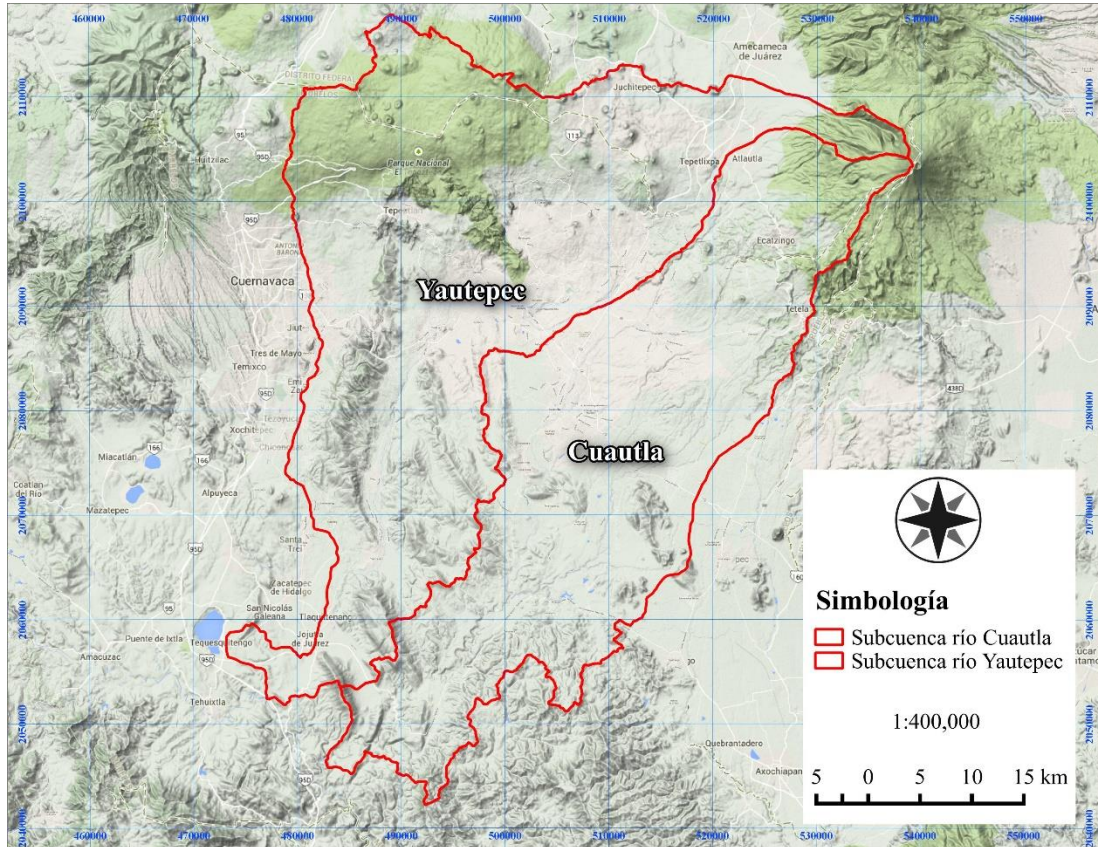


## SUBCOORDINACIÓN DE HIDROBIOLOGÍA Y EVALUACIÓN AMBIENTAL



### INDICADORES DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA Y SALUD AMBIENTAL PARA LAS CUENCAS DE LOS RÍOS YAUTEPEC Y CUAUTLA, MORELOS. 1ra Etapa Informe Final

Proyecto interno 2014

TC1405.1

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

31/03/2015

## Contenido

1. Introducción: .....	1
1.1. Objetivos: .....	2
1.2. Área de estudio .....	4
1.3. Subcuenca del río Cuautla.....	5
1.3.1. Climatología.....	8
1.3.2. Vegetación y uso del suelo .....	11
1.3.3. División política .....	13
1.3.4. Población .....	16
1.4. Subcuenca del río Yautepec .....	20
1.4.1. Hidrología .....	21
1.4.2. Edafología.....	22
1.4.3. Climatología.....	24
1.4.4. Vegetación y uso del suelo.....	27
1.4.5. División Política .....	30
1.4.6. Población.....	33
1.5. Literatura citada .....	38
2. Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua para las cuencas del río Yautepec y Cuautla .....	39
2.1 Introducción .....	39
2.2 Objetivos .....	40
2.3 Área de estudio .....	40
2.4. Métodos .....	44
2.5. Resultados .....	45
2.5.1 Precipitación.....	48
2.5.2 Temperatura.....	98
2.6. Conclusiones.....	150
2.7. Literatura citada .....	152
3. Estudio de Calidad del Agua .....	154
3.1. Estaciones de monitoreo.....	157
3.2. Resultados de calidad del agua .....	159
3.2.1. Río Yautepec.....	159

3.2.2. Río Dulce.....	178
3.2.3. Río Cuautla .....	197
3.3. Aforos .....	216
3.4. Cargas.....	218
3.4.1. Río Yautepec.....	218
3.4.2. Río Dulce.....	234
3.4.3. Río Cuautla .....	249
3.5. Modelación de la calidad del agua .....	265
3.6. Geomorfología .....	271
4. Macrófitas Bioindicadores. ....	275
4.1 Introducción .....	275
4.2. Objetivos .....	282
4.3. Metodología.....	283
4.2.1 Recopilación de datos existentes.....	283
4.2.2 Análisis y tratamiento de resultados.....	284
4.4. Resultados .....	286
4.3.1 Subcuenca río Cuautla (macrófitas acuáticas) .....	286
4.3.2 Subcuenca río Yautepec (macrófitas acuáticas).....	288
4.3.3 Subcuenca río Cuautla (macrófitas subacuáticas).....	308
4.3.4 Subcuenca río Yautepec (macrófitas subacuáticas).....	309
4.5. Conclusiones.....	319
4.6. Literatura citada .....	321
5 Indicadores de integridad ecológica y salud ambiental para las cuencas de los ríos Yautepec y Cuautla, Morelos. ....	323
5.1 Introducción .....	323
5.2 Área de estudio .....	326
5.3 Metodología .....	328
5.4 Resultados .....	331
5.4.1 Análisis general integrado de la cuenca Yautepec y Cuautla.....	331
5.4.2 Análisis por localidad de la cuenca Yautepec.....	336
5.4.3 Valoración de la calidad ambiental visual para la cuenca Yautepec:.....	363
5.4.4 Análisis por localidad de la cuenca Cuautla .....	364
5.4.5 Valoración de la calidad ambiental visual para la cuenca Cuautla: .....	376

5.5 Discusión .....	378
5.5.1 Cuenca Yautepec .....	378
5.5.2 Cuenca Cuautla.....	379
5.6 Conclusión .....	381
5.7 Literatura citada .....	382
6. Sistema de información geográfica para estudio de los indicadores de integridad ecológica y salud ambiental en las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepec.....	386
6.1. Introducción .....	386
6.2. Objetivo .....	386
6.3. Planteamiento del proyecto.....	387
6.4. Metodología .....	387
6.4.1. Análisis.....	389
6.4.2. Diseño.....	390
6.4.3. Desarrollo.....	392
6.4.4. Implantación.....	395
6.4.5. Pruebas.....	399
6.5. Resultados .....	407
6.6. Conclusiones y Recomendaciones .....	407
6.7. Literatura citada .....	408
Anexos .....	409
Anexo A. Fotos de los sitios de muestreo de la cuenca del río Yautepec y la cuenca del río Cuautla. ....	409
Cuenca río Yautepec.....	409
Cuenca río Cuautla .....	414
Anexo B. A continuación se muestran los sitios de muestreos ubicados en el mapa de la cuenca Yautepec y de la cuenca Cuautla respectivamente. ....	418
Anexo C. OpenGeo Suite. ....	420
Anexo D. Boundless SDK. ....	421
Anexo E. QGIS Desktop. ....	421

