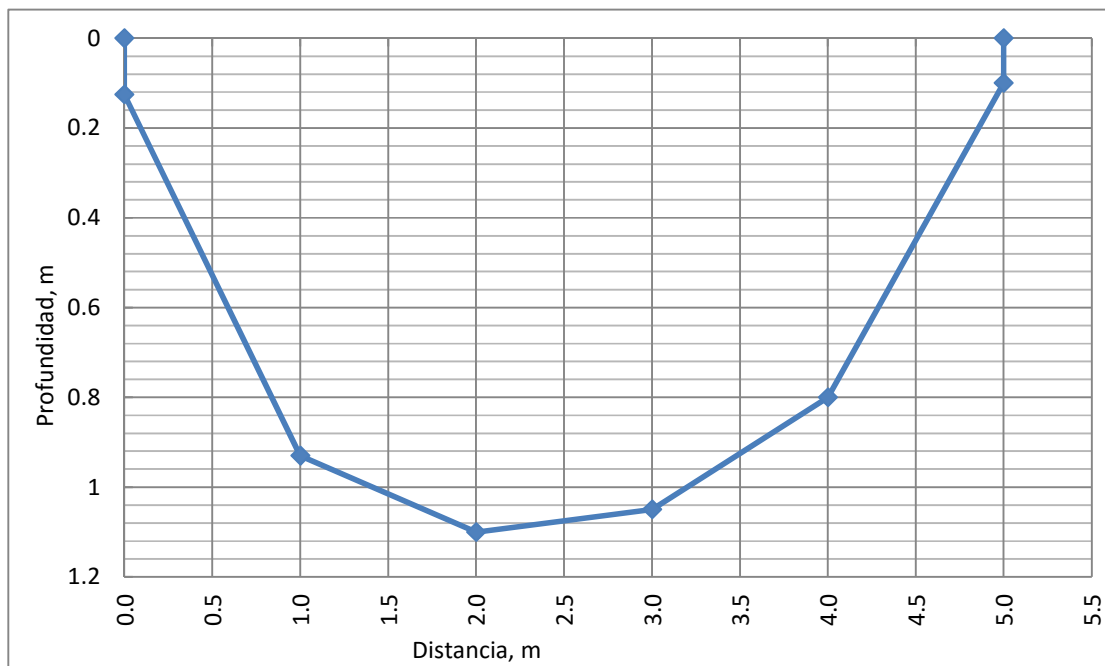


Figura 2. 245. Sección transversal en la estación Las Fuentes en el río Dulce

Tabla 2. 65. Calculo de caudal en la estación Tezoyuca en el río Dulce

Distancia m	Profundidad m	Velocidad promedio (m/s)	Área m ²	Q m ³ /s
0.0	0.00	0.000	--	--
0.5	0.35	0.370	0.181	0.067
1.0	0.45	0.310	0.205	0.064
1.5	0.23	0.230	0.071	0.016
1.5	0.00	0.000	--	--
		<i>Suma</i>	0.458	0.147

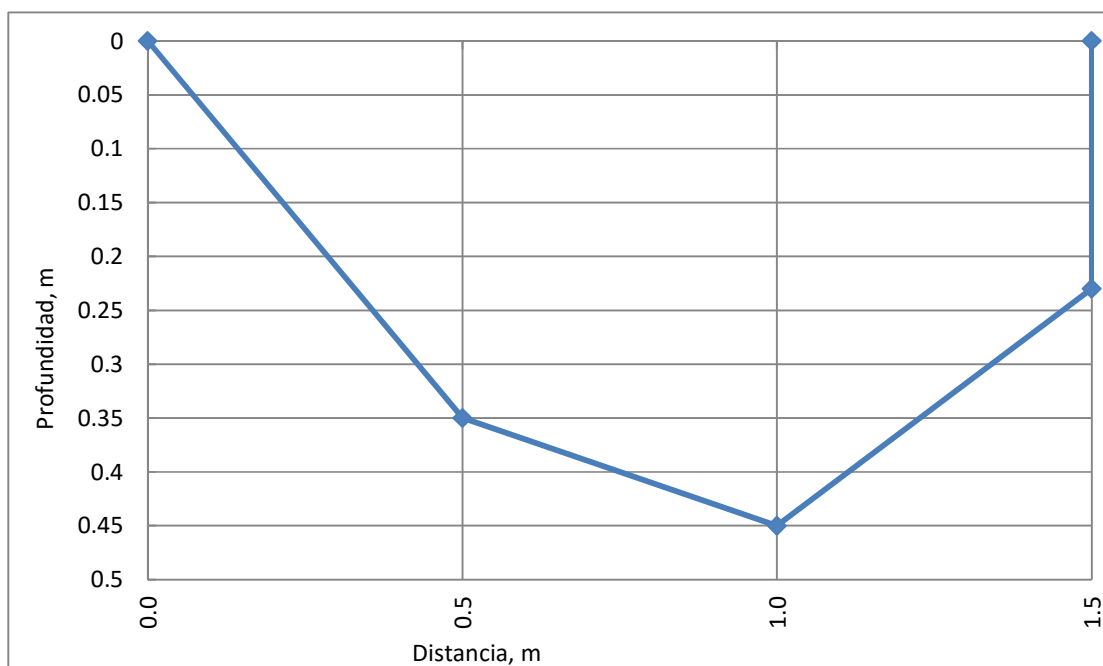


Figura 2. 246. Sección transversal en la estación Las Fuentes en el río Dulce

Tabla 2. 66. Calculo de caudal en la estación Acamilpa en el río Dulce

Distancia m	Profundidad m	Vel _{0.2} m/s	Vel _{0.8} m/s	Área _{0.2} m ²	Área _{0.8} m ²	Q m ³ /s
0	0.00	0.000	0.000	--	0.000	--
1	0.00	0.400	0.160	0.206	0.363	0.091
2	0.50	0.550	0.320	0.100	0.103	0.065
3	1.00	0.400	0.240	0.075	0.075	0.036
4	1.50	0.300	0.170	0.055	0.031	0.015
5	2.00	0.200	0.000	--	0.000	--
6	2.30	0.000	0.000	--	0.000	--
		<i>Suma</i>			<i>1.008</i>	<i>0.207</i>

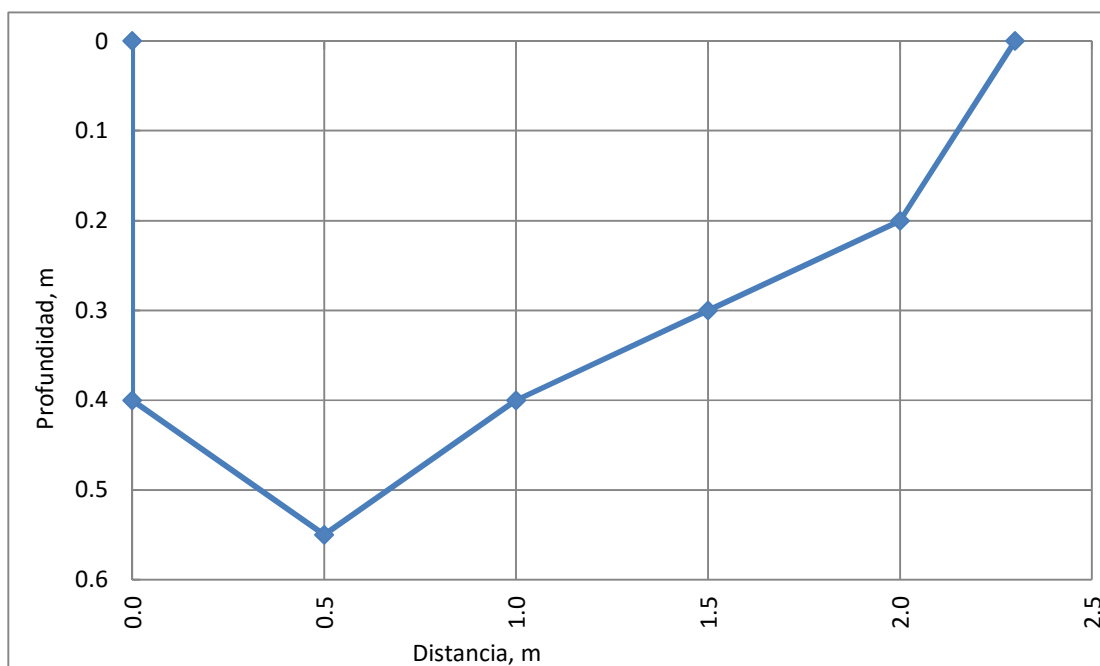


Figura 2. 247. Sección transversal en la estación Acamilpa en el río Dulce

Tabla 2. 67. Calculo de caudal en la estación Tlaltzapán-Dulce en el río Dulce

Distancia m	Profundidad m	Vel _{0.2} m/s	Vel _{0.8} m/s	Área _{0.2} m ²	Área _{0.8} m ²	Q m ³ /s
0	0.00	0.000	0.000	--	--	--
1	0.81	0.289	0.393	0.150	0.650	0.231
2	0.73	0.440	0.602	0.365	0.358	0.318
3	0.59	0.518	0.534	0.295	0.310	0.313
4	0.57	0.362	0.556	0.285	0.293	0.209
5	0.61	0.610	0.656	0.305	0.299	0.368
6	0.6	0.606	0.654	0.300	0.300	0.364
7	0.59	0.616	0.698	0.295	0.275	0.351
8	0.42	0.412	0.404	0.210	0.301	0.211
8.7	0.38	0.000	0.000	--	--	--
		<i>Suma</i>			<i>1.008</i>	<i>0.207</i>

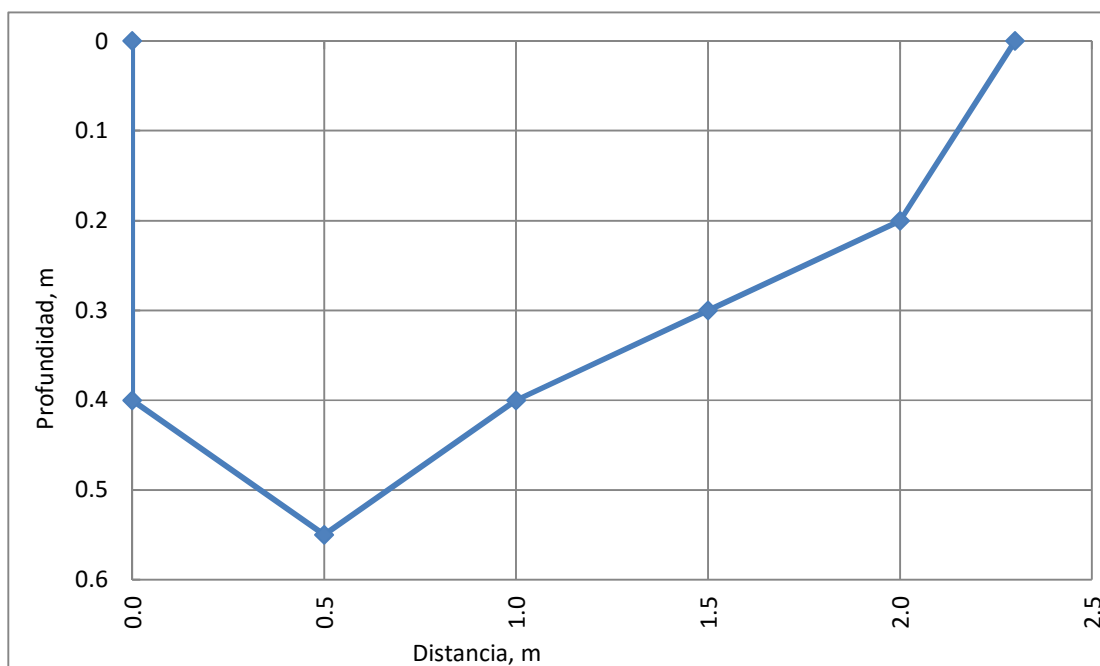


Figura 2. 248. Sección transversal en la estación Acamilpa en el río Dulce

2.3.5. Cargas transportadas

2.3.5.1. Río Yautepec

En la Tabla 2. 68 se muestra las cargas actuales de las estaciones en el río Yautepec y en la

Tabla 2. 69, Tabla 2. 70 y Tabla 2. 71 se muestra respectivamente el cálculo de las cargas, para las estaciones en el río Yautepec, con los parámetros incluidos en los lineamientos de calidad del agua de la Ley Federal de Derechos (LFD).

Tabla 2. 68. Cargas actuales en el río Yautepec

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Demanda Bioquímica de Oxígeno	ND	33	26	ND	450	503
Demanda química de Oxígeno	ND	618	321	7,345	2,348	ND
Sólidos Disueltos Totales	17,572	24,983	7,165	354,214	84,304	228,425
Sólidos Suspendidos Totales	ND	ND	379	6,276	1,606	13,700
Sólidos Totales	17,572	24,983.1	7,544	360,558	85,886	242,125
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	ND	ND	ND	ND	129	146
Nitratos (N-NO ₃)	72	43	32	501	225	467
Nitritos (N-NO ₂)	ND	ND	4	ND	6	20
Nitrógeno Orgánico	ND	ND	17	ND	219	ND
Nitrógeno Total	72.4	42.6	53	501	579	633

Parámetro	Cocoyoc Bañero	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Ortofosfato	ND	ND	8	ND	ND	ND
P-Hidrolizable	ND	ND	19	ND	ND	ND
P-Orgánico	ND	ND	1	ND	ND	ND
Fósforo Total	ND	ND	28	ND	ND	ND
Fosfatos	ND	ND	61	ND	ND	ND
Sulfatos	574.9	10,265.9	2,626	141,218	24,817	69,898
Sulfuros	ND	65.7	ND	ND	ND	ND
Cloruros	126	434.0	384	4,974	1,460	4,138
Fenoles	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Grasas y Aceites	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sustancias Activas al Azul de Metileno	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Coliformes Fecales (NMP/d)	8.5.E+14	5.8.E+13	2.6.E+09	8.0.E+13	5.2.E+12	6.4.E+13
Arsénico	0	0	0	15	1	3
Cadmio	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cromo	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mercurio	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Níquel	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Plomo	7.86	4.26	ND	ND	16.06	36.35
Zinc	ND	ND	ND	ND	12.53	ND
Cianuros	ND	ND	ND	ND	ND	ND

unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

Tabla 2. 69. Cargas máximas permisibles en el río Yautepec para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable en la LFD

Parámetro	Cocoyoc Bañero	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Sólidos Disueltos Totales	38,534	13,910	4,622	166,925	60,826	139,795
Sólidos Suspendidos Totales	3,853	1,391	462	16,692	6,083	13,980
Sólidos Totales	42,388	15,301	5,085	183,617	66,908	153,775
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)	385	139	46	1,669	608	1,398
Nitritos (N-NO ₂)	3.9	1.4	0.5	16.7	6.1	14.0
Fósforo Total	7.7	2.8	0.9	33.4	12.2	28.0
Sulfatos	19,267	6,955	2,311	83,462	30,413	69,898
Sulfuros	15.4	5.6	1.8	66.8	24.3	55.9
Cloruros	19,267	6,955	2,311	83,462	30,413	69,898
Fenoles	0.08	0.03	0.01	0.33	0.12	0.28
Grasas y Aceites	770.7	278.2	92.4	3,338.5	1,216.5	2,795.9
Sustancias Activas al Azul de Metileno	38.5	13.9	4.6	166.9	60.8	139.8
Coliformes Fecales (NMP/d)	7.7E+11	2.8E+11	9.2E+10	3.3E+12	1.2E+12	2.8E+12
Arsénico	3.9	1.4	0.46	16.7	6.1	14.0
Cadmio	0.77	0.28	0.09	3.3	1.2	2.8
Cobre	77.1	27.8	9.2	333.8	121.7	279.6
Cromo	3.9	1.4	0.46	16.7	6.1	14.0
Mercurio	0.08	0.03	0.01	0.33	0.12	0.28

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Níquel	0.77	0.28	0.09	3.3	1.2	2.8
Plomo	3.9	1.4	0.5	16.7	6.1	14.0
Zinc	385.3	139.1	46.2	1,669.2	608.3	1,398.0
Cianuros	1.5	0.56	0.18	6.7	2.4	5.6

Unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

Tabla 2. 70. Cargas máximas permisibles en el río Yautepec para Riego Agrícola (LFD)

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Sólidos Disueltos Totales	38,534	13,910	4,622	166,925	60,826	139,795
Sólidos Suspendidos Totales	3,853	1,391	462	16,692	6,083	13,980
Sólidos Totales*	--	--	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--	--	--
Fósforo Total*	--	--	--	--	--	--
Sulfatos	19,267	6,955	2,311	83,462	30,413	69,898
Sulfuros*	--	--	--	--	--	--
Cloruros	11,560	4,173	1,387	50,077	18,248	41,939
Fenoles*	--	--	--	--	--	--
Grasas y Aceites*	--	--	--	--	--	--
Sustancias Activas al Azul de Metileno*	--	--	--	--	--	--
Coliformes Fecales (NMP/d)	7.7E+11	2.8E+11	9.2E+10	3.3E+12	1.2E+12	2.8E+12
Arsénico	7.7	2.8	0.92	33.4	12.2	28.0
Cadmio	0.77	0.28	0.09	3.3	1.2	2.8
Cobre	15.4	5.6	1.8	66.8	24.3	55.9
Cromo	7.7	2.8	0.92	33.4	12.2	28.0
Mercurio*	--	--	--	--	--	--
Níquel	15.4	5.6	1.8	66.8	24.3	55.9
Plomo	38.5	13.9	4.6	166.9	60.8	139.8
Zinc	154.1	55.6	18.5	667.7	243.3	559.2
Cianuros	1.5	0.56	0.18	6.7	2.4	5.6

unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

Tabla 2. 71. Cargas máximas permisibles en el río Yautepec para Protección de Vida Acuática (LFD)

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Sólidos Disueltos Totales*	--	--	--	--	--	--
Sólidos Suspendidos Totales	2,312	835	277	10,015	3,650	8,388
Sólidos Totales*	--	--	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	4.6	1.7	0.55	20.0	7.3	16.8
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--	--	--
Fósforo Total	3.9	1.4	0.5	17	6.1	14.0
Sulfatos*	--	--	--	--	--	--
Sulfuros	0.15	0.06	0.02	0.67	0.24	0.56
Cloruros	19,267	6,955	2,311	83,462	30,413	69,898
Fenoles	7.7	2.8	0.92	33.4	12.2	28.0
Grasas y Aceites	770.7	278.2	92.4	3,338.5	1,216.5	2,795.9
Sustancias Activas al Azul de Metileno	7.7	2.8	0.9	33.4	12.2	28.0
Coliformes Fecales (NMP/d)	7.7E+11	2.8E+11	9.2E+10	3.3E+12	1.2E+12	2.8E+12
Arsénico	15.4	5.6	1.8	66.8	24.3	55.9
Cadmio	0.31	0.11	0.04	1.3	0.49	1.1
Cobre	3.9	1.4	0.46	16.7	6.1	14.0
Cromo	3.9	1.4	0.46	16.7	6.1	14.0
Mercurio	0.04	0.01	0.00	0.17	0.06	0.14
Níquel	46.2	16.7	5.5	200.3	73.0	167.8
Plomo	2.3	0.83	0.28	10.0	3.6	8.4
Zinc	1.5	0.56	0.18	6.7	2.4	5.6
Cianuros	0.39	0.14	0.05	1.7	0.61	1.4

unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

En la Tabla 2. 72, Tabla 2. 73 y

Tabla 2. 74 se muestra, respectivamente, la capacidad de asimilación y dilución de los parámetros presentes en la LFD (para los tres primeros usos). Los valores negativos indican que la carga actual está por debajo de la carga permisible. En las celdas que contienen solo el signo menos (-) indican que la concentración del parámetro está por debajo del límite de detección.

Tabla 2. 72. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Yautepec para el uso de Fuente de Abastecimiento de Agua Potable en la LFD

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Sólidos Disueltos Totales	20,963	-11,073	-2,542	-187,290	-23,479	-88,630
Sólidos Suspendidos Totales	-	-	83	10,416	4,477	280
Sólidos Totales	24,816	-9,682	-2,459	-176,940	-18,978	-88,351
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*						

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Nitratos (N-NO ₃)	313	97	14.2	1,168	383	931
Nitritos (N-NO ₂)	-	-	-3.8	-	-0.10	-5.8
Fósforo Total	-	-	-26.6	-	-	-
Sulfatos	18,692	-3,310.68	-314	-57,756	5,596	0.00
Sulfuros	-	-60.1	-	-	-	-
Cloruros	19,141	6,521	1,928	78,488	28,953	65,760
Fenoles	-	-	-	-	-	-
Grasas y Aceites	-	-	-	-	-	-
Sustancias Activas al Azul de Metileno	-	-	-	-	-	-
Coliformes Fecales (NMP/d)	-8.5E+14	-5.8E+13	9.0E+10	-7.7E+13	-4.0E+12	-6.2E+13
Arsénico	3.8	1.3	0.38	1.2	4.7	10.7
Cadmio	-	-	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-
Cromo	-	-	-	-	-	-
Mercurio	-	-	-	-	-	-
Níquel	-	-	-	-	-	-
Plomo	-4.0	-2.9	-	-	-10.0	-22.4
Zinc	-	-	-	-	595.7	-
Cianuros	-	-	-	-	-	-

unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

Tabla 2. 73. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Yautepec para el uso de Riego Agrícola en la LFD

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia Dulce	Pedro Amaro
Sólidos Disueltos Totales	20,963	-11,073	-2,542	-187,290	-23,479	-88,630
Sólidos Suspendidos Totales	-	-	83	10,416	4,477	280
Sólidos Totales*						
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*						
Nitratos (N-NO ₃)*						
Nitritos (N-NO ₂)*						
Fósforo Total*						
Sulfatos	18,692	-3,310.7	-314	-57,756	5,596	0.00
Sulfuros*						
Cloruros	11,434	3,739	1,003	45,103	16,788	37,801
Fenoles*						
Grasas y Aceites*						
Sustancias Activas al Azul de Metileno*						
Coliformes Fecales (NMP/d)	-8.5E+14	-5.8E+13	9.0E+10	-7.7E+13	-4.0E+12	-6.2E+13
Arsénico	7.6	2.7	0.84	17.9	10.8	24.7
Cadmio	-	-	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-
Cromo	-	-	-	-	-	-
Mercurio*	-	-	-	-	-	-
Níquel	-	-	-	-	-	-

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia Dulce	Pedro Amaro
Plomo	30.7	9.7	-	-	44.8	103
Zinc	-	-	-	-	231	-
Cianuros	-	-	-	-	-	-

unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

Tabla 2. 74. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Yautepec para el uso de Protección a la Vida Acuática en la LFD

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
Sólidos Disueltos Totales*	-	-	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	-	-	-102	3,739	2,044	-5,312
Sólidos Totales*						
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	-	-	-	-	-122	-129
Nitratos (N-NO ₃)*						
Nitritos (N-NO ₂)*						
Fósforo Total	-	-	-27.1	-	-	-
Sulfatos*						
Sulfuros	-	-65.6	-	-	-	-
Cloruros	19,141	6,521	1,928	78,488	28,953	65,760
Fenoles	-	-	-	-	-	-
Grasas y Aceites	-	-	-	-	-	-
Sustancias Activas al Azul de Metileno	-	-	-	-	-	-
Coliformes Fecales (NMP/d)	-8.5E+14	-5.8E+13	9.0E+10	-7.7E+13	-4.0E+12	-6.2E+13
Arsénico	15.3	5.5	1.8	51.3	22.9	52.6
Cadmio	-	-	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-
Cromo	-	-	-	-	-	-
Mercurio	-	-	-	-	-	-
Níquel	-	-	-	-	-	-
Plomo	-5.5	-3.4	-	-	-12.4	-28.0
Zinc	-	-	-	-	-10.1	-
Cianuros	-	-	-	-	-	-

unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

En la Figura 2. 249 a la Figura 2. 266 se ilustra gráficamente la carga actual y las cargas máximas permisibles de acuerdo a los criterios de calidad del agua en la Ley Federal de Derechos.

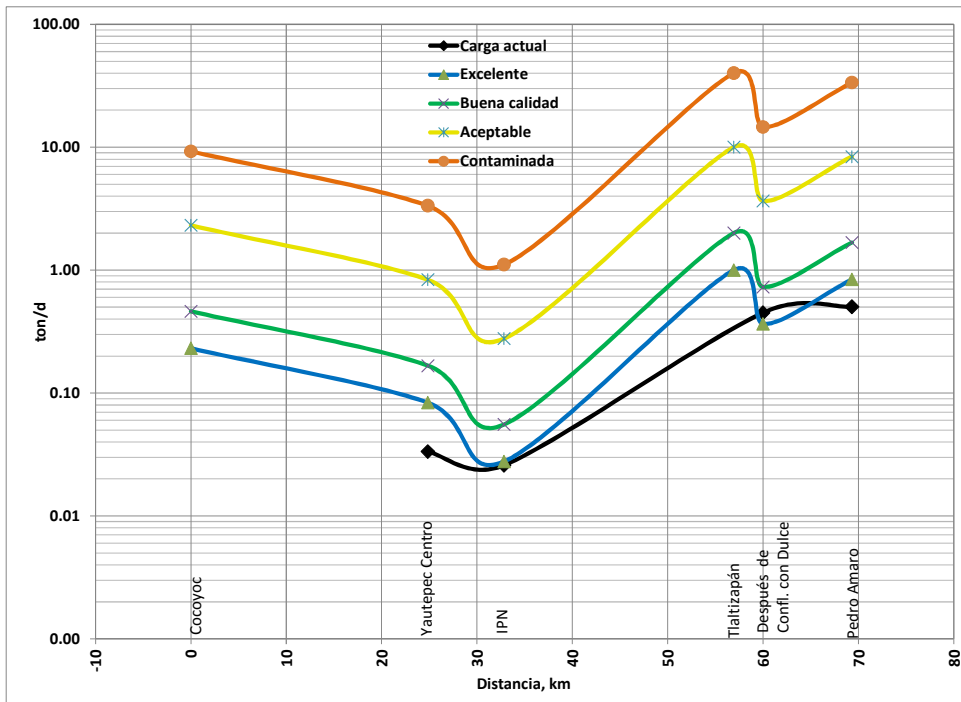


Figura 2. 249. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Yautepec

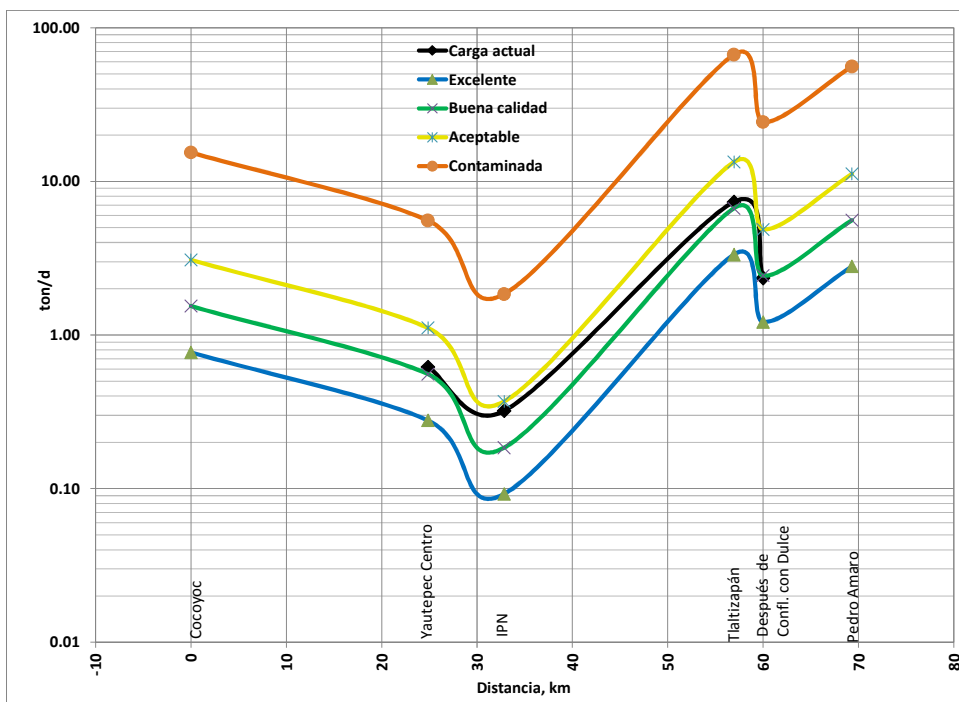


Figura 2. 250. Carga de Demanda Química de Oxígeno con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Yautepec

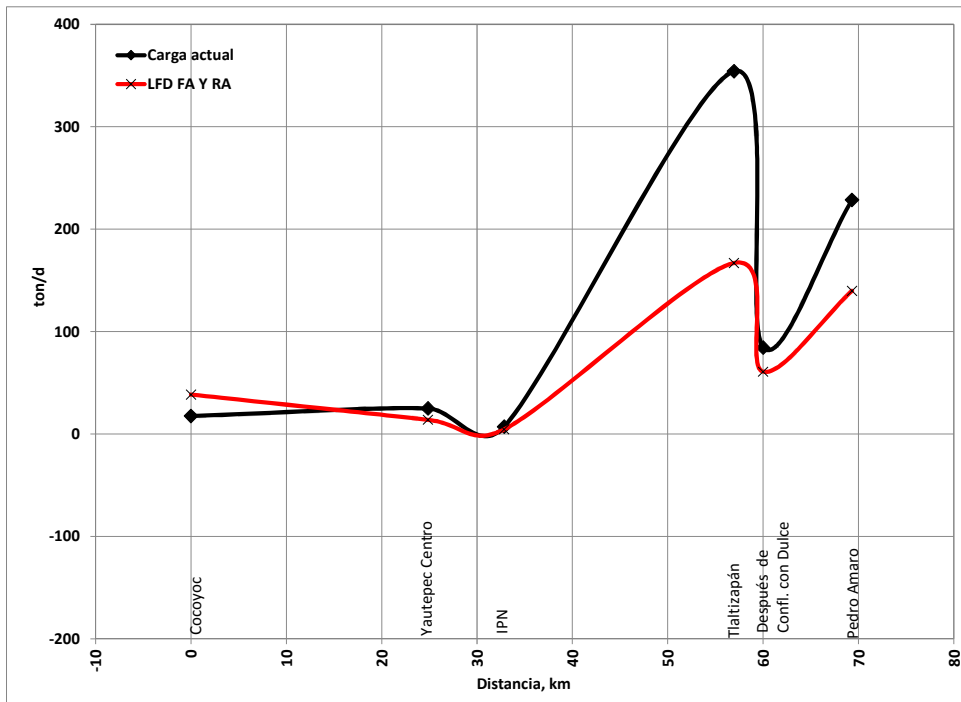


Figura 2. 251. Carga de Sólidos Disueltos Totales en el río Yautepec

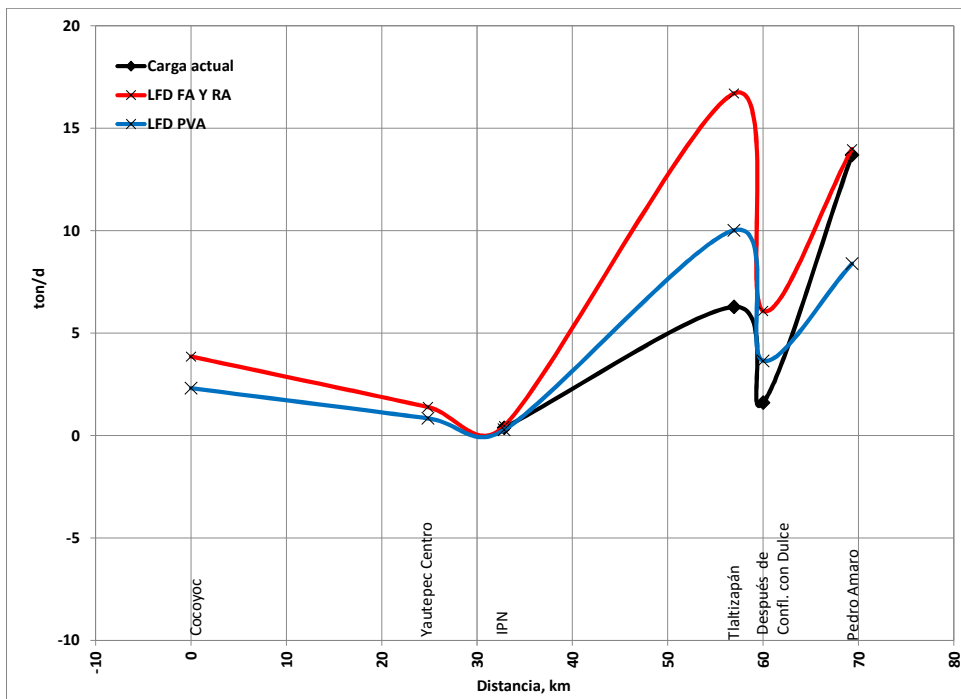


Figura 2. 252. Carga de Sólidos Suspensos Totales en el río Yautepec

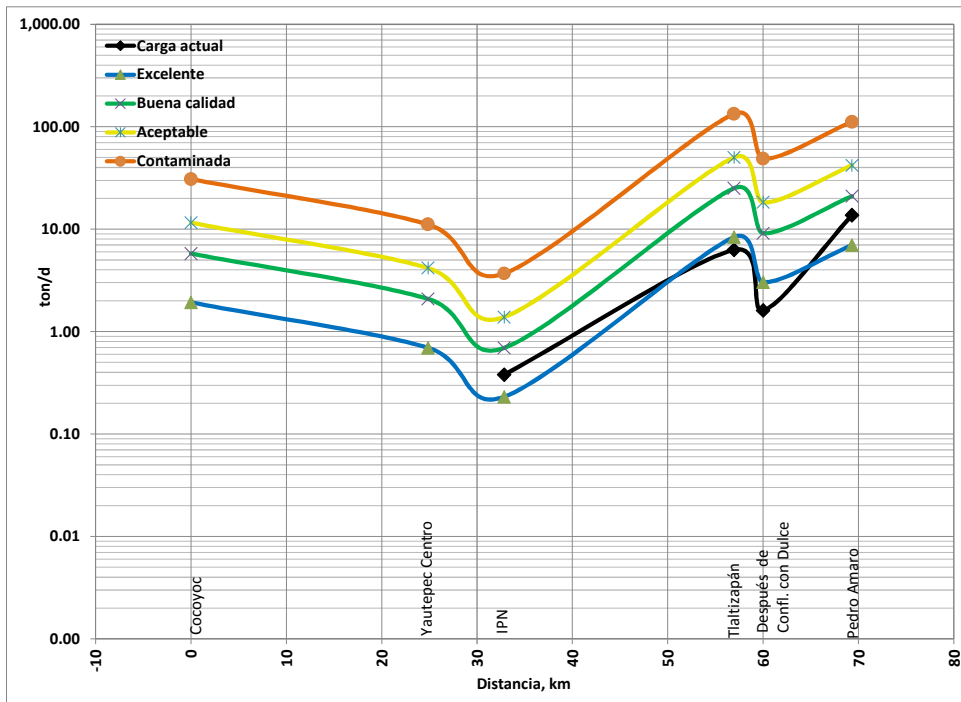


Figura 2. 253. Carga de Sólidos Suspendedos Totales con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Yautepec

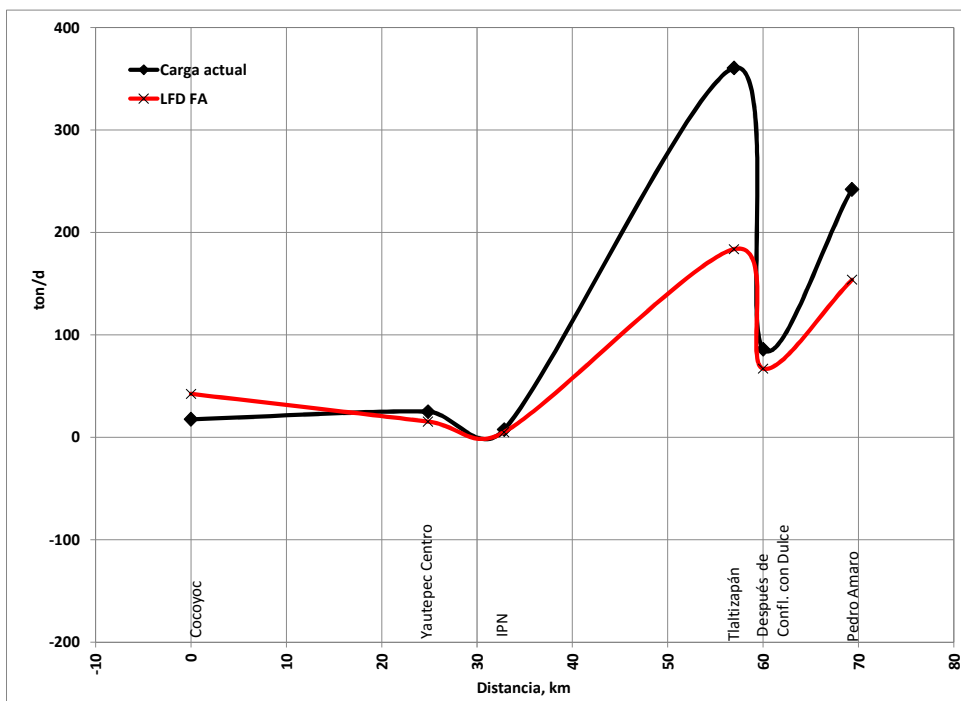


Figura 2. 254. Carga de Sólidos Totales en el río Yautepec

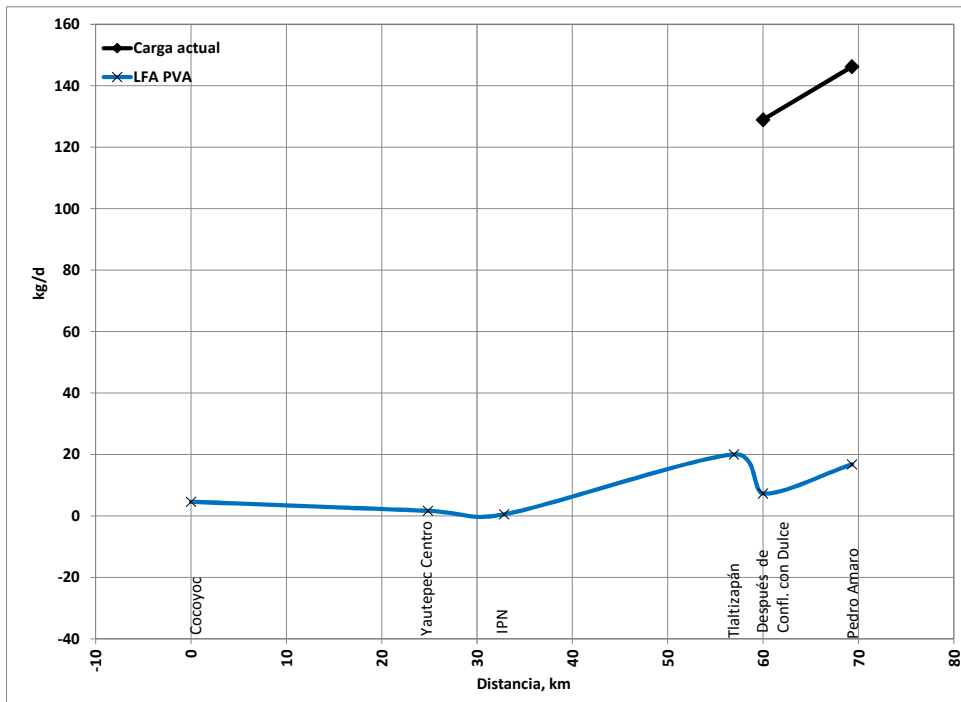


Figura 2. 255. Carga de Nitrógeno Amoniacal en el río Yautepec

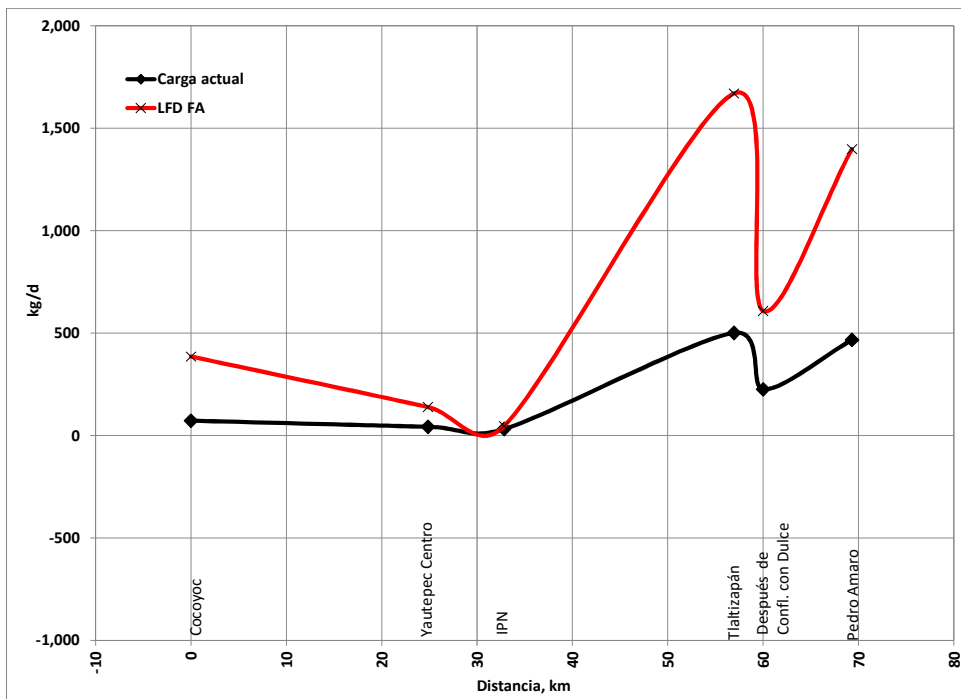


Figura 2. 256. Carga de Nitratos en el río Yautepec

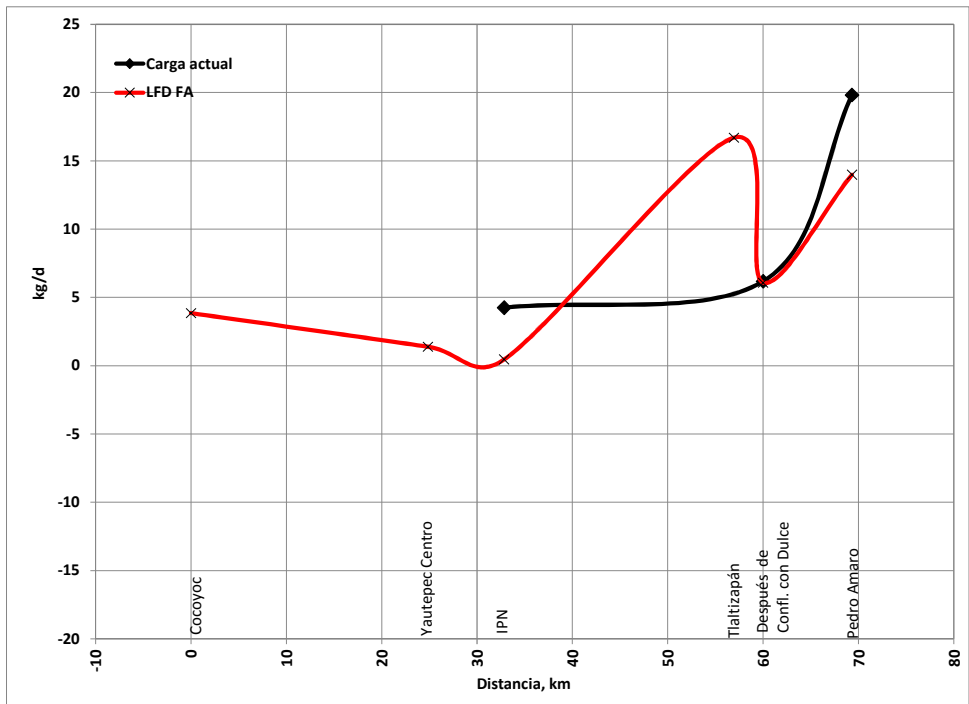


Figura 2. 257. Carga de Nitritos en el río Yautepec

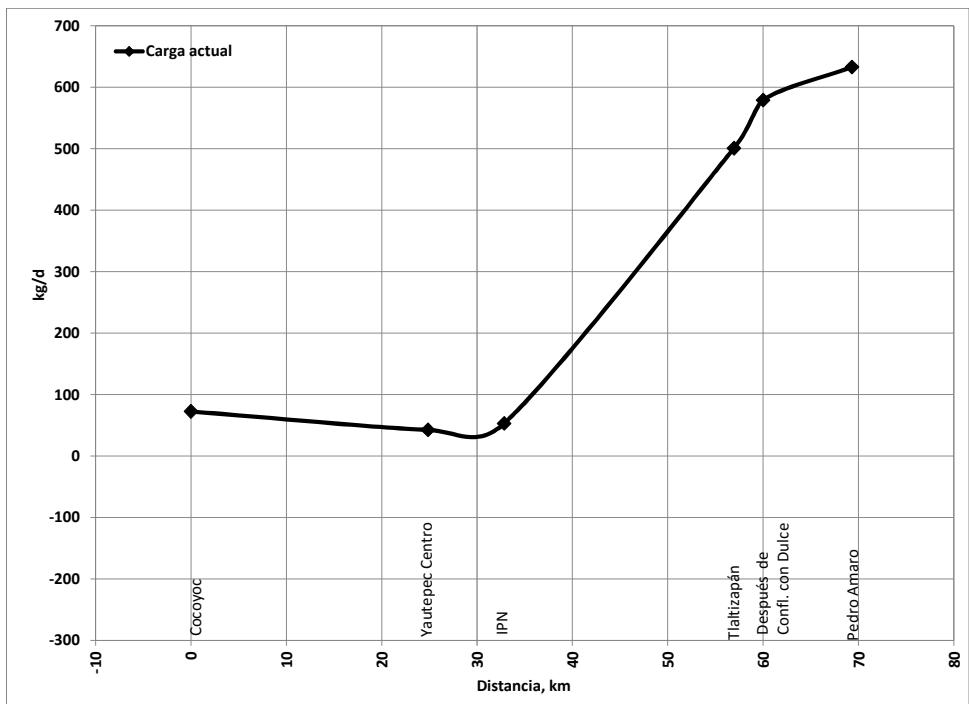


Figura 2. 258. Carga de Nitrógeno Total en el río Yautepec

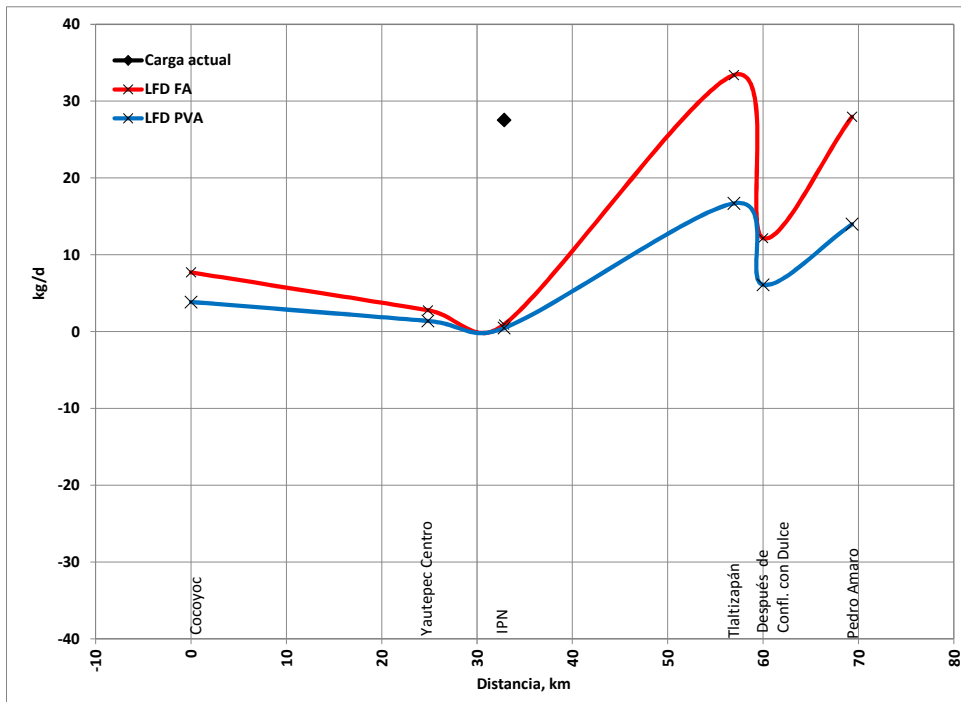


Figura 2. 259. Carga de Fósforo Total en el río Yautepec

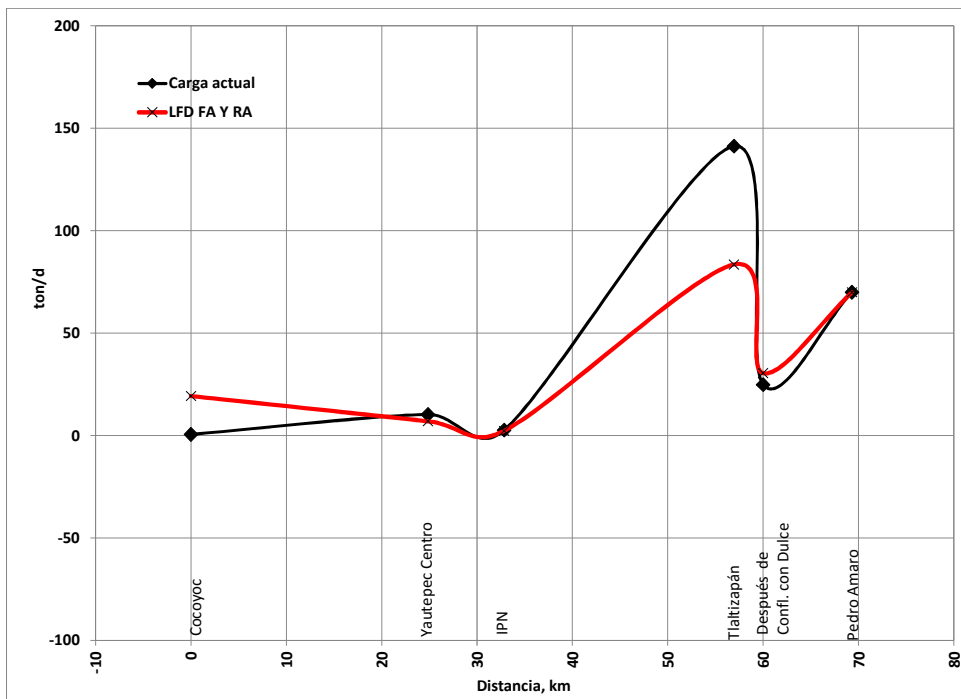


Figura 2. 260. Carga de Sulfatos en el río Yautepec

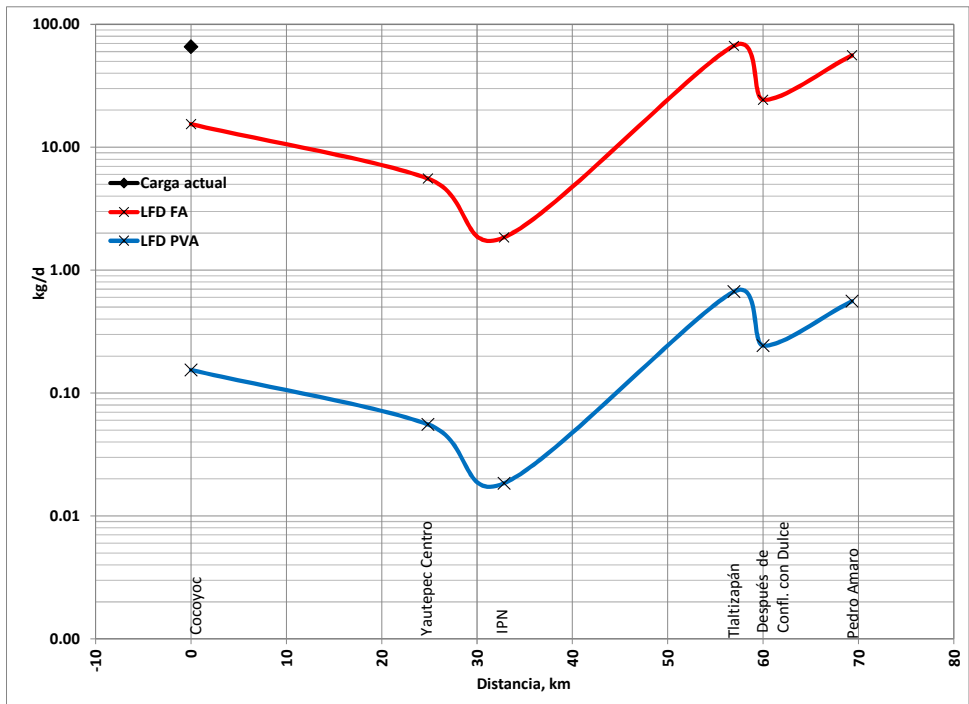


Figura 2. 261. Carga de Sulfuros en el río Yautepec

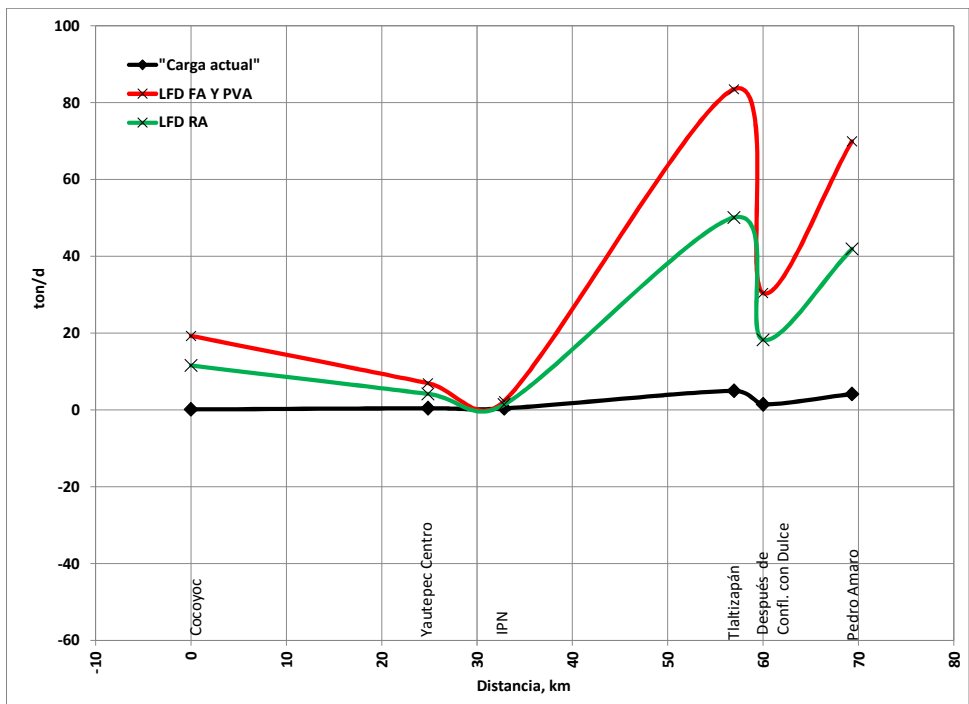


Figura 2. 262. Carga de Cloruros en el río Yautepec

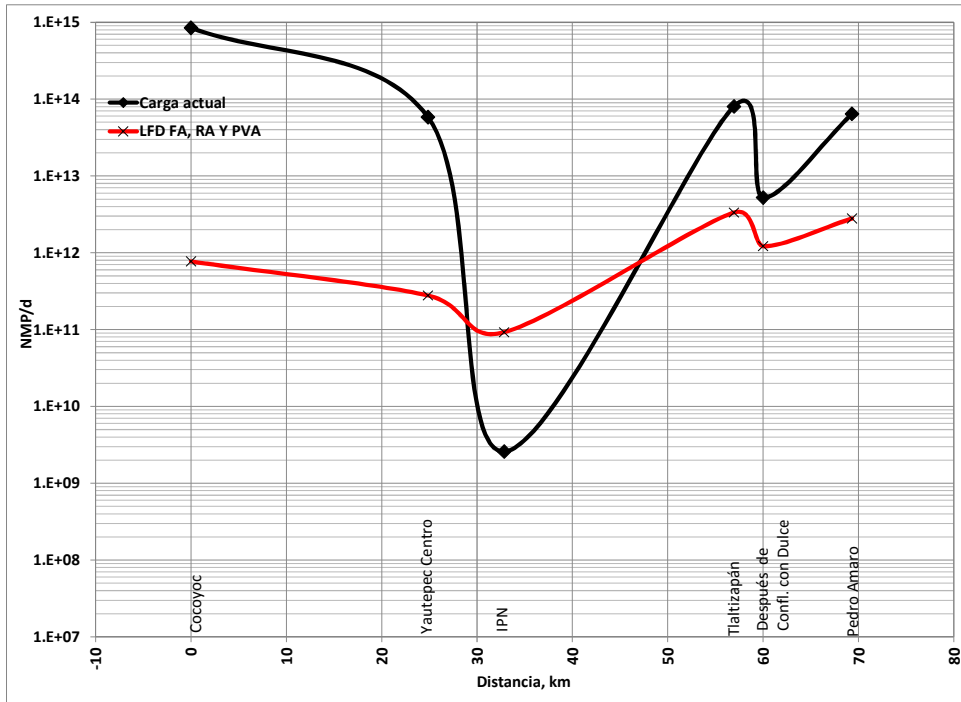


Figura 2. 263. Carga de Coliformes Fecales en el río Yautepec

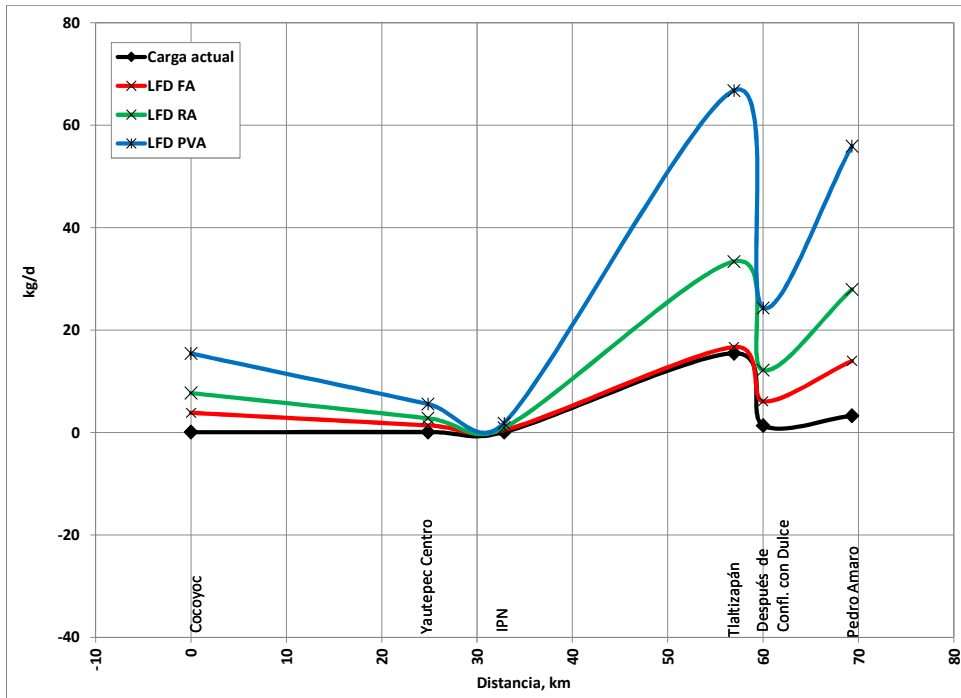


Figura 2. 264. Carga de Arsénico en el río Yautepec

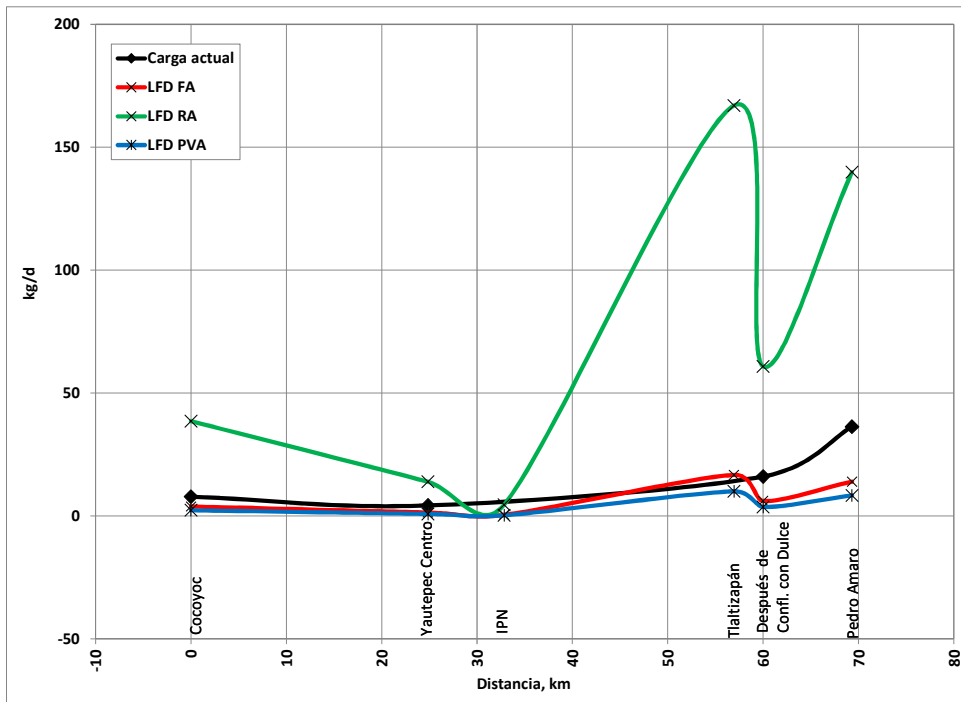


Figura 2. 265. Carga de Plomo en el río Yautepec

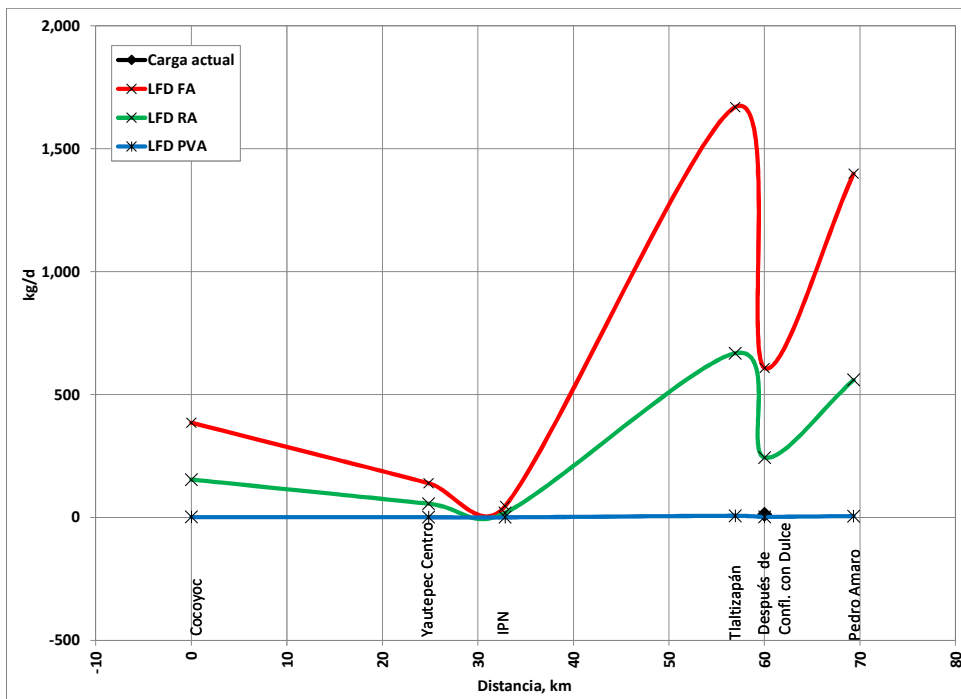


Figura 2. 266. Carga de Zinc en el río Yautepec

2.3.5.2. Río Dulce

En la Tabla 2. 75 se muestra las cargas actuales de las estaciones en el río Dulce y en la Tabla 2. 76, Tabla 2. 77 y Tabla 2. 78 se muestra respectivamente el cálculo de las cargas, para las estaciones en el río Dulce, con los parámetros incluidos en los lineamientos de calidad del agua de la Ley Federal de Derechos (LFD).

Tabla 2. 75. Cargas actuales en el río Dulce

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Demanda Bioquímica de Oxígeno	-	-	-	-
Demanda química de Oxígeno	2,339	-	-	-
Sólidos Disueltos Totales	8,873	2,959	8,728	92,188
Sólidos Suspendidos Totales	-	191	537	3,421
Sólidos Totales	8,873	3,150	9,264	95,525
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	-	-	8	68
Nitratos (N-NO ₃)	56	31.0	39	232
Nitritos (N-NO ₂)	-	0.77	-	-
Nitrógeno Orgánico	-	17	-	-
Nitrógeno Total	56	-	47	300
Ortofosfato	-	10.0	-	-
P-Hidrolizable	-	13.7	-	-
P-Orgánico	-	-	-	-
Fósforo Total	-	1.9	-	-
Fosfatos	-	44	-	-
Sulfatos	840	354	2,164	14,767
Sulfuros	-	-	-	-
Cloruros	153	198	241	1,429
Fenoles	-	-	-	-
Grasas y Aceites	-	-	-	-
Sustancias Activas al Azul de Metileno	-	-	-	-
Coliformes Fecales (NMP/d)	7.E+05	5.E+03	4.E+04	5.E+04
Arsénico	-	0.09	0.17	1.8
Cadmio	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-
Cromo	-	-	-	-
Mercurio	-	-	-	-
Níquel	-	-	-	-
Plomo	-	-	-	24.19
Zinc	6.9	1.55	2.00	24.61
Cn	-	-	-	-

Unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla. – Por debajo del límite de detección

Tabla 2. 76. Cargas máximas permisibles en el río Dulce para Fuente de Abastecimiento de Agua Potables en la Ley Federal de Derechos

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Sólidos Disueltos Totales	33,610	6,350	8,942	104,285
Sólidos Suspendidos Totales	3,361	635	894	10,428
Sólidos Totales	36,971	6,985	9,837	114,713
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Nitratos (N-NO ₃)	336	64	89	1,043
Nitritos (N-NO ₂)	3.4	0.6	0.89	10.4
Fósforo Total	6.7	1	2	20.9
Sulfatos	16,805	3,175	4,471	52,142
Sulfuros	13.4	3	4	41.7
Cloruros	16,805	3,175	4,471	52,142
Fenoles	0.07	0.01	0.02	0.21
Grasas y Aceites	672	127	179	2,086
Sustancias Activas al Azul de Metileno	34	6	9	104.3
Coliformes Fecales (NMP/d)	7.E+11	1.E+11	2.E+11	2.E+12
Arsénico	3.4	0.6	0.9	10.4
Cadmio	0.67	0.1	0.2	2.09
Cobre	67	13	18	209
Cromo	3.4	1	1	10.4
Mercurio	0.07	0.01	0.02	0.21
Níquel	0.7	0.1	0.2	2.09
Plomo	3.4	0.6	0.9	10.43
Zinc	336	64	89	1,043
Cianuros	1.34	0.25	0.36	4.17

Unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

Tabla 2. 77. Cargas máximas permisibles en el río Dulce para Riego Agrícola (LFD)

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Sólidos Disueltos Totales	33,610	6,350	8,942	104,285
Sólidos Suspendidos Totales	3,361	635	894	10,428
Sólidos Totales*	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--
Fósforo Total*	--	--	--	--
Sulfatos	16,805	3,175	4,471	52,142
Sulfuros*	--	--	--	--
Cloruros	--	--	--	--
Fenoles*	--	--	--	--
Grasas y Aceites*	--	--	--	--
Sustancias Activas al Azul de Metileno*	--	--	--	--
Coliformes Fecales (NMP/d)	7.E+11	1.E+11	2.E+11	2.E+12
Arsénico	6.7	1.3	1.8	20.9
Cadmio	0.67	0.1	0.2	2.09
Cobre	13	3	4	42
Cromo	6.7	1	2	20.9
Mercurio*	--	--	--	--
Níquel	13.4	2.5	3.6	41.71
Plomo	33.6	6.4	8.9	104.28
Zinc	134	25	36	417
Cianuros	1.34	0.25	0.36	4.17

unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

Tabla 2. 78. Cargas máximas permisibles en el río Dulce para Protección de Vida Acuática en la Ley Federal de Derechos

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Sólidos Disueltos Totales*	--	--	--	--
Sólidos Suspendidos Totales	2,017	381	537	6,257
Sólidos Totales*	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	4	1	1	13
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--
Fósforo Total	3.4	1	1	10.4
Sulfatos*	--	--	--	--
Sulfuros	0.1	0	0	0.4
Cloruros	16,805	3,175	4,471	52,142
Fenoles	6.72	1.27	1.79	20.86
Grasas y Aceites	672	127	179	2,086
Sustancias Activas al Azul de Metileno	7	1	2	20.9
Coliformes Fecales (NMP/d)	7.E+11	1.E+11	2.E+11	2.E+12
Arsénico	13.4	2.5	3.6	41.7
Cadmio	0.27	0.1	0.1	0.83
Cobre	3	1	1	10
Cromo	3.4	1	1	10.4
Mercurio	0.03	0.01	0.01	0.10
Níquel	40.3	7.6	10.7	125.14
Plomo	2.0	0.4	0.5	6.26
Zinc	1	0	0	4
Cianuros	0.34	0.06	0.09	1.04

unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

Tabla 2. 79, Tabla 2. 80 y Tabla 2. 81 se muestra, respectivamente, la capacidad de asimilación y dilución de los parámetros presentes en la LFD (para los tres primeros usos). Los valores negativos indican que la carga actual está por debajo de la carga permisible. En las celdas que contienen solo el signo menos (-) indican que la concentración del parámetro está por debajo del límite de detección. Las celdas con SD indican que no se tiene el valor de la concentración del parámetro.

Tabla 2. 79. Capacidad de asimilación en río Dulce Fuente de Abastecimiento de Agua Potable (LFD)

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Sólidos Disueltos Totales	24,737	3,391	215	12,097
Sólidos Suspendidos Totales	-	444	357	7,007
Sólidos Totales	28,098	3,836	572	19,188
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	-	-	-	-
Nitratos (N-NO ₃)	281	33	50	811
Nitritos (N-NO ₂)	-	-0.14	-	-
Fósforo Total	-	0.6	-	-
Sulfatos	15,965	2,821	2,307	37,376
Sulfuros	-	-	-	-
Cloruros	16,652	2,977	4,230	50,714

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Fenoles	-	-	-	-
Grasas y Aceites	-	-	-	-
Sustancias Activas al Azul de Metileno	-	-	-	-
Coliformes Fecales (NMP/d)	7.E+11	1.E+11	2.E+11	2.E+12
Arsénico	-	0.5	0.7	8.66
Cadmio	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-
Cromo	-	-	-	-
Mercurio	-	-	-	-
Níquel	-	-	-	-
Plomo	-	-	-	-14
Zinc	329	62.4	87	1,018
Cianuros	-	-	-	-

unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

Tabla 2. 80. Capacidad de asimilación en río Dulce para Riego Agrícola (LFD)

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Sólidos Disueltos Totales	24,737	3,391	215	12,097
Sólidos Suspendidos Totales	-	445	358	7,008
Sólidos Totales*	-	-	-	-
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	-	-	-	-
Nitratos (N-NO ₃)*	-	-	-	-
Nitritos (N-NO ₂)*	-	-	-	-
Fósforo Total*	-	-	-	-
Sulfatos	15,965	2,821	2,307	37,376
Sulfuros*	-	-	-	-
Cloruros	-	-	-	-
Fenoles*	-	-	-	-
Grasas y Aceites*	-	-	-	-
Sustancias Activas al Azul de Metileno*	-	-	-	-
Coliformes Fecales (NMP/d)	7.E+11	1.E+11	2.E+11	2.E+12
Arsénico	-	1.2	1.6	19.1
Cadmio	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-
Cromo	-	-	-	-
Mercurio*	-	-	-	-
Níquel	-	-	-	-
Plomo	-	-	-	-80
Zinc	127	2.4	34	392
Cianuros	-	-	-	-

unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

Tabla 2. 81. Capacidad de asimilación en río Dulce para Protección de Vida Acuática (LFD)

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Sólidos Disueltos Totales*	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	-	191	0	2,837
Sólidos Totales*	-	-	-	-

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	-	-	-7	-55
Nitratos (N-NO ₃)*	-	-	-	-
Nitritos (N-NO ₂)*	-	-	-	-
Fósforo Total	-	-0.9	-	-
Sulfatos*	-	-	-	-
Sulfuros	-	-	-	-
Cloruros	16,652	2,977	4,230	50,714
Fenoles	-	-	-	-
Grasas y Aceites	-	-	-	-
Sustancias Activas al Azul de Metileno	-	-	-	-
Coliformes Fecales (NMP/d)	7.E+11	1.E+11	2.E+11	2.E+12
Arsénico	-	2.4	3.4	39.9
Cadmio	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-
Cromo	-	-	-	-
Mercurio	-	-	-	-
Níquel	-	-	-	-
Plomo	-	-	-	-17.9
Zinc	-5.9	-1.5	-2.0	-20.6
Cianuros	-	-	-	-

unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

En la Figura 2. 267 a la Figura 2. 284 se ilustra gráficamente el comportamiento (para cada parámetro sobre el río Dulce) de la carga actual y las cargas máximas permisibles de acuerdo a los criterios de calidad del agua en la Ley Federal de Derechos.

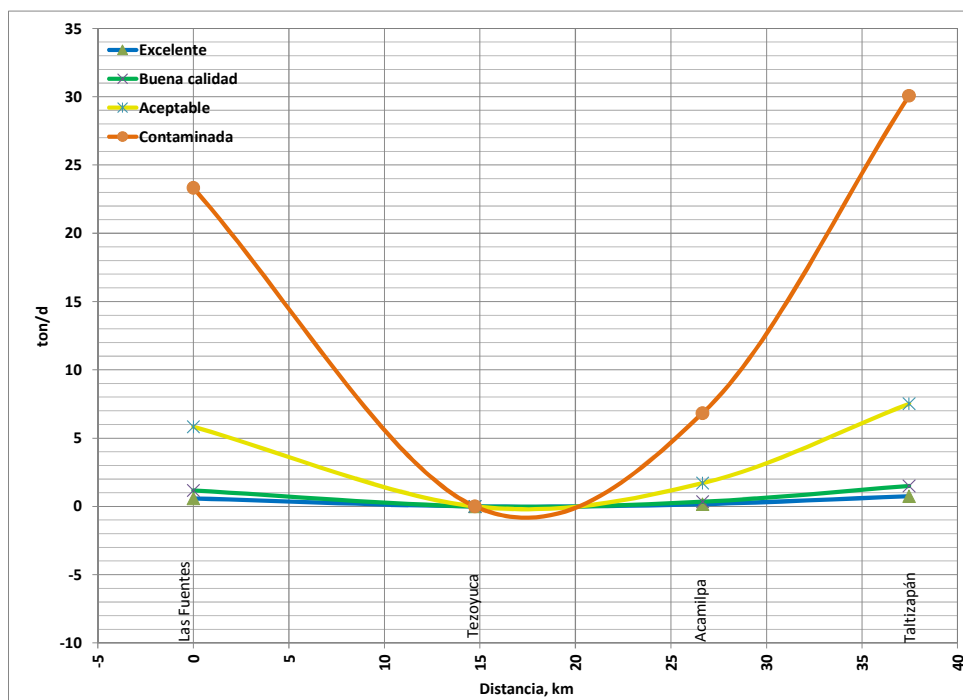


Figura 2. 267. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Dulce

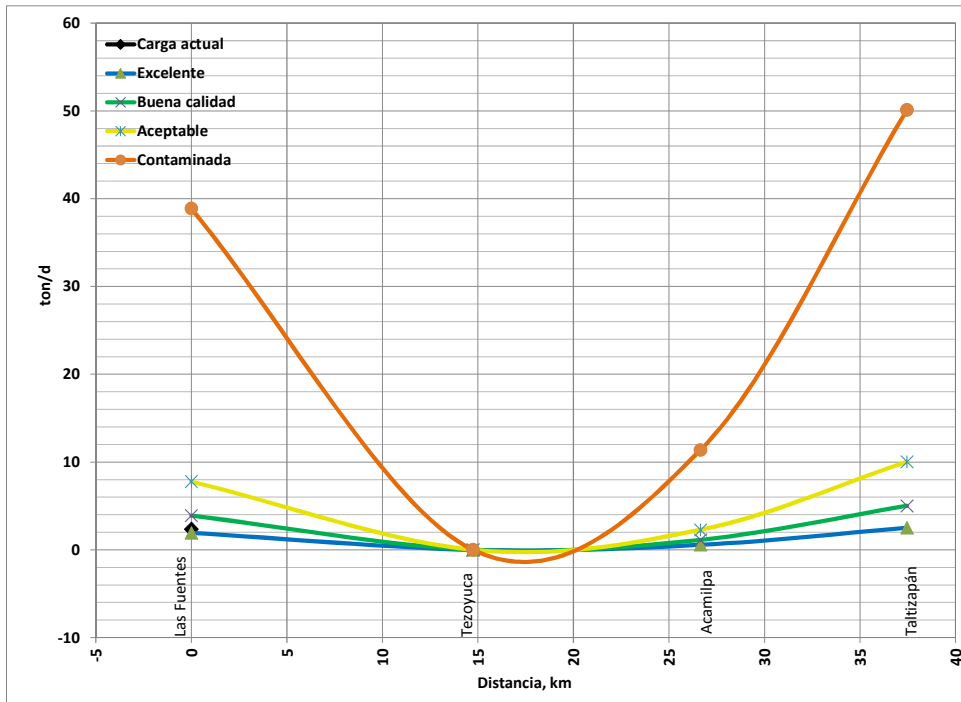


Figura 2. 268. Carga de Demanda Química de Oxígeno en el río Dulce

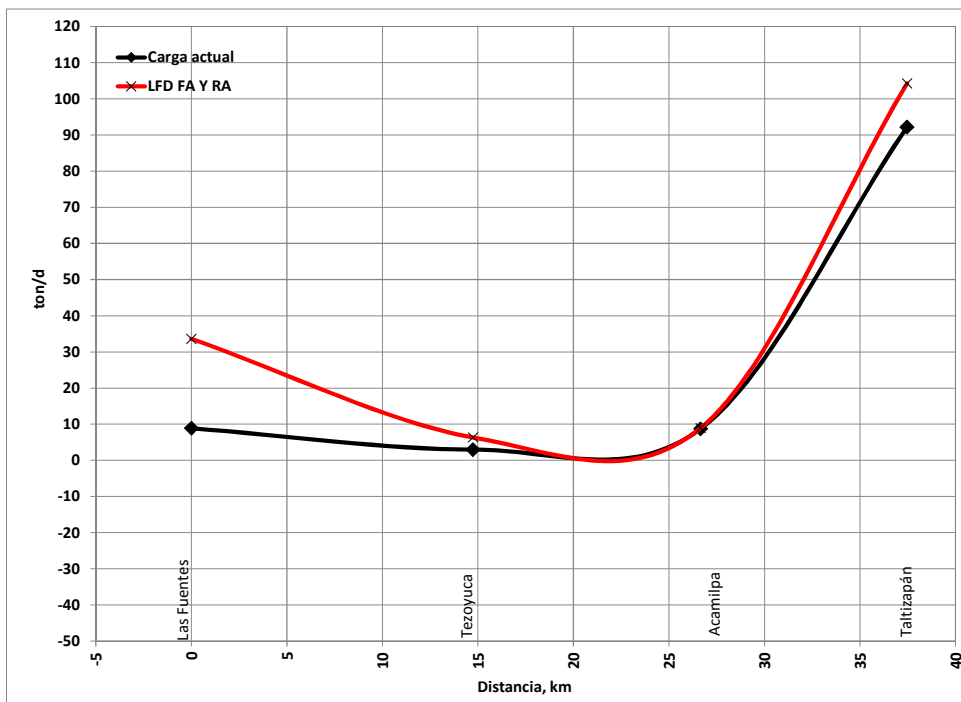


Figura 2. 269. Carga de Sólidos Disueltos Totales en el río Dulce

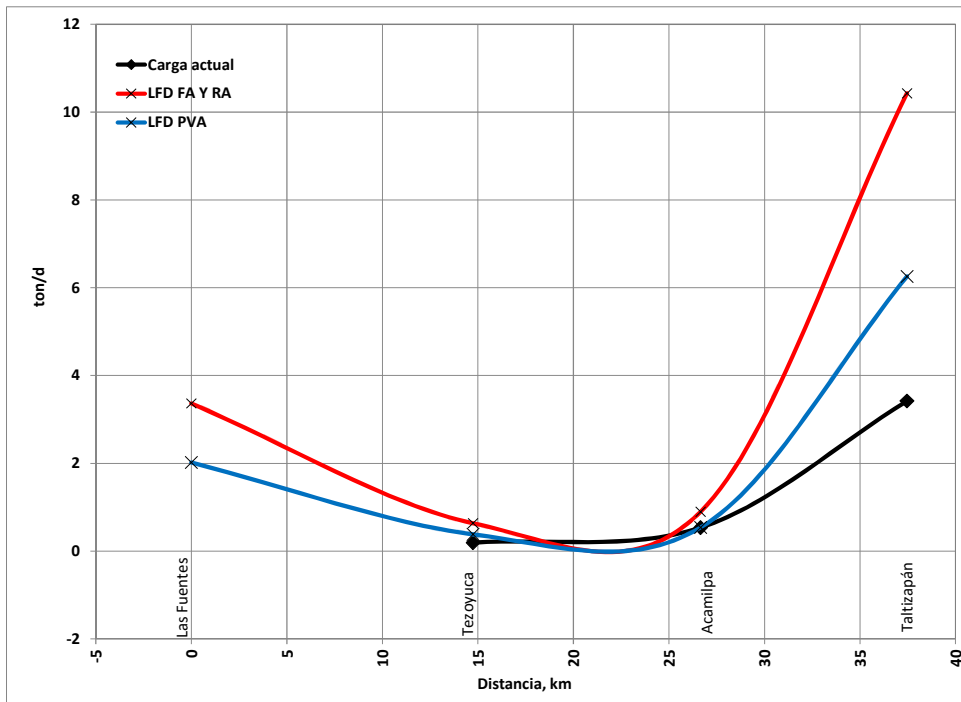


Figura 2. 270. Carga de Sólidos Suspendedos Totales en el río Dulce

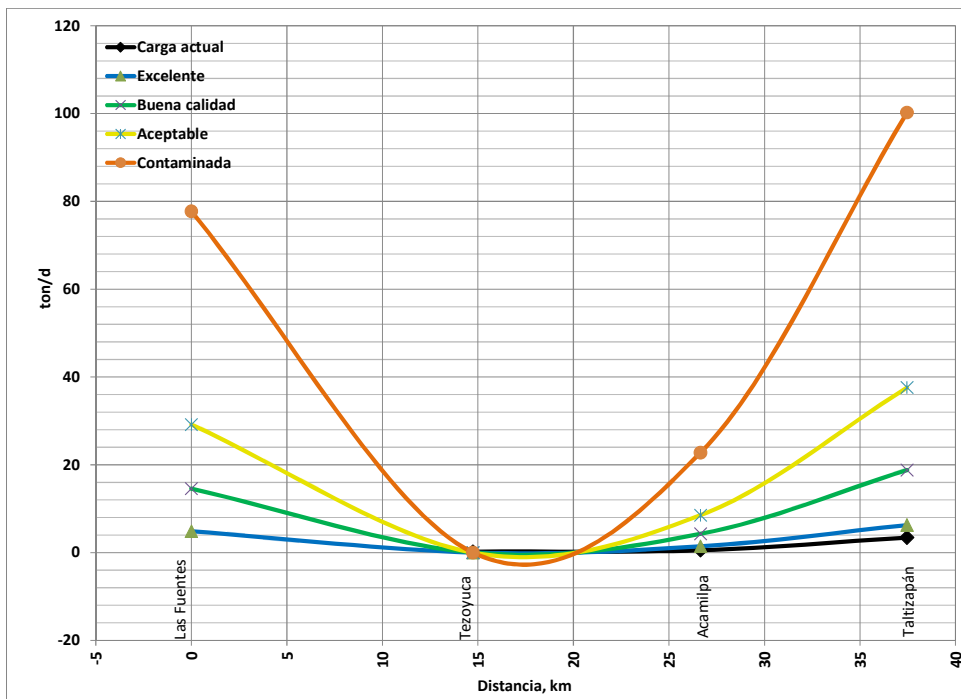


Figura 2. 271. Carga Sólidos Suspendedos Totales con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Dulce

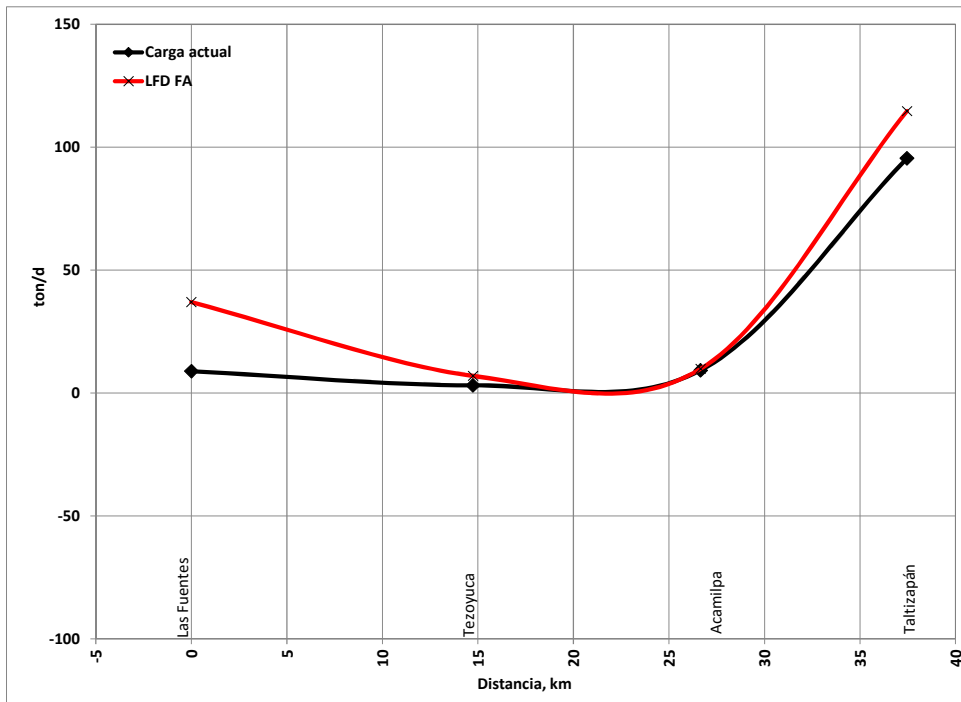


Figura 2. 272. Carga de Sólidos Totales en el río Dulce

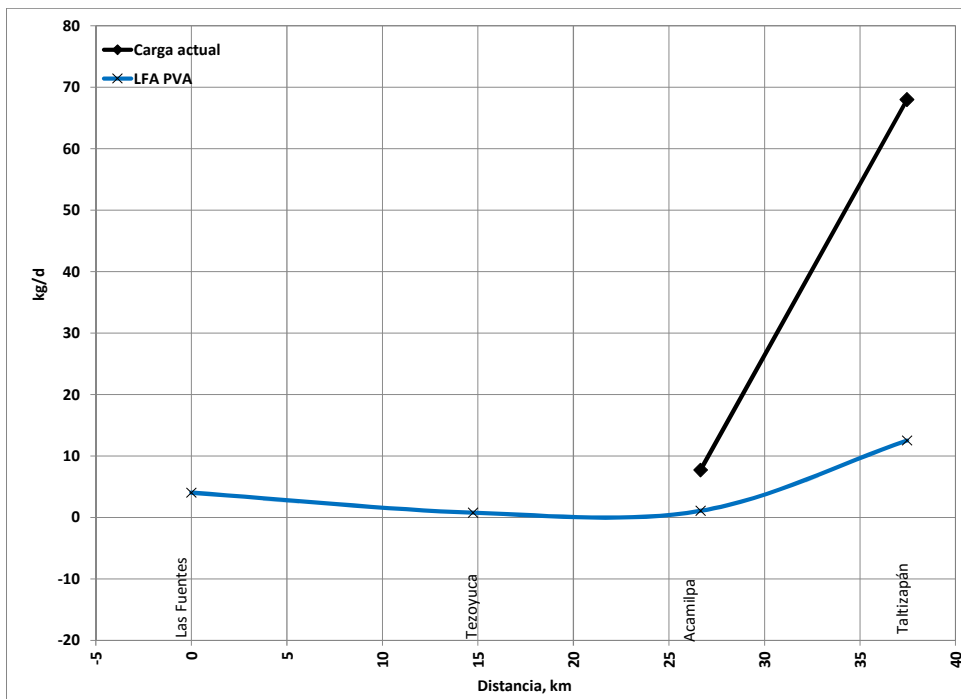


Figura 2. 273. Carga Nitrógeno Amoniacal en el río Dulce

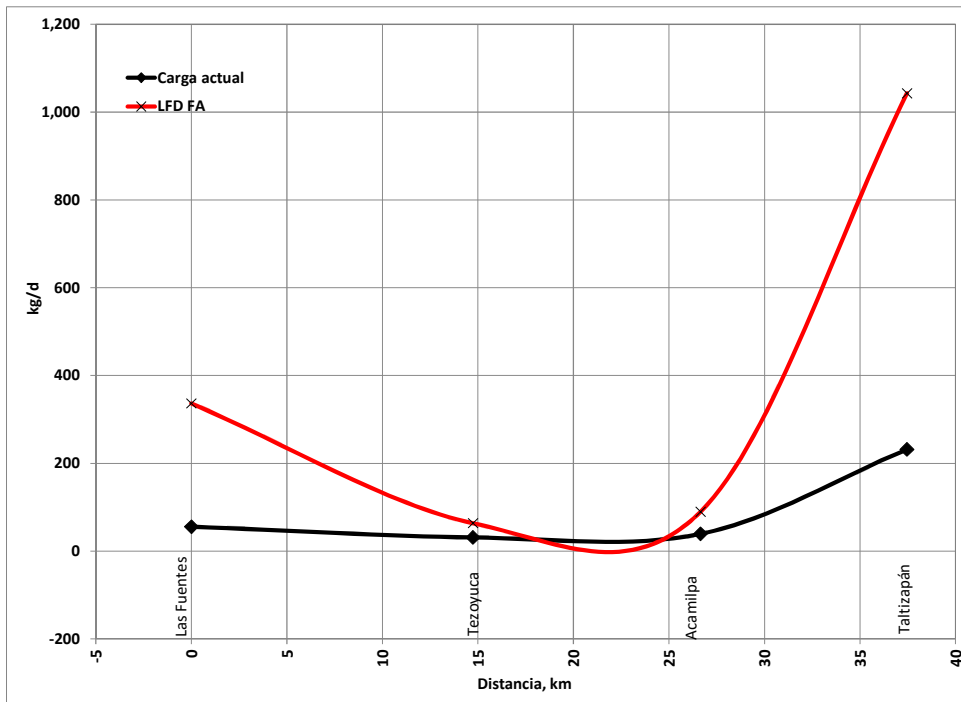


Figura 2. 274. Carga de Nitratos en el río Dulce

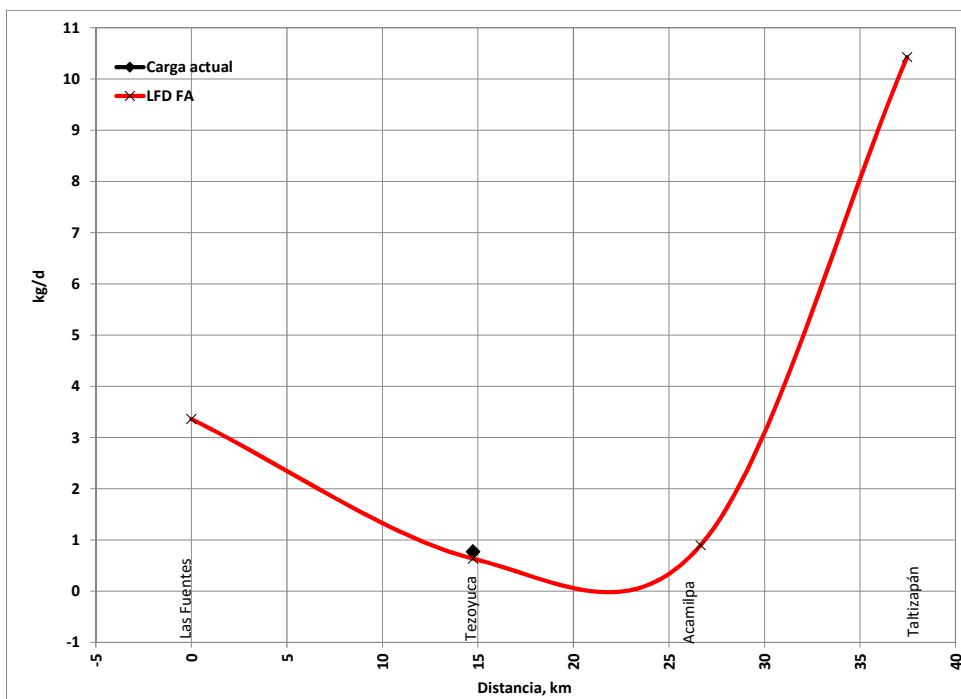


Figura 2. 275. Carga de Nitritos en el río Dulce

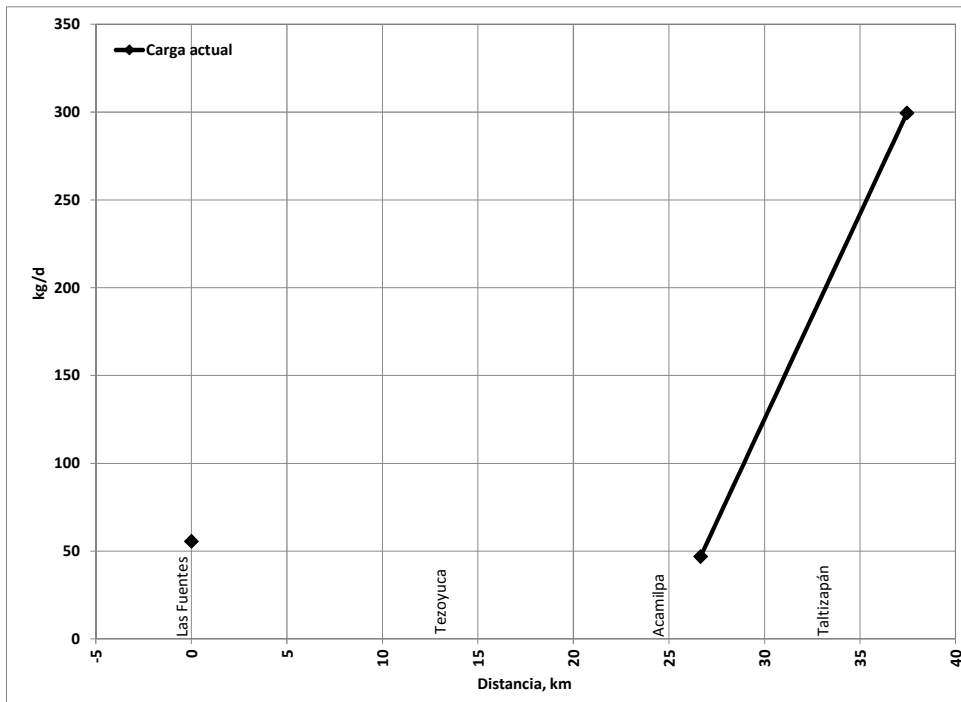


Figura 2. 276. Carga Nitrógeno Total en el río Dulce

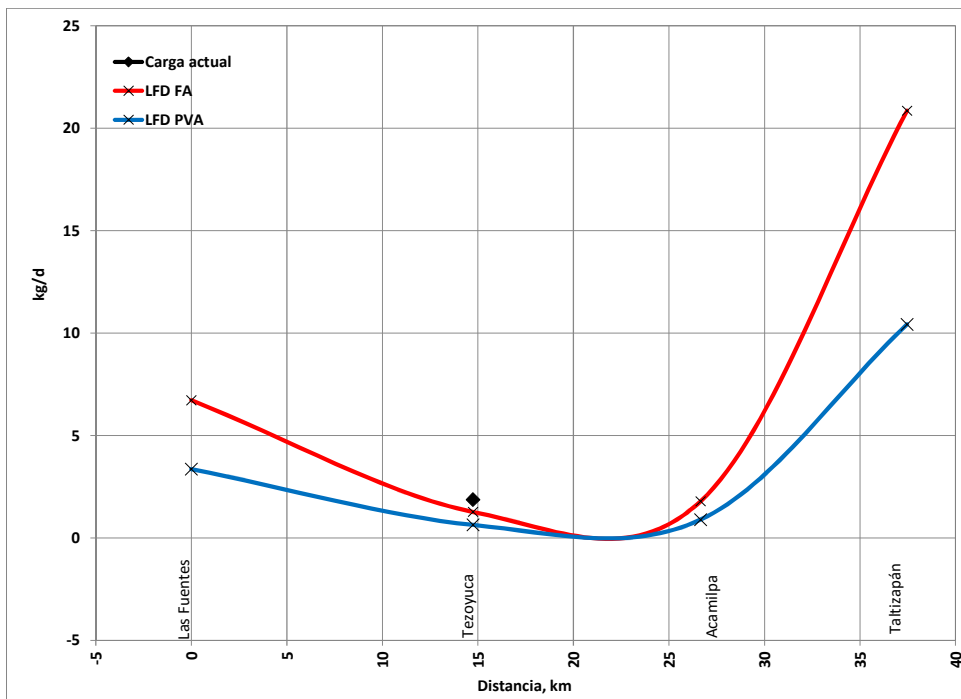


Figura 2. 277. Carga Fósforo Total en el río Dulce

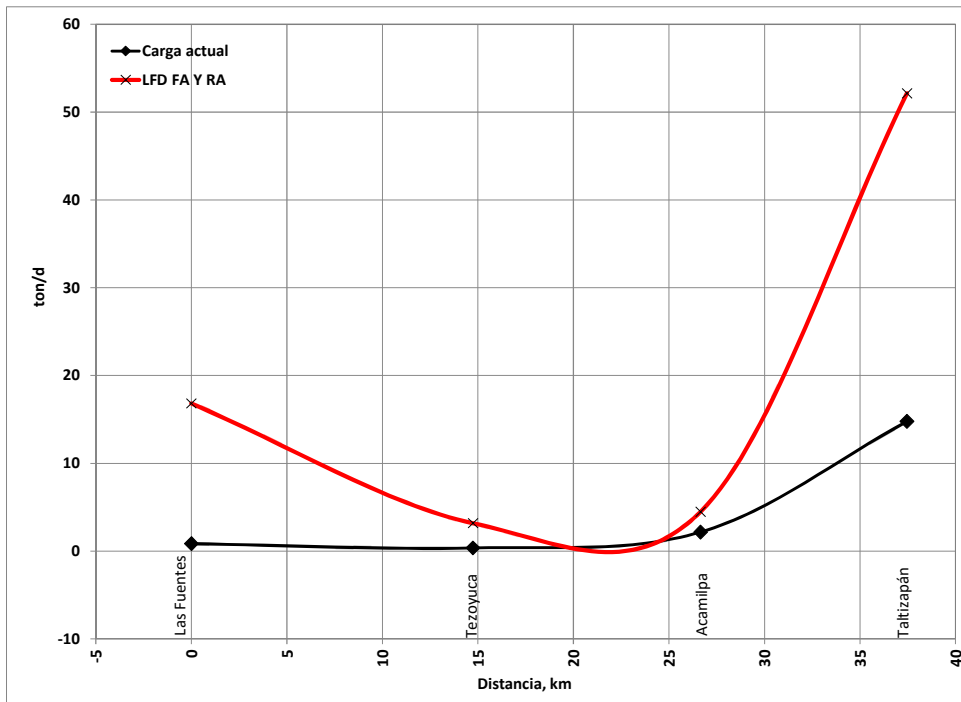


Figura 2. 278. Carga Sulfatos en el río Dulce

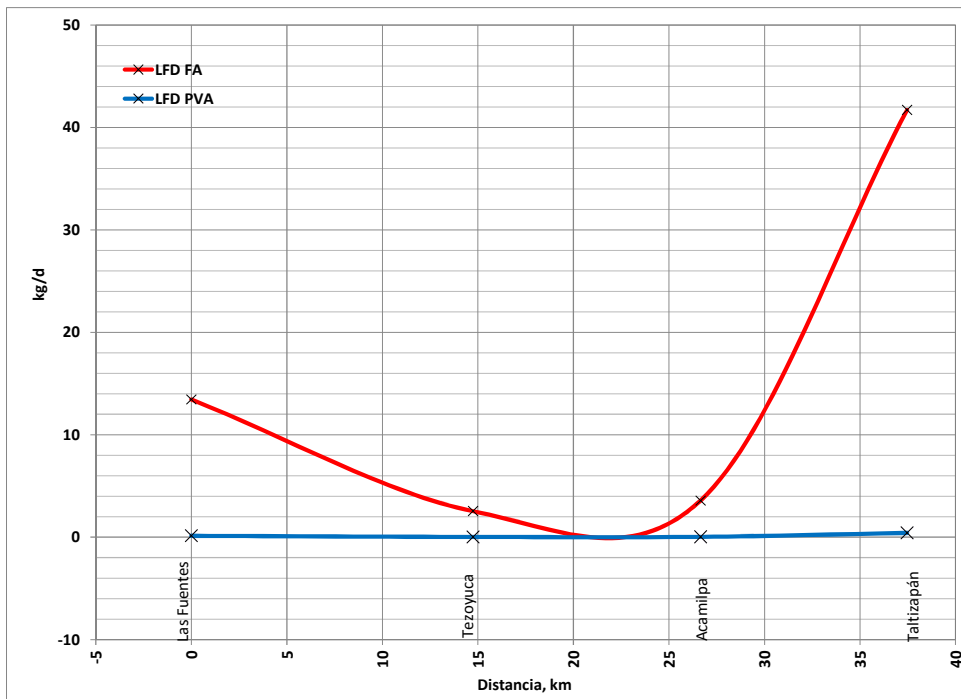


Figura 2. 279. Carga de Sulfuros en el río Dulce

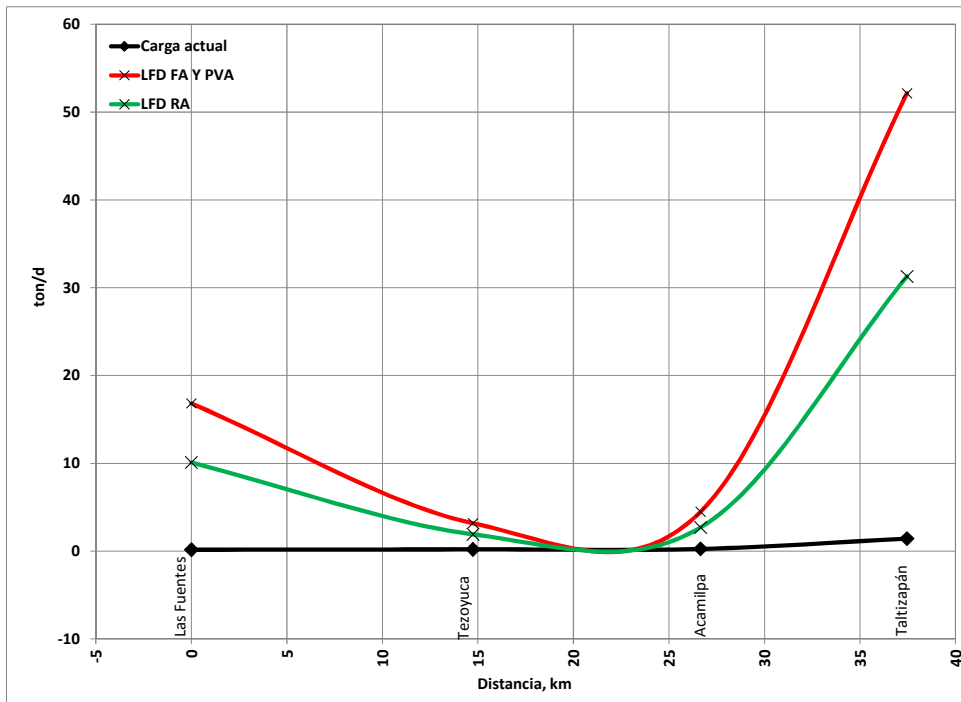


Figura 2. 280. Carga de Cloruro en el río Dulce

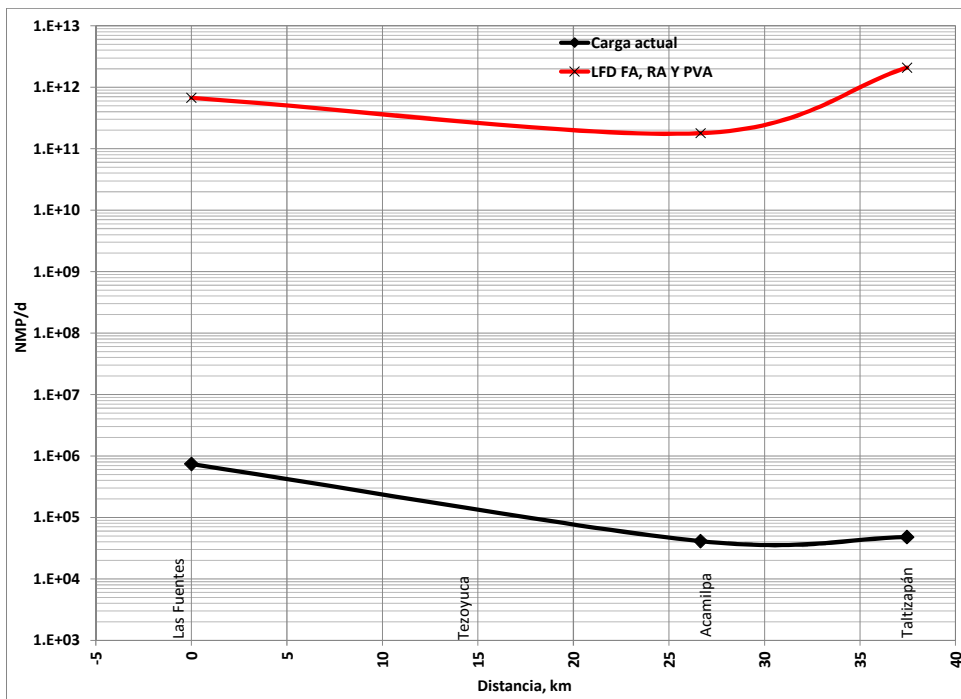


Figura 2. 281. Carga de Coliformes Fecales en el río Dulce

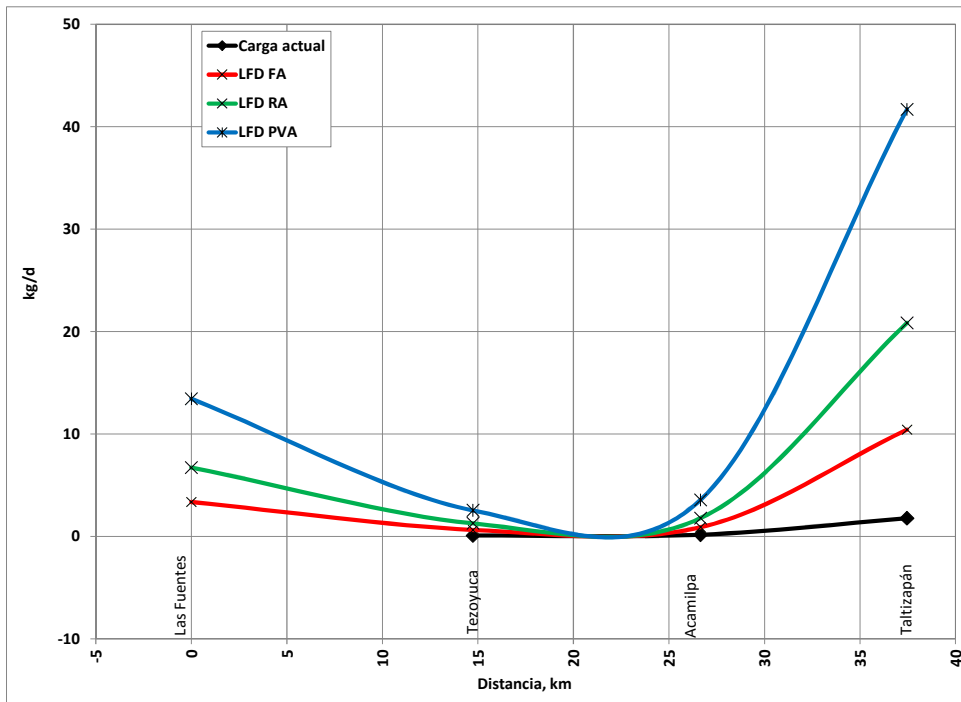


Figura 2. 282. Carga de Arsénico en el río Dulce

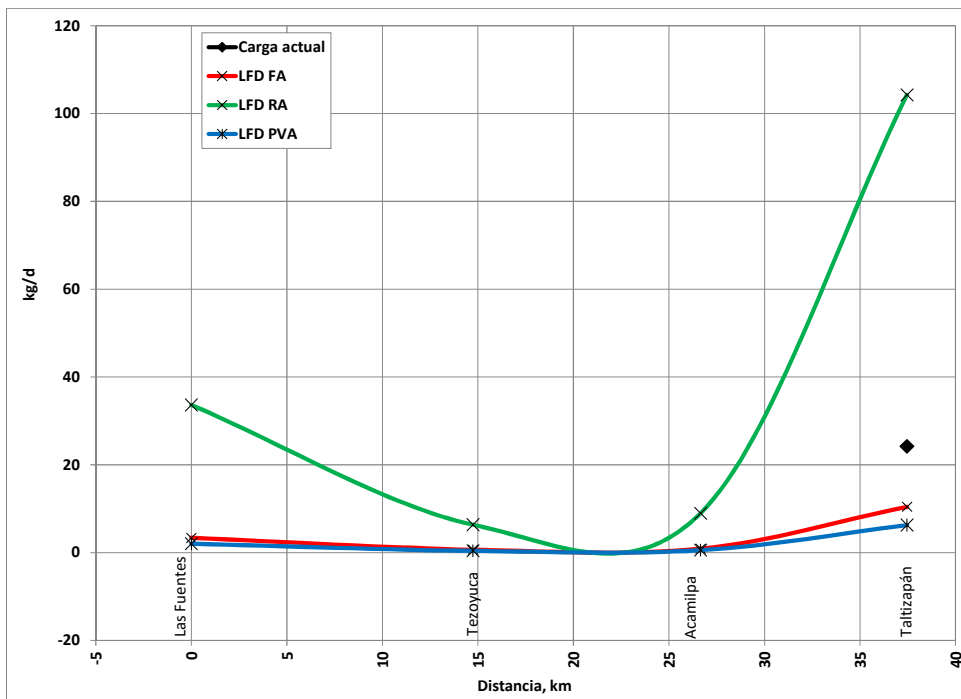


Figura 2. 283. Carga de Plomo en el río Dulce

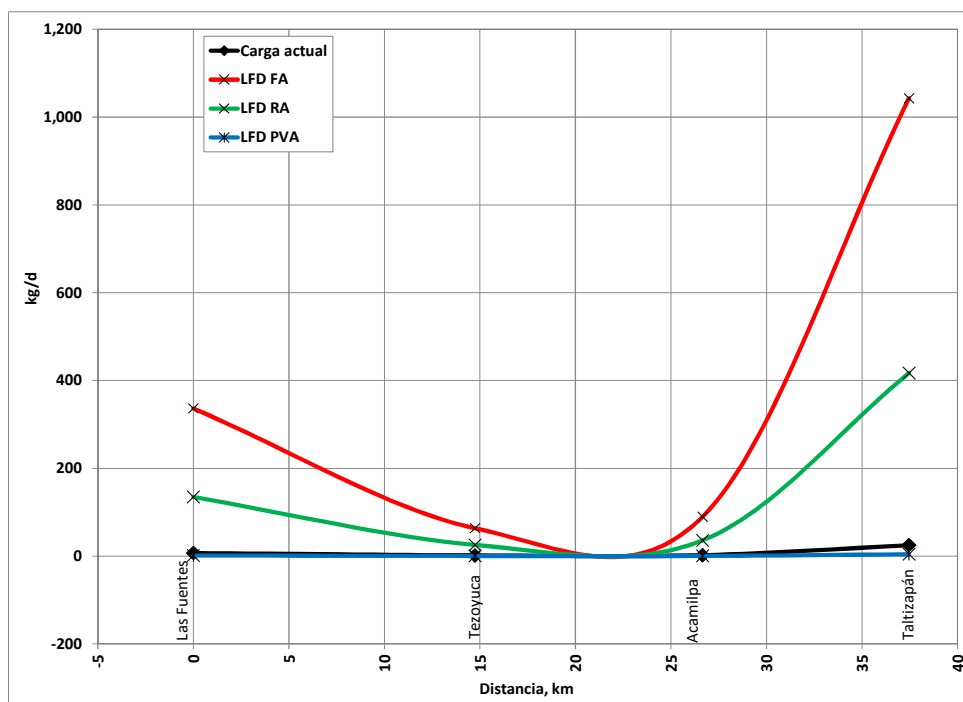


Figura 2. 284. Carga de Zinc en el río Dulce

2.3.5.3. Río Cuautla

En la Tabla 2. 82 se muestra las cargas actuales de las estaciones en el río Cuautla y en la Tabla 2. 83, Tabla 2. 84 y Tabla 2. 85 se muestra respectivamente el cálculo de las cargas, para las estaciones en el río Cuautla, con los parámetros incluidos en los lineamientos de calidad del agua de la Ley Federal de Derechos (LFD).