## Índice de tablas

Tabla 1.1 Áreas de las cuencas Balsas y Amacuzac.....	5
Tabla 1.2. Tipos de vegetación y uso del suelo que representa la subcuenca del río Cuautla. ....	12
Tabla 1.3. Área ocupada por las entidades federativas Morelos y México de la subcuenca del río Cuautla. ....	14
Tabla 1.4 Municipios de la subcuenca del río Cuautla. ....	15
Tabla 1.5. Población total distribuida por entidades que cubre la subcuenca del río Cuautla.....	18
Tabla 1.6. Población total distribuida de los municipios y localidades de la subcuenca del río Cuautla. ....	19
Tabla 1.7. Área y perímetro en la subcuenca del río Yautepec.....	21
Tabla 1.8 Tipos de vegetación y uso del suelo que representa la subcuenca del río Yautepec. ....	28
Tabla 1.9. Área ocupada por las entidades federativas Morelos y México de la subcuenca del río Yautepec.....	31
Tabla 1.11. Distribución poblacional por tipo en la subcuenca del río Yautepec. ....	34
Tabla 1.12. Distribución poblacional por tipo y por municipio de la subcuenca del río Yautepec. .	36
Tabla 2.1 Distribución de la población en los Municipios de la Cuenca del Río Yautepec .....	40
Tabla 2.2 Ubicación de las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Yautepec y Cuautla.....	45
Tabla 2.3 Promedios mensuales de la precipitación en las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Yautepec.....	48
Tabla 2.4 Promedios mensuales de la precipitación en las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Cuautla .....	49
Tabla 2.5 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1924-1965) y post-impacto o G2 (1966-2006) de la estación meteorológica 017001 (Atlaltlahuacan de la Subcuenca río Yautepec).....	51
Tabla 2.6 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1970-1989) y post-impacto o G2 (1990-2008) de la estación meteorológica 017012 (Oaxtepec, Yautepec de la Subcuenca río Yautepec).....	53
Tabla 2.7 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1955-1980) y post-impacto o G2 (1981-2008) de la estación meteorológica 017018 (Ticumán, Tlaltizapán de la Subcuenca río Yautepec).....	56

Tabla 2.8 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1955-1981) y post-impacto o G2 (1982-2010) de la estación meteorológica 017024 (Yautepec, Yautepec de la Subcuenca río Yautepec) .....	58
Tabla 2.9 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1990) y post-impacto o G2 (1991-2009) de la estación meteorológica 017038 (Nexpa, Tlalquiltenango de la Subcuenca río Yautepec).....	60
Tabla 2.10 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1991) y post-impacto o G2 (1992-2009) de la estación meteorológica 017049 (Tepoztlán E-12 de la Subcuenca río Yautepec).....	63
Tabla 2.11 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1991) y post-impacto o G2 (1992-2009) de la estación meteorológica 017051 (Totalalpan E-10 de la Subcuenca río Yautepec).....	65
Tabla 2.12. Prueba de “t” aplicada a la precipitación promedio mensual entre los periodos de pre-impacto y post-impacto en las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Yautepec con resultados significativos (los decrementos en amarillo y en verde los incrementos)...	68
Tabla 2.13. Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1926-1966) y post-impacto o G2 (1967-2006) de la estación meteorológica 017003 (Cuautla, Cuautla, SMN de la Subcuenca río Cuautla) .....	69
Tabla 2.14. Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1955-1982) y post-impacto o G2 (1983-2009) de la estación meteorológica 017005 (Cuautla, Cuautla, DGE de la Subcuenca río Cuautla) .....	71
Tabla 2.15 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1942-1957) y post-impacto o G2 (1958-1973) de la estación meteorológica 017005 (Tetelcingo, Cuautla, DGE de la Subcuenca río Cuautla).....	74
Tabla 2.16 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1963-1974) y post-impacto o G2 (1975-1985) de la estación meteorológica 017025 (Yecapixtla, Yecapixtla de la Subcuenca río Cuautla) .....	77
Tabla 2.17 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1991) y post-impacto o G2 (1992-2008) de la estación meteorológica 017043 (Yecapixtla E.T.A. 118 de la Subcuenca río Cuautla) .....	79

Tabla 2.18 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1992) y post-impacto o G2 (1993-2009) de la estación meteorológica 017048 (Puente de Ocuituco de la Subcuenca río Cuautla).....	82
Tabla 2.19 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1989) y post-impacto o G2 (1990-2004) de la estación meteorológica 017052 (Yecapixtla, de la Subcuenca río Cuautla) .....	84
Tabla 2.20 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1978-1991) y post-impacto o G2 (1992-2009) de la estación meteorológica 017054 (Moyotepec, Villa de Ayala de la Subcuenca río Cuautla).....	87
Tabla 2.21 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1978-1991) y post-impacto o G2 (1992-2009) de la estación meteorológica 017060 (Alpanocan Tetela del Volcán de la Subcuenca río Cuautla) .....	89
Tabla 2.22 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1981-1988) y post-impacto o G2 (1989-2009) de la estación meteorológica 017063 (Tecajec, Yecapixtla de la Subcuenca río Cuautla) .....	92
Tabla 2.23 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1981-1988) y post-impacto o G2 (2003-2009) de la estación meteorológica 017063 (Tecomalco, Villa de Ayala de la Subcuenca río Cuautla).....	94
Tabla 2.24 Prueba de “t” aplicada a la precipitación promedio mensual entre los periodos de pre-impacto y post-impacto en las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Cuautla con resultados significativos (los decrementos en amarillo y en verde los incrementos....	97
Tabla 2.25 Promedios mensuales de la temperatura observada (oC) para las estaciones meteorológicas ubicadas en la subcuenca del río Yautepec.....	98
Tabla 2.26 Promedios mensuales de la temperatura observada (oC) para las estaciones meteorológicas ubicadas en la subcuenca del río Cuautla .....	99
Tabla 2.27 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1924-1965) y pre-impacto o G2 o G2 (2066-2008) de la estación meteorológica 017001 (Atlahuacan, Subcuenca del río Yautepec) .....	101
Tabla 2.28 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1970-1990) y post-impacto o G2 (1991-2010) de la estación meteorológica 017012 (Oaxtepec, Yautepec de la Subcuenca del río Yautepec).....	103