Tabla 2. 82. Cargas actuales en el río Cuautla

Parámetro	Piedra Blanca	Unidad Deportiva	López Portillo	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Demanda Bioquímica de Oxígeno	70.4	-	120.2	-	54	-
Demanda química de Oxígeno	-	-	-	-	-	-
Sólidos Disueltos Totales	4,869	30,998	3,578	70,841	26,584	61,876
Sólidos Suspendidos Totales	90	770	194	2,708	771	5,414
Sólidos Totales	4,961	31,819	3,772	73,549	27,355	67,290
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	120.7	-	24.2	29.0	-	-
Nitratos (N-NO ₃)	54.3	95.0	3.3	283.9	17	51
Nitritos (N-NO ₂)	6.03	-	0.40	36.34	-	-
Nitrógeno Orgánico	28	-	27	-	-	-
Nitrógeno Total	-	95	55	349	17	51
Ortofosfato	-	-	7.3	-	-	-
P-Hidrolizable	412.3	-	7.3	-	-	-
P-Orgánico	8.4	-	1.1	-	-	-

Parámetro	Piedra Blanca	Unidad Deportiva	López Portillo	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Fósforo Total	420.7	-	15.7	-	-	-
Fosfatos	1,291	-	26	-	-	-
Sulfatos	339	2,433	376	18,868	8,347	29,133
Sulfuros	-	-	-	-	-	-
Cloruros	588	526	156	2,708	1,183	1,676
Fenoles	-	-	-	-	-	-
Grasas y Aceites	-	-	-	1,249	-	-
Sustancias Activas al Azul de Metileno	2	-	3	-	-	-
Coliformes Fecales (NMP/d)	2.E+12	1.E+15	4.E+13	1.E+12	2.E+11	6.E+11
Arsénico	0.02	0.16	0.02	0.76	0.26	0.9
Cadmio	-	-	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-
Cromo	-	-	-	-	-	-
Mercurio	-	-	-	-	-	-
Níquel	-	-	-	-	-	-
Plomo	-	-	-	11.27	4.09	8.96
Zinc	-	-	-	-	-	-
Cianuros	-	-	-	-	-	-

Unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

Tabla 2. 83. Cargas máximas permisibles en el río Cuautla para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable en la LFD

Parámetro	Piedra Blanca	Unidad Deportiva	López Portillo	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Sólidos Disueltos Totales	4,190	51,322	4,622	43,675	16,762	32,227
Sólidos Suspendidos Totales	419	5,132	462	4,368	1,676	3,223
Sólidos Totales	4,609	56,454	5,085	48,043	18,438	35,450
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)	42	513	46	437	168	322
Nitritos (N-NO ₂)	0.4	5.1	0.46	4.4	1.7	3.2
Fósforo Total	0.8	10	1	8.7	3.4	6
Sulfatos	2,095	25,661	2,311	21,838	8,381	16,114
Sulfuros	1.7	21	2	17.5	7	13
Cloruros	2,095	25,661	2,311	21,838	8,381	16,114
Fenoles	0.01	0.10	0.01	0.09	0.03	0.06
Grasas y Aceites	84	1,026	92	874	335	645
Sustancias Activas al Azul de Metileno	4	51	5	43.7	17	32
Coliformes Fecales (NMP/d)	8.E+10	1.E+12	9.E+10	9.E+11	3.E+11	6.E+11
Arsénico	0.4	5.1	0.5	4.4	1.7	3.2
Cadmio	0.08	1.0	0.1	0.87	0.34	0.6
Cobre	8	103	9	87	34	64
Cromo	0.4	5	0	4.4	1.7	3.2
Mercurio	0.01	0.10	0.01	0.09	0.03	0.06
Níquel	0.1	1.0	0.1	0.87	0.3	0.6
Plomo	0.4	5.1	0.5	4.37	1.7	3.2
Zinc	42	513	46	437	168	322
Cianuros	0.17	2.05	0.18	1.75	0.7	1.3

Unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla.

Tabla 2. 84. Cargas máximas permisibles en el río Cuautla para Riego Agrícola en la LFD

Parámetro	Piedra Blanca	Unidad Deportiva	López Portillo	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Sólidos Disueltos Totales	4,190	51,322	4,622	43,675	16,762	32,227
Sólidos Suspendidos Totales	419	5,132	462	4,368	1,676	3,223
Sólidos Totales*	--	--	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--	--	--
Fósforo Total*	--	--	--	--	--	--
Sulfatos	2,095	25,661	2,311	21,838	8,381	16,114
Sulfuros*	--	--	--	--	--	--
Cloruros	1,257	15,396	1,387	13,103	5,028	9,668
Fenoles*	--	--	--	--	--	--
Grasas y Aceites*	--	--	--	--	--	--
Sustancias Activas al Azul de Metileno*	--	--	--	--	--	--
Coliformes Fecales (NMP/d)	8.E+10	1.E+12	9.E+10	9.E+11	3.E+11	6.E+11
Arsénico	1	10	1	8.7	3.4	6
Cadmio	0	1.0	0.1	0.87	0.34	0.6
Cobre	2	21	2	17	7	13
Cromo	1	10	1	8.7	3.4	6
Mercurio*	--	--	--	--	--	--
Níquel	2	21	2	17	7	13
Plomo	4	51	5	43.7	17	32
Zinc	17	205	18	175	67	129
Cianuros	0	2.1	0.2	1.7	0.7	1.3

Unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

Tabla 2. 85. Cargas máximas permisibles en el río Cuautla para Protección de Vida Acuática en la LFD

Parámetro	Piedra Blanca	Unidad Deportiva	López Portillo	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Sólidos Disueltos Totales*	--	--	--	--	--	--
Sólidos Suspendidos Totales	251	3,079	277	2,621	1,006	1,934
Sólidos Totales*	--	--	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	1	6	1	5	2	4
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--	--	--
Fósforo Total	0.4	5	0	4.4	1.7	3.2
Sulfatos*	--	--	--	--	--	--
Sulfuros	0.02	0.21	0.02	0.17	0.07	0.13
Cloruros	2,095	25,661	2,311	21,838	8,381	16,114
Fenoles	0.8	10	1	8.7	3.4	6
Grasas y Aceites	84	1,026	92	874	335	645
Sustancias Activas al Azul de Metileno	0.8	10	1	8.7	3.4	6
Coliformes Fecales (NMP/d)	8.E+10	1.E+12	9.E+10	9.E+11	3.E+11	6.E+11

Parámetro	Piedra Blanca	Unidad Deportiva	López Portillo	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Arsénico	1.7	21	2	17	7	13
Cadmio	0.03	0.41	0.04	0.35	0.13	0.26
Cobre	0.4	5.1	0.5	4.4	1.7	3.2
Cromo	0.4	5.1	0.5	4.4	1.7	3.2
Mercurio	0.00	0.05	0.00	0.04	0.02	0.03
Níquel	5	62	6	52	20	39
Plomo	0.3	3.1	0.3	2.6	1.0	1.9
Zinc	0.17	2.1	0.2	1.7	0.7	1.3
Cianuros	0.04	0.5	0.0	0.44	0.17	0.32

unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

En la Tabla 2. 86, Tabla 2. 87 y Tabla 2. 88 se muestra, respectivamente, la capacidad de asimilación y dilución de los parámetros presentes en la LFD (para los tres primeros usos). Los valores negativos indican que la carga actual está por debajo de la carga permisible. Los valores negativos indican que la carga actual está por debajo de la carga permisible. En las celdas que contienen solo el signo menos (-) indican que la concentración del parámetro está por debajo del límite de detección

Tabla 2. 86. Capacidad de asimilación en río Dulce para Fuente de Abastecimiento (LFD)

Parámetro	Piedra Blanca	Unidad Deportiva	López Portillo	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Sólidos Disueltos Totales	-679	20,323	1,045	-27,166	-9,822	-29,649
Sólidos Suspendidos Totales	329	4,362	268	1,660	905	-2,191
Sólidos Totales	-352	24,634	1,313	-25,506	-8,917	-31,840
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)	-12	418	43	153	151	271
Nitritos (N-NO ₂)	-5.6	-	0.06	-32.0	-	-
Fósforo Total	-419.9	10	-15	8.7	3.4	6
Sulfatos	1,756	23,228	1,935	2,970	34	-13,020
Sulfuros	-	-	-	-	-	-
Cloruros	1,507	25,135	2,155	19,130	7,197	14,438
Fenoles	-1,291	-	-25.7	-	-	-
Grasas y Aceites	-	-	-	-376	-	-
Sustancias Activas al Azul de Metileno	-3	-	-1	-	-	-
Coliformes Fecales (NMP/d)	-2.E+12	-1.E+15	-4.E+13	-9.E+10	2.E+11	5.E+10
Arsénico	0.4	5.0	0.4	3.6	1.4	2.4
Cadmio	-	-	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-
Cromo	-	-	-	-	-	-
Mercurio	-	-	-	-	-	-
Níquel	-	-	-	-	-	-
Plomo	-	-	-	-6.9	-2.4	-5.7

Parámetro	Piedra Blanca	Unidad Deportiva	López Portillo	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Zinc	-	-	-	-	-	-
Cianuros	-	-	-	-	-	-

unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

Tabla 2. 87. Capacidad de asimilación en río Cuautla para uso Riego Agrícola (LFD)

Parámetro	Piedra Blanca	Unidad Deportiva	López Portillo	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Sólidos Disueltos Totales	-679	20,323	1,045	-27,166	-9,822	-29,649
Sólidos Suspendidos Totales	329	4,362	268	1,660	905	-2,191
Sólidos Totales*	--	--	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	--	--	--	--	--	--
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--	--	--
Fósforo Total*	--	--	--	--	--	--
Sulfatos	1,756	23,228	1,935	2,970	34	-13,020
Sulfuros*	--	--	--	--	--	--
Cloruros	669	14,871	1,230	10,395	3,845	7,992
Fenoles*	--	--	--	--	--	--
Grasas y Aceites*	--	--	--	--	--	--
Sustancias Activas al Azul de Metileno*	--	--	--	--	--	--
Coliformes Fecales (NMP/d)	-2.E+12	-1.E+15	-4.E+13	-9.E+10	2.E+11	5.E+10
Arsénico	0.8	10.1	0.9	8.0	3.1	5.6
Cadmio	-	-	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-
Cromo	-	-	-	-	-	-
Mercurio*						
Níquel	-	-	-	-	-	-
Plomo	-	-	-	32.4	13	23
Zinc	-	-	-	-	-	-
Cianuros	-	-	-	-	-	-

unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

Tabla 2. 88. Capacidad de asimilación en río Cuautla para Protección a la Vida Acuática (LFD)

Parámetro	Piedra Blanca	Unidad Deportiva	López Portillo	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Sólidos Disueltos Totales*	--	--	--	--	--	--
Sólidos Suspendidos Totales	162	2,309	83	-87	235	-3,481
Sólidos Totales*	--	--	--	--	--	--
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	-120	-	-24	-24	-	-
Nitratos (N-NO ₃)*	--	--	--	--	--	--
Nitritos (N-NO ₂)*	--	--	--	--	--	--

Parámetro	Piedra Blanca	Unidad Deportiva	López Portillo	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
Fósforo Total	-420.3	5.0	-15.0	4.4	1.7	3.2
Sulfatos*	--	--	--	--	--	--
Sulfuros	-	-	-	-	-	-
Cloruros	1,507	25,135	2,155	19,130	7,197	14,438
Fenoles	-	-	-	-	-	-
Grasas y Aceites	-	-	-	-376	-	-
Sustancias Activas al Azul de Metileno	-0.8	-	-2.5	-	-	-
Coliformes Fecales (NMP/d)	+2.E+12	+1.E+15	+4.E+13	+9.E+10	2.E+11	5.E+10
Arsénico	1.7	20.0	1.8	16.7	6.5	12.0
Cadmio	-	-	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-
Cromo	-	-	-	-	-	-
Mercurio	-	-	-	-	-	-
Níquel	-	-	-	-	-	-
Plomo	-	-	-	-8.6	-3.1	-7.0
Zinc	-	-	-	-	-	-
Cianuros	-	-	-	-	-	-

unidades en kg/d, si no se indican otras en la misma tabla

* Parámetro no presente en el criterio del uso en la LFD

En la Figura 2. 285 a la Figura 2. 302 se ilustra gráficamente el comportamiento (para cada parámetro sobre el río Cuautla) de la carga actual y las cargas máximas permisibles de acuerdo a los criterios de calidad del agua en la LFD.

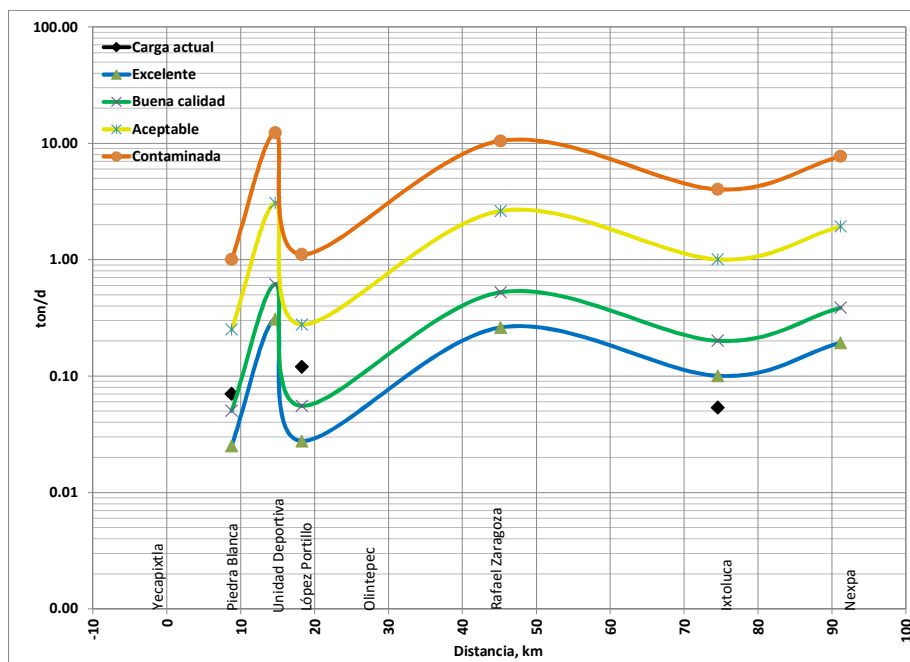


Figura 2. 285. Carga Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA

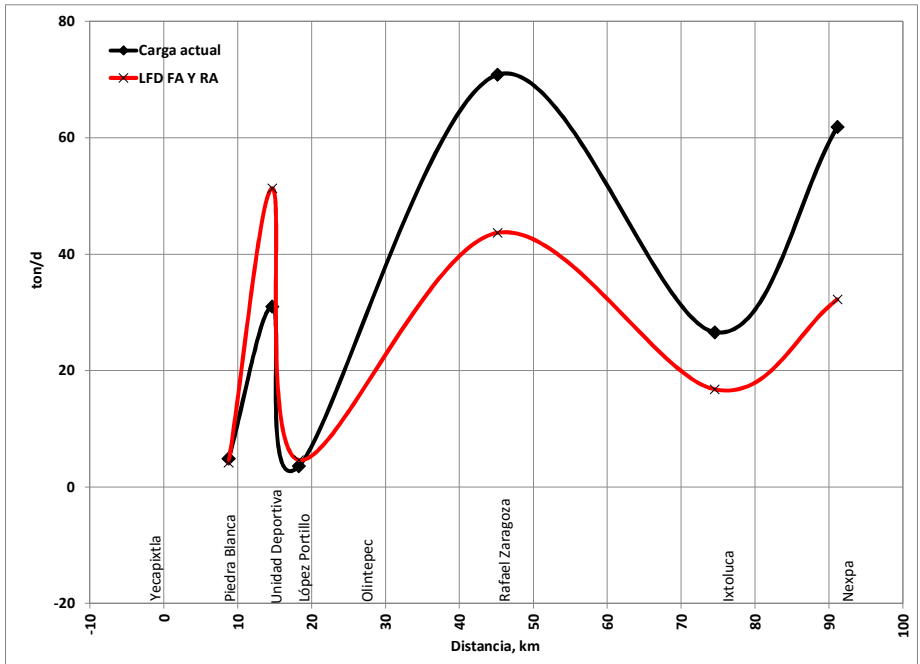


Figura 2. 286. Carga de Sólidos Disueltos Totales en el río Cuautla

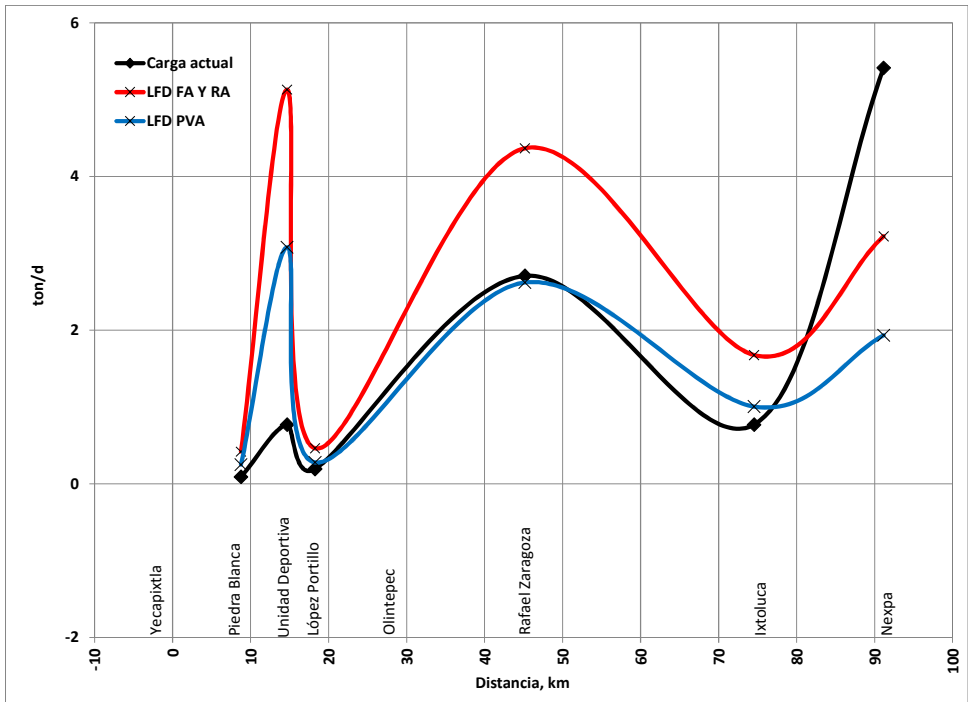


Figura 2. 287. Carga de Sólidos Suspendedos Totales en el río Cuautla

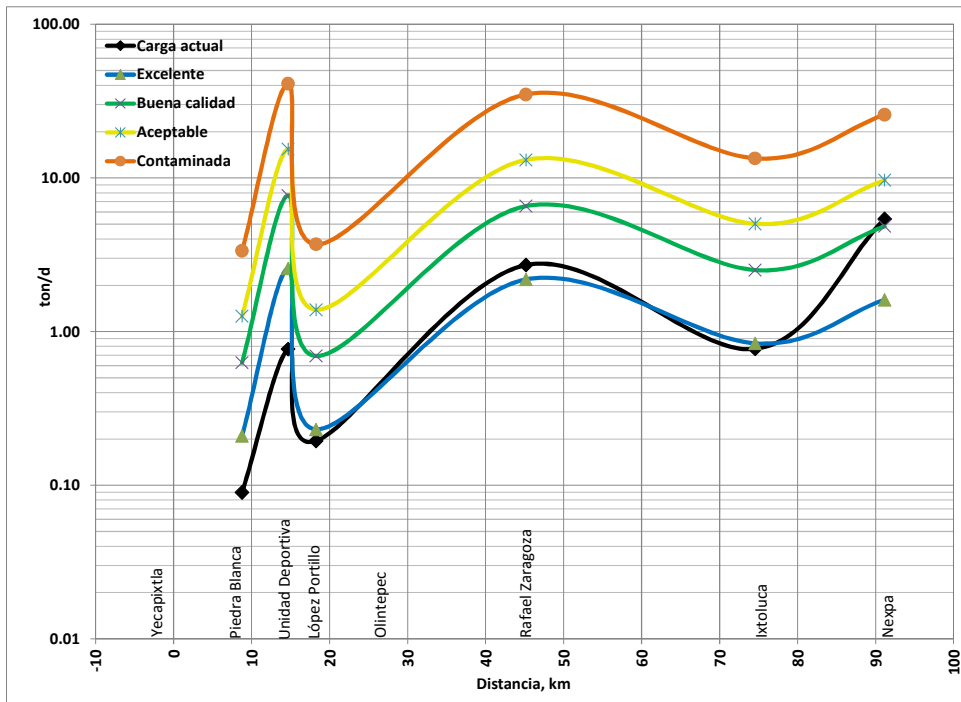


Figura 2. 288. Carga Sólidos Suspendedos Totales en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA

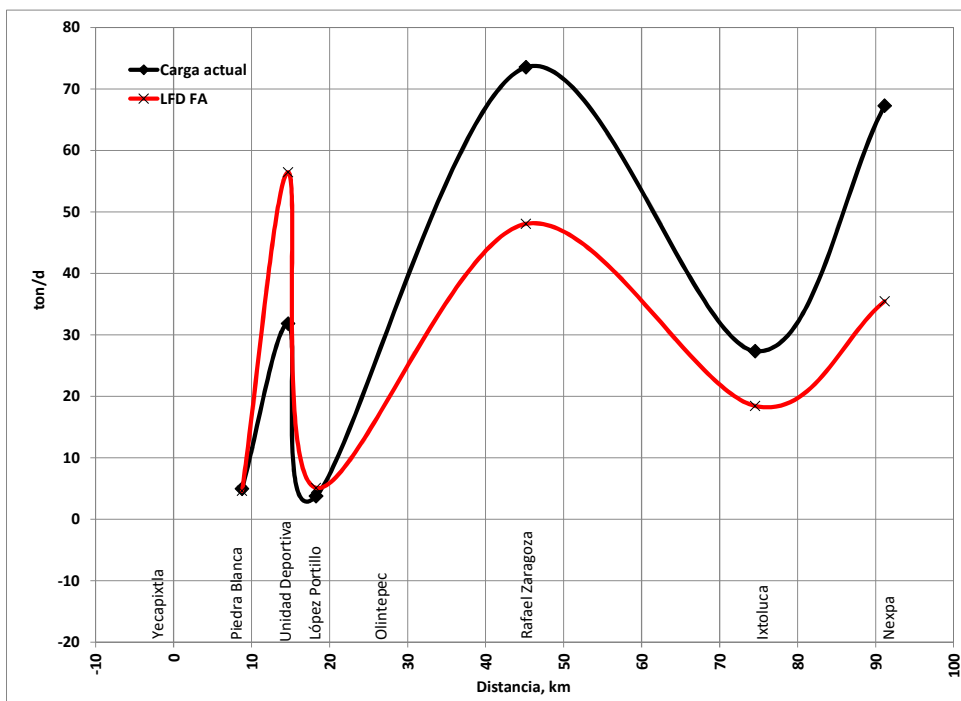


Figura 2. 289. Carga de Sólidos Totales en el río Cuautla

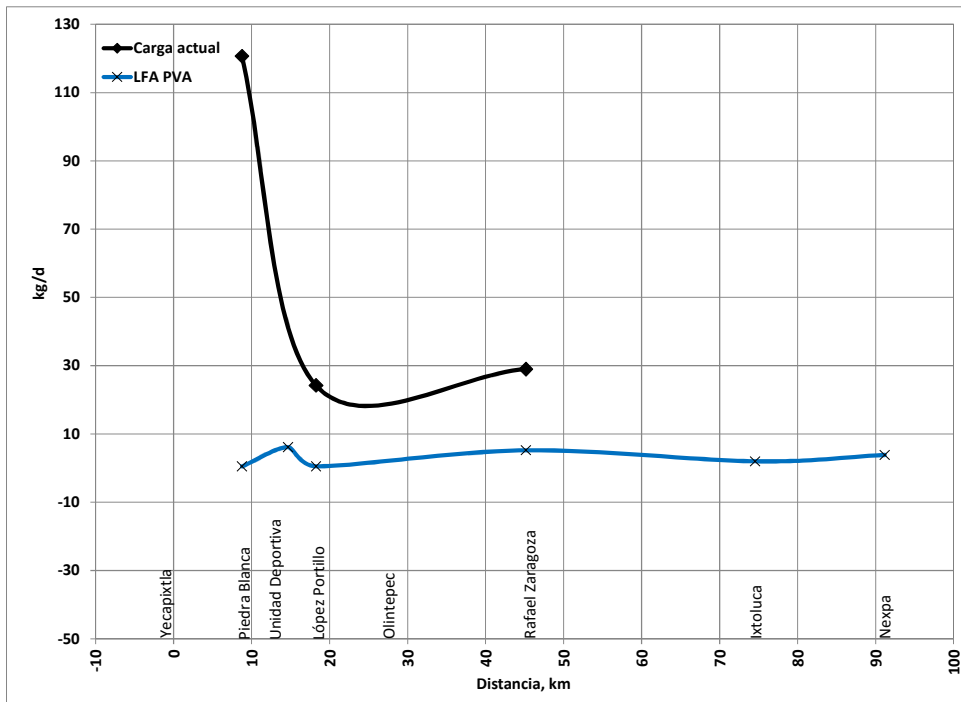


Figura 2. 290. Carga Nitrógeno Amoniacal en el río Cuautla

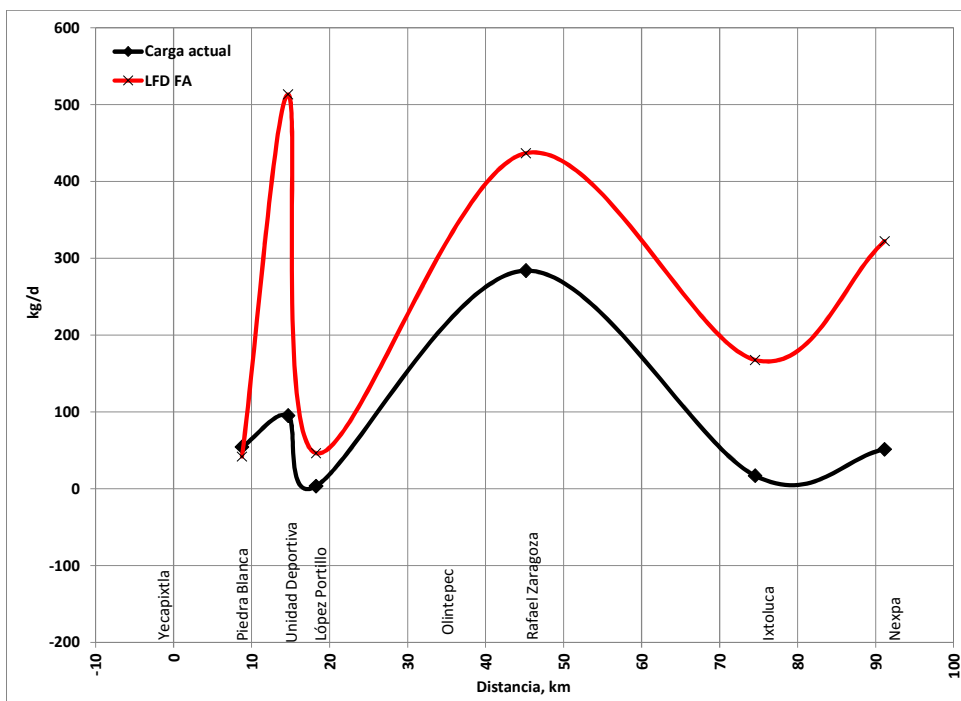


Figura 2. 291. Carga de Nitratos en el río Cuautla

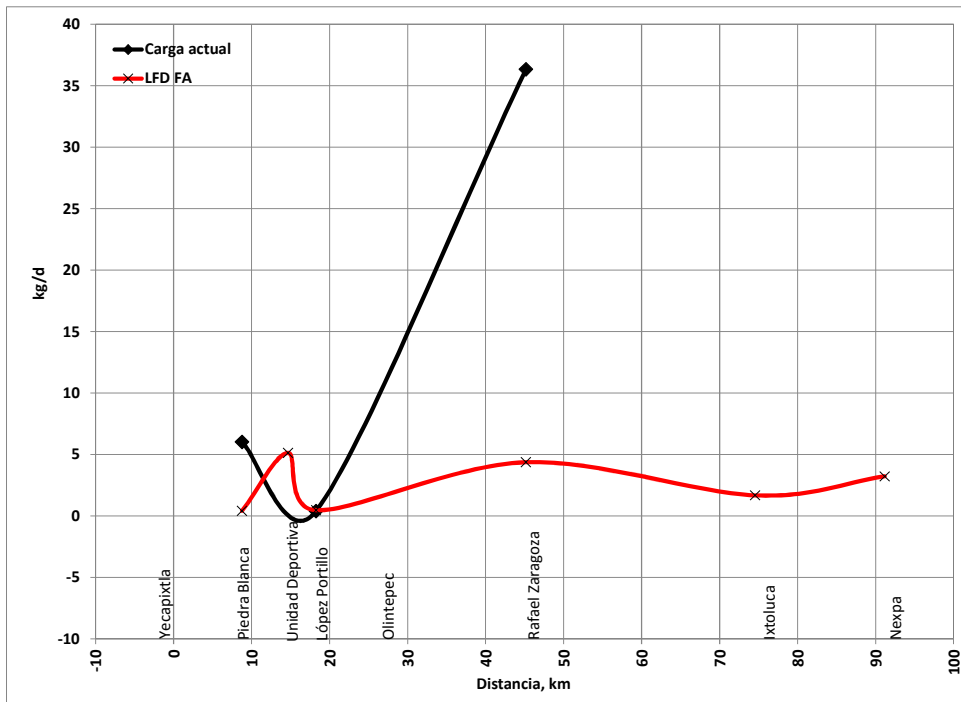


Figura 2. 292. Carga de Nitritos en el río Cuautla

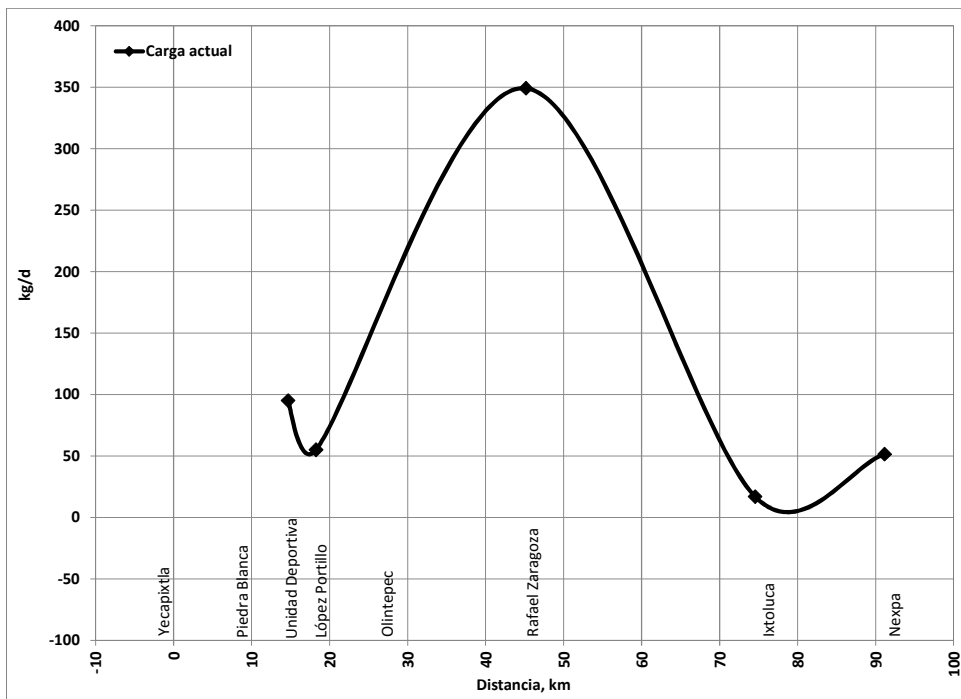


Figura 2. 293. Carga Nitrógeno Total en el río Cuautla

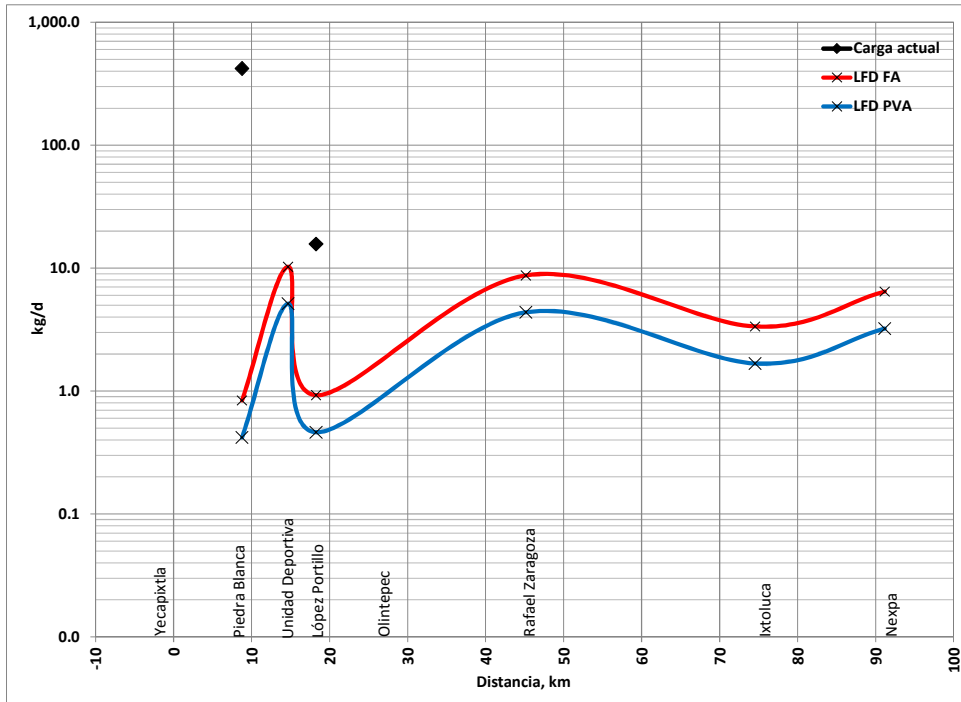


Figura 2. 294. Carga Fósforo Total en el río Cuautla

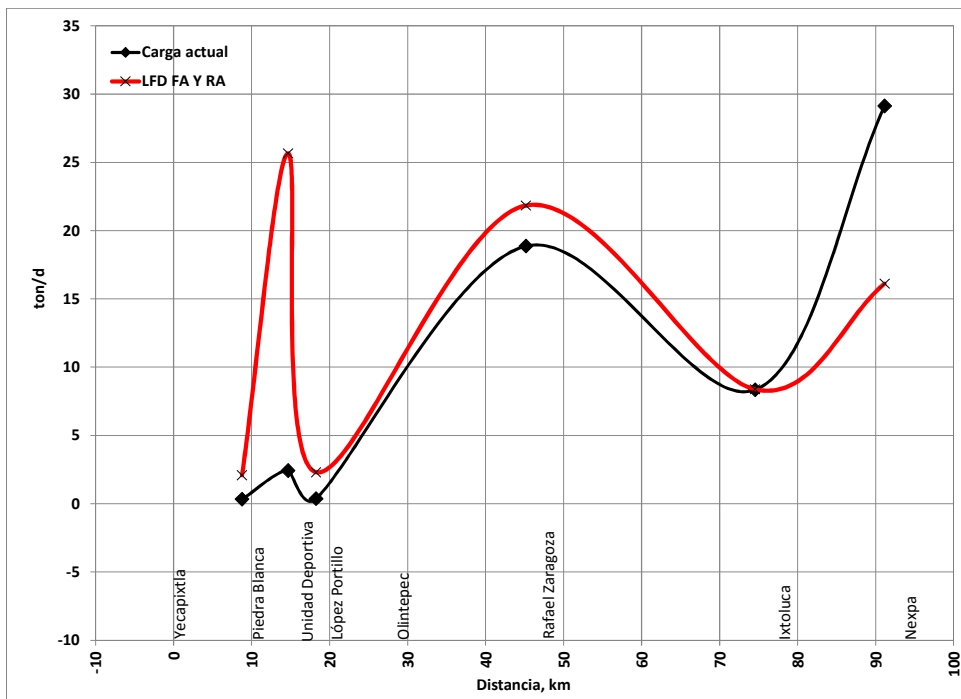


Figura 2. 295. Carga Sulfatos en el río Cuautla

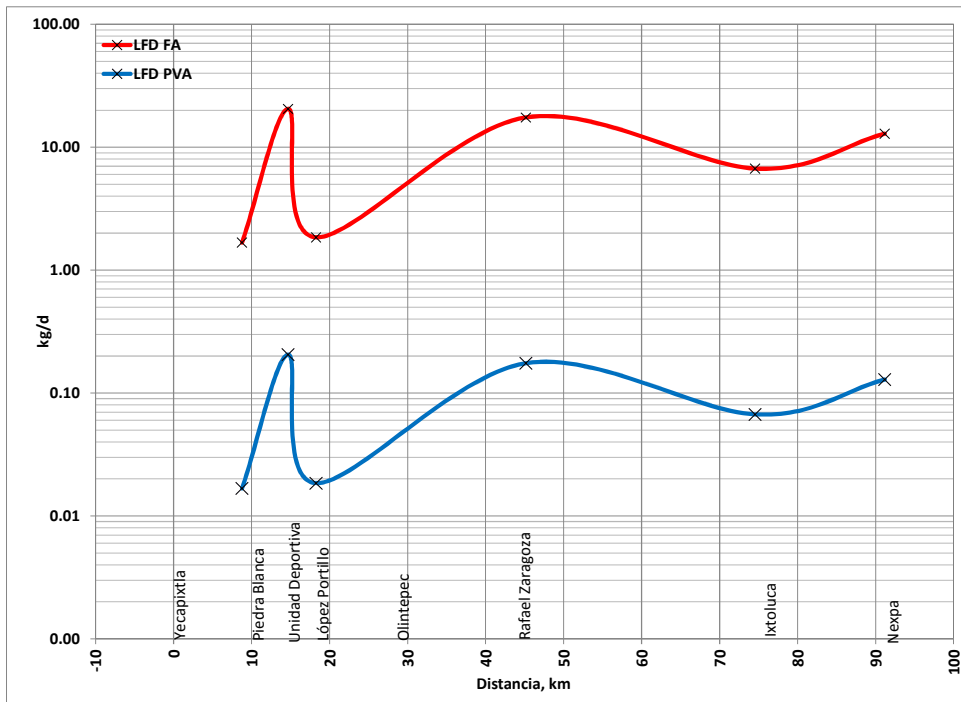


Figura 2. 296. Carga de Sulfuros en el río Cuautla

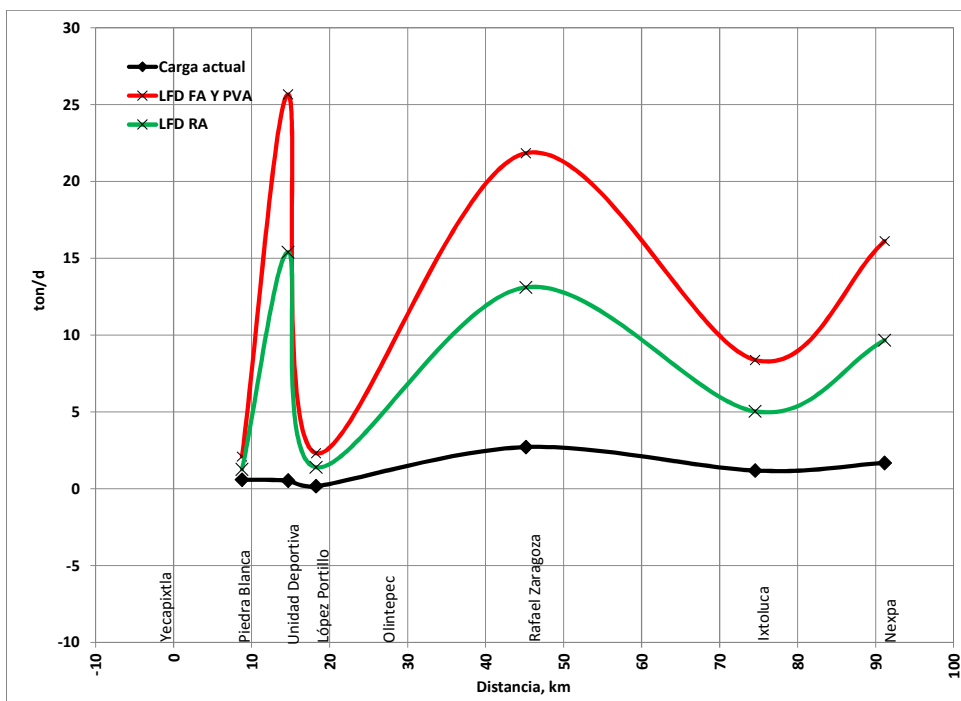


Figura 2. 297. Carga de Cloruro en el río Cuautla

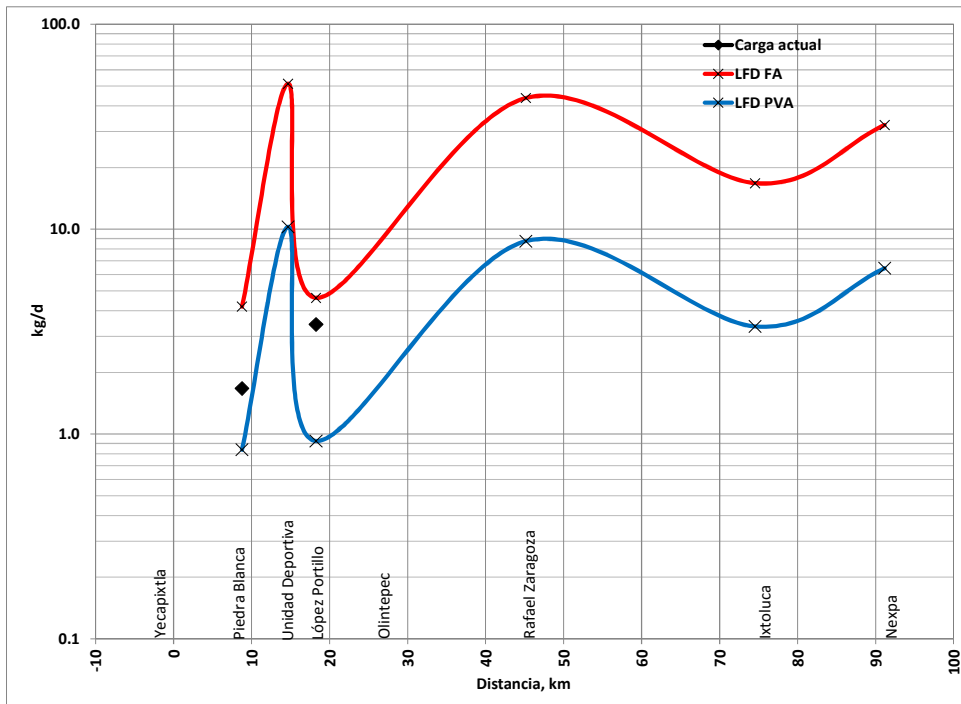


Figura 2. 298. Carga de Sustancias Activas al Azul de Metileno en el río Cuautla

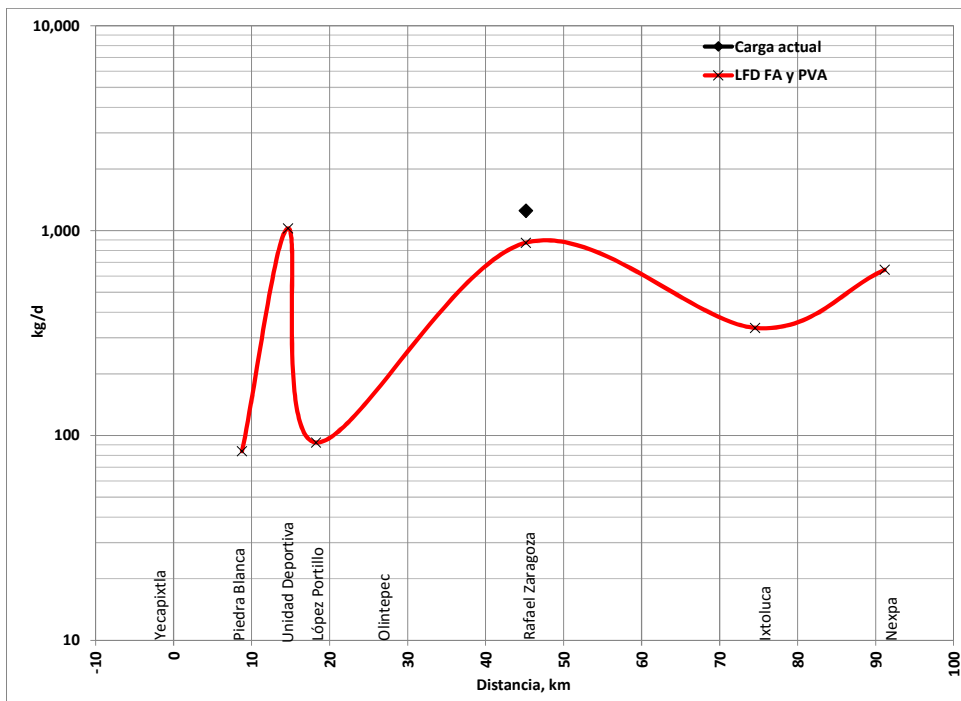


Figura 2. 299. Carga de Grasas y Aceites en el río Cuautla

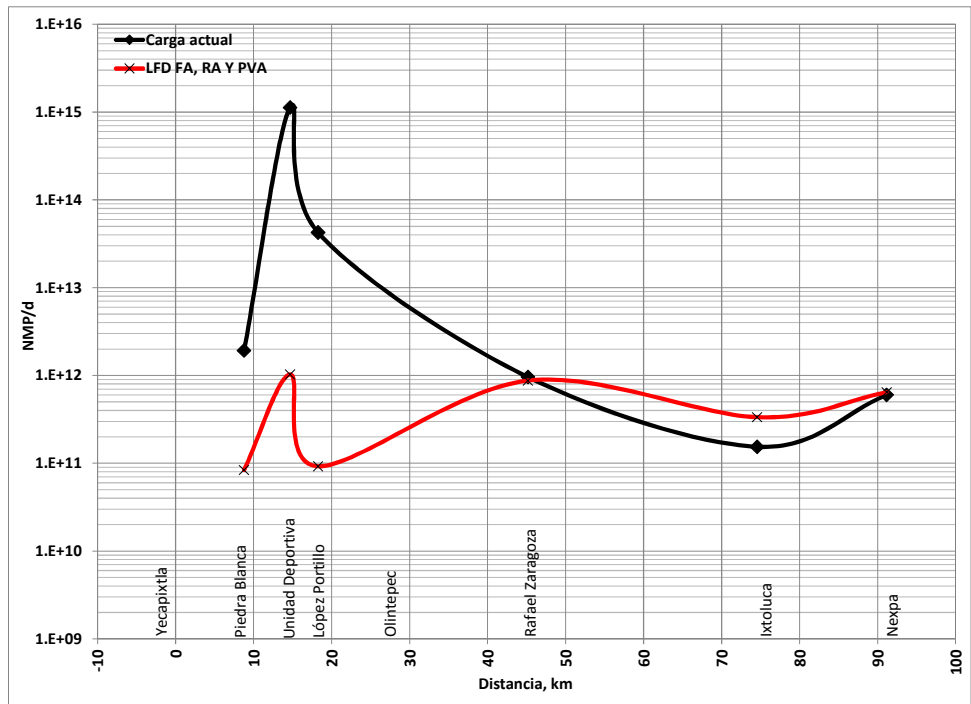


Figura 2. 300. Carga de Coliformes Fecales en el río Cuautla

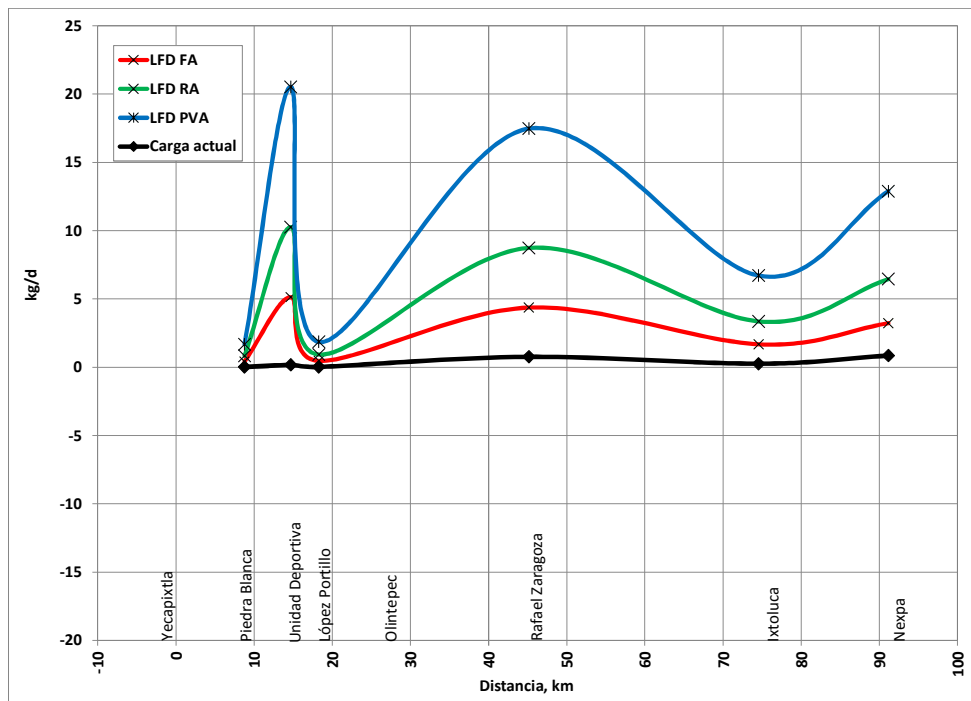


Figura 2. 301. Carga de Arsénico en el río Cuautla

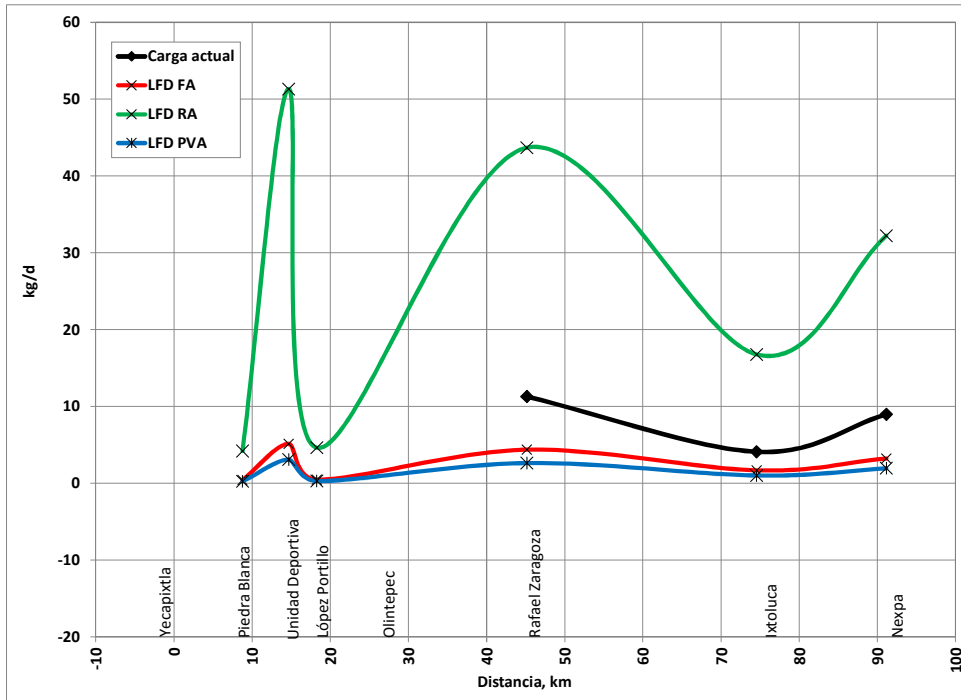


Figura 2. 302. Carga de Plomo en el río Cuautla

2.4. Índice de calidad del agua

Un índice de calidad del agua es una manera conveniente de resumir una gran cantidad de datos de calidad del agua, y permite una interpretación sencilla de las condiciones de calidad del agua que un sitio tiene. El índice de calidad aplicado, fue desarrollado en Canadá y es una variación de la metodología propuesta por el Ministerio de Medio Ambiente de la Columbia Británica. El índice se conoce como CCME Water Quality Index, e incorpora tres elementos, 1. Alcance, el número de variables que no alcanzan los criterios de calidad del agua, 2. Frecuencia, el número de veces en que estos criterios no se cumplen y, 3. Amplitud, la cantidad en que los criterios son excedidos. Este índice produce un número entre 0 (peor calidad) y 100 (mejor calidad del agua). Este índice está dado por la siguiente expresión,

$$CCMEWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$$

En donde,

$$F_1 = \left(\frac{\text{Numero de variables que no cumplen}}{\text{Total de variables}} \right) * 100$$

$$F_2 = \left(\frac{\text{Numero de veces que se exceden}}{\text{Total de muestras}} \right) * 100$$

$$\text{excursión}_i = \left(\frac{\text{Valor que excede criterio}}{\text{criterio}} \right) - 1$$

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{excursión}_i}{\text{total de muestras}}$$

$$F_3 = \left(\frac{nse}{0.01 * nse + 0.01} \right)$$

http://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/calculators.html

Se proponen cinco escalas de clasificación, las cuales están definidas en la siguiente tabla.

Tabla 2. 89. Rangos de clasificación

Valor	Criterio
95 – 100	Excelente
80 – 94	Bueno
65 – 79	Regular
45 - 64	Contaminado
0 - 44	Muy contaminado

Para el caso de los ríos Cuautla, Yautepec y Dulce, la aplicación del índice Canadiense de calidad del agua CCME Water Quality Index versión 1.0, dio los siguientes resultados.

Río Cuautla

Tabla 2. 90. Resultado de índice de calidad para el río Cuautla

<i>Sitio</i>	<i>Índice Calidad</i>	<i>Grado contaminación</i>	<i>Escala</i>
Piedra Blanca	33.7	Muy Contaminada	1
Unidad Deportiva	39.4	Muy Contaminada	1
López Portillo	41.9	Muy Contaminada	1
Rafael Zaragoza	57.4	Contaminada	2
Ixtoluca	72.5	Regular	3
Nexpa	55.6	Contaminada	2

Río Yautepec

Tabla 2. 91. Resultado de índice de calidad para el río Yautepec

<i>Sitio</i>	<i>Índice Calidad</i>	<i>Grado contaminación</i>	<i>Escala</i>
Cocoyoc balneario	32.2	Muy contaminado	1
Yautepec Centro	34.5	Muy contaminado	1
Centro IPN	50.3	Contaminado	2
Tlaltizapán	47.5	Contaminado	2
Después confluencia con Dulce	54.1	Contaminado	2
Pedro Amaro	39.4	Muy contaminado	1

Río Dulce

Tabla 2. 92. Resultado de índice de calidad para el río Dulce

<i>Sitio</i>	<i>Índice Calidad</i>	<i>Grado contaminación</i>	<i>Escala</i>
Las Fuentes	74.5	Regular	3
Tezoyuca	59.1	Contaminado	2
Acamilpa	76.9	Regular	3
Tlaltizapán	71.3	Regular	3

Los resultados muestran que las condiciones de calidad en estos río y para los datos de las dos campañas de monitoreo, van de muy contaminadas a regulares, con una tendencia a mejorar hacia aguas debajo de estos ríos. El afluente río Dulce es el que en general presenta mejores condiciones de las tres corrientes. Para la aplicación de este índice, se recomiendan al menos cuatro fechas de monitoreo, es recomendable efectuar al menos dos campañas adicionales para cumplir dicha recomendación.

En la Figura 2. 303 se ilustra el índice de calidad en cada una de las estaciones de los ríos Yautepec, dulce y Cuautla.

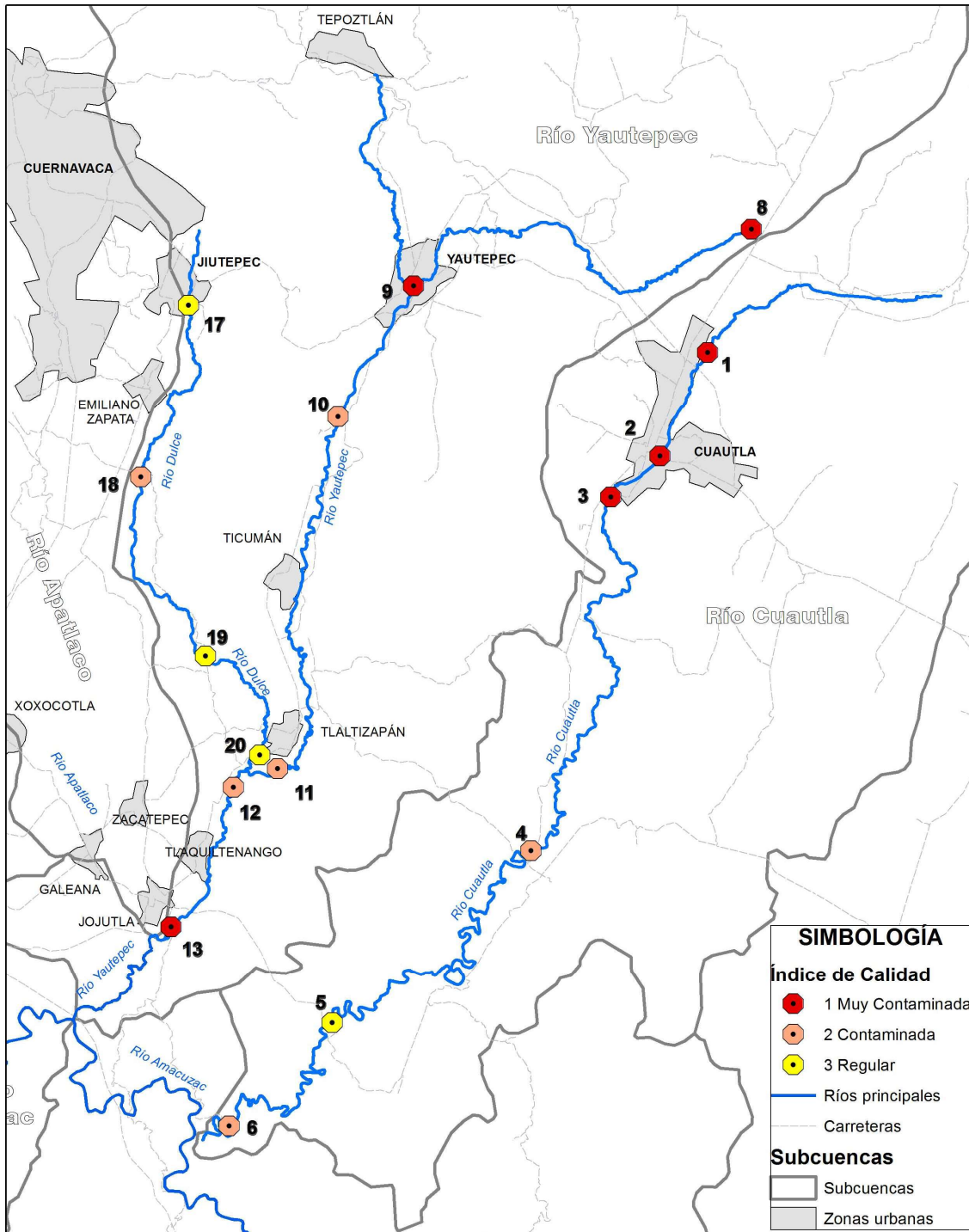


Figura 2. 303. Índice de calidad del agua en los ríos Yautepec, Dulce y Cuautla.

2.5. Resumen de resultados de calidad del agua, segundo muestreo

Los resultados de los parámetros de campo y laboratorio para la primera campaña de muestreo, comparados con los criterios de calidad del agua dados en la LFD para los tres usos principales, es decir Fuente de Abastecimiento (FA), riego agrícola (RA) y Protección de Vida Acuática (PVA), y para los criterios de CONAGUA para DBO, DQO y SST, indican lo siguiente;

La calidad del agua respecto a DBO en los ríos Yautepec, Dulce y Cuautla se clasifica de Aceptable a Excelente en todas las estaciones. Con respecto a al DQO muestra una clasificación de Contaminada en el tramo inicial del río Yautepec desde Tepoztlán hasta Yautepec. Los SST presentan una clasificación de Fuertemente Contaminado únicamente en la primera estación del río Yautepec en Tepoztlán.

El Oxígeno Disuelto presenta concentraciones arriba de los criterios para los tres usos en los tres ríos, con concentraciones por arriba de los 4 mg/l, excepto en la estación "López Portillo" del río Cuautla.

En cuanto a metales, se encontrón concentraciones altas en la parte alta del Yautepec en el Balneario El Bosque, en donde el Mercurio supera los criterios de PVA y FA, y el Zinc supera el criterio de PVA. En el caso del Níquel supera el criterio de FA en EL Bosque y en la estación Yautepec Centro. Tanto en el río Dulce como el Cuautla no se exceden los criterios para metales.

Los Sulfatos en la parte baja del Cuautla en Nexpa y en la parte media del Yautepec en Tlaltizapan no cumplen con los criterios para FA y RA. Las concentraciones de Sulfuros en todas las estaciones del río Cuautla superan los criterios de FA y PVA, al igual que en la parte baja del río Dulce en las estaciones Acamilpa y Tlaltizapan.

Los detergentes como SAAM presentan valores por encima de los criterios en solo dos sitios, en el río Cuautla en la estación Lopez Portillo, el valor supera el criterio para PVA, y en el río Dulce en la estación Acamilpa, también incumple este criterio.

Para Color Verdadero, el río Cuautla en el segmento medio a bajo, las concentraciones de este parámetro superan el criterio para PVA. En el río Yautepec, la parte alta y media también se incumplen los valores para este criterio.

Las Grasas y Aceites, en dos sitios del río Cuautla, superan los criterios para FA y PVA, en Lopez Portillo, es decir después de la Ciudad del Cuautla y en la última estación en Nexpa. En el Yautepec, lo mismo ocurre en la estación después de la confluencia con el Dulce y en el río Dulce en la estación de Tezoyuca.

Para las especies de Nitrógeno, Amoniacal y Nitratos, el río Cuautla presenta problemática en las estaciones que se ubican en la zona urbana de Cuautla. En el río Yautepec, desde El Bosque hasta la última estación, el Nitrógeno Amoniacal supera el criterio para PVA. En

el río Dulce, todas las estaciones superan también el criterio para PVA. Los Nitratos, a pesar de que supera el criterio para FA, este incumplimiento se da en menor medida con respecto al Amoniaco.

EL Fósforo Total en todas las estaciones y en los tres ríos, incumple los criterios para FA y PVA.

Las series de Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales y Totales, en el río Cuautla incumplen algunos o varios de los tres criterios de uso, en las estaciones que se ubican en la parte baja, es decir desde Rafael Zaragoza hasta Nexpa. En el río Yautepec la problemática se presenta en la totalidad del río, y en el río Dulce en la última estación.

La contaminación bacteriológica, medida con el parámetro de Coliformes Fecales, indica que en el río Cuautla, solo la estación Rafael Zaragoza presenta valores por encima del criterio de los 1000 NMP/100 ml. En el río Yautepec, se supera este criterio en tres sitios, en Tepoztlán, Yautepec Centro y Pedro Amaro. En el río Dulce en la última estación antes de su confluencia con el Yautepec.

Cargas transportadas

La Declaratoria de Cuerpo de Agua define como principal uso el de Fuente de Abastecimiento para los tres cuerpos del presente estudio. Con relación a las cargas transportadas y su comparación con las cargas permisibles definidas en la LFD con respecto al uso principal de estos tres cuerpos de agua (FA), se encontró lo siguiente;

La capacidad de asimilación de Sólidos Disueltos Totales y Sólidos Totales en el río Yautepec desde Centro IPN hasta su parte baja, se ve superada por las cargas transportadas medidas durante los dos muestreos. De igual manera las cargas de Nitritos (NO_2), superan los valores permisibles en el tramo mencionado anteriormente excepto en Tlaltizapán. Las cargas de Fósforo Total durante el primer muestreo superan las permisibles en todo el río Yautepec, en el segundo muestreo solo en Centro IPN superan estos valores. Las cargas de Sulfatos superaron las cargas permisibles en el tramo de Tlaltizapan hasta Pedro Amaro, durante el segundo muestreo desde Yautepec hasta Tlaltizapán. Con respecto a la carga de Sulfuros, estos excedieron los valores permisibles en todo el río Yautepec durante la primera campaña. La carga de Coliformes Fecales alcanza valores que sobrepasan la carga permisible durante la primera campaña excepto en Centro IPN, durante la segunda campaña la problemática se centra en la localidad de Yautepec y en la parte baja en Pedro Amaro. Con respecto a los metales y durante la primera campaña las cargas de Mercurio excedieron las permisibles en la primera y última estación, es decir en Cocoyoc y en Pedro Amaro. La carga de Niquel sobrepasa las cargas permisibles en las dos primeras estaciones, es decir en Cocoyoc y Yautepec. Durante la segunda campaña la carga de Plomo excede a la carga permisible en todo el río Yautepec, excepto en el tramo entre las estaciones Centro IPN y Tlaltizapán.

Con relación al río Dulce, y durante la primera campaña las cargas, es la carga de Fósforo Total la que presenta valores superiores a los permisibles y la carga de Sulfuros en la parte baja en Acamilpa. Durante la segunda campaña la carga de Nitritos (NO_2) en Tezoyuca sobrepasa la carga permisible.

En el río Cuautla, las cargas de Sólidos Disueltos Totales y Sólidos Totales presentan valores mayores a los admisibles en Piedra Blanca y en el tramo bajo desde Rafael Zaragoza hasta Nexpa durante las dos campañas de muestreo. Los Sólidos Suspendidos Totales exceden su carga en el tramo bajo mencionado anteriormente. La carga de Nitratos (NO_3) se ve excedida solo en Piedra Blanca y durante el primer muestreo. La carga de Nitritos (NO_2) se ve excedida en el tramo entre Piedra Blanca hasta Rafael Zaragoza, excepto en Olin-tepec. La carga de Fósforo Total se ve excedida en todo el río Cuautla excepto en el sitio Olin-tepec. La carga de Sulfatos y en ambos muestreos, excede la permisible en la estación Nexpa (hasta aguas abajo del tramo de estudio). La carga de Fenoles presenta valores por arriba de la carga permisible en el tramo entre Piedra Blanca y López Portillo, y solo durante el primer muestreo. La carga de Grasas y Aceites excede la carga permisible en la parte baja del río Cuautla en las estaciones López Portillo, Rafael Zaragoza y Nexpa. La carga bacteriológica como Coliformes Fecales en el río Cuautla, se ve superada prácticamente en todo el río excepto en las dos últimas estaciones, Ixtoluca y Nexpa. En este río el metal que presenta cargas por arriba de las permisibles, es el Plomo, el cual y durante la primera campaña supero los valores permisibles en las tres estaciones finales del río, es decir desde Rafael Zaragoza hasta Nexpa.

2.6. Modelación de la calidad del agua

Para conservar y mejorar la calidad de los cuerpos de agua, se fijan límites máximos de concentración de contaminantes a los responsables de descargas de aguas residuales, por medio del establecimiento de Condiciones Particulares de Descarga (CPD's). La Norma Oficial Mexicana, NOM-001-SEMARNAT-1996, establece de manera general estos límites, sin embargo, en algunos casos, o bien, para algunos de los parámetros de calidad del agua, la norma puede ser insuficiente. Para tener la certeza de que los límites establecidos serán suficientes para alcanzar las metas de calidad propuestas para el cuerpo de agua, y de que las fuertes inversiones en infraestructura, y posteriormente en operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento requeridas, darán los resultados esperados, se requiere de estudios particulares para cada cuerpo de agua, con el propósito de conocer su situación actual y el impacto de las descargas en su calidad, y con ello tener elementos bien fundamentados para elegir apropiadamente estrategias y acciones correctivas para el saneamiento de la corriente, o la implantación de medidas preventivas para conservar y mejorar su calidad.

Los estudios deben estar sustentados en la modelación del comportamiento de los contaminantes en el agua, para garantizar que sean realistas y útiles. La forma más accesible para realizar una modelación de la calidad del agua, es emplear modelos que involucren los principales parámetros de interés sanitario y ambiental.

A través de la modelación se puede predecir los efectos en la calidad de un cuerpo de agua que se van a presentar a causa de las diferentes descargas de aguas residuales presentes o proyectadas, los efectos de eliminar descargas o bien de reducir las cargas de contaminantes en descargas o en corrientes tributarias, así como el efecto de variar los caudales en la corriente; por ejemplo, por al establecer un caudal mínimo. De esta manera se obtienen valiosos elementos de juicio que van a sustentar la toma de decisiones para la regulación de las descargas de aguas residuales.

Actualmente existen diferentes modelos para simular la calidad del agua en corrientes superficiales, enfocados principalmente en el comportamiento del Oxígeno Disuelto ante la presencia de materia orgánica proveniente de distintos tipos de descargas de aguas residuales, en virtud de que el contenido de Oxígeno Disuelto es fundamental para el sostenimiento de la vida acuática, y como fuente de abastecimiento de agua potable.

El modelo QUAL2K, desarrollado por la *U.S. Environmental Protection Agency*, es la herramienta utilizada en este trabajo. Algunas de sus características que lo hacen apto para los fines que aquí se persiguen, son:

- Se puede modelar los principales parámetros de la calidad del agua: oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, nutrientes, bacterias coliformes;
- Está diseñado para simular diferentes escenarios, estrategias alternativas o complementarias para conservar y mejorar la calidad del agua de corrientes superficiales;
- Permite evaluar la capacidad de asimilación y dilución de contaminantes del cuerpo receptor;

- Se pueden incluir múltiples descargas de aguas residuales y aprovechamientos así como extracciones;
- El modelo se calibra con los parámetros medidos en la corriente, para representar la calidad del agua para cada sistema o río en particular.

El modelo está constituido por un conjunto de módulos o subrutinas; cada uno de ellos realiza cálculos específicos de los fenómenos involucrados, mediante la solución de ecuaciones diferenciales a través de métodos numéricos y generan o reproducen las condiciones que se presentarían a lo largo de los ríos, esto es, los perfiles de concentración de los principales parámetros de calidad del agua, bajo los escenarios simulados.

Para fines de modelación, los ríos Yautepec y Cuautla se dividieron en varias zonas. En la Tabla 2. 93, Tabla 2. 94 y Tabla 2. 95 se muestran, respectivamente, la descripción de cada una de las zonas para los ríos Dulce, Yautepec y Cuautla.

Tabla 2. 93. Descripción de zonas en el río Dulce

No.	Zona	Delimitación	Características
1	Las Fuentes	Inicia en la estación 1 localizada en el Balneario Las Fuentes en Jiutepec, Morelos y termina en la estación 2. Tezoyuca, ubicada en la zona limítrofe de la misma localidad sobre puente carretera Aeropuerto-Cuernavaca.	Longitud de la zona 14.74 km.
2	Tezoyuca	Inicia en la estación 2. Tezoyuca y termina en la estación 3. Acamilpa, ubicada a la entrada de la localidad, en la carretera que comunica con Temimilcingo.	Longitud de la zona 11.91 km.
3	Tlaltizapán	Inicia en la estación 3. Acamilpa y termina en la confluencia con el río Yautepec. En esta zona se localiza la estación 4. Tlaltizapán, que se ubica bajo el puente sobre carretera Aquiles-Serdan, a 2.54 km antes de la confluencia con el río Yautepec.	Longitud de la zona 10.81 km.

Tabla 2. 94. Descripción de zonas en el río Yautepec

No.	Zona	Delimitación	Características
1	Cocoyoc	Inicia en la estación 2. Cocoyoc, ubicada en el lugar denominado "El Bosque" a un costado sobre la carretera México-Cuautla, termina en la estación 3. Yautepec Centro, ubicada a 0.24 km antes de la confluencia con el arroyo Apanctezalco.	Longitud de la zona 24.84 km.
1A	Arroyo Apanctezalco	Inicia en la estación 1. Tepoztlán y termina en la confluencia con el río Yautepec.	Longitud de la zona 13.93 km.
2	Yautepec	Inicia en la estación 3. Yautepec Centro, y termina en la estación 5. IPN, ubicada a un costado de las instalaciones del Instituto Politécnico Nacional.	Longitud de la zona 8.01 km.
3	Tlaltizapán	Inicia en la estación 5. IPN y termina en la estación 6. Tlaltizapán, ubicada al sur de la localidad de Tlaltizapán, a 1.91 km antes de la confluencia con el río Dulce.	Longitud de la zona 24.1 km.

No.	Zona	Delimitación	Características
4	Confluencia	Inicia en la estación 6.Tlaltizapán y termina en la estación 7.Después de confluencia con Dulce, ubicada a 1.28 km después de la confluencia con el río Dulce.	Longitud de la zona 3.19 km.
4.	Pedro Amaro	Inicia en la estación 7.Después de confluencia con Dulce y termina en la estación 8. Pedro Amaro, ubicada a un costado de la localidad de Pedro Amaro, sobre la carretera Higuerón-Jojutla.	Longitud de la zona 9.42 km.

Tabla 2. 95. Descripción de zonas en el río Cuautla

No.	Zona	Delimitación	Características
1	Yecapixtla	Inicia en la estación 1. Yecapixtla, ubicada dentro de la misma localidad bajo el puente Defensa, termina en la estación 2.Piedra Blanca, ubicada a un costado de la colonia Piedra Blanca de Cuautla.	Longitud de la zona 8.77 km.
2	Piedra Blanca	Inicia en la estación 2.Piedra Blanca y termina en la estación 3. Unidad Deportiva, ubicada en el centro de Cuautla, sobre puente Boulevard del Río.	Longitud de la zona 5.91 km.
3	Cuautla	Inicia en la estación 3. Unidad Deportiva y termina en la estación 6. López Portillo, ubicada a la salida de Cuautla sobre puente carretera Avenida José López Portillo.	Longitud de la zona 3.58 km
4	López Portillo	Inicia en la estación 6. López Portillo, y termina en la estación 7.Olintepepec , ubicada a la salida de la localidad de Olintepepec en la carretera que conduce hacia Tenextepango	Longitud de la zona 9.44 km.
5	Olintepepec	Inicia en la estación 7.Olintepepec y termina en la estación 8.San Rafael Zaragoza, ubicada en la salida de la localidad sobre puente carretera que conduce a la localidad de Chinameca.	Longitud de la zona 17.46 km.
6.	San Rafael	Inicia en la estación 8.San Rafael Zaragoza y termina en la estación 9.Ixtoluca, ubicada en la localidad que lleva el mismo nombre sobre puente El Astillero	Longitud de la zona 29.39 km.
7.	Ixtoluca	Inicia en en la estación 9.Ixtoluca y termina en la estación 10. Nexpa, que se ubica en la localidad de Nexpa, sobre puente de carretera a la salida al sur de la localidad.	Longitud de la zona 16.60 km.

En la Figura 2. 304 se muestra el diagrama unifilar del río Cuautla, similarmente en la Figura 2. 305, se muestra el diagrama unifilar del río Yautepec y su afluente el río Dulce.

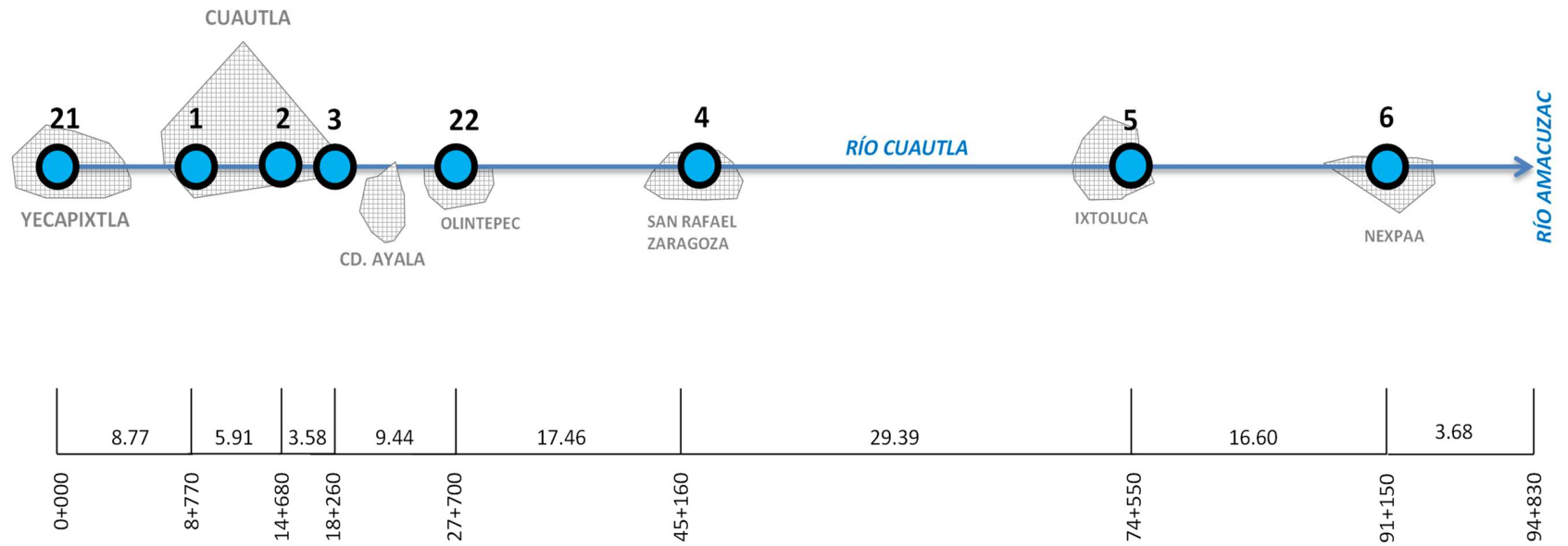


Figura 2. 304. Unifilar del río Cuautla.

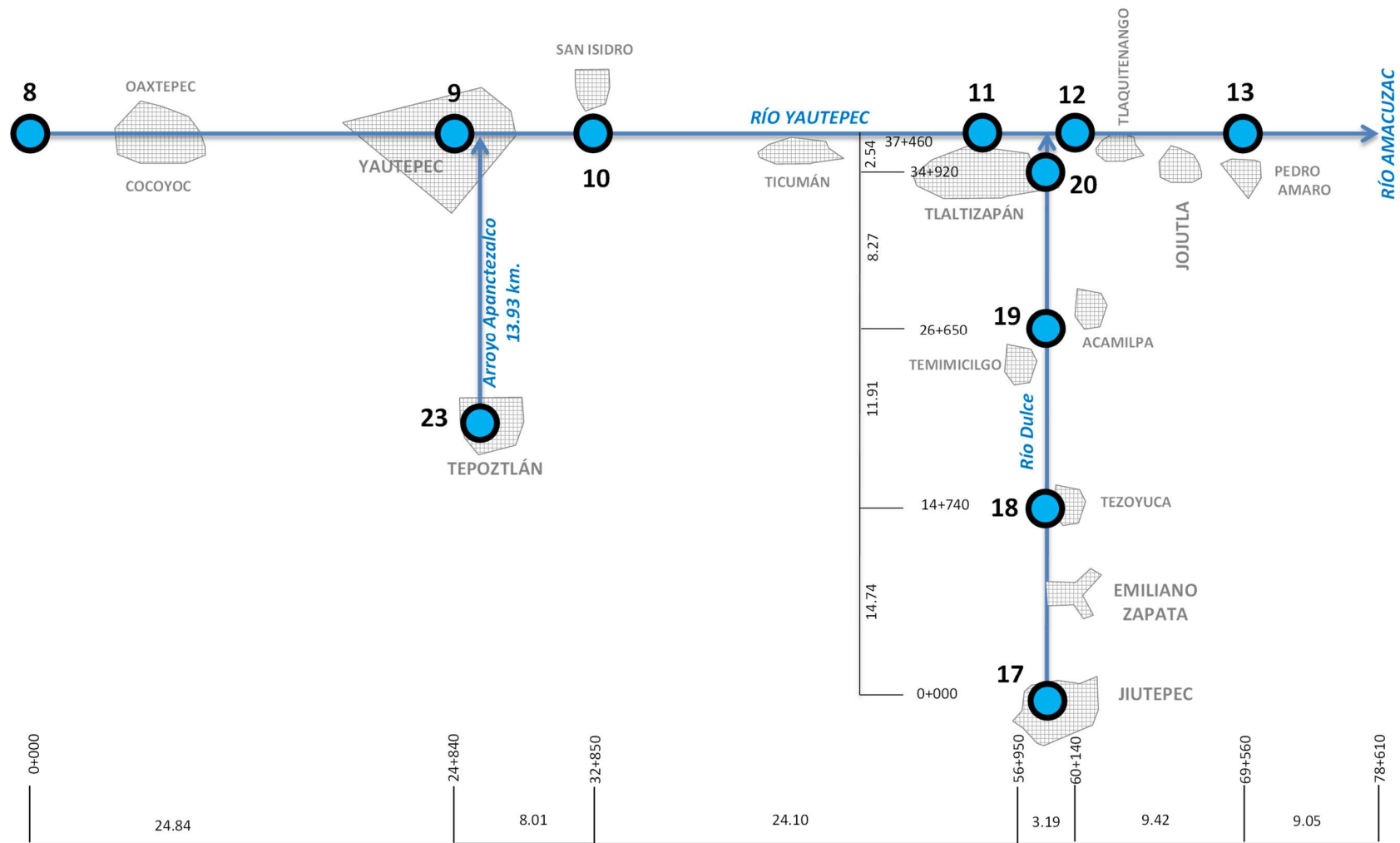


Figura 2. 305. Unifilar del río Yautepec y el río Dulce.

2.7. Geomorfología

En el ámbito de la geomorfología el estudio de las formas se ha desarrollado tradicionalmente empleando múltiples herramientas (fotografías aéreas, mapas topográficos y geológicos, in situ, etc.) que permiten al especialista captar visualmente la globalidad del fenómeno, en la que no siempre es sencillo cuantificar sus características. A pesar de que los estudios morfométricos cuentan con una amplia tradición en geomorfología desde mediados del siglo XX, la mayor parte de los mismos, especialmente los estudios de redes de drenaje, se han tendido a centrar en la disposición planimétrica no considerándose la dimensión altimétrica (Rodríguez-Iturbe & Rinaldo, 1997). En la actualidad, la disponibilidad de modelos digitales de elevación (MDE) permite enfrentar análisis sistemáticos del territorio contemplando sus tres dimensiones, lo que sin duda mejora sustancialmente su comprensión geomorfológica.

Los ríos son sistemas naturales enormemente dinámicos y complejos cuya principal función es el transporte de agua, sedimentos, nutrientes y seres vivos, conformando corredores de gran valor ecológico, paisajístico y bioclimático. Por tanto, la red fluvial constituye un elemento clave en la dinámica ambiental y en la planificación territorial. Los ríos cuentan con mecanismos de autorregulación de sus escorrentías extremas y con sistemas de autodepuración, llegando a regular también los procesos litorales (deltas, playas, etc.). Todas estas valiosas funciones fluviales sólo pueden ser desarrolladas en los ríos, barrancos y ramblas que conservan una dinámica activa con procesos naturales de erosión, transporte y sedimentación (Ollero, 2007), es decir, sólo si se respetan los diferentes grados de libertad –en planta, anchura y calado- geomorfológica (Martín Vide J.P. and A., Andreitta , 2006).

Estos sistemas naturales en equilibrio dinámico o ajuste permanente, cuentan con esa dinámica o movilidad geomorfológica, lateral y vertical, como mecanismo de regulación de las fluctuaciones de los caudales líquidos y sólidos (Black, A. R. and A. Werritty, 1997). El cauce fluvial es un elemento geomorfológico construido por el propio río para evacuar con eficiencia los caudales tanto hídricos como sólidos. Su morfología y dimensiones son modeladas por sobrantes energéticos, de manera que quedan ajustadas para poder conducir las crecidas ordinarias entre las orillas. En ríos y ramblas mediterráneos los procesos controlan a las formas en episodios de gran magnitud, mientras que las formas controlan a los procesos con caudales medios y bajos (Graf, 1988). El perfil longitudinal, generalmente resuelto en una sucesión de rápidos y remansos, es también un mecanismo automático que regula el transporte y da unidad y continuidad a todo el sistema.

El método geomorfológico de los ríos de Rosgen comprende cuatro niveles. En el primer nivel se clasifica el río de acuerdo a su pendiente y forma; el segundo nivel se clasifica el río de acuerdo al radio de estrechamiento, a la relación ancho-profundidad y a la sinuosidad; el tercer nivel se clasifica al río de acuerdo a la vegetación ripariana, patrón de los meandros

y suministro de sedimentos, y; el cuarto nivel se clasifica al río de acuerdo a la medición de sedimentos y a las características del flujo.

De acuerdo a lo anterior, se realizó la clasificación morfológica de los ríos Yautepec, Cuautla y Cuautla utilizando el método de Rosgen (Rosgen, D. 1994).

Nivel 1: Caracterización geomorfológica

Para llevar a cabo estudios de caracterización geomorfológica, como la clasificación de Rosgen, se requiere efectuar levantamientos topográficos en el cauce, que permitan determinar las características particulares de cada sección, para esto es necesario realizar un levantamiento de la sección de estudio en coordenadas UTM y elevaciones en metros sobre el nivel del mar para saber las características físicas del sitio en cuanto a configuración topográfica se refiere.

De varios recorridos de campo, fueron seleccionadas nueve secciones en los ríos Cuautla, Yautepec y Dulce, los sitios propuestos se muestran a continuación

1. Nexpa, en el cauce del río Cuautla
2. Cuautla en el cauce del río Cuautla
3. Moyotepec, cauce del río Cuautla
4. San Rafael Zaragoza, cauce del río Cuautla
5. Yautepec Politécnico, cauce del río Yautepec
6. Tezoyuca, Cauce del río Dulce
7. Acamilpa, Cauce del río Dulce
8. Yautepec Centro, cauce del río Yautepec
9. Tlaltizapan Centro, cauce del río Yautepec

Los sitios seleccionados para realizar el levantamiento topográfico de la sección transversal al cauce de la corriente deben tener ciertos requisitos para cumplir con las normas que marcan los estudios de geomorfología, por lo que fue necesario hacer un recorrido previo en el cauce para determinar la sección que cumpliera con dichas características.

Una vez localizados los sitios de trabajo se instaló el equipo GPS topográfico de 1 banda para obtener el geoposicionamiento en formato UTM y la elevación del vértice de inicio en m.s.n.m y así introducir las coordenadas de trabajo en la estación total (ver especificaciones de ambos equipos en el anexo 3), de esta forma se procedió a abarcar en la sección un ancho considerable que definiera ambas márgenes para conocer las características de perfil (configuración y geometría).

Para la caracterización geomorfológica se hace una descripción general de la corriente, considerando la topografía y forma de la corriente. En este nivel se identifica si la corriente tiene un solo canal o más, con el fin de clasificarla "A", "B", "C", "D", "E", "F", "G" o "DA"

Nivel 2: Descripción morfológica

En este nivel las características del río se toman en campo donde se identificaron:

- Pendiente
- Profundidad máxima
- Ancho de la ribera Máxima (AMR)
- Ancho del área de inundación (AAI)
- Profundidad media (P)
- Tasa ancho profundidad (TAP)
- Sinuosidad (S)
- Tasa de confinamiento (TC)
- Diámetro promedio del sedimento

Pendiente: La pendiente es la diferencia de altitud entre el sitio aguas arriba y aguas abajo dividido entre la distancia de los dos sitios.

Profundidad máxima: A partir del nivel del agua se mide hacia el fondo del cauce para encontrar el punto más profundo

Profundidad promedio: Se suman todas las profundidades obtenidas, el resultado se divide entre el número de mediciones realizadas.

Ancho de la ribera máxima: Es la profundidad máxima en toda la sección desde el nivel del agua hacia el fondo multiplicado por dos

Ancho del área de inundación: Distancia entre los márgenes del cauce

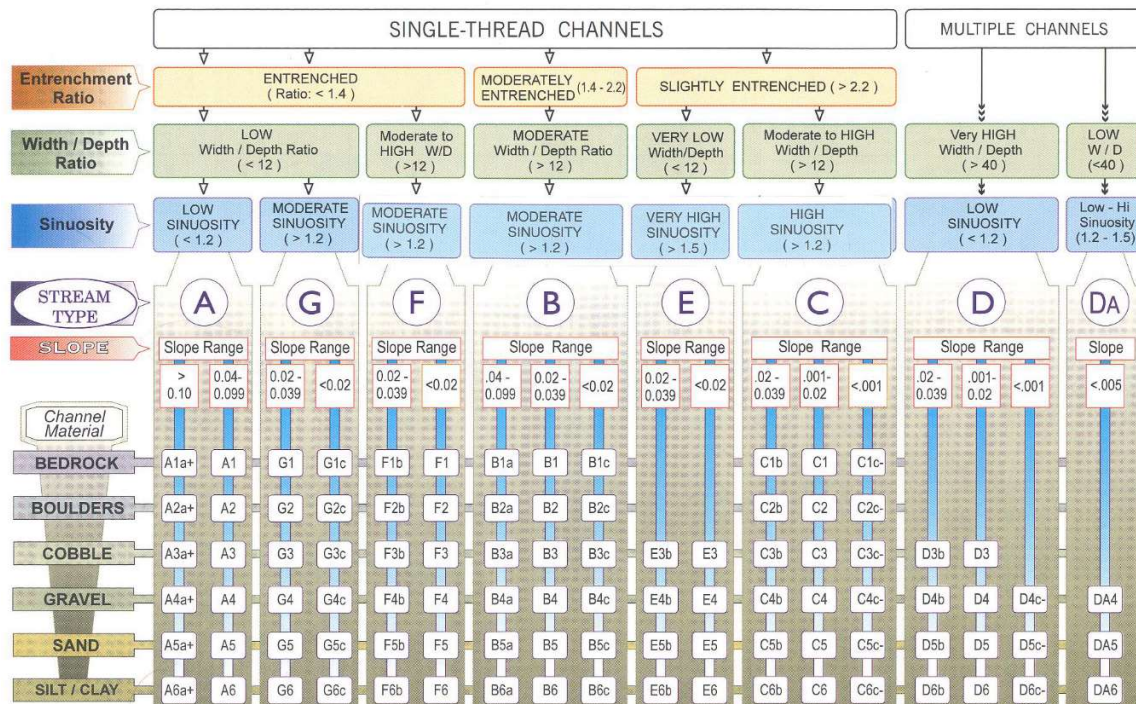
Tasa ancho-profundidad: Se divide el ancho de la ribera máxima entre la profundidad media

Tasa de confinamiento: Se divide el área de inundación entre el ancho máximo de la ribera

Sinuosidad: Se divide la distancia sobre el cauce y lineal desde un meandro a otro

Sustrato: Se obtiene midiendo el diámetro del sedimento del fondo del cauce, para eso las partículas se recogen del fondo sin verlas y se miden en línea diagonal. La primera medición se realiza en la orilla y a cada paso se hace una nueva medición. Se deben realizar 100 mediciones por sitio y después del conteo sí el sedimento que está presente en más del 50% se determina como dominante.

Una vez obtenidos todos los datos, se clasificarán los ríos haciendo uso del diagrama para clasificación de ríos de Rosgen (Figura 2. 306).



KEY to the ROSGEN CLASSIFICATION of NATURAL RIVERS. As a function of the "continuum of physical variables" within stream reaches, values of **Entrenchment** and **Sinuosity** ratios can vary by +/- 0.2 units; while values for **Width / Depth** ratios can vary by +/- 2.0 units.

Figura 2. 306. Diagrama para la clasificación de ríos (Rosgen, 1994)

Nivel 3: Estado o condición de la corriente

En este nivel se determina si el río se encuentra en proceso de desestabilización y si su causa es local o general.

Nivel 4: Transporte de sedimento y estabilidad de la corriente.

La carga de sedimento se determina por el sedimento suspendido y el sedimento de arrastre y para determinar que es una corriente estable hay que saber que se considera así cuando es capaz de mantener sus características a través del tiempo.

A continuación se describe cada uno de los sitios seleccionados.

Río Nexpa (río Cuautla)

Este lugar se encuentra en la zona sur del estado de Morelos en el municipio de Tlaquiltenango, puede llegar por el centro de Jojutla con dirección al higuera y de ahí recorrer aproximadamente 8 km hasta el poblado de Nexpa, el sitio de levantamiento se encuentra en las coordenadas UTM (E=484380, N=2047455).

La sección de estudio colinda al Noreste (margen derecha) con el poblado de Nexpa y al Sur Oeste (margen izquierda) con terrenos de sembradío, la vegetación del lugar permite la visibilidad en ambas márgenes. En la Tabla 2. 96, Tabla 2. 97 y en la Tabla 2. 98 se muestra respectivamente, los datos para el cálculo de la pendiente, los datos de la configuración del perfil y la descripción morfológica de la estación de Nexpa.

Tabla 2. 96. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección de estudio Nexpa

Coordenadas UTM aguas arriba				Coordenadas UTM aguas abajo			
E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)	E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)
484432	2047432	783.38	783.99	484240	2047462	782.79	783.39

Tabla 2. 97. Datos de la configuración del perfil, sección Nexpa

Ancho (m)	Coordenadas UTM margen derecha			Coordenadas UTM margen izquierda			NEA m.s.n.m	P.M. (m)
	E	N	Z (m.s.n.m)	E	N	Z (m.s.n.m)		
68.35	484386	2047472	787.22	484362	2047408	787.08	783.97	24.43

Tabla 2. 98. Descripción morfológica de la estación Nexpa

Pendiente, %	0.3
Ancho de la máxima ribera, m	27.96
Profundidad máxima, m	0.93
Profundidad media, m	0.77
Tasa ancho / profundidad	36.5
Sinuosidad	1.071
Ancho del área de inundación, m	68.35
Tasa de confinamiento	2.4

Diámetro promedio de las partículas del sedimento: El sedimento dominante en el río son los guijarros que tienen un diámetro de entre 6.4 – 25.6 cm

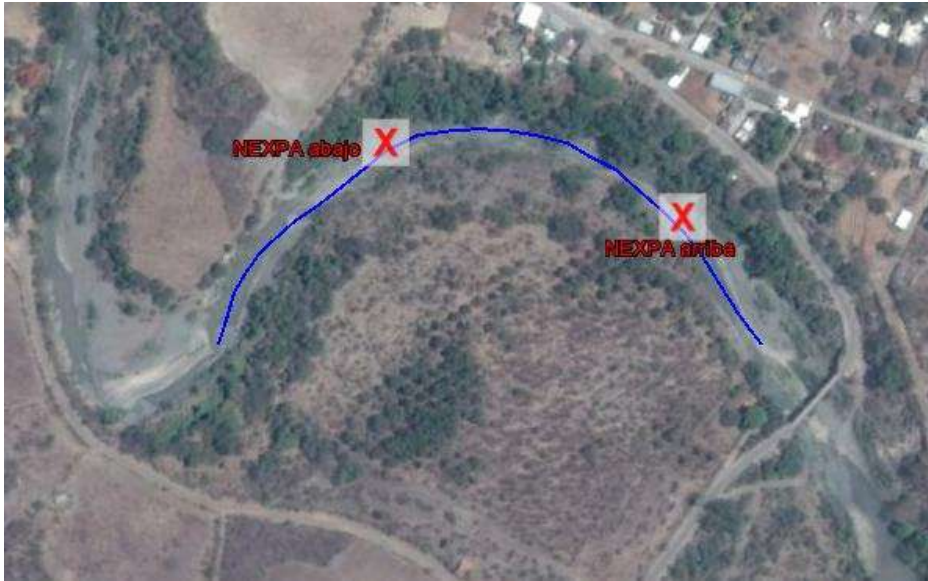


Figura 2. 307. Localización del sitio de Nexpa



Figura 2. 308. Río Cuautla en Nexpa

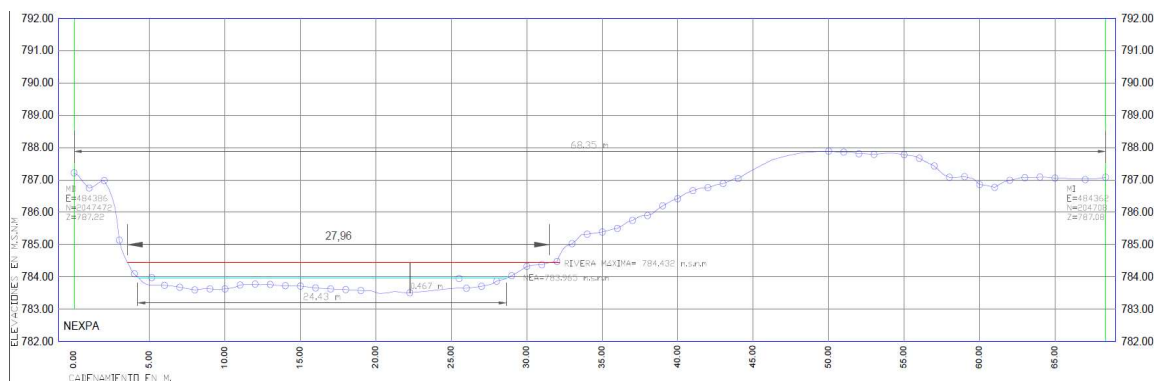


Figura 2. 309. Sección del río Cuautla en Nexpa

Cuautla (río Cuautla)

Este lugar se encuentra en la zona Noreste del estado de Morelos en el municipio de Cuautla, puede llegar por el centro de Cuautla con dirección a Jantetelco tomando la carretera México-Oaxaca en el puente que se ubica a un costado de la Unidad Deportiva José María Morelos y Pavón col. Xochitengo el sitio de levantamiento se encuentra en las coordenadas UTM (E=505255, N=2079617).

La sección de estudio colinda al norponiente (margen derecha) con la colonia Xochitengo y al sur este (margen izquierda) con la unidad deportiva José María Morelos y Pavón, la vegetación del lugar permite la visibilidad en ambas márgenes. En la Tabla 2. 99, Tabla 2. 100 y en la Tabla 2. 101 se muestra respectivamente, los datos para el cálculo de la pendiente, los datos de la configuración del perfil y la descripción morfológica de la estación de Cuautla.

Tabla 2. 99. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección de estudio Cuautla

Coordenadas UTM aguas arriba				Coordenadas UTM aguas abajo			
E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)	E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)
505324	2079690	1293.44	1293.74	505161	2079498	1290.00	1290.18

Tabla 2. 100. Datos de la configuración del perfil, sección Cuautla

Ancho (m)	Coordenadas UTM margen derecha			Coordenadas UTM margen izquierda			NEA m.s.n.m	P.M. (m)
	E	N	Z (m.s.n.m)	E	N	Z (m.s.n.m)		
52.50	505235	2079642	1299.28	505269	2079602	1299.35	1292.28	13.33

Tabla 2. 101. Descripción morfológica de la estación Cuautla

Pendiente, %	1.4
Ancho de la máxima ribera, m	15.41
Profundidad máxima, m	0.68
Profundidad media, m	0.55
Tasa ancho / profundidad	27.76
Sinuosidad	1.02
Ancho del área de inundación, m	52.5
Tasa de confinamiento	3.4

Diámetro promedio de las partículas del sedimento: El sedimento dominante son rocas con un diámetro entre 25.6 – 102.4 cm

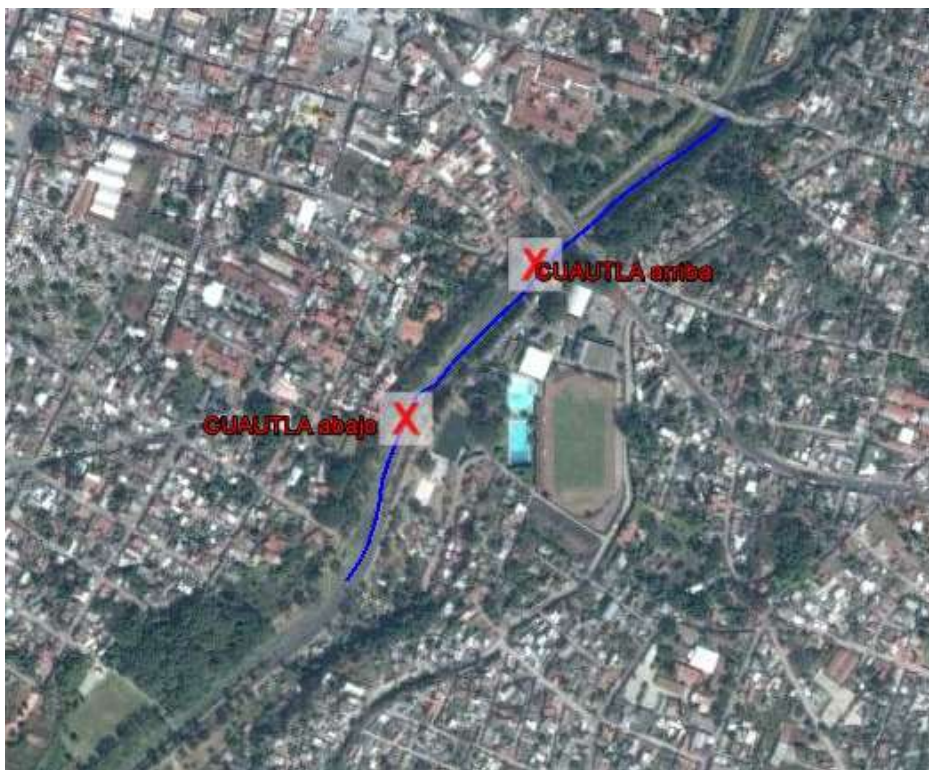


Figura 2. 310. Localización de la estación Cuautla



Figura 2. 311. Río Cautla en el sitio Cautla

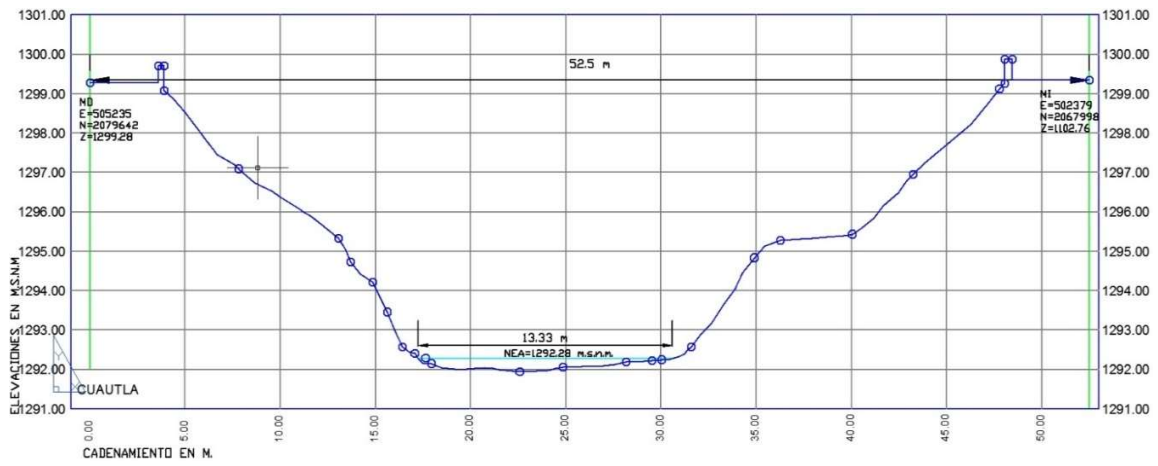


Figura 2. 312. Sección del río Cautla en el sitio denominado Cautla

Moyotepec (río Cuautla)

Este lugar se encuentra en la zona sur oriente del estado de Morelos en el municipio de Ciudad Ayala, puede llegar por la carretera Moyotepec-San Rafael de Zaragoza 1.2 km. Y salirse en el costado izquierdo en un camino de terracería, avanzar 1.38 kilómetros hasta encontrar el cauce del río Cuautla, el sitio de levantamiento se encuentra en las coordenadas UTM (E=502363, N=2068003).

La sección de estudio colinda en ambas márgenes norponiente y sur este con terrenos de siembra, la vegetación del lugar permite la visibilidad en ambas márgenes. En la Tabla 2. 102, Tabla 2. 103 y en la Tabla 2. 104 se muestra respectivamente, los datos para el cálculo de la pendiente, los datos de la configuración del perfil y la descripción morfológica de la estación de Moyotepec.

Tabla 2. 102. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección de estudio Moyotepec

Coordenadas UTM aguas arriba				Coordenadas UTM aguas abajo			
E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)	E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)
502423	2068086	1098.59	1099.17	502326	2067.921	1098.01	1098.29

Tabla 2. 103. Datos de la configuración del perfil, sección Moyotepec

Ancho (m)	Coordenadas UTM margen derecha			Coordenadas UTM margen izquierda			NEA m.s.n.m	P.M. (m)
	E	N	Z (m.s.n.m)	E	N	Z (m.s.n.m)		
52.50	502330	2068016	1104.52	502379	2067998	1102.76	1098.75	5.88

Tabla 2. 104. Descripción morfológica de la estación Moyotepec

Pendiente, %	0.40
Ancho de la máxima ribera, m	10.71
Profundidad máxima, m	0.39
Profundidad media, m	0.65
Tasa ancho / profundidad	10.52
Sinuosidad	1.50
Ancho del área de inundación, m	52.2
Tasa de confinamiento	4.90

Diámetro promedio de las partículas del sedimento: El sedimento dominante son los guijarros con un diámetro de 6.4 – 25.6 cm



Figura 2. 313. Localización de la estación Moyotepec



Figura 2. 314. Río Cuautla en Moyotepec

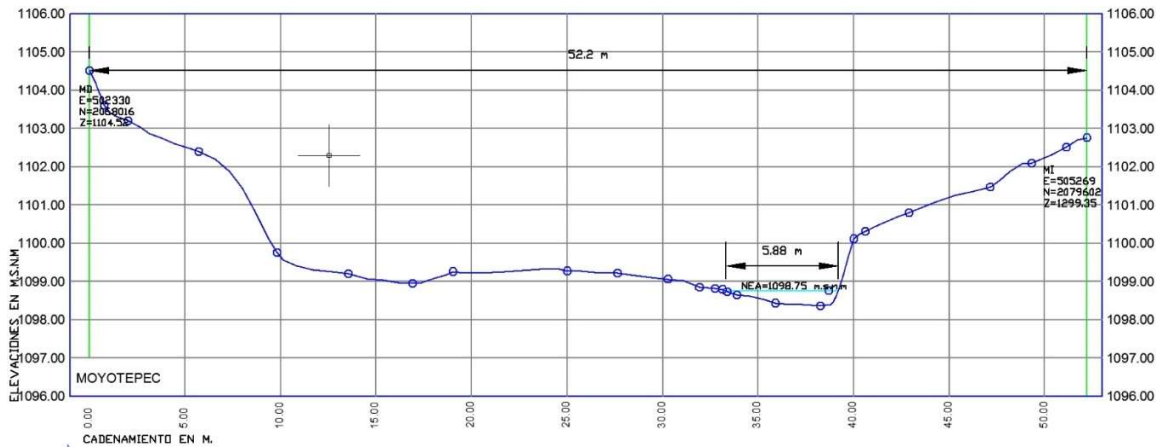


Figura 2. 315. Sección transversal del río Cuautla en Moyotepec

San Rafael Zaragoza (río Cuautla)

El río se encuentra en el municipio de Tlalizapán de Zapata al sur del Estado de Morelos.

Este lugar se encuentra en la zona sur este del estado de Morelos en el municipio de Tlalizapan, puede llegar por la zona sur, antes de llegar a la cabecera municipal de Tlalizapan con dirección a Temilpa viejo y de ahí avanzar 12.5 km. Hasta el poblado se San Rafael Zaragoza, en el puente que conduce al poblado de Chinameca el sitio de levantamiento se encuentra en las coordenadas UTM (E=499207, N=2060609).

La sección de estudio colinda al norte (margen derecha) con el poblado de San Rafael Zaragoza y al sur (margen izquierda) con terrenos de sembradío, la vegetación del lugar permite la visibilidad en ambas márgenes. En la Tabla 2. 105, Tabla 2. 106 y en la Tabla 2. 107 se muestra respectivamente, los datos para el cálculo de la pendiente, los datos de la configuración del perfil y la descripción morfológica de la estación de San Rafael Zaragoza.

Tabla 2. 105. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección de estudio San Rafael Zaragoza

Coordenadas UTM aguas arriba				Coordenadas UTM aguas abajo			
E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)	E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)
499316	2060651	991.29	991.65	498930	2060614	989.65	989.79

Tabla 2. 106. Datos de la configuración del perfil, sección San Rafael Zaragoza

Ancho (m)	Coordenadas UTM margen derecha			Coordenadas UTM margen izquierda			NEA m.s.n.m	P.M. (m)
	E	N	Z (m.s.n.m)	E	N	Z (m.s.n.m)		
60.22	499199	2060645	993.24	499213	2060586	995.00	990.89	26.55

Tabla 2. 107. Descripción morfológica de la estación San Rafael Zaragoza

Pendiente, %	0.5
Ancho de la máxima ribera, m	37.01
Profundidad máxima, m	0.94
Profundidad media, m	0.77
Tasa ancho / profundidad	48.31
Sinuosidad	1.04
Ancho del área de inundación, m	60.22
Tasa de confinamiento	1.6

Diámetro promedio de las partículas del sedimento: El sedimento predominante en el río son los guijarros con diámetro entre 6.4 – 25.6 cm



Figura 2. 316. Localización de la estación San Rafael Zaragoza



Figura 2. 317. Río Cuautla en San Rafael Zaragoza

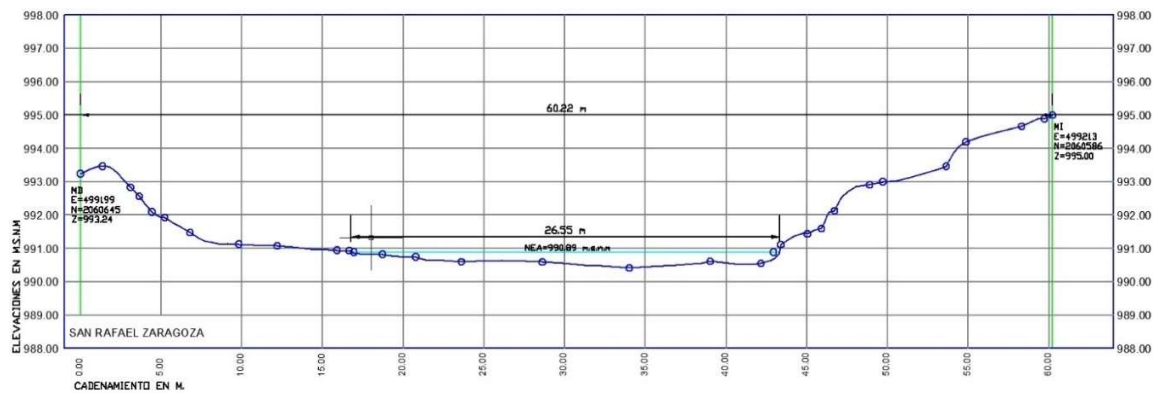


Figura 2. 318. Sección transversal del río Cuautla en San Rafael Zaragoza

Barranca Honda (río Yautepec)

Este lugar se encuentra en la zona centro del estado de Morelos en el municipio de Yautepec, puede llegar por la carretera Yautepec-Ticuman y tomar la desviación con rumbo al poblado de barranca honda, pasando el centro de desarrollo de productos bióticos del instituto Politécnico Nacional el sitio de levantamiento se encuentra en las coordenadas UTM (E=489802, N=2081500).

La sección de estudio colinda al oriente (margen izquierda) con las instalaciones del centro de desarrollo de productos bióticos del instituto politécnico nacional y al poniente (margen derecha) con camino de terracería, la vegetación del lugar permite la visibilidad en ambas márgenes. En la Tabla 2. 108, Tabla 2. 109 y en la Tabla 2. 110 se muestra respectivamente, los datos para el cálculo de la pendiente, los datos de la configuración del perfil y la descripción morfológica de la estación de Barranca Honda.

Tabla 2. 108. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección Yautepec, Barranca Honda

Coordenadas UTM aguas arriba				Coordenadas UTM aguas abajo			
E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)	E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)
489805	2081614	1061.10	1061.79	489796	2081399	1058.18	1058.86

Tabla 2. 109. Datos de la configuración del perfil, sección Yautepec, Barranca Honda

Ancho (m)	Coordenadas UTM margen derecha			Coordenadas UTM margen izquierda			NEA m.s.n.m	P.M. (m)
	E	N	Z (m.s.n.m)	E	N	Z (m.s.n.m)		
58.22	489784	2081498	1067.42	489837	2081503	1065.39	1061.14	19.64

Tabla 2. 110. Descripción morfológica de la estación Barranca Honda

Pendiente, %	1.3
Ancho de la máxima ribera, m	20.77
Profundidad máxima, m	1.13
Profundidad media, m	0.99
Tasa ancho / profundidad	21.04
Sinuosidad	1.23
Ancho del área de inundación, m	58.22
Tasa de confinamiento	2.80

Diámetro promedio de las partículas del sedimento: El sedimento dominante son guijarros con diámetro de entre 6.4 – 25.6 cm



Figura 2. 319. Localización de la estación Barranca Honda



Figura 2. 320. Barranca Honda

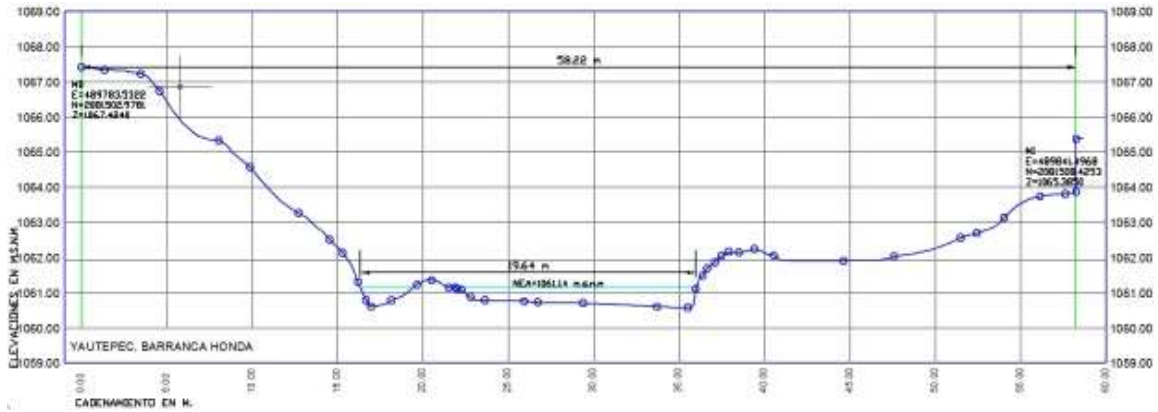


Figura 2. 321. Sección transversal de la Barranca Honda

Río Tezoyuca (Río Dulce)

Este lugar se encuentra en la zona centro-poniente del estado de Morelos en el municipio de Emiliano Zapata, se puede llegar por la carretera Emiliano Zapata-Zacatepec, en el poblado de Tezoyuca desviarse a la izquierda en la calle Francisco I. Madero y avanzar 1.05 km. Hasta encontrarse con el cauce del río el sitio de levantamiento se encuentra en las coordenadas UTM (E=480357, N=2079152).

La sección de estudio colinda al noroeste (margen derecha) y sureste (margen izquierda) con terrenos de siembra, la vegetación del lugar permite la visibilidad en ambos márgenes, por la margen derecha se localiza un canal de riego el cual se deriva en una compuerta aguas arriba del sitio. En la Tabla 2. 111, Tabla 2. 112 y en la Tabla 2. 113 se muestra respectivamente, los datos para el cálculo de la pendiente, los datos de la configuración del perfil y la descripción morfológica de la estación de Tezoyuca.

Tabla 2. 111. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección Tezoyuca, Río Dulce

Coordenadas UTM aguas arriba				Coordenadas UTM aguas abajo			
E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)	E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)
480377	2079172	1206.96	1207.52	480336	2079109	1205.57	1206.24

Tabla 2. 112. Datos de la configuración del perfil, sección Tezoyuca, Río Dulce

Ancho (m)	Coordenadas UTM margen derecha			Coordenadas UTM margen izquierda			NEA m.s.n.m	P.M. (m)
	E	N	Z (m.s.n.m)	E	N	Z (m.s.n.m)		
45.14	480344	2079173	1208.47	480377	2079143	1208.13	1207.52	5.46

Tabla 2. 113. Descripción morfológica de la estación Tezoyuca

Pendiente, %	1.4
Ancho de la máxima ribera, m	5.87
Profundidad máxima, m	1.14
Profundidad media, m	1.00
Tasa ancho / profundidad	5.9
Sinuosidad2	1.2
Ancho del área de inundación, m	45.14
Tasa de confinamiento	7.60

Diámetro promedio de las partículas del sedimento: En el río predomina el lecho rocoso mayor a 204.8 cm (más de dos metros).



Figura 2. 322. Localización de la estación Tezoyuca



Figura 2. 323. Río Dulce en Tezoyuca

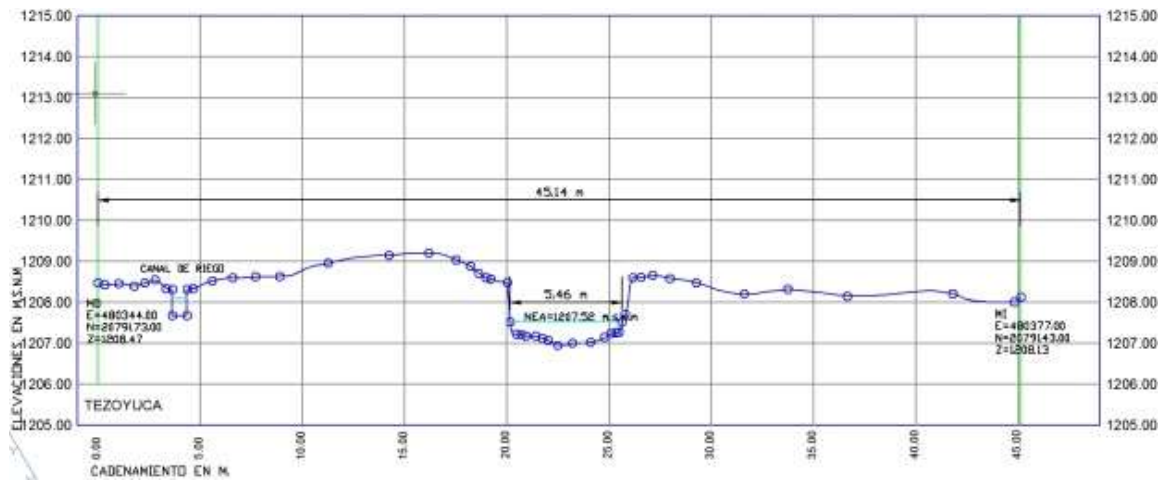


Figura 2. 324. Sección transversal del río Dulce en Tezoyuca

Río Acamilpa (Río Dulce)

Este lugar se encuentra en la zona centro-poniente del estado de Morelos en el municipio de Tlaltizapan, se puede llegar por Tezoyuca, en dirección al poblado de Tepetzingo, de ahí seguir 8 km. hasta llegar al poblado de Acamilpa, desviarse a la izquierda en la calle 10 de abril y continuar 300 mts hasta encontrar el cauce del río, el sitio de levantamiento se encuentra en las coordenadas UTM (E=483652, N=2069697).

La sección de estudio colinda al noreste (margen izquierda) con terrenos de sembradío y al suroeste (margen derecha) con la calle Francisco Villa, la vegetación del lugar permite la visibilidad en ambas márgenes, en este lugar la vegetación es muy extensa, y el cauce del río se encuentra obstruido por cercas de palos y alambre que lo atraviesan de lado a lado aguas abajo de la sección de estudio, además los muros de las casas cercanas se localizan a menos de 5 mts del cauce para ambas márgenes. En la Tabla 2. 114, Tabla 2. 115 y en la

Tabla 2. 116 se muestra respectivamente, los datos para el cálculo de la pendiente, los datos de la configuración del perfil y la descripción morfológica de la estación de Acamilpa.

Tabla 2. 114. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección Acamilpa, Río Dulce

Coordenadas UTM aguas arriba				Coordenadas UTM aguas abajo			
E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)	E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)
483611	2069727	995.86	996.09	483678	2069696	995.25	995.70

Tabla 2. 115. Datos de la configuración del perfil, sección Acamilpa, Río Dulce

Ancho (m)	Coordenadas UTM margen derecha			Coordenadas UTM margen izquierda			NEA m.s.n.m	P.M. (m)
	E	N	Z (m.s.n.m)	E	N	Z (m.s.n.m)		
38.33	483642	2069680	1000.64	483662	2069723	998.69	995.69	3.57

Tabla 2. 116. Descripción morfológica de la estación Acamilpa

Pendiente, %	0.5
Ancho máximo rivera, ,m	6.01
Profundidad máxima, m	1.65
Profundidad media, m	1.49
Tasa ancho/ profundidad	4.04
Sinuosidad	1.07
Ancho del área de inundación, m	47.42
Tasa de confinamiento	7.8

Diámetro promedio de las partículas del sedimento: En el ce predominan dos tipos de sedimento, gravas con un diámetro de entre 0.21 – 6.4 cm y guijarros con un diámetro de entre 6.5 – 25. 6



Figura 2. 325. Localización de la estación Acamilpa



Figura 2. 326. Río Dulce en Acamilpa

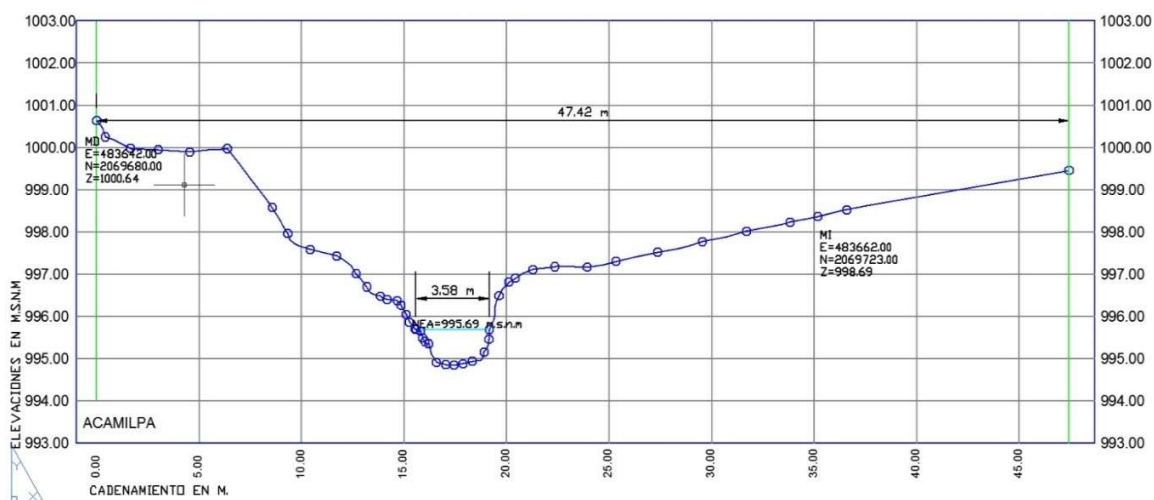


Figura 2. 327. Sección transversal del río Dulce en Acamilpa

Yautepec Centro (río Yautepec)

Este lugar se encuentra en la zona centro del estado de Morelos en el municipio de Yautepec, puede llegar por la carretera Cuernavaca-Cuautla, y en el cruce de Yautepec, desviarse a la izquierda en la calle San Juan, avanzar 1.20 km hasta la calle del antiguo palacio y dar vuelta a la izquierda hasta encontrarse con el puente que cruza el cauce del río, sitio de levantamiento se encuentra en las coordenadas UTM (E=493292, N=2087522).

La sección de estudio colinda al poniente (margen derecha) con la escuela preparatoria por cooperación y al oriente (margen izquierda) con casas habitación de la calle san juan, la vegetación del lugar permite la visibilidad en ambas márgenes. En la Tabla 2. 117, Tabla 2. 118 y en la

Tabla 2. 119 se muestra respectivamente, los datos para el cálculo de la pendiente, los datos de la configuración del perfil y la descripción morfológica de la estación de Yautepec Centro.

Tabla 2. 117. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección Yautepec, Centro

Coordenadas UTM aguas arriba				Coordenadas UTM aguas abajo			
E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)	E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)
493326	2087662	1206.64	1207.52	493269	2087453	1206.88	1207.51

Tabla 2. 118. Datos de la configuración del perfil, sección Yautepec, Centro

Ancho (m)	Coordenadas UTM margen derecha			Coordenadas UTM margen izquierda			NEA m.s.n.m	P.M. (m)
	E	N	Z (m.s.n.m)	E	N	Z (m.s.n.m)		
78.59	493255	2087532	1212.22	493331	2087512	1212.88	1207.52	31.57

Tabla 2. 119. Descripción morfológica de la estación Yautepec Centro

Pendiente, %	-0.004
Ancho de la máxima ribera, m	32.24
Profundidad máxima, m	0.80
Profundidad media, m	0.71
Tasa ancho / profundidad	45.53
Sinuosidad	1.01
Ancho del área de inundación, m	78.59
Tasa de confinamiento	2.4

Diámetro promedio de las partículas del sedimento: El sedimento dominante en la sección es cieno

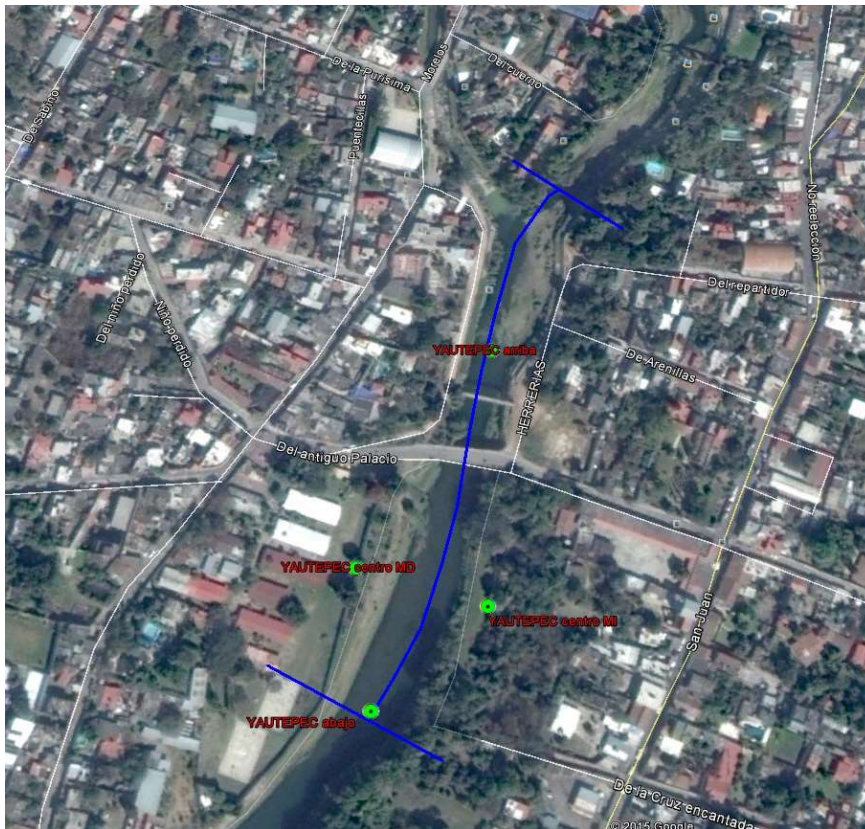


Figura 2. 328. Localización de la estación Yautepec centro



Figura 2. 329. Río Yautepec en Yautepec centro

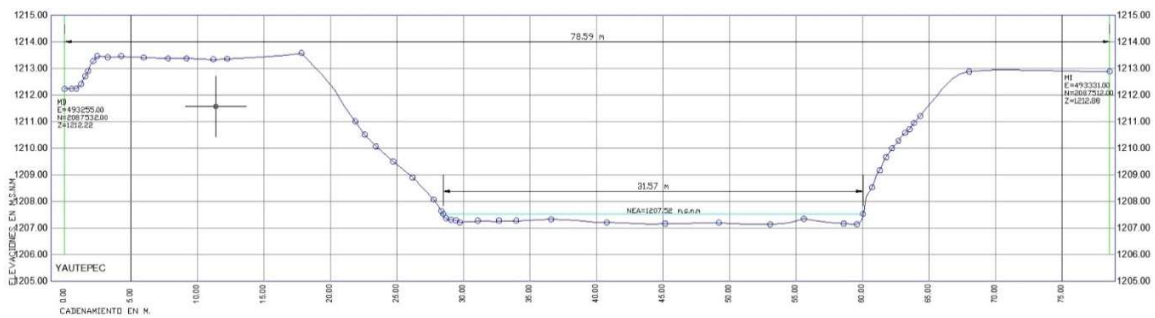


Figura 2. 330. Sección transversal del río Yautepec en Yautepec centro

Tlaltizapan centro, cauce del río Yautepec

Este lugar se encuentra en la zona sur del estado de Morelos en el municipio de Tlaltizapan, puede llegar por la carretera Yautepec-Jojutla, y llegando a la cabecera municipal de Tlaltizapan, desviarse a la izquierda en la calle Paseo del Campesino, avanzar 1.29 km, hasta encontrarse con el puente que cruza el cauce del río, sitio de levantamiento se encuentra en las coordenadas UTM (E=487735, N=2064721).

La sección de estudio colinda al oriente y poniente (margen izquierda y derecha) con terrenos de cultivo, dicha sección se localiza aguas abajo del puente vehicular (paseo del campesino) la vegetación del lugar permite la visibilidad en ambas márgenes. En la Tabla 2. 120, Tabla 2. 121 y en la Tabla 2. 122 se muestra respectivamente, los datos para el

cálculo de la pendiente, los datos de la configuración del perfil y la descripción morfológica de la estación de Tlaltizapán Centro.

Tabla 2. 120. Datos para el cálculo de la pendiente en la sección Tlaltizapan, Centro

Coordenadas UTM aguas arriba				Coordenadas UTM aguas abajo			
E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)	E	N	Fondo (m.s.n.m)	NEA (m.s.n.m)
487716	2064806	949.48	950.22	487775	2064673	949.23	949.77

Tabla 2. 121. Datos de la configuración del perfil, sección Tlaltizapan, Centro

Ancho (m)	Coordenadas UTM margen derecha			Coordenadas UTM margen izquierda			NEA m.s.n.m	P.M. (m)
	E	N	Z (m.s.n.m)	E	N	Z (m.s.n.m)		
23.18	487737	2064689	953.163	487754	2064705	951.244	949.80	13.24

Tabla 2. 122. Descripción morfológica de la estación Yautepec Centro

Pendiente, %	0.28
Ancho de la máxima ribera, m	15.88
Profundidad máxima, m	0.894
Profundidad media, m	0.514
Tasa ancho / profundidad	30.89
Sinuosidad	1.8
Ancho del área de inundación, m	23.18
Tasa de confinamiento	1.45



Figura 2. 331. Ubicación del sitio de levantamiento topográfico de la sección Tlaltizapan Centro, Cauce del río Yautepéc

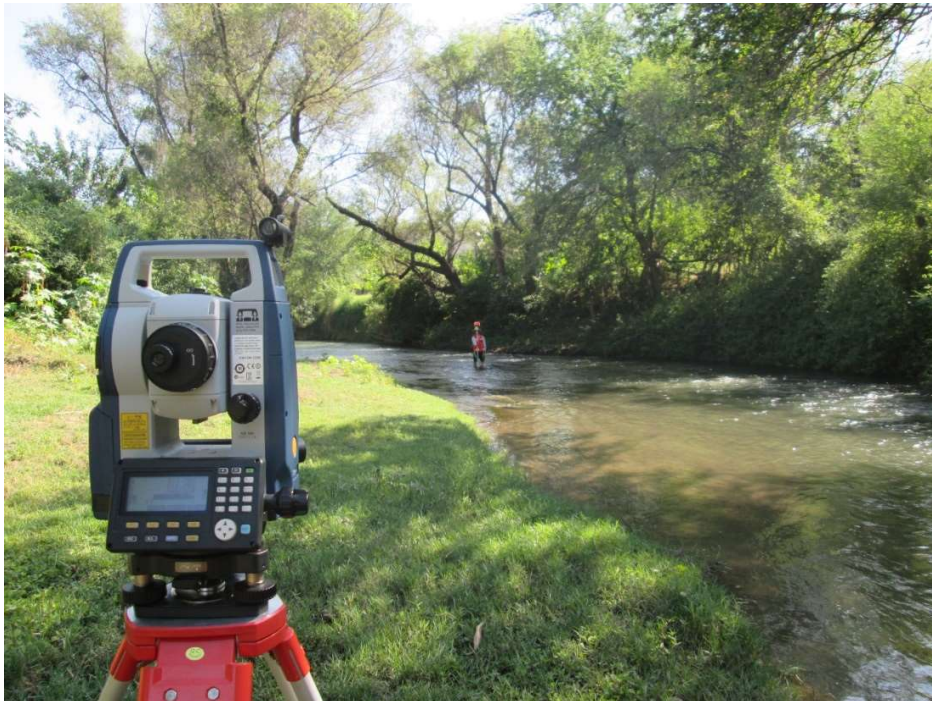


Figura 2. 332. Aspecto general del sitio de levantamiento de la sección de estudio, Tlaltizapan, Centro

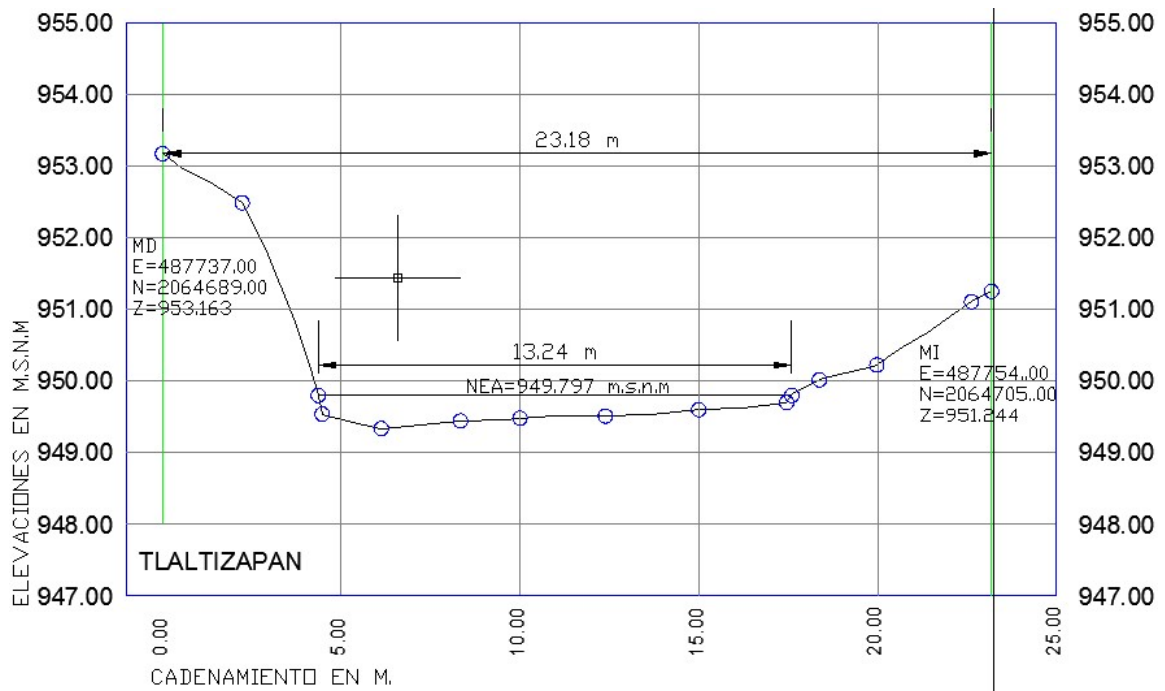


Figura 2. 333. Tlaltizapán, Centro

En la Tabla 2. 123 se muestran los resultados de las secciones levantadas.

En la Tabla 2. 124, Tabla 2. 125 y Tabla 2. 126 se presentan todos los indicadores necesarios para efectuar la clasificación de acuerdo a Rosgen.

El río Cuautla de acuerdo a esta clasificación es una corriente que varía de tipo B, E y C, con una tasa de confinamiento de ligera a moderada, una relación de ancho/tirante que va de baja a moderada y una sinuosidad que oscila entre moderada a alta, con material de fondo de va de roca de tamaño pequeño a mediano.

El río Yautepec es una corriente tipo C, con una tasa de confinamiento ligera, una relación de ancho/tirante que va de moderada a alta y una sinuosidad que oscila entre moderada a alta, con material de fondo de material fino a rocas de tamaño mediano. El río Dulce se clasifica como una corriente tipo E y no cae dentro de ninguna de las clasificaciones descritas en la gráfica.

Tabla 2. 123. Resumen de levantamientos topográficos

Sección	Ancho (m)	Coordenadas UTM Margen derecha			Coordenadas UTM Margen izquierda			NEA m.s.n.m.	P.M. (m)	Pendiente							
		E	N	Z m.s.n.m.	E	N	Z m.s.n.m.			Coordenadas UTM aguas arriba				Coordenadas UTM aguas abajo			
										E	N	Fondo m.s.n.m.	NEA m.s.n.m.	E	N	Fondo m.s.n.m.	NEA m.s.n.m.
Nexpa	68.35	484386	2047472	787.22	484362	2047408	787.08	783.97	24.43	484432	2047432	783.38	783.99	484240	2047462	782.79	783.39
Cuautla	52.50	505235	2079642	1299.28	505269	2079602	1299.35	1292.28	13.33	505324	2079690	1293.44	1293.74	505161	2079498	1290.00	1290.18
Moyotepec	52.50	502330	2068016	1104.52	502379	2067998	1102.76	1098.75	5.88	502423	2068086	1098.59	1099.17	502326	2067.921	1098.01	1098.29
SR Zaragoza	60.22	499199	2060645	993.24	499213	2060586	995.00	990.89	26.55	499316	2060651	991.29	991.65	498930	2060614	989.65	989.79
Yautepec BH	58.22	489784	2081498	1067.42	489837	2081503	1065.39	1061.14	19.64	489805	2081614	1061.10	1061.79	489796	2081399	1058.18	1058.86
Tezoyuca	45.14	480344	2079173	1208.47	480377	2079143	1208.13	1207.52	5.46	480377	2079172	1206.96	1207.52	480336	2079109	1205.57	1206.24
Acamilpa	38.33	483642	2069680	1000.64	483662	2069723	998.69	995.69	3.57	483611	2069727	995.86	996.09	483678	2069696	995.25	995.70
Yautepec C.	78.59	493255	2087532	1212.22	493331	2087512	1212.88	1207.52	31.57	493326	2087662	1206.64	1207.52	493269	2087453	1206.88	1207.51
Tlaltizapán	23.18	487737	2064689	953.163	487754	2064705	951.244	949.80	13.24	487716	2064806	949.48	950.22	487775	2064673	949.23	949.77

Donde:

Ancho; esta dado en metros.

Coordenadas E, N; están expresadas en formato UTM (universal transverse mercator)

Elevación Z; en metros sobre el nivel del mar

Nivel del espejo del agua NEA; en metros sobre el nivel del mar

Perímetro mojado PM, está dado en metros

Tabla 2. 124. Resumen de la clasificación de sitios en el río Cuautla de acuerdo a Rosgen

Sitio	Pendiente (%)	Ancho ribera máxima (m)	Prof. máxima (m)	Prof. media (m)	Relación Ancho/ Prof.	Sinuosidad	Ancho del área de inundación (m)	Tasa de confinamiento	Diámetro del sedimento dominante (cm)	Clasificación
Nexpa	0.300	27.96	0.93	0.77	36.5	1.07	68.3	2.4	6.4 – 25.6	C3
Cuautla	1.400	15.11	0.68	0.55	27.8	1.02	52.5	3.4	25.6 – 102.4	C2
Moyotepec	0.400	10.71	0.39	0.65	10.5	1.50	52.2	4.9	6.4 – 25.6	E3
San Rafael Zaragoza	0.500	37.01	0.94	0.77	48.3	1.04	60.2	1.6	6.4 – 25.6	B3c

Tabla 2. 125. Resumen de la clasificación de sitios en el río Yautepec de acuerdo a Rosgen

Sitio	Pendiente (%)	Ancho ribera máxima (m)	Prof. máxima (m)	Prof. media (m)	Relación Ancho/Prof.	Sinuosidad	Ancho del área de inundación (m)	Tasa de confinamiento	Diámetro del sedimento dominante (cm)	Clasificación
Yautepec Barranca honda	1.300	20.77	1.13	0.99	21.0	1.23	58.2	2.8	6.4 – 25.6	C3
Yautepec Centro	-0.004	32.24	0.80	0.71	45.5	1.01	78.6	2.4	Cieno	C6
Tlaltizapán Centro	0.280	15.88	0.89	0.51	30.89	1.80	23.2	1.5	6.4-25.6	B3c

Tabla 2. 126. Resumen de la clasificación de sitios en el río Dulce de acuerdo a Rosgen

Sitio	Pendiente (%)	Ancho ribera máxima (m)	Prof. máxima (m)	Prof. media (m)	Relación Ancho/ Prof.	Sinuosidad	Ancho del área de inundación (m)	Tasa de confinamiento	Diámetro del sedimento dominante (cm)	Clasificación
Tezoyuca	1.400	5.87	1.14	1.00	5.9	1.20	45.1	7.6	> 204.8	E
Acamilpa	0.500	6.01	1.65	1.49	4.0	1.07	47.4	7.8	0.21 – 6.4 y 6.5 -25.6	E4 E3

2.8. Referencias

- Idarraga, C. A, (2013). Propuesta de Restauración y Mantenimiento del Cauce del río Medellín en un Tramo no Canalizado. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Pp.80.
- Rosgen D. (1996) Applied River Morphology. Wildland Hydrology. Pagosa Springs, CO.
- CONAGUA (2014) Ley Federal de Derechos. Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales, 102 pag.
- Rodriguez-Iturbe, I., A. Rinaldo (1997) Fractal River Networks: Chance and Self-Organization, Cambridge University Press, New York.
- Ollero, A. (2007) Territorio Fluvial. Diagnóstico y propuesta para la gestión ambiental y de riesgos en el Ebro y los recursos bajos de sus afluentes. Bakeaz y Fundación Nueva Cultura del Agua, 225 p., Bilbao.
- Martin-Vide, J. P. and A. Andreitta (2006) Disturbance caused by bed sills on the slope of streep streams. Journal of Hydraulics Engineering ASCE, Vol. 132, N. 11, pp. 1186-1194.
- Black, A. R. and Werritty, A. (1997) Seasonality of Flooding: A case study of North Britain, Journal of Hydrology, 195, 1-2.

Capítulo 3

Vegetación Riparia

Índice General

Capítulo 3 Vegetación Riparia	i
3.1 Introducción	1
3.2 Objetivos	4
3.3 Metodología	5
3.3.1 Recopilación y actualización de antecedentes	5
3.3.2 Índice de calidad del bosque de ribera (QBR).....	8
3.3.3 Índice de hábitat fluvial (IHF).....	10
3.3.4 Índice Hidrogeomorfológico (IHG).....	12
3.3.5 Morphological Quality Index (MQI).....	14
3.3.6 Riparian Forest Evaluation (RFV).....	20
3.3.7 River Habitat Survey (RHS).....	22
3.3.8 Análisis de los índices hidromorfológicos	23
3.3.9 Clasificación de los tramos a evaluar	23
3.3.10 Estudio Macroescala	25
3.3.11 Estudio Microescala.....	25
3.3.12 Evaluación.....	26
3.4 Resultados	28
3.4.1 Subcuenca río Cuautla.....	28
3.4.2 Subcuenca río Yautepec	29
3.5 Conclusiones	38
3.6 Literatura Citada	39
3.7 Anexo Fotográfico (Subcuenca río Cuautla)	43
3.8 Anexo Fotográfico (Subcuenca río Yautepec)	62

Índice de figuras

Figura 3.1 Distribución de los puntos del cauce de la vegetación riparia en la subcuenca del río Cuautla.	26
--	----

Figura 3.2 Distribución de los puntos del cauce de la vegetación riparía en la subcuenca del río Yutepec.....	27
Figura 3.3 Distribución espacial de la vegetación riparia en las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepec.	31
Figura 3.4 Resultado de cuantificación, distribución y abundancia de especies vegetación ribereñas o riparías en la subcuenca del río Cuautla.	33
Figura 3.5 Porcentaje de cuantificación, distribución y abundancia de especies ribereñas o riparías en la subcuenca del río Cuautla.	34
Figura 3.6 Resultado de cuantificación, distribución y abundancia de especies de vegetación ribereña o riparía en la subcuenca del río Yautepec.	36
Figura 3.7 Porcentaje de cuantificación, distribución y abundancia de especies de vegetación ribereña o riparía en la subcuenca del río Yautepec.	37
Figura 3.8 Recorrido en campo y georreferenciado.	43
Figura 3.9 Recorrido en campo y georreferenciado.	62

Índice de fotos

Foto 3.1 Estación Puente astillero aguas arriba subcuenca río Cuautla.....	44
Foto 3.2 Estación Puente astillero aguas abajo subcuenca río Cuautla.	44
Foto 3.3 Estación San Rafael Zaragoza aguas arriba subcuenca río Cuautla.....	45
Foto 3.4 Estación San Rafael Zaragoza aguas abajo subcuenca río Cuautla.	45
Foto 3.5 Estación Olin-tepec aguas arriba subcuenca río Cuautla.	46
Foto 3.6 Estación Olin-tepec aguas abajo subcuenca río Cuautla.....	46
Foto 3.7 Estación San Pedro Apatlaco aguas arriba subcuenca río Cuautla.....	47
Foto 3.8 Estación San Pedro Apatlaco aguas arriba subcuenca río Cuautla.....	47
Foto 3.9 Estación Ecatzingo aguas arriba subcuenca río Cuautla.....	48
Foto 3.10 Estación Puente Paraíso aguas arriba subcuenca río Cuautla.....	48
Foto 3.11 Estación Puente Paraíso aguas abajo subcuenca río Cuautla.	49
Foto 3.12 Estación Guadalupe Victoria aguas arriba subcuenca río Cuautla.	49
Foto 3.13 Estación Guadalupe Victoria aguas abajo subcuenca río Cuautla.	50
Foto 3.14 Estación Bomba de Agua aguas arriba subcuenca río Cuautla.....	50
Foto 3.15 Estación Bomba de Agua aguas abajo subcuenca río Cuautla.	51
Foto 3.16 Estación Terrenos Berros aguas arriba subcuenca río Cuautla.....	51

Foto 3.17 Estación Terrenos Berros aguas arriba subcuenca río Cuautla.....	52
Foto 3.18 Estación Col. Pablo Torres Burgos aguas arriba subcuenca río Cuautla.....	52
Foto 3.19 Estación Col. Pablo Torres Burgos aguas abajo subcuenca río Cuautla.....	53
Foto 3.20 Estación Puente Coahuixtla aguas arriba subcuenca río Cuautla.	53
Foto 3.21 Estación Puente Coahuixtla aguas abajo subcuenca río Cuautla.....	54
Foto 3.22 Estación Puente Carlos Pacheco aguas arriba subcuenca río Cuautla.	54
Foto 3.23 Estación Puente Carlos Pacheco aguas abajo subcuenca río Cuautla.	55
Foto 3.24 Estación Agua Hedionda aguas arriba subcuenca río Cuautla.....	55
Foto 3.25 Estación Agua Hedionda aguas abajo subcuenca río Cuautla.	56
Foto 3.26 Estación Puente El Vado aguas arriba subcuenca río Cuautla.....	56
Foto 3.27 Estación Puente El Vado aguas abajo subcuenca río Cuautla.	57
Foto 3.28 Estación Santa Cruz aguas arriba subcuenca río Cuautla.	57
Foto 3.29 Estación Santa Cruz aguas abajo subcuenca río Cuautla.....	58
Foto 3.30 Estación Yecapixtla aguas arriba subcuenca río Cuautla.....	58
Foto 3.31 Estación Yecapixtla aguas abajo subcuenca río Cuautla.	59
Foto 3.32 Estación La Vía aguas arriba subcuenca río Cuautla.....	59
Foto 3.33 Estación La Vía aguas abajo subcuenca río Cuautla.	60
Foto 3.34 Estación Piedra Blanca aguas arriba subcuenca río Cuautla.	60
Foto 3.35 Estación Piedra Blanca aguas abajo subcuenca río Cuautla.	61
Foto 3.36 Estación Cuahuchiles aguas arriba subcuenca río Yautepec.....	63
Foto 3.37 Estación Cuahuchiles aguas abajo subcuenca río Yautepec.	63
Foto 3.38 Estación Tejalpa Manantial Ojo de Agua subcuenca río Yautepec.	64
Foto 3.39 Estación Tejalpa Manantial Ojo de Agua subcuenca río Yautepec.	64
Foto 3.40 Estación San Gaspar aguas arriba subcuenca río Yautepec.....	65
Foto 3.41 Estación San Gaspar aguas abajo subcuenca río Yautepec.....	65
Foto 3.42 Estación Oaxtepec aguas arriba subcuenca río Yautepec.	66
Foto 3.43 Estación Oaxtepec aguas abajo subcuenca río Yautepec.....	66
Foto 3.44 Estación Itzamatitlán aguas arriba subcuenca río Yautepec.	67
Foto 3.45 Estación Itzamatitlán aguas abajo subcuenca río Yautepec.....	67
Foto 3.46 Estación San Pedro aguas arriba subcuenca río Yautepec.....	68
Foto 3.47 Estación San Pedro aguas abajo subcuenca río Yautepec.	68
Foto 3.48 Estación Atlihuayan aguas arriba subcuenca río Yautepec.....	69
Foto 3.49 Estación Atlihuayan aguas abajo subcuenca río Yautepec.	69
Foto 3.50 Estación Barranca Honda aguas arriba subcuenca río Yautepec.....	70

Foto 3.51 Estación Barranca Honda aguas arriba subcuenca río Yautepec.....	70
Foto 3.52 Estación San Nicolás aguas arriba subcuenca río Yautepec.....	71
Foto 3.53 Estación San Nicolás aguas abajo subcuenca río Yautepec.....	71
Foto 3.54 Estación Ticumán aguas arriba subcuenca río Yautepec.....	72
Foto 3.55 Estación Ticumán aguas abajo subcuenca río Yautepec.	72
Foto 3.56 Estación Tlaltizapán aguas arriba subcuenca río Yautepec.	73
Foto 3.57 Estación Tlaltizapán aguas abajo subcuenca río Yautepec.....	73
Foto 3.58 Estación Oacalco aguas arriba subcuenca río Yautepec.	74
Foto 3.59 Estación Oacalco aguas abajo subcuenca río Yautepec.....	74

Índice de tablas

Tabla 3.1 Clasificación de los indicadores hidromorfológicos en aguas superficiales.....	7
Tabla 3.2 Puntos de muestreo del río Cuautla.	24
Tabla 3.3 Puntos de muestreo del río Yautepec	24
Tabla 3.4 Listado florístico de vegetación ribereña o riparia en la subcuenca del río Cuautla.	31
Tabla 3.5 Formato de cuantificación de las características de distribución y abundancia de vegetación ribereña o riparia.	32
Tabla 3.6 Cuantificación de las características de distribución y abundancia de las especies de vegetación ribereña o riparia en la subcuenca del río Cuautla.	32
Tabla 3.7 Listado florístico de vegetación ribereña o riparia en la subcuenca del río Yautepec.	34
Tabla 3.8 Formato de cuantificación de las características de distribución y abundancia de vegetación ribereña o riparia.	35
Tabla 3.9 Cuantificación de las características de distribución y abundancia de vegetación ribereña o riparia en la subcuenca del río Yautepec.	35

3.1 Introducción

La vegetación ribereña o riparia es un área de transición entre el ecosistema terrestre y el ecosistema acuático que se diferencia por el gradiente de ambientes biofísicos, procesos ecológicos y la biota. Son sitios que a través de los cuales el agua superficial y subterránea se conecta con espacios contiguos. Es en estas áreas donde se produce y controla elocuentemente el intercambio de energía y materia de un ecosistema terrestre con uno acuático (NRC, 2002).

El área ribereña o riparia es lindante al curso del agua, lagos, estuarios perennes, intermitentes y transitorios. Estos pueden ser comprendidos mediante el parecido a una membrana semipermeable que regula el flujo de energía y materia entre las áreas inmediatas (Naiman y Décamps, 1997).

Los espacios de las áreas riparias y sus zonas de dominio dependen de tipologías geomorfológicas, tanto del cauce como del valle, tipo de suelo, régimen hidrológico, entre otras variables (Gonzales del Tánango y García del Jalón, 2006; Neiman *et al.*, 2005). Además, su composición y estructura de la vegetación riparia refleja la calidad ecológica de este prominente elemento dentro del área riparia, cuya situación debe ser evaluada a partir de un punto determinado para cada río.

Entre las funciones que cumple las áreas riparias en una cuenca se puede señalar el sustento del balance hídrico, la dinámica de sedimentos, el balance biogeoquímico, el ciclo de nutrientes, el control de la temperatura del río, generación de hábitat, el soporte de complejas redes tróficas y la generación de corredores ecológicos que permiten la conectividad a lo largo de la red de drenaje (Naiman y Décamps, 1997).

Las áreas riparias desempeñan un rol importante en el medio ambiente acuático y terrestre facilitando varios servicios ambientales, en los que se inciden, estabilización de orillas, creación de hábitats acuáticos y terrestres, filtro de nutrientes, entrada de fuentes de alimento al cauce, efecto de laminación de crecidas, sucesión de un microclima, etc. (Naiman y Décamps, 2007; Cummins, 2002; Naiman y Décamps, 2005; González del Tánango y García Jalón 2006, Allan y Castillo, 2007; Ghermandi *et al.*, 2009; y Montreuil *et al.*, 2010). Las áreas riparias no son extrañas a la amenaza antropogénica que resisten

los ríos reduciendo las funciones y servicios ambientales que estas proporcionan, de ahí el valor de preservarlas y restaurarlas en caso de mostrar un estado ecológico insuficiente.

Las áreas riparias de las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepec presentan una presión antropogénica de forma dinámica. Este deterioro tiene su origen de la demanda de agua por diferentes usos, la pérdida o fragmentación de hábitats y la contaminación de la calidad del agua.

Continuando con el estudio de indicadores de integridad ecológica y salud ambiental para las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepec, dada la importancia de estos ecosistemas se integran las áreas riparias para conocer el estado ecológico que guardan, con la visión a una mejora integral de sus riberas y de la calidad del agua y por ende, de sus ecosistemas acuáticos.

El estudio se fundamenta en evaluación de indicadores hidromorfológicos: el Índice de Calidad del Bosque de Ribera, QBR (Munné *et al.*, 1998; 2003), Índice de Hábitat Fluvial, IHF (Pardo *et al.*, 2002; Prat *et al.*, 2009), el Índice Hidrogeomorfológico de los Sistemas Fluviales, IHG (Ollero *et al.*, 2007; 2009), Morphological Quality Index, MQI, MQI (Rinaldi, *et al.*, 2010; 2011; 2012), Riparian Forest Evaluation, RFV (Magdaleno *et al.* 2010; 2013), River Habitat Survey, RHS (Raven *et al.*, 1997 y 1998b).

En general, los índices de vegetación riparía buscan evaluar su estado ecológico de una forma simple, sencilla y rápida (Munné *et al.* 2003, Ollero *et al.* 2008, Pardo *et al.* 2002) e incluso se han realizado estudios que incorporan la percepción remota y teledetección para evaluar índices de calidad de las áreas riparias (Johansen *et al.* 2007)

La totalidad de estos índices han sido desarrollados en el extranjero, y si bien de estos países poseen condiciones climáticas, hidrológica similares o bien se comparten especies, se podría pensar que su aplicabilidad en territorio nacional es inadecuado. Por lo cual es necesario adaptar estos índices a las condiciones mexicanas. Estas condiciones no se refieren a situaciones climáticas, hidrológicas, topográficas, etc., sino también a las actividades antropogénicas más en México que son las de mayor degradación produce en las zonas riparias.

La aplicación a condiciones nacionales de índices para evaluar el estado ecológico de un río es abundantemente conocido, por ejemplo en Europa, se adecua el índice Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico (BMWP, Armitage et al. 1983) perfeccionado en el Reino Unido fue mejorado para España (SBMWP, Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega, 1998). También, en el espacio hidrológico se han adecuado otras metodologías al ambiente de su entorno, en España por ejemplo se efectuó la adaptación del Método Racional adaptable a cuencas pequeñas (Método de Témez, Ministerio de Obras Publicas y Urbanismos de España, 1990) a través del acuerdo de las curvas IDF y el factor de reducción a la realidad nacional, lo cual les admitió regionalizar el coeficiente de escurrimiento (MOPU, 1990).

En el terreno rigurosamente de índices de vegetación riparia, Colwell y Hix (2008) adecuó el Índice QBR al ambiente de las cuencas de Ohio Central, cuyo cambio afirma expresar un mejor reflejo de la calidad del hábitat local. Por su parte, Kutscher *et al.* (2009) adaptó ese mismo índice a los ríos de Patagonia argentina.

En derivación, dada la necesidad de profundizar en valoración del estado ecológico de las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepec, se presente un índice de valoración del estado ecológico de las áreas riparias de los ríos Cuautla y Yautepec.

3.2 Objetivos

Objetivo General

Generar una adaptación a los ríos Cuautla y Yautepec de los indicadores hidromorfológicos sobre las áreas ribereñas o riparias que contribuya a la generación regional que ayude a las a la toma de decisiones en la evaluación de actividades productivas que se realicen en el cauce del río.

Objetivos Específicos

Efectuar una adaptación de indicadores hidromorfológicos de estado ecológico de áreas riparias.

Establecer una propuesta técnica que aporte y oriente en la evaluación de actividades que se realicen en el cauce del río.

3.3 Metodología

3.3.1 Recopilación y actualización de antecedentes

Se realizó una actualización de la información existente acerca de las áreas riparias, tomando en cuenta las obras hidráulicas o extracción en los ríos Cuautla y Yautepec. La información compilada fue analizada con el fin de normalizar y formar una única base con información cotejada.

Además, se realizó una revisión de los índices hidromorfológicos de evaluación de las áreas riparias más empleadas a nivel nacional e internacional (Comunidad Europea), las cuales se analizaron en detalle seis índices (Índice de Calidad del Bosque de Ribera, QBR, Índice de Hábitat Fluvial, IHF, el Índice Hidrogeomorfológico de los Sistemas Fluviales, IHG, Morphological Quality Index, MQI, Riparian Forest Evaluation, RFV, River Habitat Survey, RHS)

Los indicadores hidromorfológicos de la Directiva Marco del Agua (DMA; 2000/60/EC) establece el marco para la protección de las aguas superficiales continentales, aguas de transición, aguas costeras y aguas subterráneas que prevenga todo deterioro adicional y proteja y mejore el estado de los ecosistemas acuáticos; promueva un uso sostenible del agua; aumente la protección y mejora del medio acuático; garantice la reducción progresiva de la contaminación del agua subterránea y evite nuevas contaminaciones.

Esta Directiva surge de la necesidad, dentro de la Unión Europea, de tomar medidas para proteger el agua tanto en lo que respecta a cantidad como en calidad y garantizar que todas las masas de agua alcancen un buen estado ecológico. La DMA constituye una nueva manera de gestionar los recursos de agua en Europa.

El concepto de estado ecológico en la DMA viene definido como “una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociado al agua superficial”.

Para poder establecer el estado ecológico de una masa de agua primero es necesario definir los elementos de calidad o indicadores (elementos del medio que presenten una

respuesta a las presiones) que van a ser utilizados. La calificación del estado ecológico de las masas de agua se encuentra determinada por parámetros de tipo físico-químico y biológico, pero una parte importante de la valoración también toma en cuenta criterios de calidad hidrogeomorfológica. Tiene menor peso relativo en la calificación final de la calidad de las masas de agua, sin embargo, la variable hidrogeomorfológica es esencial a la hora de poder definir el estado de la misma. La Directiva Marco del Agua establece que los indicadores hidromorfológicos se valorarán dentro el estado ecológico en dos únicas categorías: estado Muy bueno o estado Bueno.

La DMA establece los indicadores de calidad para la clasificación del estado ecológico, entre los que se encuentran los indicadores hidromorfológicos. Según la categoría y naturaleza de las masas de agua los indicadores a controlar son diversos, pero en el caso de la masa de agua superficial, hay que tener en cuenta los siguientes (DMA, 2000).

Ríos. Indicadores hidromorfológicos que afectan a los indicadores biológicos

- Régimen hidrológico.
 - Caudales e hidrodinámica del flujo del agua.
 - Conexión con masas de agua subterránea.

- Continuidad del río.
- Condiciones morfológicas.
 - Variación de la profundidad y ancho del río.
 - Estructura y sustrato del lecho del río.
 - Estructura de la zona ribereña.

Según la DMA, los indicadores hidromorfológicos en aguas superficiales se clasifican según indica la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Clasificación de los indicadores hidromorfológicos en aguas superficiales.

INDICADOR	MUY BUEN ESTADO	BUEN ESTADO	ESTADO MODERADO
Régimen hidrológico	El caudal y la hidrodinámica del río y la conexión resultante a aguas subterráneas reflejan total o casi totalmente las condiciones inalteradas.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.
Continuidad de los ríos	La continuidad de los ríos no sufre perturbaciones ocasionadas por actividades antropogénicas y permite que no se vean perturbados la migración de organismos acuáticos y el transporte de sedimentos.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.
Condiciones morfológicas	Los modelos de canales, las variaciones de anchura y de profundidad, las velocidades del flujo, las condiciones del sustrato y la estructura y condición de las zonas ribereñas corresponden totalmente o casi totalmente a las condiciones inalteradas.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.

A continuación se describen seis índices:

- Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR)
- Índice de Hábitat Fluvial (IHF)
- Índice Hidrogeomorfológico (IHG)
- Morphological Quality Index (MQI)
- Riparian Forest Evaluation (RFV)
- River Habitat Survey (RHS)

3.3.2 Índice de calidad del bosque de ribera (QBR).

El índice valora el estado de conservación de los bosques de ribera. Valora la calidad del sistema ribereño, compara el estado actual con un estado aceptado como referencia, en el que tanto la biodiversidad como la funcionalidad del sistema ribereño sólo estarían influidas por alteraciones naturales.

Grado de cubierta de la zona de Ribera.

Se considera que la calidad de las ribera disminuye en la medida en la que lo hace la cubierta vegetal, ya que de forma natural las zonas de ribera tienden a estar cubiertas por vegetación. Se puntúa el grado de cubrimiento vegetal sin tener en cuenta su estructura. También se valora la calidad de la conectividad del bosque de ribera con ecosistemas adyacentes.

Estructura de la cubierta.

Mide la naturalidad de la estructura interna de la ribera. La presencia de árboles y arbustos en las orillas es una mejora en la complejidad de la ribera por lo que aumenta su biodiversidad, siendo un valor añadido. La presencia de grandes manchas sin vegetación arbórea debido a alteraciones antrópicas hace que la biodiversidad sea menor.

Las plantaciones de árboles alóctonos, se puntúa como entrada negativa al no tener estructura natural.

Naturalidad y complejidad de la cubierta.

Debe tenerse en cuenta la tipología geomorfológica de las riberas. Se distinguen tres grandes tipos de riberas: cerradas (que presentan una baja potencialidad para presentar riberas extensas); de zonas medias de los ríos (con una potencialidad intermedia para tener zonas vegetadas); y de zonas bajas (con riberas más extensas y mayor diversidad específica). Una vez definido el tipo se valoran la naturalidad y la complejidad de la cubierta vegetal. La naturalidad se mide en relación con las especies arbóreas autóctonas que se deberían encontrar en la zona sin alteraciones antrópicas. El número de especies determina la puntuación inicial, pero puede ser modificada en función de la continuidad del bosque a lo largo del río. El número de especies determina la puntuación inicial, pero puede ser modificada en función de la continuidad del bosque a lo largo del río. Por el contrario, si hay estructuras antrópicas en la zona de riberas, especies alóctonas o vertidos, esto puede conllevar a una puntuación negativa.

Grado de alteración del canal fluvial.

Las actuaciones del hombre sobre el canal fluvial, alterando su naturalidad, tiene efectos sobre las riberas al estar ante un sistema interrelacionado. La intensidad de las modificaciones marca el grado de alteración del canal. En el índice QBR se marcan tres situaciones: Modificaciones sobre las terrazas adyacentes al lecho del río; presencia de infraestructuras rígidas que sean discontinuas y paralelas al lecho del río, modificando su

canal; y canalizaciones del tramo alterando orillas o toda la ribera. También se tienen en cuenta la presencia de estructuras transversales en el cauce, de tipo sólido.

La suma de los diferentes apartados permite establecer el grado de calidad del sistema de ribera. El índice QBR propone cinco niveles de calidad.

3.3.3 Índice de hábitat fluvial (IHF)

Este índice evalúa la heterogeneidad del hábitat de cauces fluviales. El índice se compone de siete apartados que evalúan las diferentes características del hábitat. Cada uno de estos siete apartados se evalúa en lo que se denominan “estaciones”.

Fijación del sustrato en los rápidos/Sedimentación en las balsas.

Valora la inclusión (medida del grado en que las partículas del sustrato se encuentran fijadas en el lecho del río) y la sedimentación en la zona de muestreo.

Para medir la inclusión se calcula el porcentaje de bloques, cantos y gravas fijados. Para analizar la sedimentación, se evalúa la deposición de material fino en las zonas de menor corriente. Se evalúa la sedimentación en los ríos en las zonas de remansos o sin corriente.

La suma de los dos apartados no puede ser superior a 10.

Frecuencia de rápidos.

Evalúa la heterogeneidad del curso del río en el tramo de estudio seleccionado. Se cuantifican el número de rápidos en relación con zonas más remansadas. La alternancia frecuente de rápidos y zonas remansadas en el tramo fluvial garantiza una mayor diversidad de hábitats para los diferentes organismos acuáticos que se encuentran en el río.

Composición del sustrato.

Estimación porcentual de la composición por diferentes medidas de los materiales del lecho. A mayor variedad, mayor puntuación final. Utiliza cuatro categorías en función del predominio de los materiales en el sustrato (Bloques y piedra; Cantos y gravas; Arenas; y Limos y arcillas).

Regímenes de velocidad y profundidad.

Mide la capacidad que el sistema tiene para proporcionar un sistema estable y poder mantenerlo en el tiempo. Se valora más la mayor presencia y variedad de regímenes de velocidad y profundidad al proporcionarse así una mayor diversidad de hábitats para los diferentes organismos que se encuentran en el río.

La barrera para distinguir entre zonas someras y profundas se cifra en 0,5m de profundidad, mientras que la diferencia entre flujos rápidos o lentos se establece en 0,3m/seg.

La puntuación obtenida surge de la combinación de velocidad y profundidad (lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo, rápido-somero).

Porcentaje de sombra en el cauce.

Estima, de forma visual, la sombra que la diferente vegetación de ribera proyecta sobre el cauce. Esta variable determina la cantidad de luz que llega al canal del río. Se considera que la variedad de zonas más o menos iluminadas introduce una mayor heterogeneidad de hábitats.

El índice propone cuatro categorías de cubrimiento: Sombreado con ventanas; Totalmente en sombra; Grandes claros; Expuesto.

Elementos de heterogeneidad.

Mide la presencia de elementos naturales que supongan un aumento en la heterogeneidad del cauce. Se tiene en cuenta la presencia de hojas, troncos o raíces en el cauce fluvial o sus orillas. Estos elementos proporcionan un hábitat que puede ser colonizado por organismos acuáticos que pasan a dar una mayor diversidad al sistema.

A mayor diversidad de elementos de heterogeneidad, mayor puntuación. Las puntuaciones se asignan en función de la presencia de: hojarasca; troncos y ramas; raíces expuestas; diques naturales. En el caso de que no se compute ni un solo elemento de heterogeneidad la puntuación será de cero puntos.

Cobertura de vegetación acuática.

Mide el grado de cobertura de vegetación acuática que hay en el cauce del tramo analizado. Una mayor diversidad de morfologías de productores primarios redundará en un incremento de la disponibilidad de hábitats.

La vegetación acuática se estructura en 3 grupos: Plocon, Pecton y Fanerógamas y charales.

3.3.4 Índice Hidrogeomorfológico (IHG)

Es un índice de valoración del sistema fluvial, con una marcada impronta del enfoque de la geomorfología fluvial. El trabajo de campo radica en la detección de impactos in situ, y el trabajo de gabinete consiste en el estudio de la cuenca drenada, las características fluviales aguas arriba, así como el visionado de fotografías aéreas tanto para la detección de alteraciones como para el conocimiento de la evolución del sistema.

El índice aborda el análisis del estado ecológico del tramo de estudio, en cuanto a sus caracteres geomorfológicos, desde tres grandes bloques:

- La calidad del sistema, atendiendo a los caudales líquidos, sólidos y a la llanura de inundación.
- La calidad del cauce, tanto por su trazado en planta, perfil longitudinal y orillas.
- Las riberas, en el que se estudia su continuidad, anchura y estructura interna.

Los apartados del índice IHG son:

Calidad funcional del sistema.

Se abordan los caudales sólidos y líquidos, también se analiza la llanura de inundación con la que el sistema regula esos caudales, en casos extremos.

Se valora en qué medida el río lleva la cantidad de caudal que debería llevar en condiciones naturales. Se atiende a la presencia de embalses aguas arriba del tramo estudiado, así como a derivaciones importantes.

Se analiza la disponibilidad y movilidad de sedimentos, se trata de responder a la pregunta de si el río está transportando todos los sedimentos que debiera llevar en condiciones naturales.

Se evalúa la funcionalidad de la llanura de inundación tratando de valorar si puede el río desbordarse en su llanura como lo haría de forma natural.

Calidad del cauce.

Atiende a la naturalidad del trazado, el perfil longitudinal y las orillas. Para evaluar la naturalidad del trazado y de la morfología en planta se pretende puntuar en qué medida el cauce conserva un trazado o forma en planta natural.

La continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales, busca evaluar si el cauce carece de barreras que alteren su continuidad longitudinal o modifiquen el fondo del mismo.

Se valora la naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral; evalúa si las orillas del tramo son naturales y esto permite al cauce tener una movilidad lateral acorde con su entorno y características geomorfológicas.

Calidad de las riberas.

Aborda tres grandes grupos:

Continuidad longitudinal: se evalúa si el corredor ribereño es continuo a lo largo de todo el tramo y en ambas márgenes, siempre y cuando lo debe ser de forma natural. Se diferencia entre impactos blandos y duros.

Anchura del corredor ribereño: se valora debiendo puntuar en qué medida conserva toda su anchura potencial a lo largo del tramo y en ambas márgenes.

Estructura, naturalidad y conectividad transversal de las riberas: se valora si el corredor ribereño conserva una buena estructura interna y naturalidad en las especies vegetales que lo componen y si las conexiones de los ambientes de adyacentes son naturales. Se atiende a las alteraciones internas de las riberas.

3.3.5 Morphological Quality Index (MQI)

Establece tres componentes de análisis en los cursos fluviales:

- 1) Funcionalidad geomorfológica (equilibrio dinámico).
- 2) Ausencia de artificialidad.
- 3) Ausencia de variaciones significativas en la forma, dimensiones y lecho en los últimos 50-100 años.

La metodología de trabajo se divide en tres fases:

- 1) Clasificación inicial y definición.

Se analizan los cursos de agua y se clasifican en función de la unidad fisiográfica, del grado de confinamiento y de la morfología del cauce, procediendo después a una tramificación basada en criterios geomorfológicos. Se definen los cursos confinados y los no confinados, dado que la aplicación del análisis difiere según la morfología fluvial.

2) Valoración del estado actual de los cursos de agua.

Clasificación del estado morfológico actual, basado en las condiciones de funcionalidad, artificialidad y variaciones geomorfológicas recientes, mediante la aplicación de un listado de indicadores relativos a estos tres aspectos (28), los cuales se aplican dependiendo del tipo de curso fluvial, si es confinado o no confinado.

Los indicadores de funcionalidad son los siguientes:

Continuidad F1. Continuidad longitudinal en el flujo de sedimentos y material leñoso

Se valora si la continuidad natural longitudinal de los sólidos se ve alterada por elementos antrópicos que pueden interceptar o impedir el libre flujo de sedimentos y/o material leñoso.

Continuidad F2. Presencia de llanura inundable

Analiza la presencia, extensión y naturalidad de una zona inundable que favorece y activa los procesos de continuidad lateral de los flujos líquidos y sólidos en eventos de crecida.

Continuidad F3. Conexión de las laderas con el curso de agua

Permite el aporte de sedimentos y madera.

Continuidad F4. Procesos de retroceso y erosión de las márgenes

Evalúa si la presencia de procesos de erosión en las orillas es natural o se encuentra afectado por procesos no naturales.

Continuidad F5. Presencia de una capa potencialmente erosionable

Se refiere al potencial que tiene un flujo de agua de generar procesos erosivos de margen en un periodo de tiempo próximo.

Morfología F6. Morfología del fondo del valle y pendiente

Evalúa la morfología del fondo del lecho fluvial y la pendiente. Existe cierta correlación entre la pendiente y las formas asociadas y en la configuración de los hábitats fluviales.

Morfología F7. Forma y proceso típico de la configuración morfológica

Indicador similar al anterior, pero se aplica a ríos no confinados y, dentro de los confinados, a los trezados. Evalúa si las formas y procesos de la configuración típica morfológica que comprende la zona están activos o están parcialmente alterados por impactos humanos.

Morfología F8. Formas típicas de la llanura

La ausencia de formas típicas de llanura, puede considerarse como un cierto grado de deterioro de la función normal del curso de agua. Solo se puede aplicar a ríos meandriiformes de un solo canal.

Morfología F9. Variabilidad de la sección

Un curso de agua por su propia naturaleza tiene una cierta variabilidad morfológica. Esta variabilidad morfológica es una consecuencia natural de los procesos normales geomorfológicos- hidráulicos, así como de las intervenciones antrópicas y es de importancia para la diversificación de los hábitats.

Morfología F10. Estructura del fondo del cauce

Un curso de agua presenta en condiciones normales una heterogeneidad natural en el tamaño de los sedimentos y las características estructurales-texturales del material presente en el lecho. Se evalúa la presencia de las alteraciones más evidentes en la estructura del sustrato.

Morfología F11. Presencia de materiales leñosos de gran tamaño

Evalúa las condiciones de alteración de una zona con presencia natural de la madera muerta (detritus) en gran parte del lecho del río, incluyendo los árboles, troncos y ramas. Este material leñoso desempeña importantes funciones en los aspectos ecológicos.

Vegetación de ribera F12. Anchura de las formaciones presentes en el radio de acción perifluvial

Evalúa la amplitud actual en relación con la amplitud de la llanura disponible para la franja de árboles y arbustos, o para el desarrollo funcional, incluyendo también las formaciones de hidrófitas como la caña.

Vegetación de ribera F13. Extensión lineal de las formaciones a lo largo de las márgenes.

Evalúa el desarrollo longitudinal de la vegetación (árboles, arbustos y hidrófitas) a lo largo del lecho del río, independientemente de su extensión superficial.

Alteración de la continuidad longitudinal aguas arriba A1. Obras de alteración del caudal líquido.

Analiza las obras aguas arriba de la sección de estudio (como embalses, represas, desvíos, derivaciones) que tienen efectos significativos sobre la continuidad de flujo líquido.

Alteración de la continuidad longitudinal aguas arriba A2. Obras de alteración del caudal sólido.

Toma en cuenta aquellas obras aguas arriba de la sección de estudio que pueden originar efectos significativos en términos de alteración del transporte de carga sólida.

Alteración de la continuidad longitudinal del tramo A3. Obras de alteración del caudal líquido (canales de derivación, diques de contención).

Este indicador es similar al A1, con la diferencia que se refiere a las obras presentes en el tramo de estudio.

Alteración de la continuidad longitudinal del tramo A4. Obras de alteración del caudal sólido (presas de retención de sedimentos, presas, norias).

Se consideran obras de derivación que producen una alteración del flujo normal de los sedimentos.

Alteración de la continuidad longitudinal del tramo A5. Obras transversales (puentes, vados, entubamientos).

Se trata de obras que pueden alterar las condiciones hidrodinámicas locales de la corriente y por lo tanto, pueden ralentizar o incluso retener el transporte de sedimentos o la madera.

Alteración de la continuidad lateral A6. Defensas de margen (muros, escolleras, bioingeniería)

Se analiza la presencia en el tramo de todas aquellas obras y estructuras que ayudan a la protección de las orillas de la erosión y, por lo tanto, afectan a la continuidad lateral mediante la restricción de sedimento y de madera.

Alteración de la continuidad lateral A7. Diques y motas

Se analiza la presencia y ubicación de los diques y motas que afectan a la continuidad lateral.

Alteración de la morfología del lecho y/o del sustrato A8. Variación artificial del trazado

Con este indicador se pretende analizar si hay cambios del trazado de cierta importancia del curso de agua (cortes de meandro, cambios en la alineación, cambios en la desembocadura).

Alteración de la morfología del lecho y/o del sustrato A9. Otras obras de consolidación y/o alteración del sustrato

Se incluyen en este indicador las obras de consolidación que no sobresalen sustancialmente desde el fondo del lecho del río, no suelen tener efectos significativos en el transporte de sedimentos.

Intervenciones de mantenimiento y retirada A10. Retirada de sedimentos

Toma en cuenta la intensidad de la eliminación de sedimentos en el tramo, como dragados o extracciones de áridos.

Intervenciones de mantenimiento y retirada A11. Retirada de material leñoso

Es necesario analizar si hay conocimiento de la eliminación total o parcial de material leñoso en los últimos 20 años. Este periodo de tiempo es, aproximadamente, el que necesita un curso fluvial para generar material vegetal que pueda ser relevante en el funcionamiento natural del río.

Intervenciones de mantenimiento y retirada A12. Tala de la vegetación de ribera

Evalúa si ha habido talas en las riberas del tramo analizado, sean de plantaciones o de vegetación natural de ribera.

Ajustes del cauce CA1. Variación de la configuración morfológica

Se evalúa y la existencia de una variación en la configuración morfológica del lecho del río, es decir, la transición de un tipo morfológico a otro.

Ajustes del cauce CA2. Variación de la anchura

Se evalúan las variaciones de la anchura del lecho del río con respecto a la situación de los años 50. La existencia de variaciones significativas en anchura

Ajustes del cauce CA3. Variación de la altura.

Las variaciones altimétricas que ocurren en un intervalo de tiempo relativamente corto pueden ser consideradas como un deterioro debido a los impactos humanos. Se pueden originar procesos de incisión o de elevación del lecho fluvial, originando procesos de inestabilidad.

3.3.6 Riparian Forest Evaluation (RFV)

El índice fue desarrollado para la evaluación de los bosques permanentes de las riberas de los cursos fluviales. Este índice permite evaluar la continuidad espacial del bosque de ribera en cuatro parámetros: continuidad longitudinal, transversal, vertical y temporal.

La base para el desarrollo de este índice es el canal bankfull, un parámetro hidromorfológico que está muy ligado al caudal dominante de un curso fluvial. Estos dos parámetros son los que definen, en mayor parte, la morfología de los cauces aluviales.

A la hora de establecer el valor de anchura bankfull, existen diversas pautas o señales que facilitan la identificación de este nivel:

- Cambios en la vegetación de las orillas
- Cambios en la pendiente
- Cambios en los materiales
- Zonas de acumulación de materiales arrastrados por el río
- Socavación de las orillas
- Líneas de coloración

La metodología indica que el índice se divide en 4 bloques:

Continuidad longitudinal del bosque de ribera

Para analizar este bloque hay que usar una longitud de 10-14 veces la anchura bankfull. En la longitud establecida se valorará la continuidad longitudinal de la vegetación arbórea.

y arbustiva (la herbácea no) del bosque de ribera autóctono. La aparición de taxones alóctonos se valorará como una discontinuidad del bosque de ribera. La ausencia de vegetación por causas naturales no se considerará como una discontinuidad.

Continuidad transversal del bosque de ribera

Evalúa la continuidad transversal del bosque de ribera autóctono en 5-7 secciones separadas entre sí dos veces la anchura bankfull. En los casos en los que la vegetación riparia conecte con la vegetación climatófila adyacente o dicho bosque esté limitado por la anchura máxima del valle, la longitud de las secciones a analizar será la misma que tenga el propio bosque. Las discontinuidades transversales serán la ausencia de taxones leñosos autóctonos o macrófitas autóctonas, la aparición de taxones alóctonos o la existencia de cualquier uso del suelo de carácter antrópico, como infraestructuras, plantaciones, cultivos, construcciones, zonas verdes, etc.

Complejidad del bosque ripario

Se usarán las mismas secciones establecidas en el apartado anterior. Se analizará la complejidad del bosque, teniendo en cuenta la composición y estructura de la vegetación. Las puntuaciones más elevadas se asignarán a los bosques densos con especies autóctonas, un sotobosque denso con especies arbustivas, lianoides, nemorales y epífitas, mientras que las puntuaciones más bajas se otorgarán a la vegetación de ribera con pies aislados, dominado por especies alóctonas.

Regeneración del bosque ripario

La regeneración del bosque ripario se analizará sobre una longitud de 10-14 veces la anchura bankfull, Se buscará la presencia de retoños y ejemplares jóvenes de la vegetación arbórea y arbustiva autóctona a lo largo de todo el tramo de análisis. No se puntuará de forma negativa la ausencia de ejemplares jóvenes por la falta de luz, por la competencia de los ejemplares adultos o por las características del terreno.

3.3.7 River Habitat Survey (RHS)

Es un protocolo de toma de datos, donde se pueden obtener dos índices para la valoración de los cursos o tramos fluviales. El primero de ellos, el Habitat Quality Assessment (HQA) establece valores de calidad para los diferentes hábitats encontrados en cada medición. El segundo de ellos es el Habitat Modification Score (HMS), que evalúa las alteraciones antropogénicas detectadas en el trabajo de campo.

La almacenada de datos se realiza en tramos de 500 metros de longitud donde se obtiene información muy detallada en los denominados “spot-checks” y también se obtiene información de las características globales del tramo en los apartados de hábitats, riberas e impactos.

El índice River Habitat Survey (RHS) es un protocolo de toma de datos muy detallado que no permite una valoración directa del estado ecológico de los cursos fluviales analizados. Sin embargo, a partir del tratamiento de los datos del campo, se pueden derivar dos índices.

El índice HQA (Habitat Quality Assessment)

El índice HQA es un sistema o índice basado en las características o rasgos de los diferentes hábitats observados en el trabajo de campo y en su aparición durante los muestreos. Para aplicar este índice, hay que establecer unas zonas test que serán los

tramos de referencia sobre los que se podrán comparar las puntuaciones. Este índice se debería utilizar con ríos que tengan las mismas características.

El índice HMS (Habitat Modification Score)

Es una forma de cuantificar las afecciones que se dan en los cursos fluviales analizados mediante el índice RHS. Cada vado, noria, presa, etc., lleva asociada una puntuación que se recoge y contabiliza, dando lugar a una clasificación de los tramos analizados.

3.3.8 Análisis de los índices hidromorfológicos

Para cada índice hidromorfológico se analiza su estructura, componente, escala espacial (macroescala o mesoescala) empleados por EcoHyd (2012), además la información necesaria para su estudio.

En estos índices se examinan según la rigidez que presentan, la puede establecer la posibilidad de ejecución de cada uno de los índices, considerando las tipologías hidromorfológicas de los ríos, suelos altitudinales de la vegetación ribereña, pendiente media, composición florística, caudales medios, extensión las áreas riparias, obras hidráulicas más frecuentes, entre otras. Habiendo en cuenta las quehaceres antropogénicos consideradas en cada índice y su similitud con aquellas que se efectúan en las cuencas los ríos Cuautla y Yautepec.

3.3.9 Clasificación de los tramos a evaluar

El modo de empleo de los índices hidromorfológicos se considera los tramos a evaluar haciendo recorridos in situ y tratar de seleccionar el mejor sitio de muestreo entre ellos la microcuencas de los tramos del río principal en ambas cuecas. Tablas 3.2 y 3.3.

Tabla 3.2 Puntos de muestreo del río Cuautla.

Tramo del cuerpo de agua	Punto clave	Latitud N	Longitud O
Río Cuautla	1	18° 48' 40"	-98° 56' 49"
Arroyo sabino	2	18° 48' 40"	-98° 56' 49"
Río Cuautla	3	18° 45' 54"	-98° 58' 09"
Arroyo Ayala	4	18° 45' 53"	-98° 58' 09"
Arroyo La Soledad	5	18° 45' 14"	-98° 57' 49"
Río Cuautla	6	18° 42' 33"	-98° 58' 10"
Arroyo San Juan	7	18° 42' 32"	-98° 58' 10"
Arroyo Moyotepec	8	18° 41' 45"	-98° 58' 50"
Río Cuautla	9	18° 38' 53"	-98° 59' 47"
Arroyo La Cuera	10	18° 38' 53"	-98° 59' 46"
Arroyo Tlaltizapán1	11	18° 37' 56"	-99° 01' 13"
Arroyo Chinameca	12	18° 35' 19"	-99° 02' 06"
Arroyo Tlaltizapán2	13	18° 35' 03"	-99° 03' 48"
Arroyo Tlaquiltenango1	14	18° 34' 36"	-99° 04' 25"
Río Cuautla	15	18° 31' 14"	-99° 07' 20"
Arroyo El Texcal	16	18° 31' 14"	-99° 07' 21"
Arroyo Tlaquiltenango2	17	18° 31' 46"	-99° 08' 23"

Tabla 3.3 Puntos de muestreo del río Yautepec

Tramo del cuerpo de agua	Punto clave	Latitud N	Longitud O
Río Yautepec	1	18° 53' 56"	-98° 58' 58"
Arroyo El Bosque	2	18° 53' 56"	-98° 58' 57"
Río Yautepec	3	18° 54' 41"	-99° 00' 10"
Arroyo El Salto	4	18° 54' 41"	-99° 00' 10"
Río Yautepec	5	18° 52' 55"	-99° 03' 48"
Arroyo Oacalco	6	18° 52' 55"	-99° 03' 49"
Río Yautepec	7	18° 47' 59"	-99° 06' 07"
Arroyo La Villa	8	18° 47' 59"	-99° 06' 06"
Río Yautepec	9	18° 42' 33"	-99° 06' 41"
Arroyo Tlaltizapán	10	18° 42' 34"	-99° 06' 41"
Río Yautepec	11	18° 40' 37"	-99° 06' 54"
Arroyo Moyotepec	12	18° 40' 37"	-99° 06' 54"

Tramo del cuerpo de agua	Punto clave	Latitud N	Longitud O
Río Yautepec	13	18° 40' 16"	-99° 08' 21"
Arroyo Dulce	14	18° 40' 17"	-99° 08' 21"
Arroyo Tlaquiltenango	14	18° 36' 29"	-99° 09' 57"

Esta selección permite conocer los índices hidromorfológicos, de tal manera que sea posible deducir si estos índices refleja en menor medida el estado ecológico de las áreas riparias de los ríos Cuautla y Yautepec. La distribución de los puntos considerados puede verse en las Figuras 3.1 y 3.2.

3.3.10 Estudio Macroescala

Se efectúa una ejecución en gabinete de los indicadores en los tramos seleccionados en el punto anterior, esta evaluación se cumple a un nivel Macroescala, en función de la información recabada.

3.3.11 Estudio Microescala

El estudio se efectúa en dos etapas, la primera es la descripción mediante Google Earth, la cual se lleva a cabo en una escala 1:10,000. En segundo lugar se realiza levantamiento y constatación de la información in situ, para lo cual se definen transversales, nombrados A, B, y C según el sentido del escurrimiento del cauce. En cada perfil se miden al ancho del espejo del río y el ancho del área riparia en ambos márgenes.

Al mismo tiempo, se realiza levantamientos de transectos en ambas márgenes del río para evaluar la flora de cada perfil. En la cual se mide la distancia a la ribera, cobertura y estructura de los grupos funcionales, además de las especies dominantes el área riparia. La identificación de las especies se realiza in situ, las especies que no es posible su identificación in situ son recolectadas e identificadas en gabinete.

3.3.12 Evaluación

La evaluación en cada tramo se realiza de acuerdo al puntaje total obtenido sumando los puntajes de cada componente, bien esté en escala macroescala o microescala. La valoración se realiza mediante la implementación de una tabla donde se clasifica el nivel de alteración en cinco categorías: Muy Buena, Buena, Aceptable, Mala y Muy Mala.

Esta metodología propuesta se realiza una parte de reconocimiento del tema por lo extenso y enorme trabajo en campo, solo se presenta los recorridos de acuerdo a las bases de datos de CONABIO y dos tesis de licenciaturas que se hicieron en ambos ríos Cuautla y Yautepec.

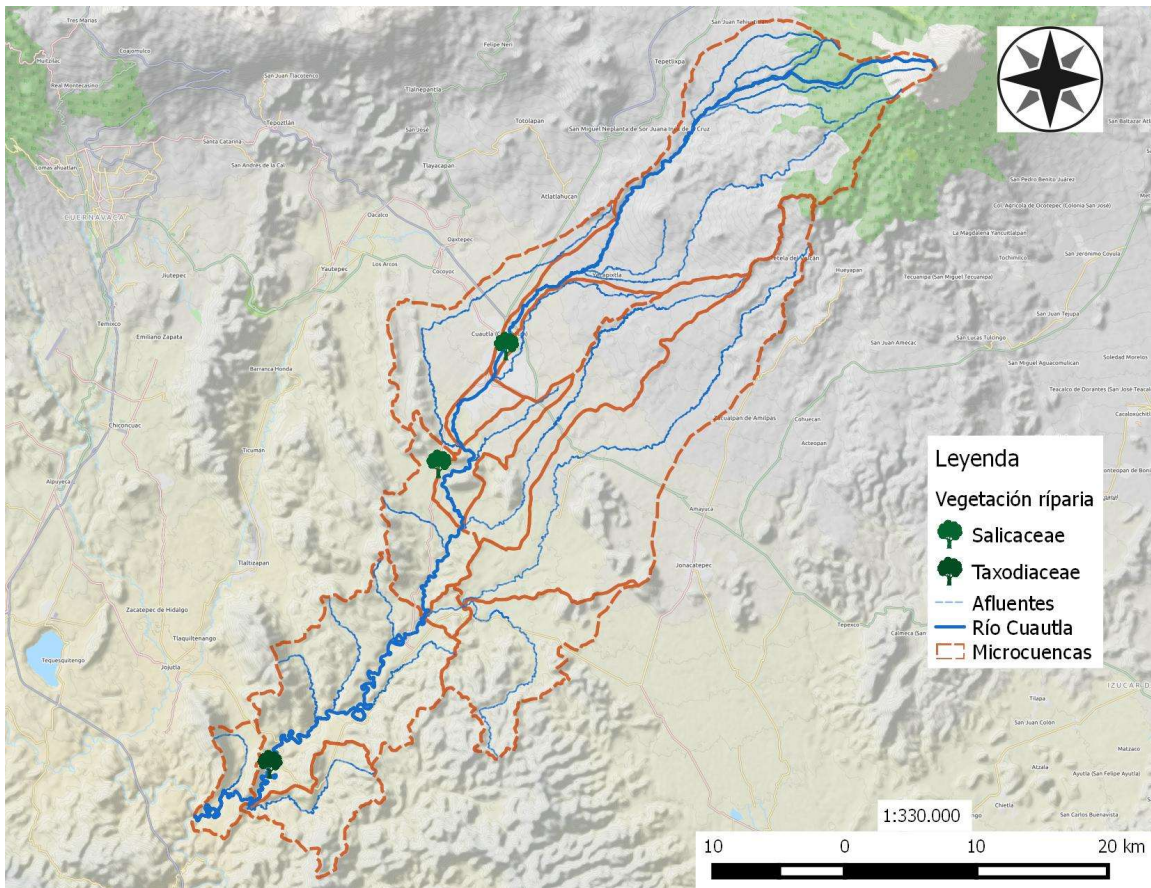


Figura 3.1 Distribución de los puntos del cauce de la vegetación riparia en la subcuenca del río Cuautla.

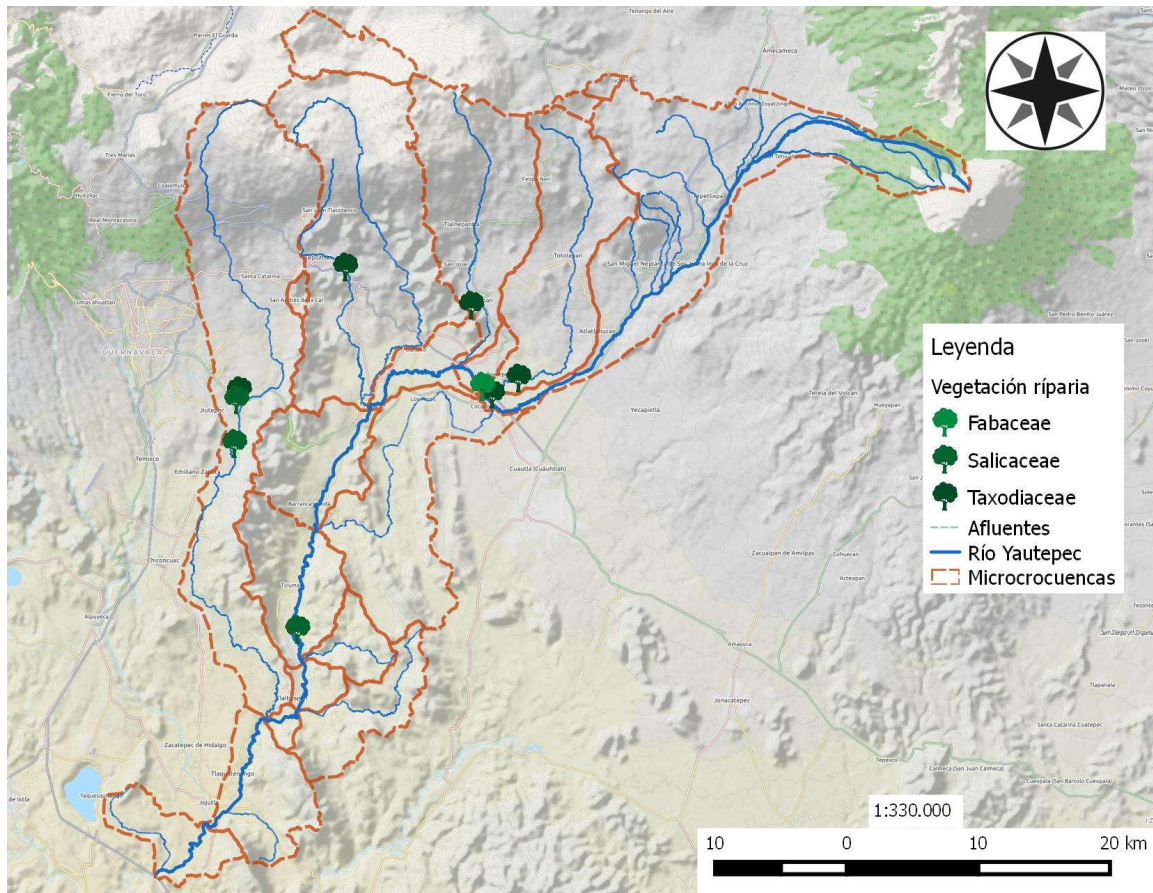


Figura 3.2 Distribución de los puntos del cauce de la vegetación riparia en la subcuenca del río Yutepec.

3.4 Resultados

3.4.1 Subcuenca río Cuautla

En la subcuenca del río Cuautla se analizaron 66 registros y está constituida florísticamente por 18 especies pertenecientes a 10 familias y 12 géneros de macrófitas subacuáticas, tanto de elementos herbáceos como arbóreos, correspondientes a dos grupos como son las gimnospermas y angiospermas (monocotiledóneas y dicotiledóneas). Ver Tabla 3.4.

Para comprender los procedimientos propuestos al uso de las macrófitas acuáticas como elemento de calidad biológica de ríos y lagos, por lo que el propósito fue facilitar el resultado de los inventarios comparables que permitan la identificación de las especies de referencia y la determinación del estado ecológico en ríos y lagos. La cuantificación de las macrófitas acuáticas se realizó mediante evaluación, análisis de la variable de abundancia de las bases de datos y por medio de una escala de cinco niveles, un descriptor (rara, ocasional, frecuente, abundante y muy abundante o dominante) y porcentajes de cobertura de cinco clases, propuesta por el método de directrices para la cuantificación de las macrófitas acuáticas (MMA CHE, 2005) que describa la abundancia de cada especie en el área de muestreo. Ver Tablas 3.5 y 3.6.

Los resultados de cuantificación, distribución y abundancia de cada especie de macrófitas acuáticas estrictas para la subcuenca del río Cuautla fueron las siguientes: en la escala uno, el descriptor especie rara, clase individuo aislado, el resultado de cuantificación y distribución fue de cero especies; durante la escala dos, el descriptor especie ocasional, clase 1-10%, el resultado de cuantificación y distribución fue de seis especies; mientras que la escala tres, el descriptor especie frecuente, clase 10-50%, el resultado de cuantificación y distribución fue de ocho especies; en tanto la escala cuatro, el descriptor especie abundante, clase 50-70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de uno especie; y finalmente la escala cinco, el descriptor especie muy abundante o dominante, clase >70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de dos especies. Ver Figura 3.5.

Los porcentajes de cuantificación, distribución y abundancia de especies de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Cuautla fueron: la escala uno, el descriptor especie rara, clase individuo aislado, el resultado de cuantificación y distribución fue de 0%; la escala dos, el descriptor especie ocasional, clase 1-10%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 35%; la escala tres, el descriptor especie frecuente, clase 10-50%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 47%; la escala cuatro, el descriptor especie abundante, clase 50-70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 6%; y la escala cinco, el descriptor especie muy abundante o dominante, clase >70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 12%. Ver Figura 3.6.

3.4.2 Subcuenca río Yautepec

En la subcuenca del río Yautepec se analizaron 65 registros y está constituida florísticamente por 16 especies pertenecientes a 8 familias y 12 géneros de macrófitas subacuáticas, tanto de elementos herbáceos como arbóreos, incluidos a dos grupos como son las gimnospermas y angiospermas (monocotiledóneas y dicotiledóneas). Ver Tabla 3.7.

Para comprender los procedimientos propuestos al uso de las macrófitas acuáticas como elemento de calidad biológica de ríos y lagos, por lo que el propósito fue facilitar el resultado de los inventarios comparables que permitan la identificación de las especies de referencia y la determinación del estado ecológico en ríos y lagos. La cuantificación de las macrófitas acuáticas se realizó mediante evaluación, análisis de la variable de abundancia de las bases de datos y por medio de una escala de cinco niveles, un descriptor (rara, ocasional, frecuente, abundante y muy abundante o dominante) y porcentajes de cobertura de cinco clases, propuesta por el método de directrices para la cuantificación de las macrófitas acuáticas (MMA CHE, 2005) que describa la abundancia de cada especie en el área de muestreo. Ver Tablas 3.8 y 3.9

Los resultados de cuantificación, distribución y abundancia de cada especie de macrófitas acuáticas estrictas para la subcuenca del río Yautepec fueron las siguientes: en la escala uno, el descriptor especie rara, clase individuo aislado, el resultado de cuantificación y distribución fue de dos especies; la escala dos, el descriptor especie ocasional, clase 1-

10%, el resultado de cuantificación y distribución fue de siete especies; mientras que la escala tres, el descriptor especie frecuente, clase 10-50%, el resultado de cuantificación y distribución fue de dos especies; en tanto la escala cuatro, el descriptor especie abundante, clase 50-70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de cuatro especies; y finalmente la escala cinco, el descriptor especie muy abundante o dominante, clase >70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de uno especie. Ver Figura 3.4.

Los porcentajes de cuantificación, distribución y abundancia de especies de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Yautepec fueron: en la escala uno, el descriptor especie rara, clase individuo aislado, el resultado de cuantificación y distribución fue de 12%; la escala dos, el descriptor especie ocasional, clase 1-10%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 44%; la escala tres, el descriptor especie frecuente, clase 10-50%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 13%; la escala cuatro, el descriptor especie abundante, clase 50-70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 25%; y la escala cinco, el descriptor especie muy abundante o dominante, clase >70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 6%. Ver Figura 3.7.