Tabla 2.29 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1955-1982) y post-impacto o G2 (1983-2008) de la estación meteorológica 017018 (Ticumán, Tlaltizapán de la Subcuenca del río Yautepec).....	106
Tabla 2.30 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1955-1983) y post-impacto o G2 (1984-2010) de la estación meteorológica 017024 (Yautepec, Yautepec de la Subcuenca del río Yautepec).....	109
Tabla 2.31 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1992) y post-impacto o G2 (1993-2009) de la estación meteorológica 017038 (Nexpa, Talquilténango de la Subcuenca del río Yautepec).....	111
Tabla 2.32 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1992) y post-impacto o G2 (1993-2009) de la estación meteorológica 017049 (Tepoztlán E-12, Tepoztlán de la Subcuenca del río Yautepec)....	114
Tabla 2.33 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1992) y post-impacto o G2 (1993-2009) de la estación meteorológica 017051 (Totolalpan E-10 de la Subcuenca del río Yautepec) .....	117
Tabla 2.34 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1926-1966) y post-impacto o G2 (1967-2006) de la estación meteorológica 017003 (Cuautla, Cuautla (SMN) de la Subcuenca del río Cuautla).....	120
Tabla 2.35 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1955-1982) y post-impacto o G2 (1983-2009) de la estación meteorológica 017005 (Cuautla, Cuautla (DGE) de la Subcuenca del río Cuautla).....	123
Tabla 2.36 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1942 - 1957) y post-impacto o G2 (1958-1973) de la estación meteorológica 017017 (Tetelcingo, Cuautla ) de la Subcuenca del río Cuautla) .....	125
Tabla 2.37 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1963 - 1974) y post-impacto o G2 (1975-1985) de la estación meteorológica 017025 (Yecapixtla, Yecapixtla ) de la Subcuenca del río Cuautla .....	128
Tabla 2.38 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1976 - 1992) y post-impacto o G2 (1993-2008) de la estación meteorológica 017043 (Yecapixtla, ETA 118 ) de la Subcuenca del río Cuautla .....	131



Tabla 2.39 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1982 - 1995) y post-impacto o G2 (1996-2009) de la estación meteorológica 017048 (Puente de Ocuituco ) de la Subcuenca del río Cuautla.....	133
Tabla 2.40 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1976 - 1990) y post-impacto o G2 (1991-2004) de la estación meteorológica 017052 (Yecapixtla, Yecapixtla ) de la Subcuenca del río Cuautla.....	136
Tabla 2.41 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1978 - 1993) y post-impacto o G2 (1994-2009) de la estación meteorológica 017054 (Moyotepec, Villa de Ayala ) de la Subcuenca del río Cuautla.....	139
Tabla 2.42 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1980 - 1994) y post-impacto o G2 (1995-2009) de la estación meteorológica 017060 (Alpanocan, Tetela del Volcán) de la Subcuenca del río Cuautla..	141
Tabla 2.43 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1981 - 1995) y post-impacto o G2 (1996-2009) de la estación meteorológica 017063 (Tecajec, Yecapixtla) de la Subcuenca del río Cuautla .....	144
Tabla 2.44 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1981 - 1995) y post-impacto o G2 (1996-2009) de la estación meteorológica 017064 (Temoalco, Villa de Ayala) de la Subcuenca del río Cuautla .....	147
Tabla 2.45. Prueba de “t” a la temperatura promedio mensual entre los periodos de pre-impacto y post-impacto aplicada a la subcuenca del río Cuautla con resultados significativos (en amarillo los decrementos y en rojo los incrementos).....	150
Tabla 3.1. Parámetros seleccionados para las muestras de agua.....	155
Tabla 3.2. Estaciones de monitoreo .....	158
Tabla 3.3. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas.....	159
Tabla 3.3. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas (continuación).....	160
Tabla 3.3. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del en el río Yautepec y en las descargas (continuación) .....	161
Tabla 3.3. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas (continuación).....	161

Tabla 3.3. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas (continuación).....	162
Tabla 3.4. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce.....	179
Tabla 34. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce (Continuación) .....	179
Tabla 3.4. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce (Continuación).....	180
Tabla 3.4. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce (Continuación).....	180
Tabla 3.5. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla.....	198
Tabla 3.5. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación) .....	198
Tabla 3.5. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación) .....	199
Tabla 3.5. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación) .....	199
Tabla 3.5. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación) .....	200
Tabla 3.6. Aforos en las estaciones del río Yautepec y Dulce .....	216
Tabla 3.7. Aforos en las estaciones del río Cuautla.....	216
Tabla 3.8. Cargas actuales en el río Yautepec.....	218
Tabla 3.9. Cargas máximas permisibles en el río Yautepec para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable en la LFD.....	219
Tabla 3.10. Cargas máximas permisibles en el río Yautepec para Riego Agrícola en la LFD.....	220
Tabla 3.11. Cargas máximas permisibles en el río Yautepec para uso de Protección de Vida Acuática en la LFD .....	221
Tabla 3.12. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Yautepec para el uso de Fuente de Abastecimiento de Agua Potable en la LFD.....	222
Tabla 3.13. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Yautepec para el uso de Riego Agrícola en la LFD .....	223
Tabla 3.14. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Yautepec para el uso de Protección a la Vida Acuática en la LFD.....	224

Tabla 3.15. Cargas actuales en el río Dulce.....	234
Tabla 3.16. Cargas máximas permisibles en el río Dulce para Fuente de Abastecimiento de Agua Potables en la LFD .....	235
Tabla 3.17. Cargas máximas permisibles en el río Dulce para Riego Agrícola en la LFD.....	236
Tabla 3.18. Cargas máximas permisibles en el río Dulce para Protección de Vida Acuática en la LFD .....	237
Tabla 3.19. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Dulce para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable en la LFD.....	238
Tabla 3.20. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Dulce para Riego Agrícola en la LFD .....	238
Tabla 3.21. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Dulce para Protección a la Vida Acuática en la LFD .....	239
Tabla 3.22. Cargas actuales en el río Cuautla.....	249
Tabla 3.23. Cargas máximas permisibles en el río Cuautla para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable en la LFD.....	250
Tabla 3.24. Cargas máximas permisibles en el río Cuautla para Riego Agrícola en la LFD .....	251
Tabla 3.25. Cargas máximas permisibles en el río Cuautla para Protección de Vida Acuática en la LFD .....	252
Tabla 3.26. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Dulce para el uso de Fuente de Abastecimiento de la LFD.....	253
Tabla 3.27. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Cuautla para el uso de Riego Agrícola de la LFD .....	254
Tabla 3.28. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Cuautla para el uso de Protección a la Vida Acuática de la LFD .....	255
Tabla 3.29. Descripción de zonas en el río Dulce .....	266
Tabla 3.30. Descripción de zonas en el río Yautepec .....	266
Tabla 3.31. Descripción de zonas en el río Cuautla.....	267
Tabla 3.32. Geomorfología de los ríos Yautepec, Cuautla y Cuautla .....	272
Tabla 3.33. Tabla de clasificación de Rosgen .....	273
Tabla 4.1 Definición general de las clases de estado ecológico (DMA, Anexo V.1.2).....	278
Tabla 4.2. Listado florístico de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Cuautla.....	291

Tabla 4.3. Formato de cuantificación de las características de distribución y abundancia de macrófitas acuáticas estrictas. ....	294
Tabla 4.4. Cuantificación de las características de distribución y abundancia de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Cuautla. ....	295
Tabla 4.5. Listado florístico de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Yautepec. .	299
Tabla 4.6. Formato de cuantificación de las características de distribución y abundancia de macrófitas acuáticas estrictas. ....	303
Tabla 4.7. Cuantificación de las características de distribución y abundancia de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Yautepec. ....	304
Tabla 4.8. Listado florístico de macrófitas subacuáticas en la subcuenca del río Cuautla. ....	312
Tabla 4.9. Formato de cuantificación de las características de distribución y abundancia de macrófitas subacuáticas. ....	312
Tabla 4.10. Cuantificación de las características de distribución y abundancia de las especies de macrófitas subacuáticas en la subcuenca del río Cuautla. ....	313
Tabla 4.11. Listado florístico de macrófitas subacuáticas en la subcuenca del río Yautepec. ....	315
Tabla 4.12. Formato de cuantificación de las características de distribución y abundancia de macrófitas subacuáticas. ....	316
Tabla 4.13. Cuantificación de las características de distribución y abundancia de macrófitas subacuáticas en la subcuenca del río Yautepec. ....	316
Cuadro 5.1. Clasificación de la calidad del agua en base al Índice Biótico de Hilsenhoff, (IBH), (1987). ....	329
Cuadro 5.2 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. ....	332
Cuadro 5.3. Descriptores ecológicos de la comunidad macrobéntica de Tepoztlán. ....	343
Cuadro 5.1. Descriptores ecológicos de El Boque. ....	345
Cuadro 5.5. Descriptores ecológicos de El Boque-Manantial. ....	347
Cuadro 5.6. Descriptores ecológicos de Oaxtepec. ....	349
Cuadro 5.7. Descriptores ecológicos de Las Fuentes. ....	351
Cuadro 5.8. Descriptores ecológicos de Centro IPN. ....	353
Cuadro 5.9. Descriptores ecológicos de Acamilpa. ....	355
Cuadro 5.10. Descriptores ecológicos de Tlaltzapán-Dulce ....	357