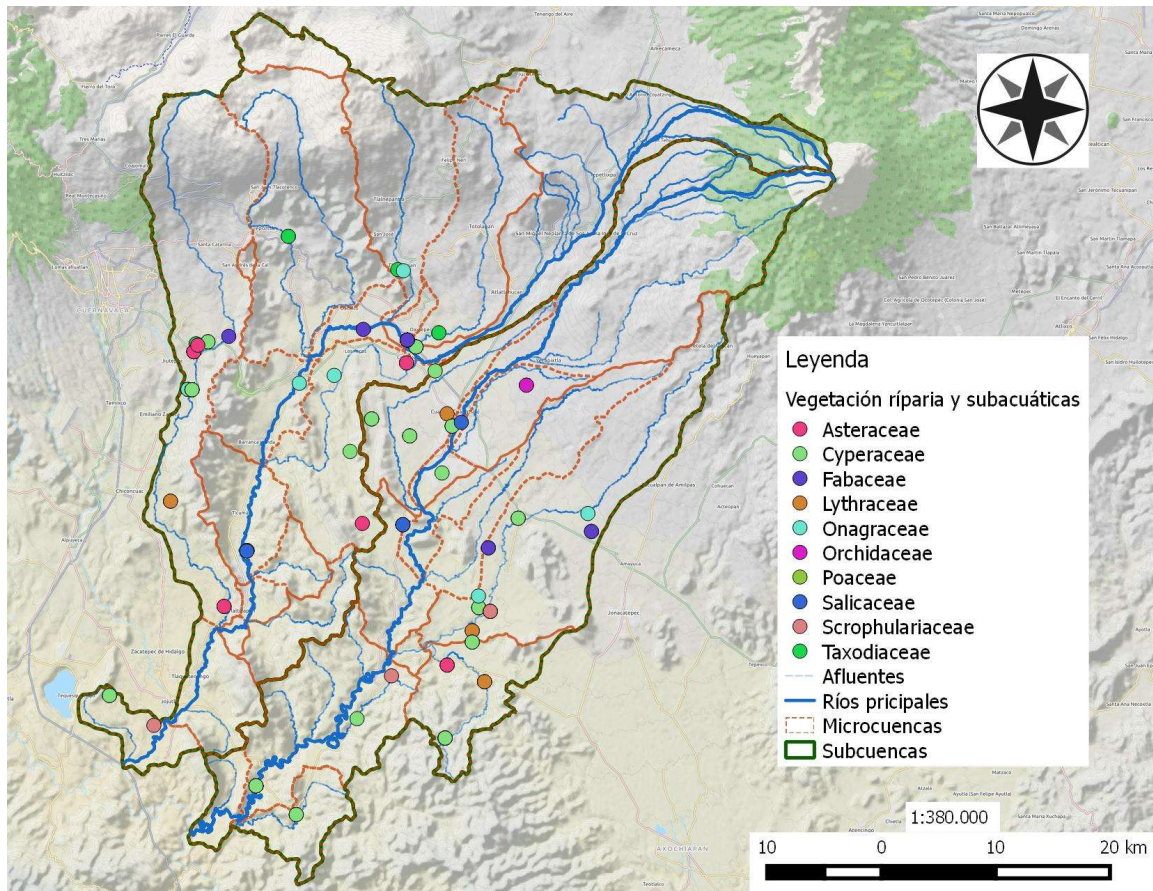


Figura 3.3 Distribución espacial de la vegetación riparia en las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepec.

Tabla 3.4 Listado florístico de vegetación ribereña o riparia en la subcuenca del río Cuautla.

Familia	Genero	Especie	Autor
ASTERACEAE	<i>Eclipta</i>	<i>prostrata</i>	(L.) L.
CYPERACEAE	<i>Cyperus</i>	<i>humilis</i>	Kunt
		<i>iria</i>	L.
		<i>lanceolatus</i>	Poiret
		<i>macrostachyos</i>	(Lam.) Raynal
		<i>ochraceus</i>	Vahl
		<i>odoratus</i>	L.
		<i>Eleocharis</i>	<i>montana</i>
		<i>montevicensis</i>	Kunth

Familia	Genero	Especie	Autor
FABACEAE	<i>Aeschynomene</i>	<i>americana</i>	L.
	<i>Sesbania</i>	<i>herbacea</i>	(Mill.) McVaugh
LYTHRACEAE	<i>Cuphea</i>	<i>micropetala</i>	Kunth
ONAGRACEAE	<i>Ludwigia</i>	<i>octovalvis</i>	(Jacq.) Raven
ORCHIDACEAE	<i>Habenaria</i>	<i>repens</i>	Nutt.
POACEAE	<i>Echinochloa</i>	<i>colinum</i>	(L.) Link
SALICACEAE	<i>Salix</i>	<i>bonplandiana</i>	Kunth
SCROPHULARIACEAE	<i>Bacopa</i>	<i>monnieri</i>	(L.) Pennell
TAXODIACEAE	<i>Taxodium</i>	<i>mucronatum</i>	Ten.

Tabla 3.5 Formato de cuantificación de las características de distribución y abundancia de vegetación ribereña o riparia.

Abundancia de cada especie	Porcentaje de cobertura (%)	Variable
Descriptor (DMA)	Clase	Descriptor (Mx)
1 Rara	Individuos aislados	Muy escasa
2 Ocasional	1-10%	Escasa
3 Frecuente	10-50%	Regular
4 Abundante	50-70%	Abundante
5 Muy abundante (dominante)	>70%	Muy abundante

Tabla 3.6 Cuantificación de las características de distribución y abundancia de las especies de vegetación ribereña o riparia en la subcuenca del río Cuautla.

Familia	Genero	Especie	Forma de vida	Abundancia	PC (%) Clase
ASTERACEAE	<i>Eclipta</i>	<i>prostrata</i>	HEE	Regular	10-50%
CYPERACEAE	<i>Cyperus</i>	<i>humilis</i>	HEE	Escasa	1-10%
		<i>iria</i>	HEE	Regular	10-50%
		<i>lanceolatus</i>	HEE	Regular	10-50%
		<i>macrostachyos</i>	HEE	Regular	10-50%
		<i>ochraceus</i>	HEE	Regular	10-50%

Familia	Genero	Especie	Forma de vida	Abundancia	PC (%) Clase
		<i>odoratus</i>	HEE	Escasa	1-10%
	<i>Eleocharis</i>	<i>montana</i>	HEE	ND	ND
		<i>montevicensis</i>	HEE	Abundante	50-70%
FABACEAE	<i>Aeschynomene</i>	<i>americana</i>	HEE	Muy abundante	>70%
	<i>Sesbania</i>	<i>herbacea</i>	HEE	Regular	10-50%
LYTHRACEAE	<i>Cuphea</i>	<i>micropetala</i>	HEE	Regular	10-50%
ONAGRACEAE	<i>Ludwigia</i>	<i>octovalvis</i>	HEE	Escasa	1-10%
ORCHIDACEAE	<i>Habenaria</i>	<i>repens</i>	HEE	Escasa	1-10%
POACEAE	<i>Echinochloa</i>	<i>colinum</i>	HEE	Muy abundante	>70%
SALICACEAE	<i>Salix</i>	<i>bonplandiana</i>	HEE	Escasa	1-10%
SCROPHULARIACEAE	<i>Bacopa</i>	<i>monnieri</i>	HEE	Regular	10-50%
TAXODIACEAE	<i>Taxodium</i>	<i>mucronatum</i>	HEE	Escasa	1-10%

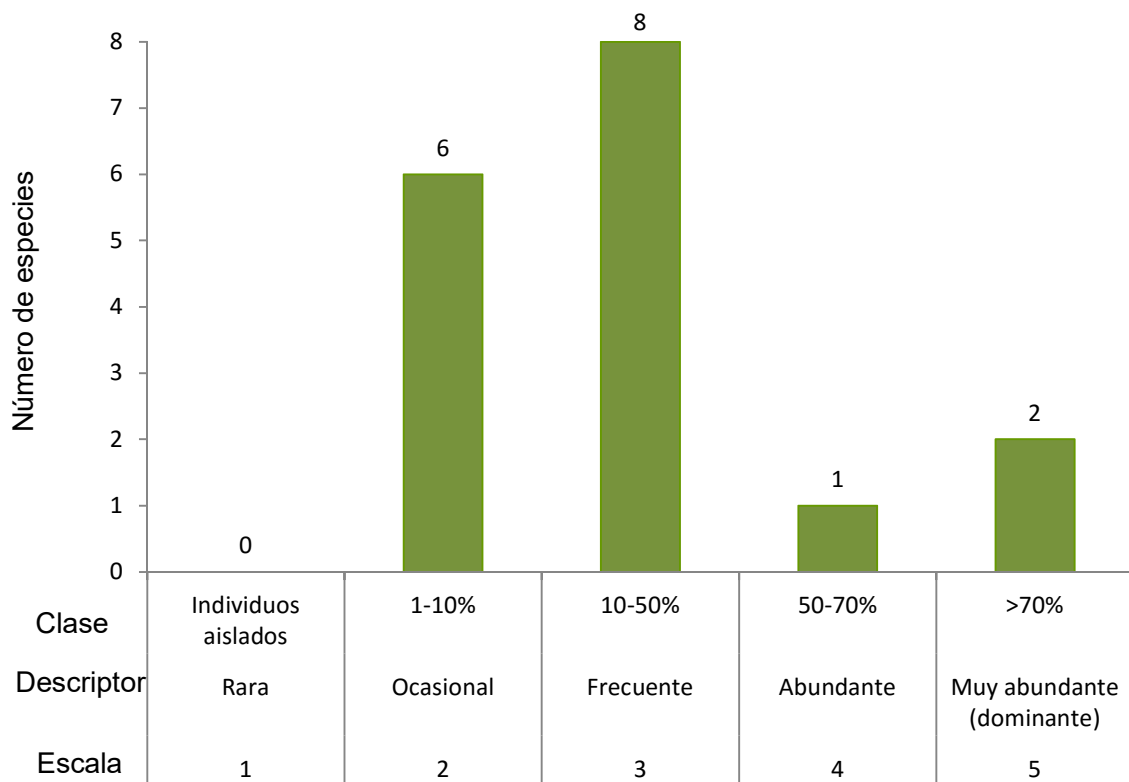


Figura 3.4 Resultado de cuantificación, distribución y abundancia de especies vegetación ribereñas o riparias en la subcuenca del río Cuautla.

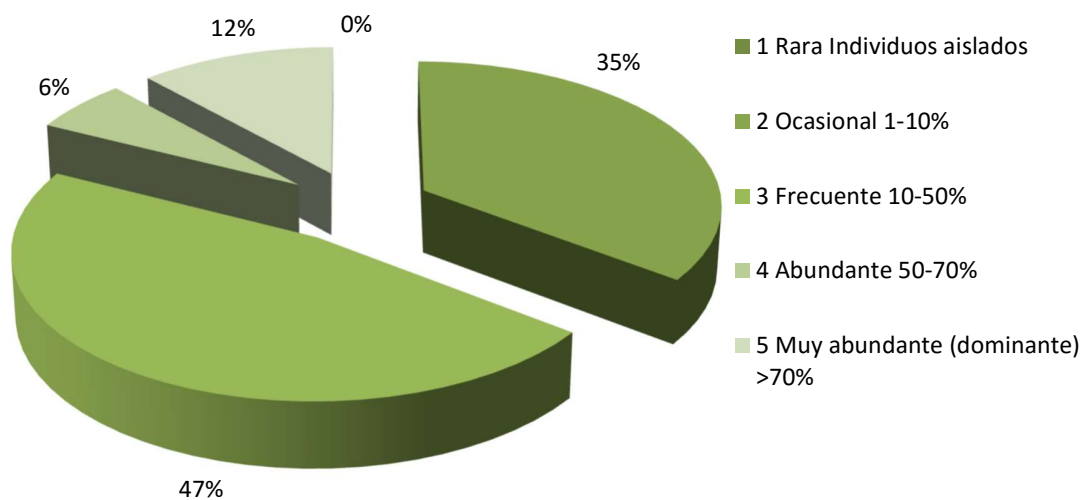


Figura 3.5 Porcentaje de cuantificación, distribución y abundancia de especies ribereñas o riparias en la subcuenca del río Cuautla.

Tabla 3.7 Listado florístico de vegetación ribereña o riparia en la subcuenca del río Yautepec.

Familia	Genero	Especie	Autor
ASTERACEAE	<i>Eclipta</i>	<i>prostrata</i>	(L.) L.
CYPERACEAE	<i>Cyperus</i>	<i>lanceolatus</i>	Poiret
		<i>macrostachyos</i>	(Lam.) Raynal
		<i>odoratus</i>	L.
	<i>Eleocharis</i>	<i>montana</i>	(Kunth) Roemer & Schultes
		<i>montevidensis</i>	Kunth
FABACEAE	<i>Aeschynomene</i>	<i>americana</i>	L.
	<i>Bauhinia</i>	<i>dipetala</i>	Hemsley
	<i>Inga</i>	<i>vera</i>	Willd.
	<i>Sesbania</i>	<i>herbacea</i>	(Mill.) McVaugh
LYTHRACEAE	<i>Cuphea</i>	<i>micropetala</i>	Kunth
ONAGRACEAE	<i>Ludwigia</i>	<i>octovalvis</i>	(Jacq.) Raven

Familia	Genero	Especie	Autor
SALICACEAE	<i>Salix</i>	<i>bonplandiana</i>	Kunth
		<i>humboldtiana</i>	Willd.
SCROPHULARIACEAE	<i>Bacopa</i>	<i>monnieri</i>	(L.) Pennell
TAXODIACEAE	<i>Taxodium</i>	<i>mucronatum</i>	Ten.

Tabla 3.8 Formato de cuantificación de las características de distribución y abundancia de vegetación ribereña o riparia.

Abundancia de cada especie	Porcentaje de cobertura (%)	Variable
Descriptor (DMA)	Clase	Descriptor (Mx)
1 Rara	Individuos aislados	Muy escasa
2 Ocasional	1-10%	Escasa
3 Frecuente	10-50%	Regular
4 Abundante	50-70%	Abundante
5 Muy abundante (dominante)	>70%	Muy abundante

Tabla 3.9 Cuantificación de las características de distribución y abundancia de vegetación ribereña o riparia en la subcuenca del río Yautepec.

Familia	Genero	Especie	Forma de vida	Abundancia	PC (%) Clase
ASTERACEAE	<i>Eclipta</i>	<i>prostrata</i>	HEE	Regular	10-50%
CYPERACEAE	<i>Cyperus</i>	<i>lanceolatus</i>	HEE	Abundante	50-70%
		<i>macrostachyos</i>	HEE	Muy escasa	Individuos aislados
		<i>odoratus</i>	HEE	Escasa	1-10%
	<i>Eleocharis</i>	<i>montana</i>	HEE	Escasa	1-10%
		<i>montevidensis</i>	HEE	Abundante	50-70%
FABACEAE	<i>Aeschynomene</i>	<i>americana</i>	HEE	Escasa	1-10%
	<i>Bauhinia</i>	<i>dipetala</i>	HEE	Escasa	1-10%

Familia	Genero	Especie	Forma		PC (%) Clase
			de vida	Abundancia	
	<i>Inga</i>	<i>vera</i>	HEE	Escasa	1-10%
	<i>Sesbania</i>	<i>herbacea</i>	HEE	Muy abundante	>70%
LYTHRACEAE	<i>Cuphea</i>	<i>micropetala</i>	HEE	Regular	10-50%
ONAGRACEAE	<i>Ludwigia</i>	<i>octovalvis</i>	HEE	Escasa	1-10%
SALICACEAE	<i>Salix</i>	<i>bonplandiana</i>	HEE	Muy escasa	Individuos aislados
		<i>humboldtiana</i>	HEE	Escasa	1-10%
SCROPHULARIACEA					
E	<i>Bacopa</i>	<i>monnieri</i>	HEE	Abundante	50-70%
TAXODIACEAE	<i>Taxodium</i>	<i>mucronatum</i>	HEE	Abundante	50-70%

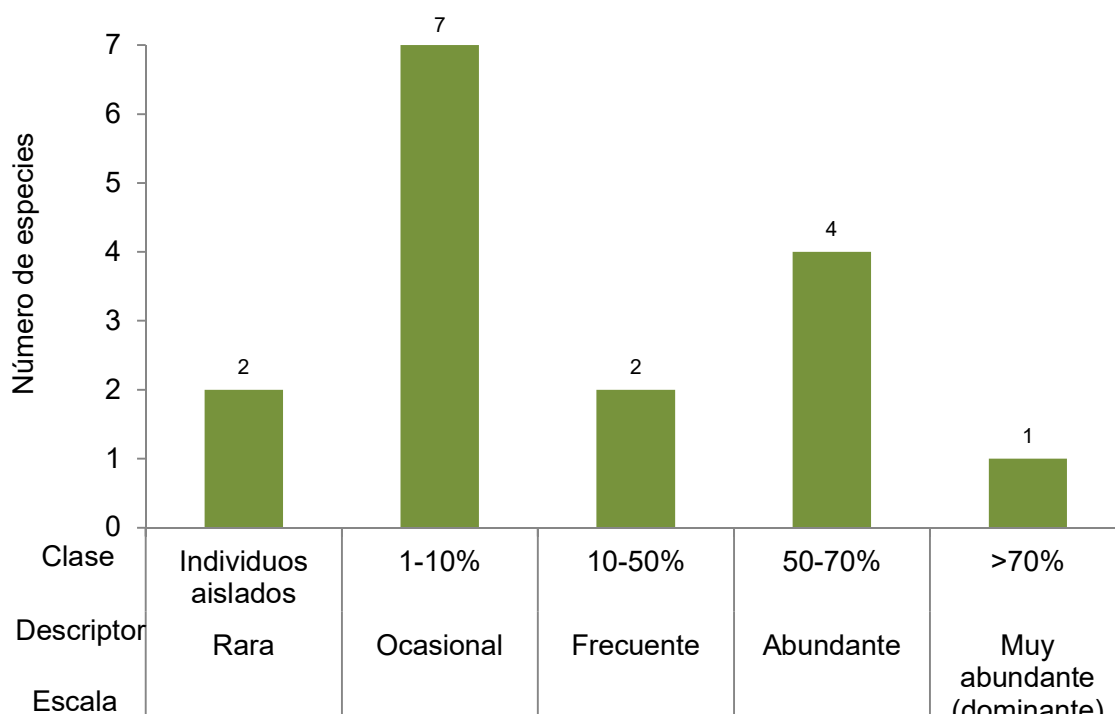


Figura 3.6 Resultado de cuantificación, distribución y abundancia de especies de vegetación ribereña o riparia en la subcuenca del río Yautepec.

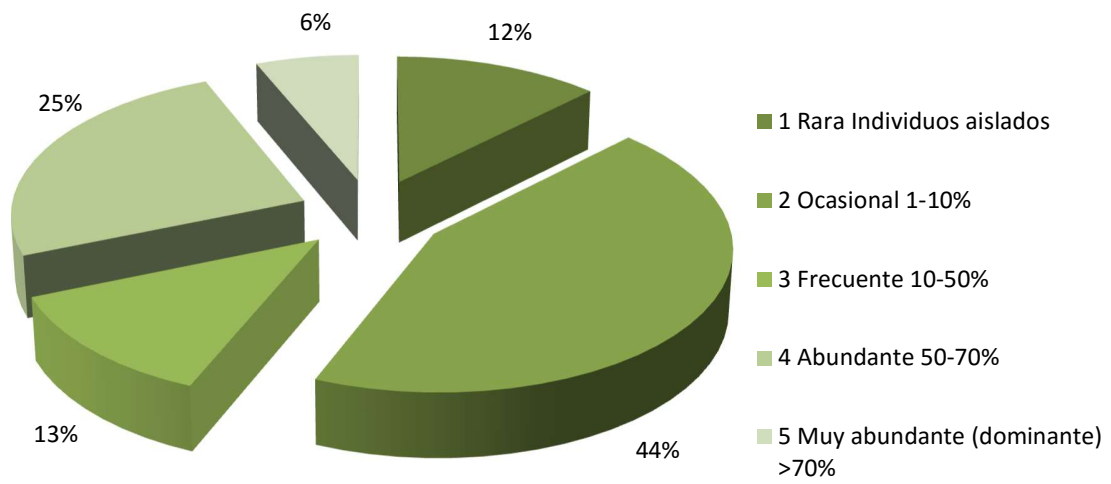


Figura 3.7 Porcentaje de cuantificación, distribución y abundancia de especies de vegetación ribereña o riparia en la subcuenca del río Yautepec.

3.5 Conclusiones

Las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepec están compuestas por vegetación riparia tanto de elementos herbáceos como arbóreos, constituidos por 10 familias, 14 géneros y 22 especies, incluidas en tres grupos, helechos y plantas afines, gimnospermas y angiospermas (monocotiledóneas y dicotiledóneas).

La vegetación riparia y subacuática están constituidas por cuatro formas de vida de las seis existentes en el país, siendo las hidrófitas enraizadas emergentes las mejores representadas en cuanto al número de especies.

La cuantificación, distribución y abundancia de la vegetación riparia y subacuáticas en ambas subcuencas estuvieron de la siguiente forma: la escala uno, el descriptor especie rara, clase individuo aislado, el resultado de cuantificación y distribución fue de dos especies; la escala dos, el descriptor especie ocasional, clase 1-10%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 13 especies; la escala tres, el descriptor especie frecuente, clase 10-50%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 10 especies; la escala cuatro, el descriptor especie abundante, clase 50-70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de cinco especies; y la escala cinco, el descriptor especie muy abundante o dominante, clase >70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de tres especies.

3.6 Literatura Citada

- Camacho-Rico, F., Trejo, I. y Bonfil C. 2006. Estructura y composición de la vegetación ribereña de la barranca del río Tembenbe, Morelos, México. Bol. Soc. Méx. 78: 17-31 p.p.
- Carrasco, S., Hauenstein, E., Peña-Cortés, F., Beltrán, C., Tapia, J. y Vargas-Chacoff, L. 2014. Evaluación de la calidad de vegetación ribereña en dos cuencas costeras del sur de Chile mediante la aplicación del índice QBR, como base para su planificación y gestión territorial. Guayana Bot. 71(1): 1-9 p.
- Chambers, J.C., Blank, R.R., Zamudio, D.C. y Tausch, R.J. 1999. Central Nevada riparian áreas: Physical and chemical properties of meadow soils. J. Range Manage. 52: 92-99 p.p.
- Clary W.P. y Leininger, W.C. 2000. Stubble height as a tool for management of riparian areas. J. Range Manage. 53: 562-573 p.
- Corigliano, M.C. 2008. Índice para evaluar la calidad ambiental en ríos serranos urbanos mediante indicadores. Rev. Univ. Nac. Rios Cuarto 28(1-2):33-54 p.
- Diario Oficial de las Comunidades Europeas. 2000, Por lo que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. I. 327/1-327/73 p.
- EcoHyd. 2012. Informe final adaptación regional de un índice de estado para zonas riparianas y su aplicación en la cuenca del Maipo. Ministerio del Medio Ambiente. Chile. 84 p.
- Espinosa, G.I.I. 2010. Flora y Vegetación acuáticas vasculares del río Yautepec, Morelos, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Morelos, México. 61 p.

- Fernández, L., Rau, J., y Arraigada, A. 2009. Calidad de la vegetación ribereña del río Maullín (41° 28' S; 72° 59' O) utilizando el índice QBR. *Guayana Bot.* 66(2): 269-278 p.
- Fernández, R.I. 2009. Aplicación del índice QBR para evaluación del impacto ambiental de la nueva traza del Yerba Buena. Provincia de Tucumán. República Argentina. Capítulo III. Ciencias de la Tierra. 6-11 p.
- González del Tánago M. y García de Jalón. 2011. Riparian Quality Index (RQI): A methodology for characterizing and assessing the environmental conditions of riparian zones. *Limnetica*, 30 (2): 235-254 p.
- González del Tánago M., García de Jalón. Lara, F. y Garilleti, R. 2006. Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la directiva marco del agua. *Ingeniería Civil*. 143. 97-108 p.
- Kutschker, A., Brand, C., y Miserendin, M.L. 2009. Evaluación de la calidad de los bosques en ríos NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. *Ecología Austral*. 19:19-34 p.
- Mendoza, C. M., Quevedo, N.A., Bravo, V.A., Flores, M.H., De la Isla, D.B.M.A., Gavi, R.F. y Zamora, M.B.P. 2014. Estado ecológico de ríos y vegetación ribereña en el contexto de la nueva ley general de aguas de México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 30 (4) 429-436 p.
- National Research Council. 2002. Riparian areas: functions and strategies for management. Committee on riparian zone functioning and strategies for management. Water Science and Technology Board. National Academic Press. Washington, D.C.
- Muñoz, J.D., Milera, S., Romero, C. y Brizuela, A.B. 2005. Bosques nativos y selvas ribereñas en la Provincia Entre Ríos. *Temas de la Biodiversidad del Litoral argentino II. INSUNGEO, Miscelánea*, 14: 169-182 p.

- Ollero, O.A., Ballarín, F.D., Díaz, B.E., Mora, M.D., Sánchez, F. M., Acín, N.V., Echeverría, A.M.T., Granado, G.D., Ibesate, G.A. y Sánchez, G.L. 2008. IHG: Un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales. *Limnetica*, 27(1): 171-188 p.
- Ollero O.A., Ballarín F.D. y Mora, M.D. 2009. Aplicación del Índice hidromorfológico IHG en la cuenca del Ebro. Guía metodológica. Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España. 92 p.
- Pardo, I., Álvarez, M., Casas, J., Moreno, J.L., Vivas, S., Bonada, N., Alba-Tercedor, J., Jáimez-Cuéllar, P., Moyà, G., Prat, N., Robles, S., Suárez, M.L., Toro, M. y Vidal-Abarca, R. 2004. El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica* 21(3-4)(2002) 115-133 p.
- Parsons, C.T., Momont, P.A., Delcurso, T., Mcinnis, M. y Porth, M.L. 2003. Cattle distribution patterns and vegetation use in mountain riparian areas. *J. Range Manage.* 56: 334-341 p.
- Posada. P.M.I. y Arroyave, M.M.P. 2015. Análisis de la calidad del retiro ribereño para el diseño de estrategias de restauración ecológica en el río La Miel, Caldas, Colombia. EIA. Año XII. Volumen 12. Edición N.23 117-128 p.
- Prieto, R.A., Varela, N.J.M., Magdaleno, M.F., Díaz, B.L., Sáiz de Omeñaca, G.J.A., Sáinz Saiz de Omeñaca, G.J., Lázaro, B.F. y Macías, P.A. 2008. Valoración de daños en la vegetación de ribera. *Ingeniería Civil* 152. 125-144 p.
- Protocolos de muestreo y análisis para: Indicadores Hidromorfológicos. 2013. Metodologías para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España. 42 p.
- Quevedo, C.J.E. 2008. Análisis y evaluación de las franjas ribereñas y de los uso adyacentes en la microcuenca del río Toila, subcuenca del río Matanzas,

- Guatemala. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica. 216 p.
- Rescalvo-Luna, L.D. 2008. Bosque perennifolio y deciduo ripario del río Cuautla, Morelos, México. Informe Final de Servicio Social. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento El Hombre y Su Ambiente. Unidad Xochimilco. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F. 51 p.
- RICOVER. 2012. Restauración y Gestión y Ecología Fluvial. Un manual de buenas prácticas de gestión de ríos y riberas. Edit. Jordi Camprodon, M. Teresa Ferreira y Marc Ordeix. 388 p.
- Rodríguez-Téllez, E., Domínguez-Calleros P.A., Pompa-García, M., Quiroz-Arretia, J.A. y Pérez, L.M.E. 2012. Calidad del bosque de ribera del río El Tunal, Durango, México; mediante la aplicación del índice QBR. *Guayana Bot.* 69(1): 147-151 p.
- Suárez, M.A., Vidal-Abarca, M.R., Sánchez-Montoya, M.M., Alba-Tercedor, J. Álvarez, M., Avilés, J., Bonada, N., Casas, J., Jáimez-Cuéllar, P., Munné, A., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Salinas, M.J., Toro, M. y Vivas, S. *Limnetica* 21(3-4): 135-148 p.
- Vieira-Lanero, R., Servia, M.J., Barca, S., Couto, M.T., Rivas, S., Sánchez, J., Nachón, D., Silva, S., Gómez-Sande, P. Morquecho, C., Lago, L. y Cobo, F. 2010. Memorias: V Simpósio Ibérico Sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Minho. 79-88 p.
- Villamarín, C., Prat, N. y Rieradevall, M. 2014. Caracterización física e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú. *Lat. Am. Aquat. Res.*, 42(5): 1072-1086 p.

3.7 Anexo Fotográfico (Subcuenca río Cuautla)

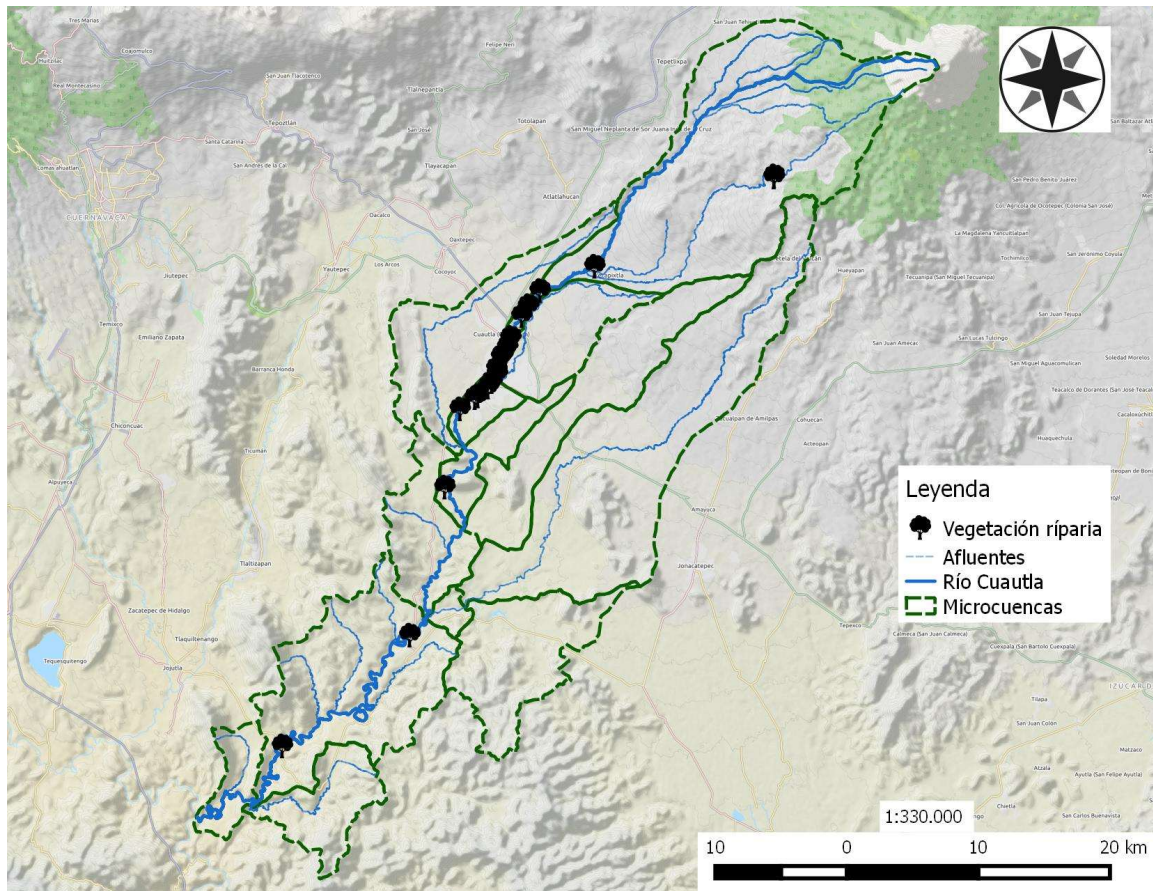


Figura 3.8 Recorrido en campo y georreferenciado.



Foto 3.1 Estación Puente astillero aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.2 Estación Puente astillero aguas abajo subcuenca río Cuautla.



Foto 3.3 Estación San Rafael Zaragoza aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.4 Estación San Rafael Zaragoza aguas abajo subcuenca río Cuautla.



Foto 3.5 Estación Olintepec aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.6 Estación Olintepec aguas abajo subcuenca río Cuautla.



Foto 3.7 Estación San Pedro Apatlaco aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.8 Estación San Pedro Apatlaco aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.9 Estación Ecatzingo aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.10 Estación Puente Paraíso aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.11 Estación Puente Paraíso aguas abajo subcuenca río Cuautla.



Foto 3.12 Estación Guadalupe Victoria aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.13 Estación Guadalupe Victoria aguas abajo subcuenca río Cuautla.



Foto 3.14 Estación Bomba de Agua aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.15 Estación Bomba de Agua aguas abajo subcuena río Cuautla.



Foto 3.16 Estación Terrenos Berros aguas arriba subcuena río Cuautla.



Foto 3.17 Estación Terrenos Berros aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.18 Estación Col. Pablo Torres Burgos aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.19 Estación Col. Pablo Torres Burgos aguas abajo subcuenca río Cuautla.



Foto 3.20 Estación Puente Coahuixtla aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.21 Estación Puente Coahuixtla aguas abajo subcuenca río Cuautla.



Foto 3.22 Estación Puente Carlos Pacheco aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.23 Estación Puente Carlos Pacheco aguas abajo subcuenca río Cuautla.



Foto 3.24 Estación Agua Hedionda aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.25 Estación Agua Hedionda aguas abajo subcuenca río Cuautla.



Foto 3.26 Estación Puente El Vado aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.27 Estación Puente El Vado aguas abajo subcuenca río Cuautla.



Foto 3.28 Estación Santa Cruz aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.29 Estación Santa Cruz aguas abajo subcuenca río Cuautla.



Foto 3.30 Estación Yecapixtla aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.31 Estación Yecapixtla aguas abajo subcuenca río Cuautla.



Foto 3.32 Estación La Vía aguas arriba subcuenca río Cuautla.



Foto 3.33 Estación La Vía aguas abajo subcuena río Cuautla.



Foto 3.34 Estación Piedra Blanca aguas arriba subcuena río Cuautla.



Foto 3.35 Estación Piedra Blanca aguas abajo subcuenca río Cuautla.

3.8 Anexo Fotográfico (Subcuenca río Yautepec)

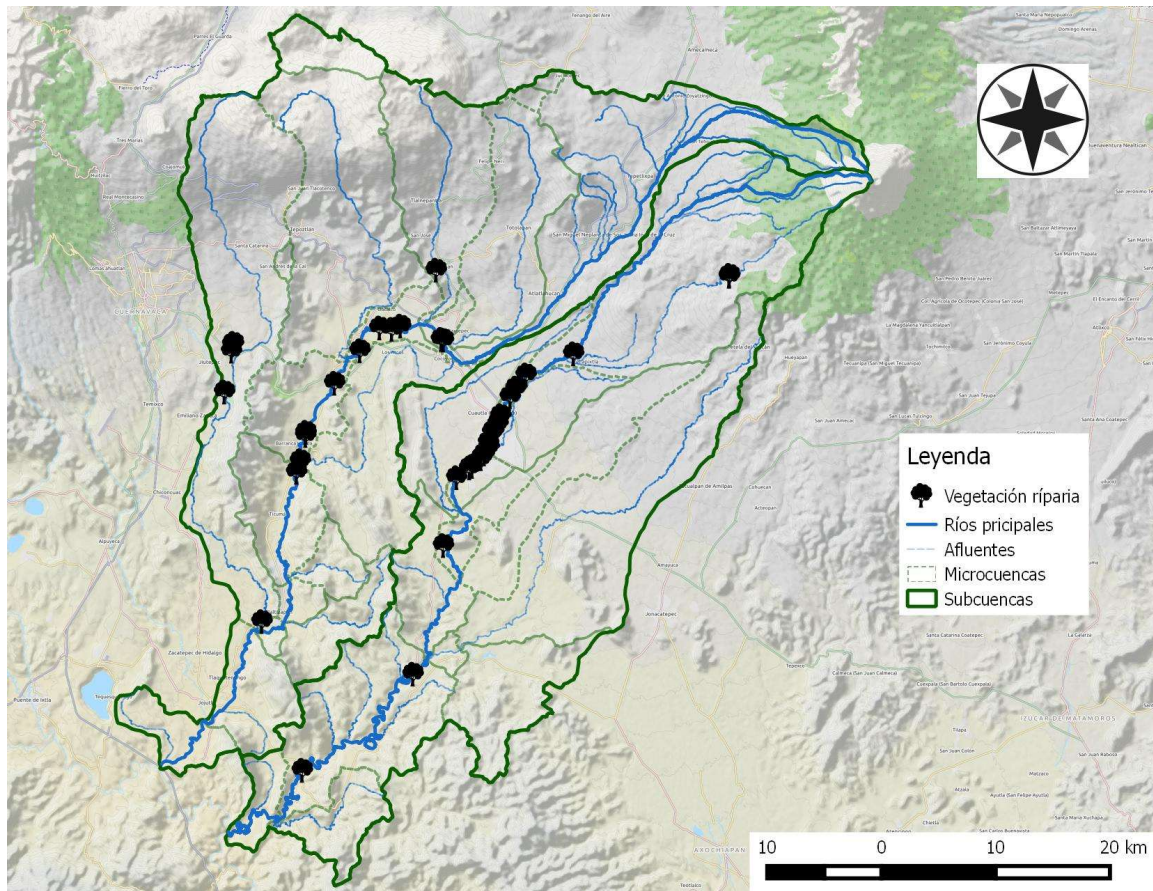


Figura 3.9 Recorrido en campo y georreferenciado.



Foto 3.36 Estación Cuahuchiles aguas arriba subcuenca río Yautepec.



Foto 3.37 Estación Cuahuchiles aguas abajo subcuenca río Yautepec.



Foto 3.38 Estación Tejalpa Manantial Ojo de Agua subcuena río Yautepec.



Foto 3.39 Estación Tejalpa Manantial Ojo de Agua subcuena río Yautepec.

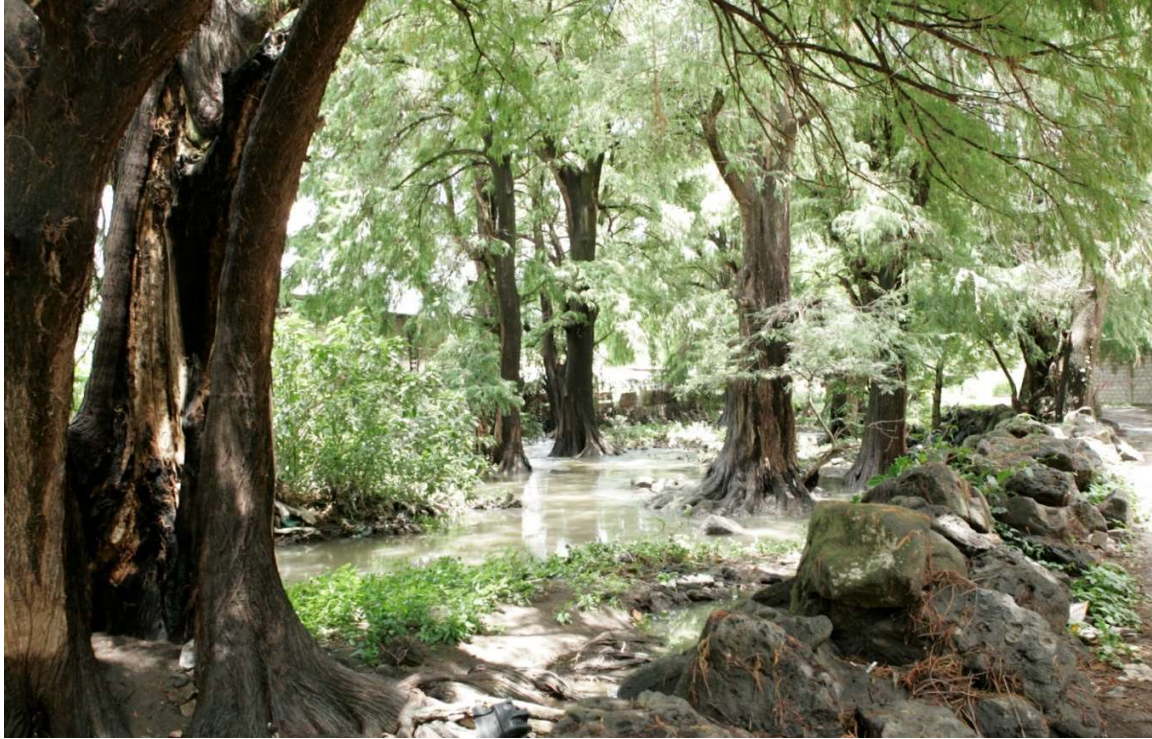


Foto 3.40 Estación San Gaspar aguas arriba subcuenca río Yautepec.



Foto 3.41 Estación San Gaspar aguas abajo subcuenca río Yautepec.



Foto 3.42 Estación Oaxtepec aguas arriba subcuenca río Yautepec.



Foto 3.43 Estación Oaxtepec aguas abajo subcuenca río Yautepec.



Foto 3.44 Estación Itzamatitlán aguas arriba subcuenca río Yautepec.



Foto 3.45 Estación Itzamatitlán aguas abajo subcuenca río Yautepec.



Foto 3.46 Estación San Pedro aguas arriba subcuenca río Yautepec.



Foto 3.47 Estación San Pedro aguas abajo subcuenca río Yautepec.



Foto 3.48 Estación Atlahuayan aguas arriba subcuenca río Yautepec.



Foto 3.49 Estación Atlahuayan aguas abajo subcuenca río Yautepec.



Foto 3.50 Estación Barranca Honda aguas arriba subcuenca río Yautepec.



Foto 3.51 Estación Barranca Honda aguas arriba subcuenca río Yautepec.



Foto 3.52 Estación San Nicolás aguas arriba subcuenca río Yautepec.



Foto 3.53 Estación San Nicolás aguas abajo subcuenca río Yautepec.



Foto 3.54 Estación Ticumán aguas arriba subcuenca río Yautepec.



Foto 3.55 Estación Ticumán aguas abajo subcuenca río Yautepec.



Foto 3.56 Estación Tlaltizapán aguas arriba subcuenca río Yautepec.



Foto 3.57 Estación Tlaltizapán aguas abajo subcuenca río Yautepec.



Foto 3.58 Estación Ocalco aguas arriba subcuenca río Yautepec.



Foto 3.59 Estación Ocalco aguas abajo subcuenca río Yautepec.

Capítulo 4

Análisis ecológico de fauna macrobéntica

Índice General

Capítulo 4 Análisis ecológico de fauna macrobéntica.....	i
4.1 Introducción.....	1
4.2 Área de estudio.....	4
4.3 Metodología	6
4.4 Resultados	10
4.4.1 Análisis general integrado de las subcuencas Yautepec y Cuautla.....	10
4.4.2 Análisis por localidad de la subcuenca Yautepec.....	11
4.4.2.1 Atongo-Tepoztlán.....	16
4.4.2.2 El Bosque-Manantial	20
4.4.2.3 Laguna Hueyapan.....	22
4.4.2.4 Las Fuentes	24
4.4.2.5 Oaxtepec-Yautepec	26
4.4.2.6 Oaxtepec-Confluencia.....	28
4.4.2.7 Arriba confluencia Oaxtepec	30
4.4.2.8 Tezoyuca	32
4.4.2.9 Centro IPN	34
4.4.2.10 Acamilpa	36
4.4.2.11 Tlaltizapán-Dulce	38
4.4.2.12 Tlaltizapán-Yautepec	40
4.4.2.13 Confluencia río Yautepec y río Dulce	42
4.4.2.14 Pedro Amaro.....	44
4.4.3 Análisis por localidad de la subcuenca Cuautla.....	48
4.4.3.1 Piedra Blanca.....	53
4.4.3.2 Unidad Deportiva	55
4.4.3.3 López Portillo	57
4.4.3.4 Rafael Zaragoza	59
4.4.3.5 Ixtoluca	61
4.4.3.6 Nexpa	63
4.5 Discusión	68
4.6 Conclusión.....	70
4.7 Literatura Citada	72

Índice de figuras

Figura 4.1 Área de estudio y ubicación de sitios de muestreo de la subcuenca Yautepec.	4
Figura 4.2 Área de estudio y ubicación de sitios de muestreo de la cuenca Cuautla.	5
Figura 4.3 Análisis relación Efemeróptera, Plecóptera, Tricóptera por sitio para la subcuenca Yautepec.	12
Figura 4.4 Índice biótico de Hilsenhoff (IBH), Índice de Shannon (H') y Equitatividad, para la subcuenca Yautepec.	13
Figura 4.5 Análisis de similitud sitios de muestreo para la subcuenca Yautepec.	14
Figura 4.6 Valor de riqueza para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran, en la subcuenca Yautepec.....	15
Figura 4.7 Valor de índice Biótico de Hilsenhoff para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran, en la subcuenca Yautepec.....	16
Figura 4.8 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Tepoztlán.....	17
Figura 4.9 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Tepoztlán.....	18
Figura 4.10 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de El Bosque. ...	19
Figura 4.11 Grupo funcional alimenticio de El Bosque.....	20
Figura 4.12 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de El Bosque-Manantial.	21
Figura 4.13 Grupo funcional alimenticio de El Bosque-Manantial.....	22
Figura 4.14 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Laguna Hueyapan.	23
Figura 4.15 Grupo funcional alimenticio de Laguna Hueyapan.	24
Figura 4.16 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Las Fuentes.	25
Figura 4.17 Grupo funcional alimenticio de Las Fuentes.....	26

Figura 4.18 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Oaxtepec-Yautepec.	27
Figura 4.19 Grupo funcional alimenticio de Oaxtepec-Yautepec.	28
Figura 4.20 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Oaxtepec-Confluencia.....	29
Figura 4.21 Grupo funcional alimenticio de Oaxtepec-Confluencia.	30
Figura 4.22 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de arriba confluencia Oaxtepec.	31
Figura 4.23 Grupo funcional alimenticio de arriba confluencia Oaxtepec.	32
Figura 4.24 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Tezoyuca.	33
Figura 4.25 Grupo funcional alimenticio de arriba confluencia Oaxtepec.	34
Figura 4.26 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Centro IPN...	35
Figura 4.27 Grupo funcional alimenticio de Centro IPN.....	36
Figura 4.28 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Acamilpa.....	37
Figura 4.29 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Acamilpa.....	38
Figura 4.30 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Tlaltizapán-Dulce.	39
Figura 4.31 Estructura de la comunidad por grupo funcional alimenticio en Tlaltizapán-Dulce.	40
Figura 4.32 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Tlaltizapán--Yautepec.	41
Figura 4.33 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Tlaltizapán--Yautepec.	42
Figura 4.34 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Confluencia río Yautepec y río Dulce.....	43

Figura 4.35 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de confluencia río Yautepec-Dulce.	44
Figura 4.36 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Pedro Amaro.	45
Figura 4.37 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Pedro Amaro.	46
Figura 4.38 Descriptores ecológicos de acuerdo a la ubicación de los sitios seleccionados, en la subcuenca Yautepec.	47
Figura 4.39 Índice biótico de Hilsenhoff (IBH), Índice de Shannon (H') y Equitatividad, para la subcuenca Cuautla.	49
Figura 4.40 Valor de riqueza para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran, en la subcuenca Cuautla.	50
Figura 4.41 Valor de riqueza para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran, en la subcuenca Cuautla.	51
Figura 4.42 Análisis relación Efemeróptera, Plecóptera, Tricóptera por sitio para la subcuenca Cuautla.	52
Figura 4.43 Análisis de similitud sitios de muestreo para la subcuenca Cuautla.	53
Figura 4.44 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Piedra Blanca.	54
Figura 4.45 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Piedra Blanca.	55
Figura 4.46 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Unidad Deportiva.	56
Figura 4.47 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Unidad Deportiva.	57
Figura 4.48 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de López Portillo.	58

Figura 4.49 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio López Portillo...	59
Figura 4.50 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Rafael Zaragoza.	60
Figura 4.51 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Rafael Zaragoza.	61
Figura 4.52 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Ixtoluca.	62
Figura 4.53 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Ixtoluca.	63
Figura 4.54 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Nexpa.	64
Figura 4.55 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Nexpa.	65
Figura 4.56 Descriptores ecológicos de acuerdo a la ubicación de los sitios, en la subcuenca Cuautla.	67

Índice de tablas

Tabla 4.1 Clasificación de la calidad del agua en base al Índice Biótico de Hilsenhoff, (IBH), (1987).	8
Tabla 4.2 Descripción de los atributos ecológicos de riqueza (S), abundancia (N), diversidad de Shannon (H'), diversidad de Brillouin (HB), equitatividad de Brillouin (E'), índice biótico de Hilsenhoff (IBH) y calidad del agua.....	10
Tabla 4.3 Descripción de los atributos ecológicos de riqueza (S), abundancia (N), diversidad de Shannon (H'), diversidad de Brillouin (HB), equitatividad de Brillouin (E'), índice biótico de Hilsenhoff (IBH) y calidad del agua.....	11
Tabla 4.4 Descriptores ecológicos de la comunidad macrobéntica de Tepoztlán.	17
Tabla 4.5 Descriptores ecológicos de El Boque.	19
Tabla 4.6 Descriptores ecológicos de El Boque-Manantial.	21
Tabla 4.7 Descriptores ecológicos de Laguna Hueyapan.	23

Tabla 4.8	Descriptores ecológicos de Las Fuentes.	25
Tabla 4.9	Descriptores ecológicos de Oaxtepec-Yautepec.	27
Tabla 4.10	Descriptores ecológicos de Oaxtepec-Confluencia.	29
Tabla 4.11	Descriptores ecológicos de arriba confluencia Oaxtepec.	31
Tabla 4.12	Descriptores ecológicos de Tezoyuca.	33
Tabla 4.13	Descriptores ecológicos de Centro IPN.	35
Tabla 4.14	Descriptores ecológicos de Acamilpa.	37
Tabla 4.15	Descriptores ecológicos de Tlaltizapán-Dulce.	39
Tabla 4.16	Descriptores ecológicos de Tlaltizapán--Yautepec.	41
Tabla 4.17	Descriptores ecológicos de confluencia río Yautepec y río Dulce.	43
Tabla 4.18	Descriptores ecológicos de Pedro Amaro.	45
Tabla 4.19	Calificación visual por cada sitio, calificación y categoría a la que pertenecen.	48
Tabla 4.20	Descriptores ecológicos de Piedra Blanca.	54
Tabla 4.21	Descriptores ecológicos de Unidad Deportiva.	56
Tabla 4.22	Descriptores ecológicos de López Portillo.	58
Tabla 4.23	Descriptores ecológicos de Rafael Zaragoza.	60
Tabla 4.24	Descriptores ecológicos de Ixtoluca.	62
Tabla 4.25	Descriptores ecológicos de Nexpa.	64

4.1 Introducción

Los ecosistemas lóticos (ríos) presentan una alta fragilidad ecológica, ya que son resultado de complejos procesos biofísicos dentro de una unidad funcional que es la cuenca, y en donde los procesos temporales de pequeña y gran escala conforman patrones que brindan las condiciones de integridad del sistema (Allan, 1995). La diversidad biológica de estos ecosistemas es, por consecuencia, altamente especializada a estos procesos y se ven afectados por los cambios que se generen dentro de la cuenca; esta fragilidad y complejidad biológica empieza a ser observado como un tema relevante en los planes de desarrollo y de políticas públicas, y en donde la respuesta de la biota ante los impactos es una herramienta de gran utilidad para la observancia de indicadores de sustentabilidad.

Los estudios de bioevaluación para medir calidad de agua, parten del principio de que a cada tipo de ecosistema acuático está asociada una comunidad particular de organismos (Posada, 2000). Éstos, están estrechamente relacionados con las condiciones ambientales de sus hábitats naturales y cualquier alteración que se presente se verá reflejada en cambios en la estructura y función de sus comunidades, lo cual nos da una idea muy clara de posibles alteraciones a los que esté sometido el sistema natural, brindando con ello información ecológica y cuya interpretación permite reconocer algunos de los procesos ambientales que se están alterando y/o impactando.

Los macroinvertebrados bentónicos acuáticos, han sido la base de este tipo de estudios, puesto que constituyen el grupo de mayor importancia por su papel como transformadores y liberadores de materia y energía, así como por su desproporcional abundancia. En comparación con los peces son menos móviles, la mayoría de ellos pierden la habilidad de retornar a las áreas anteriormente ocupadas y que ahora han sido impactadas, de tal manera que bajo condiciones de flujo muy alterado los procesos de recuperación y recolonización se ven modificados (Gore and Milner, 1990). De manera general se denominan macroinvertebrados a aquellos animales acuáticos que no poseen estructura ósea interna, fácilmente visibles y con un tamaño mínimo de 3-5 mm. (Cummins 1996).

Otro factor de importancia son los cambios longitudinales de la corriente del agua de acuerdo a la posición dentro de la cuenca, lo cual tiene un efecto muy importante en la ecología de estos sistemas, ya que la cantidad de materia-energía que ingresa en cada

punto de la cuenca difiere de manera importante, e influye en la distribución de la comunidad de macroinvertebrados generando a su vez una variación en las cadenas alimenticias que conforman, explicado a través de los diferentes grupos funcionales alimenticios (GFA).

Debido al papel crítico de los macroinvertebrados dulceacuícolas en el procesamiento de nutrientes y materia orgánica en los ecosistemas lóticos (Cummins 1996) y en el creciente énfasis en la teoría de la conservación y manejo a escala multispecie en todos los ecosistemas (Pearson, 2000; Redak, 2000), se ve incrementada la necesidad de evaluar el mantenimiento de las comunidades de macroinvertebrados, tanto en sistemas de ríos regulados como en los planes de restauración y preservación de áreas de hábitat críticos. (Gore, 1977, 1978) muestra que muchas especies de macroinvertebrados presentan rangos estrechos de tolerancia a ciertas condiciones ambientales y así mismo presentan límites de tolerancia las alteraciones de estas, estos límites varían dando como resultado organismos “sensibles”, que no soportan las nuevas condiciones impuestas (intolerantes), mientras que otros tolerantes no se ven afectados (Alba-Tercedor, 1996).

Por lo que variaciones inesperadas en la composición y estructura de las comunidades de organismos de los ríos pueden interpretarse como signos evidentes de algún tipo de contaminación (Alba-Tercedor, 1996), estableciendo así que un río saludable incluirá una variedad elevada de macroinvertebrados sensibles a la contaminación y que son propios del cuerpo de agua, por el contrario ríos no saludables darán soporte solo a unos cuantos tipos de macroinvertebrados muy tolerantes.

El estado de Morelos se caracteriza por su abundancia de recursos hidráulicos superficiales y subterráneos. Los ríos Yautepec y Cuautla tributan hacia el río Amacuzac, uno de los principales formadores del río Balsas.

Sin embargo, estos ríos y cursos de agua han sido alterados por la acción humana, a través de cambios hidrológicos, deforestación, cambio de uso de suelo por cultivos, obras sobre el cauce (canalización), urbanización y la consecuente erosión de suelos, incorporación de fertilizantes y otros más, considerando los efectos acumulativos de estas perturbaciones, a escalas locales ha resultado en impactos negativos sobre la estructura del ecosistema y la pérdida de biodiversidad. Básicamente, los grandes efectos sobre la biota han sido la pérdida condiciones óptimas para que pueda habitar la fauna acuática.

Por ello el objetivo general de este estudio fue caracterizar la fauna macroinvertebrada en dos cuencas que forman parte del estado de Morelos, los cambios de gradiente altitudinal, así como a su grado de recuperación aguas abajo de los impactos y cargas orgánicas generadas por los municipios de Morelos.

4.2 Área de estudio

Subcuenca Yautepec

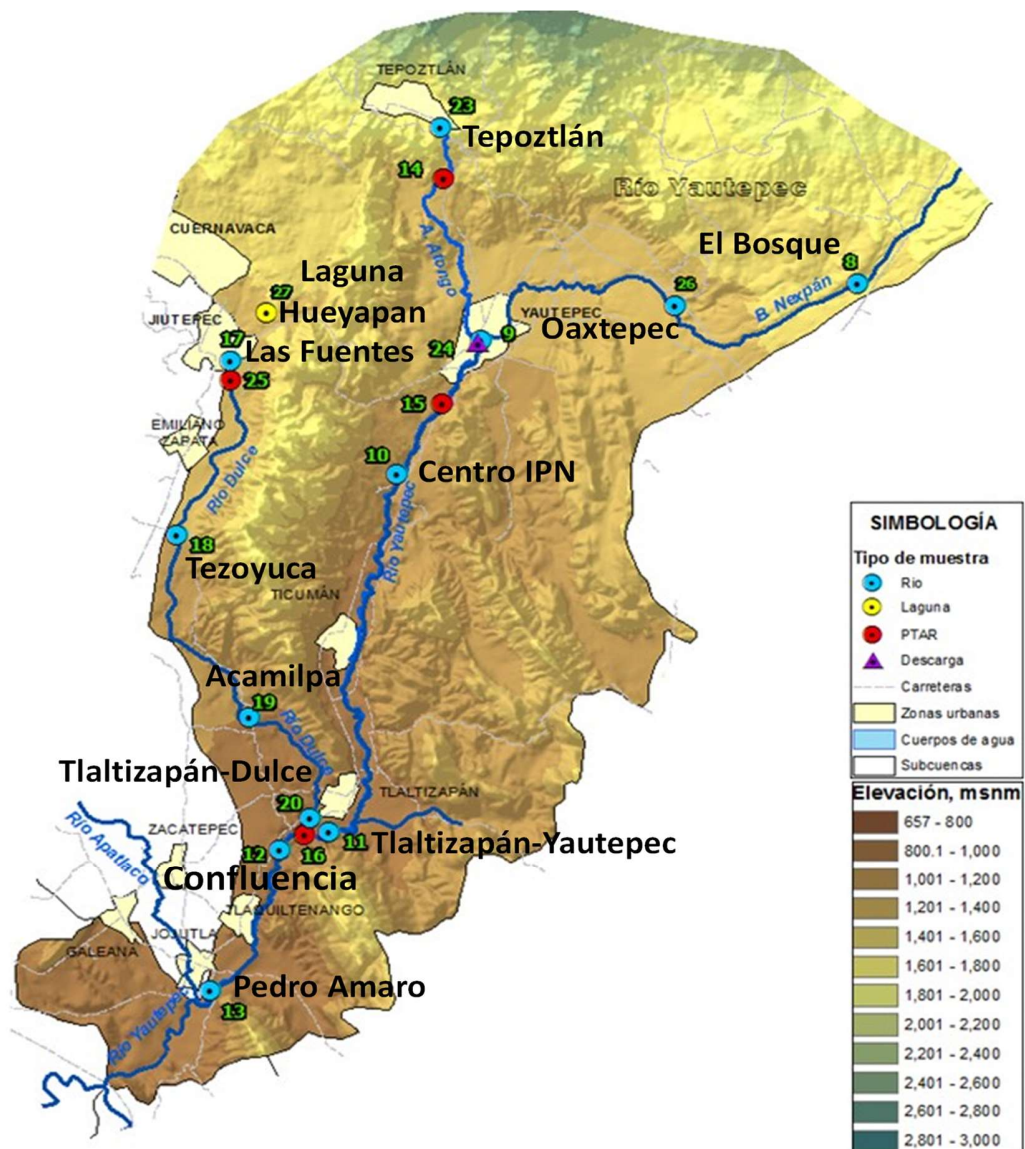


Figura 4.1 Área de estudio y ubicación de sitios de muestreo de la subcuenca Yautepec.

Subcuenca Cuautla

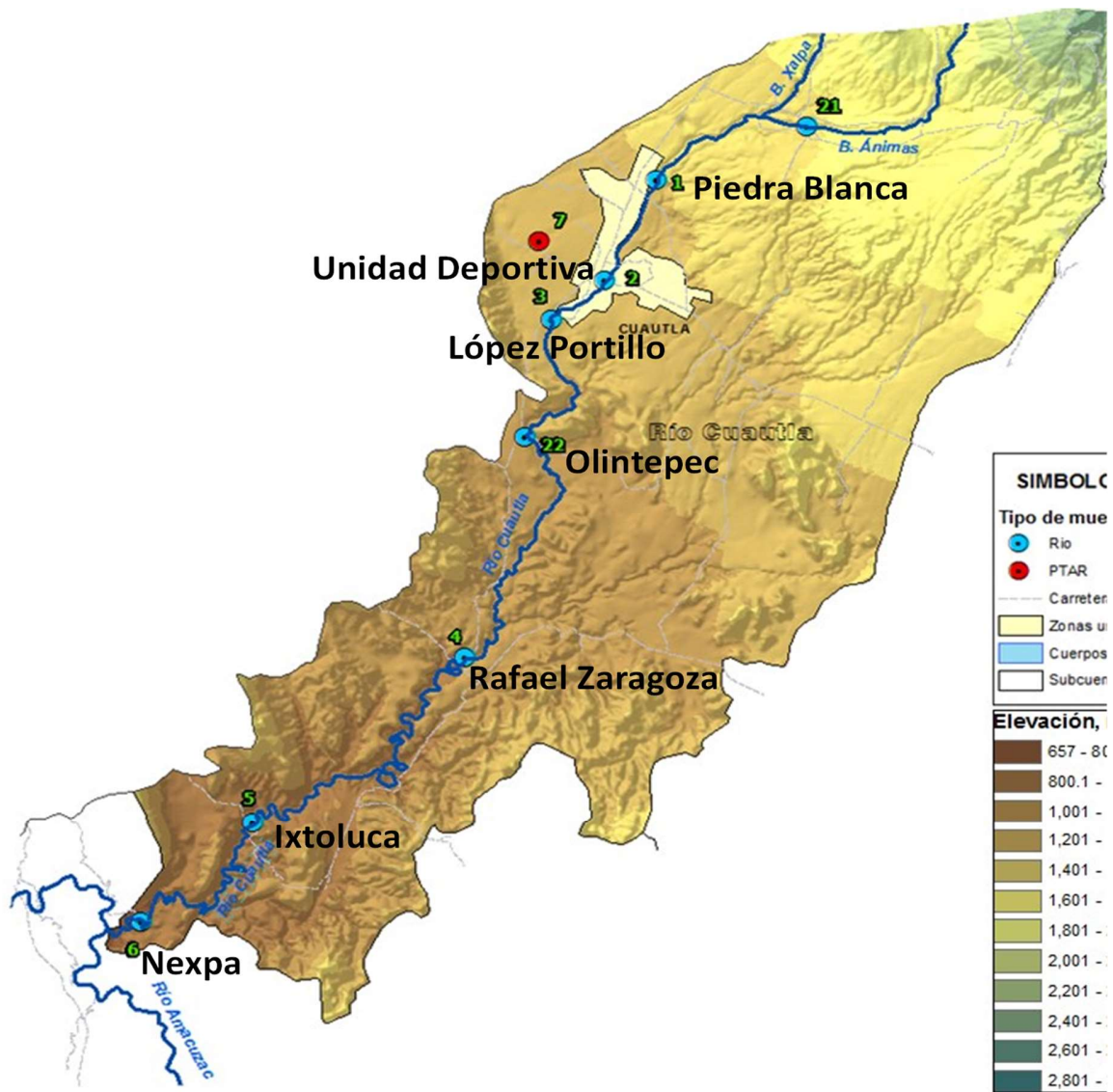


Figura 4.2 Área de estudio y ubicación de sitios de muestreo de la cuenca Cuautla.

4.3 Metodología

Para el muestreo, se siguió el criterio de clasificación de microhábitats en ambientes lóticos de flujo continuo (Jenkins et al. 1984), que corresponde a: 1) márgenes del río, 2) zonas de corriente lenta y 3) zonas de corriente rápida hasta una profundidad máxima de 1.5m, ya que se ha visto que la fauna macrobéntica difícilmente habita a profundidades mayores (Baker y Feltmate 1989), con excepción de algunos dípteros y moluscos.

Debido a que un cuerpo de agua lótico mantiene una alta diversidad de micro-ambientes, como zonas rocosas, grava, arcilla, arena, limo y vegetación, y debido a que los organismos bentónicos muestran una clara relación con el tipo de sustrato, se consideró para cada estación la mayor diversidad de ambientes presentes (Alonso-EguíaLis 2004; Alonso y Moreno 2007), de tal manera que se incluyan organismos con distintas preferencias asociadas a sustratos.

El muestreo se realizó mediante redes tipo D (marco D) con malla menor de 0.5 mm cubriendo un área de 1m².

El tipo de sustrato se clasificó con base en la escala Wentworth (Cummins 1962), y a la presencia o ausencia de vegetación tanto sumergida como emergente o flotante.

En cada localidad se midieron parámetros de campo (T°, oxígeno disuelto, pH, conductividad, SDT y salinidad), utilizando un multiparamétrico HANNA 9828. Las condiciones físicas como velocidad de la corriente, profundidad y tipo de sustrato también fueron medidos (en caso de la velocidad con un equipo Flowmate 2000).

Una vez en el laboratorio, las muestras fueron lavadas en tamices del número 10 y 30 con la finalidad de eliminar materia no útil y recuperar todo el material biológico colectado. Se llevó a cabo la identificación taxonómica a nivel de familia mediante las claves de (Adams J. 2004), Stream bugs as biomonitoring y (Merrit et al. 2008), Aquatic Insects of North America; (Bueno-Soria J. 2010), Trichoptera de México; (Springer M., Ramírez A., Hanson P. 2010) Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica, (Mandaville, 2002), Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. Soil and Water Conservation, entre otras, para después ser contados y colocados en viales que conformarán la colección científica del laboratorio del IMTA.

Para el análisis de resultados, se calculó el índice desarrollado por Shannon y Wiener (H'), en el contexto de los ecosistemas fluviales este índice adquiere un valor máximo de 4,5 bits/individuo para las comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Valores inferiores a 2,4-2,5 bits/individuo son indicativos de que el ecosistema se encuentra sometido a tensión, (vertidos, dragados, canalizaciones, regulación por embalses, etc.); este índice disminuye mucho en aguas muy contaminadas, (Chalá, 2003); así como el de Brillouin (HB') y su variante, el de equitatividad de Brillouin (E'), para estimar la diversidad biológica por localidad o riqueza alfa en cada uno de los lugares de muestreo. Para ambos índices, los valores obtenidos cercanos a cero indicarán baja diversidad mientras que los más altos denotarán un incremento en la diversidad, pero ningún valor sobrepasará el valor cinco, (Krebs 1989). Estos índices se estimaron con el programa MVSP (Multivariate Statistical Package) versión 3.01.

Se realizó un análisis de porcentaje de Ephemeropteros + Plecópteros+ Tricópteros EPT, cuyo cálculo muestra una proporción de macroinvertebrados que resultan más afectados por la calidad pobre del agua; estos tres taxa son muy sensibles a la contaminación, por lo que se considera que, entre mayor sea tu porcentaje de EPT, mejor será la calidad del agua en los sitios de los que se obtenga la muestra.

Se calculó, el Índice Biótico de Hilsenhoff (IBH), el cual integra la información de estructura de la comunidad con los valores de sensibilidad de cada taxa a los factores de calidad de agua asociados, principalmente a aquellos con carga orgánica, clasificándolos de acuerdo a la puntuación alcanzada, (Tabla 4.1). Los valores de sensibilidad fueron tomados de (Barbour *et al.* 1999).

Tabla 4.1 Clasificación de la calidad del agua en base al Índice Biótico de Hilsenhoff, (IBH), (1987).

Valor del IBH	Calidad del Agua	Grado de contaminación orgánica
0.00 – 3.50	Excelente	Sin contaminación aparente
3.51 – 4.50	Muy buena	Contaminación ligera
4.51 – 5.50	Buena	Contaminación poco aparente
5.51 – 6.50	Regular	Contaminación poco significativa
6.51 – 7.50	Regular pobre	Contaminación significativa
7.51 – 8.50	Pobre	Contaminación muy significativa
8.50 – 10.00	Muy pobre	Contaminación severa

Se aplicaron análisis multivariados exploratorios como el de similitud de Jaccard, con la finalidad de determinar el grado de similitud entre sitios.

Se aplicó el protocolo para la valoración de la calidad ambiental visual, tomado de Barbour *et al*, 1999, el cual considera que, una evaluación de la calidad del hábitat es fundamental para cualquier evaluación de la integridad ecológica y debe ser realizado en cada sitio en el momento de la toma de muestras biológicas.

En general, el hábitat y la diversidad biológica en los ríos están estrechamente vinculados. En el sentido más verdadero, "hábitat" incorpora todos los aspectos de los componentes físicos y químicos junto con las interacciones bióticas, (Barbour et al., 1999), es decir, que la fauna residente de cualquier cuerpo de agua dependerá de las condiciones físicas y químicas de su hábitat, motivo por el cual este protocolo pretende evaluar la estructura del hábitat, que se relaciona a la calidad del agua y hábitat ribereño que influyen en la estructura y función de las comunidades acuáticas.

Para llevar a cabo este protocolo, se debe considerar que, el sitio de referencia sea de al menos 100m de largo o aplicar la fórmula 40 x ancho de la corriente activa.

La determinación del gradiente para aplicar los criterios de evaluación está dada con base en la topografía del lugar de estudio. El gradiente alto se emplea en sitios donde la pendiente es de moderada a alta, en donde prevalecen sistemas rápido-estranque.

Las variables a calificar son:

- Sustrato disponible para la Macrofauna
- Embebimiento
- Caracterización del sustrato de los estanques
- Patrones de velocidad/profundidad
- Variabilidad de los estanques
- Gradiente de sedimentación
- Status del flujo
- Alteraciones del canal
- Frecuencia de rabiones
- Sinuosidad del canal
- Estabilidad de las riberas
- Protección vegetal de las riberas
- Ancho de la zona de vegetación riparia

4.4 Resultados

4.4.1 Análisis general integrado de las subcuencas Yautepec y Cuautla.

Se realizaron cinco campañas de muestreo durante las cuales se obtuvieron muestras de 15 sitios para la subcuenca Yautepec y 6 para la subcuenca del río Cuautla, se llevaron a cabo a partir de abril del 2014 a junio del 2015.

Se colectaron un total de 65,539 organismos, en la subcuenca del río Yautepec, incluidos en 5 filos, 8 clases, 23 ordenes, 70 familias y 73 géneros.

Para la subcuenca del río Cuautla, se colectaron un total de 48,142, los cuales se distribuyeron en 5 filos, 7 clases, 18 ordenes, 56 familias y 64 géneros.

En la Tabla 4.2, se observa, que la calidad del agua en los sitios muestreados va desde muy pobre, (contaminación severa), denominación correspondiente a el sitio cercano a Tepoztlán, hasta Excelente, (sin contaminación aparente), que corresponde al sitio con nombre El Bosque-Manantial, el cual se encuentra en un balneario ubicado en la localidad de Cocoyoc y que se encuentra en la parte alta de la subcuenca Yautepec.

Tabla 4.2 Descripción de los atributos ecológicos de riqueza (S), abundancia (N), diversidad de Shannon (H'), diversidad de Brillouin (HB), equitatividad de Brillouin (E'), índice biótico de Hilsenhoff (IBH) y calidad del agua.

SUBCUENCA	IDENTIFICACIÓN	Riqueza (S)	Densidad (N)	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad de Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
RÍO DULCE	Las Fuentes	29	4121	1.16	1.14	0.34	5.89	Regular
	Laguna Hueyapan	26	12677	0.47	0.47	0.14	7.75	Pobre
	TezoYuca	24	6757	1.62	1.62	0.51	5.25	Buena
	Acamilpa	54	5153	2.54	2.52	0.64	3.78	Muy buena
	Tlaltizapán-Dulce	51	2981	2.75	2.71	0.70	4.84	Buena
RÍO YAUTEPEC	Tlaltizapán-Yautepec	46	3749	2.85	2.82	0.74	3.78	Muy buena
	Confluencia Yautepec-Dulce	59	4753	2.22	2.19	0.54	4.42	Muy buena
	Pedro Amaro	45	6826	1.61	1.60	0.42	5.18	Buena
	Tepoztlán-Atongo	6	328	0.495	0.47	0.27	9.57	Muy pobre
	Centro IPN	33	2505	2.06	2.03	0.59	5.40	Buena
	El Bosque	57	3894	1.81	1.78	0.45	5.75	Regular
	El Bosque Manantial	27	1686	2.30	2.27	0.70	2.42	Excelente
	Oaxtepec/Confluencia	30	4771	0.99	0.98	0.29	5.81	Regular
	Oaxtepec/Yautepec	18	4120	1.61	1.60	0.56	6.60	Regular pobre
	Arriba confluencia Oaxtepec	32	1218	2.38	2.33	0.69	4.98	Buena

En la subcuenca del río Cuautla, los sitios de la parte media-alta se representan con calidad del agua “Regular pobre” y “Pobre”, (contaminación muy significativa), dejando ver una clara mejoría hacia las partes bajas en donde los sitios de estudio se encuentran denominados con valores de calidad que van desde “Buena” hasta “Excelente”, tabla 4.3.

Tabla 4.3 Descripción de los atributos ecológicos de riqueza (S), abundancia (N), diversidad de Shannon (H'), diversidad de Brillouin (HB), equitatividad de Brillouin (E'), índice biótico de Hilsenhoff (IBH) y calidad del agua.

SUBCUENCA	IDENTIFICACIÓN	Riqueza (S)	Densidad (N)	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad de Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
CUAUTLA	Piedra Blanca	33	6789	0.69	0.68	0.20	6.02	Regular
	Unidad Deportiva	24	10525	1.44	1.43	0.45	7.05	Regular pobre
	López Portillo	15	10874	0.12	0.12	0.04	7.99	Pobre
	Rafael Zaragoza	59	5655	2.47	2.45	0.61	4.27	Muy buena
	Ixtoluca	56	6223	2.62	2.60	0.65	4.79	Buena
	Nexpa	59	8076	2.65	2.63	0.65	3.36	Excelente

4.4.2 Análisis por localidad de la subcuenca Yautepec

En el análisis de EPT, para la subcuenca del río Yautepec, se observa que los sitios que presentar mayor porcentaje de efemerópteros, plecópteros y tricópteros se presenta en la parte alta de la cuenca de Yautepec, en el sitio El Bosque-Manantial, que es aporte esencial hacia el río, con un valor de EPT del 80.7% y corresponde con un sitio sin contaminación aparente, de acuerdo al índice biótico de Hilsenhoff; presenta una familia del orden Tricóptera, que se denomina como muy intolerante a la contaminación orgánica, (Glossosomatidae), por ser organismos que viven en cuerpos de agua con corriente de media a alta velocidad, fríos y bien oxigenados, comúnmente se les encuentra en sustratos conformados por rocas grandes en donde se alimentan de algas y detritos, (Gooderham y Tsyrlin, 2002). (Figura 4.3). A su vez Tezoyuca, Acamilpa y Tlaltizapan-Dulce, Tlaltizapán-Yautepec, Confluencia y arriba confluencia Oaxtepec, tienen valores elevados de EPT (mayores al 50%), valores que les confiere el registro de familias de valores de tolerancia sensibles a la contaminación como son Hydropsychidae, Leptohyphidae y Baetidae

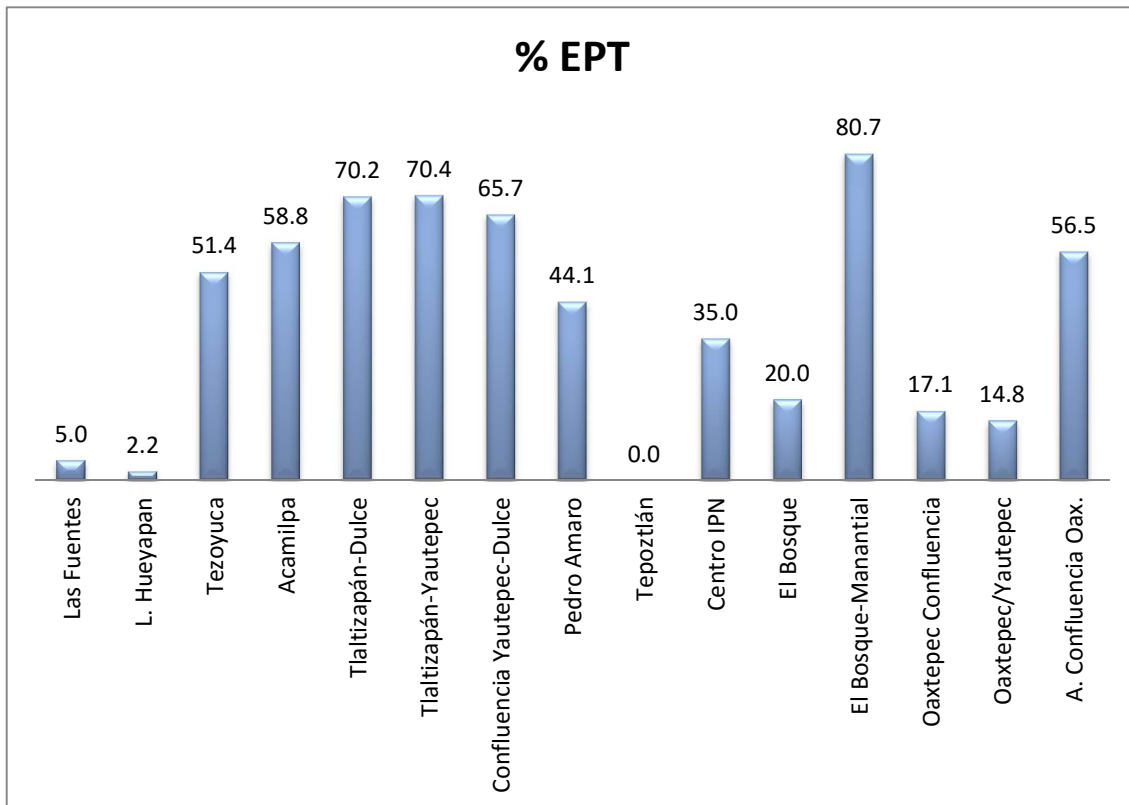


Figura 4.3 Análisis relación Efemeróptera, Plecóptera, Tricóptera por sitio para la subcuenca Yautepec.

En la fig. 4.4 se muestran los resultados del índice de diversidad de Shannon, índice biótico de Hilsenhoff y la equitatividad para cada sitio.

Se observa que entre más cercana sea la equitatividad a 1, el índice de diversidad aumenta hasta valores mayores a 2 y a su vez estos corresponden con valores del índice biótico de Hilsenhoff menores a 5.50 lo que indica una calidad del agua que va de “Buena” a “Excelente”.

En cambio para sitios con que presentan equitatividad baja, los valores de diversidad tienden a 1 y el índice de Hilsenhoff es mayor a 5.50, lo que nos indica calidad del agua desde “Regular” hasta “Muy pobre”.

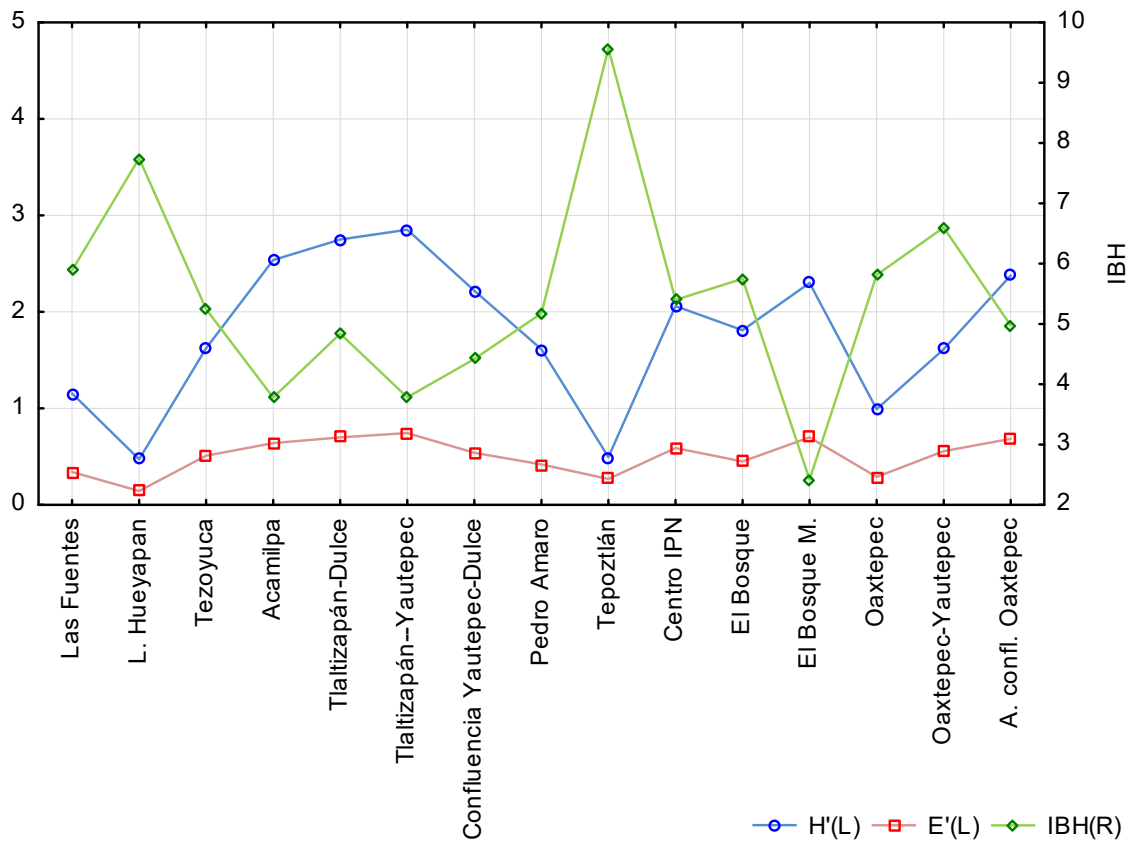


Figura 4.4 Índice biótico de Hilsenhoff (IBH), Índice de Shannon (H') y Equitatividad, para la subcuenca Yautepec.

El análisis de Coeficiente de similitud de Jaccard se realizó para observar la similitud entre las localidades, de la subcuenca Yautepec, utilizando la presencia-ausencia de los organismos registrados en ellas, el valor de mayor similitud es de 0.64, entre Tlaltizapán-Dulce y Confluencia Yautepec-Dulce, los cuales se encuentran muy cercanos con el sitio de Acamilpa y Tlaltizapán-Yautepec, (figura.4.5), formando un grupo, el cual esta compuesto por sitios conservados de la parte media de la subcuenca. Dentro de esos grupos, la relación se da principalmente por características como son la calidad del agua (IBH) y que los cuatro tienen características similares, puesto que se encuentran en el río Dulce o tienen influencia de este sobre el río Yautepec.

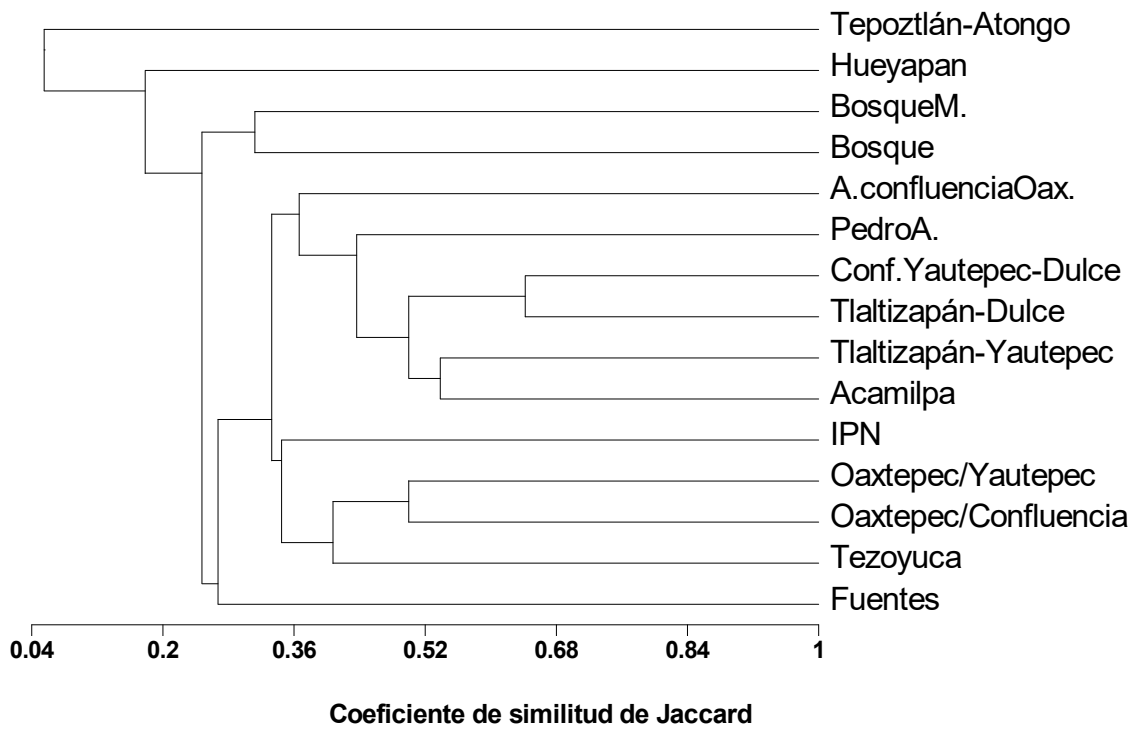


Figura 4.5 Análisis de similitud sitios de muestreo para la subcuenca Yautepec.

Para la cuenca Yautepec, se observa que la riqueza es la más baja en el sitio cercano a Tepoztlán, el cual se encuentra en la parte alta de la cuenca, a excepción del sitio el Bosque, el cual se encuentra a una altitud de 1518 msnm y presenta condiciones que le confieren una riqueza de especies bien representada, puesto que recibe el aporte constante de manantiales muy cercanos al río.

Así pues, se observa que la riqueza va aumentando conforme la altitud disminuye, hacia los sitios de la parte baja de la subcuenca, como Acamilpa y Tlaltizapán-Dulce, hasta llegar a la Confluencia del río Dulce con el río Yautepec, en donde la riqueza es la más alta de las registradas para el estudio con 59 taxa, figura 4.6.

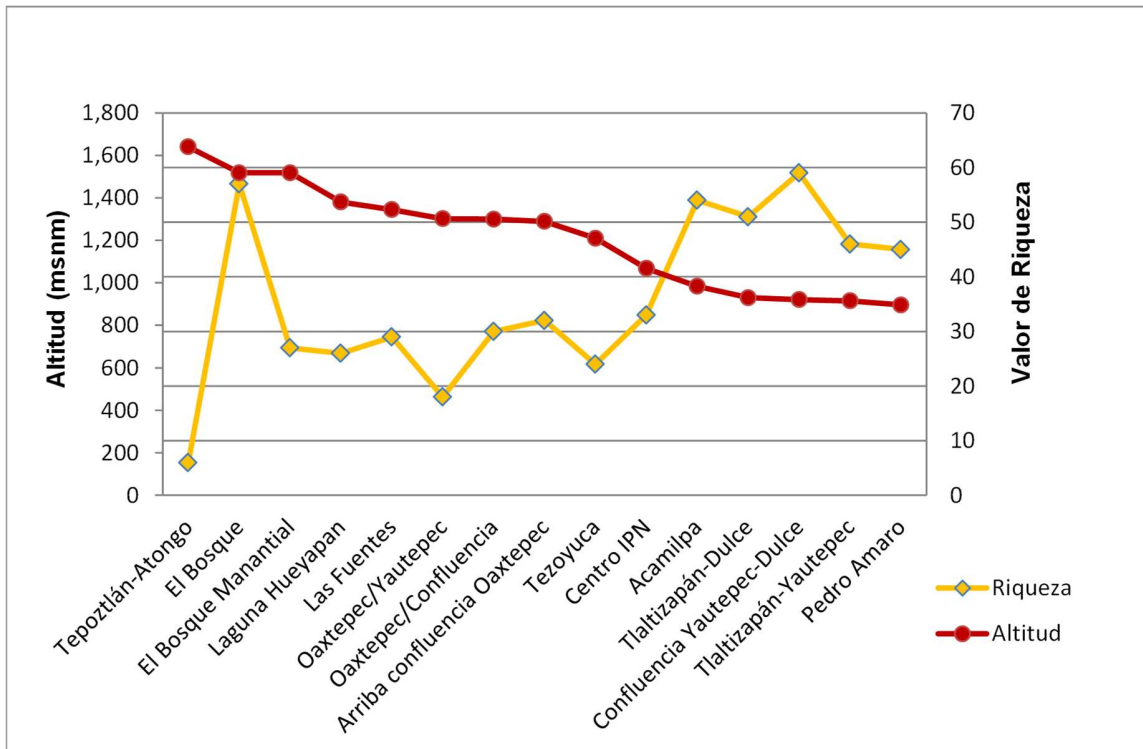


Figura 4.6 Valor de riqueza para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran, en la subcuenca Yautepec.

Relacionado a la calidad del agua observamos que conforme disminuye la altitud, los sitios presentan valores de buena calidad del agua, de acuerdo al índice de Hilsenhoff, conforme nos acercamos a la parte baja, al llegar a la confluencia con el río Yautepec, se le confiere una recuperación de la calidad del agua al río, comparando con los resultados que viene presentando sitios de la parte alta, como Tepoztlán, las Fuentes, L. Hueyapan, El Bosque, Oaxtepec/Yautepec y Oaxtepec/Confluencia, sitios muy cercanos a poblaciones y de las cuales reciben descargas directas al río, figura 4.7.

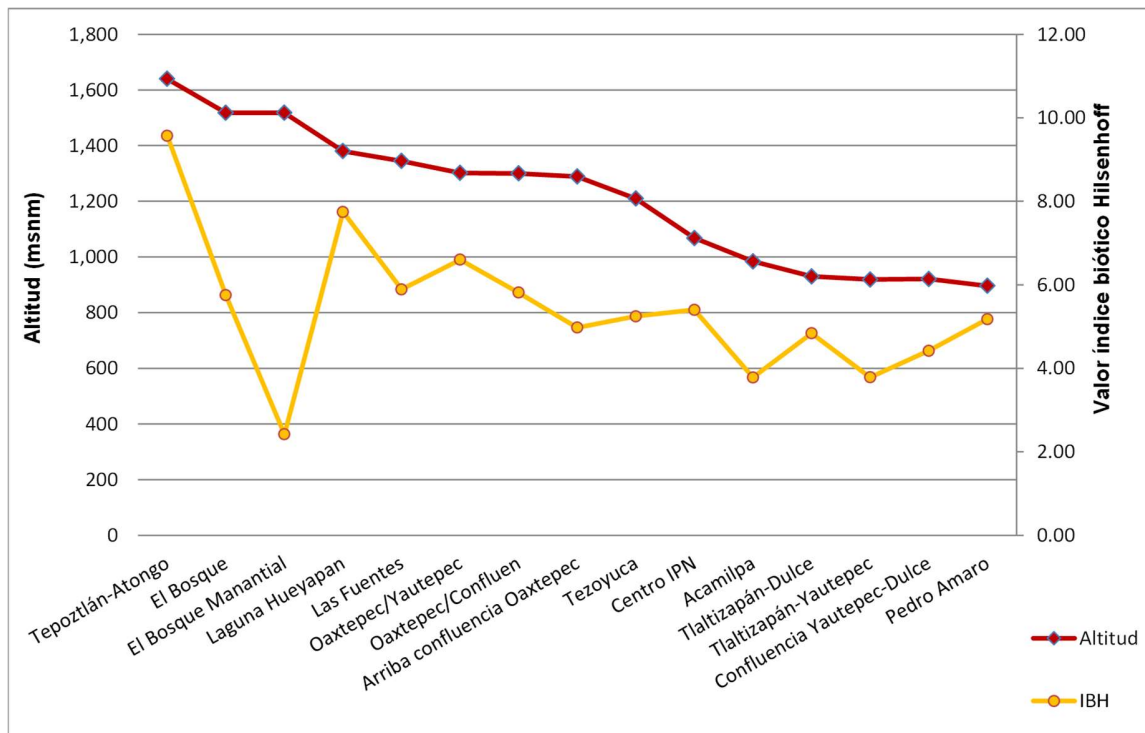


Figura 4.7 Valor de índice Biótico de Hilsenhoff para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran, en la subcuenca Yautepec.

Los valores de tolerancia de los organismos encontrados y la abundancia relativa para las localidades muestreadas, se encuentran representados a continuación. En los gráficos se presentan las familias o géneros más representativas en cuanto a densidad se refiere, (valor >1.5% densidad), puesto que hubo sitios que se vieron dominados por algún grupo en particular, que ocasiona valores poco significativos para los demás grupos.

4.4.2.1 Atongo-Tepoztlán

La localidad Tepoztlán, se encuentra a 1640 msnm, con un total de 328 organismos, los cuales se encuentran representados por 2 filos, 2 clases, 4 ordenes, 6 familias y 2 géneros; los organismos que poseen mayor abundancia corresponden al orden de los Dípteros, organismos que se presentan como tolerantes a los cambios en la estructura de su hábitat, (figura 4.8); la familia Culicidae es la más abundante, cabe destacar que estos organismos se encuentran modificados morfológicamente para poder obtener oxígeno de la superficie, otras familias presentes en mucho menor cantidad, se conforman por organismos también

tolerantes a la contaminación, motivo por el cual la calidad del agua de acuerdo a Hilsenhoff se presenta con un grado de contaminación severa.

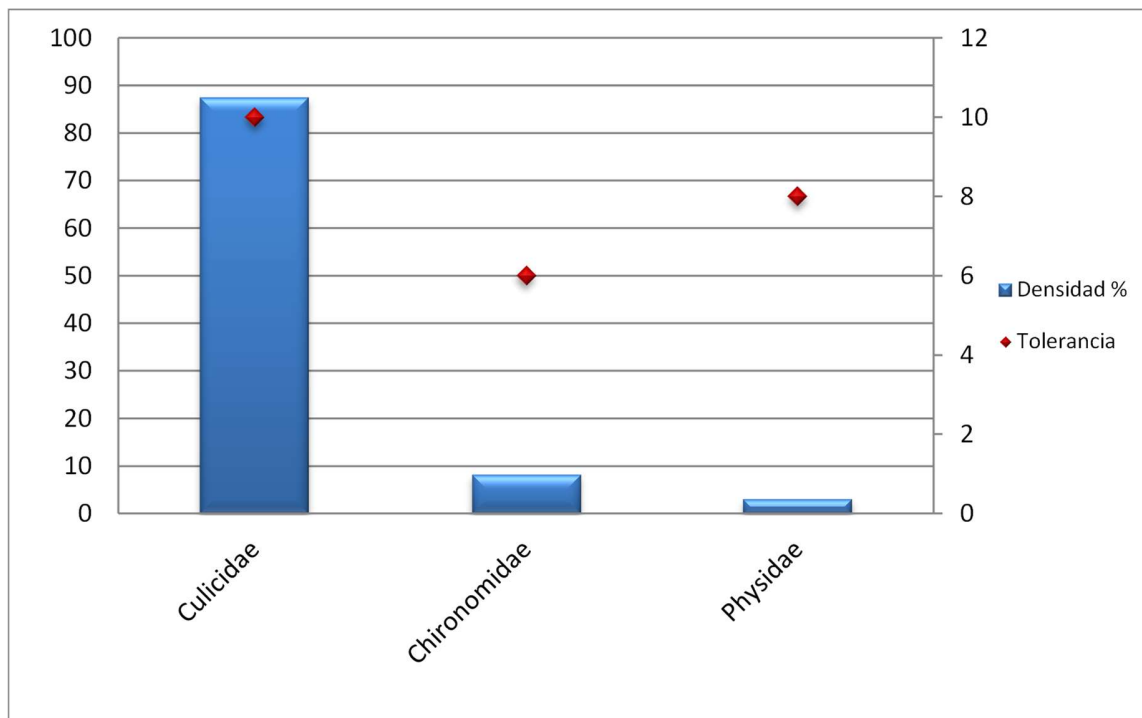


Figura 4.8 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Tepoztlán.

Los descriptores ecológicos indican para este sitio, un índice de Shannon de 0.49 y el de Brillouin de 0.47, con una equitatividad muy baja de 0.27, (tabla 4.4).

Tabla 4.4 Descriptores ecológicos de la comunidad macrobéntica de Tepoztlán.

<i>Riqueza</i>	<i>Abundancia</i>	<i>Índice de Shannon</i>	<i>Índice de Brillouin</i>	<i>Equitatividad Brillouin</i>	<i>Índice Biótico de Hilsenhoff</i>	<i>Calidad del Agua</i>
6	328	0.49	0.47	0.27	9.57	Muy pobre

El análisis de los grupos funcionales alimenticios indica una clara dominancia por los filtradores/colectores (88%), representado por la familia de la clase insecta, Culicidae, la cual permanece cerca de la superficie para obtener el oxígeno del aire con estructuras

adecuadas para ello, seguido de los recolectores/colectores (8%), raspadores (3%), y depredadores con solamente el 1% de representatividad, (figura 4.9).

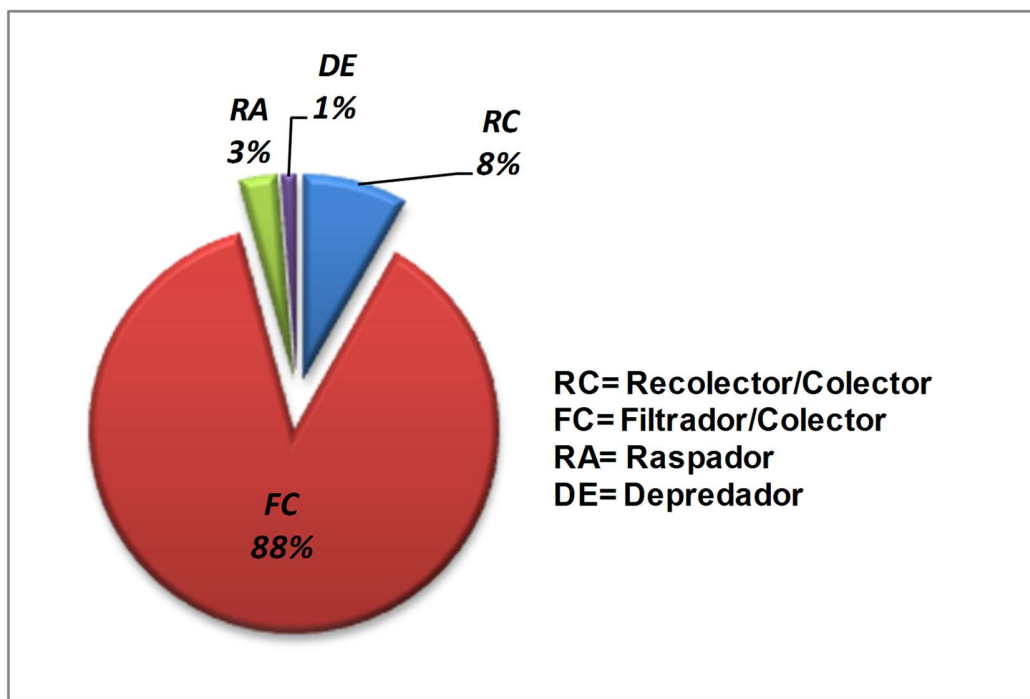


Figura 4.9 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Tepoztlán.

Para el sitio El Bosque a 1518 msnm, la estructura de la comunidad se encuentra conformada por un total de 3, 894 organismos, representados en 5 filos, 5 clases, 13 ordenes, 34 familias y 32 géneros. La familia más abundante corresponde a la familia Chironomidae (orden Díptera), (figura 4.10), que forma parte de los grupos siempre presentes en los cuerpos de agua, y tolerantes a la contaminación y las alteraciones del medio.

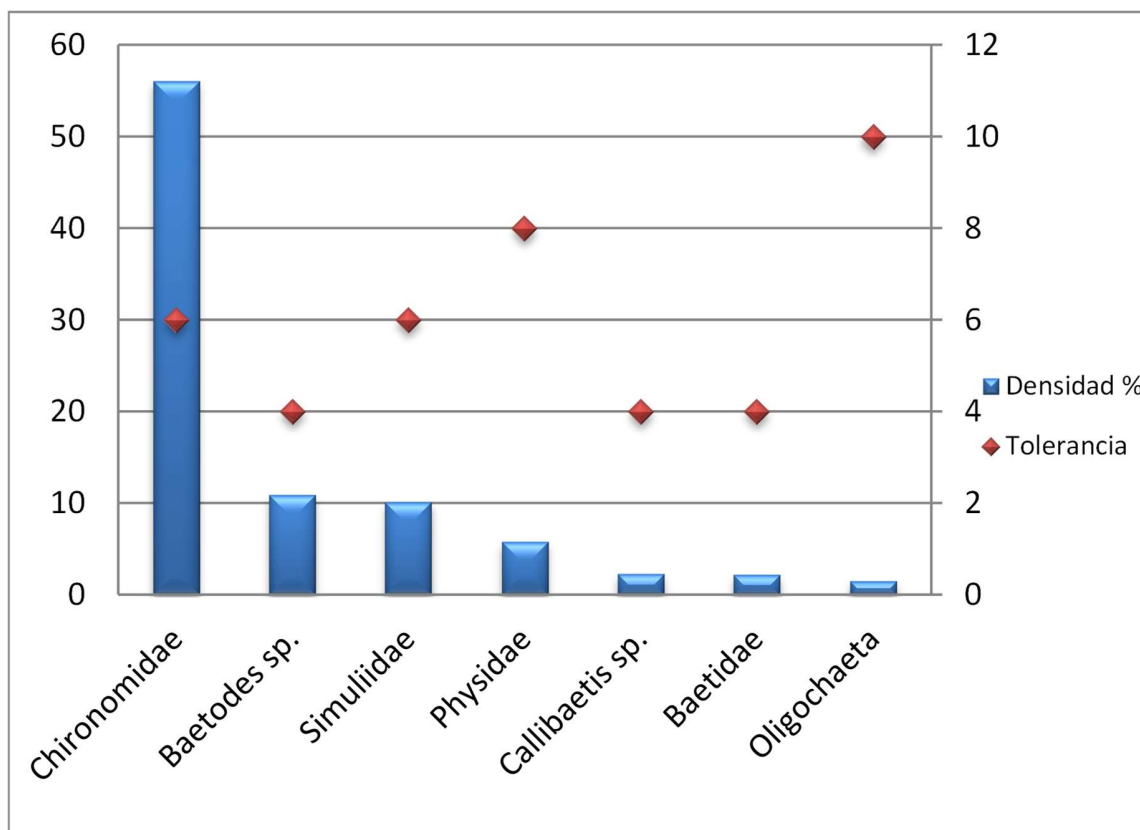


Figura 4.10 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de El Bosque.

De acuerdo al Índice de Hilsenhoff este sitio tiene calidad "Regular" (contaminación poco significativa), con valor de equitatividad de (0.56), valor que le confiere una diversidad de acuerdo al índice de Shannon de 1.81, e índice de Brillouin de 1.78, (Tabla 4.5).

Tabla 4.5 Descriptores ecológicos de El Boque.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
57	3894	1.81	1.78	0.45	5.75	Regular

El análisis de los grupos funcionales alimenticios, indica dominancia por los recolectores/colectores (75%), representados por una clara dominancia de la familia Chironomidae, mientras los demás grupo tróficos se representan en porcentajes mucho más bajos, (Figura 4.11).

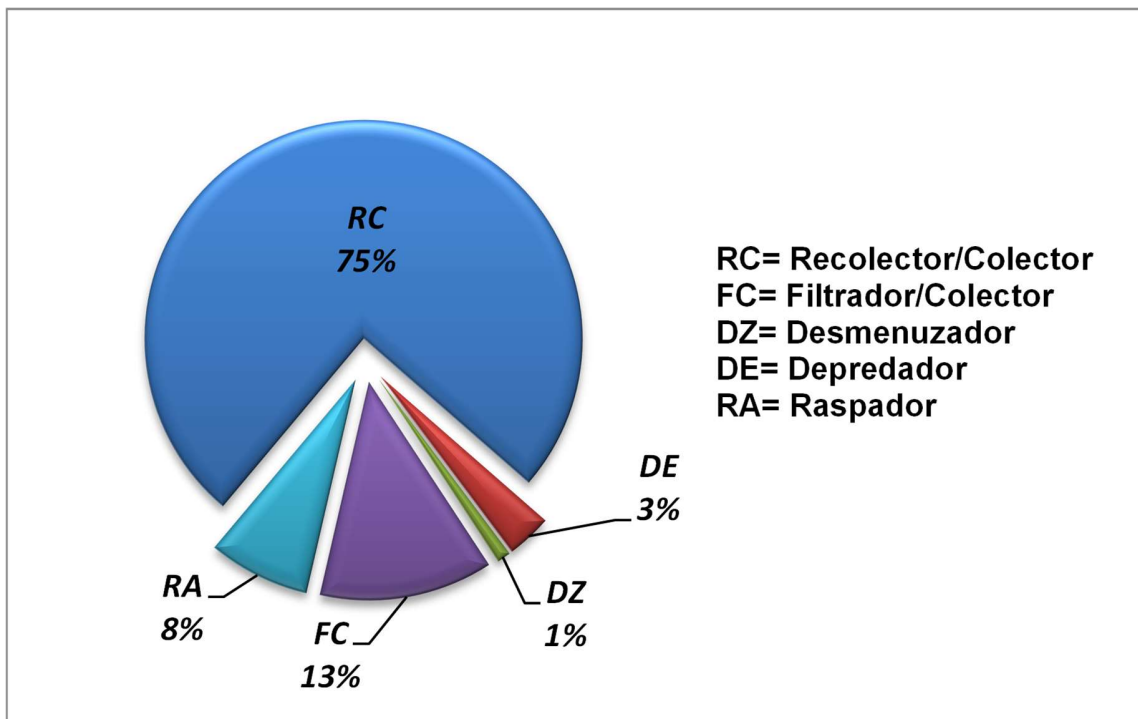


Figura 4.11 Grupo funcional alimenticio de El Bosque.

4.4.2.2 El Bosque-Manantial

Se realizó una colecta en uno de los manantiales que nacen cerca del río y que aportan gran cantidad de agua a éste y encontramos que, la estructura de la comunidad se encuentra conformada por un total de 1,686 organismos, representados en 3 filos, 5 clases, 10 ordenes, 17 familias y 14 géneros. La familia más abundante corresponde a la familia Glossosomatidae, (orden Trichoptera), (figura 4.12), que forma parte de los grupos de organismos muy intolerantes, ya que prefieren cuerpos de agua con agua fría y bien oxigenada, así también se encontraron otras familias sensibles a la contaminación.

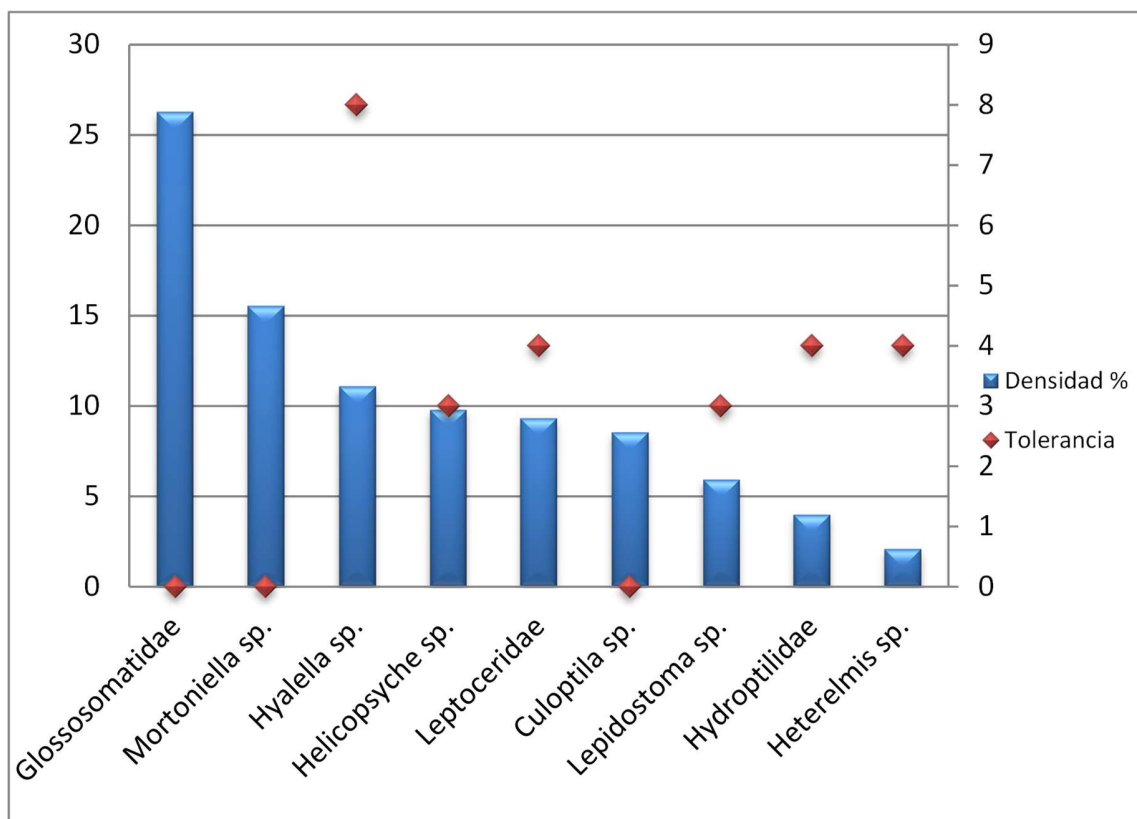


Figura 4.12 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de El Bosque-Manantial.

De acuerdo al Índice de Hilsenhoff este sitio tiene calidad “Excelente” (sin contaminación aparente), con valor de equitatividad de (0.70), valor que le confiere una diversidad de acuerdo al índice de Shannon de 2.30, e índice de Brillouin de 2.27, (Tabla 4.6).

Tabla 4.6 Descriptores ecológicos de El Boque-Manantial.

<i>Riqueza</i>	<i>Abundancia</i>	<i>Índice de Shannon</i>	<i>Índice de Brillouin</i>	<i>Equitatividad Brillouin</i>	<i>Índice Biótico de Hilsenhoff</i>	<i>Calidad del Agua</i>
27	1686	2.30	2.27	0.70	2.42	Excelente

El análisis de los grupos funcionales alimenticios, indica bien representados a los raspadores, (61%), 26% para recolectores/colectores, desmenuzadores 6% y depredadores con 2%, (Figura 4.13).

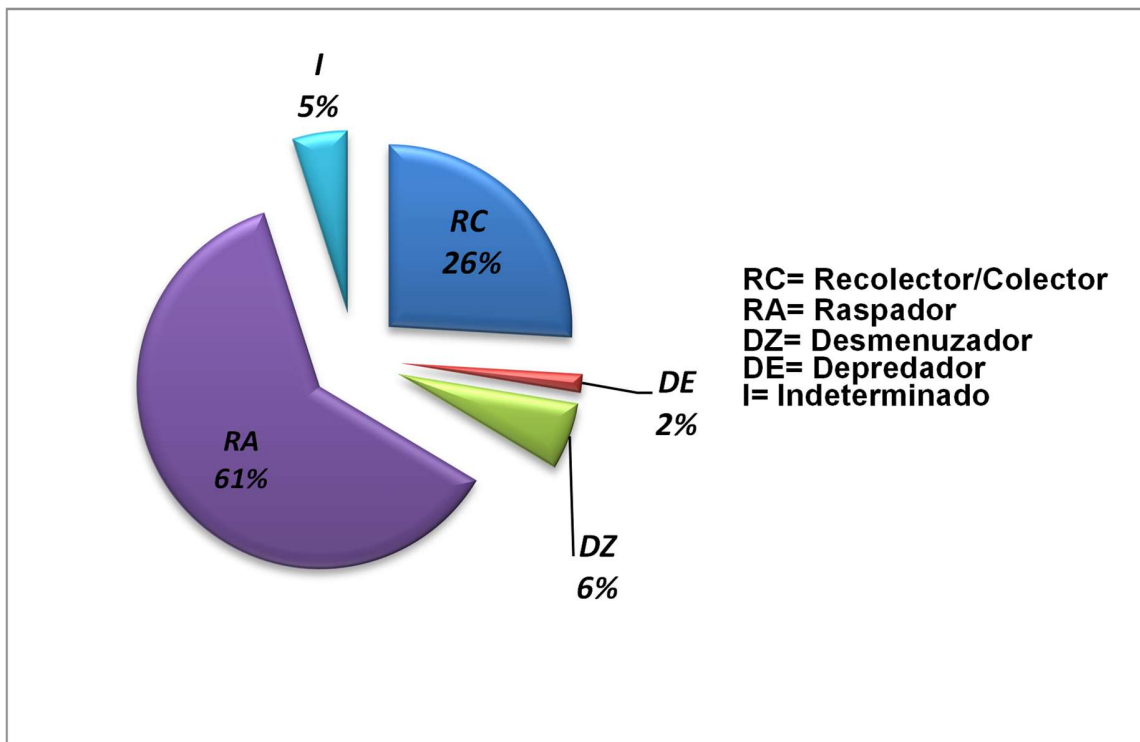


Figura 4.13 Grupo funcional alimenticio de El Bosque-Manantial.

4.4.2.3 Laguna Hueyapan

Laguna que se encuentra dentro del parque Estatal el Texcal, siendo ésta el primer sitio RAMSAR del Estado de Morelos, se encuentra a una altitud sobre el nivel del mar de 1380m, presentó un total de 12,677 organismos, los cuales se encuentran representados en 4 filos, 7 clases, 12 ordenes, 22 familias y 8 géneros, la mayor abundancia está dada, en su mayoría por un anfípodo de la familia Hyalellidae, organismos que se distribuyen en una amplia variedad de cuerpos de agua estancada, así como en manantiales y también pueden estar asociados a macrófitas acuáticas, (Pennak y Rosine, 1976), los amphipoda, son organismos asociados a materia orgánica en descomposición, los cuales llegan a formar densas poblaciones que luego forman parte importante, de fuente de alimento para otros organismos. Figura 4.14.

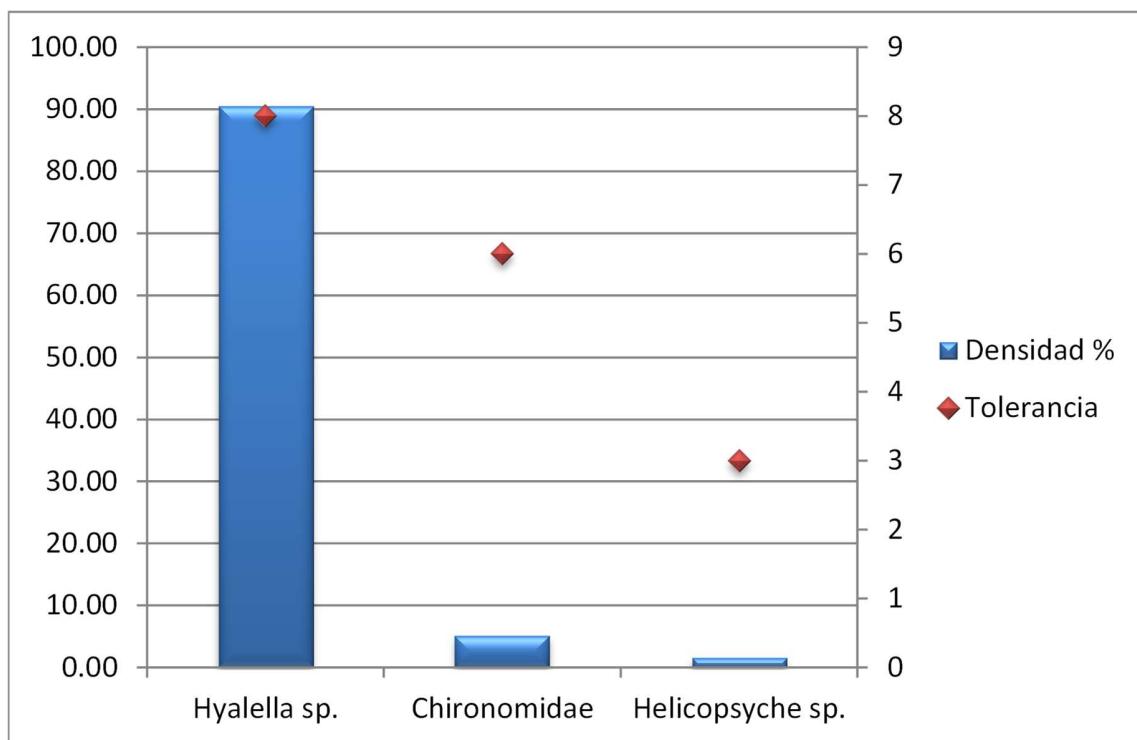


Figura 4.14 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Laguna Hueyapan.

Este sitio resulta con una calidad “Pobre” (contaminación muy significativa), de acuerdo al índice de Hilsenhoff, los descriptores ecológicos son 0.47 de acuerdo a Shannon y el índice de Brillouin es 0.47 con equitatividad de 0.14, (Tabla 4.7).

Tabla 4.7 Descriptores ecológicos de Laguna Hueyapan.

<i>Riqueza</i>	<i>Abundancia</i>	<i>Índice de Shannon</i>	<i>Índice de Brillouin</i>	<i>Equitatividad Brillouin</i>	<i>Índice Biótico de Hilsenhoff</i>	<i>Calidad del Agua</i>
26	12677	0.47	0.47	0.14	7.75	Pobre

La estructura trófica asociada a este microambiente está conformada por tres grupos funcionales, los colectores/recolectores con 97%, lo cual se explica por la elevada presencia de las familias Hyalellidae, raspadores con 2% y depredadores 1%. (Figura 4.15)

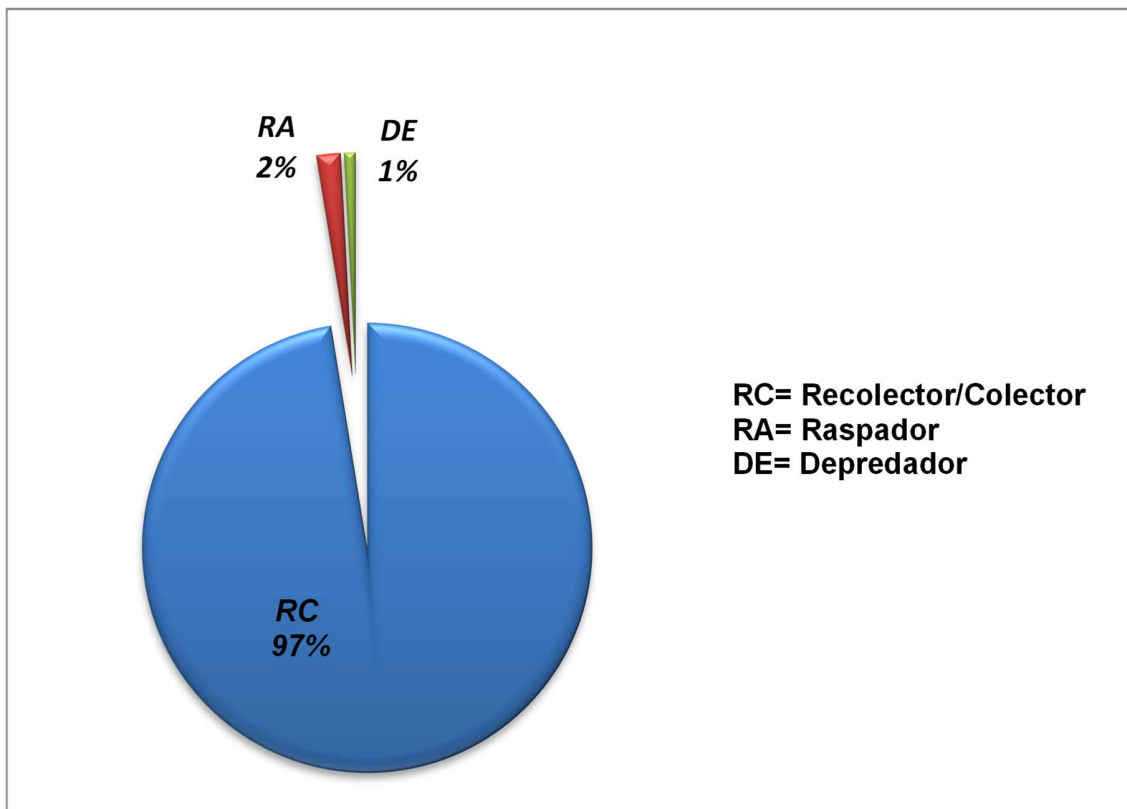


Figura 4.15 Grupo funcional alimenticio de Laguna Hueyapan.

4.4.2.4 Las Fuentes

Este sitio se encuentra en el municipio de Jiutepec, lugar por donde fluye el río Dulce alimentándose de manantiales que brotan en la zona, para ese lugar encontramos un total de 4,121, distribuidos en 3 filos, 5 clases, 11 ordenes, 21 familias y 12 géneros. La familia más abundante corresponde a Chironomidae, figura 4.16, a pesar de la presencia de aguas de manantial, en su mayoría se encontró organismos que tienen tolerancia a la contaminación orgánica y alteraciones, por lo que la calidad del agua se determinó como "Regular".

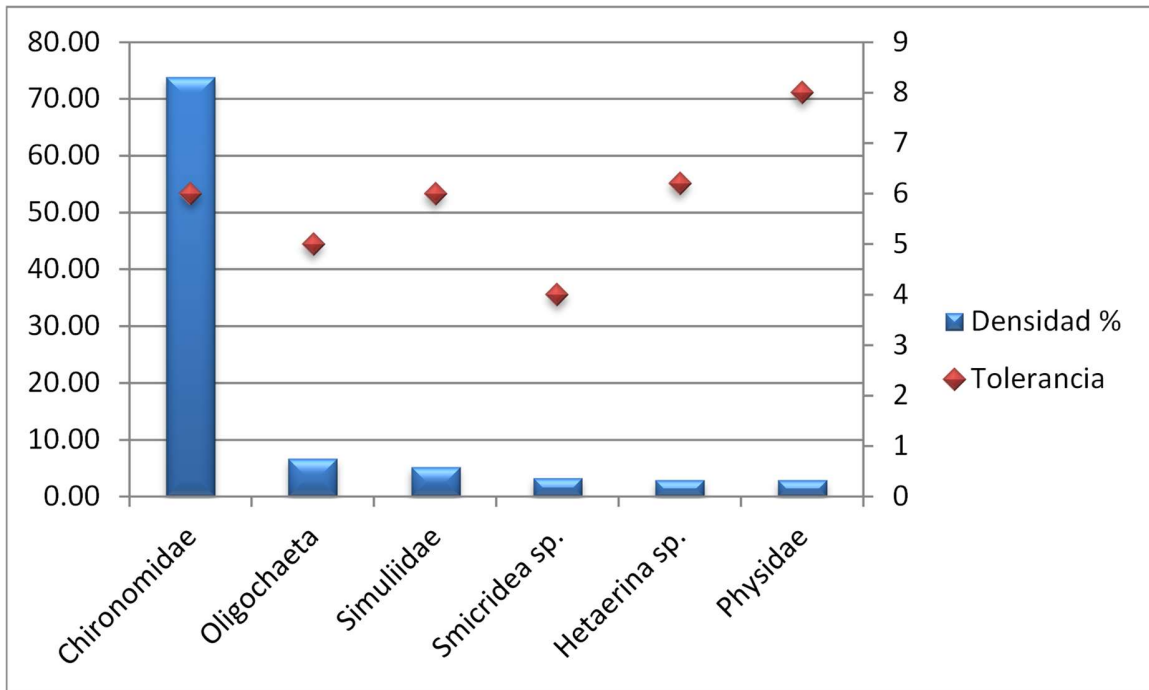


Figura 4.16 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Las Fuentes.

Este sitio resulta con una calidad “Regular” (contaminación poco significativa) de acuerdo al índice de Hilsenhoff, los descriptores ecológicos son 1.16 de acuerdo a Shannon y el índice de Brillouin es 1.14 con equitatividad de 0.34, (Tabla 4.8).

Tabla 4.8 Descriptores ecológicos de Las Fuentes.

<i>Riqueza</i>	<i>Abundancia</i>	<i>Índice de Shannon</i>	<i>Índice de Brillouin</i>	<i>Equitatividad Brillouin</i>	<i>Índice Biótico de Hilsenhoff</i>	<i>Calidad del Agua</i>
29	4121	1.16	1.14	0.34	5.89	Regular

La estructura trófica asociada a este microambiente está conformada por cuatro grupos funcionales, los colectores/recolectores con un 81%, filtradores 9%, depredadores 6% y raspadores 3%, (figura 4.17).

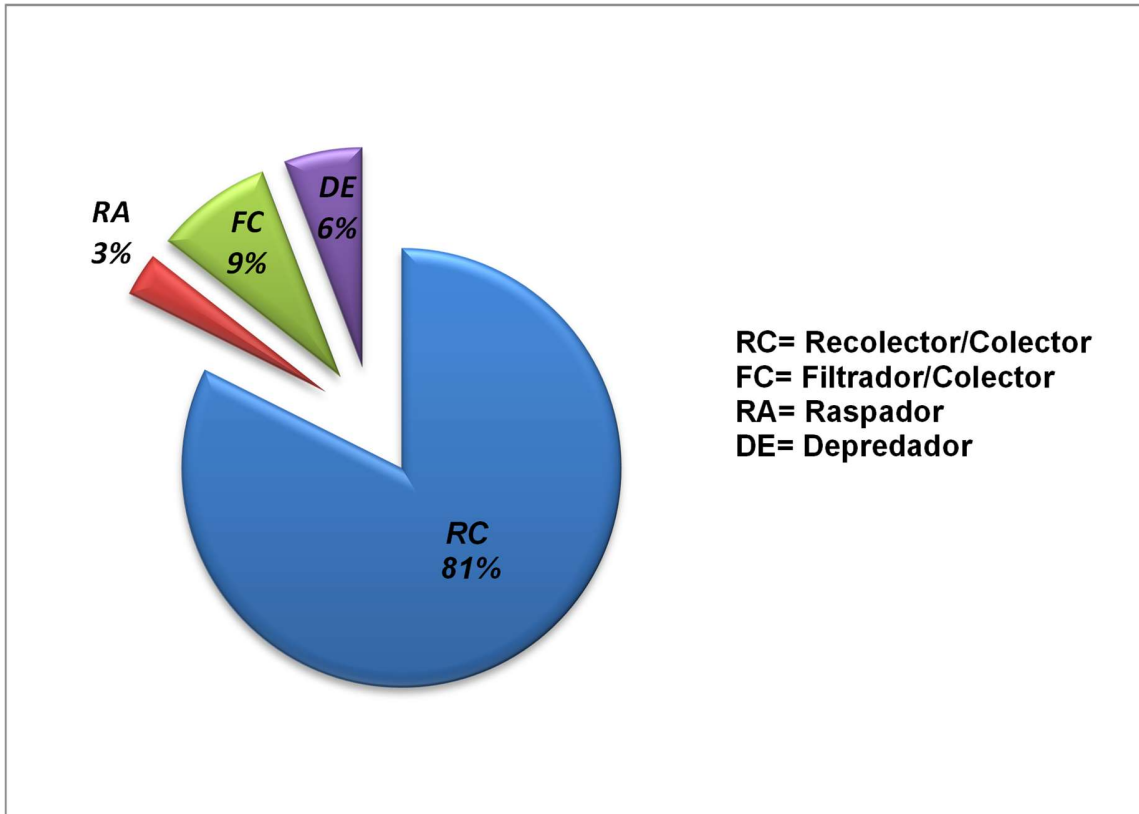


Figura 4.17 Grupo funcional alimenticio de Las Fuentes.

4.4.2.5 Oaxtepec-Yautepec

Este sitio se encuentra a 1302 msnm, se contaron un total de 4,120 organismos, distribuidos en 5 filos, 7 clases, 9 ordenes, 14 familias y 3 géneros. Este sitio se determinó con contaminación significativa de acuerdo al índice biótico de Hilsenhoff, lo que coincide con la presencia elevada de una familia de moluscos, figura 4.18, los cuales regularmente se encontrarán en sitios con materia orgánica, de aguas turbias, con poco oxígeno, además se registra la presencia de la familia Thiaridae, la cual tiene especies invasoras que podrían estar causando afectaciones en el sistema, aun así, se registraron otros organismos indicadores de aguas limpias pero en mucha menor abundancia.

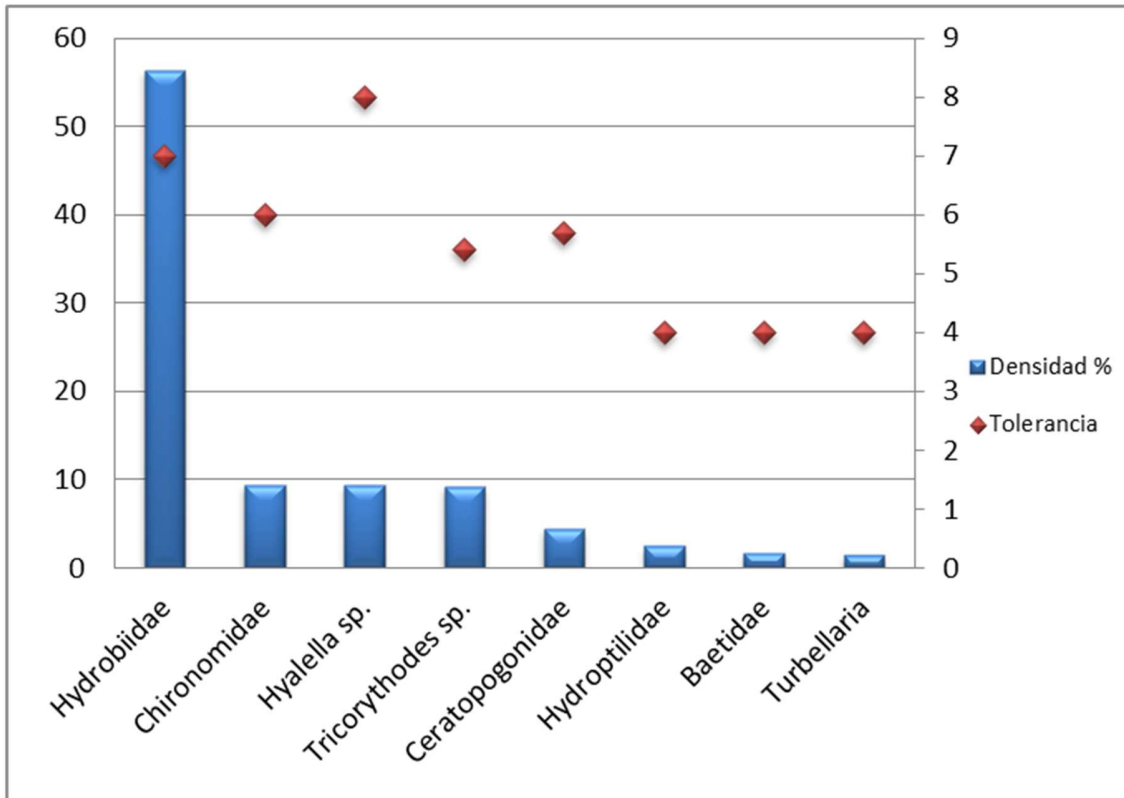


Figura 4.18 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Oaxtepec-Yautepec.

Este sitio resulta con una calidad “Regular pobre” (contaminación significante) de acuerdo al índice de Hilsenhoff, los descriptores ecológicos son 1.61 de acuerdo a Shannon y el índice de Brillouin es 1.60 con equitatividad de 0.56, (Tabla 4.9).

Tabla 4.9 Descriptores ecológicos de Oaxtepec-Yautepec.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
18	4120	1.61	1.60	0.56	6.60	Regular pobre

La estructura trófica asociada a este microambiente está conformada por cuatro grupos funcionales, los raspadores con un 58%, colectores/recolectores 32%, depredadores 7% y filtradores 1%, (figura 4.19).

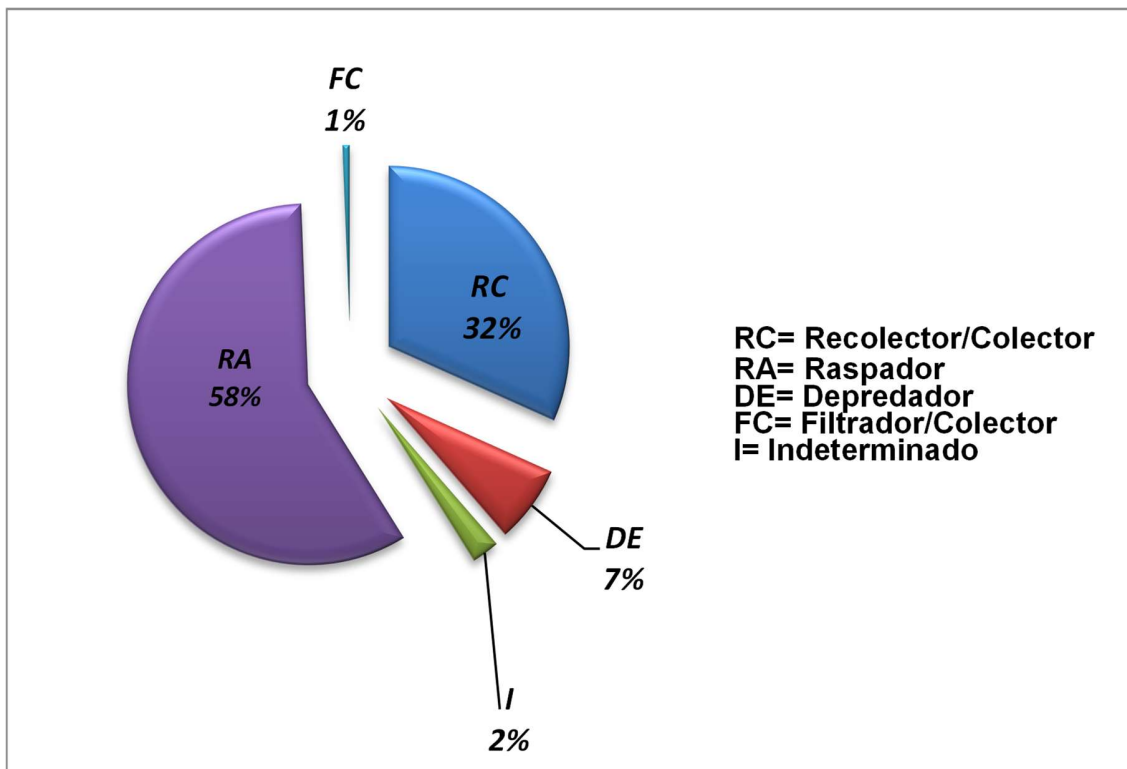


Figura 4.19 Grupo funcional alimenticio de Oaxtepec-Yautepec.

4.4.2.6 Oaxtepec-Confluencia

Este sitio es la confluencia de dos ríos cerca de la localidad de Cocoyoc, los cuales también fueron muestreados aguas arriba. Se encontró un total de 4,771 organismos los cuales pertenecen a 5 filos, 7 clases, 9 ordenes, 18 familias y 12 géneros. La familia más abundante es Chironomidae, figura 4.20.

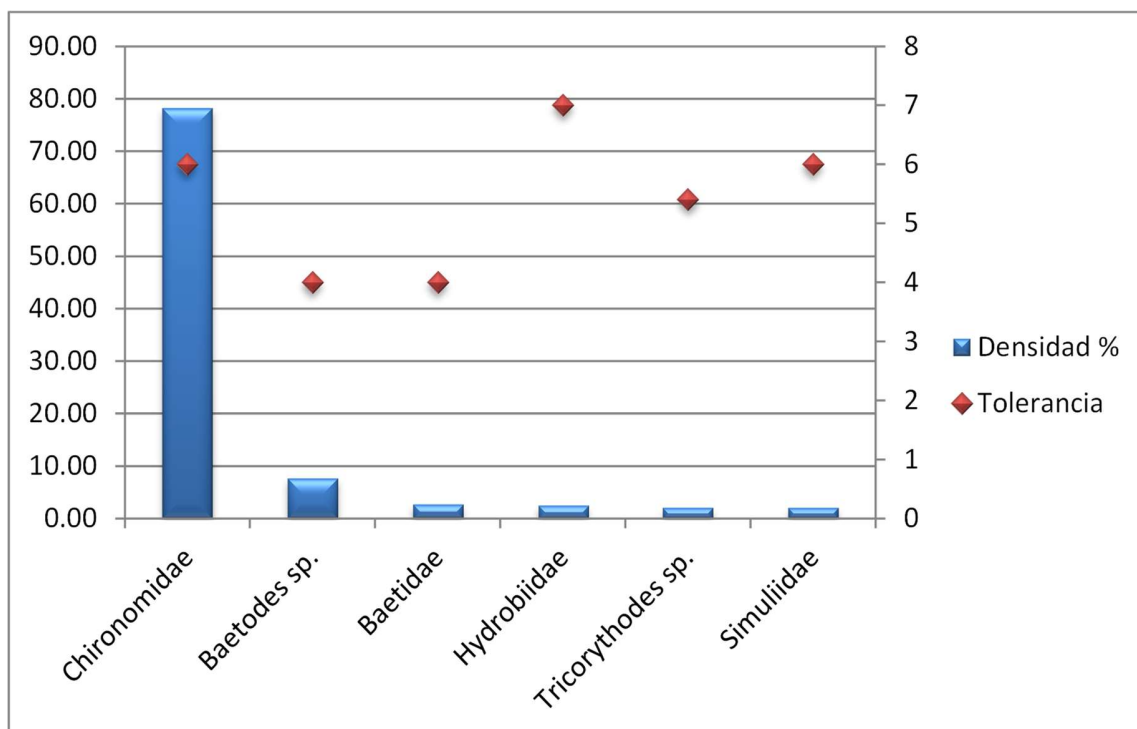


Figura 4.20 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Oaxtepec-Confluencia.

Este sitio resulta con una calidad "Regular" (contaminación poco significante) de acuerdo al índice de Hilsenhoff, los descriptores ecológicos son 0.99 de acuerdo a Shannon y el índice de Brillouin es 0.98 con equitatividad de 0.29, (Tabla 4.10).

Tabla 4.10 Descriptores ecológicos de Oaxtepec-Confluencia.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
30	4771	0.99	0.98	0.29	5.81	Regular

La estructura trófica asociada a este microambiente está conformada por cuatro grupos funcionales, colectores/recolectores 92%, los raspadores y filtradores 3% y depredadores 2%, (figura 4.21).

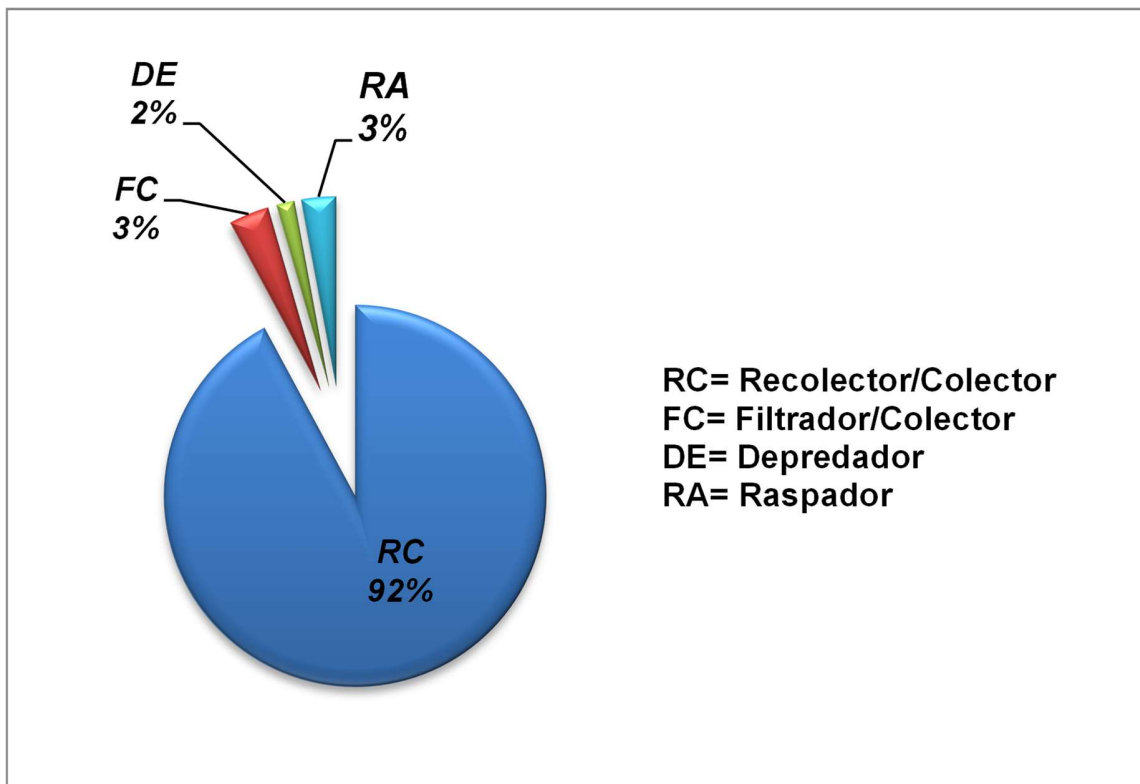


Figura 4.21 Grupo funcional alimenticio de Oaxtepec-Confluencia.

4.4.2.7 Arriba confluencia Oaxtepec

Este sitio se encuentra metros arriba de la confluencia, el total de organismos colectados para este sitio es de 1,218, los cuales están representados en 4 filos, 5 clases, 9 ordenes, 26 familias y 7 géneros. Familia más abundante Hydropsychidae pertenece al orden Trichoptera organismos considerados con tolerancia media a la contaminación orgánica, figura 4.22.

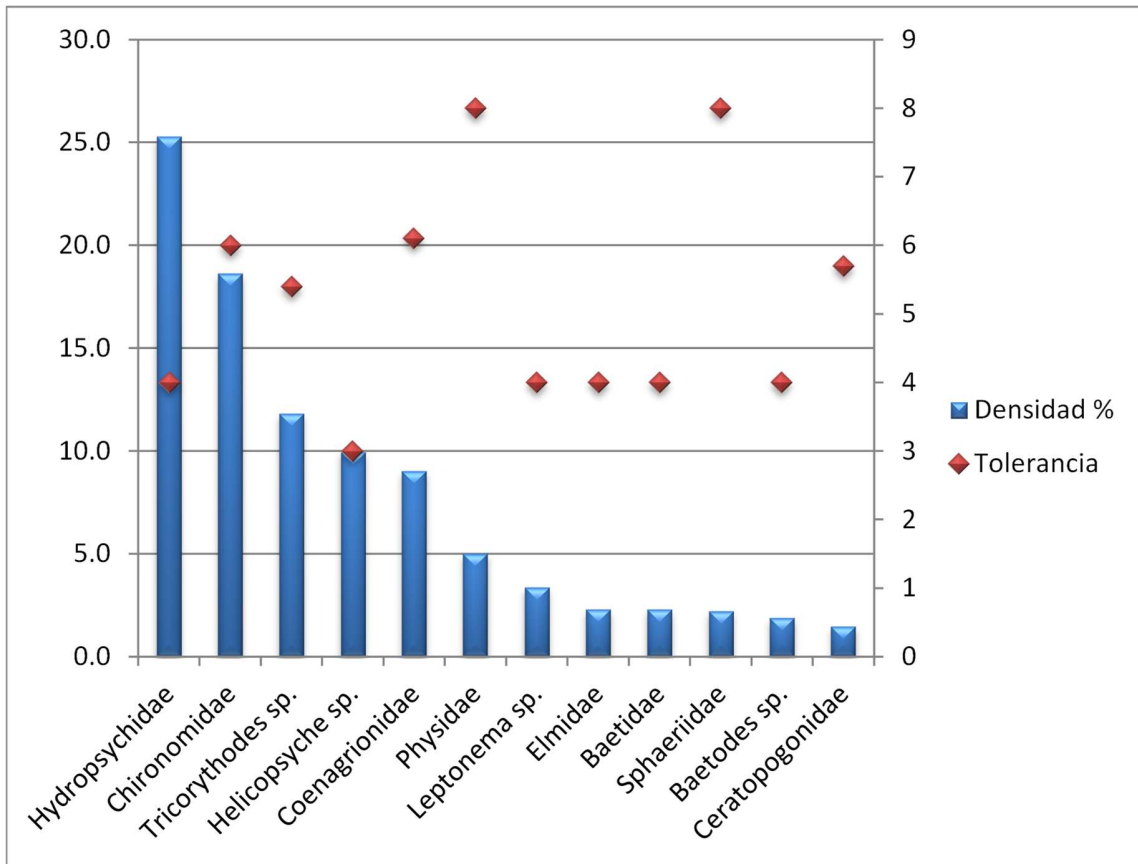


Figura 4.22 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de arriba confluencia Oaxtepec.

Este sitio resulta con una calidad “Buena” (contaminación poco aparente) de acuerdo al índice de Hilsenhoff, los descriptores ecológicos son 2.38 de acuerdo a Shannon y el índice de Brillouin es 2.33 con equitatividad de 0.69, (Tabla 4.11).

Tabla 4.11 Descriptores ecológicos de arriba confluencia Oaxtepec.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
32	1218	2.38	2.33	0.69	4.98	Buena

La estructura trófica asociada a este microambiente está conformada por cuatro grupos funcionales, colectores/recolectores 39%, filtradores, 32%, raspadores 16% y depredadores 13%, (figura 4.23).

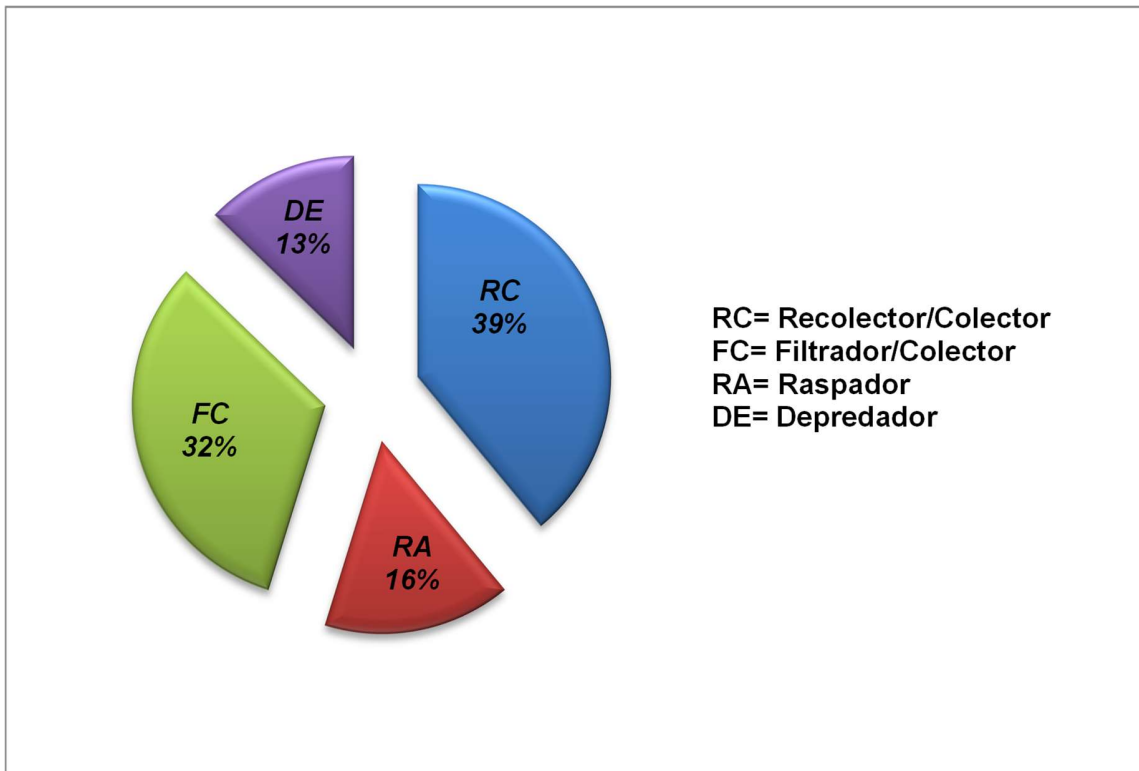


Figura 4.23 Grupo funcional alimenticio de arriba confluencia Oaxtepec.

4.4.2.8 Tezoyuca

Se encuentra a una altitud de 1210 msnm, el total de organismos registrados para este sitio es 6,757 distribuidos en 3 filos, 5 clases, 9 ordenes, 16 familias y 10 géneros. La familia con mayor abundancia es Leptohyphidae con el género *Tricorythodes*, seguida de Chironomidae, figura 4.24, y la presencia de tricópteros y coleópteros con valores de tolerancia intermedios, lo cual es determinante para que el grado de contaminación sea poco aparente.

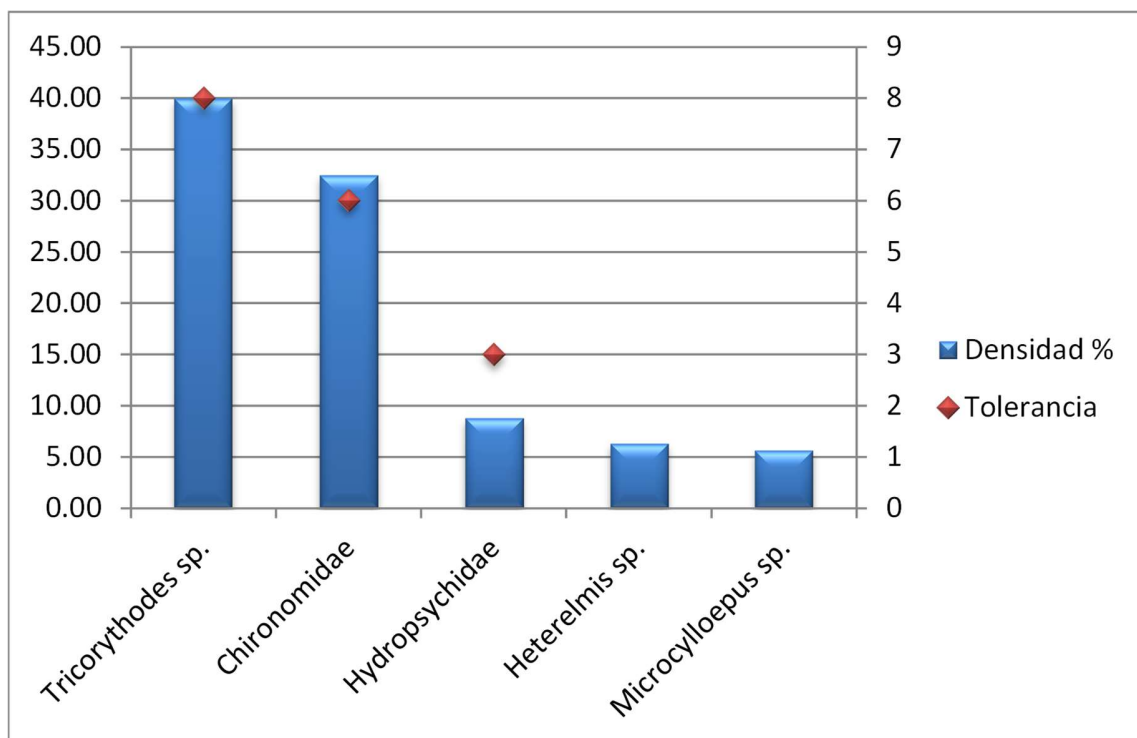


Figura 4.24 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Tezoyuca.

Este sitio resulta con una calidad “Buena” (contaminación poco aparente) de acuerdo al índice de Hilsenhoff, los descriptores ecológicos son 1.62 de acuerdo a los índices de diversidad utilizados, con equitatividad de 0.51, (Tabla 4.12).

Tabla 4.12 Descriptores ecológicos de Tezoyuca.

<i>Riqueza</i>	<i>Abundancia</i>	<i>Índice de Shannon</i>	<i>Índice de Brillouin</i>	<i>Equitatividad Brillouin</i>	<i>Índice Biótico de Hilsenhoff</i>	<i>Calidad del Agua</i>
24	6757	1.62	1.62	0.51	5.25	Buena

La estructura trófica asociada a este microambiente está conformada por cuatro grupos funcionales, colectores/recolectores 39%, filtradores, 32%, raspadores 16% y depredadores 13%, (figura 4.25).

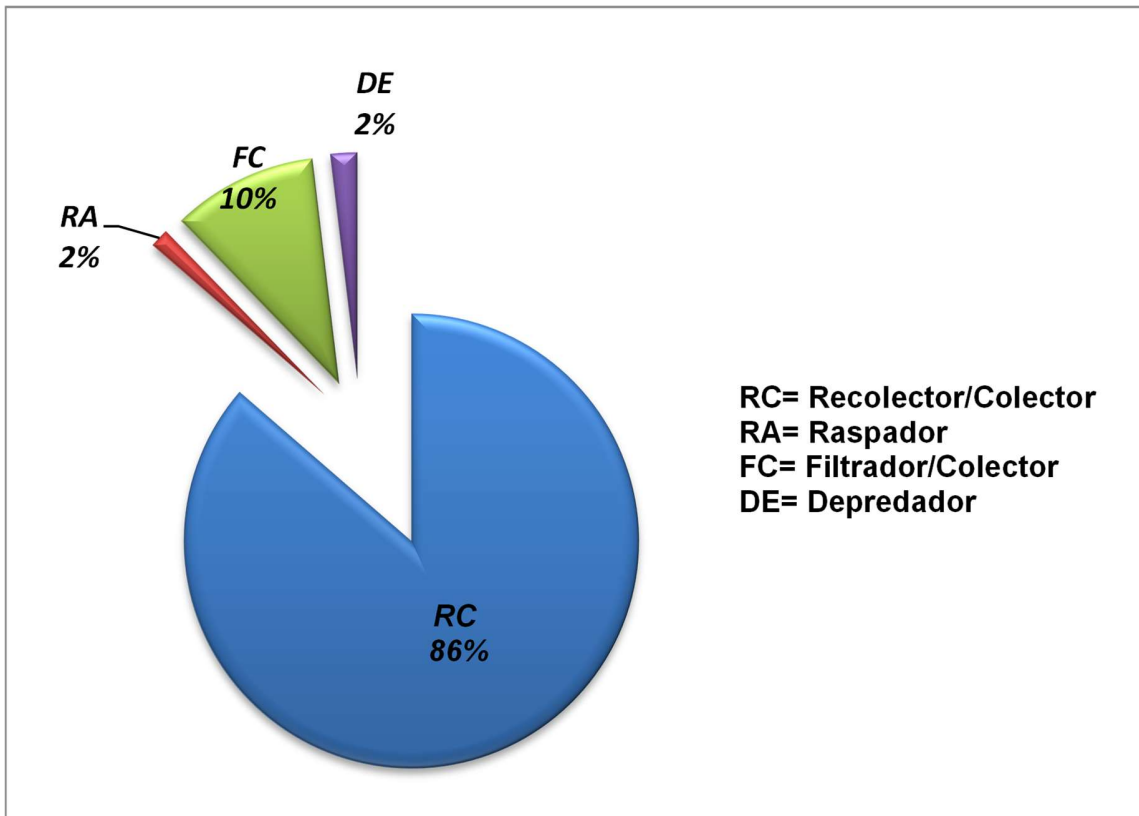


Figura 4.25 Grupo funcional alimenticio de arriba confluencia Oaxtepec.

4.4.2.9 Centro IPN

En el sitio Centro IPN a 1068 msnm, se encontraron 2,505 organismos, que pertenecen a 3 filos, 4 clases, 12 ordenes, 22 familias y 12 géneros. La familia más abundante fue Chironomidae, seguida de Leptohyphidae, (figura 4.26), cuyo género encontrado, *Tricorythodes*, muchas veces se encuentran dentro del fango en el fondo de las quebradas en donde se refugian de las corrientes fuertes, además de ser organismos que generalmente pueden llegar a tolerar muy bien ríos con gran cantidad de material en suspensión y con alguna carga de desechos orgánicos antrópicos, (Zuñiga et al, 2004). Cabe mencionar que también se registró la familia Thiaridae en bajas proporciones, para este sitio. Aun así la presencia de otros organismos con tolerancias más bien intermedias, aportaron para que el sitio fuera determinado con una contaminación poco aparente.

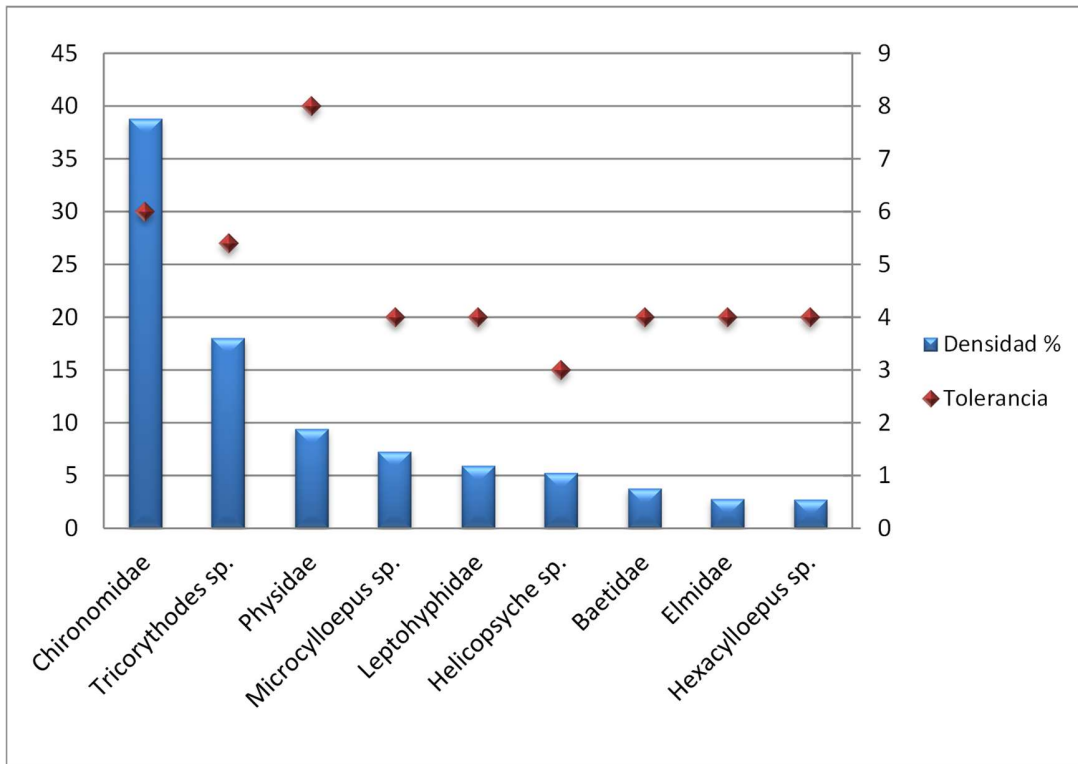


Figura 4.26 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Centro IPN.

Este sitio resulta con una calidad “Buena” (contaminación poco aparente) de acuerdo al índice de Hilsenhoff, los descriptores ecológicos son 2.06 de acuerdo a Shannon y el índice de Brillouin es 2.03 con equitatividad de 0.59, (Tabla 4.13).

Tabla 4.13 Descriptores ecológicos de Centro IPN.

<i>Riqueza</i>	<i>Abundancia</i>	<i>Índice de Shannon</i>	<i>Índice de Brillouin</i>	<i>Equitatividad Brillouin</i>	<i>Índice Biótico de Hilsenhoff</i>	<i>Calidad del Agua</i>
33	2505	2.06	2.03	0.59	5.40	Buena

La estructura trófica asociada a este microambiente está conformada por dos grupos funcionales, los colectores/recolectores con un 83%, raspadores en segundo lugar con 16% y depredadores 1%, (figura 4.27)

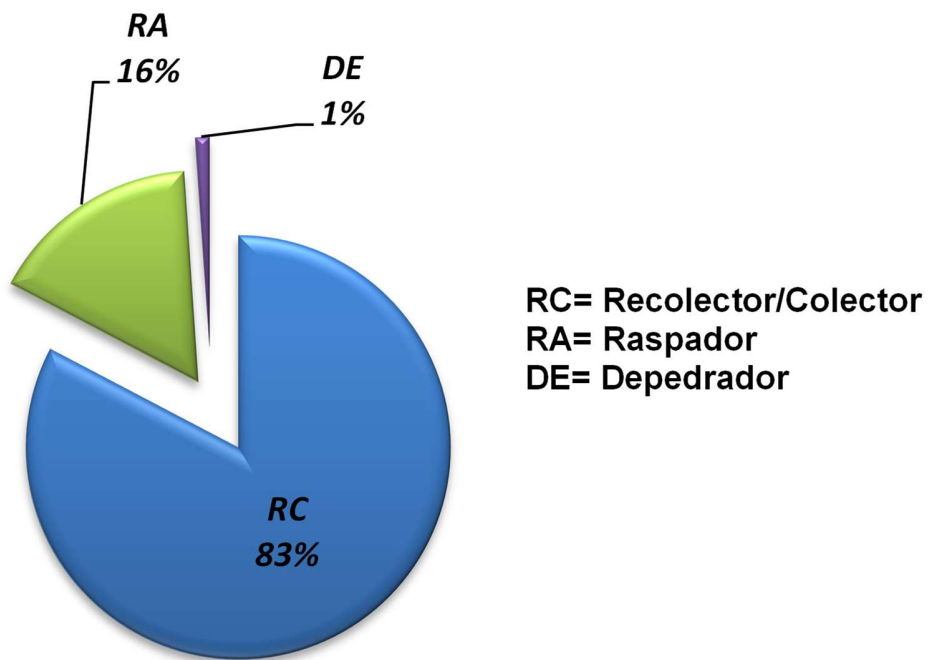


Figura 4.27 Grupo funcional alimenticio de Centro IPN.

4.4.2.10 Acamilpa

Se encuentra a una altitud de 984 msnm en el río Dulce, en este sitio se colectaron un total de 5,153 organismos, distribuidos en 4 filos, 6 clases, 13 ordenes, 33 familias y 29 géneros . La mayor densidad la presenta el orden Ephemeroptera con el género *Leptohyphes*, (figura 4.28). Una buena parte de los organismos encontrados para este sitio se encuentran clasificados como sensibles a la contaminación, el resto se encuentran entre valores intermedios, por lo que de acuerdo al índice biótico de Hilsenhoff se clasificó como un sitio de calidad "Muy buena".

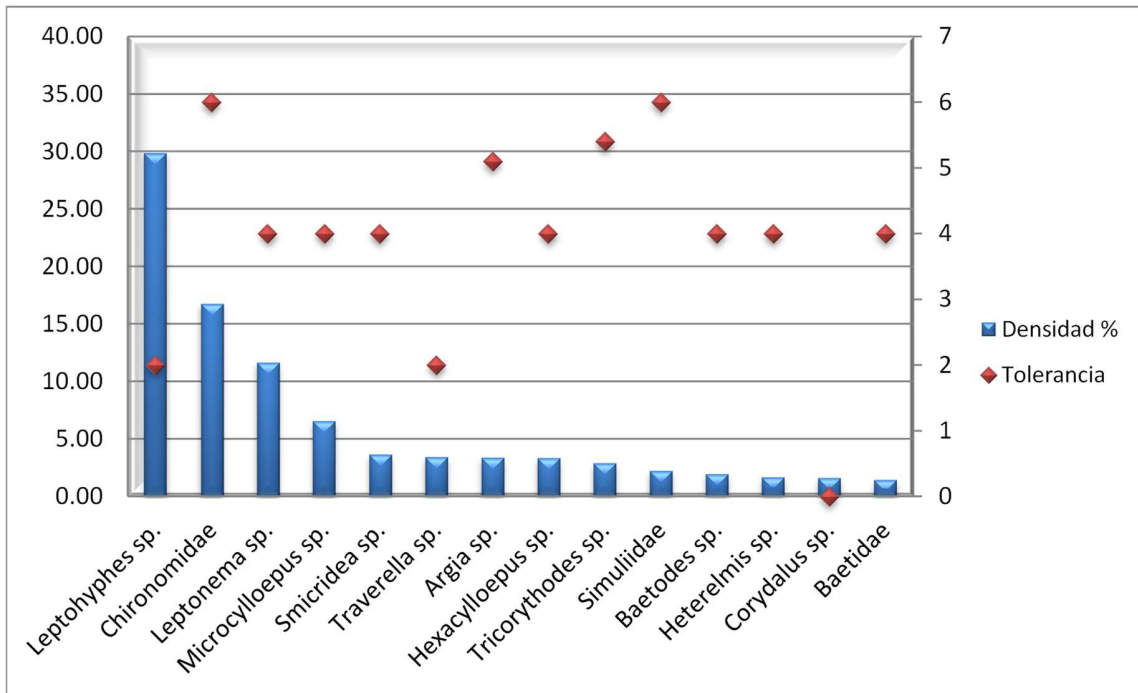


Figura 4.28 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Acamilpa.

Este sitio obtuvo un valor de diversidad de 2.54 de acuerdo al índice de Shannon Wiener y de 2.52 según el índice de Brillouin, con equitatividad de 0.64. (Tabla 4.14).

Tabla 4.14 Descriptores ecológicos de Acamilpa.

<i>Riqueza</i>	<i>Abundancia</i>	<i>Índice de Shannon</i>	<i>Índice de Brillouin</i>	<i>Equitatividad Brillouin</i>	<i>Índice Biótico de Hilsenhoff</i>	<i>Calidad del Agua</i>
54	5153	2.54	2.52	0.64	3.78	Muy buena

En este sitio se encuentran representados los cinco tipos de grupos funcionales alimenticios, el más abundante fueron los llamados recolectores/colectores (70%), los filtradores son el otro grupo que se encuentra representado con un 19%, resultado de la presencia de Tricóptera, los depredadores con 8%, los raspadores se encontraron con un 2% y desmenuzadores solamente el 1%, (Figura 4.29).

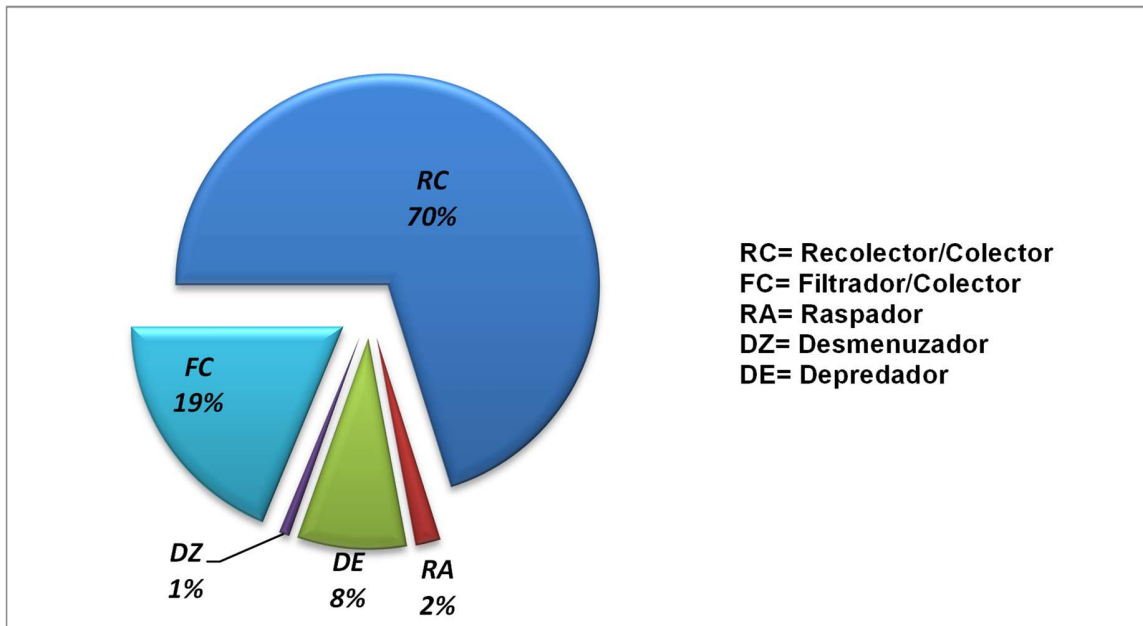


Figura 4.29 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Acamilpa.

4.4.2.11 Tlaltizapán-Dulce

A una altitud de 930 este sitio, forma parte del río Dulce, cuenta con un total de 2,981 organismos, representados por 5 filos, 7 clases, 17 ordenes, 31 familias y 26 géneros. Destaca en densidad la familia Leptohiphidae y en menor magnitud Baetidae, figura 4.30, familias que forman parte del orden Ephemeroptera, las cuales se denominan como sensibles a las alteraciones y a la contaminación orgánica, ya que requieren hábitats con corriente y bien oxigenados. Este sitio obtuvo una calidad “Buena” (contaminación poco aparente), los organismos presentes poseen valores de tolerancia más bien intermedios entre intolerantes y tolerantes.

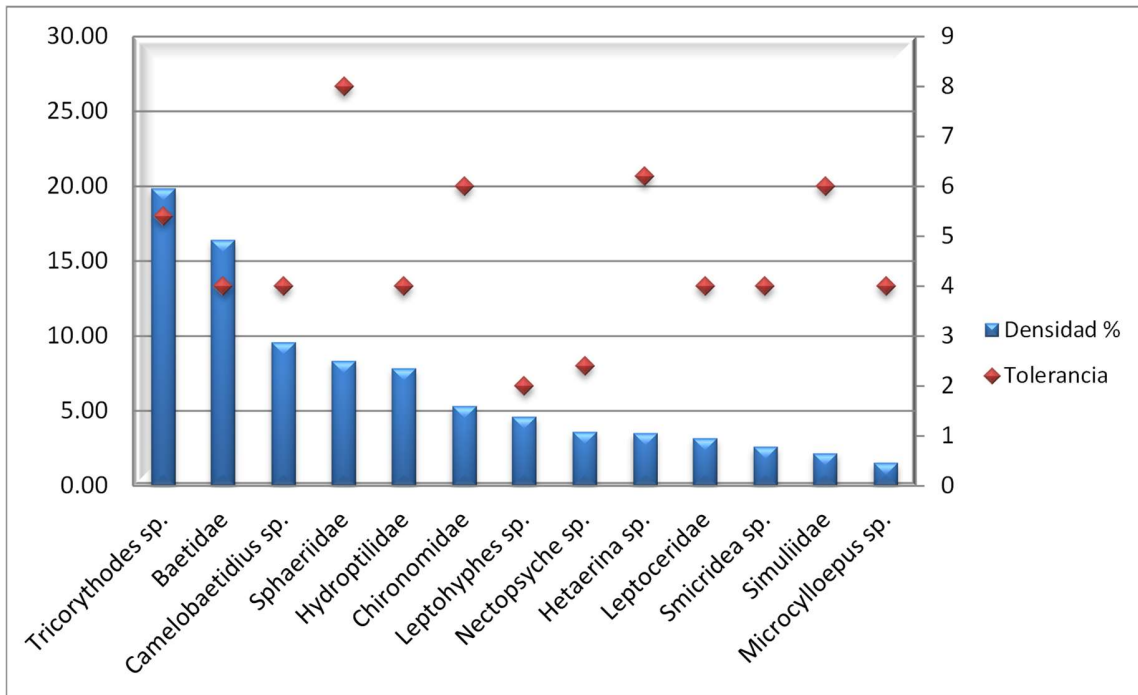


Figura 4.30 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Tlaltizapán-Dulce.

Es uno de los sitios que presenta valores de índice de diversidad de los más altos del muestreo, de 2.75 de acuerdo al índice de Shannon Wiener y de 2.71 según el índice de Brillouin, resultado de su alta equitatividad (0.70). (Tabla 4.15).

Tabla 4.15 Descriptores ecológicos de Tlaltizapán-Dulce.

<i>Riqueza</i>	<i>Abundancia</i>	<i>Índice de Shannon</i>	<i>Índice de Brillouin</i>	<i>Equitatividad Brillouin</i>	<i>Índice Biótico de Hilsenhoff</i>	<i>Calidad del Agua</i>
51	2981	2.75	2.71	0.70	4.84	Buena

En cuanto a la estructura trófica, esta comunidad está representada nuevamente por los llamados recolectores/colectores (65%) explicado por la abundancia de la familia Leptohyphidae, los filtradores son los segundos mayor representados (14%), depredadores (7%), desmenuzadores (4%) y ya en menor proporción se encuentran los raspadores con el 3%, (figura 4.31).

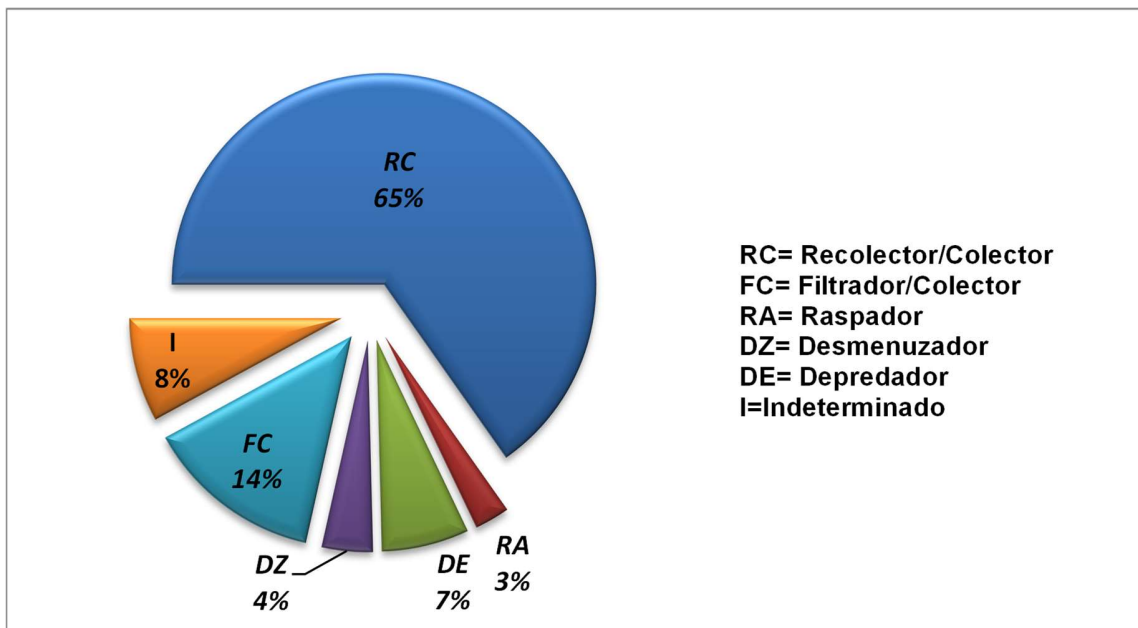


Figura 4.31 Estructura de la comunidad por grupo funcional alimenticio en Tlaltizapán-Dulce.

4.4.2.12 Tlaltizapán-Yautepec

Se encuentra a 919 msnm, ya después de que se une el río Dulce al río Yautepec, para este, se colectaron un total de 3,749 organismos, distribuidos en 3 filos, 4 clases, 13 ordenes, 32 familias y 19 géneros. La mayor abundancia la presenta la familia Leptohyphidae, (figura 4.32), la presencia de familias con valores de tolerancia bajos son componente principal para que la calidad del agua de acuerdo a Hilsenhoff sea de 3.78, lo que le confiere una calidad "Muy buena", (Contaminación ligera).

Es importante mencionar la presencia de dos familias de moluscos con especies invasoras, (Thiaridae y Corbiculiidae), las cuales a pesar de no reflejarse una elevada abundancia, es importante registrarlas, dadas las afectaciones que pueden causar en un futuro, ya que son organismos que alcanzan un aumento drástico en sus poblaciones, lo que eventualmente afectará a la biota nativa, tanto moluscos como otros organismos, pues al alcanzar grandes densidades en tan solo unos años a partir de que se introdujeron, disminuirán el espacio disponible, a la vez que ocasionan la falta de recursos debido a su empobrecimiento o al encontrarlos de manera limitada.

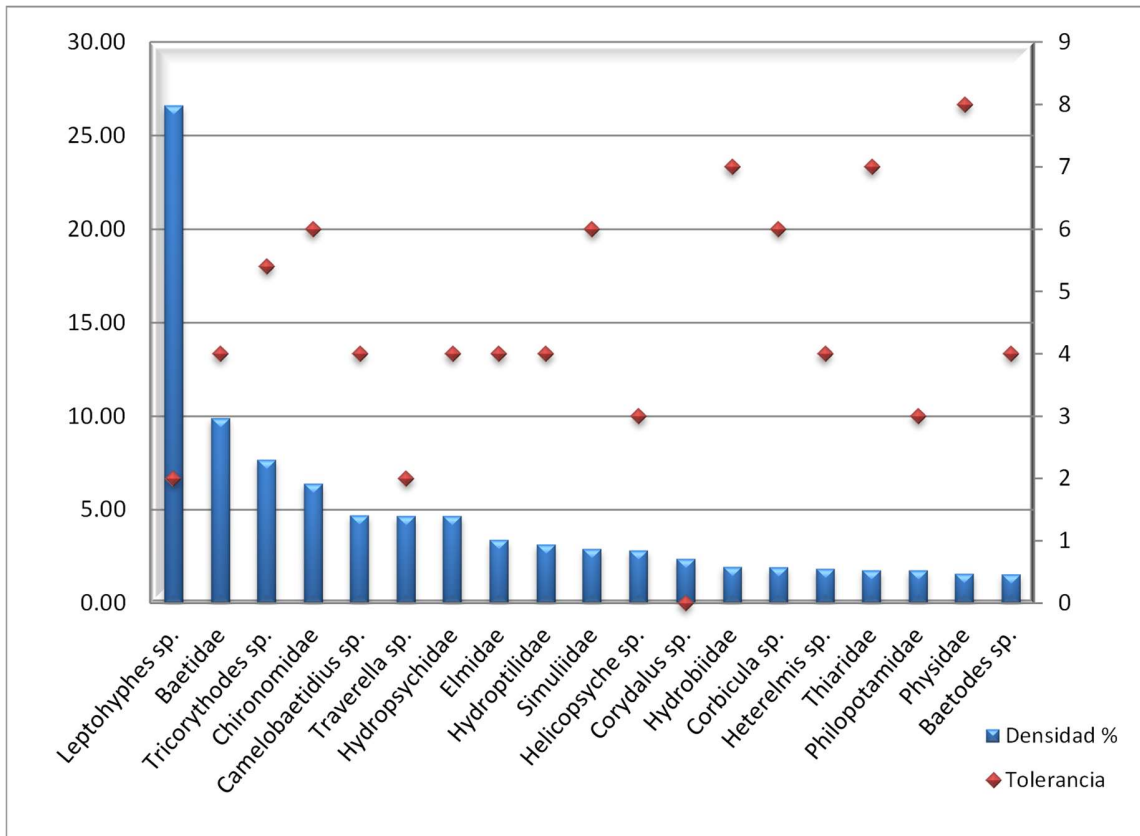


Figura 4.32 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Tlaltizapán--Yautepec.

Este sitio presenta una riqueza de 46, valor de diversidad de 2.82, el más alto, de acuerdo al índice de Brillouin y 2.85 de acuerdo a Shannon, presentando una equitatividad de 0.74, (Tabla 4.16).

Tabla 4.16 Descriptores ecológicos de Tlaltizapán--Yautepec.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
46	3749	2.85	2.82	0.74	3.78	Muy buena

La estructura trófica está dominada por recolector/colector con el 70%, a los que le siguen los filtradores 13%, los raspadores, 9% y depredadores con un 5%, (figura 4.33).

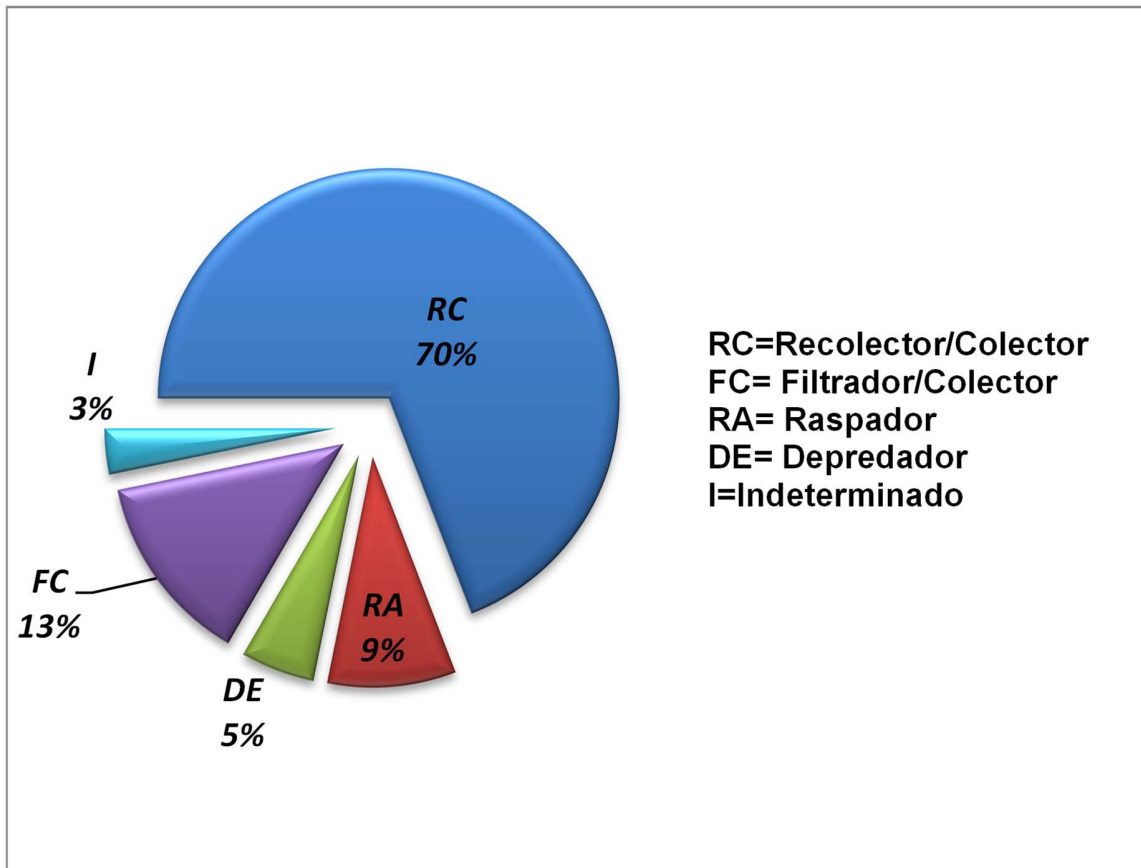


Figura 4.33 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Tlaltizapán--Yautepec.

4.4.2.13 Confluencia río Yautepec y río Dulce

Se encuentra a 921 msnm, ya después de que se une el río Dulce al río Yautepec, para este, se colectaron un total de 4,753 organismos, distribuidos en 5 filos, 7 clases, 16 ordenes, 35 familias y 32 géneros. La mayor abundancia la presenta la familia Hydropsychidae, (figura 4.34), la presencia de otras familias con valores de tolerancia intermedios-bajos son componente principal para que la calidad del agua de acuerdo a Hilsenhoff sea de 4.80, lo que le confiere una calidad "Buena", (Contaminación poco aparente).

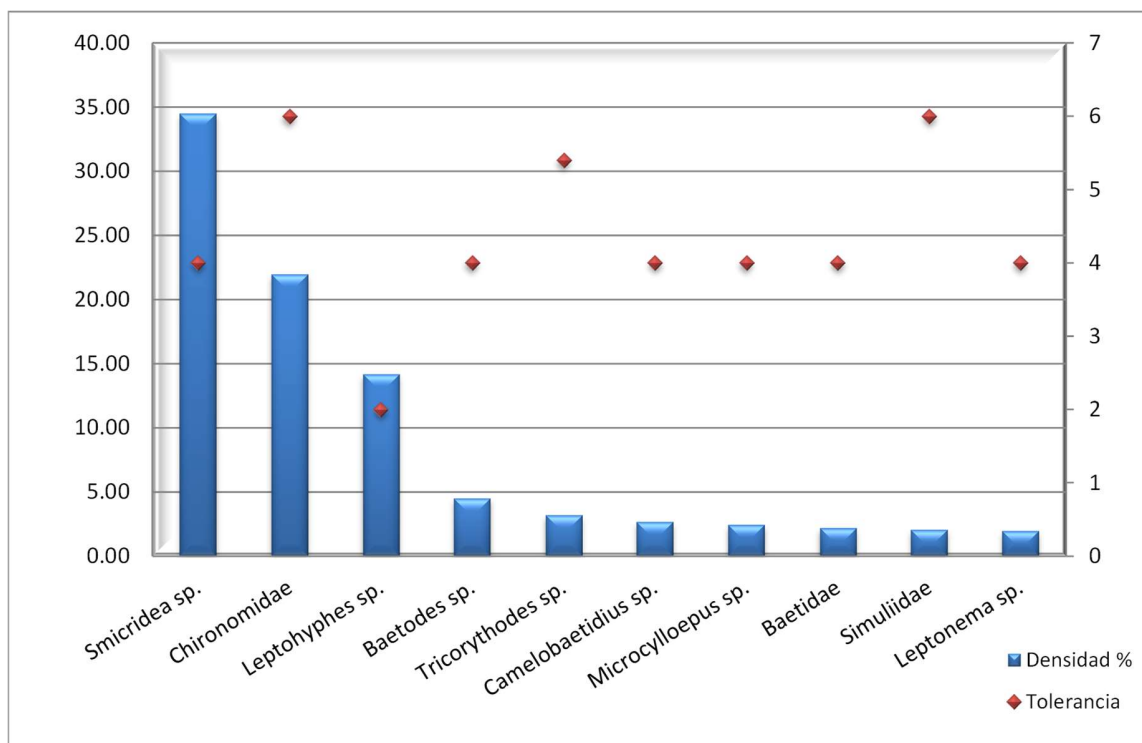


Figura 4.34 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Confluencia río Yautepec y río Dulce.

Este sitio presenta una riqueza de 59, la más alta, valor de diversidad de 2.19, de acuerdo al índice de Brillouin y 2.22 de acuerdo a Shannon, presentando una equitatividad de 0.54, (Tabla 4.17).

Tabla 4.17 Descriptores ecológicos de confluencia río Yautepec y río Dulce.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
59	4753	2.22	2.19	0.54	4.42	Muy buena

En cuanto a la estructura trófica, esta comunidad está representada nuevamente por los llamados recolectores/colectores (53%), los filtradores son los segundos mayor representados (40%), depredadores y raspadores, (3%), (figura 4.35).

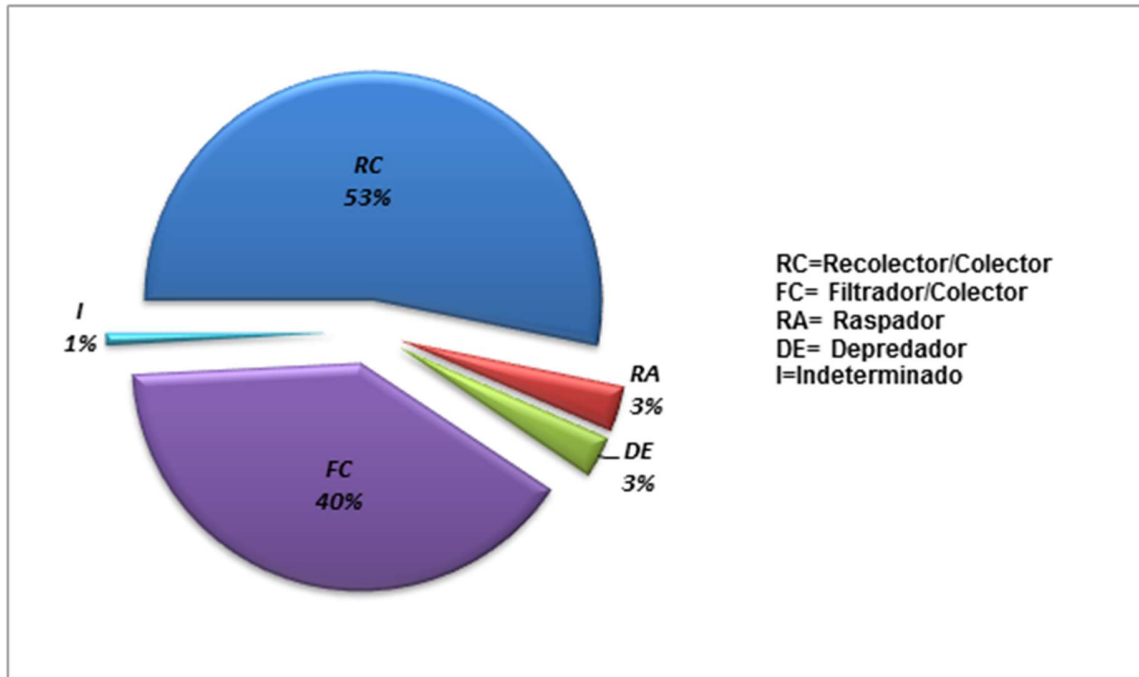


Figura 4.35 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de confluencia río Yautepec-Dulce.

4.4.2.14 Pedro Amaro

Se encuentra a una altitud de 896 msnm siendo el sitio más bajo de la subcuenca, se registró un total de 6,826 organismos, de los cuales se encontraron 5 filos, 8 clases, 16 ordenes, 30 familias y 18 géneros. La familia más abundante fue Chironomidae con quien compartiendo un valor muy similar con la familia de tricópteros, Hydropsychidae, (figura 4.36), siendo así la calidad del agua se determinó como poco aparente, observándose que a pesar de la dominancia de dos familias de insectos, también se encuentran presentes en esta sección del río, diversidad de organismos tanto tolerantes como intolerantes.

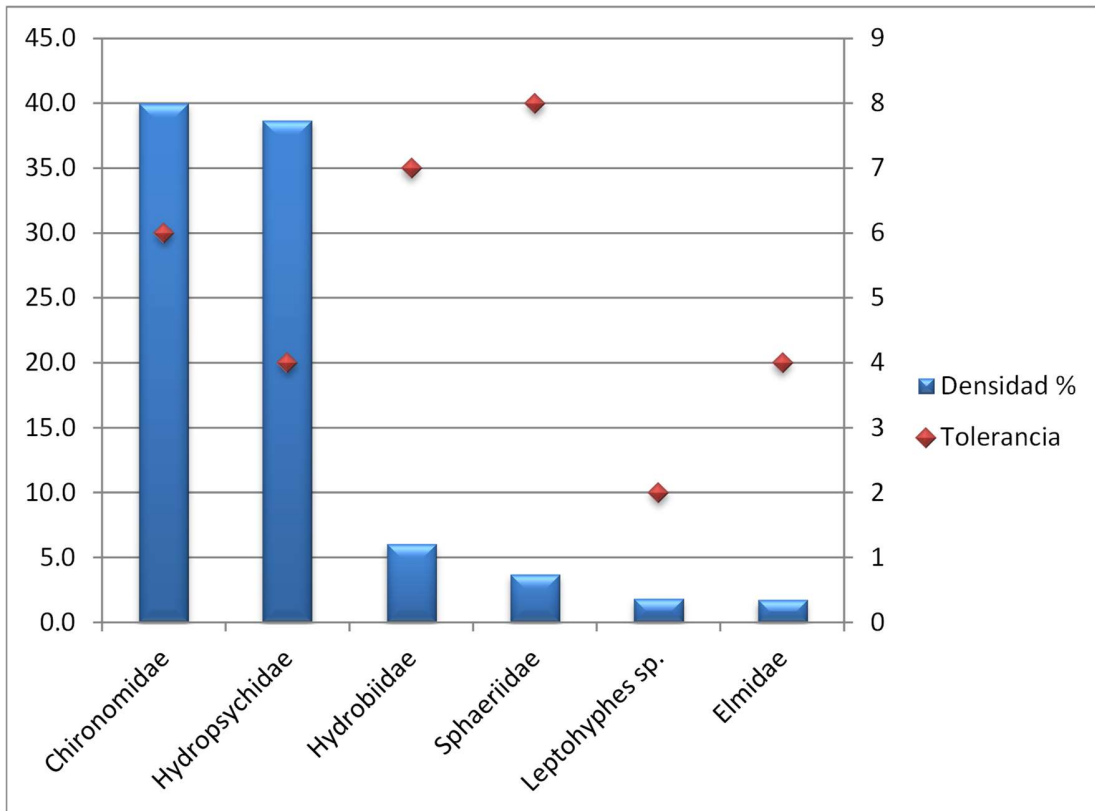


Figura 4.36 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Pedro Amaro.

Este sitio presenta una riqueza de 45, valor de diversidad de 1.60, de acuerdo al índice de Brillouin y 1.61 de acuerdo a Shannon, presentando una equitatividad de 0.42, (Tabla 4.18).

Tabla 4.18 Descriptores ecológicos de Pedro Amaro.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
45	6826	1.61	1.60	0.42	5.18	Buena

En cuanto a la estructura trófica, esta comunidad está representada nuevamente por los llamados recolectores/colectores (48%), los filtradores son los segundos mayor representados (43%), raspadores, (7%) y depredadores solamente el 2%, (figura 4.37).

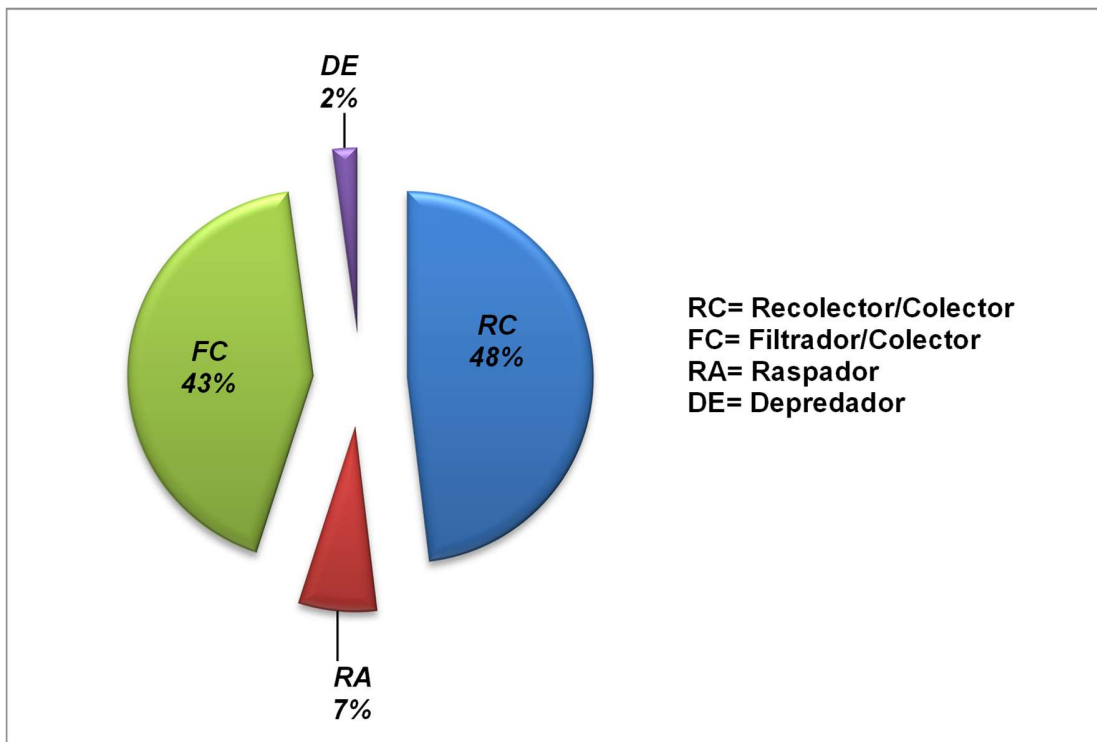


Figura 4.37 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Pedro Amaro.

Es de importancia registrar la presencia de un cangrejo de agua dulce, (*Pseudothelphusidae*), se encontró en poca proporción en el río Dulce, en sitios correspondientes a la parte media-baja de la subcuenca, como son Acamilpa, Tlaltzapán-Dulce y en la confluencia del Yautepec con el río Dulce, estos organismos se distribuyen en México siguiendo un patrón estrictamente neotropical.

También registramos especies de moluscos invasoras, aunque en una cantidad tan baja, que no se reflejan en las gráficas de resultados, específicamente dos familias (*Thiaridae* y *Corbiculiidae*) de moluscos dulceacuícolas, los cuales, actualmente para México se han registrado con especies introducidas e invasoras, (Naranjo y Carrasco, 2014). Para la familia *Thiaridae* se encontró registro en sitios de la parte alta de la subcuenca del río Yautepec, como son Oaxtepec/Confluencia, Oaxtepec-Yautepec y Centro IPN y hacia la parte media en el río Dulce, Tlaltzapán-Dulce, y en el río Yautepec, Tlaltzapán-Yautepec, Confluencia Yautepec-Dulce y Pedro Amaro. En cuanto a la familia *Corbiculiidae*, se encontraron en la parte media-baja, en el río Dulce, el sitio Tlaltzapán-Dulce y en el río Yautepec, en los sitios Confluencia Tlaltzapán-Dulce y Pedro Amaro.

La figura 4.38, muestra los valores de riqueza, índice de Shannon, índice biótico de Hilsenhoff y calidad del agua para cada sitio, ubicándolos en la subcuenca Yautepec.

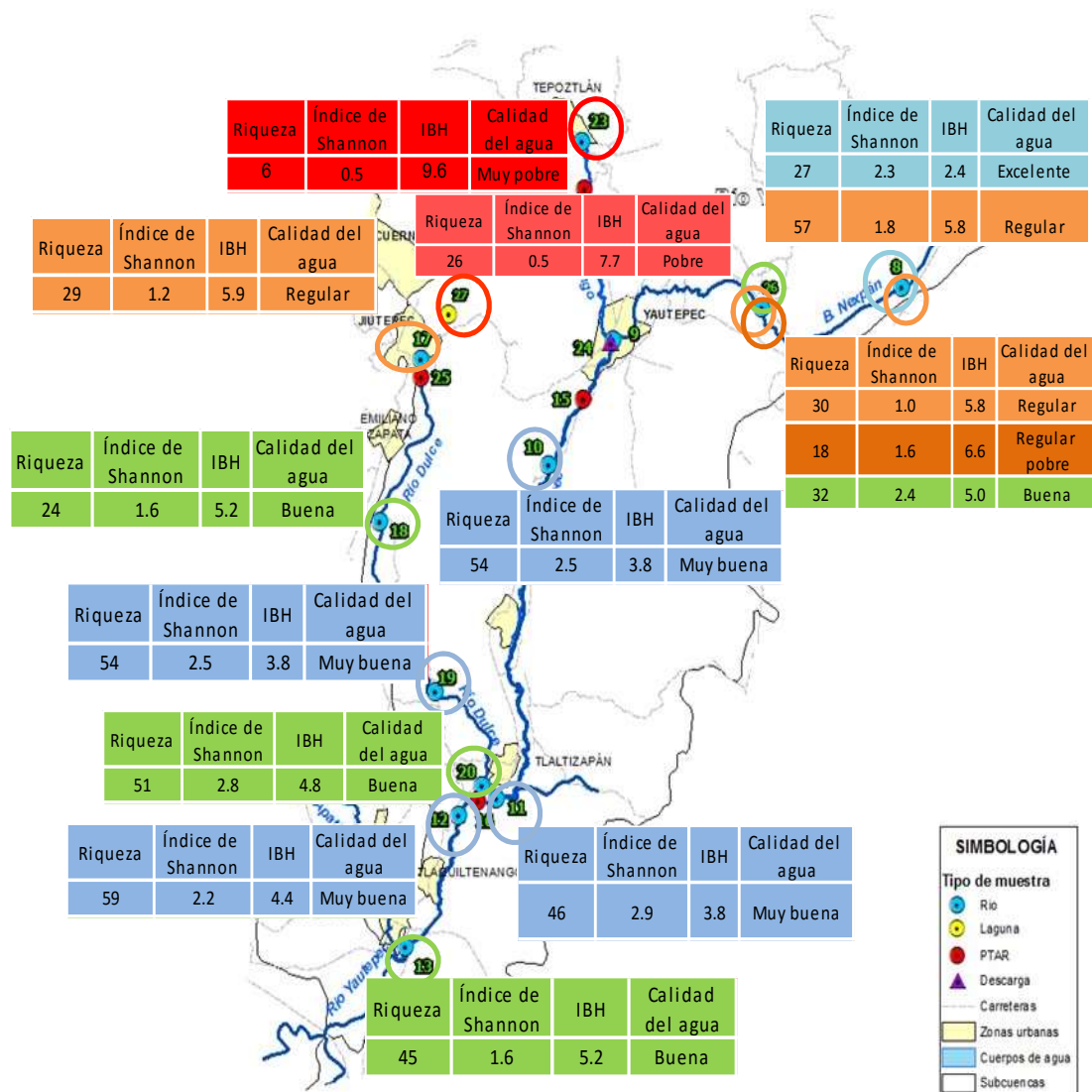


Figura 4.38 Descriptores ecológicos de acuerdo a la ubicación de los sitios seleccionados, en la subcuenca Yautepec.

Valoración de la calidad ambiental visual para la cuenca Yautepec:

Para estos sitios la categoría de la calidad ambiental visual se vio definida por la morfología del cauce, variables que incrementaron los valores para la mayoría de los sitios de la parte baja de la cuenca, a pesar de encontrarnos con sitios alterados. A diferencia de Tepoztlán

y Centro IPN, los cuales nos muestran que tienen serios problemas en su morfología, Tabla 4.19.

Tabla 4.19 Calificación visual por cada sitio, calificación y categoría a la que pertenecen.

Calidad ambiental visual C. Yautepec		
<i>Sitio</i>	<i>Calificación</i>	<i>Categoría</i>
Las Fuentes	166	Subóptimo
Tezoyuca	117	Subóptimo
Acamilpa	127	Subóptimo
Tlaltizapán-Dulce	126	Subóptimo
Tlaltizapán-Yautepec	167	Óptimo
Confluencia	177	Óptimo
Pedro Amaro	149	Subóptimo
Tepoztlán	79	Marginal
Centro IPN	64	Marginal
El Bosque	208	Óptimo
Oaxtepec/Confluencia	136	Subóptimo
Oaxtepec/Yautepec	145	Subóptimo
Arriba confluencia Oaxtepec	173	Óptimo

4.4.3 Análisis por localidad de la subcuenca Cuautla

Para esta subcuenca se habían considerado 8 sitios para el estudio, sin embargo hubo dos sitios que no pudieron ser considerados, Yecapixtla en la parte más alta, debido a que era un lugar inaccesible y Olin-tepec, por ser un sitio que se encuentra muy cerca de una derivadora, motivo por el cual el cauce se encontró sin agua para poder realizar las muestras de macroinvertebrados acuáticos.

En la figura 4.39, se muestran los resultados del índice de diversidad de Shannon, índice biótico de Hilsenhoff y la equitatividad para cada sitio. Se observa claramente la diferencia entre la parte media-alta y la parte baja de la subcuenca. Para la parte media-alta se observan que valores bajos de equitatividad e índice de Shannon, lo cual coincide con valores del índice de Hilsenhoff muy altos, es decir, grado de contaminación que va desde

“Regular” a “Pobre”. En cambio los sitios hacia la parte baja comparten valores del índice de Shannon mayores a 2 con equitatividad mayor a .60, coincidiendo así con valores del índice de Hilsenhoff menores a 5.50, lo que confiere un grado de contaminación que va de “Buena” a “Excelente”.

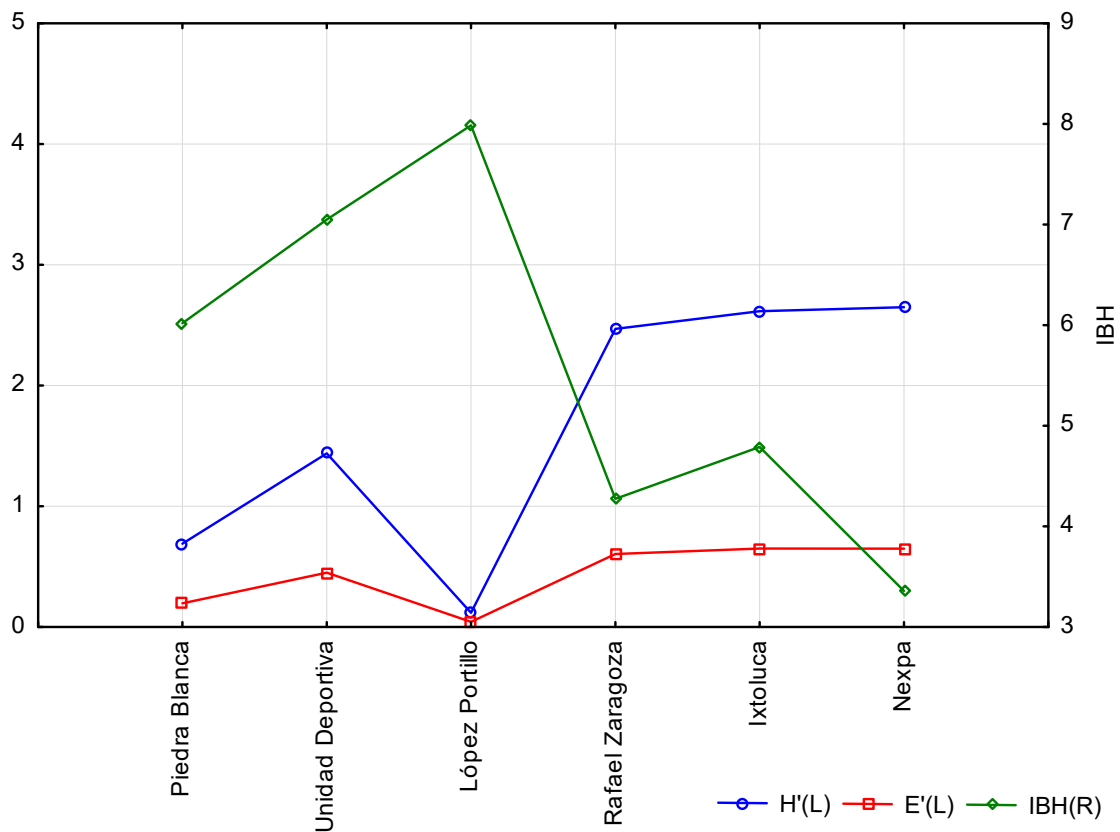


Figura 4.39 Índice biótico de Hilsenhoff (IBH), Índice de Shannon (H') y Equitatividad, para la subcuenca Cuautla.

En cuanto a la riqueza, en la figura 4.40 se observa claramente que la riqueza de especies es mucho más alta en los sitios que corresponden a la parte baja de la subcuenca, siendo los sitios Rafael Zaragoza y Nexpa los que presentan el valor mayor de riqueza de especies.

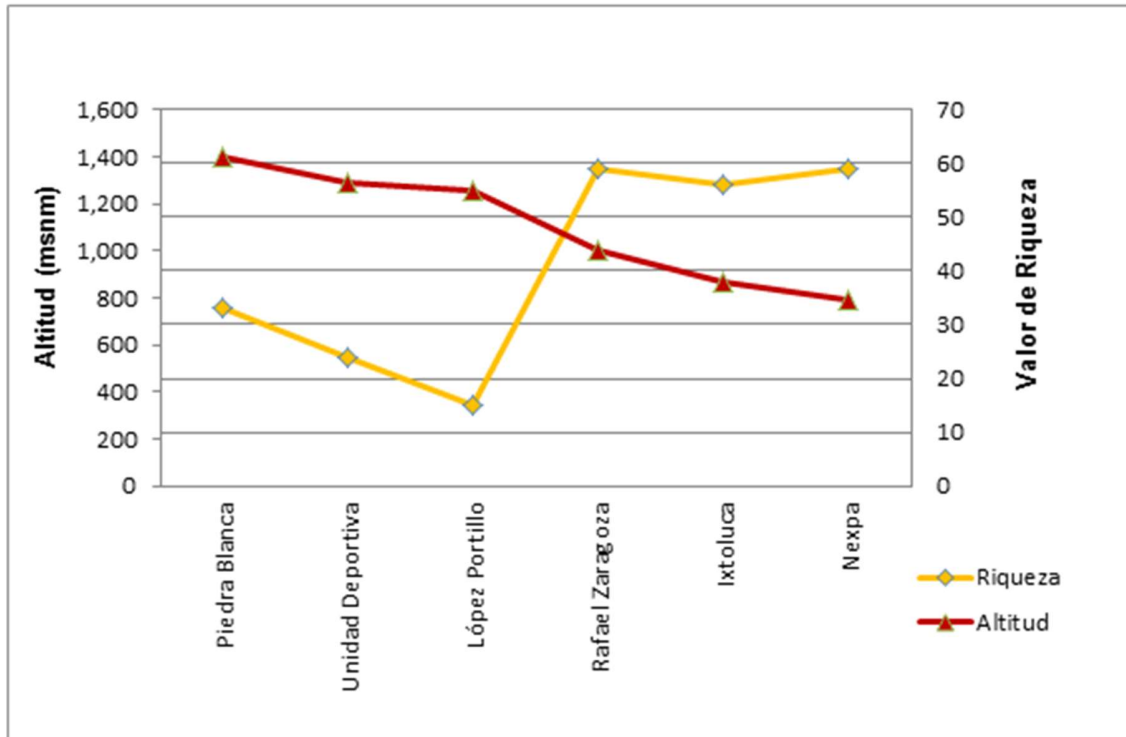


Figura 4.40 Valor de riqueza para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran, en la subcuenca Cuautla.

El índice biótico de Hilsenhoff se comporta de igual manera que la riqueza, en los sitios hacia la parte media-alta, los valores de la calidad del agua son muy elevados, lo cual nos indica que el río presenta contaminación significativa, en cuanto a contaminación por materia orgánica se refiere, en cambio en los sitios de la parte baja, la determinación de la calidad del agua nos habla de que son sitios sin contaminación aparente. Figura 4.41.