Cuadro 5.11. Descriptores ecológicos de Confluencia río Yautepec y río Dulce.....	359
Cuadro 5.12. Descriptores ecológicos de Pedro Amaro.....	361
Cuadro 5.13. Calificación visual por cada sitio, calificación y categoría a la que pertenecen. ....	364
Cuadro 5.14. Descriptores ecológicos de Piedra Blanca. ....	365
Cuadro 5.15. Descriptores ecológicos de Unidad Deportiva. ....	367
Cuadro 5.16. Descriptores ecológicos de López Portillo. ....	369
Cuadro 5.17. Descriptores ecológicos de San Rafael. ....	371
Cuadro 5.18. Descriptores ecológicos de Ixtoluca. ....	373
Cuadro 5.19. Descriptores ecológicos de Nexpa.....	375
Cuadro 5.20. Calificación visual por cada sitio, calificación y categoría a la que pertenecen. ....	376

## Índice de figuras

Figura 1.1 Ubicación de las subcuencas Yautepec y Cuautla de la cuenca 18 F río Amacuzac Fuente: INEGI (2014) .....	4
Figura 1.2. Mapa del Modelo Digital del Terreno de la subcuenca del río Cuautla Fuente: INEGI (2014). ....	5
Figura 1.3 Perfil de elevación del cauce principal en la subcuenca del río Cuautla. Generado mediante Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas versión 2.2 (por sus siglas SIATL) del INEGI. ....	6
Figura 1.4. Mapa hidrográfico de la subcuenca del río Cuautla y sus afluentes principales. ....	6
Figura 1.5. Simulación de cálculo de caudal en la subcuenca del río Cuautla Fuente: INEGI (2014)..	7
Figura 1.6. Mapa Edafológico de la subcuenca del río Cuautla. Fuente: INEGI (2014).....	8
Figura 1.7. Mapa climatológico de la subcuenca del río Cuautla. Fuente: INEGI (2014) .....	9
Figura 1.8. Climograma de la temperatura observada y precipitación media anual de 1978 a 2012 en la estación de Atlautla número 15252 zona norte de la Subcuenca del río Cuautla. ....	10
Figura 1.9. Climograma de la temperatura observada y precipitación media anual de 1955 a 2013 en la estación de Cuautla número 17005 zona centro de la Subcuenca del río Cuautla. ....	10
Figura 1.10. Climograma de la temperatura observada y precipitación media anual de 1976 a 2013 en la estación de Nexpa número 17038 zona sur de la Subcuenca del río Cuautla.....	11
Figura 1.11. Mapa de la Vegetación y uso del suelo de la subcuenca del río Cuautla. Fuente: INEGI (2014) .....	12

Figura 1.12. Mapa de la División Política Estatal de la subcuenca del río Cuautla. Fuente: INEGI (2014). .....	14
Figura 1.13. Mapa de la distribución espacial de los municipios que cubren la subcuenca del río Cuautla. ....	15
Figura 1.14 Mapa de la población total de la subcuenca del río Cuautla Fuente: INEGI (2014).....	17
Figura 1.15. Mapa de la población total distribuida en los municipios y localidades de la subcuenca del río Cuautla. Fuente: INEGI (2014).....	18
Figura 1.16. Mapa del Modelo Digital del Terreno de la subcuenca del río Yautepec. Fuente: INEGI (2014). ....	20
Figura 1.18. Mapa hidrográfico de la subcuenca del río Yautepec y sus afluentes principales.....	22
Figura 1.19 Mapa Edafológico de la subcuenca del río Yautepec. Fuente: INEGI (2014). ....	23
Figura 1.20. Simulación de cálculo de caudal en la subcuenca del río Yautepec. Fuente: INEGI (2014). ....	24
Figura 1.21. Mapa climatológico de la subcuenca del río Yautepec. Fuente: INEGI (2014). ....	25
Figura 1.22. Climograma de la temperatura observada y precipitación media anual de 1975 a 2012 en la estación de San Juan Tlacotenco número 17039 zona norte de la Subcuenca del río Yautepec.....	26
Figura 1.23. Climograma de la temperatura observada y precipitación media anual de 1956 a 2014 en la estación de Yautepec número 17024 zona centro de la Subcuenca del río Yautepec	26
Figura 1.24. Climograma de la temperatura observada y precipitación media anual de 1963 a 2013 en la estación de Xicatlacotla (CFE) número 17033 zona sur de la Subcuenca del río Yautepec. ....	27
Figura 1.25. Mapa Vegetación y uso del suelo de la subcuenca del río Yautepec.....	28
Figura 1.26. Mapa de la División Política Estatal de la Subcuenca del río Yautepec. ....	31
Figura 1.27. Mapa de la distribución espacial de los municipios que cubren la subcuenca del río Yautepec.....	32
Figura 1.28 Mapa de distribución por tipo de población de la subcuenca del río Yautepec.....	34
Figura 1.29 Mapa de la población total de la subcuenca del río Yautepec por tipo y municipio. ...	36
Figura 2.1 Distribución de la población urbana en la cuenca del río Yautepec. ....	41
Figura 2.2 Distribución de la población rural en la cuenca del río Yautepec. ....	42
Figura 2.3 Ubicación de las Cuencas del Río Yautepec y Cuautla en el Estado de Morelos. ....	44

Figura 2.4 Ubicación de las estaciones meteorológicas en las subcuencas del río Yautepec (color lila) y Cuautla (color amarillo) en el Estado de Morelos (color rosa).....	47
Figura 2.5 Promedios mensuales de la precipitación en las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Yautepec.....	49
Figura 2.6 Promedios mensuales de la precipitación en las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Cuautla. ....	50
Figura 2.7 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Atlatllhuacan (017001) para el periodo de pre-impacto (1924 – 1965) y post-impacto (1966 – 2006) subcuenca del río Yautepec.....	52
Figura 2.8. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1924 – 1965) y post-impacto (1966 – 2006) para la estación Atlatllhuacan en la subcuenca del río Yautepec (los puntos en negro en la gráfica señalan los valores significativos).....	53
Figura 2.9 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Oaxtepec, Yautepec (017012) para el periodo de pre-impacto (1970 – 1989) y post-impacto (1990 – 2008) para la subcuenca del río Yautepec. ....	55
Figura 2.10. Figura Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1970 – 1989) y post-impacto (1990 – 2008) para la estación Oaxtepec-Yautepec en subcuenca del río Yautepec (los puntos en negro en la gráfica señalan los valores significativos).....	55
Figura 2.11 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Ticuman, Tlaltizapan (017018) para el periodo de pre-impacto (1955 – 1980) y post-impacto (1981 – 2008) en la subcuenca del río Yautepec.....	57
Figura 2.12. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1955 – 1980) y post-impacto (1981 – 2008) para la estación Ticumán-Tlaltizapán en la subcuenca del río Yautepec (los puntos en negro en la gráfica señalan los valores significativos).....	58
Figura 2.13 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Yautepec, Yautepec (017024) para el periodo de pre-impacto (1955 – 1981) y post-impacto (1982 – 2010) de la subcuenca del río Yautepec.....	59
Figura 2.14. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1955 – 1981) y post-impacto (1982 – 2010) para la estación Yautepec,	