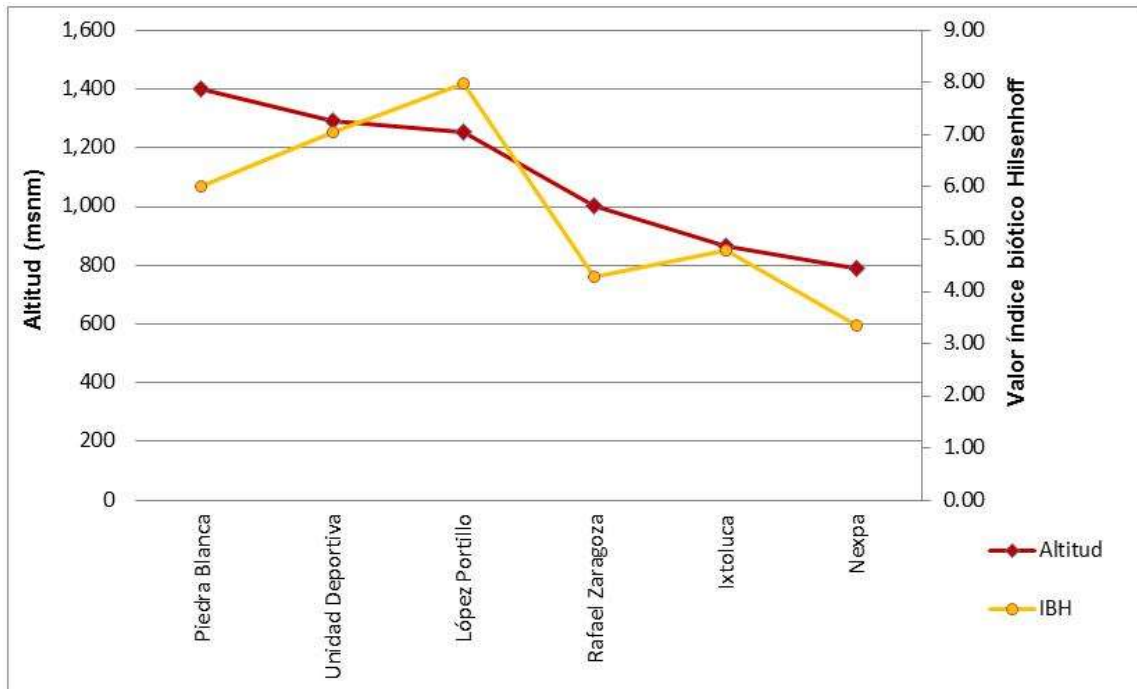


Figura 4.41 Valor de riqueza para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran, en la subcuenca Cuautla.

Para la subcuenca del río Cuautla los valores de EPT son bajos para la mitad de los sitios de la parte media, ya que a pesar de haberse colectado organismos pertenecientes a estos ordenes, son dominantes otros organismos que se clasifican como tolerantes a ambientes degradados. En cambio para los sitios de la parte baja de la cuenca, los valores de EPT son elevados, ya que se encontraron organismos sensibles, principalmente de las familias Hydropsychidae y Leptohyphidae, las cuales se vieron bien representadas. Figura 4.42.

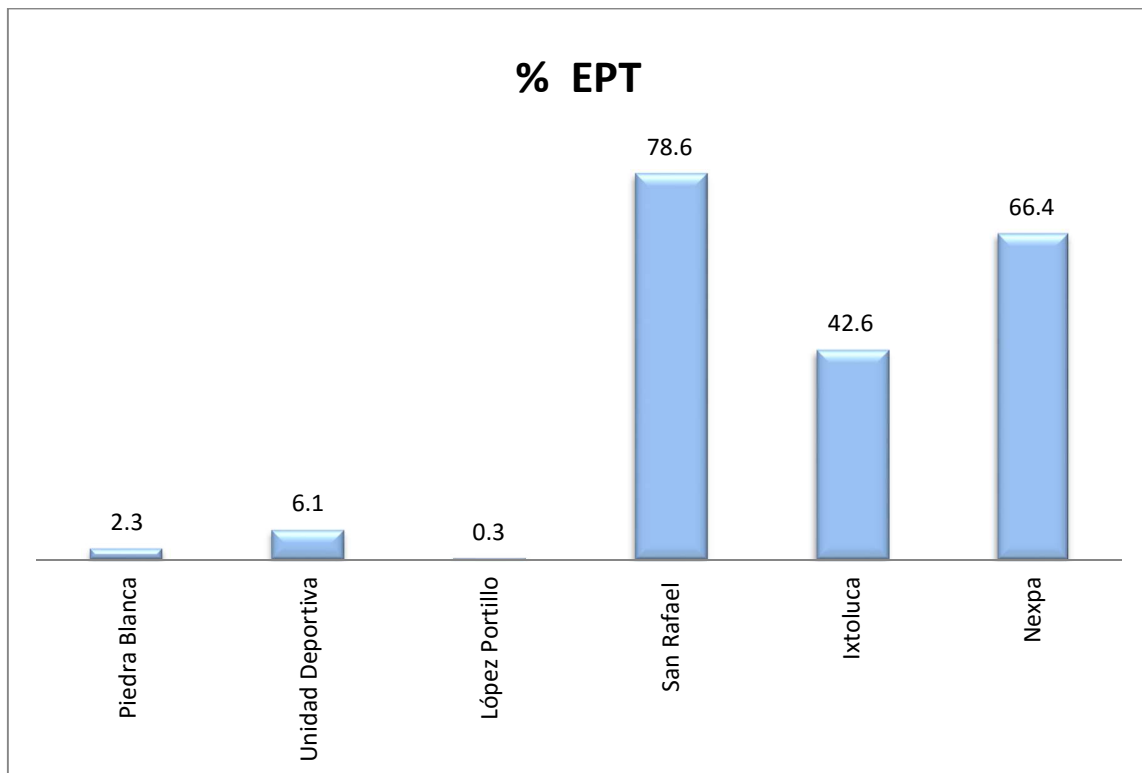


Figura 4.42 Análisis relación Efemeróptera, Plecóptera, Tricóptera por sitio para la subcuenca Cautla.

El análisis de Coeficiente de similitud de Jaccard, (Figura 4.43) nos divide en dos grupos, el primero que muestra una similitud de más del 50% y que incluye aquellos grupos de la parte baja de la cuenca, además de ser esos los que presentan los mejores valores en cuanto a calidad del agua y riqueza de especies. En el segundo grupo, se agrupan los sitios de la parte media-alta y que nos muestran los valores más bajos de calidad del agua y descriptores ecológicos

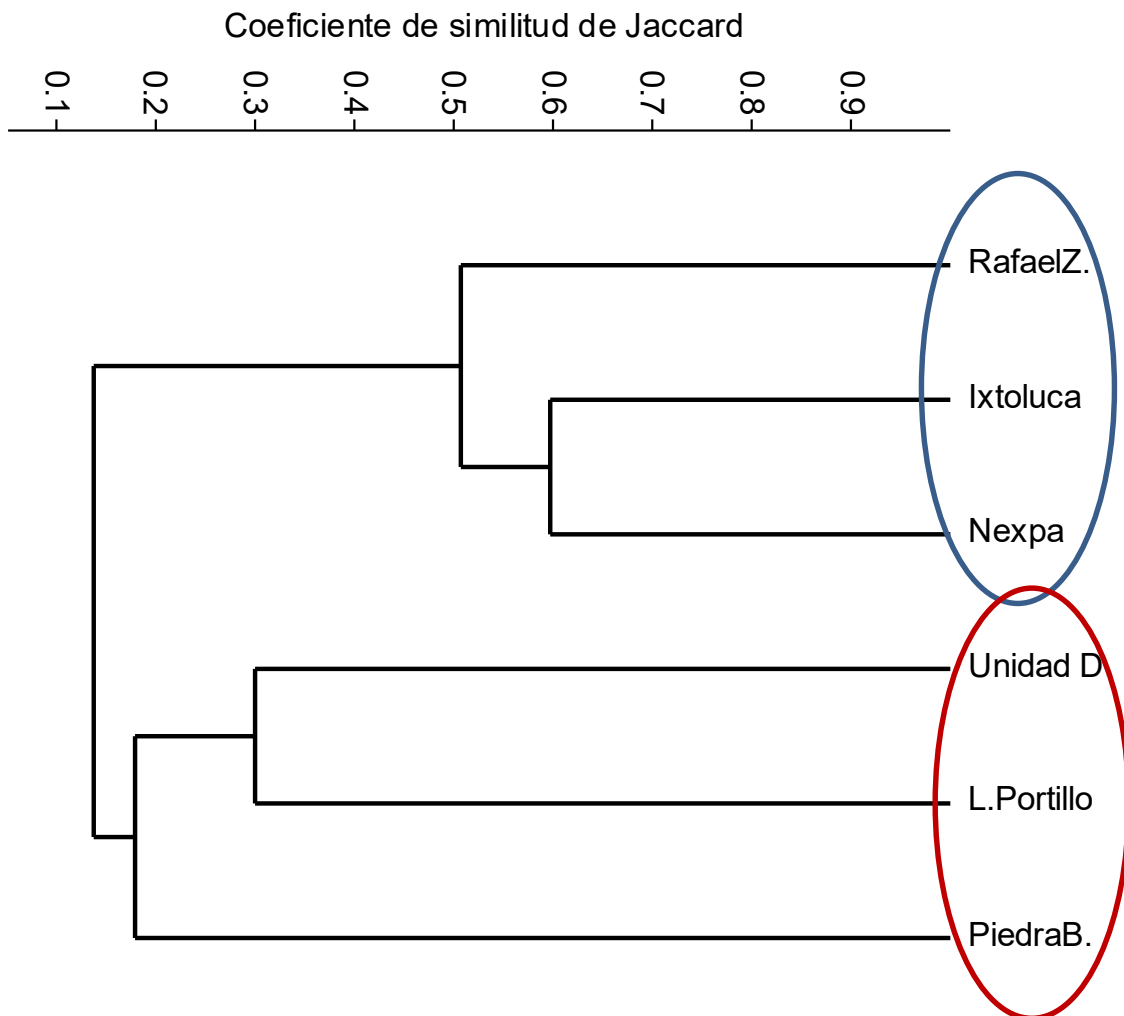


Figura 4.43 Análisis de similitud sitios de muestreo para la subcuenca Cuautla.

4.4.3.1 Piedra Blanca

Se colectó un total de 6,789 organismos distribuidos en 3 filos, 3 clases, 7 ordenes, 21 familias y 13 géneros. La mayor abundancia la presenta la familia Chironomidae, (figura 4.44), cuya presencia es común en los cuerpos acuáticos. La mayor parte de los organismos encontrados presentan valores de tolerancia altos, lo que aumenta el valor de calidad del agua, (6.47), de acuerdo a Hilsenhoff, denominando al sitio con calidad "Regular", (Contaminación poco significativa).

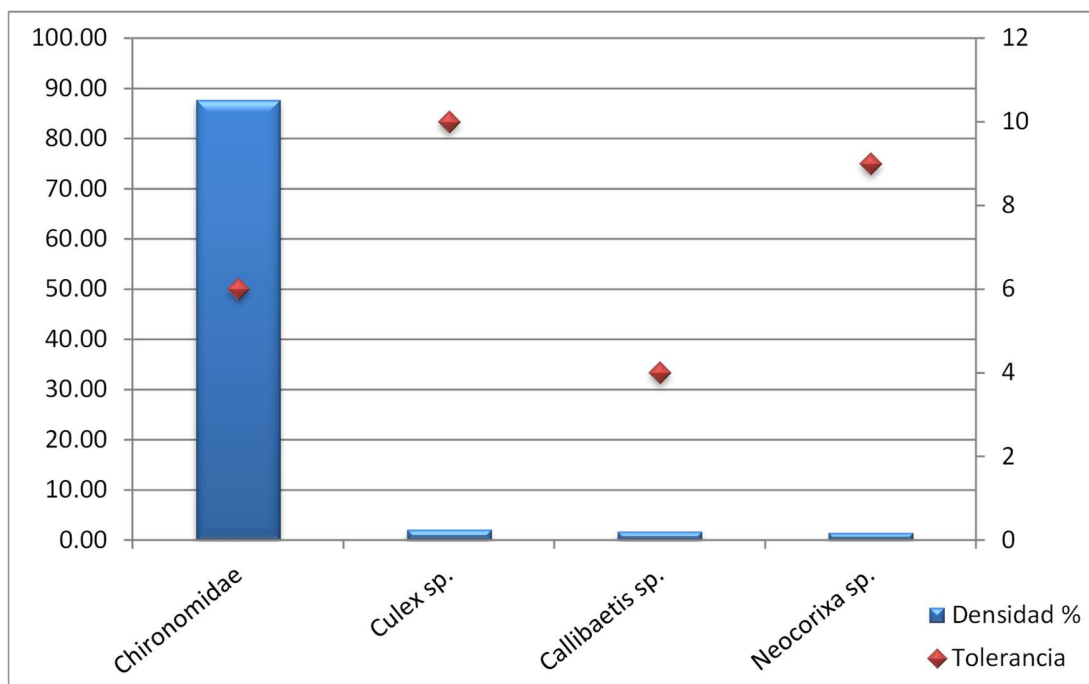


Figura 4.44 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Piedra Blanca.

Este sitio presenta una riqueza de 33, valor de diversidad de 0.68 de acuerdo al índice de Brillouin y 0.69 de acuerdo a Shannon, presentando una equitatividad de 0.19, (Tabla 4.20).

Tabla 4.20 Descriptores ecológicos de Piedra Blanca.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
33	6789	0.69	0.68	0.19	6.02	Regular

La estructura trófica está dominada por el grupo funcional alimenticio, colector/recolector con 90%, lo cual está dado por la elevada densidad de la familia de dípteros, Chironomidae, a los que le siguen los depredadores 6%, y en un porcentaje más bajo filtradores con 3% y raspadores, 1%, (figura 445).

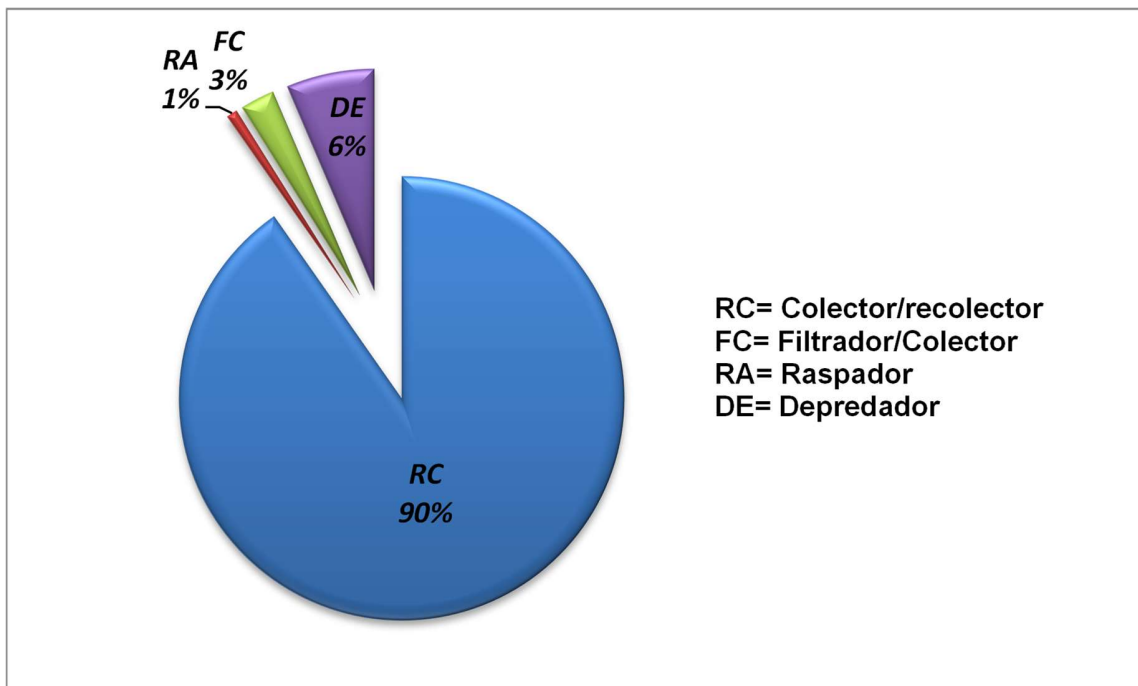


Figura 4.45 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Piedra Blanca.

4.4.3.2 Unidad Deportiva

Este sitio se encuentra a una altitud de 1068 msnm, en el río Cuautla, se encontró una densidad total de 10,525 organismos, de los cuales, domina por su presencia, un anfípodo de la familia Hyalellidae, (figura 4.46), organismos que se distribuyen en una amplia variedad de cuerpos de agua estancada, así como en manantiales y también pueden estar asociados a macrófitas acuáticos, (Pennak y Rosine, 1976). El total de organismos se encuentran distribuidos en 5 filos, 7 clases, 8 ordenes, 16 familias y 6 géneros. Al ser *Hyalella*, la más dominante y a la cual se le clasifica como un organismo tolerante a la contaminación orgánica, así también se encuentran presentes en menor cantidad una familia que forma parte del orden Díptera, (Chironomidae), que de igual manera le confieren valores de tolerancia elevados, lo que resulta en un alto valor de la calidad del agua de 7.05 y con lo cual se determinó como “Regular pobre”, de acuerdo al índice biótico de Hilsenhoff,

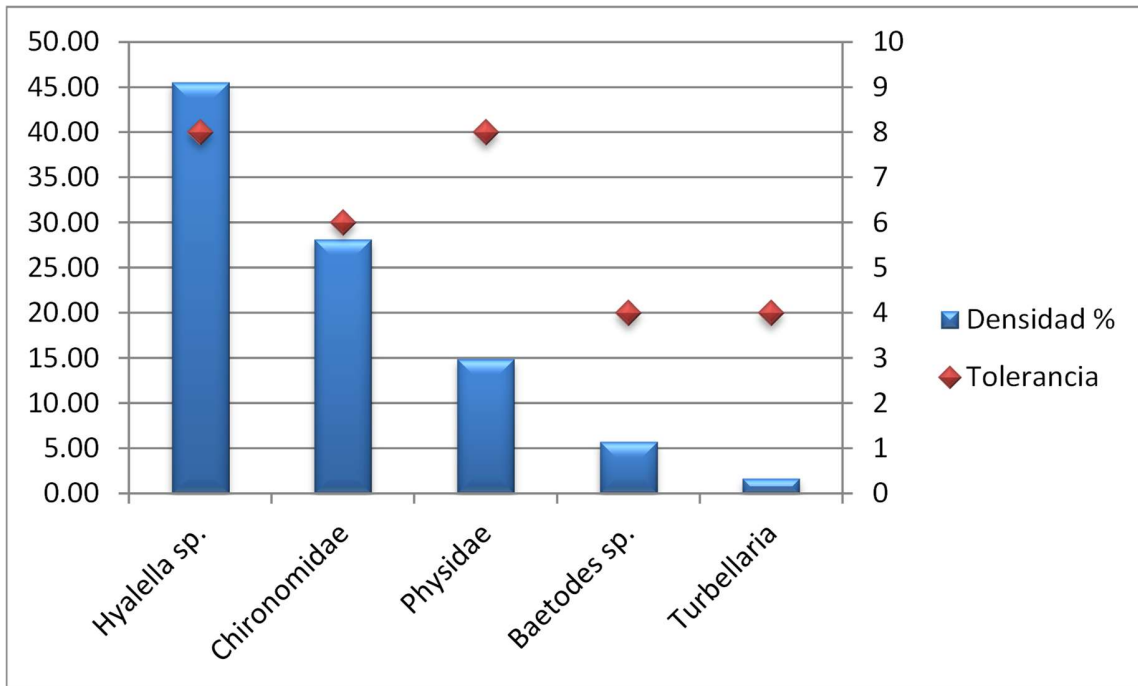


Figura 4.46 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Unidad Deportiva.

Este sitio presenta una riqueza de 24, valor de diversidad de 1.43 de acuerdo al índice de Brillouin y 1.44 de Shannon, presentando una equitatividad de 0.45, (Tabla 4.21).

Tabla 4.21 Descriptores ecológicos de Unidad Deportiva.

<i>Riqueza</i>	<i>Abundancia</i>	<i>Índice de Shannon</i>	<i>Índice de Brillouin</i>	<i>Equitatividad Brillouin</i>	<i>Índice Biótico de Hilsenhoff</i>	<i>Calidad del Agua</i>
24	10525	1.44	1.43	0.45	7.05	Regular pobre

La estructura trófica está dominada por el grupo funcional alimenticio, colector/recolector con 82%, lo cual está dado por la elevada densidad de la familia de anfípodos, Hyalellidae, a los que le siguen los raspadores 15%, y en un porcentaje más bajo los depredadores, 2% y filtradores 1%, (figura 4.47).

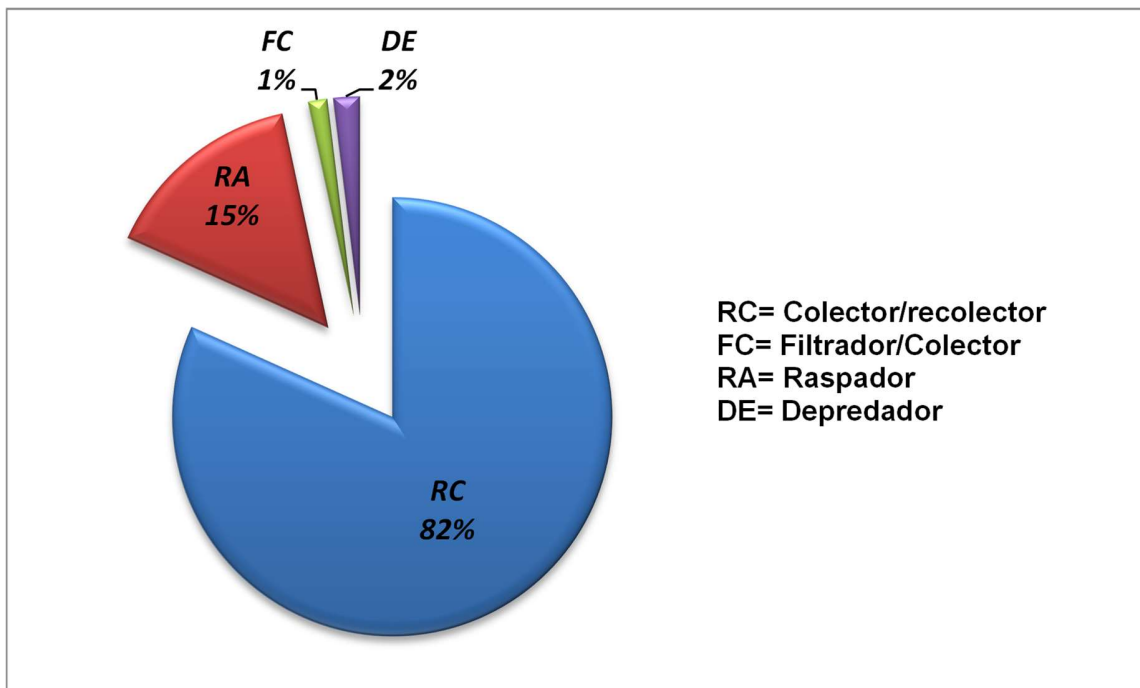


Figura 4.47 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Unidad Deportiva.

4.4.3.3 López Portillo

Este sitio se encuentra muy cerca de la carretera Cuautla-Cd. Ayala a una altitud de 1,253 msnm, es un sitio que se observa alterado a simple vista, además de que se percibe un olor desagradable el agua del río. Los resultados obtenidos en cuanto a macroinvertebrados lo demuestran, ya que a pesar de que se obtuvo un total de 10,874, la completa dominancia la obtuvo la familia Chironomidae, del orden Díptera, la cual presenta una alta tolerancia a la contaminación y le confiere una denominación de la calidad del agua “Pobre” (contaminación muy significativa), de acuerdo a Hilsenhoff. Esta familia (Chironomidae rojos) presenta hemoglobina en su sistema circulatorio, lo que le permite vivir en lugares en donde la concentración de oxígeno es baja, y en donde difícilmente pueden vivir otro tipo de organismos. El total de organismos se encontró distribuido en 3 filos, 4 clases, 7 ordenes, 11 familias y 5 géneros, Figura 4.48.

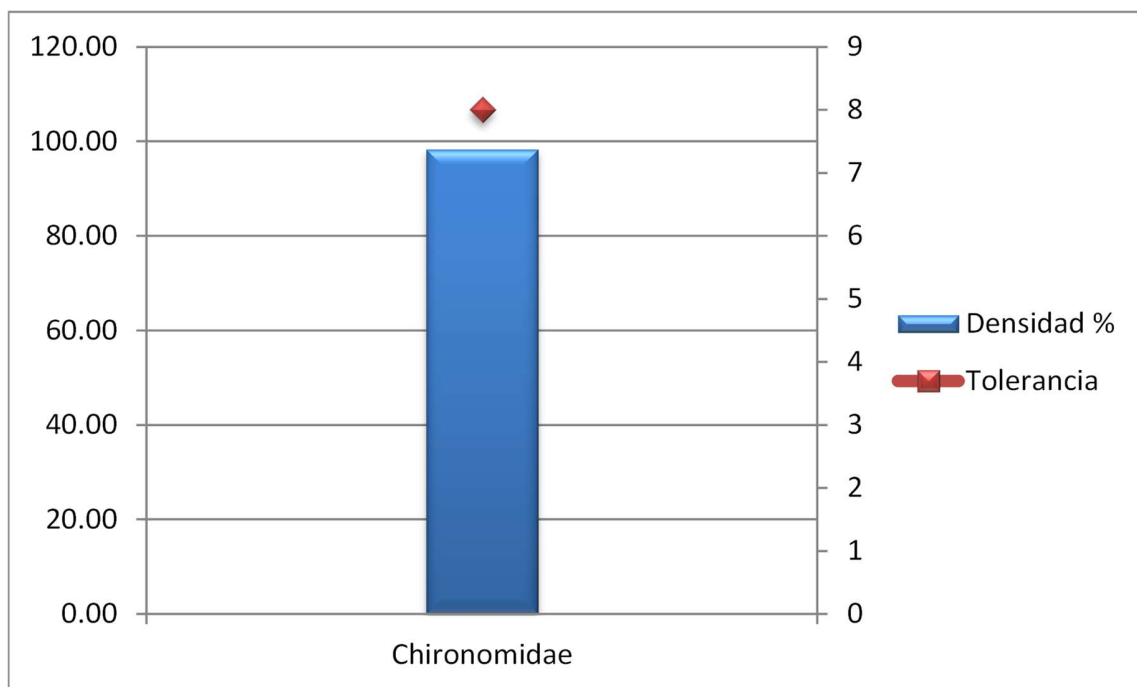


Figura 4.48 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de López Portillo.

Para este sitio la riqueza es de 15 taxa, valor de diversidad de 0.12 de acuerdo al índice de Brillouin y de Shannon, presentando una equitatividad de 0.04, (Tabla 4.22).

Tabla 4.22 Descriptores ecológicos de López Portillo.

<i>Riqueza</i>	<i>Abundancia</i>	<i>Índice de Shannon</i>	<i>Índice de Brillouin</i>	<i>Equitatividad Brillouin</i>	<i>Índice Biótico de Hilsenhoff</i>	<i>Calidad del Agua</i>
15	10874	0.12	0.12	0.04	7.99	Pobre

El análisis de la estructura trófica indica que esta comunidad también se encuentra dominada por los colectores/recolectores, grupo al que pertenece la familia representativa del sitio, (figura 4.49).

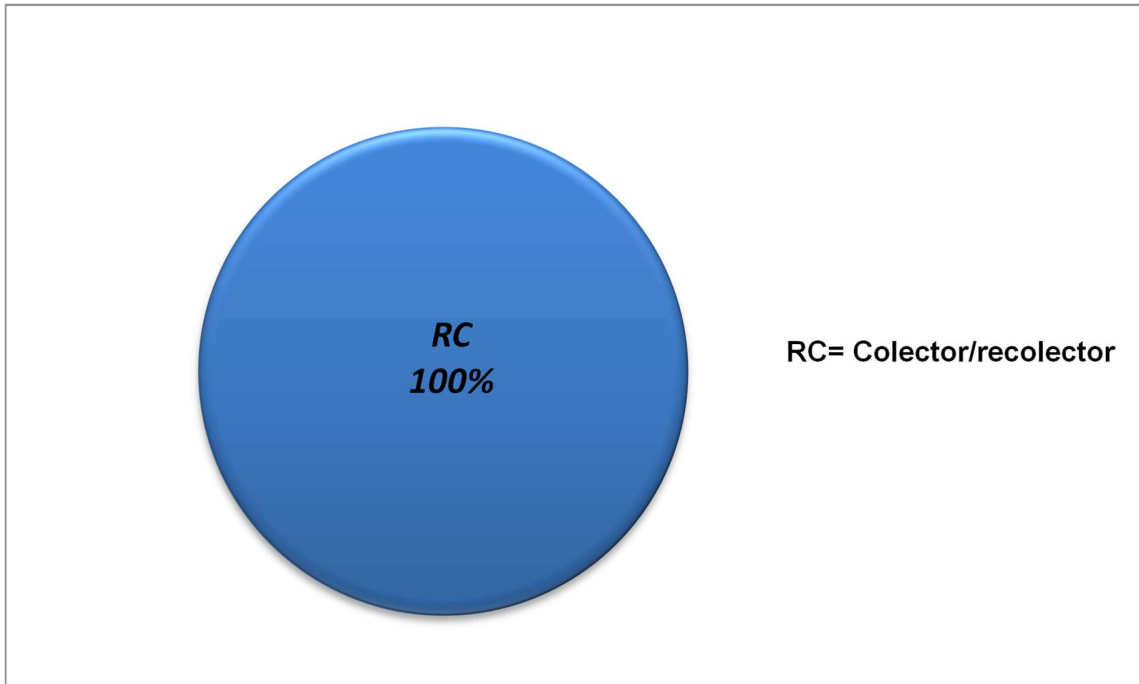


Figura 4.49 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio López Portillo.

4.4.3.4 Rafael Zaragoza

Localidad situada a una altitud de 1001 msnm, en el cual registramos un total de 5,655, formando parte de los sitios con mayor riqueza para el estudio con 59 taxa, los cuales se distribuyeron en 4 filos, 6 clases, 13 ordenes, 33 familias y 33 géneros. La mayor representatividad la obtuvo el orden Tricóptera con la familia Hydropsychidae, figura 4.50; estos organismos filtran la materia orgánica en suspensión y llegan a ser muy abundantes, lo que nos indica que en este sitio existe gran cantidad de partículas finas. La mayor parte de los organismos que se encontraron tienen valores de tolerancia intermedios entre sensibles y tolerantes, por lo que se determinó que la calidad del agua es "Muy buena", que corresponde con contaminación ligera en base al índice de Hilsenhoff.

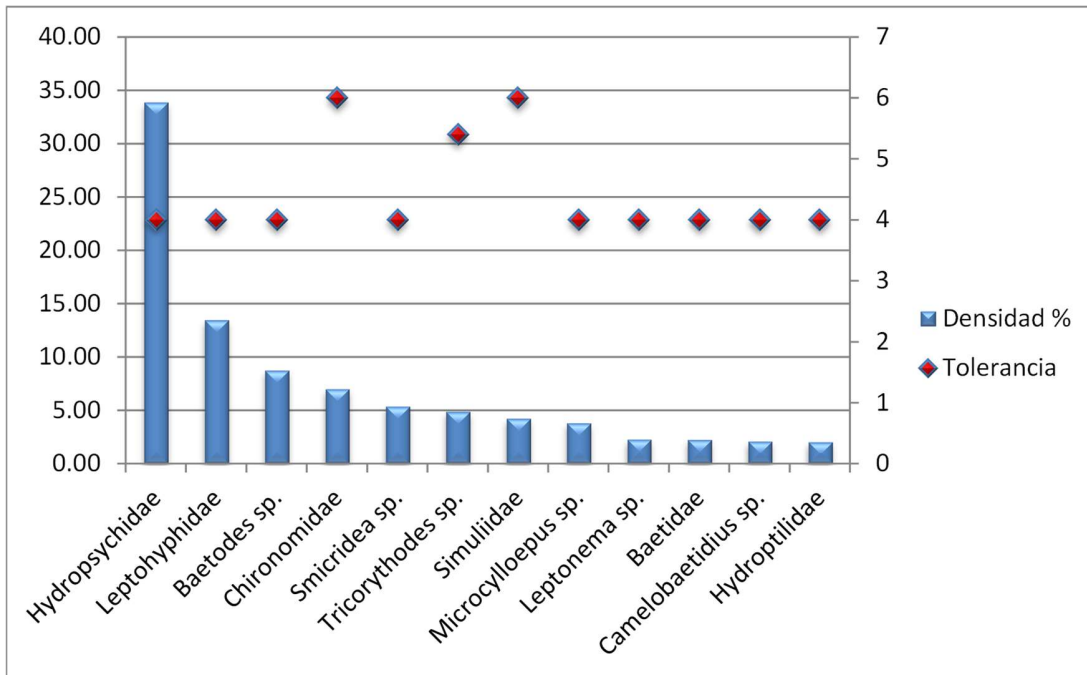


Figura 4.50 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Rafael Zaragoza.

Para este sitio la riqueza es de 59 taxa, valor de diversidad de 2.45 de acuerdo al índice de Brillouin y 2.47 de acuerdo a Shannon, presentando una equitatividad de 0.61, (Tabla 4.23).

Tabla 4.23 Descriptores ecológicos de Rafael Zaragoza.

<i>Riqueza</i>	<i>Abundancia</i>	<i>Índice de Shannon</i>	<i>Índice de Brillouin</i>	<i>Equitatividad Brillouin</i>	<i>Índice Biótico de Hilsenhoff</i>	<i>Calidad del Agua</i>
59	5655	2.47	2.45	0.61	4.27	Muy buena

La estructura trófica se encuentra distribuida en los siguiente gremios alimenticios, distribuidos principalmente entre dos de ellos que son, colector/recolector con 48%, filtradores 46%, el resto se distribuyó entre los depredadores con el 3% y raspadores únicamente con el 1%. Figura 4.51.

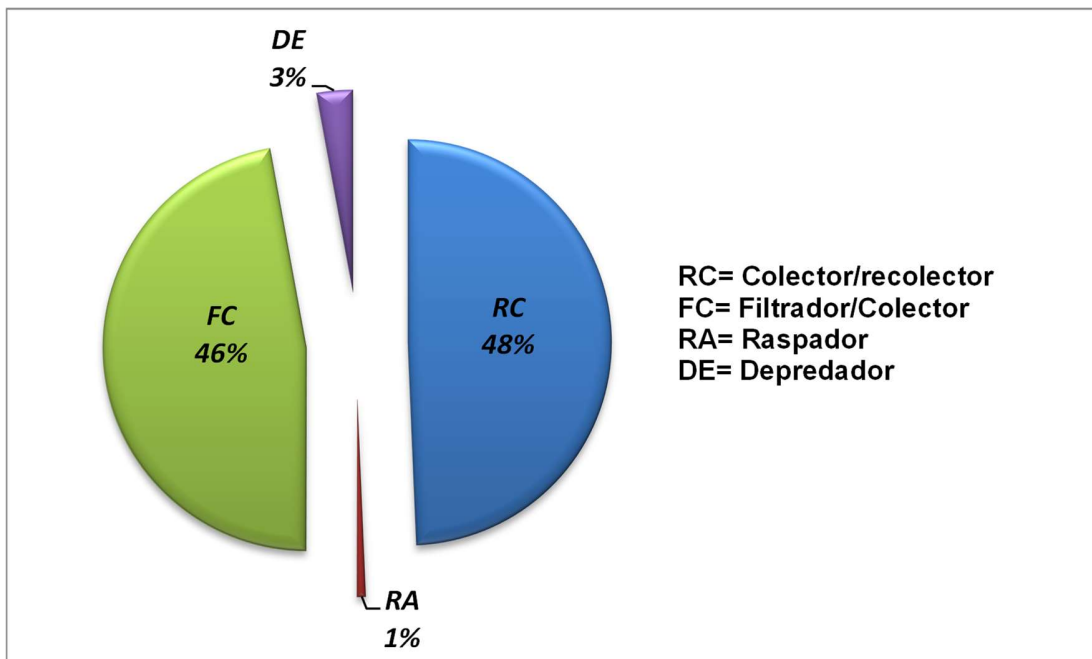


Figura 4.51 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Rafael Zaragoza.

4.4.3.5 Ixtoluca

Se encuentra al sur de la localidad a una altitud de 866 msnm, obtuvo un total de 6,223 representados en 3 filos, 4 clases, 11 ordenes, 35 familias y 31 géneros. Para este sitio la mayor abundancia la tiene un molusco de la familia Thiaridae, la cual posee especies consideradas como invasoras, además de ser organismos muy resistentes a los cambios en las condiciones del hábitat, lo que les permite prosperar sobre otras especies, (figura 4.52) a pesar de ello, se encuentran otras familias de efemerópteros, coleópteros y tricópteros que tienen valores de tolerancia sensibles, lo cual contribuyó a que la calidad del agua resultara “Buena”, es decir, contaminación poco aparente.

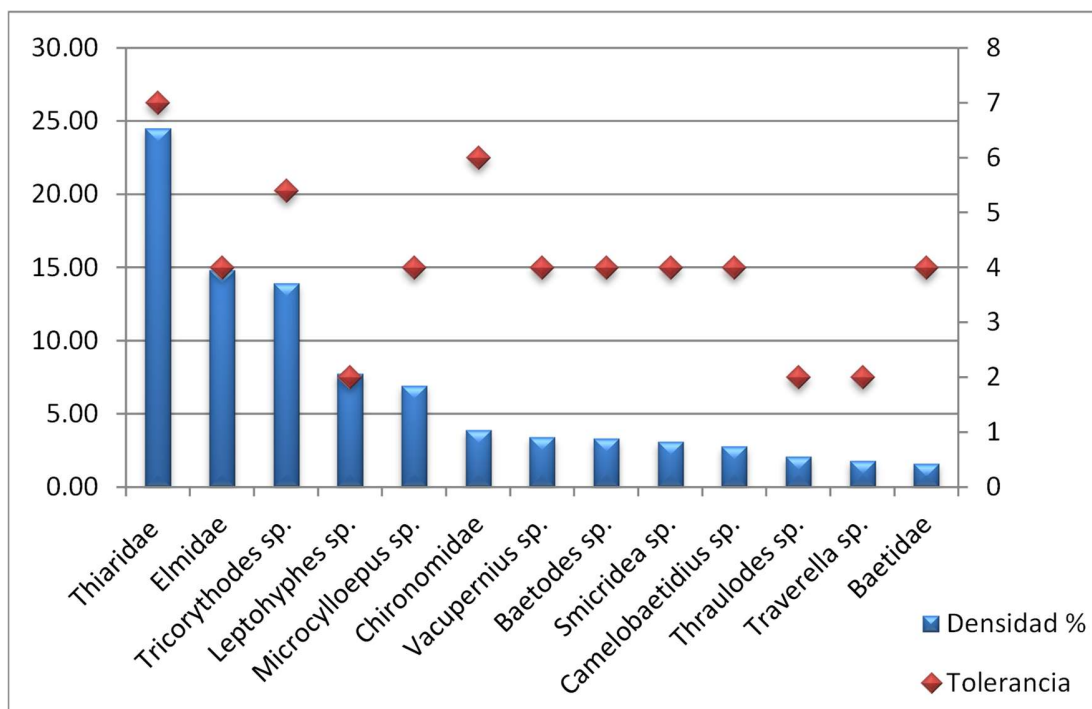


Figura 4.52 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Ixtoluca.

Para este sitio la riqueza es de 59 taxa, valor de diversidad de 2.60 de acuerdo al índice de Brillouin y 2.62 de acuerdo a Shannon, presentando una equitatividad de 0.65, (Tabla 4.24).

Tabla 4.24 Descriptores ecológicos de Ixtoluca.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
56	6223	2.62	2.60	0.65	4.79	Buena

La estructura trófica se encuentra distribuida en los siguiente gremios alimenticios, colector/recolector con 66%, raspadores 26%, filtradores 5%, el resto depredadores con 1% únicamente, Figura 4.53.

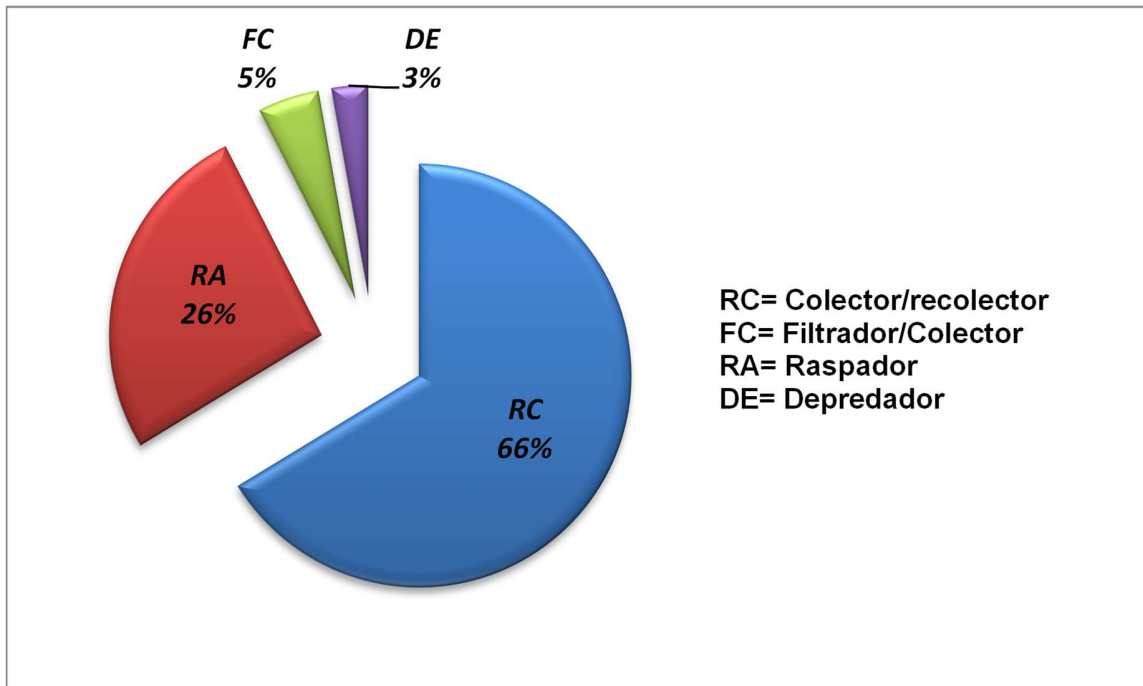


Figura 4.53 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Ixtoluca.

4.4.3.6 Nexpa

Es el sitio más bajo de la subcuenca del río Cuautla a una altitud de 791 msnm y con un total de 8,076 organismos, obtuvo una calidad del agua “Excelente”, la familia más abundante para este sitio fue *Leptohyphidae* con el género *Leptohyphes*, figura 4.54, con lo cual se observa una clara mejoría conforme avanza en el trascurso de su flujo, claramente se nota un aumento de riqueza (59) y de organismos sensibles con requerimientos más estrictos.

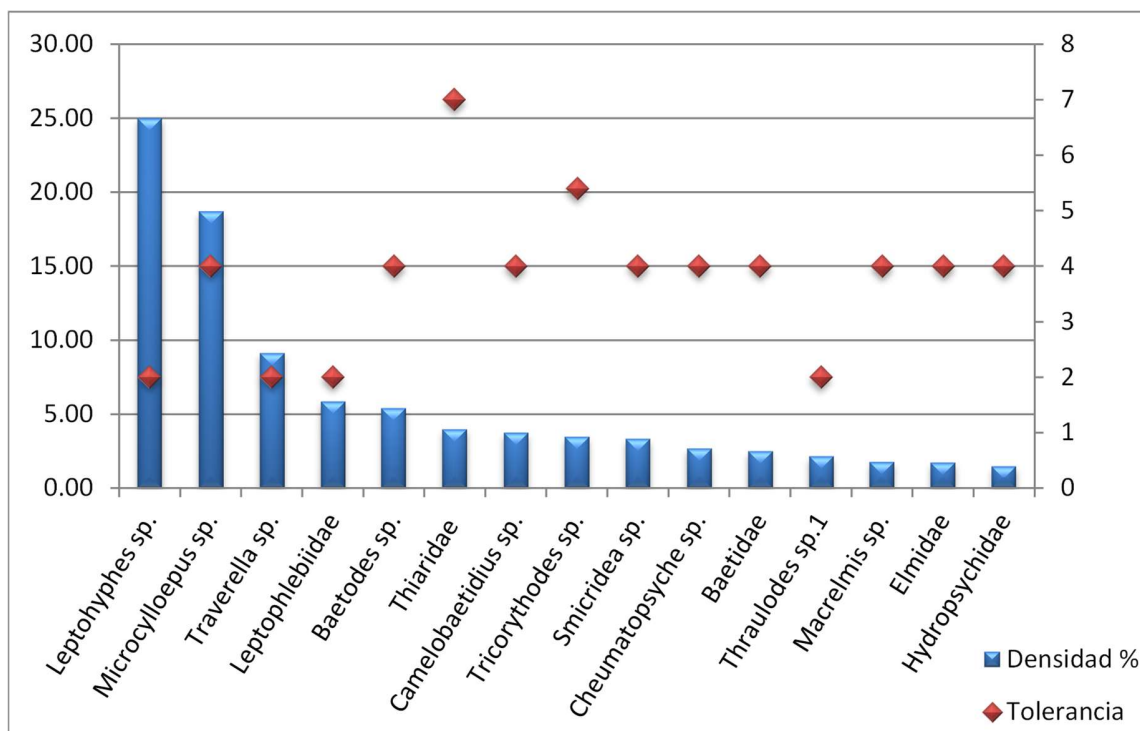


Figura 4.54 Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Nexpa.

Para este sitio la riqueza es de 59 taxa, valor de diversidad de 2.60 de acuerdo al índice de Brillouin y 2.62 de acuerdo a Shannon, presentando una equitatividad de 0.65, (Tabla 4.25).

Tabla 4.25 Descriptores ecológicos de Nexpa.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
59	8076	2.65	2.63	0.65	3.36	Excelente

La estructura trófica se encuentra distribuida en los siguiente gremios alimenticios, colector/recolector con 82%, raspadores 6%, filtradores 9%, el resto depredadores con 3% únicamente, Figura 4.55.

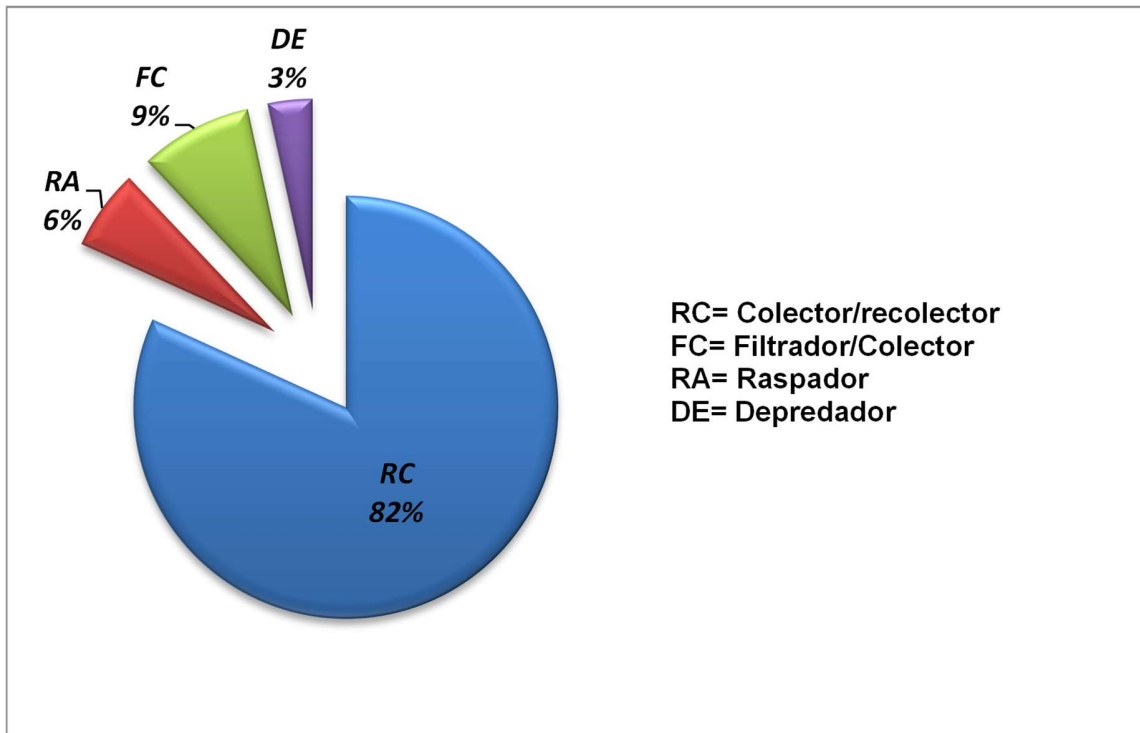


Figura 4.55 Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Nexpa.

Valoración de la calidad ambiental visual para la cuenca Cuautla:

En el Tabla 4.26, se observa que, son los sitios más cercanos a la ciudad de Cuautla, los que adquieren la categoría de marginal, esto debido a que, las variables que menor puntaje obtuvieron fueron aquellas que corresponden a la estructura y estabilidad de las riberas, así como las referentes a la disponibilidad y calidad del sustrato. En cambio en los sitios de la parte baja, a pesar de encontrarse en condiciones de erosión, no llega a tal grado que modifique la morfología propia del cauce, lo que le da un puntaje que lo categoriza como sitios con la calidad ambiental visual subóptima.

Tabla 26. Calificación visual por cada sitio, calificación y categoría a la que pertenecen.

Calidad ambiental visual C. Cuautla		
<i>Sitio</i>	<i>Calificación</i>	<i>Categoría</i>
Piedra Blanca	81	Marginal
Unidad Deportiva	87	Marginal
López Portillo	103	Marginal
Rafael Zaragoza	162	Subóptimo
Ixtoluca	148	Subóptimo
Nexpa	158	Subóptimo

Para la subcuenca del río Cuautla solo se registró en un sitio el cangrejo de agua dulce, (*Pseudohelphusidae*), se encontró en poca proporción, en Rafael Zaragoza, el cual se localiza en la parte media-baja de la subcuenca.

También registramos especies de moluscos invasoras, aunque en una cantidad tan baja, que no se reflejan en las gráficas de resultados, específicamente dos familias (*Thiaridae* y *Corbiculiidae*) de moluscos dulceacuícolas, los cuales, actualmente para México se han registrado con especies introducidas e invasoras, (Naranjo y Carrasco, 2014). Estos organismos se encontraron en sitios de la parte baja de la subcuenca, en Rafael Zaragoza, Ixtoluca y Nexpa.

La figura 4.56 muestra los valores de riqueza, índice de Shannon, índice biótico de Hilsenhoff y calidad del agua para cada sitio, ubicándolos en la subcuenca Cuautla.

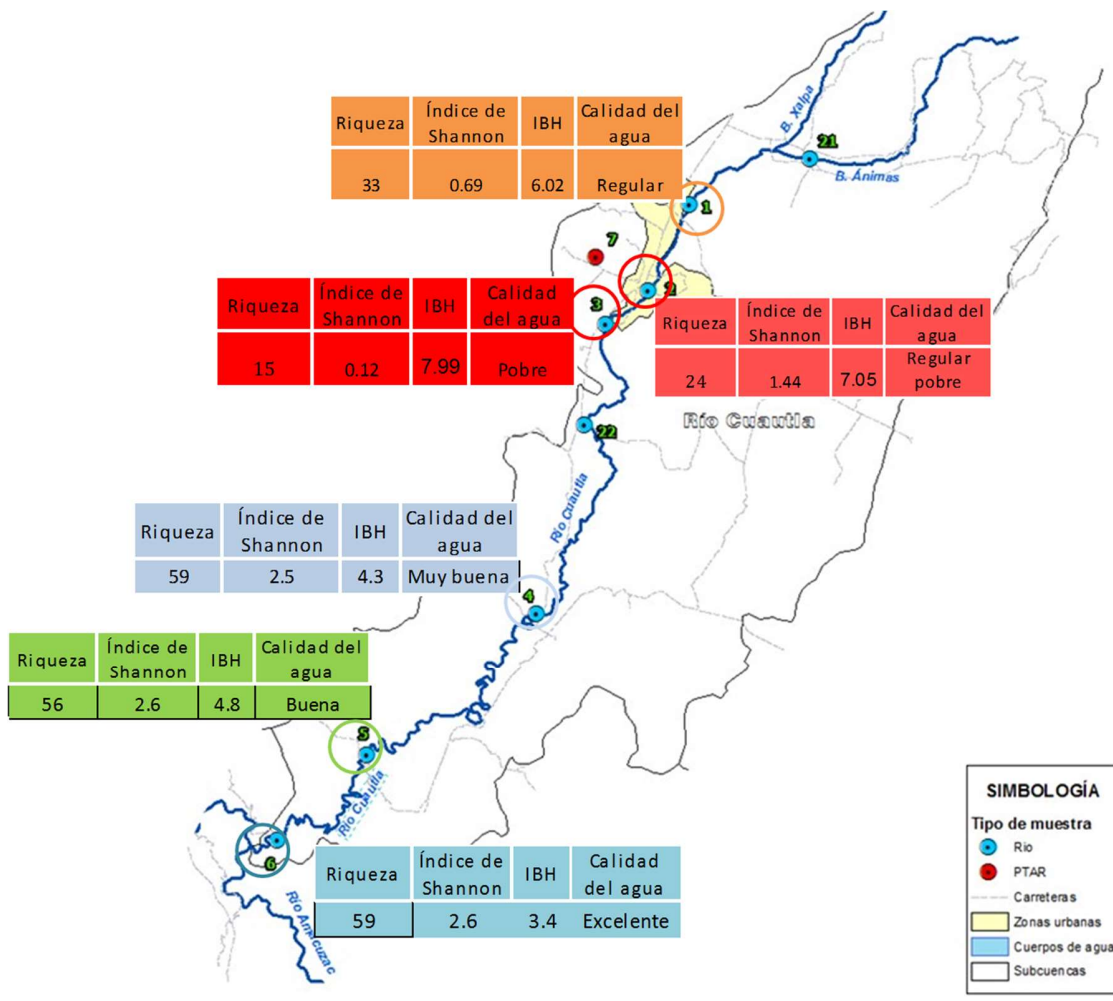


Figura 4.56 Descriptores ecológicos de acuerdo a la ubicación de los sitios, en la subcuenca Cuautla.

4.5 Discusión

Subcuenca Yautepec

Por el lado del río Dulce, observamos que los sitios que se encuentran en la parte alta muestran calidad del agua de Pobre a Regular, ya siguiendo hacia la parte media y baja (entre 921-984msnm) la calidad cambia de manera favorable a Buena-Muy buena, observando una clara recuperación y una contaminación poco aparente, presentaron valores de riqueza y diversidad altos, sin embargo es de notar, que se observan modificaciones visibles en el cauce del río, y la entrada de partículas finas a causa de la erosión de las riberas. La riqueza y valores de diversidad, nos indican que se encuentra en buenas condiciones y la estructura de la comunidad se encuentra conformada por gremios tróficos, característicos del orden de río al que pertenece, aun así no se pueden obviar las claras alteraciones visibles.

En el arroyo Apaquentzalco, a una altitud de 1640 msnm se encuentra el sitio de muestreo, el cual se encuentra cerca del municipio de Tepoztlán, y el cual arrojó resultados de contaminación evidente y los resultados de la estructura de la comunidad también indicaron alteración en este punto al dominar la presencia de organismos considerados muy tolerantes a la contaminación orgánica y que presentan estructuras para tomar oxígeno fuera del agua.

Por el lado del río Yautepec en la parte alta de la subcuenca (entre los 1289-1500 msnm), la calidad del agua se registra como Regular pobre y Regular a excepción del sitio llamado Bosque Manantial, para el cual la calidad es Excelente y Arriba de la confluencia de Oaxtepec el cual tiene calidad Buena. Siguiendo hacia la parte baja (a 1068 msnm), en el río Yautepec, el sitio Centro IPN, presenta calidad del agua Buena.

Finalmente los resultados obtenidos en el río Yautepec en su confluencia con el río Dulce, nos hablan de la capacidad que tiene el río de autodepurarse, además de los aportes de manantiales y tributarios que son esenciales para la recuperación de las condiciones del río Yautepec, para que los valores, de acuerdo a la estructura de la comunidad, nos hablen de una clara mejoría en esta zona del río, al obtenerse resultados con un gran aumento de

riqueza, de organismos sensibles y por lo tanto de la calidad del agua, de acuerdo al índice biótico de Hilsenhoff.

Para la subcuenca del río Cuautla observamos el mismo comportamiento en el cual los sitios en la parte alta se encuentran tanto visiblemente alterados, como con mala calidad del agua, lo cual se va modificando hacia la parte baja en donde los sitios muestran calidad del agua desde Muy buena hasta Excelente.

Para el análisis de EPT, encontramos que, siete localidades, del total de sitios en la subcuenca Yautepec, cuentan con más del 50% de estos tres órdenes, y en la subcuenca del río Cuautla solamente dos sitios; aun así esto nos demuestra que la presencia de estos organismos si es sensible a alteraciones y contaminación en los cuerpos de agua, ya que para este caso, en su mayoría, su baja presencia coincide con aquellos sitios que obtuvieron valores bajos en la calidad del agua, y en la riqueza demostrando su importancia para llegar a un mejor conocimiento y determinación de la calidad de los cuerpos de agua.

4.6 Conclusión

De acuerdo a los resultados, podemos determinar que la calidad del agua mediante el IBH, disminuye su calidad en aquellos sitios cercanos a las poblaciones, a causa de las descargas directas, el sitio que viene de la Barranca de Apaquentzalco, se encuentra en muy malas condiciones, resultando, con calidad de agua, de acuerdo al IBH, con contaminación severa, puesto que los organismos detectados se encuentran adaptados a condiciones en las que la cantidad de oxígeno es pobre y se han clasificado como organismos muy tolerantes a la contaminación orgánica, además los valores del índice de Shannon y riqueza nos indican que ya no existe diversidad en esa parte del río; es decir el sistema se encuentra en un estado de degradación muy severa.

Sin embargo en la parte baja de la cuenca, la calidad del agua muestra una clara mejoría ya que el río Yautepec, recibe los aportes de un afluente importante, el río Dulce, que se encuentran en muy buenas condiciones de calidad y de la estructura de la comunidad, lo cual nos habla de la presencia de resiliencia del río, observando que el sistema de afluentes tributarios, junto con manantiales y agua subterránea, forman parte importante en la sostenibilidad del río Yautepec. De los resultados se pudo determinar que, a pesar de que en partes del río, se encuentran condiciones casi de pérdida total de integridad biológica, hacia la parte baja y gracias al suministro de afluentes importantes se observa una clara recuperación.

En la cuenca Cuautla, es marcado la alteración en la morfología del río, la calidad y disponibilidad de substrato para la macrofauna, las cuales son variables que obviamente se ven influenciadas por la afectación a la vegetación riparia y la estabilidad de las riberas, motivo por el cual los resultados son desfavorables.

Así pues, hemos encontrado en las dos cuencas una clara recuperación de los ríos, existen evidencias claras, de que en estos sitios, deben evitarse a toda costa alteraciones dentro y fuera de los cauces, además atender situaciones como son, la presencia de especies invasoras, (especies de la familia Thiaridae y Corbiculiidae), pues representan un problema tanto en aguas lólicas como lénticas, ya que tiene la capacidad de reproducirse rápidamente, compitiendo por espacio y alimento y desplazando a la biota regional, además, de manera alterna, las especies nativas pueden sufrir la falta de recursos debido

a su empobrecimiento y de esta manera no encontrarlos de manera disponible suficiente; esto se reduce a una de las principales causas de pérdida de diversidad, además de que su amplia distribución provocaría situaciones adversas para la conservación de los ecosistemas.

4.7 Literatura Citada

- Allan, J. D. y Castillo, M. M. 1995. Stream Ecology: Structure and function of Running Waters. Second Edition. Springer. 429 pp.
- Adams, J. y M. Vaughan. 2004. Stream Bugs as Biomonitors: Guide to Pacific Northwest Macroinvertebrate Monitoring and Identification. The Xerces Society's. CD-ROM.
- Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía. 2: 203-213.
- Alonso-EguíaLis, P. y P. Moreno-Casasola. 2007. Aspectos ecológicos de importancia en la determinación del caudal ambiental 33-58. En Alonso-EguíaLis, P; M.A. Gómez y P. Saldaña (eds). Requerimientos para implementar el Caudal Ambiental en México. IMTA.
- Alonso-EguíaLis, P. 2004. Ecología de las asociaciones de Odonata en el área de influencia de las microcuencas afectadas por la presa Zimapán, Querétaro e Hidalgo. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Querétaro. México 218 pp
- Baker, R. L. y B.W. Feltmate (1989). Depth selection by larval *Ischnura verticalis* (Odonata:Coenagrionidae) effects of temperature and food. Freshw. Biol. 22: 169-175
- Barbour, M. T.; J. Gerritsen; B. D. Zinder and J. B. Stribling. 1999. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*. Second Edition. EPA 841 – B41-99-002. U. S. Environmental Protection Agency. Office of Water. Washington, D.C.
- Bueno S. J. 2010. Guía de identificación ilustrada de los géneros de larvas de insectos del orden Trichoptera de México. Inst. de Biol. UNAM. México,
- Covich, A.P., and McDowell, W.H. 1996. The stream community. In The food web of a tropical rain forest. Edited by D.P. Reagan and R.B. Waide. University of Chicago Press, Chicago, Illinois. pp. 433–460.

- Cummins, K.W. 1962. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with a special emphasis on lotic waters. *Amer. Midl. Nat.*, 67: 477-504.
- Cummins KW. 1996. Invertebrates. In *River Biota. Diversity and Dynamics*, Petts G, Calow P (eds). Blackwell Science: Oxford; 75–91.
- Gore, J. A., and A. M. Milner. 1990. Island biogeographical theory: can it be used to predict lotic recovery rates? *Environmental Management* 14:737-753.
- Gore J. A., 1977 Reservoir manipulations and benthic macroinvertebrates in a prairie river. *Hydrobiologia* 55:113-123
- Gore J. A., 1978 A Technique for predicting the in-stream flow requirements of benthic macroinvertebrates. *Freshwater Biology* 8:141-151
- Gooderham, J., y Tsyrlin, E. 2002. A guide to the freshwater macro-invertebrates of temperate Australia. CSIRO Publishing, 232 págs.
- Hilsenhoff W. L. 1988. Rapid Field Assessment of organic pollution with a family level biotic index. *Benthol Soc.* 7(1): 65-68.
- Jenkins, R. A., K. R. Wade y E.Pugh. 1984. Macroinvertebrate habitat relationships in the River Teifi catchment and the significance to conservation. *Freshwater Biology* 14:23-42
- Kovach Computing Services. 1998. *Multivariate Statistical Package (MVSP) v. 3.01*.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological methodology*. Harper Collins Pub. USA.
- McCafferty, W. 1981. *Aquatic entomology*. Boston: Science Books International. 448 P.
- Mandaville, S.M. 2002. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax (Project H-I). Disponible en: <http://chebucto.ca/Sciences/SWCS/SWCS.html>.

- Merritt R.W. y K.W. Cummins y M. B. Berg. 2008. Introduction to aquatic insect of North America . Fourth edition. Michigan University. USA.
- Pearson DC. 2000. Special issue: Developing multiple-species conservation reserves and habitat conservation plans—Preface. *Environmental Management* 26(Suppl. 1): S1.
- Pennak, R. W., y Willard, R. N. 1976. Distribution and Ecology of Amphipoda Crustacea) in Colorado. *American Midland Naturalist*, Vol. 96, No. 2. University of Notre Dame. pp. 324-331.
- Posada, J. A., Roldán, G. y Ramírez J. 2000. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Revista de Biología Tropical*. 48 (1).
- Redak RA. 2000. Arthropods and multispecies habitat conservation plans: Are we missing something? *Environmental Management* 26(Suppl. 1): S97–S107
- Springer, M. R, Alonso, P. Hanson. 2010. Macroinvertebrados de Agua Dulce de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 58 (4).
- Thomson G. 2004. An identification manual for the freshwater snail of Florida; Florida Museum of Natural History, de Gainesville.
- Villalobos, J. L. y Álvarez, F. 2008. Los cangrejos de agua dulce de la familia Pseudothelphusidae (Decápoda: Brachyura: Eubrachyura) de México, con un apéndice de las especies citadas para América hasta 2006, págs. 239-299. En Álvarez, F. y Rodríguez, G. A. (eds), *Crustáceos de México: Estado actual de su conocimiento*. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Universidad Autónoma de Nuevo León. 522pp.
- Voshell, Jr, J. R. 2002. A guide to common freshwater invertebrates of North America. McDonald and Woodward Publishing Co., Blacksburg, Virginia. 442 pp.

Zúñiga, M. del C., C. Molineri, & E. Domínguez. 2004. El orden Ephemeroptera en Colombia. En: M.G. Andrade, G. Amad & F. Fernández (eds.) Insectos de Colombia 3: 17-42. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Bogotá D.C., Colombia.

Capítulo 5

Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua para las cuencas del río Yautepec y Cuautla

Índice General

Capítulo 5 Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua para las cuencas del río Yautepec y Cuautla	i
5.1 Introducción.....	1
5.2 Objetivo	1
5.3 Área de estudio.....	1
5.3.1 Estaciones Hidrométricas.....	5
5.3.1.1 Descripción de estaciones de la Subcuenca del Río Yautepec.	7
5.3.1.2 Descripción de estaciones de la Subcuenca del Río Cuautla.....	9
5.4 Metodología	13
5.5 Resultados	16
5.5.1 Análisis del Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica 18199 (Oaxtepec) 16	
5.5.1.1 Caudales ecológicos estación hidrométrica 18199, Oaxtepec (pre-impacto y post-impacto) subcuenca río Yautepec.....	20
5.5.2 Análisis del Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica 18223 (Ticumán). 23	
5.5.2.1 Caudales ecológicos estación hidrométrica 18223, Ticumán (pre-impacto y post-impacto) subcuenca río Yautepec	26
5.5.3 Análisis del Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica 18406 (Las Estacas)	29
5.5.3.1 Caudales ecológicos estación hidrométrica 18406, Las Estacas (pre-impacto y post-impacto) subcuenca río Yautepec	33
5.5.4 Análisis del Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica 18177 (El Almeal) 36	
5.5.4.1 Caudales ecológicos estación hidrométrica 18177, El Almeal (pre-impacto y post-impacto) subcuenca río Cuautla	40
5.5.4.2 Variación promedio mensual porcentual de la precipitación entre los periodos de pre y post-impacto en la subcuenca del río Yautepec y Cuautla.	43
5.5.4.3 Variación de la vegetación y uso del suelo en las subcuencas del río Yautepec y Cuautla con respecto a la variación promedio porcentual de la PP entre los periodos de pre-impacto y post-impacto.	57
5.6 Conclusiones	71
5.7 Literatura Citada	73

Índice de tablas

Tabla 5.1 Distribución de la población en los Municipios de la Cuenca del Río Yautepec.	2
Tabla 5.2 Ubicación de las estaciones hidrométricas de las subcuencas del río Yautepec y Cuautla (Morelos).	5
Tabla 5.3 Parámetros hidrológicos del caudal ecológico obtenidos de la aplicación del software IHA a los datos hidrométricos de la estación 18199 (Oaxtepec) de la parte alta de la Subcuenca del Río Yautepec.	17
Tabla 5.4 Parámetros hidrológicos de caudal ecológico obtenidos de la aplicación del software IHA a los datos hidrométricos de la estación 18223 (Ticumán) de la parte media de la Subcuenca del Río Yautepec.	24
Tabla 5.5 Parámetros hidrológicos de caudal ecológico obtenidos de la aplicación del software IHA a los datos hidrométricos de la estación 18406 (Las Estacas) de la parte baja de la Subcuenca del Río Yautepec.	30
Tabla 5.6 Parámetros hidrológicos de caudal ecológico obtenidos de la aplicación del software IHA a los datos hidrométricos de la estación 18177 (El Almeal) de la parte media de la Subcuenca del Río Yautepec.	37
Tabla 5.7 Variación promedio mensual porcentual de la precipitación entre los periodos de pre-impacto y post-impacto en las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Yautepec.	43
Tabla 5.8 Variación porcentual promedio mensual de la precipitación entre los periodos de pre-impacto y post-impacto en las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Cuautla.	44

Índice de figuras

Figura 5.1 Distribución de la población urbana en la cuenca del río Yautepec.	2
Figura 5.2 Distribución de la población rural en la cuenca del río Yautepec.	3
Figura 5.3 Ubicación de las Cuencas del Río Yautepec y Cuautla en el Estado de Morelos.	4
Figura 5.4 Ubicación de las estaciones meteorológicas del río Yautepec y Cuautla.	6
Figura 5.5 Caudales medios mensuales en los periodos de pre-impacto 1949-1979 y post-impacto 1980-2011 en la estación 18199 (Oaxtepec).	21
Figura 5.6 Comportamiento de los componentes de caudal ecológico entre los periodos de pre-impacto (1949-1979) y post-impacto (1980-2011) en la estación 18199 (Oaxtepec).	21

Figura 5.7 Factores con las mayores alteraciones hidrológicas en el Río Yautepec para los periodos de pre-impacto (1949-1979) y post-impacto (1980-2011) en la estación 18199 (Oaxtepec).....	22
Figura 5.8 Valores de Alteración Hidrológica para los componentes del caudal ecológico en el Río Yautepec para los periodos de pre-impacto (1949-1979) y post-impacto (1980-2011) en la estación 18199 (Oaxtepec).	22
Figura 5.9 Caudales medios mensuales en los periodos de pre-impacto 1951-1980 y post-impacto 1981-2011 en la estación 18223 (Ticumán).....	27
Figura 5.10 Comportamiento de los componentes de caudal ecológico entre los periodos de pre-impacto (1949-1979) y post-impacto (1980-2011) en la estación 18223 (Ticuman).	28
Figura 5.11 Factores con las mayores alteraciones hidrológicas en el Río Yautepec para los periodos de pre-impacto (1951-1980) y post-impacto (1981-2011) en la estación 18223 (Ticumán).	28
Figura 5.12 Valores de Alteración Hidrológica para los componentes del caudal ecológico en el Río Yautepec para los periodos de pre-impacto (1951-1980) y post-impacto (1981-2011) en la estación 18223 (Ticumán).....	29
Figura 5.13 Caudales medios mensuales en los periodos de pre-impacto 1968-1988 y post-impacto 1989-2011 en la estación 18406 (Las Estacas).....	34
Figura 5.14 Comportamiento de los componentes de caudal ecológico entre los periodos de pre-impacto (1968-1988) y post-impacto (1989-2011) en la estación 18406 (Las Estacas).....	35
Figura 5.15 Factores con las mayores alteraciones hidrológicas en el Río Yautepec para los periodos de pre-impacto (1968-1988) y post-impacto (1989-2011) en la estación 18406 (Las Estacas).....	35
Figura 5.16 Valores de Alteración Hidrológica para los componentes del caudal ecológico en el Río Yautepec para los periodos de pre-impacto (1968-1988) y post-impacto (1989-2011) en la estación 18406 (Las Estacas).	36
Figura 5.17 Caudales medios mensuales en los periodos de pre-impacto 1948-1978 y post-impacto 1979-2011 en la estación 18177 (El Almeal).	41
Figura 5.18 Comportamiento de los componentes de caudal ecológico entre los periodos de pre-impacto (1948-1978) y post-impacto (1979-2011) en la estación 18177 (El Almeal).	41

Figura 5.19 Factores con las mayores alteraciones hidrológicas en el Río Cuautla para los periodos de pre-impacto (1948-1978) y post-impacto (1979-2011) en la estación 18177 (El Almeal).	42
Figura 5.20 Valores de Alteración Hidrológica para los componentes del caudal ecológico en el Río Yautepec para los periodos de pre-impacto (1948-1978) y post-impacto (1979-2011) en la estación 18177 (El Almeal).....	42
Figura 5.21 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de enero entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.	45
Figura 5.22 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de febrero entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.	46
Figura 5.23 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de marzo entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.	47
Figura 5.24 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de abril entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.	48
Figura 5.25 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de mayo entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.	49
Figura 5.26 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de junio entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.	50
Figura 5.27 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de julio entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.	51
Figura 5.28 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de agosto entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.	52
Figura 5.29 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de septiembre entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.	53
Figura 5.30 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de octubre entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.	54
Figura 5.31 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de noviembre entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.	55
Figura 5.32 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de diciembre entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.	56
Figura 5.33 Variación de la vegetación y tipo de suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.	58

Figura 5.34 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de enero entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.....	59
Figura 5.35 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de febrero entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.....	60
Figura 5.36 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de marzo entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.....	61
Figura 5.37 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de abril entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.....	62
Figura 5.38 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de mayo entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.....	63
Figura 5.39 Variación de la PP promedio porcentual de la precipitación del mes de junio entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.....	64
Figura 5.40 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de julio entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.....	65
Figura 5.41 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de agosto entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.....	66
Figura 5.42 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de septiembre entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.....	67
Figura 5.43 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de octubre entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.....	68
Figura 5.44 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de noviembre entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.....	69

Figura 5.45 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de febrero entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla..... 70

5.1 Introducción

El cambio climático tiene implicaciones en el manejo de los ecosistemas de agua dulce. La adaptación al cambio climático requiere de la determinación del régimen de caudales en los ríos (cambio en el consumo de agua para compensar las tasas de precipitación, traslado de industrias a regiones de mayor humedad, o cambio en la morfología de las ciudades para compensar las inundaciones). Estos cambios tendrán consecuencias importantes en las actividades económicas, salud de la población y el ecosistema (distribución de las especies). En este sentido existe la necesidad de generar y utilizar las herramientas que pueden ser ampliamente aplicables al análisis ecológico, social y político para lograr el uso racional de los recursos acuáticos en los ríos regulados por presas (Brown & King, 2003a; Dyson et al, 2003; Tharme, 2003; González-Villela 2014).

En el presente estudio se efectúa el estudio comparativo del caudal en las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla para dos periodos (pre-impacto y post-impacto) con la finalidad de determinar el cambio de caudal.

5.2 Objetivo

Analizar el cambio climático a través de la temperatura y la precipitación en las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla en dos periodos, uno de pre-impacto y otro de post-impacto en relación con la disponibilidad de agua de los ríos.

5.3 Área de estudio

Los ríos Cuautla y Yautepec descargan sus aguas en el río Amacuzac, principales tributarios del río Balsas. La cuenca del río Yautepec Abarca una superficie de 1,226 Km², que representa el 25% del territorio de Morelos. Los municipios de mayor área dentro de la cuenca son: Tlanepantla, Tlayacapan, Totolapan, Tepoztlan, Yautepec, Atlatlahuacan, Tlaltizapán. La población total en 2010 en estos municipios fue de 242,197 habitantes. La distribución de la población en estos municipios se señala en el Tabla 5.1 y Figuras 5.1 y 5.2.

Tabla 5.1 Distribución de la población en los Municipios de la Cuenca del Río Yautepec.

MUNICIPIO	POBLACIÓN EN LA CUENCA (No)				
	No.	URBANA	(%)	RURAL	(%)
Atlatlaucan	17,786	10,657	6.35	7,129	
Tepoztlán	41,432	21,856	13.02	19,576	
Tlalnepantla	6,634	3,872	2.31	2,762	
Tlaltizapán	29,164	17,792	10.60	11,372	
Talquilenango	22,040	18,334	10.92	3,706	
Tlayacapan	16,537	7,989	4.76	8,548	
Totolapan	10,789	6,198	3.69	4,591	
Yautepec	97,815	81,128	48.34	16,687	
TOTAL	242,197	167,826		74,371	

INEGI (2010)

Población Urbana Cuenca Yautepec

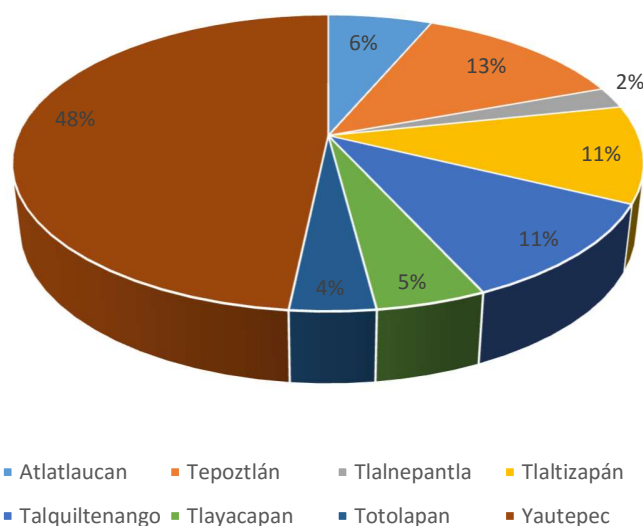


Figura 5.1 Distribución de la población urbana en la cuenca del río Yautepec.

Población Rural Cuenca Yautepec

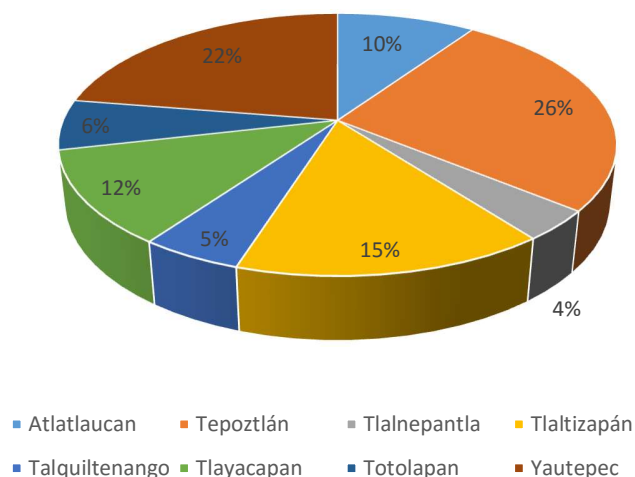


Figura 5.2 Distribución de la población rural en la cuenca del río Yautepec.

La región se caracteriza por el desarrollo de nuevos corredores turísticos, zonas urbanas e industriales. Este desarrollo demanda mayores capacidades de los servicios públicos como el agua potable y el saneamiento. Existen problemas crecientes de contaminación y riesgos de inundaciones, sumado a un deterioro general de la Cuenca, que ha tenido consecuencias en la incidencia de enfermedades, en el incremento de azolves en cauces y estructuras; y en la destrucción del patrimonio histórico de puentes, presas, etc. En la ciudad de Yautepec, durante la década de 1990 – 2000, se construyó una moderna planta de tratamiento para aguas de descargas municipales, captadas mediante una red de colectores marginales al río y sus afluentes. La planta no opera porque los colectores han sido destruidos por las crecientes del río. Desde principios de la década de 1990 se comenzó a desarrollar infraestructura de saneamiento. Sin embargo, las crecientes del río destruyeron los colectores marginales y la planta de Yautepec dejó de recibir el caudal previsto.

El caso particular de la cuenca del río Cuautla comprende una superficie aproximada de 76500 hectáreas, ubicada desde una parte del estado de México en las faldas del volcán

Popocatepetl hasta el sur del estado de Morelos donde se une al río Amacuzac. En la cuenca se encuentran condiciones ambientales distintas que permiten una complejidad de relaciones, beneficios productivos pero también la presencia de problemas esenciales como la extracción de suelo de monte, la pérdida de suelo en las partes altas, una elevada extracción de agua para consumo humano e industrial y en consecuencia una fuerte contaminación. A raíz de la transferencia de los Distritos de Riego a los usuarios del agua, en la zona de estudio opera la “Asociación de Usuarios del río Cuautla, manantiales y corrientes tributarias Gral Eufemio Zapata Salazar A. C.” quien agrupa 4500 usuarios con una superficie atendida de riego de 10,500 hectáreas. Los retos principales de esta organización son los relativos hacia el logro de una integración horizontal y vertical que permita un manejo racional del agua; que alcance niveles de intervención en la toma de decisiones para evitar la degradación del recurso ya que el uso urbano e industrial está afectando seriamente a un sector importante de usuarios en la porción sur de la cuenca, y también en una disminución de las recargas en la parte alta por la acentuada deforestación (http://jacintapalerm.hostei.com/anei_cuautla.pdf; Figura 5.3). La distribución de los habitantes en los diferentes municipios de la cuenca.

El municipio de Cuautla pertenece a la Región Sierra Occidental, su población según el Censo de Población y Vivienda al 2010 era de 2 mil 171 personas; 48.1 por ciento hombres y 51.9 por ciento mujeres, los habitantes del municipio representaban el 3.5 por ciento del total regional (ver tabla 5.1). Comparando este monto poblacional con el del año 2000, es importante mencionar que la población municipal disminuyó un 12.4 por ciento en diez años.

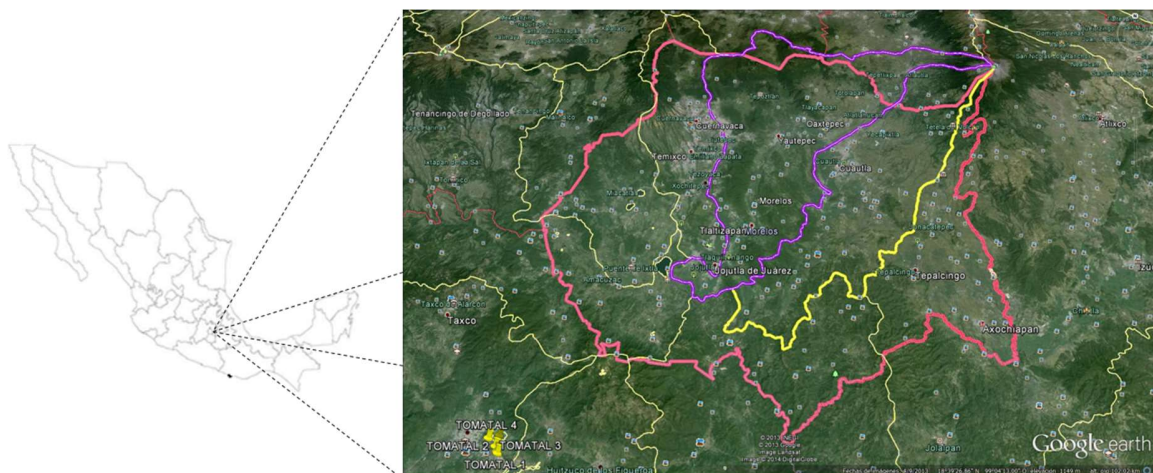


Figura 5.3 Ubicación de las Cuenas del Río Yautepec y Cuautla en el Estado de Morelos.

5.3.1 Estaciones Hidrométricas

La ubicación de las estaciones meteorológicas de los ríos Yautepec y Cuautla se encuentran enlistados en el Tabla 5.2 y Figura 5.4, así como la información de la clave, ubicación, subcuenca, estado, río, longitud, altitud, región hidrológica, años de registro para cada una. Siete de ellas están ubicadas en la subcuenca del río Yautepec y otras siete en la Subcuenca del río Cuautla.

Para el análisis de la variación del caudal en el río se tomaron en consideración tres estaciones en la Subcuenca del Río Yautepec (18199 en la parte alta, la 18223 en la parte media y la 18406 en la parte baja), y en la Subcuenca del Río Cuautla la estación 18177) por su ubicación en la parte alta y por la cantidad de información recopilada.

Tabla 5.2 Ubicación de las estaciones hidrométricas de las subcuencas del río Yautepec y Cuautla (Morelos).

CONTROL	UBICACIÓN	ESTADO	RH	LONGITUD	LATTITUD
18175	OACALCO	MORELOS	BALSAS	-99.03	18.90
18176	EL ZAPOTE	MORELOS	BALSAS	-98.95	18.81
18177	EL ALMEAL	MORELOS	BALSAS	-98.95	18.81
18192	AGUA DULCE	MORELOS	BALSAS	-98.93	18.81
18193	YAUTEPEC	MORELOS	BALSAS	-99.05	18.90
18197	ITZAMATITLAN	MORELOS	BALSAS	-99.02	18.90
18199	OAXTEPEC	MORELOS	BALSAS	-98.97	18.90
18200	COCOYOC	MORELOS	BALSAS	-98.97	18.90
18203	TAZA CHICA	MORELOS	BALSAS	-98.95	18.84
18204	TAZA GRANDE	MORELOS	BALSAS	-98.95	18.84
18223	TICUMAN	MORELOS	BALSAS	-99.10	18.79
18316	LA CUERA	MORELOS	BALSAS	-98.92	18.68
18354	HUAJUAPAN DE LEON	OAXACA	BALSAS	-98.92	18.68
18406	LAS ESTACAS	MORELOS	BALSAS	-99.11	18.73

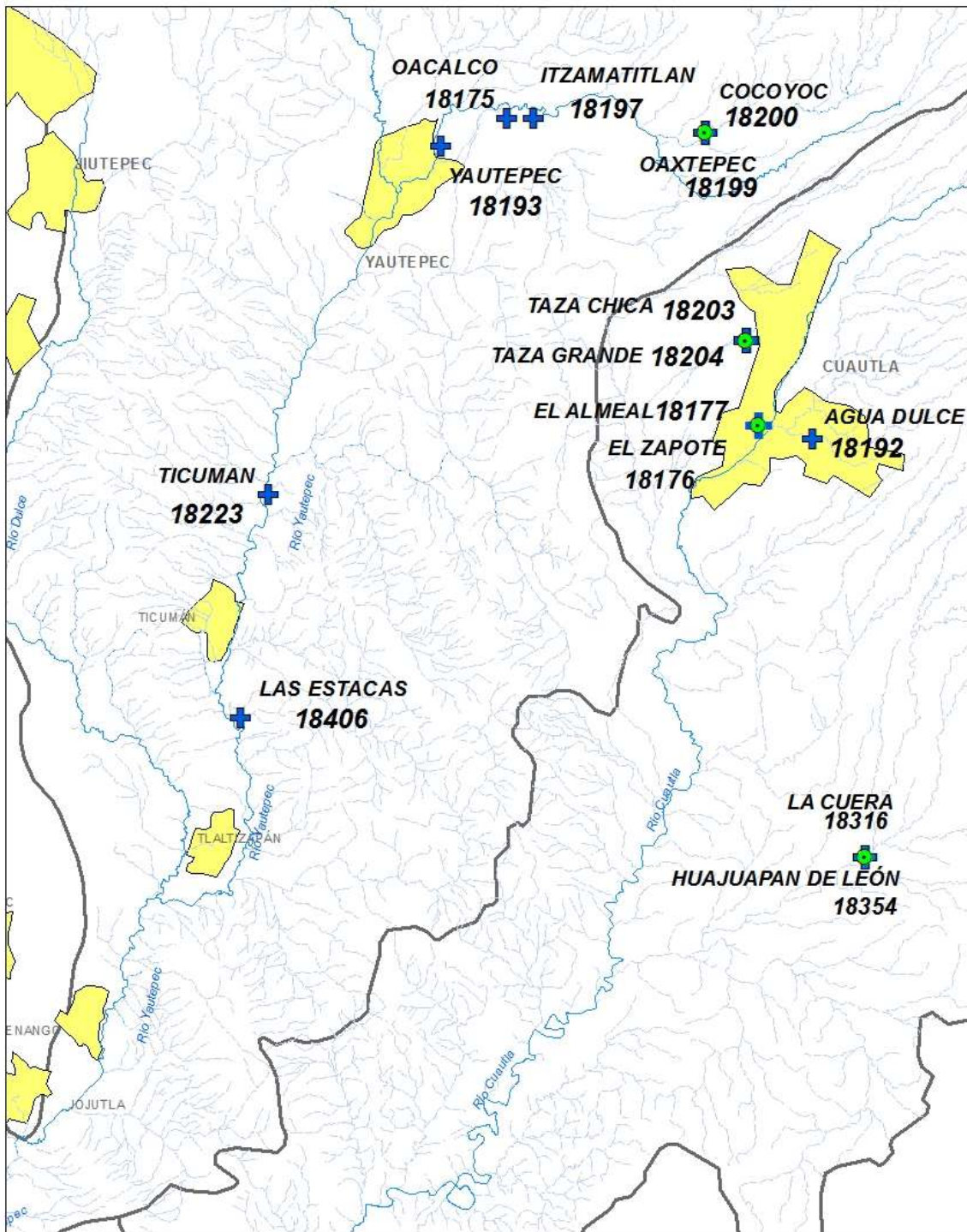


Figura 5.4 Ubicación de las estacione meteorológicas del río Yautepéc y Cuautla

5.3.1.1 Descripción de estaciones de la Subcuenca del Río Yautepec.

Estación: 18199

1. NOMBRE DE LA ESTACIÓN: OAXTEPEC.
2. CLAVE HIDROMÉTRICA LARGA: 18-500-555-480--553--2-17-
3. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

3.1 Hidrografía

- 3.1.1 Colector general: RIO BALSAS
- 3.1.2 Afluente: RIO AMACUZAC
- 3.1.3 Subafluente: RIO APATLACO
- 3.1.4 Canal: SEGUNDA TOMA
- 3.1.5 Estación: OAXTEPEC

Corriente: CANAL SEGUNDA TOMA

Descripción de la corriente: La barranca de Cacahuatitla tiene dos tomas, derivándose de aguas arriba el Canal Cocoyoc, mediante la presa derivadora Cocoyoc, y aguas abajo el Canal SEGUNDA TOMA, a 900 metros por la margen izquierda y a la altura del Centro Vacacional Oaxtepec.

3.2 Área drenada (km²):

3.3 Coordenadas: Latitud (G,M,S): 18°, 54", 00' Longitud (G,M,S): 98°, 58", 00'

3.4 Ubicación: La estación hidrométrica se encuentra a unos 16 m. hacia aguas abajo de la obra de toma, dentro del municipio de Yautepec, estado de Morelos, sobre el Canal Segunda Toma a 180 m al sureste de la barda que circunda al Centro Vacacional Oaxtepec; a nueve kilómetros al este-noreste de la estación hidrométrica Yautepec sobre el río del mismo nombre y a unos 900 m aguas abajo de la presa derivadora Cocoyoc.

3.5 Accesos: Partiendo de Cuernavaca por la carretera federal Número 138 hasta la población de Cocoyoc, situada en el kilómetro 37 + 500; de ahí se continúa por la calle Hidalgo, saliendo del poblado y dirigiéndose hacia el noreste, a 2.5 kilómetros se llega al balneario de Oaxtepec y siguiendo la barda se llega al sitio en que se encuentra la presa derivadora Oaxtepec cerca de la cual a unos 16 m se encuentra la estación hidrométrica.

4. OBJETO DE SU INSTALACIÓN: Conocer los volúmenes derivados por el Canal Segunda Toma.

5. CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE, ESTRUCTURAS, APARATOS Y OBSERVACIONES

5.1 Condiciones del tramo: El tramo en que se localiza la estación es recto en una longitud de 25 metros, estando los primeros 16 metros revestidos de mampostería de piedra con aplanado de cemento y los 9 metros siguientes, en tierra.

5.2 Sección de aforos: La sección de aforos es rectangular de 1.34 metros de ancho y un metro de profundidad; está revestida de mampostería de piedra.

5.3 Escala: La escala está formada por un sólo tramo de concreto (cemento - arena) con capacidad de un metro. Está instalada en la sección de aforos, sobre la margen izquierda del canal y en posición vertical. El cero de la escala no ha sido referido a ninguna cota. Las lecturas de escala se iniciaron el día 1º de mayo de 1952, continuándose regularmente hasta la fecha.

5.4 Estructura de aforos: Se utiliza como estructura para aforos un puente pasarela formado por dos vigas de madera de 1.50 metros de longitud y sección rectangular de 10 x 15 centímetros.

5.5 Aforos: Los aforos se realizan por el método de sección y velocidad, utilizándose en la determinación de ésta última un molinete hidráulico. Los aforos se iniciaron el día 22 de septiembre de 1949, continuándose hasta la fecha.

5.6 Registro de niveles: No se cuenta con limnógrafo para el registro gráfico de niveles.

6. GASTOS EXTREMOS EN EL PERÍODO DE OBSERVACIONES:

Gasto máximo (m³/s): 1.435

Lectura (m) del gasto máximo: 0.62

Gasto máximo aforado (m³/s): 1.030

Lectura (m) del gasto máximo aforado: 0.62

Velocidad media (m/s): 0.76

Profundidad máxima (m): 0.60

Notas del gasto mínimo: El gasto nulo mínimo ha sido nulo en varias ocasiones.

7. CÁLCULO HIDROMÉTRICO: El cálculo hidrométrico fue realizado en la computadora electrónica CDC - 3300 de la S.R.H. habiéndose seguido el método de gastos Medios Diarios. El período calculado con la computadora abarca desde el 1º de septiembre de 1949 a la fecha.

8. ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA EN EL SITIO:

La estación climatológica más cercana es Yautepec, instalada en esta población y operada por la S.R.H. La estación Yautepec cuenta desde mayo de 1952 con termómetro y pluviómetro y evaporómetro desde marzo de 1995.

5.3.1.2 Descripción de estaciones de la Subcuenca del Río Cuautla.

Descripción de la estación: 18177

1. NOMBRE DE LA ESTACIÓN: EL ALMEAL

2. CLAVE HIDROMÉTRICA LARGA: 18-500-555-425--618--006-17-

3. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

3.1 Hidrografía

3.1.1 Colector general: RIO BALSAS

3.1.2 Afluente: RIO AMACUZAC

3.1.3 Subafluente: RIO CUAUTLA

3.1.4 Canal: EL ALMEAL

3.1.5 Estación: EL ALMEAL

Corriente: CANAL EL ALMEAL.

Descripción de la corriente: Los manantiales EL ALMEAL están constituidos a 300 metros aproximadamente de la zona central de la ciudad de Cuautla y a 200 metros de la carretera estatal N° 115 de México a esa población.

Situados en la margen derecha del río Cuautla se utilizan para regar terrenos de Cohuxtla, mediante un canal, donde se afora, desfogando sus sobrantes al río Cuautla. La longitud de este canal, llamado también EL ALMEAL, es de aproximadamente 6.5 Kilómetros.

3.2 Área drenada (km²):

3.3 Coordenadas: Latitud (G,M,S): 18°, 48", 45' Longitud (G,M,S): 98°, 57", 00'

3.4 Ubicación: La estación hidrométrica El Almeal, está situada unos 300 metros aguas abajo de la Obra de Capacitación de los manantiales El Almeal, a unos 15 metros aguas arriba de la derivación que se hace del canal hacia el balneario El Almeal. La estación queda en terrenos del Hotel Vasco, en el municipio de Cuautla, del estado de Morelos.

3.5 Accesos: Para llegar al sitio donde se afora se parte del Centro de la Ciudad de Cuautla, hacia el Norte recorriendo 750 metros, desviación enseguida hacia el este, 250 metros hasta el sitio.

4. OBJETO DE SU INSTALACIÓN: Conocer la capacidad del manantial El Almeal y sus condiciones hidráulicas para fines de estudio de recursos de agua en el estado.

5. CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE, ESTRUCTURAS, APARATOS Y OBSERVACIONES

5.1 Condiciones del tramo: El tramo sobre el que se localiza la estación es recto en una longitud de 60 m., siendo de sección rectangular, excavada en suelo arcilloso compacto.

5.2 Sección de aforos: La sección de aforos es rectangular, de 1.80 m. de ancho y un metro de profundidad; toda la sección está en material arcilloso compacto e invadida de abundante hierba.

5.3 Escala: La escala se encuentra firmada por un sólo tramo de madera grabada, de un metro de capacidad. Está instalada en la sección de aforos, sobre la margen derecha y en posición vertical. Se iniciaron las lecturas de escala el día 1º de febrero de 1949, continuándose regularmente hasta la fecha.

5.4 Estructura de aforos: No existe estructura para aforar, realizándose las observaciones por el método de " vadeo ".

5.5 Aforos: Los aforos se efectúan según el procedimiento de sección y velocidad, determinando esta última mediante molinete hidráulico. Los aforos se iniciaron el día 1º de enero de 1948 y se continúan efectuando hasta la fecha.

5.6 Registro de niveles: No se cuenta con limnígrafo para el registro de niveles.

6. GASTOS EXTREMOS EN EL PERÍODO DE OBSERVACIONES:

Gasto máximo (m³/s): 4.5

Lectura (m) del gasto máximo:0.80

Gasto máximo aforado (m³/s): 2.400

Lectura (m) del gasto máximo aforado: 0.60

Velocidad media (m/s): 1.52

Profundidad máxima (m): 0.45

Notas del gasto mínimo: El gasto mínimo ha sido nulo en varias ocasiones.

7. CÁLCULO HIDROMÉTRICO: El cálculo hidrométrico se hizo siguiendo el método de Gastos Medios Diarios, utilizándose para el procesamiento de los datos la computadora electrónica CDC - 3300 de la S.R.H. El período calculado comprende desde el día 1º de noviembre de 1948 hasta la fecha.

8. ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA EN EL SITIO:

La estación climatológica más cercana, es la que se tiene instalada en la Ciudad de Cuautla, y que es operada por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, contando desde enero de 1942 con pluviómetro y termómetro, evaporómetro desde mayo de 1950 y pluviógrafo desde junio de 1960.

5.4 Metodología

Estudio comparativo de los caudales de las estaciones hidrométricas de la subcuenca del río Yautepec (8199 parte norte, 18223 parte media y porción sur 18406) y de la subcuenca del río Cuautla (18177 parte media), para los periodos de pre-impacto y post-impacto. Información que fue obtenida de las estaciones hidrométricas a cargo de la CONAGUA. Los análisis gráfico-estadísticos no paramétricos y paramétricos se realizaron utilizando el software, V7 IHA (TNC 2006). Los análisis de Regresión y Correlación lineal para los caudales acorde con el comportamiento de las series de tiempo y los rangos de variabilidad dados por los percentiles 25% to 75%. Bajo la hipótesis de que no existen diferencias entre las medianas y los coeficientes de regresión entre los periodos de pre-impacto y post-impacto ($H_0: \mu_1 = \mu_2$ and $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$).

García et al. (1999) señalan que la determinación del caudal ecológico se efectúa en un segmento del río que coincida con la ubicación del aprovechamiento hidráulico (presa, derivación, bombeo, etcétera), o con el lugar en el que se pretenda modificar el régimen de caudales. El caudal calculado corresponde al tramo delimitado por este punto y la próxima extracción o aportación a la corriente que modifique significativamente el caudal

Para el cálculo de los caudales ecológicos se requiere identificar la estación hidrométrica más cercana al punto que se va a evaluar y con el requisito que existan datos hidrométricos antes de la construcción de la presa, o sea, que se cuente con los caudales naturales que llevaba el río (siempre aguas arriba de la presa o reguladora en cuestión para obtener el régimen de caudales naturales) y obtener los registros hidrométricos de por lo menos diez años de antigüedad. En México, generalmente es necesaria la consulta de:

- Los boletines hidrológicos (SARH) con la información de las estaciones de aforo.
- El Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (Bandas) de la Comisión Nacional del Agua.
- El disco compacto denominado CD-HIDRO con información hidrométrica del periodo 1937-1985 (CNA).
- La información hidrométrica de las oficinas regionales (gerencias) de la CNA.

- La información de las estaciones hidrométricas operadas por la entidad federativa involucrada y por la Comisión Federal de Electricidad, así como las aportaciones al embalse operado por esta dependencia.
- Los mapas de la topografía e hidrología superficial de la zona de interés (INEGI).
- La información climatológica del Sistema de Información Climatológica del Servicio Meteorológico Nacional (SICSMN).

Como el método requiere del conocimiento de los caudales históricos en el punto de interés, así como del cálculo de sus promedios anuales y mensuales. Garcia et al. (1999) sugieren la siguiente estrategia:

1. Consultar el plano topográfico o mapas SIG (Sistema de Información Geográfica) de la zona donde se ubiquen las estaciones hidrométricas y pluviométricas, los lugares de extracción y aportación a la corriente fluvial; las cartas del INEGI y los mapas actualizados de la Comisión Nacional del Agua.
2. Identificar la estación hidrométrica más cercana al punto de interés donde se va a determinar el caudal ecológico. El tramo del cauce debe estar situado donde exista información histórica de los caudales originales anteriores a la construcción de la obra (presa, extracciones mediante tuberías u otro tipo).
3. Obtener al menos diez años de registros de los caudales históricos originales que circulan o circulaban por el punto de interés con anterioridad a la construcción de la obra hidráulica.

El régimen de caudales, la variación en el perímetro mojado del agua durante el año en el cauce del río, o el hidroperiodo generalmente es el factor dominante que marca la diferencia en la ribera y cauces en los ríos, y constituye la variable más importante en la estructura del corredor fluvial. El hidroperiodo se define como la magnitud, la duración, periodicidad y la frecuencia de inundación que determinan la presencia de ciertas plantas y animales en los diferentes estratos de la zona ribereña y el cauce. Los modelos de hidroperiodo para la vegetación y la fauna acuática son una herramienta útil en el análisis de las distribuciones de los organismos durante el año (Reynolds 1993; Rosenberg et al. 2000).

En el presente estudio, se aplicó el análisis del hidroperiodo mediante el software IHA (Indicators of Hydrologic Alteration). Este permite efectuar: 1) la caracterización estadística de la variabilidad temporal en los regímenes hidrológicos utilizando los atributos biológicos

estadísticamente relevantes, y 2) cuantificar las alteraciones hidrológicas asociadas con perturbaciones presuntas (operación de una presa, diversificación de una corriente, o conversión intensiva de los usos de la tierra en los humedales), al comparar los regímenes hidrológicos de los periodos de pre y post-impacto (TNC 2006).

El método de indicadores de alteración hidrológica (IHA), realiza una aproximación cuantitativa de la hidrología a través del estudio de los atributos hidrológicos biológicamente relevantes que caracterizan la variación intra-anual de las condiciones de caudal para utilizarlas en los estudios comparativos de los regímenes hidrológicos antes y después de la alteración del sistema por influencia humana.

El método cuantifica varios parámetros representativos de las características hidrológicas o indicadores de alguna alteración hidrológica, a través de:

- 1) La definición de los regímenes de caudal para los periodos de pre y post – impacto en el ecosistema de interés.
- 2) El cálculo de los atributos hidrológicos para cada año en cada serie de datos, divididos en periodo de pre-impacto y de post-impacto (32 parámetros hidrológicamente relevantes).
- 3) El cálculo de estadísticos inter-anales (tendencia central, dispersión) en cada serie de datos de pre y post-impacto.
- 4) La comparación gráfica de los estadísticos de los dos periodos (pre y post-impacto), como por ejemplo: el porcentaje de la desviación de un periodo (pre-impacto) en comparación con el otro (post-impacto). Asimismo, se compara el estado de alteración del sistema en el tiempo, o en condiciones simuladas en base a futuras modificaciones en el sistema (TNC 2006).

5.5 Resultados

5.5.1 Análisis del Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica 18199 (Oaxtepec)

Los 32 parámetros hidrológicos de caudales calculados por el IHA para la estación 18199 (Oaxtepec) de la parte alta de la Subcuenca del Río Yautepec para el periodo de pre-impacto (1949-1979; 31 años) y post-impacto (1980-2011; 26 años) se resumen en el Tabla 5.3 y comprenden: caudales medios mensuales con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA (Range of Variability Approach) y Alteración Hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto o Grupo 1. Para el Grupo 2, se tienen los resultados de la frecuencia de caudales mínimos y máximos durante 1, 3, 7, 30 y 90 días con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA y alteración hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto. Para el Grupo 3, el caudal mínimo y máximo durante todo el periodo analizado con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA, y alteración hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto. Para el Grupo 4, la cantidad de pulsos bajos, duración de los pulsos altos, cantidad de pulsos altos, duración de pulsos altos, pulsos umbral bajos, pulsos umbral altos (con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA, y alteración hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto), y para el Grupo 5, la tasa de cambio en los caudales, la caída en la tasa de cambio y número de inversiones en la tasa de cambio (con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA y alteración hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto). Así como los caudales ecológicos bajos (EFC) para los meses del año, periodicidad, frecuencia, duración, tasas de variación y caudales umbrales de los caudales ambientales.

Como lo señala el método IHA-V7, los RVA (Range of Variability Approach) o cuantificación de los rangos de variación en los caudales definen el grado de alteración en los regímenes de caudal natural para cada grupo de caudales. El programa calcula la frecuencia con la cual los valores anuales post-impacto de los parámetros del IHA caen dentro una determinada categoría, a través de:

$$\text{(Frecuencia Observada – Frecuencia Esperada) / Frecuencia Esperada}$$

Un valor positivo en la Alteración Hidrológica (AH) significa que la frecuencia de los valores en las categorías o grupos ha sido incrementada del periodo de pre-impacto al periodo de post-impacto (con un máximo valor que puede llegar a ser infinito), mientras que un valor

negativo significa que la frecuencia de los valores ha disminuido (con un mínimo valor de -1).