Yautepec en la subcuenca del río Yautepec (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos). .....	60
Figura 2.15 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Nexpa, Tlalquitenango (017038) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1990) y post-impacto (1991 – 2009) para la subcuenca del río Yautepec.....	62
Figura 2.16. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1990) y post-impacto (1991 – 2009) para la estación Nexpa-Tlalquitenango en la subcuenca del río Yautepec (los puntos en negro en la gráfica señalan los valores significativos).....	63
Figura 2.17 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Tepoztlán E-12 (017049) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1991) y post-impacto (1992 – 2009). .....	64
Figura 2.18. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1991) y post-impacto (1992 – 2009) para la estación Tepoztlán E-12 en la subcuenca del río Yautepec (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).....	65
Figura 2.19 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1991) y post-impacto o G2 (1992-2009) de la estación meteorológica 017051 (Totolalpan E-10 de la Subcuenca río Yautepec).....	67
Figura 2.20. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1991) y post-impacto (1992 – 2009) para la estación Totolalpán E-10 en la subcuenca del río Yautepec (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).....	68
Figura 2.21 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Cuautla, Cuautla SMN (017003) para el periodo de pre-impacto (1926 – 1966) y post-impacto (1967 – 2006) para la subcuenca del río Cuautla. ....	70
Figura 2.22. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1926 – 1966) y post-impacto (1967 – 2006) para la estación Cuautla, Cuautla (SMN), en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos). .....	71
Figura 2.23 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Cuautla, Cuautla DGE (017005) para el periodo de pre-impacto (1955 – 1982) y post-impacto (1983 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla. ....	73



Figura 2.24. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1955 – 1982) y post-impacto (1983 – 2009) para la estación Cuautla, Cuautla (DGE), en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos). ..... 74

Figura 2.25 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1942-1957) y post-impacto o G2 (1958-1973) de la estación meteorológica 017005 (Tetelcingo, Cuautla, DGE de la Subcuenca río Cuautla). ..... 76

Figura 2.26. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1942 – 1957) y post-impacto (1958 – 1973) para la estación Tetelcingo, Cuautla (DGE), en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos). ..... 76

Figura 2.27 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Yecapixtla, Yecapixtla (017025) para el periodo de pre-impacto (1963 – 1974) y post-impacto (1975 – 1985) para la subcuenca del río Cuautla. .... 78

Figura 2.28. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1963 – 1974) y post-impacto (1975 – 1985) para la estación Yecapixtla, Yecapixtla en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos). ..... 79

Figura 2.29 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Yecapixtla E.T.A. (017043) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1991) y post-impacto (1992 – 2008) para la subcuenca del río Cuautla. .... 81

Figura 2.30. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1991) y post-impacto (1992 – 2008) para la estación Yecapixtla, E.T.A. en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos). ..... 82

Figura 2.31 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Puente de Ocuituco (017048) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla. .... 83

Figura 2.32. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la estación Puente Ocuituco en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos). ..... 84

Figura 2.33 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Yecapixtla (017052) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1989) y post-impacto (1990 – 2004) para la subcuenca del río Cuautla. .... 86

Figura 2.34. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1989) y post-impacto (1990 – 2004) para la estación Yecapixtla en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos). .... 87

Figura 2.35 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Moyotepec Villa de Ayala (017054) para el periodo de pre-impacto (1978 – 1991) y post-impacto (1992 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla. .... 88

Figura 2.36. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1978 – 1991) y post-impacto (1992 – 2009) para la estación Moyotepec Villa de Ayala en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos). .... 89

Figura 2.37 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Alpaloca, Tetela del Volcán (017060) para el periodo de pre-impacto (1978 – 1991) y post-impacto (1992 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla. .... 91

Figura 2.38. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1978 – 1991) y post-impacto (1992 – 2009) para la estación Alpaloca, Tetela del Volcán en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos). .... 92

Figura 2.39 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Tecajec, Yecapixtla (017063) para el periodo de pre-impacto (1981 – 1988) y post-impacto (1989 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla. .... 93

Figura 2.40. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1981 – 1988) y post-impacto (1989 – 2009) para la estación Tecajec, Yecapixtla en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos). .... 94

Figura 2.41 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Tecajec, Villa de Ayala (017064) para el periodo de pre-impacto (1981 – 1988) y post-impacto (2003 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla. .... 96

Figura 2.42 Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1981 – 1988) y post-impacto (2003 – 2009) para la estación Tecajec, Villa de Ayala en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).....	97
Figura 2.43 Promedios mensuales de la Temperatura media observada en las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Yautepec.....	99
Figura 2.44 Promedios mensuales de la Temperatura media observada en las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Cuautla.....	100
Figura 2.45 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Atlahuacan (017001) para el periodo de pre-impacto (1924 – 1965) y post-impacto (1966 – 2008) para la subcuenca del río Yautepec.....	102
Figura 2.46 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1924 – 1965) y post-impacto (1966 – 2008) para la estación Atlahuacan en subcuenca del río Yautepec.....	103
Figura 2.47 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Oaxtepec, Yautepec (017012) para el periodo de pre-impacto (1970 – 1990) y post-impacto (1991 – 2010) para la subcuenca del río Yautepec.....	105
Figura 2.48 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1970 – 1990) y post-impacto (1991 – 2010) para la estación Oaxtepec, Yautepec en subcuenca del río Yautepec (los meses con puntos negros señalan diferencias significativas). ....	106
Figura 2.49 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Ticumán, Tlaltizapán (017018) para el periodo de pre-impacto (1955 – 1982) y post-impacto (1983 – 2008) para la subcuenca del río Yautepec.....	108
Figura 2.50 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1955 – 1982) y post-impacto (1983 – 2008) para la estación Ticumán, Tlaltizapán en subcuenca del río Yautepec (puntos negros señalan los meses con diferencias significativas). ....	108
Figura 2.51 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Yautepec, Yautepec (017024) para el periodo de pre-impacto (1955 – 1983) y post-impacto (1984 – 2010) para la subcuenca del río Yautepec.....	110

Figura 2.52 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1955 – 1983) y post-impacto (1984 – 2010) para la estación Yautepec, Yautepec en subcuenca del río Yautepec (puntos negros señalan los meses con diferencias significativas). ..... 111

Figura 2.53 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Nexpa, Tlalquiltenango (017038) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la subcuenca del río Yautepec. .... 113

Figura 2.54 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la estación Nexpa, Tlalquiltenango en subcuenca del río Yautepec (puntos negros señalan los meses con diferencias significativas). .... 114

Figura 2.55 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Tepoztlán E-12 (017049) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la subcuenca del río Yautepec..... 115

Figura 2.56 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la estación Tepoztlán E-12 en subcuenca del río Yautepec (puntos negros señalan los meses con diferencias significativas). ..... 116

Figura 2.57 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Tototalpan E-10 (017051) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la subcuenca del río Yautepec..... 118

Figura 2.58. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la estación Tototalpan E-10 en la subcuenca del río Yautepec (puntos negros señalan los meses con diferencias significativas). ..... 119

Figura 2.59 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Cuautla, Cuautla (SMN) (017003) para el periodo de pre-impacto (1926 – 1966) y post-impacto (1967 – 2006) para la subcuenca del río Cuautla. .... 122

Figura 2.60 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1926 - 1966) y post-impacto (1967 – 2006) para la estación Cuautla, Cuautla (SMN) en subcuenca del río Cuautla (puntos negros señalan los meses con diferencias significativas). ..... 123

Figura 2.61 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Cuautla, Cuautla - DGE (017005) para el periodo de pre-impacto (1955 – 1982) y post-impacto (1983 – 2002) para la subcuenca del río Cuautla. .... 124

Figura 2.62 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1955 - 1982) y post-impacto (1983 – 2002) para la estación Cuautla, Cuautla (DGE) en subcuenca del río Cuautla..... 125

Figura 2.63 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Cuautla, Tetelcingo (017017) para el periodo de pre-impacto (1942 – 1957) y post-impacto (1958 – 1973) para la subcuenca del río Cuautla. .... 127

Figura 2.64. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1942 - 1957) y post-impacto (1958 – 1973) para la estación Tetelcingo, Cuautla en subcuenca del río Cuautla..... 128

Figura 2.65 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Yecapixtla, Yecapixtla (017025) para el periodo de pre-impacto (1963 – 1974) y post-impacto (1975 – 1985) para la subcuenca del río Cuautla. .... 129

Figura 2.66. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1963 - 1974) y post-impacto (1975 – 1985) para la estación Yecapixtla en subcuenca del río Cuautla. .... 130

Figura 2.67 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Yecapixtla, ETA 118 (017043) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2008) para la subcuenca del río Cuautla. .... 132

Figura 2.68. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 - 1992) y post-impacto (1993 – 2008) para la estación Yecapixtla ETA 118 en la subcuenca del río Cuautla..... 133

Figura 2.69 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Puente de Ocuituco E-5 (017048) para el periodo de pre-impacto (1982 – 1995) y post-impacto (1996 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla. .... 135

Figura 2.70 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1982 - 1995) y post-impacto (1996 – 2009) para la estación Puente de Ocuituco E-5 de la subcuenca del río Cuautla..... 136

Figura 2.71 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación yecapixtla, Yecapixtla (017052) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1990) y post-impacto (1991 – 2004) para la subcuenca del río Cuautla. ....	138
Figura 2.72. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976- 1990) y post-impacto (1991 – 2004) para la estación Yecapixtla, Yecapixtla de la subcuenca del río Cuautla. ....	138
Figura 2.73 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Moyotepec, Villa de Ayala (017054) para el periodo de pre-impacto (1978 – 1993) y post-impacto (1994 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla. ....	140
Figura 2.74. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1978 - 1993) y post-impacto (1994 – 2009) para la estación Yecapixtla, Yecapixtla de la subcuenca del río Cuautla. ....	141
Figura 2.75 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Alpanocan, Tetela del Volcán (017060) para el periodo de pre-impacto (1980 – 1994) y post-impacto (1995 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla. ....	143
Figura 2.76. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1980 - 1994) y post-impacto (1995 – 2009) para la estación Yecapixtla, Yecapixtla de la subcuenca del río Cuautla. ....	143
Figura 2.77 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Tecajec, Yecapixtla (017063) para el periodo de pre-impacto (1981 – 1995) y post-impacto (1996 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla. ....	145
Figura 2.78 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1981 - 1995) y post-impacto (1996 – 2009) para la estación Yecapixtla, Yecapixtla de la subcuenca del río Cuautla. ....	146
Figura 2.79 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Temoalco, Villa de Ayala (017064) para el periodo de pre-impacto (1981 – 1995) y post-impacto (1996 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla. ....	148
Figura 2.80. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1981 - 1995) y post-impacto (1996 – 2009) para la estación Temoalco, Villa de Ayala de la subcuenca del río Cuautla.....	149
Figura 3.1. Localización de las estaciones de muestreo.....	157
Figura 3. 2. Temperatura en el río Yautepec y en las descargas.....	164

Figura 3.3. Conductividad eléctrica en el río Yautepec y en las descargas .....	164
Figura 3.4. Oxígeno disuelto en el río Yautepec y en las descargas.....	165
Figura 3.5. pH en el río Yautepec y en las descargas .....	165
Figura 3.6. Salinidad en el río Yautepec y en las descargas .....	166
Figura 3.7. Carbono orgánico total (COT) en el río Yautepec y en las descargas.....	166
Figura 3.8. Alcalinidad total en el río Yautepec y en las descargas.....	167
Figura 3.9. Dureza total en el río Yautepec y en las descargas .....	167
Figura 3.10. Color verdadero en el río Yautepec y en las descargas.....	168
Figura 3.11. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA .....	168
Figura 3.12. Demanda química de oxígeno (DQO) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA .....	169
Figura 3.13. DQO soluble en el río Yautepec y en las descargas.....	169
Figura 3.14. Sólidos disueltos totales (SDT) en el río Yautepec y en las descargas .....	170
Figura 3.15. Sólidos suspendidos totales (SST) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA .....	170
Figura 3.16. Sólidos totales (ST) en el río Yautepec y en las descargas .....	171
Figura 3.17. Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> ) en el río Yautepec y en las descargas.....	171
Figura 3.18. Nitratos (NO <sub>3</sub> ) en el río Yautepec y en las descargas .....	172
Figura 3.19. Nitritos (NO <sub>2</sub> ) en el río Yautepec y en las descargas .....	172
Figura 3.20. Nitrógeno total (NT) en el río Yautepec y en las descargas .....	173
Figura 3.21. Ortofosfatos (P-orto) en el río Yautepec y en las descargas.....	173
Figura 3.22. Fósforo hidrolizable en el río Yautepec y en las descargas.....	174
Figura 3.23. Fósforo orgánico en el río Yautepec y en las descargas.....	174
Figura 3.24. Fósforo total (PT) en el río Yautepec y en las descargas.....	175
Figura 3.25. Coliformes fecales en el río Yautepec y en las descargas .....	175
Figura 3.26. Cloruros en el río Yautepec y en las descargas .....	176
Figura 3.27. Sulfatos en el río Yautepec y en las descargas .....	176
Figura 3.28. Sulfuros en el río Yautepec y en las descargas.....	177
Figura 3.29. Arsénico en el río Yautepec y en las descargas .....	177
Figura 3.30. Temperatura en el río Dulce .....	181
Figura 3.31. Conductividad eléctrica en el río Dulce.....	181

Figura 3.32. Oxígeno disuelto en el río Dulce .....	182
Figura 3.33. pH en el río Dulce .....	182
Figura 3.34. Salinidad en el río Dulce .....	183
Figura 3.35. Carbono orgánico total (COT) en el río Dulce .....	183
Figura 3.36. Alcalinidad total en el río Dulce .....	184
Figura 3.37. Dureza total en el río Dulce.....	184
Figura 3.38. Color verdadero en el río Dulce .....	185
Figura 3.39. DBO en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA.....	185
Figura 3.40. DBO soluble en el río Dulce.....	186
Figura 3.41. DQO en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA .....	186
Figura 3.42. DQO soluble en el río Dulce .....	187
Figura 3.43. SDT en el río Dulce .....	187
Figura 3.44. SST en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA .....	188
Figura 3.45. ST en el río Dulce.....	188
Figura 3.46. NH3 en el río Dulce.....	189
Figura 3.47. NO3 en el río Dulce .....	189
Figura 3.48. NO2 en el río Dulce .....	190
Figura 3.49. Nitrógeno orgánico en el río Dulce .....	190
Figura 3.50. Nitrógeno total en el río Dulce.....	191
Figura 3.51. Ortofosfatos en el río Dulce .....	191
Figura 3.52. Fósforo hidrolizable en el río Dulce.....	192
Figura 3.53. Fósforo orgánico en el río Dulce .....	192
Figura 3.54. Fósforo total en el río Dulce.....	193
Figura 3.55. Fosfatos en el río Dulce .....	193
Figura 3.56. Grasas y aceites en el río Dulce.....	194
Figura 3.57. Sustancias activas al azul de metileno (SAAM) en el río Dulce .....	194
Figura 3.58. Cloruros en el río Dulce.....	195
Figura 3.59. Sulfatos en el río Dulce.....	195
Figura 3.60. Sulfuros en el río Dulce .....	196
Figura 3.61. Coliformes fecales en el río Dulce .....	196
Figura 3.62. Arsénico en el río Dulce.....	197
Figura 3.63. Temperatura en el río Cuautla .....	201