Tabla 5.3 Parámetros hidrológicos del caudal ecológico obtenidos de la aplicación del software IHA a los datos hidrométricos de la estación 18199 (Oaxtepec) de la parte alta de la Subcuenca del Río Yautepec.

Resultados Análisis No-Paramétrico IHA										
ANAL-YAUTE-18199										
Pre-impacto 1949-1979 (31 años)					Post-impacto 1980-2011 (26 años)					
Factor de Normalización	1				1					
Flujo medio anual	30%				26%					
Caudal medio no normalizado	0.3				0.26					
C. V. anual	0.28				0.48					
Predicibilidad del caudal	0.68				0.56					
Constancia/predicibilidad	0.96				0.95					
% del caudal c/60 días	0.22				0.22					
Estación libre de caudal	0				0					
MEDIAN										
A		COEFF. de DISP.				DEVIACIÓN Mediana		SIGNIFICANCIA Mediana		
Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	s	C.D.	s	C.D.	
Grupo #1										
Enero	0.294	0.2595	0.1939	0.261	0.1173	0.3461		0.00300	3 0.3483	
Febrero	0.294	0.2659	0.1054	0.2214	0.09566	1.099		0.00200	2 0.02903	
Marzo	0.285	0.2632	0.1614	0.2255	0.07661	0.3969		0.00100	1 0.3243	
Abril	0.2955	0.2381	0.1692	0.2851	0.1944	0.6847		0.00100	1 0.03303	
Mayo	0.307	0.2402	0.1689	0.2727	0.2175	0.6142		0.00300	0 0.09409	
Junio	0.305	0.2572	0.2697	0.312	0.1566	0.1569		0.00300	3 0.7588	
Julio	0.314	0.2626	0.1656	0.2966	0.1638	0.7911		0.00800	0 0.02703	
Agosto	0.2945	0.2554	0.2173	0.3137	0.1328	0.4434		0.00800	8 0.3123	
Septiembre	0.2969	0.2474	0.1356	0.4388	0.1666	2.236		0.00100	1 5 0.00500	
Octubre	0.306	0.2633	0.141	0.3002	0.1395	1.129		0.00200	2 6 0.00600	
Noviembre	0.31	0.2614	0.1677	0.2306	0.1567	0.375		0.00200	0 0.3273	

							0.00100	
Diciembre	0.294	0.2532	0.1531	0.2414	0.1388	0.5775	1	0.06006
<hr/>								
Grupo #2								
1-día c/mínimo	0.184	0.141	1.25	0.8626	0.2337	0.3099	0.2432	0.4585
3- días c/mínimo	0.2007	0.1417	1.184	0.8599	0.2939	0.2735	0.1421	0.7297
7- días c/mínimo	0.2262	0.1422	0.8942	0.633	0.3713	0.2921	0.0981	0.7718
							0.00800	
30- días c/mínimo	0.2476	0.1807	0.2983	0.3705	0.2701	0.2423	8	0.5646
						0.0389	0.00200	
90- días c/mínimo	0.2657	0.2178	0.2358	0.2449	0.1804	3	2	0.9219
								0.00200
1-días c/máximo	0.498	0.3695	0.3454	0.6387	0.258	0.8493	0.03904	2
								0.00200
3- días c/máximo	0.481	0.3677	0.2588	0.5161	0.2356	0.9941	0.01101	2
7- días c/máximo	0.4289	0.3643	0.3075	0.413	0.1506	0.3432	0.04905	0.1982
30- día máximo	0.3687	0.3333	0.2145	0.2366	0.09591	0.1034	0.06206	0.7698
90- día máximo	0.3261	0.2983	0.1487	0.2251	0.08528	0.514	0.02002	0.1371
Número días cero	0	0	0	0				
Índice de caudal base	0.7083	0.5388	0.8992	0.6097	0.2394	0.322	0.1762	0.7598
<hr/>								
Grupo #3								
							0.0935	
Fecha del mínimo	191	143.5	0.4016	0.4392	0.2596	4	0.3313	0.6346
							0.0791	
Fecha del máximo	194	298.5	0.3798	0.4098	0.571	4	0.06907	0.6206
<hr/>								
Grupo #4								
No. Pulsos Bajos	11	3	0.8182	1.25	0.7273	0.5278	0.05405	0.1291
Duración Pulsos Bajos	3	34	1	1.346	10.33	0.3456	0	0.6416
No. de Pulsos Altos	9	1	1.333	2.25	0.8889	0.6875	0.05606	0.1461
							0.00200	
Duración de Pulsos Altos	4	6.25	1	2.88	0.5625	1.88	2	0.08809
Pulsos Umbral bajos	0.28							
Pulsos Umbral Altos	0.34							
<hr/>								
Grupo #5								
							0.0825	
Tasa de incremento	0.008	0.001833	0.8125	0.7454	0.7708	2	0.08408	0.8128
Tasa de decremento	-0.009	-0.00175	-0.7778	-0.9389	0.8056	0.2071	0.01802	0.4214
No. de inversiones	76	29.5	0.4605	0.8814	0.6118	0.9138	0.01301	0.01001
<hr/>								
EFC Caudales Bajos								
							0.00900	
Enero	0.292	0.2762	0.1224	0.1197	0.05405	0.0227	9	0.961
			0.0734					
Febrero	0.29	0.2767	9	0.1003	0.04586	0.3653	0.05105	0.2322

Marzo	0.2841	0.274	0.1139	0.07955	0.03564	0.3019	0.02202	0.4895
Abril	0.29	0.2758	0.1114	0.1511	0.04914	0.3558	0.1041	0.1682
Mayo	0.291	0.2659	0.1177	0.06734	0.0862	0.4279	0.01201	0.08008
			0.0984					
Junio	0.292	0.2787	6	0.1638	0.0455	0.6641	0.06106	0.02402
			0.0655				0.00100	
Julio	0.2959	0.282	6	0.1533	0.04698	1.339	1	0.01301
Agosto	0.2919	0.2784	0.1032	0.1579	0.04639	0.5303	0.05005	0.04104
			0.0907					
Septiembre	0.2933	0.2736	9	0.1597	0.06714	0.7594	0.01902	0.03704
			0.0701					
Octubre	0.3033	0.2731	3	0.1705	0.09936	1.431	0	0
Noviembre	0.2991	0.275	0.1011	0.07555	0.08057	0.253	0	0.4294
			0.0820					
Diciembre	0.2925	0.279	5	0.1356	0.04615	0.6532	0.05005	0.1131
<hr/>								
EFC Parámetros								
Picos extremos bajos	0.234	0.214	0.1068	0.1612	0.08547	0.509	0.02402	0.1782
Duración de Extremos bajos	2.5	20.25	1.2	1.889	7.1	0.5741	0	0.3343
					0.00273	0.0519		
Periodicidad de Extremos bajos	186	185.5	0.388	0.4081	2	4	0.992	0.8108
Frecuencia de Extremos bajos	3	3.5	2.333	0.9286	0.1667	0.602	0.6777	0.1011
			0.0673		0.00414			
Picos de caudal altos	0.3618	0.3603	8	0.1291	7	0.9156	0.7918	0.05105
							0.00200	
Duración de caudales altos	3.25	6	1.115	2.313	0.8462	1.073	2	0.0971
Periodicidad de caudales altos	218.5	230.5	0.3289	0.2801	0.06557	0.1485	0.6086	0.6166
						0.0769		
Frecuencia de caudales altos	7	1	1.857	2	0.8571	2	0.04104	0.8769
								0.00200
Tasa de incremento C. altos	0.01575	0.007839	1.121	3.262	0.5023	1.911	0.05305	2
		-						0.00100
Tasa de decrement C. altos	-0.01639	0.007187	-0.7843	-2.468	0.5614	2.146	0.03303	1
						0.0388		
Pequeñas inundaciones	0.536	0.597	0.1455	0.1399	0.1138	7	0.05405	0.9249
Duración de pequeñas inundaciones	16.5	31	1.712	1.097	0.8788	0.3594	0.1622	0.5005
Periodicidad de pequeñas inund.	236	43	0.3296	0.3702	0.9454	0.1233	0.1331	0.6306
Frecuencia de pequeñas inundac.	1	0	2	0	1	1	0	0
Tasa de incremento peq. Inund.	0.04448	0.0179	1.457	13.93	0.5974	8.56	0.6757	0.02302
Tasa de decremento peq. Inund.	-0.03265	-0.03142	-1.863	-2.494	0.03783	0.3391	0.9449	0.5005
Picos de grandes inundaciones	0.875	1.113	0.1783	0.5786	0.272	2.245	0.1822	0.2182
Duración de grandes inundac.	8	254.5	16.25	1.536	30.81	0.9055	0.06206	0.2563
				0.00546				
Periodicidad de grandes inund.	318	265	0.2418	4	0.2896	0.9774	0.7177	0.0971
Frecuencia de grandes inud.	0	0	0	0				
Tasa de incremento de grand. i.	0.19	0.01156	2.287	0.8354	0.9391	0.6347	0.5866	0.5566

Tasa de decremento de grand. i.	-0.0977	0.009146	-3.923	-1.116	0.9064	0.7155	0.4835	0.4224
<hr/>								
EFC Caudal umbral bajo:								
EFC Caudal umbral alto		0.335						
EFC Caudal umbral extremo bajo		0.248						
<hr/>								
EFC Caudal pico mínimo de peq. Inund.		0.498						
EFC Caudal pico mínimo de grandes Inund.		0.732						
<hr/>								

5.5.1.1 Caudales ecológicos estación hidrométrica 18199, Oaxtepec (pre-impacto y post-impacto) subcuenca río Yautepec

El comportamiento de los caudales medios mensuales para los periodos de pre y post impacto en la Subcuenca del Río Yautepec se observa en la Figura 5.5. Estos caudales medios señalan una alteración en el régimen hidrológico significativo entre 1949-1979 y 1980-2011 en los promedios mensuales en todos los meses del año. La gráfica de los componentes del caudal ambiental (caudales extremos bajos en rojo, caudales bajos en verde bandera, los pulsos de caudales altos en azul, las pequeñas inundaciones en verde limón y las grandes inundaciones en naranja), señalan una modificación total en el periodo de post-impacto (1980-2000). Los caudales extremos bajos se incrementaron, los caudales bajos se decrementaron, los pulsos de caudal alto prácticamente desaparecieron, las pequeñas inundaciones no se dieron con la frecuencia, magnitud, periodicidad y duración; por último las grandes inundaciones desaparecieron (Figura 5.6). La gráfica que señala los factores con las grandes alteraciones hidrológicas se observa en la Figura 5.7, se observan las mayores alteraciones en los caudales mínimos con una duración de siete días y de tres días de duración, así como en la duración de los pulsos de caudal bajo y en las tasas de decremento de los caudales. Las alteraciones hidrológicas para todos los componentes del caudal ecológico se muestran en la Figura 5.8, en esta gráfica prácticamente todos los caudales muestran una alteración alta excepto para el número de días con los caudales extremos bajos. Por lo tanto, con estas cuatro gráficas resumen toda la información de la tabla 5.3, se observa un abuso en la utilización del recurso para la agricultura, y la población después de la construcción de la presa.

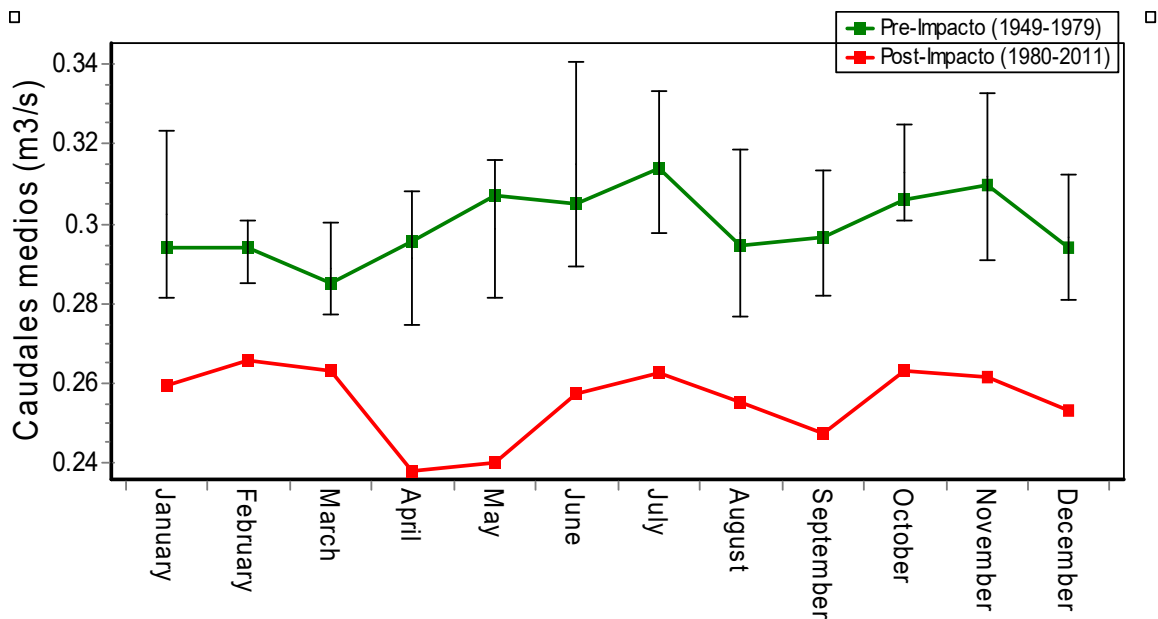


Figura 5.5 Caudales medios mensuales en los periodos de pre-impacto 1949-1979 y post-impacto 1980-2011 en la estación 18199 (Oaxtepec).

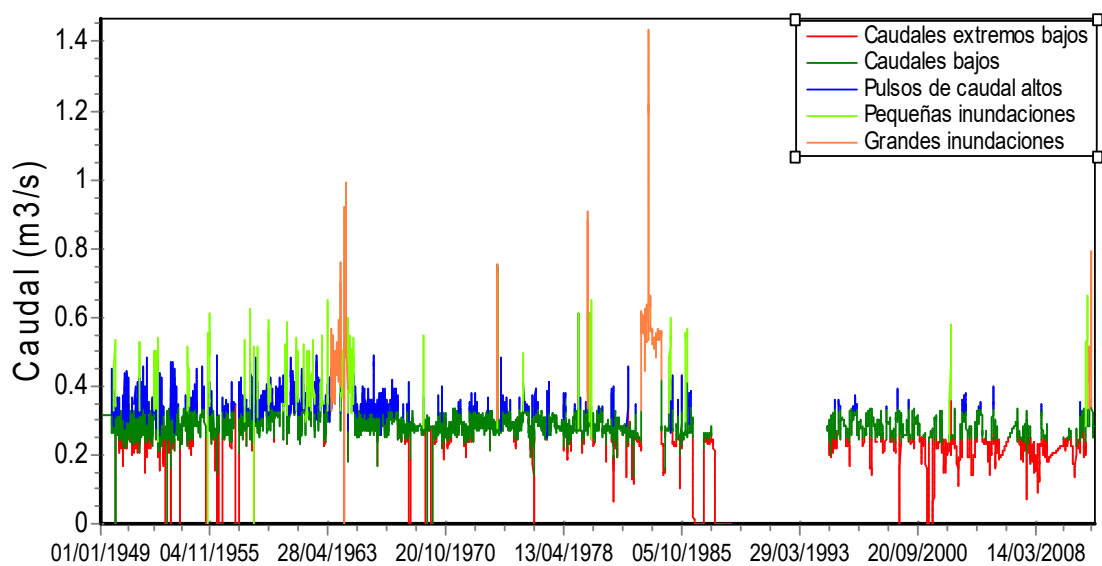


Figura 5.6 Comportamiento de los componentes de caudal ecológico entre los periodos de pre-impacto (1949-1979) y post-impacto (1980-2011) en la estación 18199 (Oaxtepec).

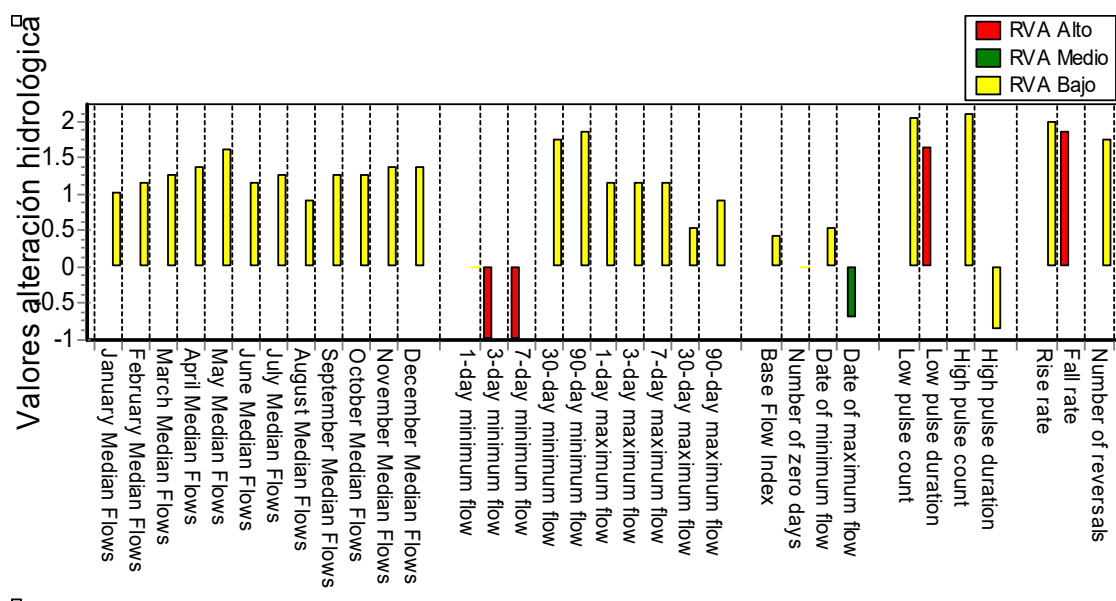


Figura 5.7 Factores con las mayores alteraciones hidrológicas en el Río Yautepec para los periodos de pre-impacto (1949-1979) y post-impacto (1980-2011) en la estación 18199 (Oaxtepec).

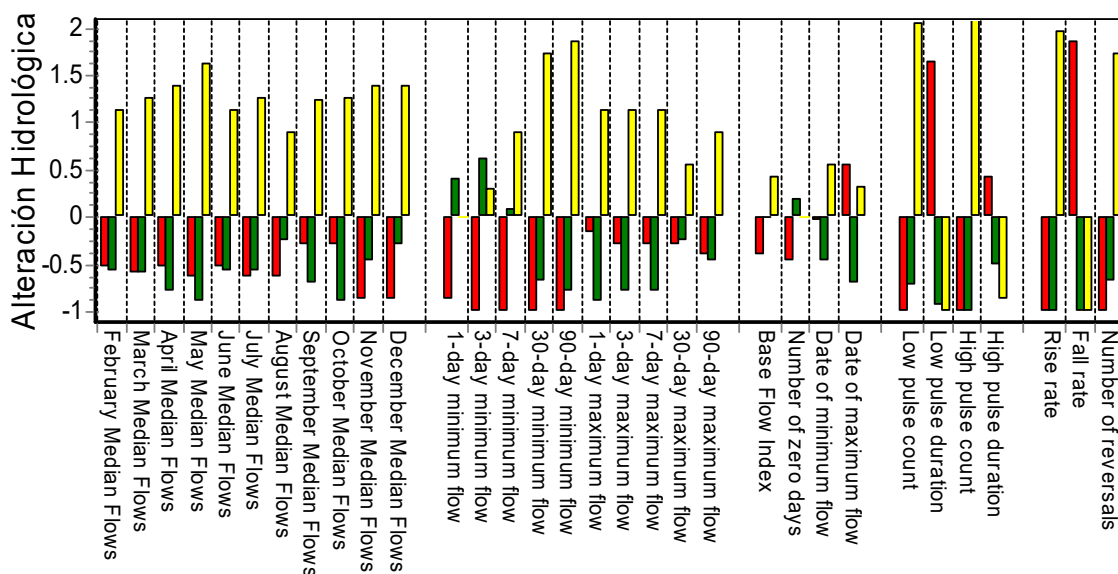


Figura 5.8 Valores de Alteración Hidrológica para los componentes del caudal ecológico en el Río Yautepec para los periodos de pre-impacto (1949-1979) y post-impacto (1980-2011) en la estación 18199 (Oaxtepec).

5.5.2 Análisis del Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica 18223 (Ticumán)

Los 32 parámetros hidrológicos de caudales calculados por el IHA para la estación 18223 (Ticumán) de la parte media de la Subcuenca del Río Yautepec para el periodo de pre-impacto (1951-1980; 30 años) y post-impacto (1981-2011; 29 años) se resumen en el Tabla 5.5 y comprenden: caudales medios mensuales con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA (Range of Variability Approach) y alteración hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto o Grupo 1. Para el Grupo 2, se tienen los resultados de la frecuencia de caudales mínimos y máximos durante 1, 3, 7, 30 y 90 días con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA y alteración hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto. Para el Grupo 3, el caudal mínimo y máximo durante todo el periodo analizado con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA, y alteración hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto. Para el Grupo 4, la cantidad de pulsos bajos, duración de los pulsos altos, cantidad de pulsos altos, duración de pulsos altos, pulsos umbral bajos, pulsos umbral altos (con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA, y alteración hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto), y para el Grupo 5, la tasa de cambio en los caudales, la caída en la tasa de cambio y número de inversiones en la tasa de cambio (con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA y alteración hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto). Así como los caudales ecológicos bajos (EFC) para los meses del año, periodicidad, frecuencia, duración, tasas de variación y caudales umbrales de los caudales ambientales.

Como lo señala el método IHA-V7, los RVA (Range of Variability Approach) o cuantificación de los rangos de variación en los caudales definen el grado de alteración en los regímenes de caudal natural para cada grupo de caudales. El programa calcula la frecuencia con la cual los valores anuales post-impacto de los parámetros del IHA caen dentro una determinada categoría, a través de:

$$\text{(Frecuencia Observada – Frecuencia Esperada) / Frecuencia Esperada}$$

Un valor positivo en la Alteración Hidrológica (AH) significa que la frecuencia de los valores en las categorías o grupos ha sido incrementada del periodo de pre-impacto al periodo de post-impacto (con un máximo valor que puede llegar a ser infinito), mientras que un valor negativo significa que la frecuencia de los valores ha disminuido (con un mínimo valor de -1).

Tabla 5.4 Parámetros hidrológicos de caudal ecológico obtenidos de la aplicación del software IHA a los datos hidrométricos de la estación 18223 (Ticumán) de la parte media de la Subcuenca del Río Yautepec.

Análisis No-Paramétrico								
YAUTE-18223								
Pre-impacto: 1951-1980 (30 años)			Post-impacto: 1981-2011 (29 años)					
Factor de Normalización	1		1					
Caudal Promedio Anual	0.93		1.05					
Caudal Promedio no-Normalizado	0.93		1.05					
C. V. Anual	3.71		4.33					
Predicibilidad del Caudal	0.29		0.39					
Constancia/predicibilidad	0.51		0.6					
% del caudal c/60 días	0.38		0.38					
Estaciones libre de inundaciones	45		26					

	MEDIANA		COEFF. of		FACTOR DE		SIGNIFICANCIA	
	S		DISP.		DEVIACION		Mediana	
	Pre	Post	Pre	Post	Medianas	C.D.	s	C.D.
Grupo #1								
Enero	0.105	0.03891	2.395	1.05	0.6294	0.5617	0.03203	0.5085
Febrero	0.079	0.02865	2.175	1.069	0.6373	0.5086	0.1401	0.3684
Marzo	0.063	0.024	2.019	0.7828	0.619	0.6124	0.0951	0.3774
Abril	0.04718	0.016	1.906	1.367	0.6609	0.2826	0.09109	0.5886
Mayo	0.04355	0.026	3.215	1.362	0.403	0.5764	0.2623	0.3073
								0.00500
Junio	0.2372	0.0763	1.235	4.807	0.6783	2.892	0.1562	5
Julio	0.4821	0.595	1.459	1.988	0.2342	0.3627	0.6857	0.3854
Agosto	0.4195	0.5172	0.9018	2.158	0.2329	1.393	0.4545	0.02102
Septiembre	0.8778	1	2.007	1.418	0.1395	0.2935	0.7718	0.4294
Octubre	0.3062	0.1923	2.003	1.852	0.3719	0.07555	0.2753	0.9009
Noviembre	0.1652	0.0509	1.586	1.722	0.6919	0.08605	0.1141	0.8478
Diciembre	0.1689	0.0366	1.623	1.131	0.7833	0.303	0.1411	0.4565
Grupo #2								
1-día c/mínimo	0.01205	0.0051	4.95	1.863	0.5768	0.6237	0.2442	0.3023
3-días c/mínimo	0.01365	0.00684	5.048	1.773	0.4989	0.6488	0.1972	0.2593
		0.00948						
7-días c/mínimo	0.01658	6	4.669	1.488	0.4278	0.6813	0.1251	0.2813
30-días c/mínimo	0.0297	0.01455	3.596	1.608	0.51	0.5528	0.2092	0.2482
90-días c/mínimo	0.05541	0.0175	2.194	1.612	0.6842	0.2654	0.06306	0.5726
1-días c/máximo	25.14	39.44	1.019	1.174	0.5689	0.1519	0.07708	0.7157
3-días c/máximo	14.43	20.56	1.303	1.187	0.4249	0.08872	0.1141	0.8318
7-días c/máximo	9.263	14.21	1.168	1.083	0.5345	0.07354	0.04204	0.8368

30-días c/máximo	4.214	6.11	0.9916	1.106	0.4498	0.1149	0.06807	0.6927
90-días c/máximo	2.315	2.84	1.138	1.5	0.2267	0.3181	0.3033	0.2853
No. de días cero	0	0	0	0				
Indicie de caudal base	0.02534	0.01017	3.433	1.656	0.5985	0.5176	0.1682	0.2973
<hr/>								
Grupo #3								
Fecha del mínimo	122.5	61	0.2821	0.3087	0.3361	0.09443	0.4675	0.7107
Fecha del máximo	226.5	201	0.1988	0.1844	0.1393	0.07216	0.4635	0.6847
<hr/>								
Grupo #4								
Cantidad de pulsos bajos	2.5	13	4.5	0.8077	4.2	0.8205	0	0.07808
Duración de los pulsos bajos	4	4	4.313	0.6563	0	0.8478	0.5736	0.3183
Cantidad de pulsos altos	13.5	14	0.6667	0.6429	0.03704	0.03571	0.7147	0.8779
Duración de pulsos altos	2	2	1.5	0.5625	0	0.625	0.6557	0.1231
Pulsos umbrales bajos	0.05							
Pulsos umbrales altos	0.44							
<hr/>								
Grupo #5								
Tas de incremento	0.02665	0.0151	1.781	1.745	0.4334	0.02037	0.4424	0.978
		-						
Tasa de decremento	-0.0252	0.02333	-1.435	-1.115	0.07407	0.2227	0.7698	0.6386
No. de inversiones	153	140	0.7141	0.4036	0.08497	0.4348	0.1251	0.1772
<hr/>								
EFC Caudles bajos								
Enero	0.1482	0.03891	1.11	0.8289	0.7374	0.2533	0.08108	0.7928
Febrero	0.1411	0.03054	1.206	1.02	0.7835	0.1538	0.04204	0.7548
Marzo	0.07575	0.02645	1.364	0.9017	0.6508	0.3389	0.0991	0.6667
Abril	0.06129	0.02133	1.442	0.9305	0.6519	0.3549	0.08509	0.6306
Mayo	0.09	0.026	1.219	1.241	0.7111	0.0182	0.01602	0.975
Junio	0.1664	0.0437	1.005	2.962	0.7373	1.947	0.1502	0.01802
								0.00700
Julio	0.2685	0.1328	0.4611	1.284	0.5054	1.785	0.01301	7
Agosto	0.2544	0.1436	0.6164	1.261	0.4355	1.045	0.06106	0.04304
Septiembre	0.2473	0.1828	0.4658	1.066	0.2609	1.289	0.06707	0.02603
Octubre	0.2013	0.0857	0.7943	1.929	0.5743	1.429	0.06907	0.02402
Noviembre	0.1654	0.0509	1.099	1.387	0.6922	0.2621	0.0971	0.4354
Diciembre	0.18	0.038	1.244	1.046	0.7889	0.159	0.1201	0.6717
<hr/>								
EFC								
Picos extremos bajos	0	0	0	0				
Duración de extremos bajos	45	20	4.311	2.6	0.5556	0.3969	0.7037	0.6216
Periodicidad de extremos bajos	306	64	0.3586	0.4112	0.6776	0.1467	0.2753	0.6547
Frecuencia de extremos bajos	0	0	0	0				
Picos de caudal altos	1.834	2.263	1.223	1	0.2338	0.1823	0.1602	0.5516
Duración de caudales altos	2	2	1.125	0.5625	0	0.5	0.01802	0.4214
Periodicidad de caudales altos	228.3	224.3	0.1093	0.1779	0.02186	0.6281	0.4835	0.1451
Frecuencia de caudales altos	12.5	13	0.8	0.7308	0.04	0.08654	0.9049	0.7538

Tasa de incremento caudal alto	0.9704	1.33	1.031	0.9302	0.37	0.09818	0.0981	0.7938
Tasa de decremento caudal alto	-0.668	-1.115	-1.156	-1.068	0.6686	0.07604	0.01101	0.8258
Pico de pequeñas inundaciones	35.18	42.6	0.4189	0.3153	0.211	0.2475	0.01401	0.6507
Duración de pequeñas inundac.	22.5	19	1.394	2.039	0.1556	0.4626	0.6947	0.3283
Éropdocodad pequeñas inund	247	231	0.1185	0.1667	0.08743	0.4063	0.2733	0.4024
Frecuencia de pequeñas inund.	0	1	0	1				
Tasa de increm. Peq. Inund-	6.008	8.937	1.019	1.615	0.4875	0.5852	0.1592	0.2302
Tasa de decrement peq. Inund.	-2.452	-2.486	-1.166	-1.507	0.01397	0.292	0.9079	0.7588
Pico de grandes inundaciones	87.28	86.98	0.1903	0.3868	0.003417	1.033	0.968	0.2633
Duración de grandes inundac.	15	35.5	2.933	1.507	1.367	0.4862	0.2272	0.4424
Periodicidad de grandes inund.	209	206.5	0.2678	0.1749	0.01366	0.3469	0.8378	0.4895
Frecuencia de grandes inund.	0	0	0	0				
Tasa de increm. grandes inund.	12.43	7.31	5.915	1.905	0.4119	0.6779	0.6787	0.6056
Tasa de decremento grand. Inund.	-5.767	-4.189	-1.281	-1.248	0.2735	0.02613	0.4885	0.8699
<hr/>								
EFC umbral caudal bajo:								
EFC umbral caudal alto:		0.439						
EFC umbral caudal extremo bajo:								
<hr/>								
EFC pico mínimo de pequeñas inundaciones:		25.14						
EFC pico mínimo de grandes inundaciones:		76.07						
<hr/>								

5.5.2.1 Caudales ecológicos estación hidrométrica 18223, Ticumán (pre-impacto y post-impacto) subcuenca río Yautepec

El comportamiento de los caudales medios mensuales para la estación hidrométrica Ticumán (18223), ubicada en la parte media de la Subcuenca del Río Yautepec para los periodos de pre y post impacto se observa en la Figura 5.9. Estos caudales medios señalan una alteración en el régimen hidrológico significativo entre 1949-1979 y 1980-2011 en los promedios mensuales en los meses de junio y noviembre.

La gráfica de los componentes del caudal ambiental (caudales extremos bajos en rojo, caudales bajos en verde bandera, los pulsos de caudales altos en azul, las pequeñas inundaciones en verde limón y las grandes inundaciones en naranja), muestran ligeras modificaciones en el periodo de post-impacto (1980-2000) a diferencia de la estación hidrométrica 18199 ubicada en la parte alta de la subcuenca (Figura 5.10).

La gráfica que señala los factores con las grandes alteraciones hidrológicas se observa en la Figura 5.11, en esta se muestran las mayores alteraciones en los caudales medios del mes de enero (un decremento), así mismo una alteración hacia la baja de los caudales mínimos diarios durante 3, 7 y 30 días; por el contrario una alteración con un incremento en los caudales máximos para 1, 3, 7 y 30 días; una alteración con decremento en la fecha del caudal máximo, en la duración de los pulsos altos y en la tasa de incremento. Por último una alteración hacia un incremento en la cantidad de pulsos bajos en el caudal.

Para las alteraciones hidrológicas la figura 5.10 señala modificaciones en todos los componentes de caudal ecológico. Las alteraciones hidrológicas para todos los componentes del caudal ecológico se muestran en la Figura 5.12, en esta gráfica prácticamente todos muestran una alteración alta excepto para el número de días con los caudales extremos bajos. Por lo tanto, con estas cuatro gráficas resumen toda la información de la tabla 5.4 y las diferencias significativas en junio y noviembre pueden ser debidas al cambio climático.

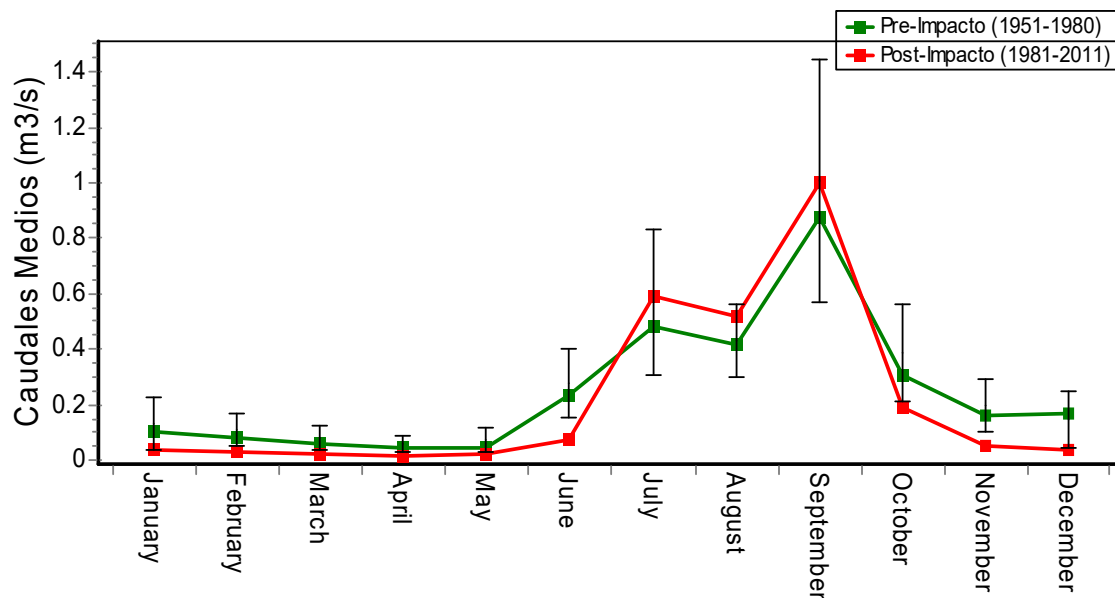


Figura 5.9 Caudales medios mensuales en los periodos de pre-impacto 1951-1980 y post-impacto 1981-2011 en la estación 18223 (Ticumán).

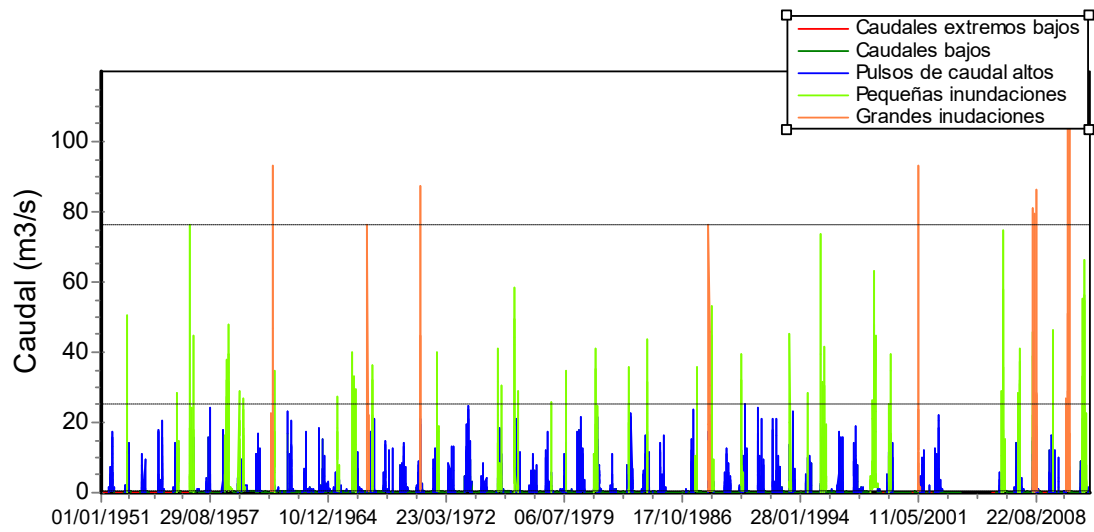


Figura 5.10 Comportamiento de los componentes de caudal ecológico entre los periodos de pre-impacto (1949-1979) y post-impacto (1980-2011) en la estación 18223 (Ticuman).

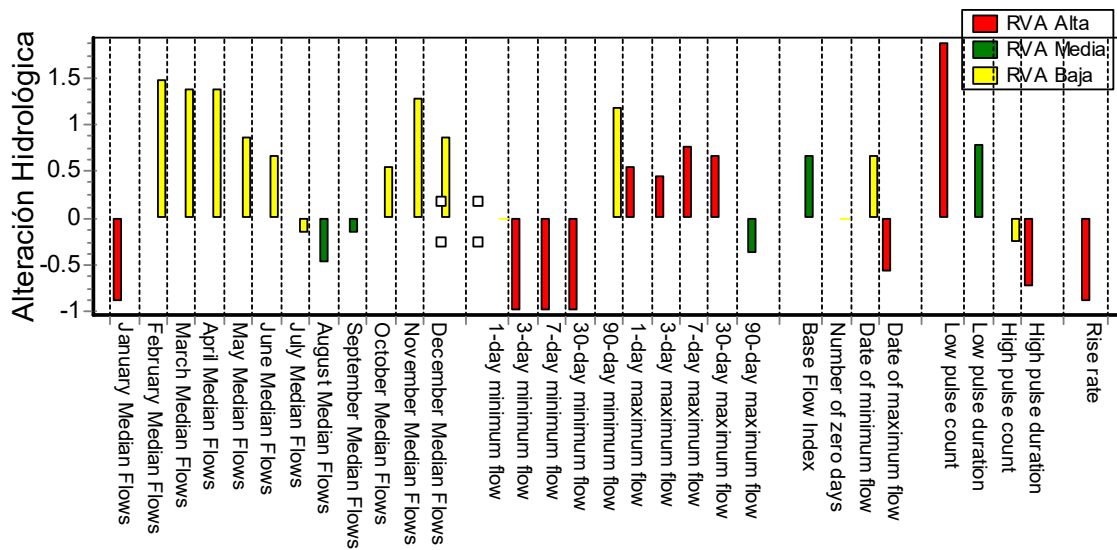


Figura 5.11 Factores con las mayores alteraciones hidrológicas en el Río Yautepec para los periodos de pre-impacto (1951-1980) y post-impacto (1981-2011) en la estación 18223 (Ticumán).

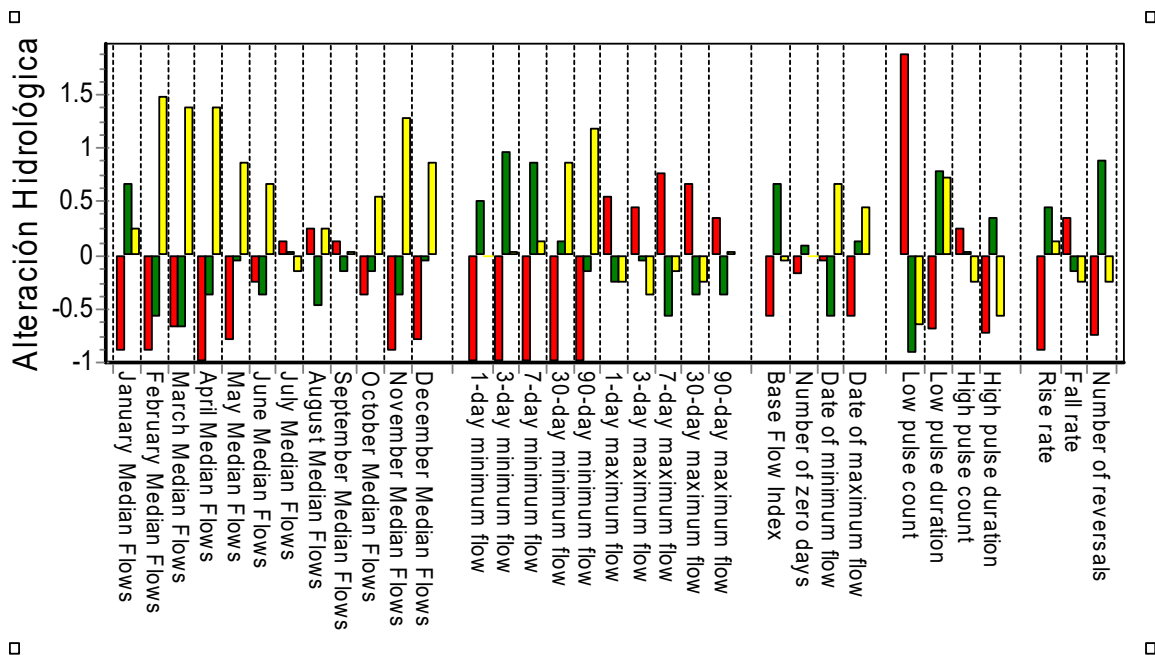


Figura 5.12 Valores de Alteración Hidrológica para los componentes del caudal ecológico en el Río Yautepec para los periodos de pre-impacto (1951-1980) y post-impacto (1981-2011) en la estación 18223 (Ticumán).

5.5.3 Análisis del Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica 18406 (Las Estacas)

Los 32 parámetros hidrológicos de caudales calculados por el IHA para la estación 18406 (Las Estacas) de la parte baja de la Subcuenca del Río Yautepec para el periodo de pre-impacto (1968-1988; 21 años) y post-impacto (1989-2011; 22 años) se resumen en el Tabla 5.5 y comprenden: caudales medios mensuales con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA (Range of Variability Approach) y alteración hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto o Grupo 1. Para el Grupo 2, se tienen los resultados de la frecuencia de caudales mínimos y máximos durante 1, 3, 7, 30 y 90 días con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA y alteración hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto. Para el Grupo 3, el caudal mínimo y máximo durante todo el periodo analizado con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA, y alteración hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto. Para el Grupo 4, la cantidad de pulsos bajos, duración de los pulsos altos, cantidad de pulsos altos, duración de pulsos altos, pulsos umbral bajos, pulsos umbral altos (con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA, y

alteración hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto), y para el Grupo 5, la tasa de cambio en los caudales, la caída en la tasa de cambio y número de inversiones en la tasa de cambio (con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA, y alteración hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto). Así como los caudales ecológicos bajos (EFC) para los meses del año, periodicidad, frecuencia, duración, tasas de variación y caudales umbrales de los caudales ambientales.

Como lo señala el método IHA-V7, los RVA (Range of Variability Approach) o cuantificación de los rangos de variación en los caudales definen el grado de alteración en los regímenes de caudal natural para cada grupo de caudales. El programa calcula la frecuencia con la cual los valores anuales post-impacto de los parámetros del IHA caen dentro una determinada categoría, a través de:

$$\text{(Frecuencia Observada – Frecuencia Esperada) / Frecuencia Esperada}$$

Un valor positivo en la Alteración Hidrológica (AH) significa que la frecuencia de los valores en las categorías o grupos ha sido incrementada del periodo de pre-impacto al periodo de post-impacto (con un máximo valor que puede llegar a ser infinito), mientras que un valor negativo significa que la frecuencia de los valores ha disminuido (con un mínimo valor de -1).

Tabla 5.5 Parámetros hidrológicos de caudal ecológico obtenidos de la aplicación del software IHA a los datos hidrométricos de la estación 18406 (Las Estacas) de la parte baja de la Subcuenca del Río Yautepec.

No-Parametrico IHA			
YAUTE-18406-ESTACAS			
Pre-impacto: 1968-1988 (21 años)		Post-impacto: 1989-2011 (22 años)	
Factor de Normalización	1		1
Caudal medio anual	7.13		6.7
Caudal medio no-Normalizado	7.13		6.7
C. V. anual	0.44		0.09
Predicibilidad del caudal	0.69		0.73
Constancia/predicibilidad	0.96		0.98
% de inundaciones c/60 días	0.25		0.26
Estación libre de inundaciones	1		10

MEDIANA		COEFF. de DISP.		DESVIACION	SIGNIFICANCIA
S		Pre	Post	Mediana	Mediana
Pre	Post	Pre	Post	s	s
				C.D.	C.D.

Grupo #1								
Enero	6.864	6.748	0.09443	0.1076	0.01685	0.1393	0.5335	0.7968
Febrero	6.747	6.634	0.09682	0.1188	0.01673	0.2267	0.6667	0.3904
						0.0841		
Marzo	6.815	6.568	0.1621	0.1485	0.03619	9	0.3283	0.7928
						0.0960		
Abril	6.836	6.431	0.1373	0.1505	0.05929	9	0.1321	0.6807
Mayo	6.744	6.53	0.1376	0.121	0.03173	0.1208	0.2923	0.7908
Junio	6.844	6.61	0.1483	0.1141	0.03421	0.2306	0.1842	0.5425
						0.0556		
Julio	6.854	6.523	0.09752	0.1029	0.04829	6	0.01802	0.8729
						0.00700		
Agosto	7.083	6.484	0.1437	0.0962	0.08448	0.3307	7	0.1982
Septiembre	7.173	6.62	0.1157	0.1545	0.07716	0.3355	0.03504	0.1071
						0.0731		
Octubre	7.105	6.731	0.1877	0.174	0.05263	4	0.3514	0.7277
Noviembre	7.265	7.127	0.1503	0.1251	0.019	0.1679	0.5175	0.6056
						0.0178		
Diciembre	6.917	6.815	0.1215	0.1236	0.01471	1	0.4484	0.971
Grupo #2								
1-día c/mínimo	5.608	5.474	0.2073	0.1083	0.02388	0.4773	0.4414	0.4214
					0.00433			
3-días c/mínimo	5.69	5.666	0.1486	0.1148	2	0.2279	0.8879	0.5005
				0.0823				
7- días c/mínimo	5.976	5.776	0.1302	2	0.03354	0.3679	0.2703	0.2663
30- días c/mínimo	6.126	6.03	0.1231	0.0821	0.01568	0.3328	0.4254	0.2973
				0.0761				
90- días c/mínimo	6.503	6.245	0.1305	6	0.03972	0.4165	0.1291	0.1902
1-día c/máximo	8.441	7.989	0.1791	0.1022	0.05355	0.4297	0.1251	0.3123
3-días c/máximo	8.16	7.86	0.1457	0.1107	0.03672	0.2404	0.1742	0.3764
7- días c/máximo	8.018	7.809	0.138	0.1125	0.02603	0.1847	0.1361	0.6607
				0.0914	0.00862			
30- días c/máximo	7.689	7.622	0.1204	4	4	0.2404	0.5976	0.4795
				0.0900				
90- días c/máximo	7.432	7.24	0.1269	4	0.02585	0.2903	0.2963	0.4204
No. de días con caudal cero	0	0	0	0				
				0.0893				
Indice de caudal base	0.8594	0.8842	0.073	7	0.02882	0.2242	0.2252	0.5926
Grupo #3								
Fecha del mínimo	53	196.5	0.4672	0.4474	0.7842	0.0424	0.4324	0.7788
						0.0303		
Fecha del máximo	230	330	0.3374	0.3272	0.5464	6	0.07608	0.9339
Grupo #4								
Cantidad de pulsos bajos	7	11	1.071	0.6818	0.5714	0.3636	0.03303	0.3133
Duración de pulsos bajos	2.75	4	1.318	1.875	0.4545	0.4224	0.05506	0.4164
Cantidad de pulsos altos	9	4	1.167	1.313	0.5556	0.125	0.07908	0.7548

Duración de pulsos altos	3	3	0.6667	1.833	0	1.75	0.6376	0.07407
Pulsos umbral bajos	6.44							
Pulsos umbral altos	7.39							

Grupo #5

								0.00500
Tasa de incremento	0.0785	0.04337	0.4376	0.9336	0.4476	1.134	0.01101	5
Tasa de decremento	-0.07218	0.04535	-0.4829	-0.5914	0.3717	0.2249	0.03904	0.4585
No. de inversiones	137	123.5	0.2555	0.5789	0.09854	1.266	0.1782	1

EFC Caudales Bajos

				0.0816	0.00433			
Enero	6.864	6.834	0.06978	1	4	0.1695	0.7297	0.5716
Febrero	6.663	6.604	0.07325	0.1068	0.00878	0.4587	0.7838	0.1381
Marzo	6.818	6.573	0.07751	0.1019	0.03595	0.3148	0.3233	0.2723
Abril	6.819	6.467	0.09006	0.1289	0.05156	0.4312	0.1051	0.05205
				0.0972				
Mayo	6.712	6.588	0.08299	9	0.01845	0.1723	0.5836	0.6166
				0.0732				
Junio	6.786	6.618	0.0915	6	0.02479	0.1994	0.2192	0.5676
				0.0787				
Julio	6.783	6.606	0.06028	1	0.02603	0.3057	0.1371	0.3033
				0.0727		0.0388	0.00400	
Agosto	6.952	6.5	0.07005	8	0.065	8	4	0.8749
Septiembre	6.973	6.62	0.07687	0.1135	0.05059	0.4763	0.1021	0.05806
						0.0891		
Octubre	6.937	6.703	0.1405	0.128	0.03378	8	0.3243	0.6306
Noviembre	6.957	7.045	0.1134	0.0769	0.01265	0.3222	0.6827	0.5355
				0.0976	0.00783	0.0246		
Diciembre	6.867	6.813	0.0953	5	2	5	0.6957	0.9309

EFC

				0.0419		0.0299		
Picos extremos bajos	5.831	5.77	0.04072	4	0.01045	3	0.3524	0.973
Duración de extremos bajos	3	3	0.9167	1.333	0	0.4545	0.5005	0.2873
Periodicidad de extremos bajos	285.5	211.5	0.4604	0.265	0.4044	0.4243	0.3113	0.3083
Frecuencia de extremos bajos	1	6	6.5	1.667	5	0.7436	0.02603	0.2923
			0.00930	0.0257				0.00600
Picos de caudal altos	7.533	7.619	1	1	0.01143	1.764	0	6
							0.00100	
Duración de caudales altos	2	3	0.75	1.333	0.5	0.7778	1	0.1231
Periodicidad de caudales altos	212	321	0.248	0.1667	0.5956	0.3278	0.02903	0.3243
Frecuencia de caudales altos	7	3	1.357	1.5	0.5714	0.1053	0.05305	0.8559
Tasa de incremento c/altos	0.1533	0.2928	0.9456	0.8177	0.9104	0.1353	0.01101	0.7097
Tasa de decremento c/altos	-0.1927	-0.1876	-0.3924	-0.7651	0.02646	0.9498	0.8949	0.2482
Picos de pequeñas inundaciones				0.0846				
	8.808	8.635	0.0522	7	0.01964	0.6221	0.3313	0.3003

Duración de pequeñas inundac.	17	25	0.8162	2.21	0.4706	1.708	0.3433	0.02603
Periodicidad de pequeñas inund.	252.5	302.5	0.4911	0.4331	0.2732	0.1182	0.7868	0.7838
Frecuencia de pequeñas inund.	0	0	0	0				
Tasa de incremento peq. inund.	0.3094	0.4322	0.7119	2.705	0.3968	2.799	0.2042	0.07608
Tasa de decremento peq. Inund.	-0.2158	-0.203	-1.153	-7.89	0.05944	5.842	0.9359	0.01602
Pico de grandes inundaciones	28.49		0.4179					
Duración de grandes inundac.	284		1.352					
Periodicidad de grandes inund.	238		0.02186					
Frecuencia de grandes inunda.	0	0	0	0				
Tasa de incremento grand inund	0.2008		1.087					
Tasa de decremento grand. Inun.	-4.648		-1.978					
<hr/>								
EFC umbral de caudales bajos:								
EFC umbral de caudales altos:		7.39						
EFC umbral de caudales extremos bajos:		6.024						
<hr/>								
EFC pico mínimo de peq. inundaciones:		8.216						
EFC pico mínimo de peq. Inundaciones:		20.32						
<hr/>								

5.5.3.1 Caudales ecológicos estación hidrométrica 18406, Las Estacas (pre-impacto y post-impacto) subcuenca río Yautepec

El comportamiento de los caudales medios mensuales para la estación hidrométrica Las Estacas (18406), ubicada en la parte baja de la Subcuenca del Río Yautepec para los periodos de pre y post impacto se observa en la Figura 5.13. Estos caudales medios señalan una alteración en el régimen hidrológico significativo entre 1968-1988 y 1989-2011 en los promedios mensuales en los meses de abril, julio, agosto y septiembre.

La gráfica de los componentes del caudal ambiental (caudales extremos bajos en rojo, caudales bajos en verde bandera, los pulsos de caudales altos en azul, las pequeñas inundaciones en verde limón y las grandes inundaciones en naranja), muestran alteraciones en las grandes inundaciones en el periodo de post-impacto (1980-2000; Figura 5.14).

La gráfica que señala los factores con las grandes alteraciones hidrológicas se observa en la Figura 5.15, en esta se muestran las mayores alteraciones en los caudales medios del mes de mayo, julio, octubre y noviembre (decrementos), así mismo una alteración hacia la baja de los caudales mínimos diarios durante 3, 7 y 30 días; por el contrario una alteración con un incremento en los caudales máximos para 1, 3, 7, 30 y 90 días; una alteración con decremento en los días 3, 7, 30 y 90 del caudal máximo, en la duración de los pulsos altos y en la tasa de incremento. Por último una alteración hacia un incremento en el flujo base, fecha del máximo caudal, y tasa de decremento de los caudales.

Para las alteraciones hidrológicas la figura 5.16 señala grandes modificaciones en todos los componentes de caudal ecológico, excepto para los caudales medios de marzo y diciembre, así como en el número de inversiones del caudal, modificaciones que pueden ser atribuidas a la influencia humana.

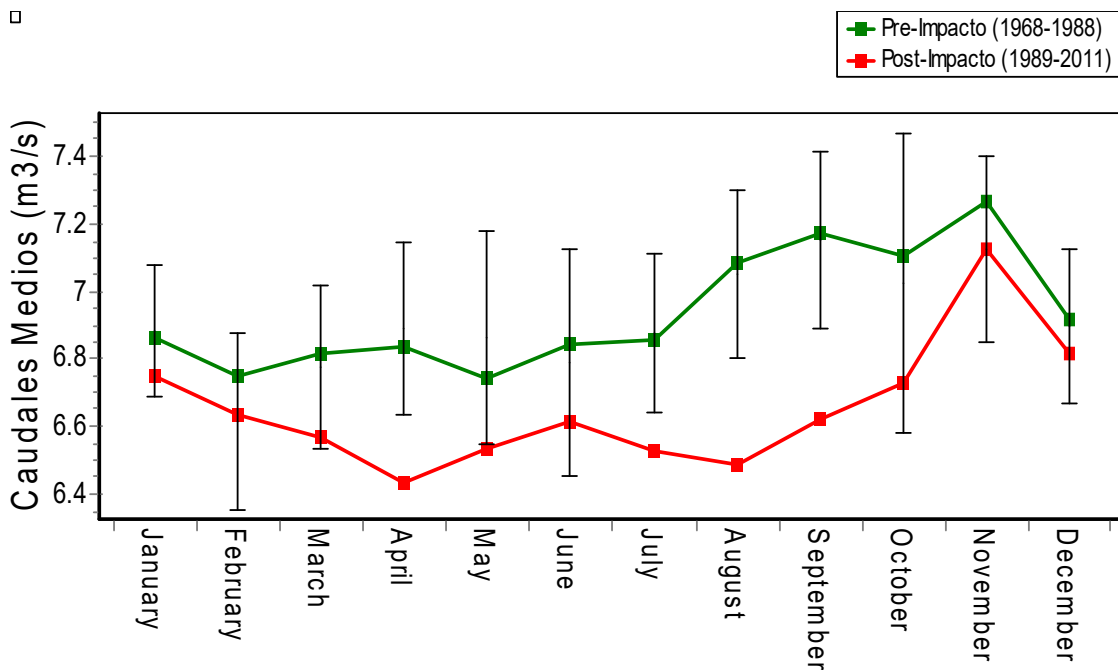


Figura 5.13 Caudales medios mensuales en los periodos de pre-impacto 1968-1988 y post-impacto 1989-2011 en la estación 18406 (Las Estacas).

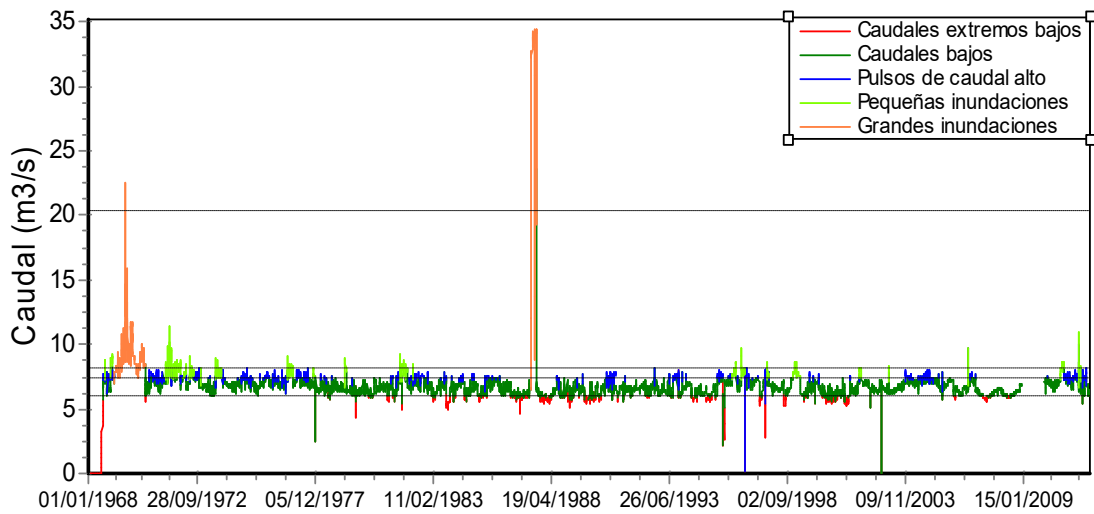


Figura 5.14 Comportamiento de los componentes de caudal ecológico entre los periodos de pre-impacto (1968-1988) y post-impacto (1989-2011) en la estación 18406 (Las Estacas).

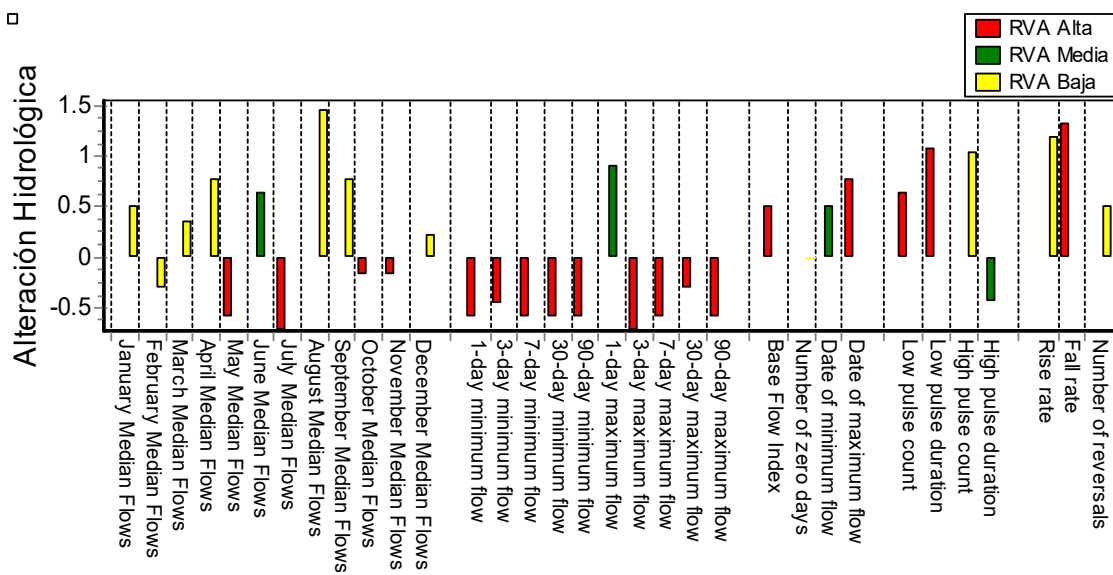


Figura 5.15 Factores con las mayores alteraciones hidrológicas en el Río Yautepec para los periodos de pre-impacto (1968-1988) y post-impacto (1989-2011) en la estación 18406 (Las Estacas).

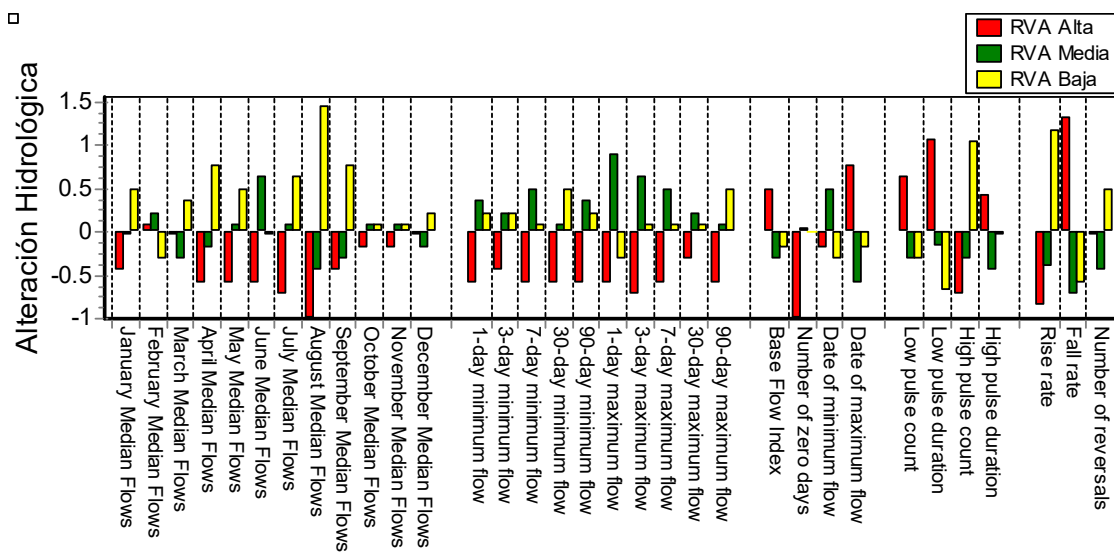


Figura 5.16 Valores de Alteración Hidrológica para los componentes del caudal ecológico en el Río Yautepec para los periodos de pre-impacto (1968-1988) y post-impacto (1989-2011) en la estación 18406 (Las Estacas).

5.5.4 Análisis del Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica 18177 (El Almeal)

Los 32 parámetros hidrológicos de caudales calculados por el IHA para la estación 18177 (El Almeal) de la parte media de la Subcuenca del Río Cuautla para el periodo de pre-impacto (1948-1978; 31 años) y post-impacto (1979-2011; 32 años) se resumen en el Tabla 5.6 y comprenden: caudales medios mensuales con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA (Range of Variability Approach) y Alteración Hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto o Grupo 1. Para el Grupo 2, se tienen los resultados de la frecuencia de caudales mínimos y máximos durante 1, 3, 7, 30 y 90 días con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA y Alteración Hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto. Para el Grupo 3, el caudal mínimo y máximo durante todo el periodo analizado con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA, y Alteración Hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto. Para el Grupo 4, la cantidad de pulsos bajos, duración de los pulsos altos, cantidad de pulsos altos, duración de pulsos altos, pulsos umbral bajos, pulsos umbral altos (con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA, y Alteración Hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto), y para el Grupo 5, la

tasa de cambio en los caudales, la caída en la tasa de cambio y número de inversiones en la tasa de cambio (con sus valores de desviación, máximos y mínimos, resultados de los RVA, y Alteración Hidrológica de los periodos de pre-impacto y post-impacto). Así como los caudales ecológicos bajos (EFC) para los meses del año, periodicidad, frecuencia, duración, tasas de variación y caudales umbrales de los caudales ambientales.

Como lo señala el método IHA-V7, los RVA (Range of Variability Approach) o cuantificación de los rangos de variación en los caudales definen el grado de alteración en los regímenes de caudal natural para cada grupo de caudales. El programa calcula la frecuencia con la cual los valores anuales post-impacto de los parámetros del IHA caen dentro una determinada categoría, a través de:

$$\text{(Frecuencia Observada – Frecuencia Esperada) / Frecuencia Esperada}$$

Un valor positivo en la Alteración Hidrológica (AH) significa que la frecuencia de los valores en las categorías o grupos ha sido incrementada del periodo de pre-impacto al periodo de post-impacto (con un máximo valor que puede llegar a ser infinito), mientras que un valor negativo significa que la frecuencia de los valores ha disminuido (con un mínimo valor de -1).

Tabla 5.6 Parámetros hidrológicos de caudal ecológico obtenidos de la aplicación del software IHA a los datos hidrométricos de la estación 18177 (El Almeal) de la parte media de la Subcuenca del Río Yautepec.

Análisis No-Paramétrico IHA		CUAUT-18177		Pre-impacto: 1948-1978 (31 años)		Post-impacto: 1979-2011 (32 años)	
Factor de Normalización		1		1			
Caudal Medio anual		1.05		0.84			
Caudal promedio No-							
Normalizado		1.05		0.84			
C. V. Anual		0.23		0.22			
Predicibilidad del caudal		0.69		0.68			
Constancia/predicibilidad		0.97		0.97			
% del caudal c/60 días		0.23		0.23			
Estación libre de inundaciones		0		60			

MEDIANA		COEFF. de		DEVIACION		SIGNIFICANCIA	
S		DISP.		Medians	C.D.	Medians	C.D.
Pre	Post	Pre	Post				

Grupo #1								
Enero	1.06	0.8051	0.1878	0.297	0.2404	0.5809	0	0.02603
Febrero	1.052	0.7761	0.2121	0.3255	0.2623	0.5345	0	0.02703
Marzo	1.05	0.8017	0.2505	0.2795	0.2365	0.1157	0	0.6517
Abril	1.12	0.834	0.201	0.2705	0.2553	0.3462	0	0.1151
Mayo	1.04	0.7811	0.1892	0.287	0.2488	0.5172	0	0.02503
Junio	1.1	0.7862	0.1614	0.242	0.2853	0.4999	0	0.1532
Julio	1.089	0.8105	0.2149	0.2431	0.2555	0.1309	0	0.5566
Agosto	1.09	0.8244	0.2858	0.2111	0.2436	0.2616	0	0.3443
Septiembre	1.087	0.8295	0.1592	0.2706	0.2368	0.7001	0	0.01101
Octubre	1.05	0.8241	0.1704	0.295	0.2151	0.7312	0	0.01001
Noviembre	1.039	0.8294	0.185	0.291	0.2015	0.573	0	0.04605
Diciembre	0.985	0.846	0.2335	0.268	0.1411	0.1478	0.01201	0.5806

Grupo #2								
							0.00700	
1-día mínimo	0.3399	0.613	2.015	0.5905	0.8035	0.707	7	0.1211
3-días mínimo	0.4648	0.6505	1.156	0.6381	0.3996	0.448	0.06106	0.1982
7- días mínimo	0.6888	0.6762	0.6786	0.6193	0.01828	0.08746	0.9039	0.8268
30- días mínimo	0.8833	0.7211	0.3015	0.3654	0.1835	0.212	0.04204	0.7167
90- días mínimo	0.954	0.7625	0.2326	0.2512	0.2007	0.08021	0.01101	0.6887
1-día máximo	1.38	0.9447	0.3551	0.3338	0.3154	0.06015	0	0.8498
3-días máximo	1.35	0.9317	0.3371	0.3293	0.3098	0.0231	0	0.9489
7- días máximo	1.312	0.9307	0.2797	0.3121	0.2906	0.1161	0	0.7618
30- días máximo	1.226	0.9141	0.213	0.3081	0.2547	0.4464	0	0.1642
90- días máximo	1.186	0.8883	0.1612	0.2955	0.2513	0.8332	0	0.01401
No. de días c/cero	0	0	0	0				
Índice de caudal base	0.6319	0.8528	0.5804	0.4415	0.3496	0.2393	0.02102	0.5365

Grupo #3								
Fecha del mínimo	55	186.5	0.4317	0.4822	0.7186	0.1171	0.6987	0.2643
Fecha del máximo	178	155	0.3716	0.4488	0.1257	0.2077	0.4765	0.1491

Grupo #4								
Cantidad de pulsos bajos	5	0.5	1.4	6	0.9	3.286	0.08408	0
								0.00300
Duración de pulsos bajos	5	3.5	0.75	3.071	0.3	3.095	0.2112	3
Cantidad de pulsos altos	6	0	1.667	0	1	1	0.05606	0.06006
Duración de pulsos altos	4	0	1.625	0	1	1	0.1491	0.1371
Pulsos umbral bajos	0.94							
Pulsos umbral altos	1.16							

Grupo #5								
Tasa de incremento	0.0101	0.003397	1.089	0.9814	0.6637	0.09892	0.03003	0.8258
Tasa de decremento	-0.01337	0.003875	-0.8703	-0.7677	0.7101	0.1179	0.02302	0.6607

								0.00600
No. de inversiones	63	44.5	0.4444	0.8258	0.2937	0.8581	0.01301	6
<hr/>								
EFC caudales bajos								
Enero	1.042	0.9724	0.1386	0.1528	0.06715	0.1022	0.06707	0.7878
				0.0891				
Febrero	1.052	0.9779	0.1596	4	0.07044	0.4415	0.06206	0.0971
Marzo	1.018	0.9565	0.1797	0.1361	0.06043	0.2426	0.1211	0.5986
Abril	1.029	0.9258	0.1575	0.1566	0.1004	0.0054	0.01702	0.98
						0.00723		
Mayo	1.015	0.9441	0.1665	0.1653	0.07004	3	0.1782	0.979
			0.0957				0.00200	
Junio	1.056	0.9234	4	0.1563	0.1255	0.6322	2	0.02703
Julio	1.068	0.9155	0.1269	0.1158	0.1428	0.08729	0	0.7277
Agosto	1.05	0.9321	0.1476	0.0964	0.1122	0.347	0.01502	0.08008
							0.00700	
Septiembre	1.04	0.9177	0.1207	0.1513	0.1175	0.2537	7	0.3073
Octubre	1.03	0.9693	0.1215	0.2002	0.05884	0.6474	0.3033	0.01802
Noviembre	1.037	0.937	0.1403	0.1872	0.09629	0.3344	0.05606	0.1251
Diciembre	0.9989	0.9404	0.1834	0.1735	0.05861	0.05372	0.2182	0.8158
<hr/>								
EFC								
Picos extremos bajos	0.6938	0.6154	0.5103	0.3823	0.113	0.2509	0.3724	0.6126
Duración de extremos bajos	3.75	24	1.333	7.807	5.4	4.855	0	0.01101
Periodicidad de extremos bajos	140	230.3	0.3992	0.1995	0.4932	0.5004	0.03504	0.05606
Frecuencia de extremos bajos	3	1	2	2	0.6667	0	0.1872	0.965
				0.0553	8.27E-			
Picos de caudal altos	1.21	1.21	0.0443	7	05	0.2499	0.8919	0.5445
Duración de caudales altos	4	3	1.063	1.5	0.25	0.4118	0.5686	0.4014
Periodicidad de caudales altos	187	189	0.349	0.4945	0.01093	0.4168	0.9219	0.2112
Frecuencia de caudales altos	6	0	1.167	0	1	1	0.02002	0.04204
Tasa de incremento c/altos	0.0399	0.066	1.224	1.008	0.6541	0.1768	0.1682	0.7658
Tasa de decremento c/altos	-0.04086	-0.01865	-1.08	-4.738	0.5435	3.388	0.06807	0
Picos de pequeñas inundaciones				0.0218				
Duración pequeñas inundaciones	1.546	1.425	0.1649	2	0.07798	0.8677	0.3764	0.06807
Periodicidad peq. inundaciones	181	107.5	0.209	0.2377	0.4016	0.1373	5	0.8408
Frecuencia peq. inundaciones	0	0	0	0				
Tasa incremento peq. Inundac.	0.09567	0.05747	0.8805	1.84	0.3993	1.09	0.3473	0.1351
Tasa decremento peq. Inundac.	-0.0625	-0.058	-1.937	-1.27	0.07208	0.3442	0.9419	0.5095
Picos de grandes inundaciones	2.506		0.2334					
Duración grandes inundaciones	27.5		1.455					
Periodicidad grandes inundac.	203		0.1298					
Frecuencia grand. Inund.	0	0	0	0				
Tasa increment grandes inund.	0.1092		6.337					

Tasa decrement grandes inund.	-0.4154	-3.478
EFC umbral de caudal bajo:		
EFC umbral de caudal alto:	1.162	
EFC umbral caudal extremo bajo:	0.8325	
EFC Caudal pico mínimo de peq. inund:	1.38	
EFC Caudal pico mínimo de grandes inund:	2.366	

5.5.4.1 Caudales ecológicos estación hidrométrica 18177, El Almeal (pre-impacto y post-impacto) subcuenca río Cuautla

El comportamiento de los caudales medios mensuales para la estación hidrométrica El Almeal (18177), ubicada en la parte alta de la Subcuenca del Río Cuautla para los periodos de pre y post impacto se observa en la Figura 5.17. Estos caudales medios señalan una alteración significativa en el régimen hidrológico en los promedios mensuales en todos los meses del año.

La gráfica de los componentes del caudal ambiental (caudales extremos bajos en rojo, caudales bajos en verde bandera, los pulsos de caudales altos en azul, las pequeñas inundaciones en verde limón y las grandes inundaciones en naranja), muestran alteraciones en todos los componentes del caudal ecológico: los caudales extremos bajos se incrementaron e hicieron más frecuentes, los caudales bajos prácticamente desaparecieron, los pulsos de caudal altos desaparecieron, así como las pequeñas y grandes inundaciones en el periodo de post-impacto (1979-2000; Figura 5.18).

La gráfica que señala los factores con las grandes alteraciones hidrológicas se observa en la Figura 5.19, en la tasa de incremento del caudal base, así como en las tasas de decremento de los caudales. Para las alteraciones hidrológicas la figura 5.20 señala grandes modificaciones en todos los componentes de caudal ecológico, excepto para los caudales medios de marzo y diciembre, así como en el número de inversiones del caudal. Modificaciones que pueden ser explicadas por influencia humana.

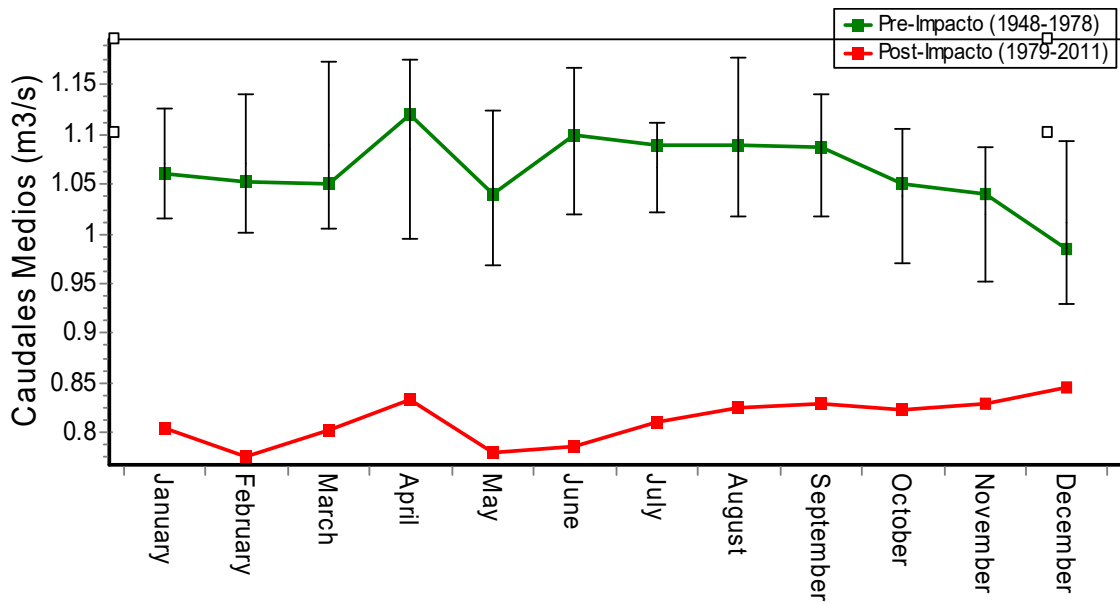


Figura 5.17 Caudales medios mensuales en los periodos de pre-impacto 1948-1978 y post-impacto 1979-2011 en la estación 18177 (El Almeal).

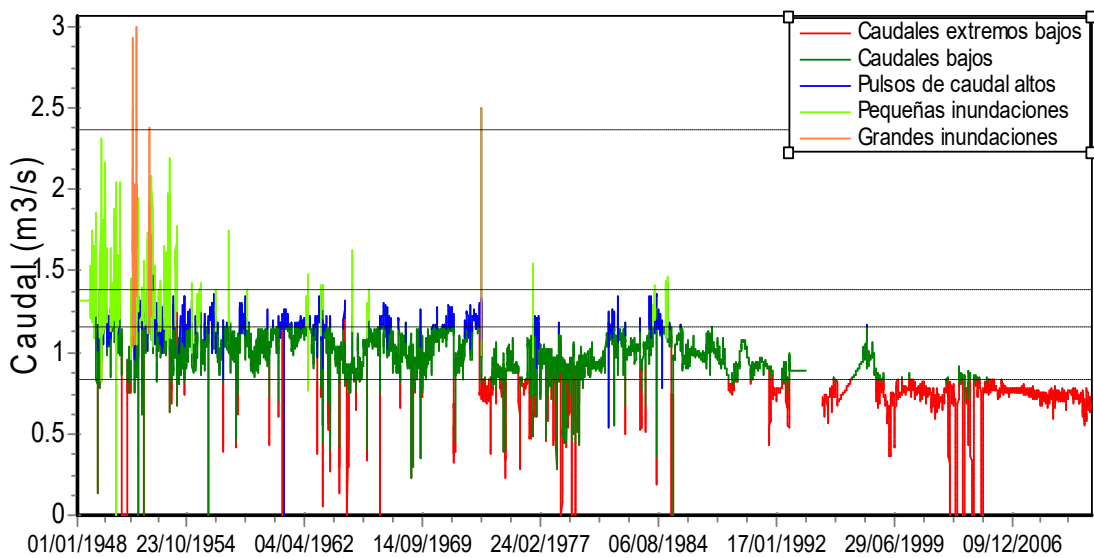


Figura 5.18 Comportamiento de los componentes de caudal ecológico entre los periodos de pre-impacto (1948-1978) y post-impacto (1979-2011) en la estación 18177 (El Almeal).

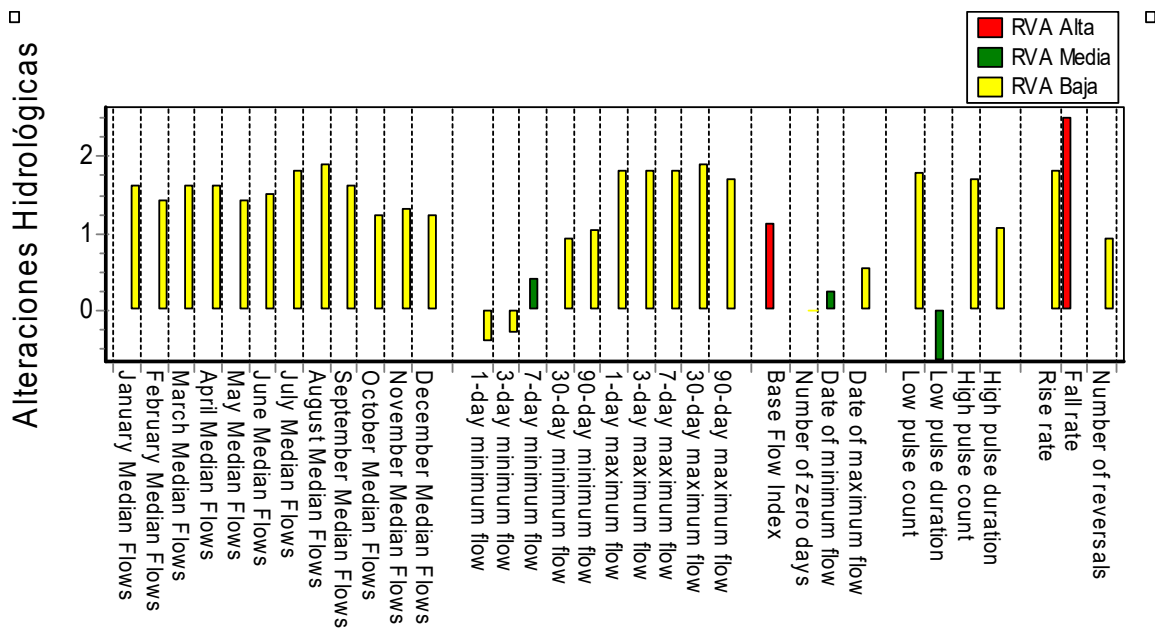


Figura 5.19 Factores con las mayores alteraciones hidrológicas en el Río Cuautla para los periodos de pre-impacto (1948-1978) y post-impacto (1979-2011) en la estación 18177 (El Almeal).

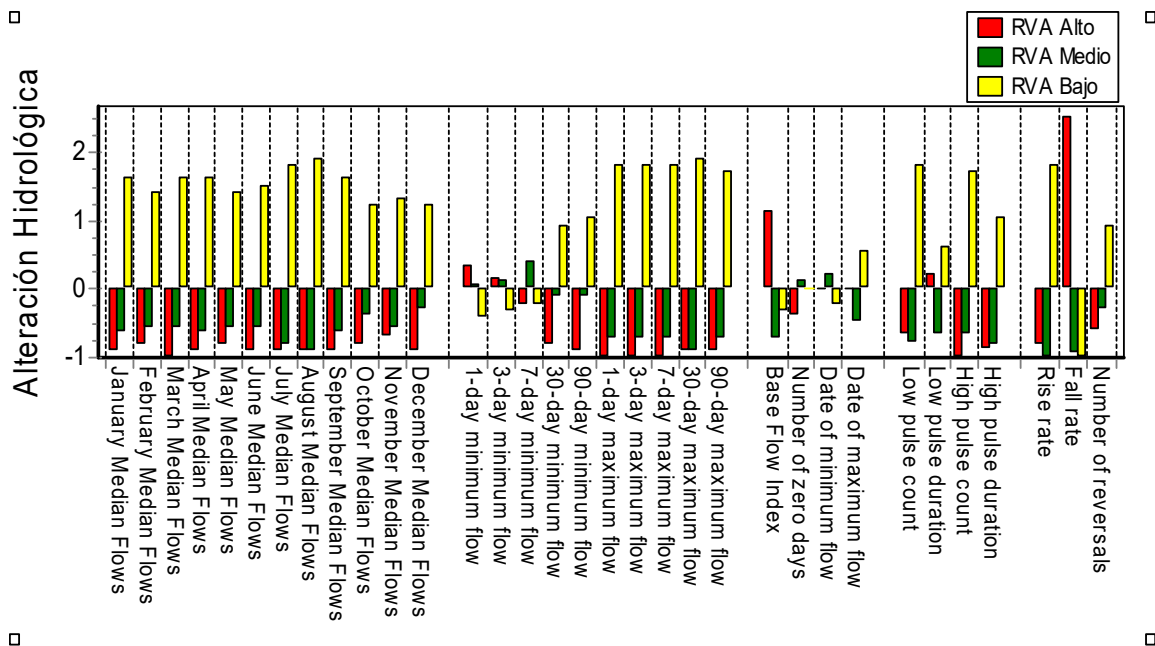


Figura 5.20 Valores de Alteración Hidrológica para los componentes del caudal ecológico en el Río Yautepec para los periodos de pre-impacto (1948-1978) y post-impacto (1979-2011) en la estación 18177 (El Almeal).

5.5.4.2 Variación promedio mensual porcentual de la precipitación entre los periodos de pre y post-impacto en la subcuenca del río Yautepec y Cuautla.

La variación promedio mensual porcentual de la precipitación entre los periodos de pre-impacto y post-impacto en las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Yautepec se muestra en el Tabla 5.7 y Figuras 5.21 a la 5.32. Los meses con los mayores decrementos porcentuales en la precipitación durante todo el año fueron: el mes de enero y diciembre en las estaciones meteorológicas Atlatlahuacan y Totalalpan, respectivamente. Sin embargo, en las estaciones de Yautepec-Yautepec, Nexpa-Tlalquilténango y Tepoztlán mostraron los mayores decrementos en la época de invierno con respecto a las otras estaciones meteorológicas, con -62.50, -66.67 y 71.58%, respectivamente. Por el contrario, los mayores incrementos en la precipitación se observaron en la época de secas, como puede observarse para la estación Oaxtepec-Yautepec en el mes de febrero con 47.24%, en la estación Yautepec-Yautepec con 35.50%, en Nexpa-Tlalquilténango con 62.94% en marzo, en Tepoztlán con 38.51% y en Totalalpan con 45.49% en enero.

Tabla 5.7 Variación promedio mensual porcentual de la precipitación entre los periodos de pre-impacto y post-impacto en las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Yautepec.

	ATLATLAHUACA N	OAXTEPEC- YAUTEPEC	TICUMAN- TLATIZAPÁN	YAUTEPEC- YAUTEPEC	NEXPA- TLALQUILTENAN GO	TEPOZTLÁN E-12	TOTALALPAN E-10
ENE	-7.80	7.24	-18.79	-62.50	25.41	25.22	45.49
FEB	-23.61	47.24	7.59	35.50	-66.67	-71.58	-45.39
MAR	-8.87	-38.57	3.07	-0.74	62.94	38.21	-54.41
ABR	-27.32	-19.84	-2.87	0.74	33.88	15.24	-36.61
MAY	-23.44	4.53	6.75	-14.43	14.42	22.74	1.43
JUN	0.51	-2.11	10.63	2.79	0.54	-0.25	-1.02
JUL	-8.58	-7.31	9.18	-3.39	10.38	-18.80	-7.50
AGO	-6.35	12.96	10.25	1.61	13.71	10.51	12.02
SEPT	-7.26	3.66	14.04	2.79	7.52	35.74	12.79
OCT	-9.18	20.85	0.84	0.66	-1.20	16.74	8.24
NOV	13.69	10.16	19.63	-13.63	34.78	30.04	-25.88
DIC	7.52	15.67	-17.90	-16.36	33.74	36.03	5.34

La variación promedio mensual porcentual de la precipitación entre los periodos de pre-impacto y post-impacto en las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Cuautla se muestra en el Tabla 5.8 Y Figura 5.34 a la 5.45. Los meses con los mayores decrementos porcentuales en la precipitación durante todo el año fueron: el mes de febrero, abril, noviembre y diciembre en las estaciones meteorológicas Alpalocan, Tecajec y Tecomalco Villa de Ayala, respectivamente. Sin embargo, en la estación Tetelcino mostró los mayores incrementos en la época de invierno (enero, febrero y marzo), con respecto a las otras estaciones meteorológicas, con 72.76, 47.72 y 98.10%, respectivamente.

Tabla 5.8 Variación porcentual promedio mensual de la precipitación entre los periodos de pre-impacto y post-impacto en las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Cuautla.

	CUAUTLA A SMN	CUAURLA DGE	TETELCIN GO	YECAPIXTLA , Y	YECAPIXTL A E.T.A.	OCUITUCO	YECAPIXT LA	MOYOTEP EC	ALPALOC AN	TECAJEC	TECAJE C V.A.
ENE	0.00	-29.65	72.76	21.56	14.65	-33.44	-2.65	-50.72	-15.95	-16.40	72.05
FEB	16.02	-13.08	47.72	3.75	-25.83	-42.43	-28.64	-0.99	-76.78	-26.30	50.53
MAR	18.33	-37.58	98.10	-30.24	5.24	42.73	-24.44	28.84	-29.09	-18.97	28.87
ABR	-2.11	-17.23	12.82	-32.45	-5.15	-11.52	13.31	0.81	-17.69	-98.21	65.26
MAY	45.18	-14.38	3.81	-8.31	-6.72	9.83	11.16	-11.74	-13.37	-15.41	18.29
JUN	3.97	-3.80	7.51	-5.72	0.43	0.55	1.20	-7.20	-16.47	-12.51	31.59
JUL	-8.00	-12.30	-0.96	0.44	-8.74	-9.11	-1.68	-6.52	-6.31	-0.70	31.97
AGO	-3.77	-0.39	-13.58	-6.36	6.18	9.95	9.84	-0.89	2.90	9.88	14.94
SEPT	14.61	-6.88	-5.13	-2.71	1.33	8.23	8.86	-1.43	4.09	24.34	16.70
OCT	-3.12	-2.91	24.95	-11.34	3.53	-7.43	3.42	-11.82	5.40	53.78	38.55
NOV	-9.73	19.09	-24.89	32.83	-6.18	-45.05	0.30	-4.07	-17.92	-40.70	100.0
DIC	28.37	-20.64	59.28	-47.44	46.83	47.04	-7.70	38.72	50.47	93.10	0

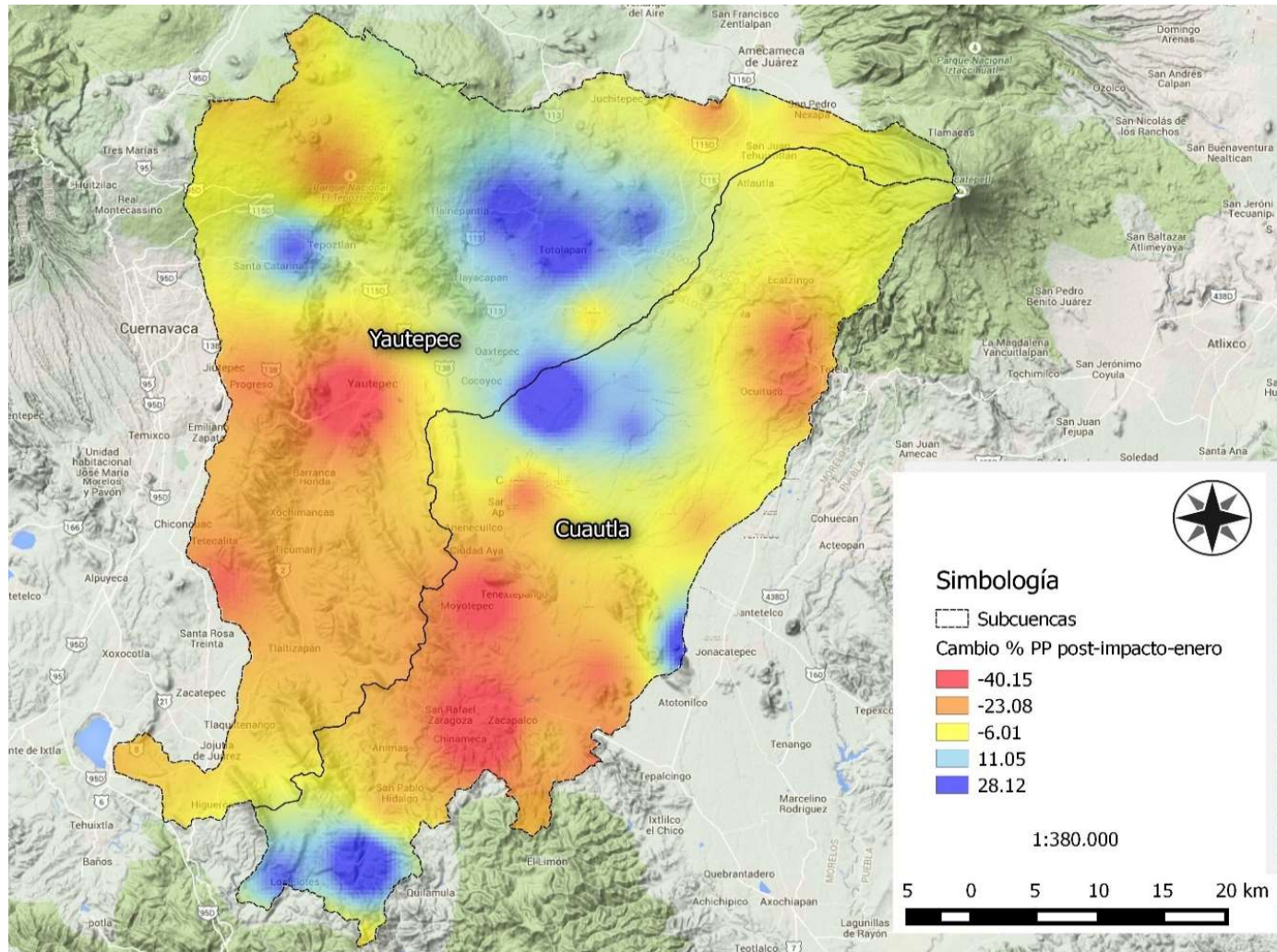


Figura 5.21 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de enero entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepéc y río Cuautla.

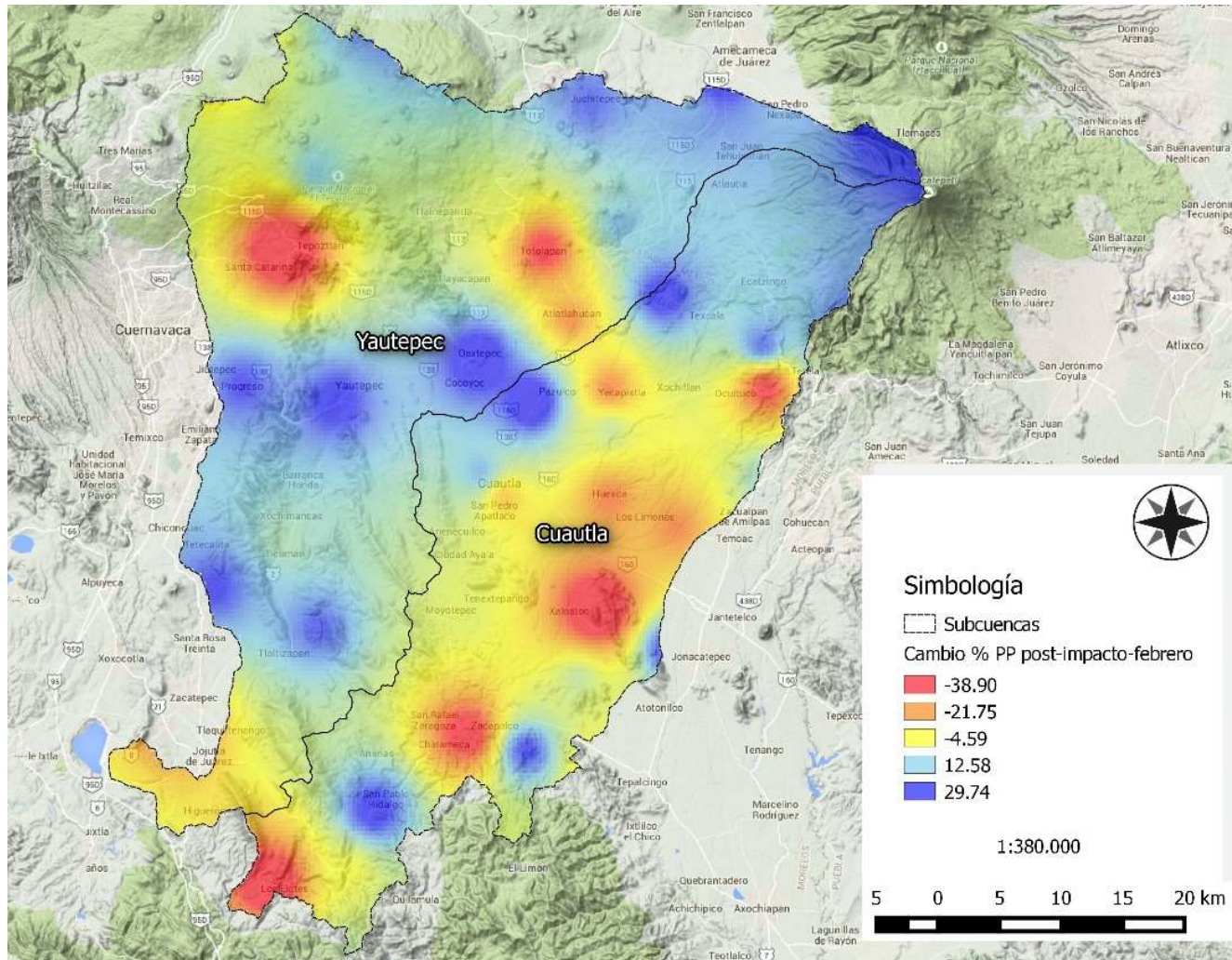


Figura 5.22 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de febrero entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.

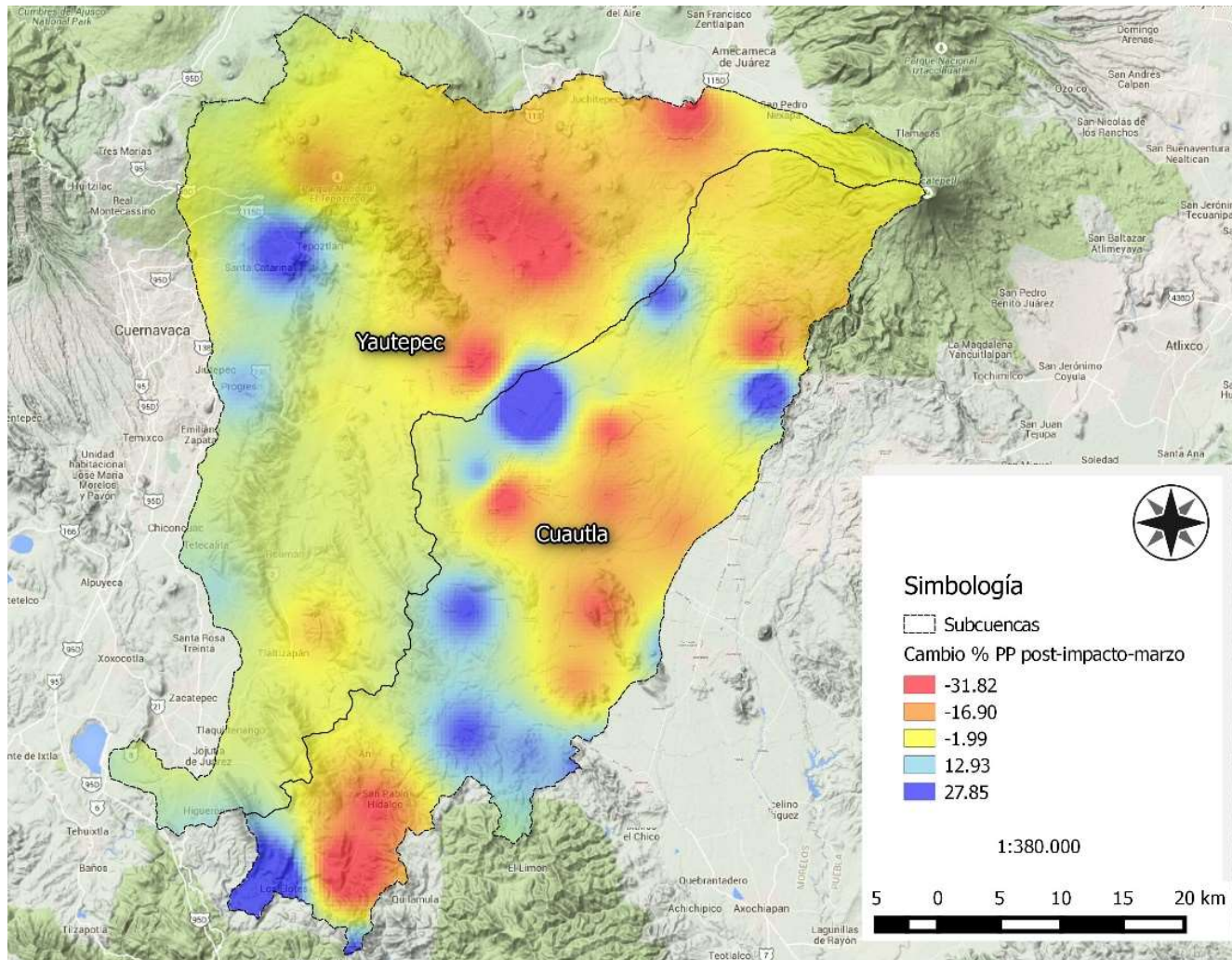


Figura 5.23 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de marzo entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.

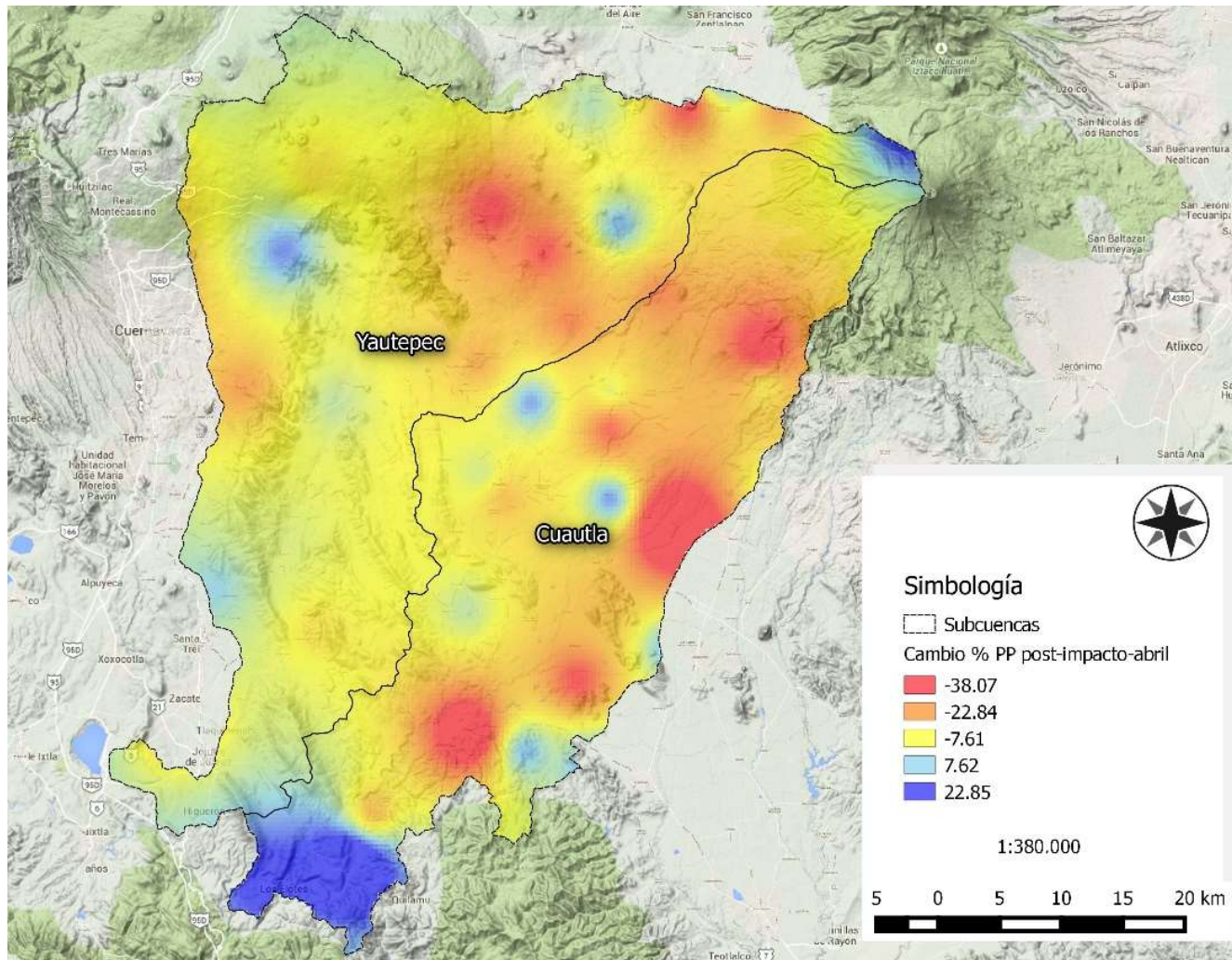


Figura 5.24 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de abril entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.