Figura 3.64. Conductividad eléctrica en el río Cuautla .....	201
Figura 3.65. Oxígeno disuelto en el río Cuautla .....	202
Figura 3.66. pH en el río Cuautla .....	202
Figura 3.67. ORP en el río Cuautla.....	203
Figura 3.68. Carbono orgánico total en el río Cuautla .....	203
Figura 3.69. Alcalinidad total en el río Cuautla .....	204
Figura 3.70. Dureza en el río Cuautla .....	204
Figura 3.71. Color verdadero en el río Cuautla .....	205
Figura 3.72. DBO en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA ....	205
Figura 3.73. DBO soluble en el río Cuautla.....	206
Figura 3.74. DQO en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA....	206
Figura 3.75. DQO soluble en el río Cuautla .....	207
Figura 3.76. SDT en el río Cuautla .....	207
Figura 3.77. SST en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA .....	208
Figura 3.78. Sólidos totales en el río Cuautla .....	208
Figura 3.79. NH3 en el río Cuautla .....	209
Figura 3.80. Nitratos en el río Cuautla .....	209
Figura 3.81. Nitritos en el río Cuautla .....	210
Figura 3.82. Nitrógeno orgánico en el río Cuautla .....	210
Figura 3.83. Nitrógeno orgánico en el río Cuautla .....	211
Figura 3.84. Ortofosfatos en el río Cuautla .....	211
Figura 3.85. Fósforo hidrolizable en el río Cuautla .....	212
Figura 3.86. Fósforo orgánico en el río Cuautla .....	212
Figura 3.87. Fósforo total en el río Cuautla.....	213
Figura 3.88. Fosfatos en el río Cuautla .....	213
Figura 3.89. Grasas y Aceites en el río Cuautla .....	214
Figura 3.90. Cloruros en el río Cuautla.....	214
Figura 3.91. Sulfatos en el río Cuautla .....	215
Figura 3.92. Coliformes fecales en el río Cuautla.....	215
Figura 3.93. Caudales en las cuencas de los ríos Yautepec y Cuautla.....	217
Figura 3.94. Carga de oxígeno disuelto en el río Yautepec .....	225
Figura 3.95. Carga de alcalinidad en el río Yautepec .....	225

Figura 3.96. Carga de DBO con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Yautepec .....	226
Figura 3.97. Carga de DQO con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Yautepec.....	226
Figura 3.98. Carga de SDT en el río Yautepec .....	227
Figura 3.99. Carga de SST en el río Yautepec .....	227
Figura 3.100. Carga de SST con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Yautepec.....	228
Figura 3.101. Carga de ST en el río Yautepec .....	228
Figura 3.102. Carga de NH3 en el río Yautepec.....	229
Figura 3.103. Carga de NO3 en el río Yautepec .....	229
Figura 3.104. Carga de NO2 en el río Yautepec .....	230
Figura 3.105. Carga de nitrógeno total en el río Yautepec .....	230
Figura 3.106. Carga de fósforo total en el río Yautepec.....	231
Figura 3.107. Carga de sulfatos en el río Yautepec .....	231
Figura 3.108. Carga de sulfuros en el río Yautepec.....	232
Figura 3.109. Carga de cloruros en el río Yautepec .....	232
Figura 3.110. Carga de coliformes fecales en el río Yautepec .....	233
Figura 3.111. Carga de arsénico en el río Yautepec .....	233
Figura 3.112. Carga de oxígeno disuelto en el río Dulce.....	240
Figura 3.113. Carga de alcalinidad en el río Dulce .....	241
Figura 3.114. Carga DBO en el río Dulce .....	241
Figura 3.115. Carga de DQO en el río Dulce.....	242
Figura 3.116. Carga de SDT en el río Dulce .....	242
Figura 3.117. Carga de SST en el río Dulce.....	243
Figura 3.118. Carga SST con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Dulce.....	243
Figura 3.119. Carga de ST en el río Dulce.....	244
Figura 3.120. Carga NH3 en el río Dulce .....	244
Figura 3.121. Carga de NO3 en el río Dulce .....	245
Figura 3.122. Carga de NO2 en el río Dulce .....	245
Figura 3.123. Carga nitrógeno total en el río Dulce .....	246
Figura 3.124. Carga fósforo total en el río Dulce .....	246
Figura 3.125. Carga sulfatos en el río Dulce.....	247
Figura 3.126. Carga de sulfatos en el río Dulce.....	247
Figura 3.127. Carga de cloruro en el río Dulce .....	248

Figura 3.128. Carga de coliformes fecales en el río Dulce .....	248
Figura 3.129. Carga de arsénico en el río Dulce .....	249
Figura 3.130. Carga de oxígeno disuelto en el río Cuautla.....	256
Figura 3.131. Carga de alcalinidad en el río Cuautla .....	256
Figura 3.132. Carga DBO en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA ..	257
Figura 3.133. Carga de DQO en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA .....	257
Figura 3.134. Carga de SDT en el río Cuautla .....	258
Figura 3.135. Carga de SST en el río Cuautla.....	258
Figura 3.136. Carga SST en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA ....	259
Figura 3.137. Carga de ST en el río Cuautla.....	259
Figura 3.138. Carga NH <sub>3</sub> en el río Cuautla .....	260
Figura 3.139. Carga de NO <sub>3</sub> en el río Cuautla .....	260
Figura 3.140. Carga de NO <sub>2</sub> en el río Cuautla .....	261
Figura 3.141. Carga fósforo total en el río Cuautla .....	261
Figura 3.142. Carga sulfatos en el río Cuautla.....	262
Figura 3.143. Carga de sulfuros en el río Cuautla .....	262
Figura 3.144. Carga de cloruro en el río Cuautla.....	263
Figura 3.145. Carga de coliformes fecales en el río Cuautla .....	263
Figura 3.146. Carga de arsénico en el río Cuautla.....	264
Figura 3.147. Unifilar del río Cuautla. ....	269
Figura 3.148. Unifilar del río Yautepec y el río Dulce.....	270
Figura 4.1. Esquema para establecer los Índice de Calidad Ecológica. ....	278
Figura 4.2 Indicación de los papeles que desempeñan los indicadores de calidad biológica, hidromorfológica y fisicoquímica en la clasificación del estado ecológico de acuerdo con las definiciones de normativas del Anexo V, 1.2 de la DMA (WFD CIS WorkingGroup 2A, 2005). .....	281
Figura. 4.3. Distribución de las familias de especies estrictas acuáticas en las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepec.....	290
Figura 4.4. Número de especies, géneros y familias de macrófitas acuáticas estrictas representadas en la subcuenca del río Cuautla. ....	293