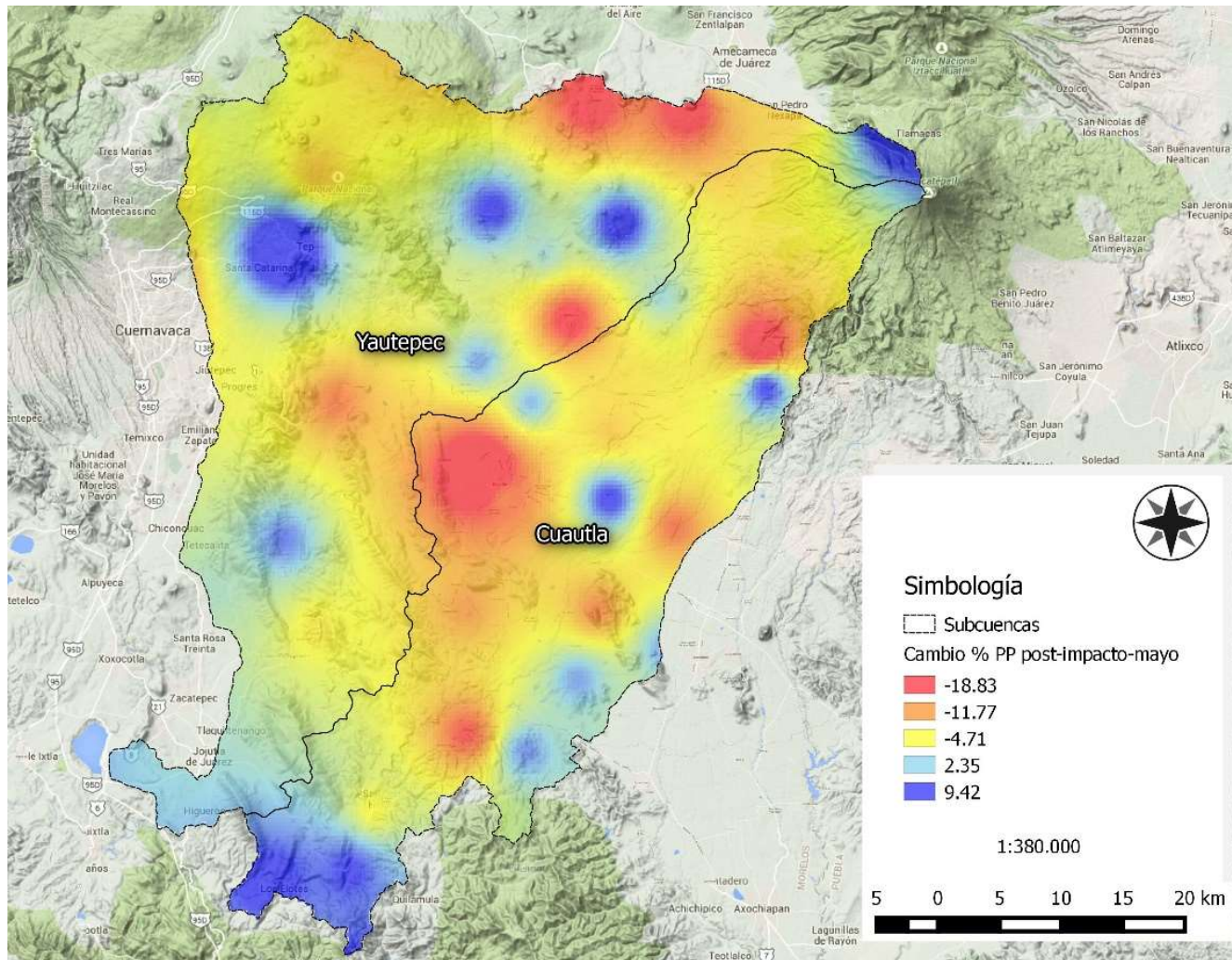


Figura 5.25 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de mayo entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.

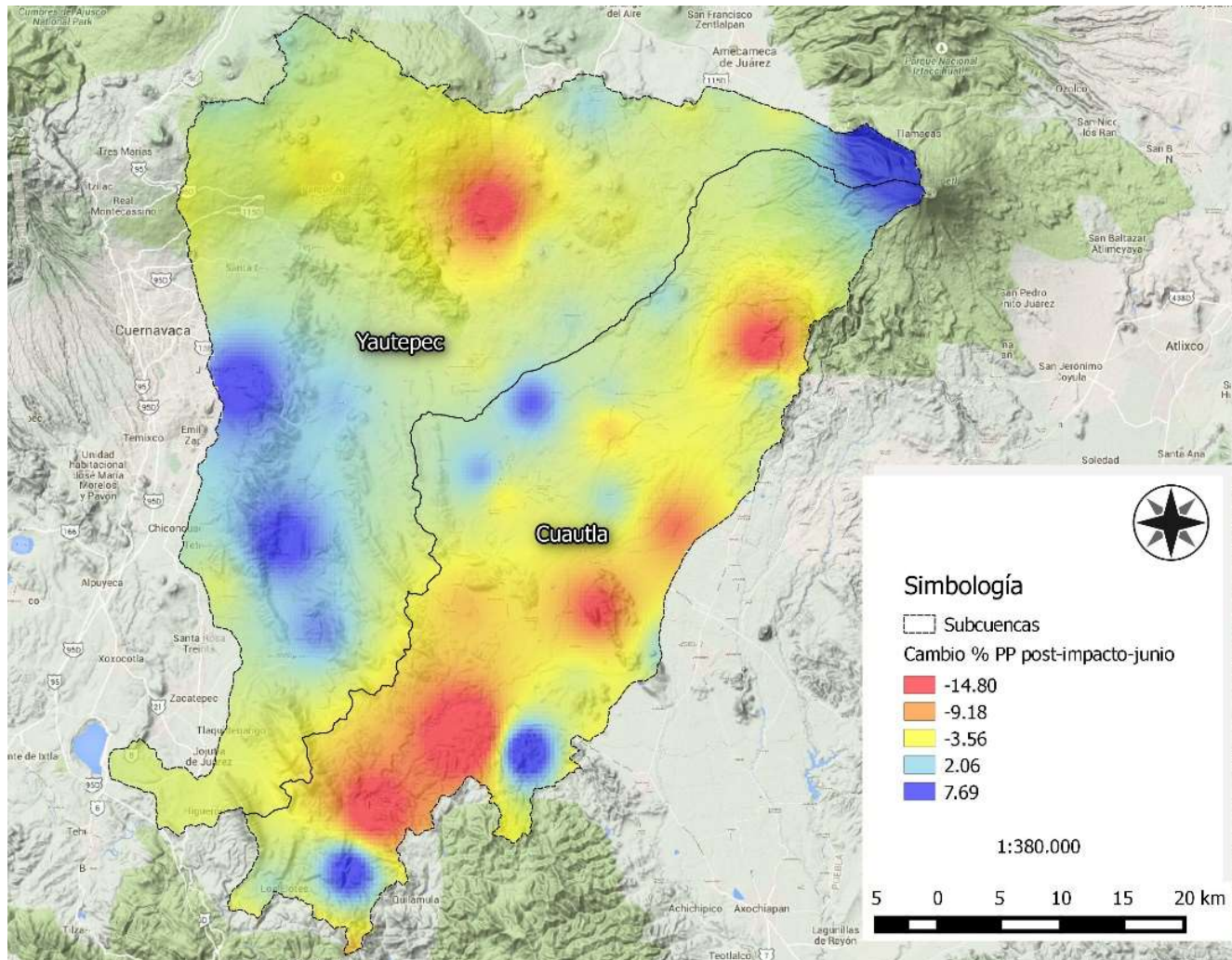


Figura 5.26 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de junio entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.

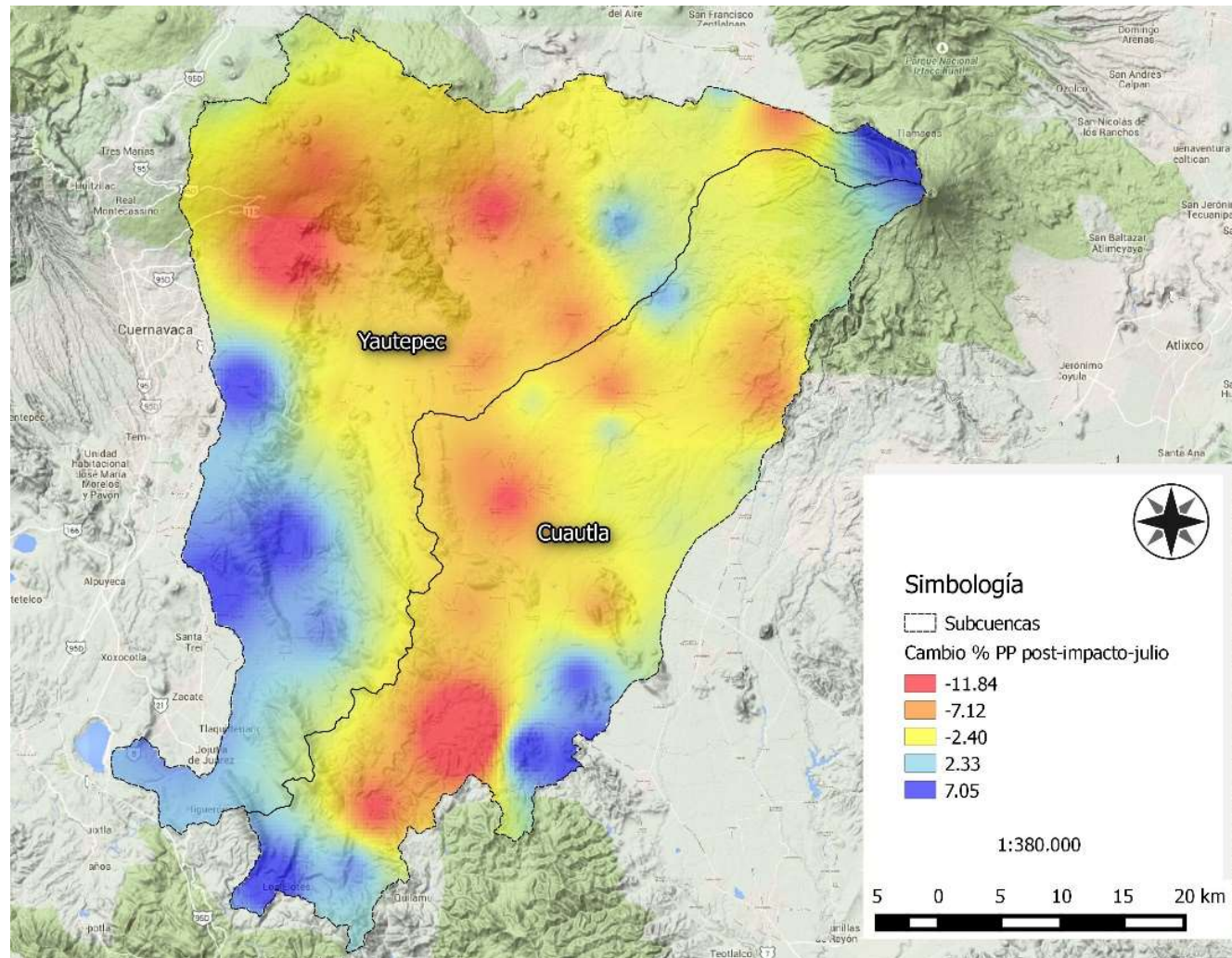


Figura 5.27 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de julio entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.

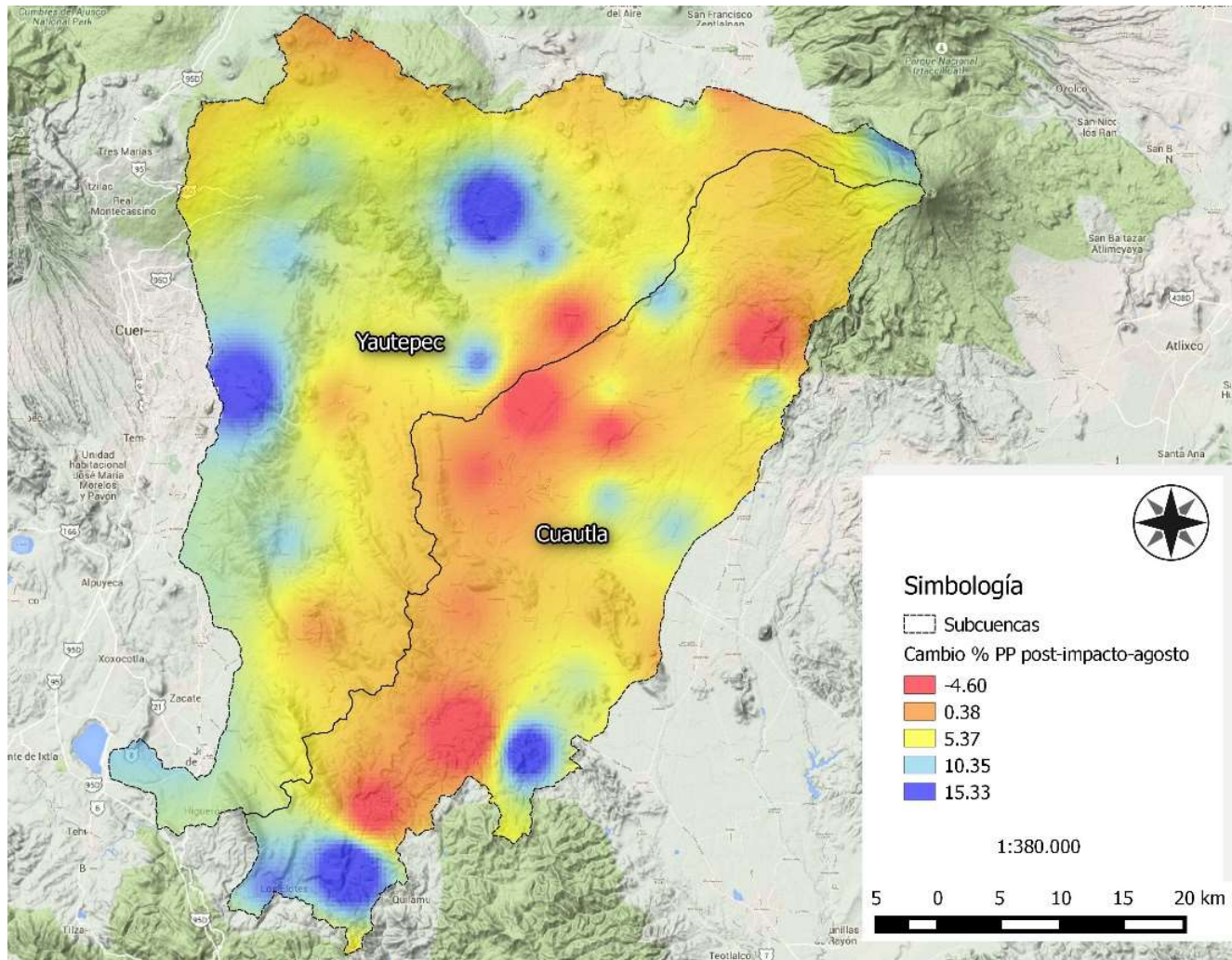


Figura 5.28 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de agosto entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.

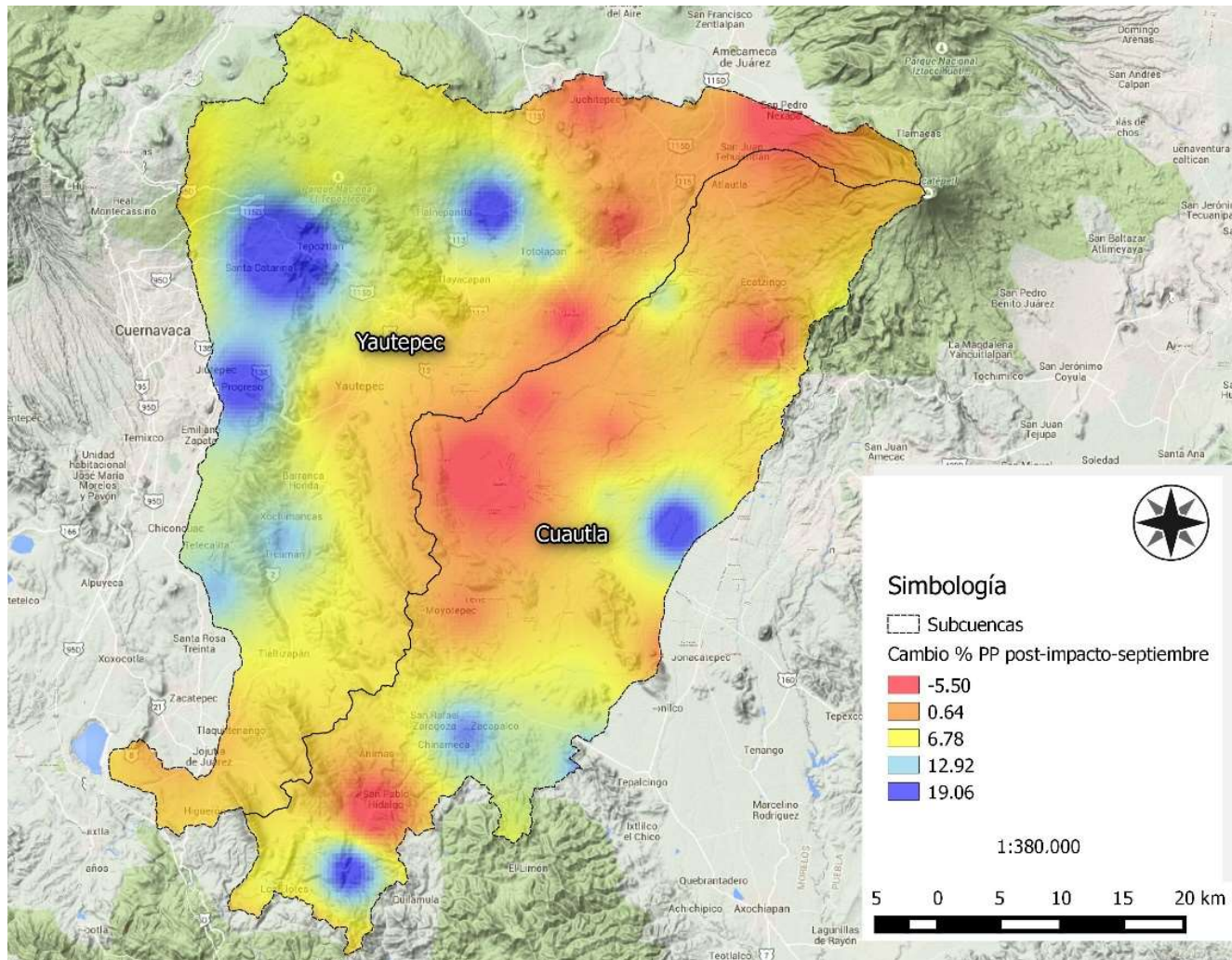


Figura 5.29 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de septiembre entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.

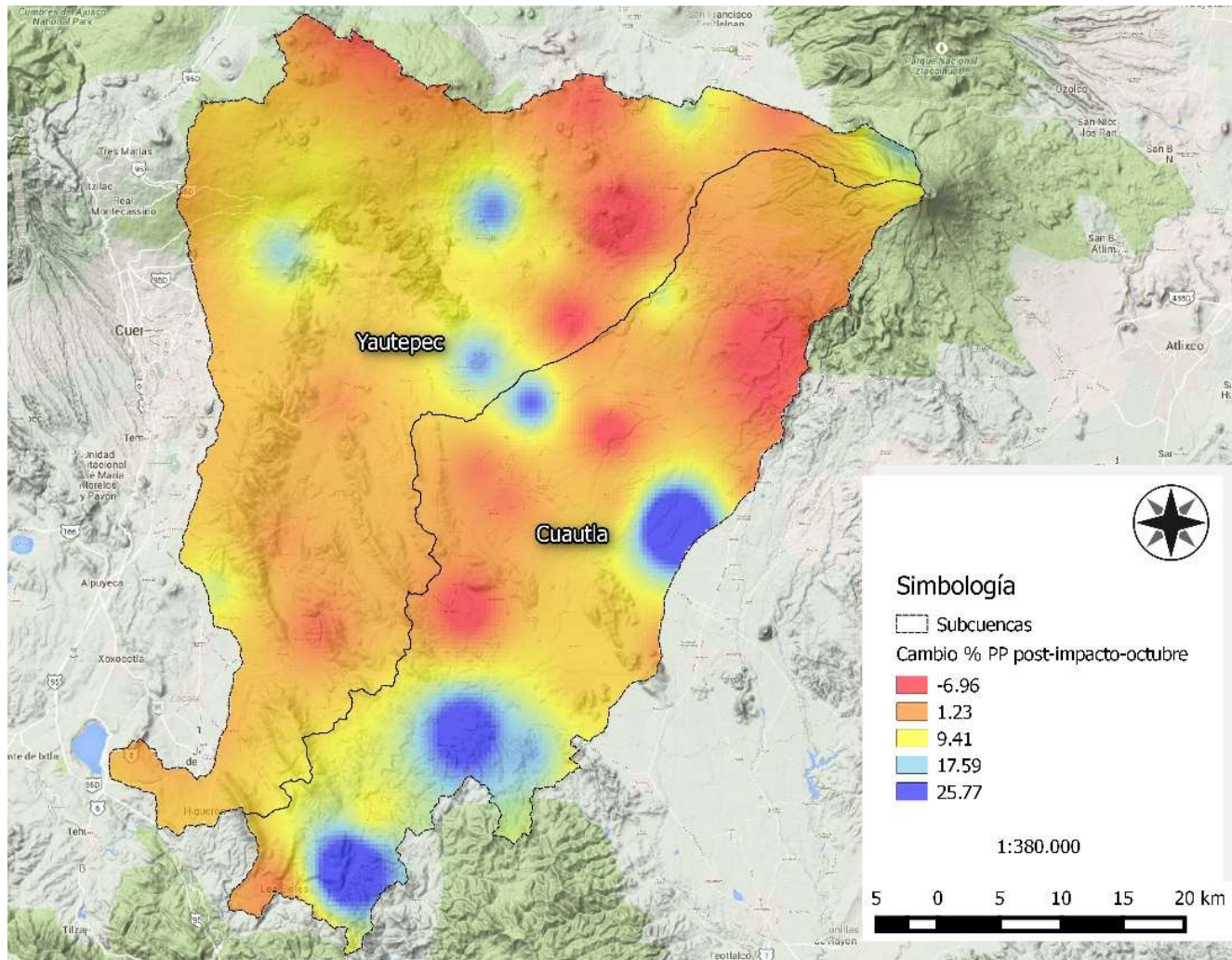


Figura 5.30 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de octubre entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.

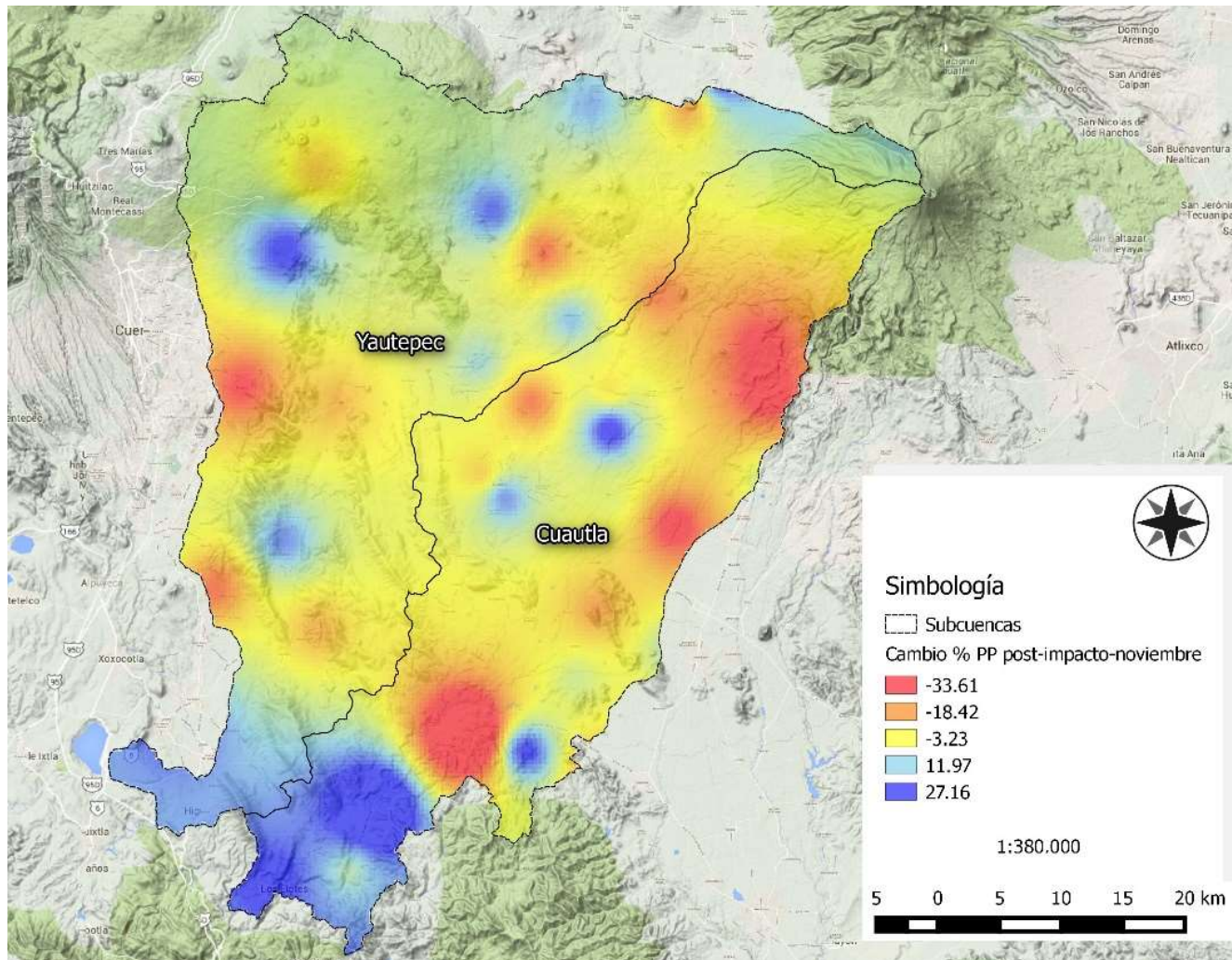


Figura 5.31 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de noviembre entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.

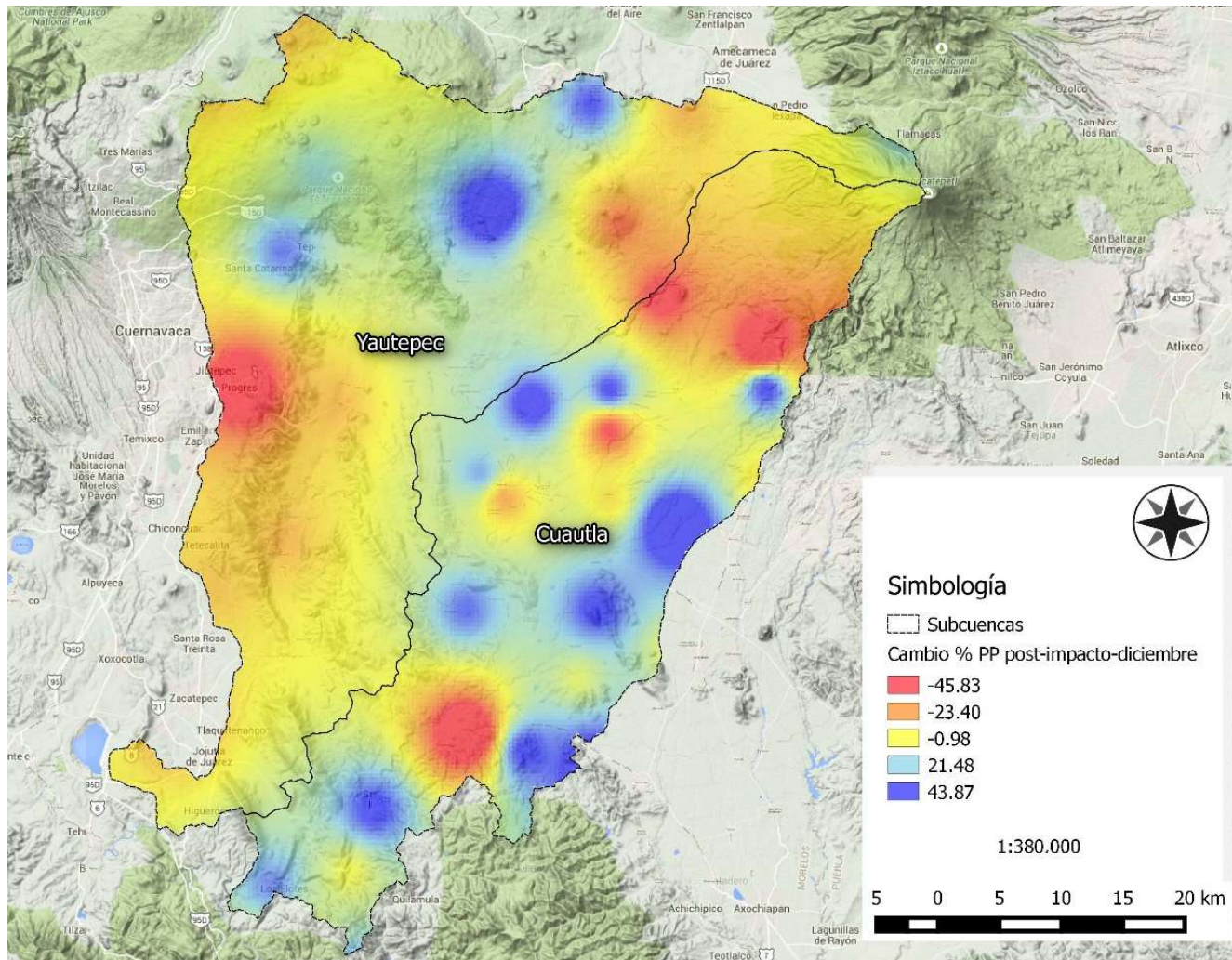


Figura 5.32 Variación promedio porcentual de la precipitación del mes de diciembre entre los periodos de pre y post-impacto para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.

5.5.4.3 Variación de la vegetación y uso del suelo en las subcuencas del río Yautepec y Cuautla con respecto a la variación promedio porcentual de la PP entre los periodos de pre-impacto y post-impacto.

La vegetación y uso del suelo se encuentran señalados en la figura 5.33. Se observa para la parte alta de ambas cuencas la predominancia de la agricultura de temporal anual y permanente. Para la parte media la agricultura de riego anual y semipermanente, así como de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

El mes de febrero fue el más favorecido con respecto al incremento de las precipitaciones en la parte norte de las subcuencas del río Yautepec y Cuautla, en el que la agricultura de temporal anual es el tipo de uso del suelo y de vegetación dominante el bosque de pino y oyamel. Asimismo la parte media de la subcuenca del río Yautepec donde predomina la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia y la agricultura de riego anual permanente y semipermanente (Figura 5.35). Por el contrario octubre fue el mes más afectado con respecto a los decrementos de la precipitación en las subcuencas del río Yautepec y Cuautla, siendo notorio en la parte alta de la subcuenca donde predomina la agricultura de temporal anual y el bosque de pino y oyamel (figura 5.43).

Leyenda

Vegetación y uso suelo

- TA----> AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL
- TAP----> AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL Y PERMANENTE
- TP----> AGRICULTURA DE TEMPORAL PERMANENTE
- TAS----> AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL Y SEMIPERMANENTE
- RA----> AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL
- RAP----> AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL Y PERMANENTE
- RAS----> AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL Y SEMIPERMANENTE
- RS----> AGRICULTURA DE RIEGO SEMIPERMANENTE
- BA----> BOSQUE DE OYAMEL
- BP----> BOSQUE DE PINO
- BPQ----> BOSQUE DE PINO_ENCINO
- BQ----> BOSQUE DE ENCINO
- BQP----> BOSQUE DE ENCINO_PINO
- BM----> BOSQUE MESOFILO DE MONTANA
- MDR----> MATORRAL DESERTICO ROSETOFILO
- PI----> PASTIZAL INDUCIDO
- VW----> PRADERA DE ALTA MONTANA
- DV----> SIN VEGETACION APARENTE
- VSA/BA----> VEGETACION SECUNDARIA ARBOREA DE BOSQUE DE OYAMEL
- VSA/BP----> VEGETACION SECUNDARIA ARBOREA DE BOSQUE DE PINO
- VSA/BPQ----> VEGETACION SECUNDARIA ARBOREA DE BOSQUE DE PINO_ENCINO
- VSA/BQ----> VEGETACION SECUNDARIA ARBOREA DE BOSQUE DE ENCINO
- VSA/BQP----> VEGETACION SECUNDARIA ARBOREA DE BOSQUE DE ENCINO_PINO
- VSA/BM----> VEGETACION SECUNDARIA ARBOREA DE BOSQUE MESOFILO DE MONTANA
- VSA/SBC----> VEGETACION SECUNDARIA ARBOREA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA
- VSa/BA----> VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE OYAMEL
- VSa/BP----> VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO
- VSa/BPQ----> VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO_ENCINO
- VSa/BQ----> VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO
- VSa/BQP----> VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO_PINO
- VSa/SBC----> VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA
- AH----> ASENTAMIENTOS HUMANOS
- ZU----> ZONA URBANA

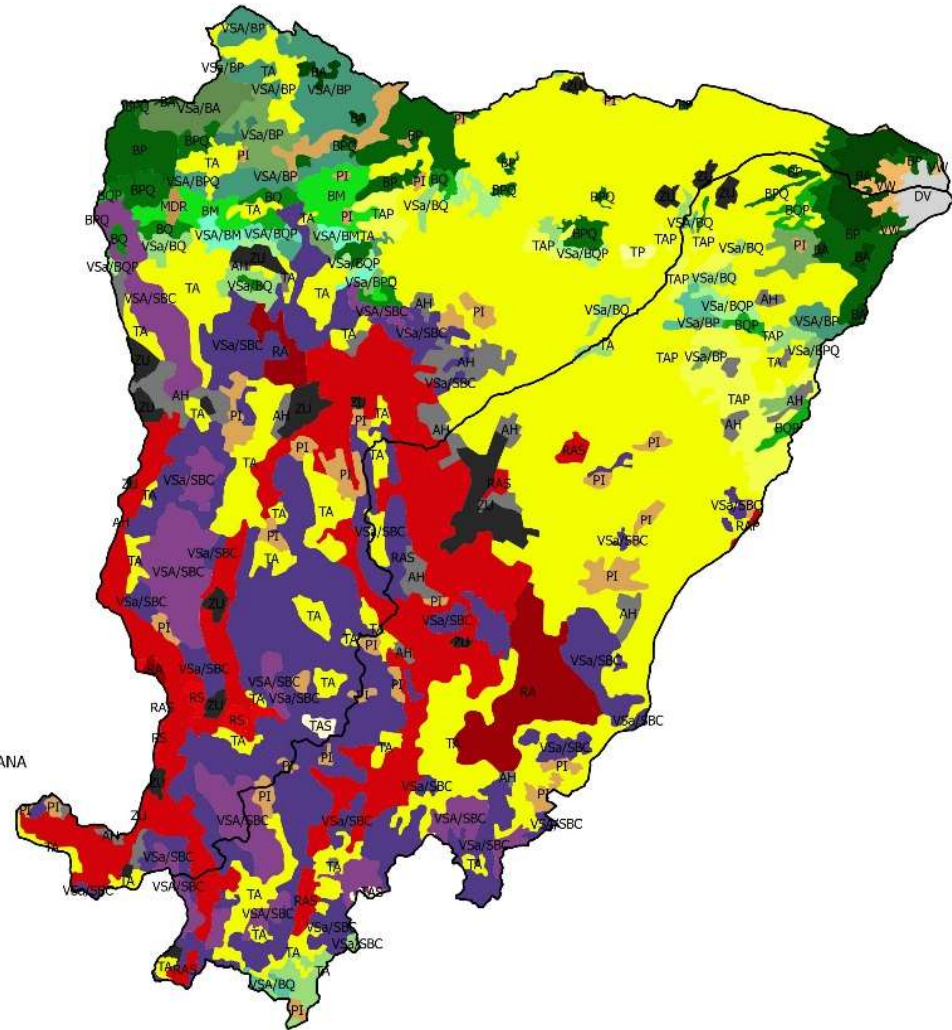


Figura 5.33 Variación de la vegetación y tipo de suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.

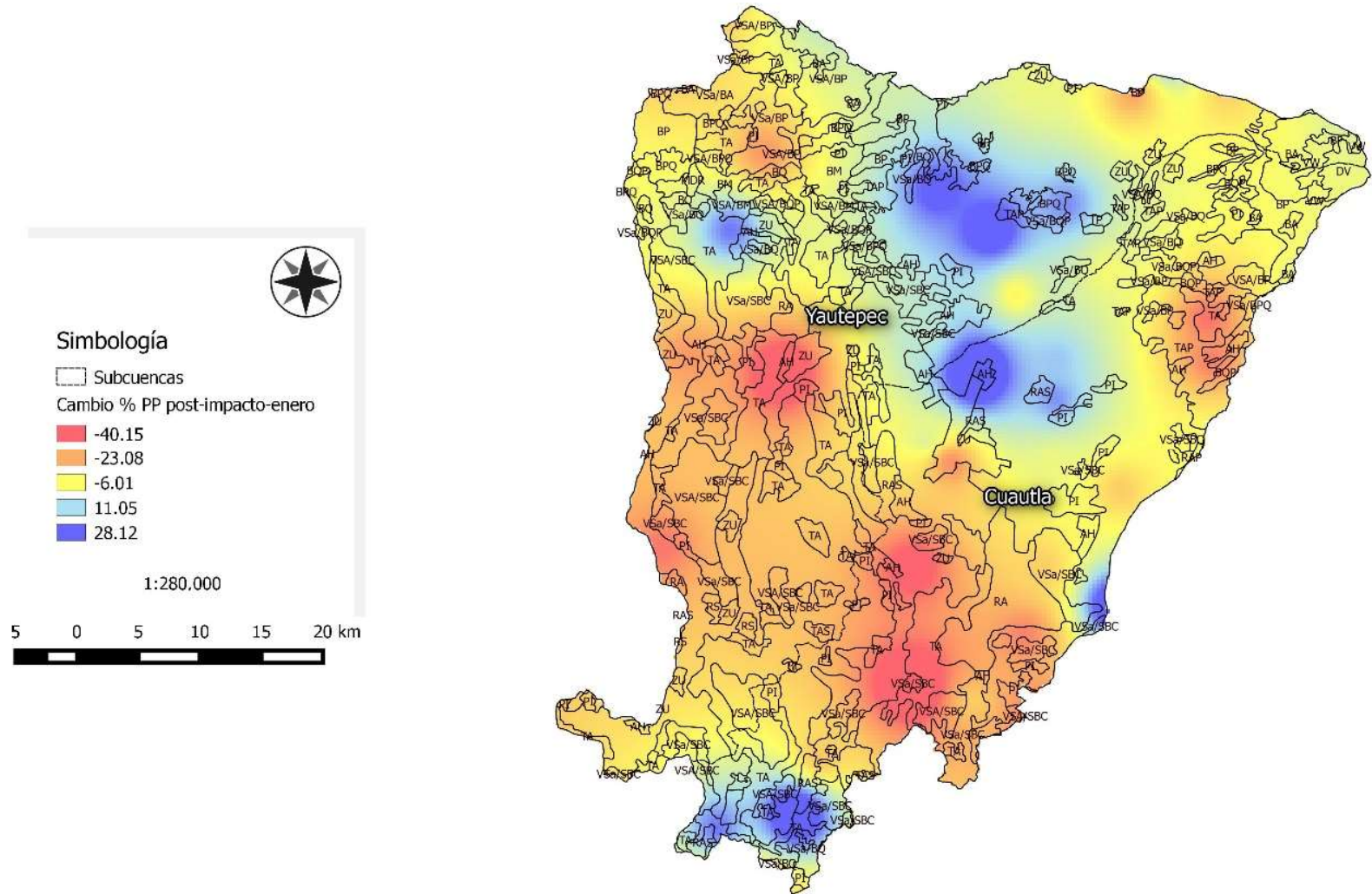


Figura 5.34 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de enero entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepéc y río Cuautla.

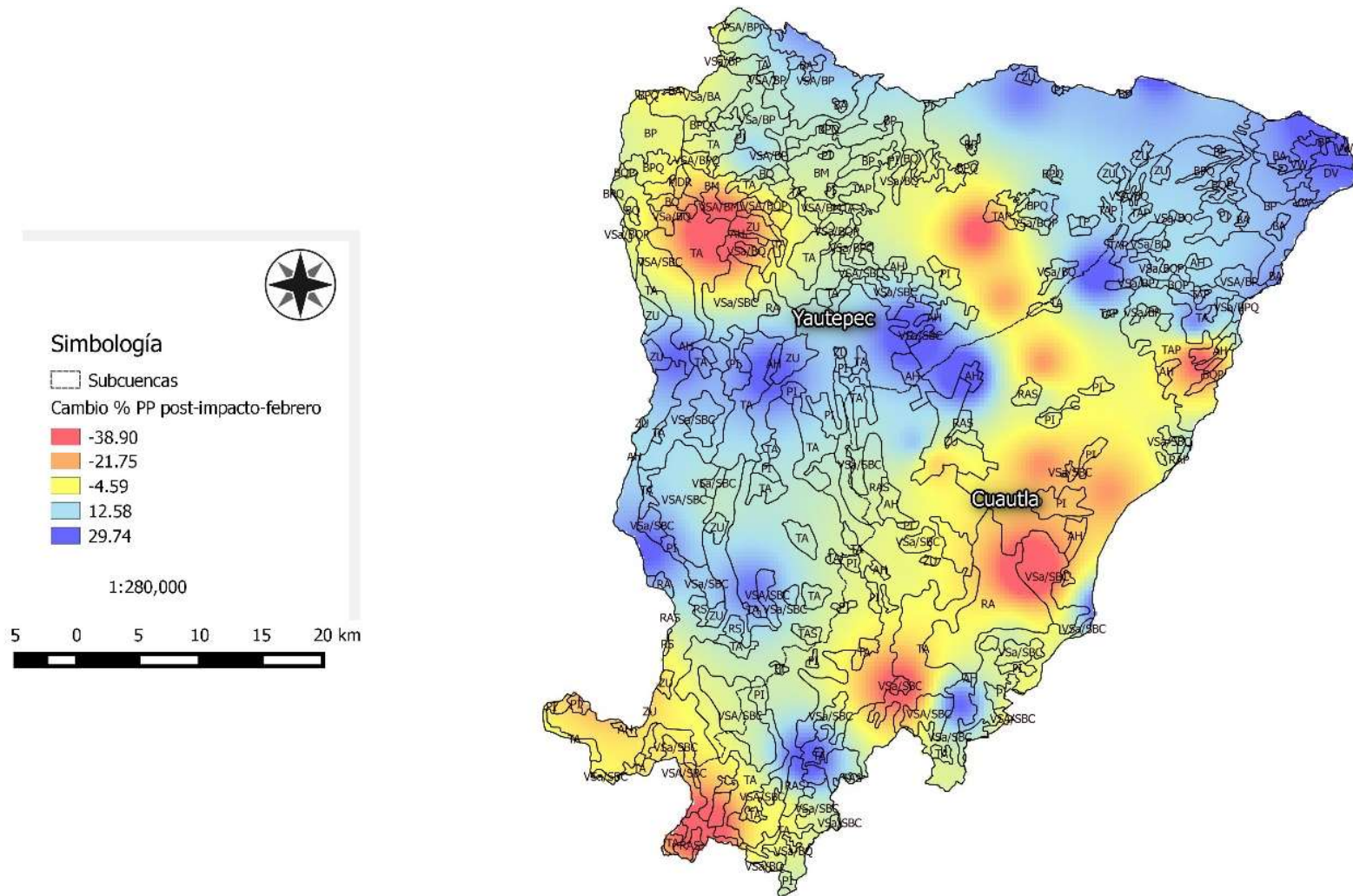


Figura 5.35 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de febrero entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.

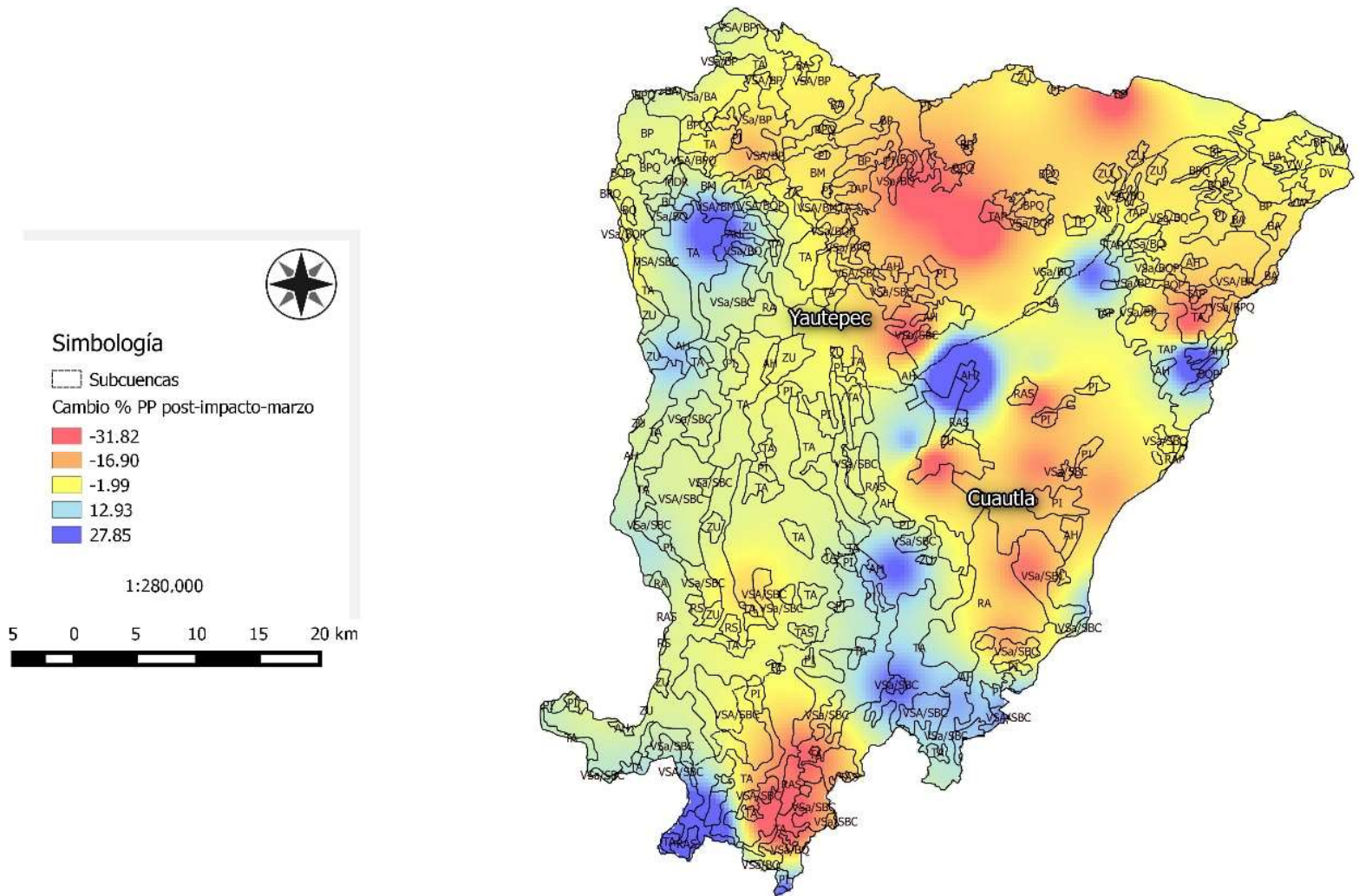


Figura 5.36 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de marzo entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yauteppec y río Cuautla.

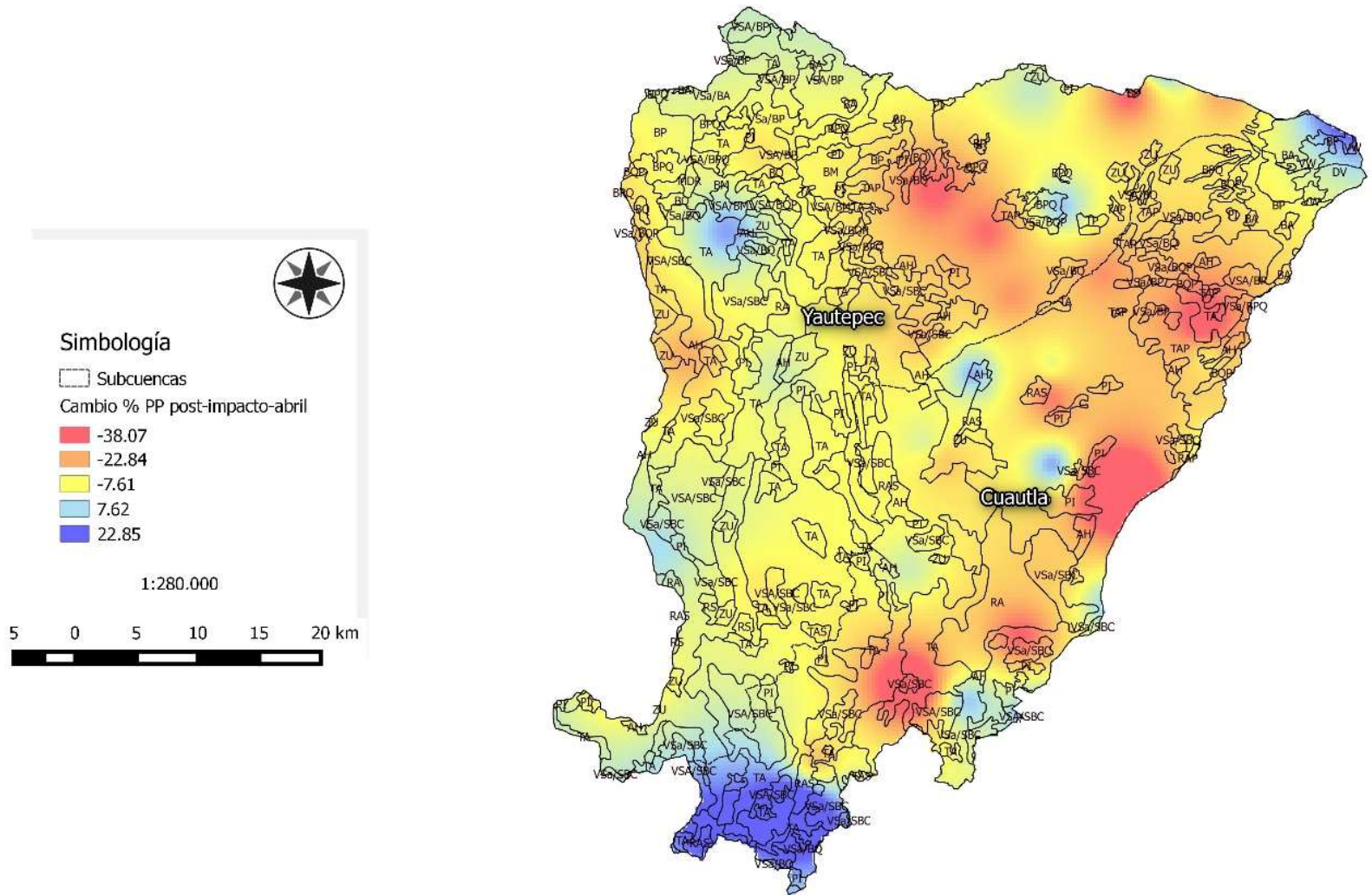


Figura 5.37 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de abril entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yauteppec y río Cuautla.

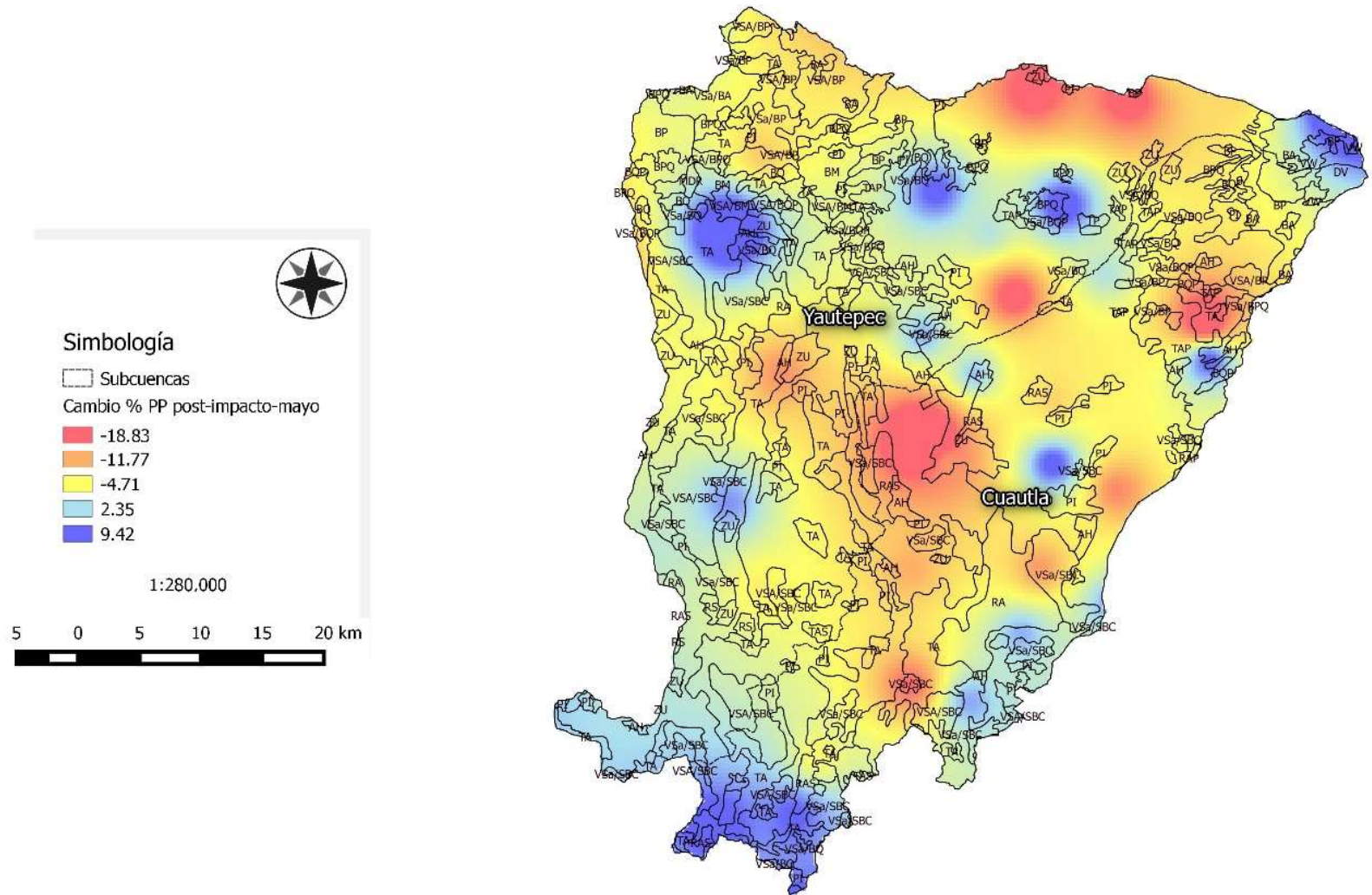


Figura 5.38 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de mayo entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yauteppec y río Cuautla.

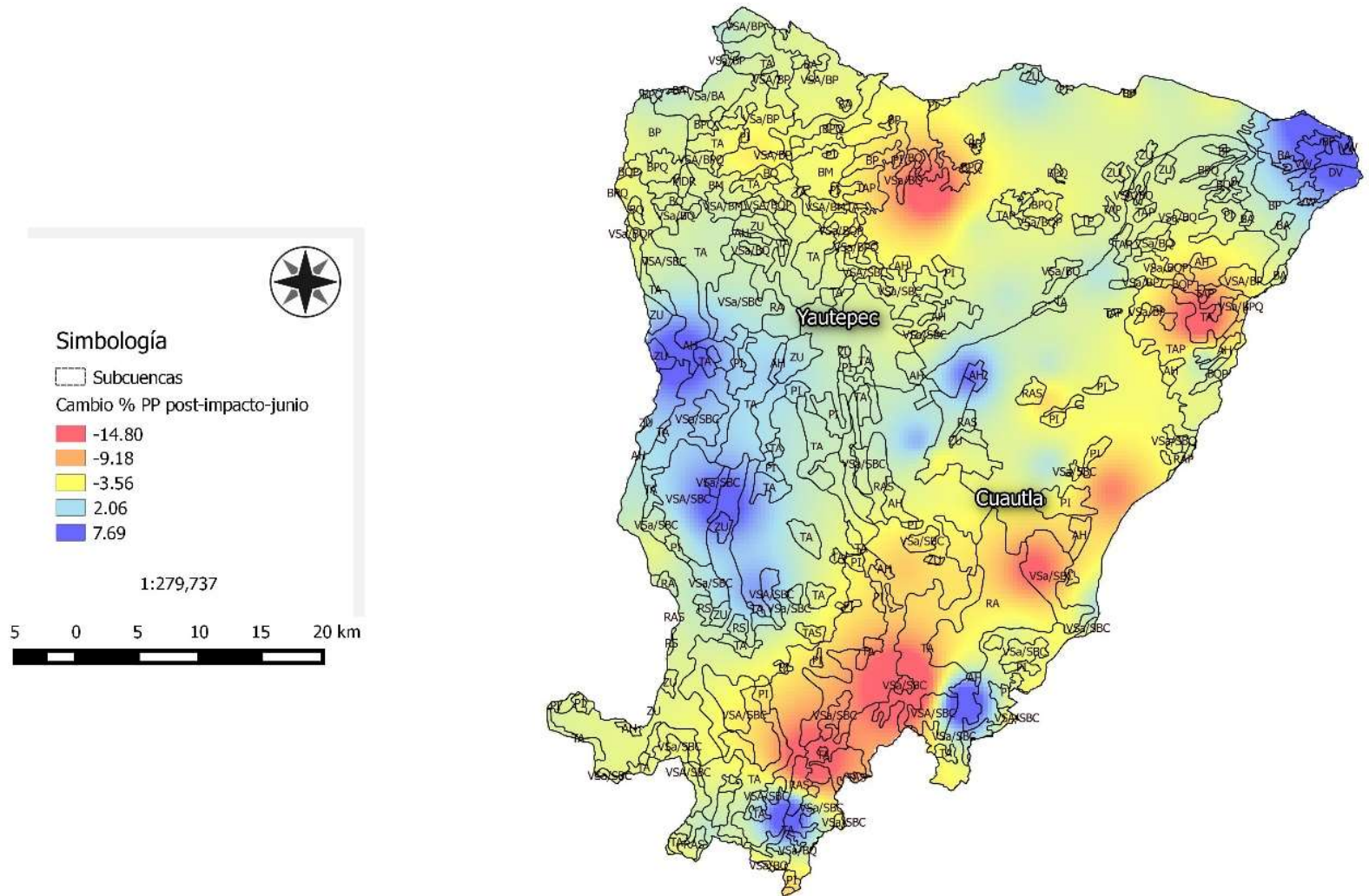


Figura 5.39 Variación de la PP promedio porcentual de la precipitación del mes de junio entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepéc y río Cuautla.

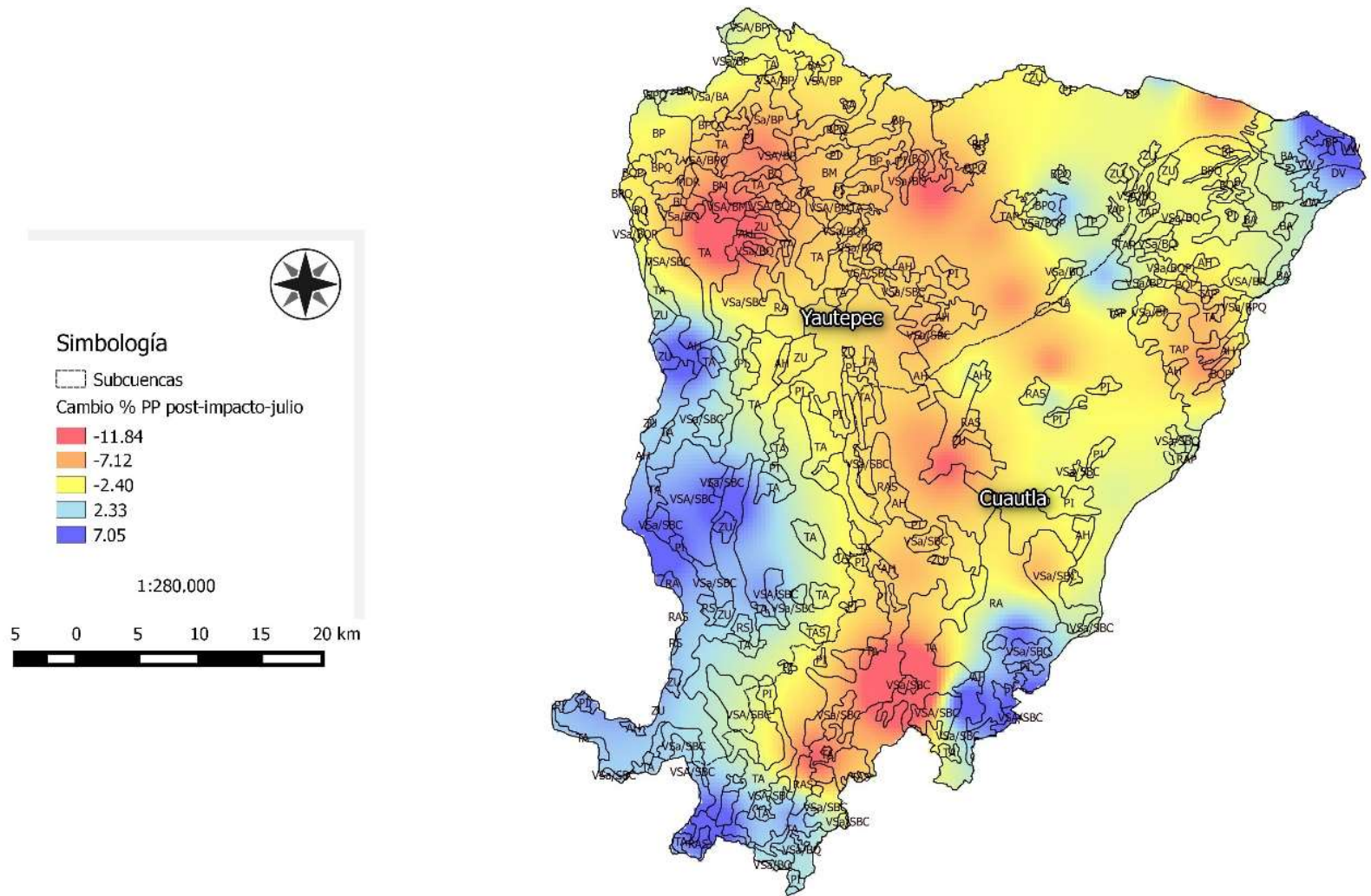


Figura 5.40 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de julio entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepéc y río Cuautla.

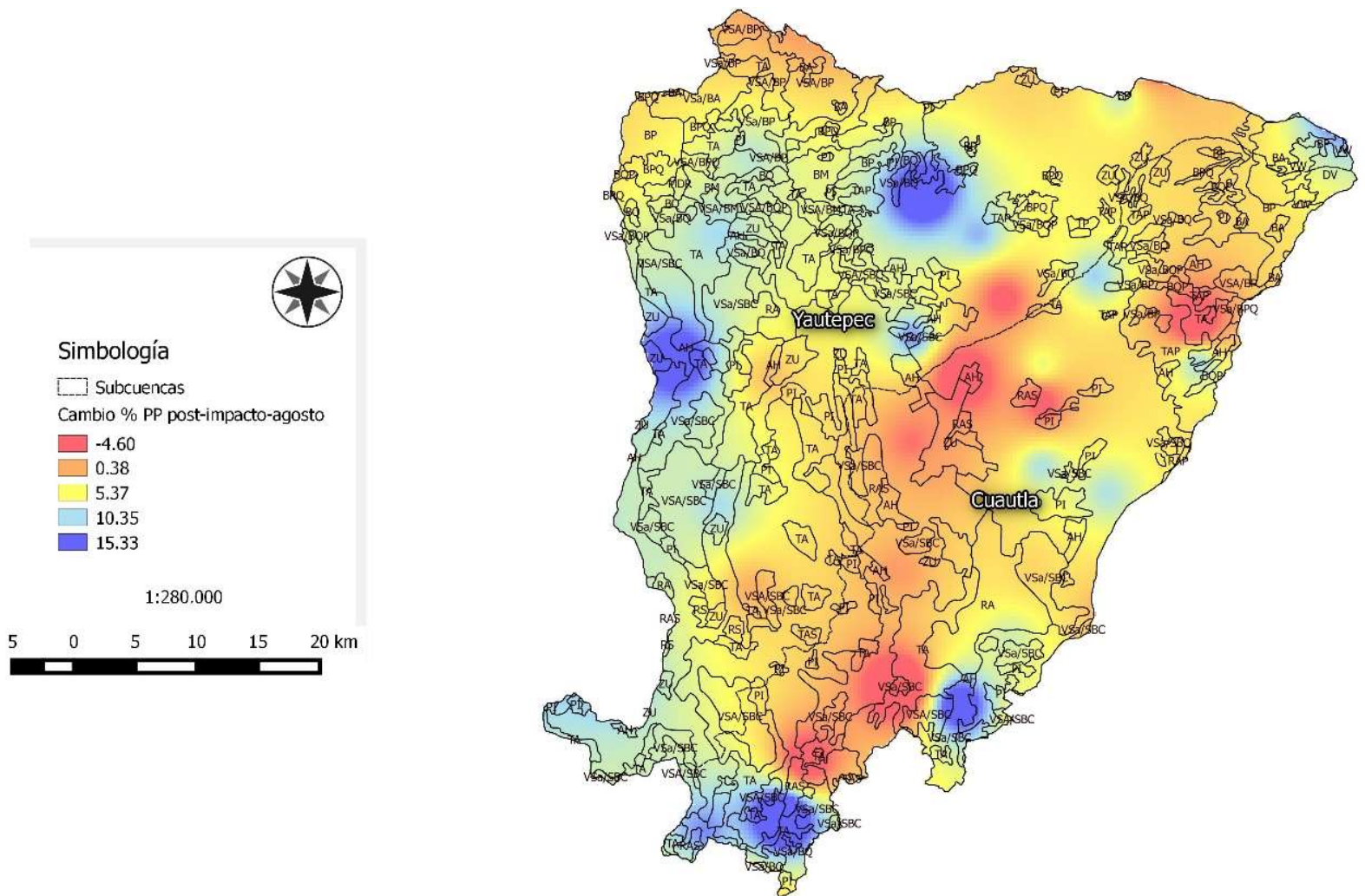


Figura 5.41 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de agosto entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yauteppec y río Cuautla.

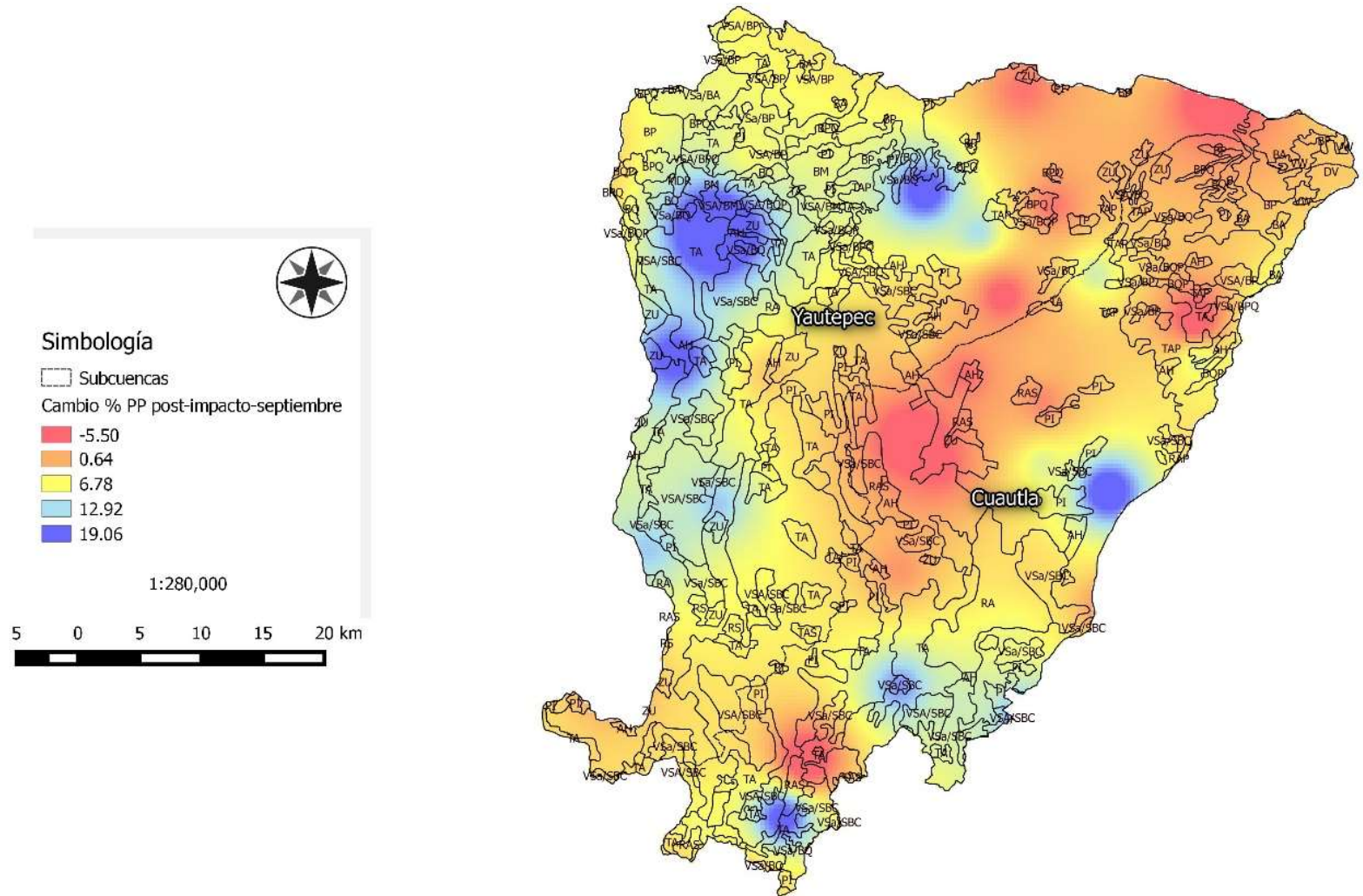


Figura 5.42 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de septiembre entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.

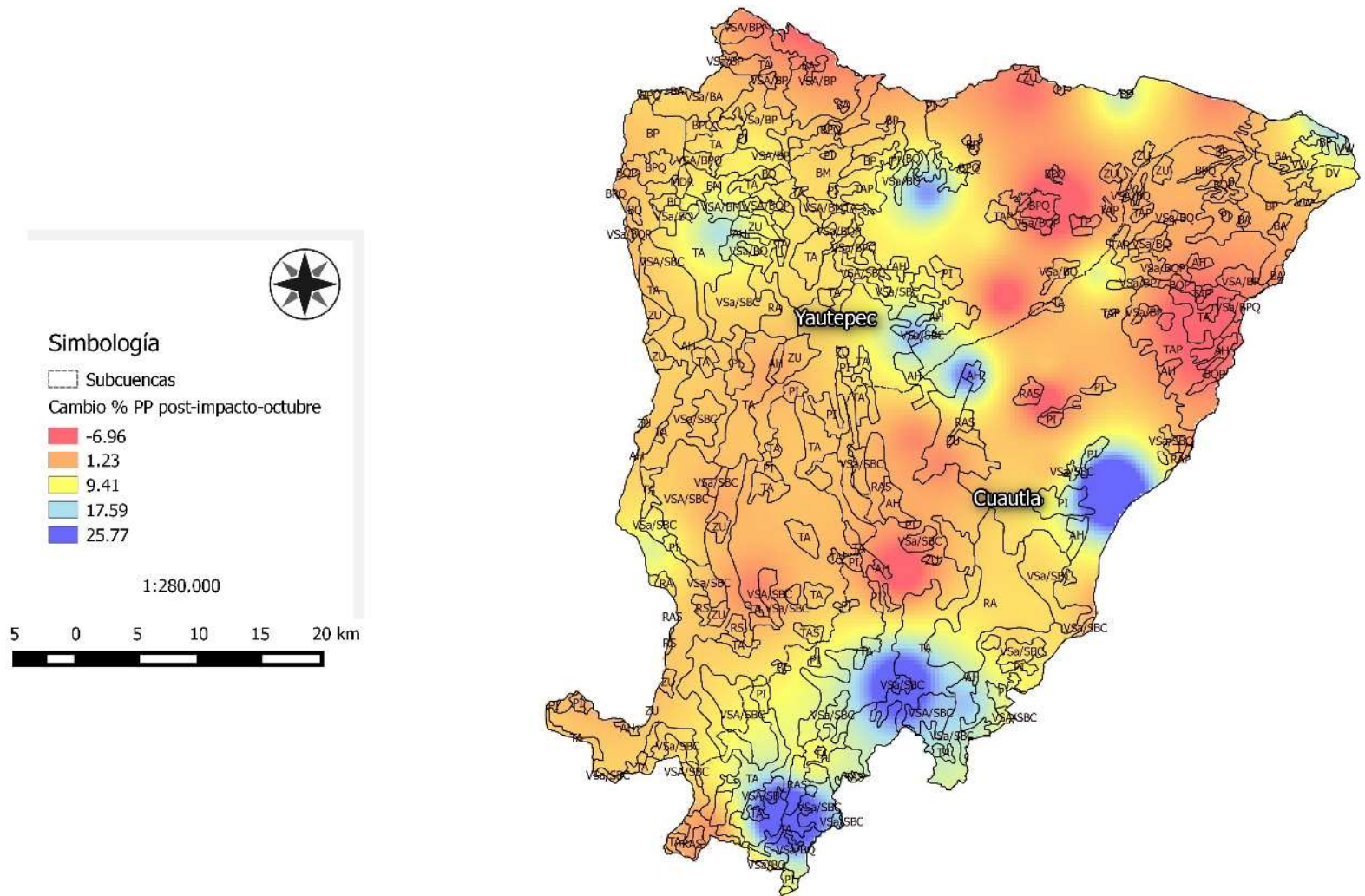


Figura 5.43 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de octubre entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yauteppec y río Cuautla.

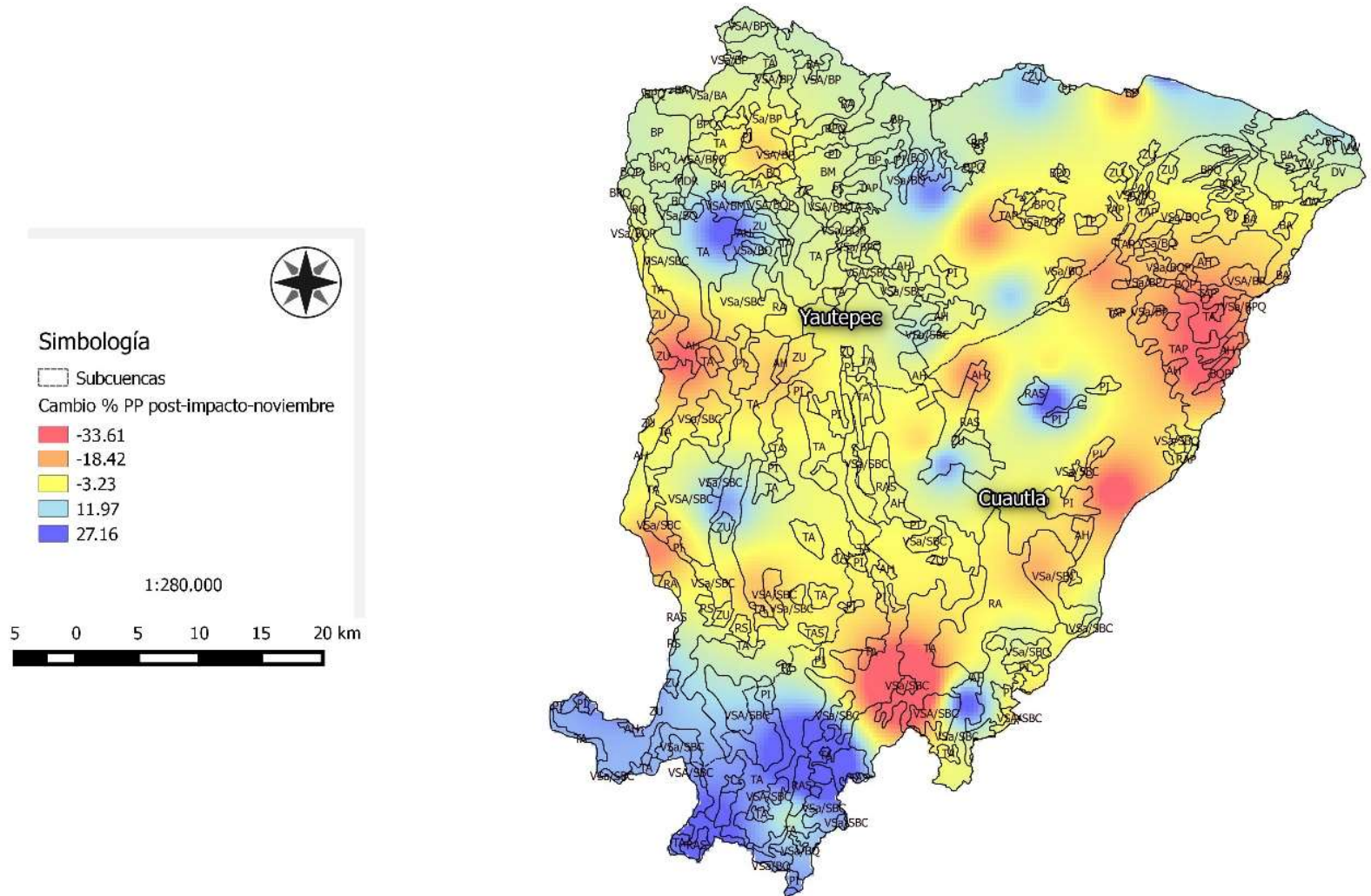


Figura 5.44 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de noviembre entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yautepec y río Cuautla.

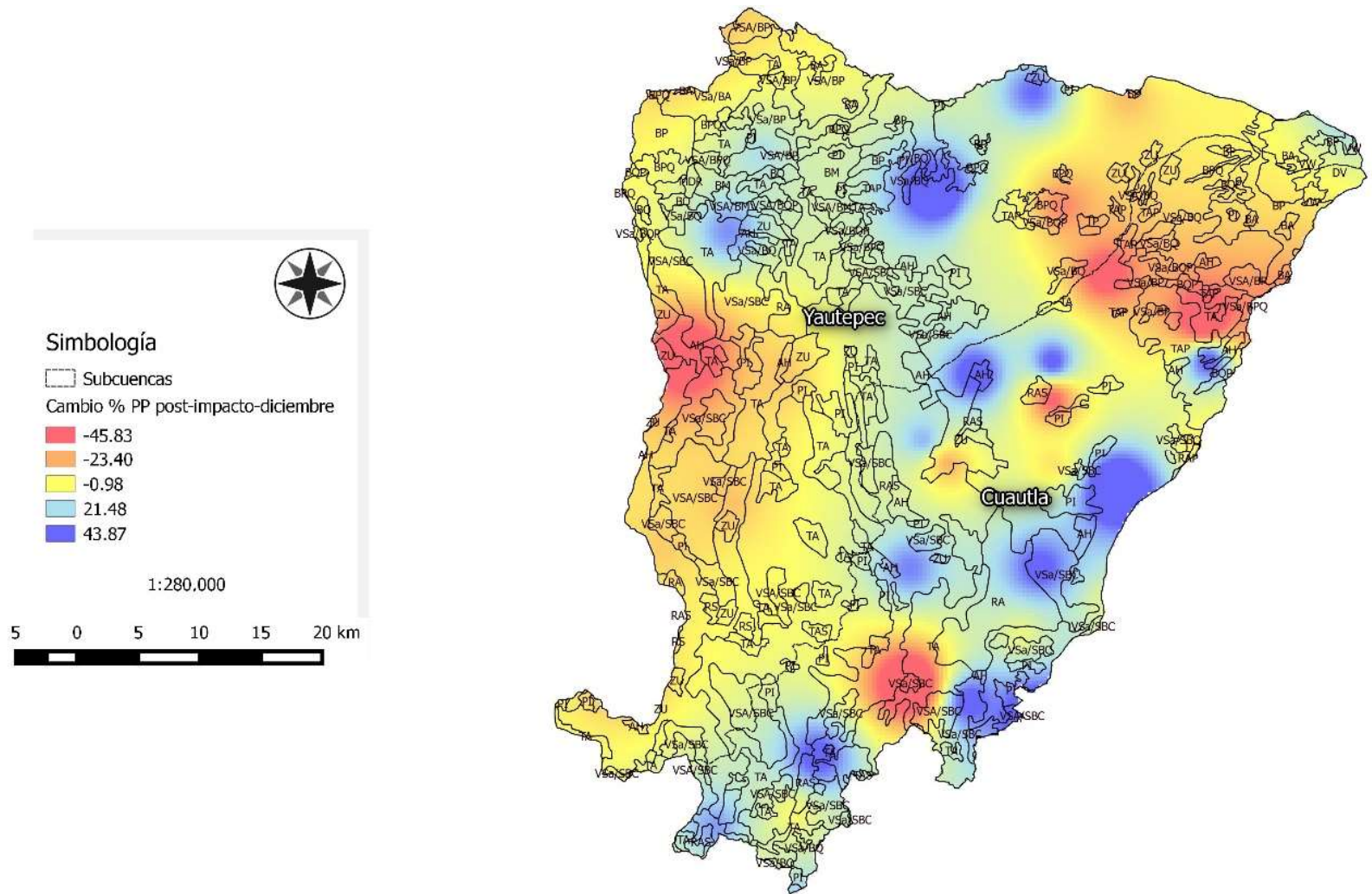


Figura 5.45 Variación de la PP promedio porcentual en el mes de febrero entre los periodos de pre y post-impacto y su relación con el tipo de vegetación y uso del suelo para las subcuencas del río Yauteppec y río Cuautla.

5.6 Conclusiones

En la estación hidrométrica 18199, Oaxtepec (pre-impacto y post-impacto) subcuenca río Yautepec, el comportamiento de los caudales entre los periodos de pre y post-impacto señalan un abuso en la utilización del recurso para la agricultura y por la población después de la construcción de la presa.

En la estación hidrométrica 18223 (Ticumán), las pequeñas variaciones y diferencias significativas en junio y noviembre entre los periodos de pre y post-impacto pueden ser debidas al cambio climático.

En la estación hidrométrica 18406 (Las Estacas), de la subcuenca del río Yautepec las diferencias significativas para los promedios mensuales en los meses de abril, julio, agosto y septiembre, así como en todos los componentes de caudal ecológico, excepto para los caudales medios de marzo y diciembre, el número de inversiones del caudal, pueden ser atribuidas en mayor porcentaje a la influencia humana y en menor magnitud por el cambio climático.

En la estación hidrométrica 18177 (El Almeal), de la subcuenca río Cuautla señala diferencias significativas en los promedios mensuales entre los periodos de pre y post-impacto, así como grandes modificaciones en todos los componentes de caudal ecológico, excepto para los caudales medios de marzo y diciembre, número de inversiones del caudal. Modificaciones que pueden ser explicadas por influencia humana.

En cuanto a la variación de la precipitación mensual en las dos subcuencas es notorio el incremento en la parte norte y sur de la subcuenca. Sin embargo la modificación de los caudales no señala coincidencias en el incremento como debiera de esperarse, por el contrario se observa un decremento significativo para todos los meses del año sobre todo en las estaciones meteorológicas: 18199 (Oaxtepec), 18406 (Las Estacas) y 18177 (El Almeal).

La vegetación y uso del suelo se observa la predominancia de la agricultura de temporal anual y permanente para la parte alta de ambas cuencas. Para la parte media la agricultura de riego anual y semipermanente, así como de la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.

El mes de febrero fue el más favorecido con respecto al incremento de las precipitaciones en la parte norte de las subcuencas del río Yautepec y Cuautla, en el que la agricultura es temporal anual y corresponde con el tipo de uso del suelo y de vegetación de bosque de pino y oyamel. Asimismo, para la parte media de la subcuenca del río Yautepec donde predomina la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia y la agricultura de riego anual permanente y semipermanente.

Por el contrario octubre fue el mes más afectado con respecto a los decrementos de la precipitación en las subcuencas del río Yautepec y Cuautla, siendo notorio en la parte alta de la subcuenca donde predomina la agricultura de temporal anual y el bosque de pino y oyamel.

5.7 Literatura Citada

Brown, C. y J. King, 2003. Environmental Flows: Concepts and Methods. En: Water Resource and Environment Technical Note 1. (Eds). Davis, R. y R. Hirji. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. Washington D.C.

COEPO (Consejo Estatal de Población). 2014. Municipio de Cuautla. Región Sierra Occidental. Disponible en la World Web Wise. <http://www.bing.com/search?q=municipio+de+cuautla&form=PRMXES&pc=MDDCJS&refig=24383ff578b7448ab05071bf7227b361&pq=municipio+de+cuautla&sc=5-20&sp=-1&qs=n&sk=>. Consultado el 09 de diciembre de 2014.

Dyson, M., G. Bergkamp y J. Scanlon, J., 2003. Flow. Editorial UICN. UK. 125 p.

García, R.E., R. González-Villela, P. Martínez A., J. Atala M. Y G.A.P. Soldán, 1999. Guía de aplicación de los métodos de cálculo de caudales de reserva ecológicos en México. Colección Manuales. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. 190p.

González-Villela, R., M. Mijangos Carro y A.G. Banderas-Tarabay. 2014. Cálculo del Caudal Ecológico para el manejo integrado de las Cuencas con el Cambio Climático. Cuarto Congreso Nacional de Investigaciones en Cambio Climático. México.

Río Yautepec. Proyecto de Gestión de la Sociedad Civil del Estado de Morelos. Disponible en la World Web Wise en: <http://148.202.114.23/derns/wp-content/uploads/2011/07/Rio-Yautepec-Raul-Flores.pdf>. Consultado el día 27/02/2014.

Reynolds, C. S. 1993. The ecosystem approach to water management. The main features of the ecosystems concept. *Journal Aquatic Ecosystem Health*, 2:3-8.

Rosenberg, D.M., P. McCully, y C.M. Pringle, 2000. Global-scale environmental effects of hydrological alterations: introduction. *BioScience* 50 (9): 746 – 751.

Tharme, R.E. 2003. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications* 19. 397 – 441.

TNC (The Nature Conservancy), 2006. Indicators of Hydrologic Alteration, Version 7 User's Manual, Totten Software Design, Smythe Scientific Software, United States, http://core.ecu.edu/wasklewiczt/GEOG7221/iha_man.pdf. .

Capítulo 6

SIG Web (manual de usuario)

Índice General

Capítulo 6 SIG Web (manual de usuario)	i
6.1 Inicio	1
6.2 Interfaz	1
6.3 Paneles	2
6.3.1 Encabezado	2
6.3.2 Detalles de capas	2
6.3.2.1 Temas activos	2
6.3.2.2 Capas	3
6.3.2.3 Localizaciones	4
6.3.3 Visor de mapas	4
6.3.4 Representación	5
6.3.4.1 Simbología	5
6.4 Uso de herramientas principales	7

Índice de figuras.

Figura 6.1 Dirección web del sistema (Inicio)	1
Figura 6.2 Interfaz del sistema	1
Figura 6.3 Panel "Detalles de capas"	2
Figura 6.4 panel "Temas activos"	3
Figura 6.5 Panel "Capas"	3
Figura 6.6 Panel "Localizaciones"	4
Figura 6.7 Visor de mapas	5
Figura 6.8 Panel "Representación"	5
Figura 6.9 Panel "Simbología"	6
Figura 6.10 Herramientas principales	7
Figura 6.11 Información de elementos	7
Figura 6.12 Búsqueda de coordenadas	8
Figura 6.13 Búsqueda avanzada (Dibujo)	9
Figura 6.14 Búsqueda avanzada (Extensión espacial)	9
Figura 6.15 Búsqueda avanzada (Atributos)	10
Figura 6.16 Búsqueda avanzada (Resultados)	10

Figura 6.17 Previsualización de impresión de mapa.	12
Figura 6.18 Herramienta información emergente.	13
Figura 6.19 Marcadores (Ubicación).	13
Figura 6.20 Google Streetview.	14

6.1 Inicio.

Para acceder al sistema es necesario abrir un navegador web (de preferencia Firefox o Chrome), ingresar la siguiente **URL 172.16.9.54/gisweb** en la barra de direcciones (figura 6.1).



Figura 0.1 Dirección web del sistema (Inicio).

6.2 Interfaz.

La interfaz del sistema (figura 6.2) consta de cuatro paneles (encabezado, detalles de capas, visor de mapas y representación).



Figura 0.2 Interfaz del sistema.

6.3 Paneles.

6.3.1 Encabezado.

Contiene el nombre del proyecto, logos de SEMARNAT e IMTA (figura 6.2), los cuales, al dar un clic, abren el sitio web de dichas dependencias gubernamentales.

6.3.2 Detalles de capas.

Dispone de tres paneles internos ("Temas activos", "Capas" y "Localizaciones", figura 6.3), que permiten administrar las capas de información.



Figura 0.3 Panel "Detalles de capas".

6.3.2.1 Temas activos.

Permite administrar (ver metadatos, cambiar la transparencia, activar o desactivar visibilidad, ordenar sobreposición) tanto las capas activas por default (figura 6.4), como las que el usuario seleccione.

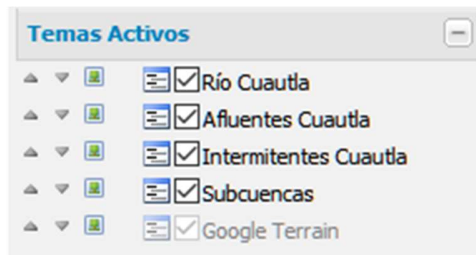


Figura 0.4 panel "Temas activos".

6.3.2.2 Capas.

Aquí se encuentran ordenadas las capas en dos categorías (figura 6.5):

Cartografía. Capas temáticas (Hidrología, Edafología, USV, etc...).

Mapas base. Mapas de fondo (Google Maps y OpenStreetMap).



Figura 0.5 Panel "Capas".

6.3.2.3 Localizaciones.


Se agregan las ubicaciones que fueron guardadas como marcadores (figura 6.6), utilizando la herramienta .



Figura 0.6 Panel "Localizaciones".

6.3.3 Visor de mapas.

Permite visualizar capas (layers, ver figura 6.7) que se encuentran activas en el panel "Detalles de capas --> Temas activos", además es el panel donde se encuentran ubicadas las herramientas principales (figura 6.9).

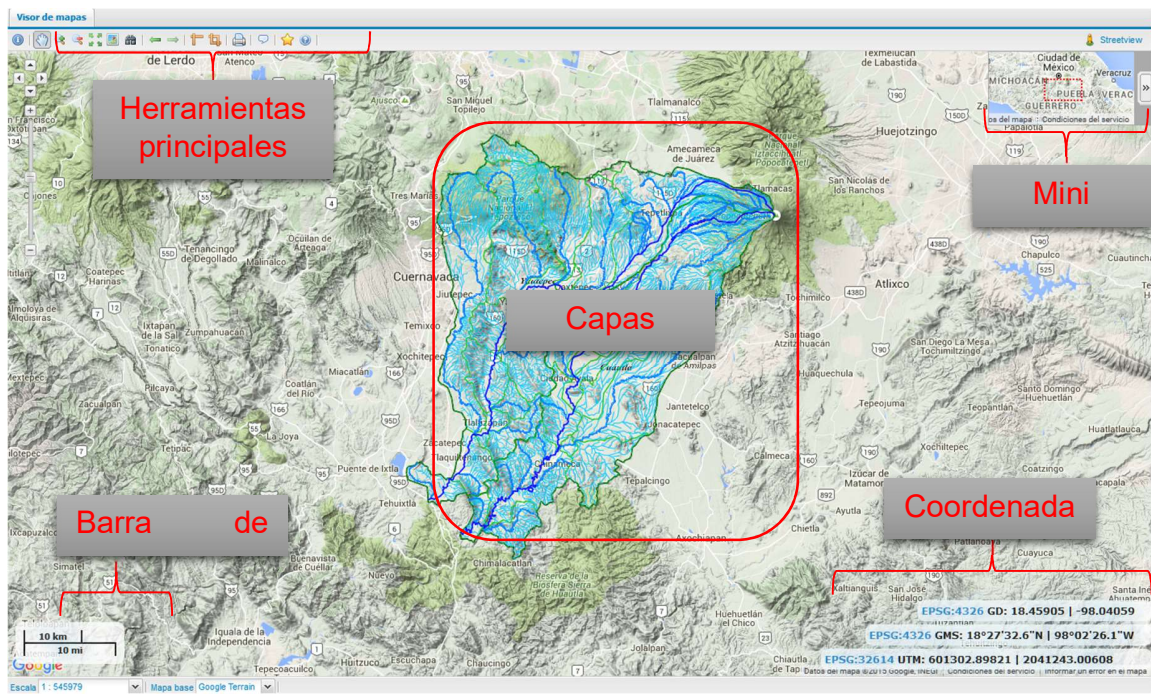


Figura 0.7 Visor de mapas.

6.3.4 Representación.

Contiene los elementos que representan las características de las capas vectoriales y sus datos (figura 6.8 y 6.9).

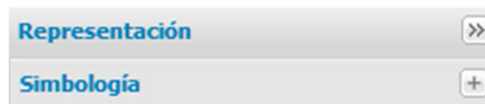


Figura 0.8 Panel "Representación".

6.3.4.1 Simbología.

Objetos gráficos que se utilizan en el mapa, proporcionan una clave para la interpretación (figura 9).



Figura 0.9 Panel "Simbología".


6.4 Uso de herramientas principales.

A continuación se presentan las principales herramientas (figura 6.10), que proporcionan funcionalidad al visor de mapas.



Figura 0.10 Herramientas principales.

Información.

 Abre una ventana con información (figura 6.11) referente a la capa seleccionada en el visor de mapas.

Información del elemento


Río Yautepec Microcuencas Yautepec Subcuencas

Resultado 1 of 1 Limpiar Tabla Descargar

Name ^	Value
Nombre	Río Yautepec
Entidad	Corriente de agua
Condicion	Perenne
Tramo	Yautepec
Longitudkm	10.36

Figura 0.11 Información de elementos.

Mover mapas.

 Permite desplazarse por los mapas, haciendo uso del mouse.

Acercar zoom.



Acerca el zoom al dar clic o dibujando un recuadro sobre el mapa.

Alejar zoom



Aleja el zoom al dar clic o dibujando un recuadro sobre el mapa.

Zoom vista general.



Zoom a la extensión total del visor de mapas.

Búsqueda de coordenadas.



Muestra una ventana para localizar un punto (figura 6.12), en la cual, el usuario debe:

- seleccionar el sistema de coordenadas,
- introducir la ubicación (longitud, latitud),
- especificar el zoom,
- presionar el botón “Ir”.

Ir a coordenadas [X]

Por favor elija un sistema de proyección de entrada...

A continuación introduzca los valores Lon/Lat o las coordenadas X/Y respectivamente.

Sistema de entrada:

Lon [Grad]:

Lat [Grad]:


Nivel de zoom:

Modo: Recordar posiciones
 Quitar marcas al cerrar

Marker position:

Figura 0.12 Búsqueda de coordenadas.

Búsqueda avanzada.

 Esta ventana permite realizar búsquedas de información, por medio de dibujos (punto, línea, polígono, círculo y rectángulo, figura 6.13), extensión espacial (figura 6.14) o atributos (figura 6.15), una vez que se ha elegido la forma en que se han de consultar los datos, se obtendrá una ventana de resultados (figura 6.16). Además se presenta la opción para descargar dichos datos en formato Excel o Shapefile.

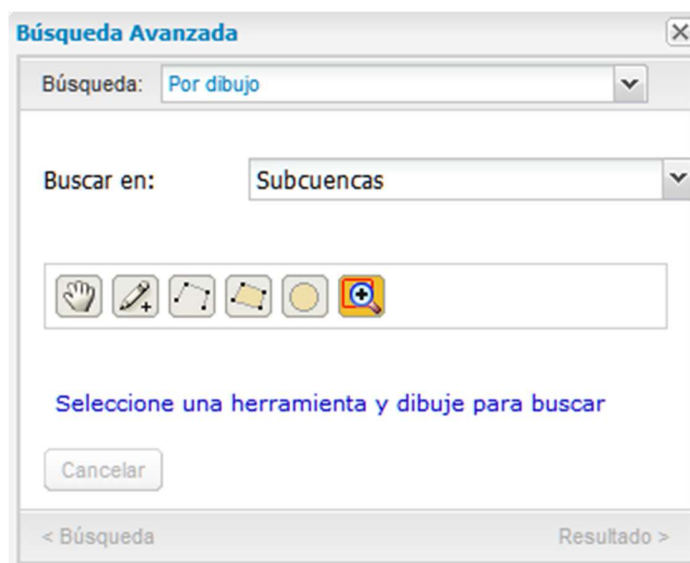


Figura 0.13 Búsqueda avanzada (Dibujo).

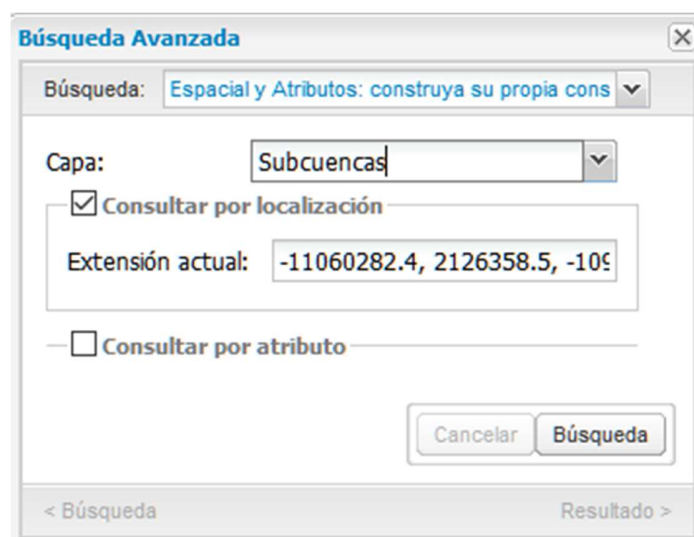


Figura 0.14 Búsqueda avanzada (Extensión espacial).

Búsqueda Avanzada [X]

Búsqueda: Espacial y Atributos: construya su propia cons [v]

Capa: Subcuencas [v]

Consultar por localización

Consultar por atributo

Cumplir **cualqu** [v] las condiciones siguientes:

nombre_sub [v] = [v] Yautepec

añadir condición

Cancelar Búsqueda

< Búsqueda Resultado >

Figura 0.15 Búsqueda avanzada (Atributos).

Búsqueda Avanzada [X]

Búsqueda: Por dibujo [v]

2 Resultados [Limpia] [Descarga] [v]

Cuenca	Sub...	Nombre_s...	Ha
Río Amacuzac	C	Cautla	118184.531
Río Amacuzac	Y	Yautepec	152622.592

< Búsqueda Resultado >

Figura 0.16 Búsqueda avanzada (Resultados).

Zoom anterior.

 Permite regresar al zoom anterior.


Zoom siguiente.

 Habilita la posibilidad de ir al siguiente zoom.


Medir distancia.

 Esta herramienta permite realizar mediciones lineales.

Medir área.

 Herramienta que sirve para medir áreas.

Impresión de mapa.

 Abre un diálogo de impresión con previsualización (figura 6.17), en el cual se debe elegir:

- tipo de hoja para la impresión,
- resolución en DPI (dots per inch, puntos por pulgada),
- nombre o título del mapa,
- agregar o no la leyenda,
- por ultimo seleccionar la escala que representara el mapa.

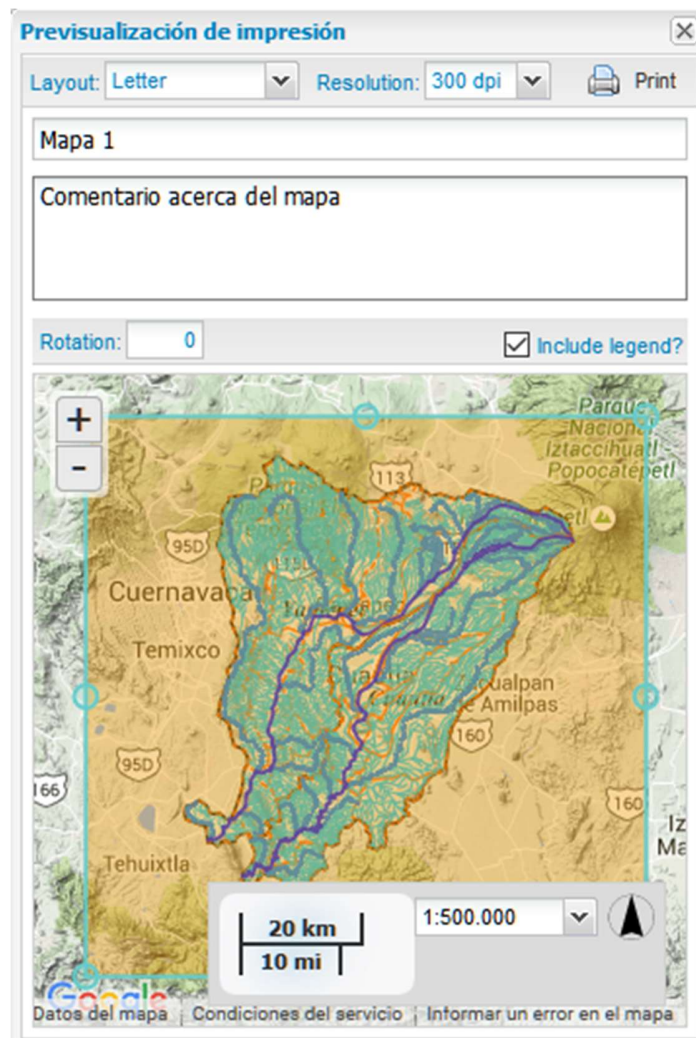




Figura 0.17 Previsualización de impresión de mapa.

Descripción emergente.

 Ventana emergente (figura 6.18), aparece al pasar el cursor sobre el mapa, es similar a la herramienta , aunque un poco más limitada, pues solo muestra información de una sola capa y no tiene opciones para descargar datos.

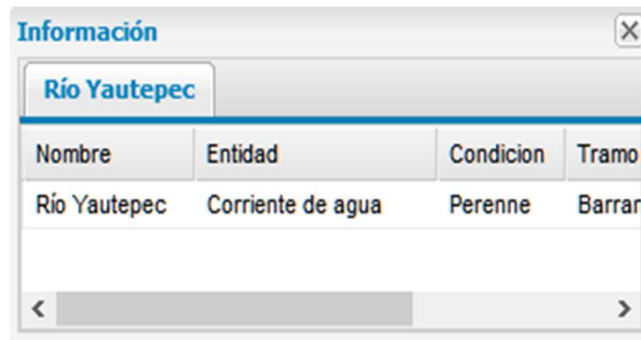


Figura 0.18 Herramienta información emergente.

Marcadores.

★ Permite guardar la posición o vista actual del mapa como un marcador (figura 6.19), el cual puede ser consultado posteriormente, desde el panel de *Localizaciones* (figura 6.6).

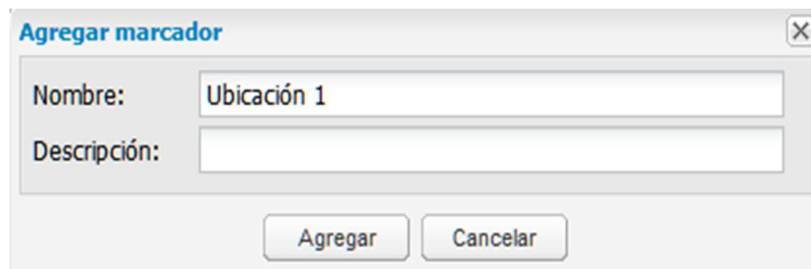


Figura 0.19 Marcadores (Ubicación).

Ayuda.

🔗 Abre una ventana de ayuda, la cual contiene información acerca de los elementos que componen el sistema.

Street view

🏠 Al dar clic sobre el visor de mapas (calles y carreteras), se abre una ventana con la vista de calle de Google Maps (figura 6.20).



Figura 0.20 Google Streetview.