Figura 4.5. Macrófitas acuáticas estrictas ordenadas con base en su forma de vida en la subcuenca del río Cuautla. ....	293
Figura 4.6. Porcentaje de distribución de formas de vida de especies de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Cuautla. ....	294
Figura 4.7. Resultado de cuantificación, distribución y abundancia de especies de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Cuautla. ....	297
Figura 4.8. Porcentaje de cuantificación, distribución y abundancia de especies de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Cuautla. ....	298
Figura 4.9. Número de especies, géneros y familias de macrófitas acuáticas estrictas representadas en la subcuenca del río Yautepec. ....	301
Figura 4.10. Macrófitas acuáticas estrictas ordenadas con base en su forma de vida en la subcuenca del río Yautepec. ....	302
Figura 4.11. Porcentaje de distribución de las formas de vida de especies de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Yautepec. ....	303
Figura 4.12. Resultado de cuantificación, distribución y abundancia de especies de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Yautepec. ....	307
Figura 4.13. Porcentaje de cuantificación, distribución y abundancia de especies de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Yautepec. ....	307
Figura 4.14. Distribución espacial de las familias de especies subacuáticas en las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepec. ....	311
Figura 4.15. Resultado de cuantificación, distribución y abundancia de especies subacuáticas en la subcuenca del río Cuautla. ....	314
Figura 4.16. Porcentaje de cuantificación, distribución y abundancia de especies de macrófitas subacuáticas en la subcuenca del río Cuautla. ....	315
Figura 4.17. Resultado de cuantificación, distribución y abundancia de especies subacuáticas en la subcuenca del río Yautepec. ....	318
Figura 4.18. Porcentaje de cuantificación, distribución y abundancia de especies de macrófitas subacuáticas en la subcuenca del río Yautepec. ....	319
Figura 5.1. Área de estudio y ubicación de los sitios de muestreo de la cuenca Yautepec. ....	326
Figura 5.2. Área de estudio y ubicación de sitios de muestreo de la cuenca Cuautla. ....	327
Figura 5.3. Análisis relación Efemeróptera, Plecóptera, Tricóptera por sitio. ....	333
Figura 5.4. Análisis relación Efemeróptera, Plecóptera, Tricóptera por sitio. ....	334

Figura. 5.5. Índice biótico de Hilsenhoff (IBH), Índice de Shannon (H') y Equitatividad, para la cuenca Yautepec.....	335
Figura. 5.6 Índice biótico de Hilsenhoff (IBH), Índice de Shannon (H') y Equitatividad, para la cuenca Cuautla. ....	336
Figura 5.7 Análisis de similitud sitios de muestreo para la cuenca Yautepec.....	337
Figura 5.8. Análisis de similitud sitios de muestreo para la cuenca Cuautla.....	338
Fig. 5.9. Valor de riqueza para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran. ....	339
Fig. 5.10 Valor de índice Biótico de Hilsenhoff para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran.....	340
Fig. 5.11 Valor de riqueza para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran. ....	341
Fig. 5.12. Valor de índice Biótico de Hilsenhoff para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran.....	342
Figura 5.13. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Tepoztlán. ....	343
Figura 5.14. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Tepoztlán. ....	344
Figura 5.15. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de El Bosque. ....	345
Figura 5.16. Grupo funcional alimenticio de El Bosque. ....	346
Figura 5.17. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de El Bosque-Manantial. ....	347
Figura 5.18. Grupo funcional alimenticio de El Bosque-Manantial.....	348
Figura 5.19. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Oaxtepec.....	349
Figura 5.20. Grupo funcional alimenticio de Oaxtepec.....	350
Figura 5.21. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Las Fuentes. ....	351
Figura 5.22. Grupo funcional alimenticio de Oaxtepec.....	352
Figura 5.23. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Centro IPN.....	353
Figura 5.24. Grupo funcional alimenticio de Centro IPN. ....	354
Figura 5.25. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Acamilpa. ....	355
Figura 5.26. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Acamilpa. ....	356
Figura 5.27. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Tlaltizapán-Dulce. ...	357
Figura 5.28. Estructura de la comunidad por grupo funcional alimenticio en Tlaltizapán-Dulce...	358

Figura 5.29. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia del Confluencia río Yautepec y río Dulce.....	359
Figura 5.30. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Confluencia río Yautepec y río Dulce.....	360
Figura 5.31. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Pedro Amaro.....	361
Figura 5.32. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Pedro Amaro.....	362
Figura 5.33. Descriptores ecológicos de acuerdo a la ubicación de los sitios, en la cuenca Yautepec. ....	363
Figura 5.34. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Piedra Blanca. ....	365
Figura 5.35. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Piedra Blanca .....	366
Figura 5.36. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Unidad Deportiva....	367
Figura 5.37. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Unidad Deportiva..	368
Figura 5.38. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de López Portillo. ....	369
Figura 5.39. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de López Portillo. ....	370
Figura 5.40. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de San Rafael. ....	371
Figura 5.41. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de San Rafael. ....	372
Figura 5.42. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Ixtoluca. ....	373
Figura 5.43. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Ixtoluca. ....	374
Figura 5.44. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Nexpa.....	375
Figura 5.45. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Nexpa.....	376
Figura 5.46. Descriptores ecológicos de acuerdo a la ubicación de los sitios, en la cuenca Cuautla. ....	377
Figura 6.1. Metodología de desarrollo.....	388
Figura 6.2. Estructura de la base de datos geográfica. ....	390
Figura 6.3. Diseño del SIG web.....	391
Figura 6.4. Capas dentro de la base de datos PostGIS. ....	392
Figura 6.5. Desarrollo de la interfaz del SIG. ....	393
Figura 6.6. Panel de mapas. ....	394
Figura 6.7. Panel de simbología. ....	394
Figura 6.8. Barra de herramientas. ....	395
Figura 6.9. Interfaz de OpenGeo Suite. ....	396
Figura 6.11-a. Carga de los datos geográficos en GeoServer.....	398

Figura 6.11-b. Carga de los datos geográficos en GeoServer (continuación). ..... 399

Figura 6.12. Inicio del SIG web. .... 400

Figura 6.13. Carga de datos en el SIG..... 401

Figura 6.14. Visualizar datos en Google Earth..... 402

Figura 6.15. Visualizar información en Google Earth..... 403

Figura 6.16. Medir área..... 404

Figura 6.17. Medir longitud..... 405

Figura 6.18. Panel de simbología en funcionamiento..... 406

Figura 6.19. Componentes de OpenGeo Suite..... 420

Figura 6.20. Interfaz QGIS Desktop. .... 422

## 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 (Eschmery 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 Itzamatlán y después de un largo recorrido se une con el río Amacuzac, el más grande de Morelos. Abarca una superficie de 1,222 Km<sup>2</sup>. 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 Atlihuayán 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 Itzamatlán 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.

### **1.1. 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 unifilar 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.

## 1.2. Área de estudio

La cuenca del Amacuzac cuenta un área de 9536.21 km<sup>2</sup>, pertenece a la cuenca del Balsas de la región hidrológica número 18. Está conformada por siete subcuencas: Bajo Amacuzac, Cautla, Yautepec, Apatlaco, Coatlán, Alto Amacuzac y Tequesquitengo; cubriendo. El área de estudio considera a las subcuencas de los ríos Cautla y Yautepec, las cuales abarcan un área de 2,708.08 km<sup>2</sup>, lo que corresponde al 28.4% de la Cuenca del Amacuzac (Figura 1.1 y Tabla 1.1)

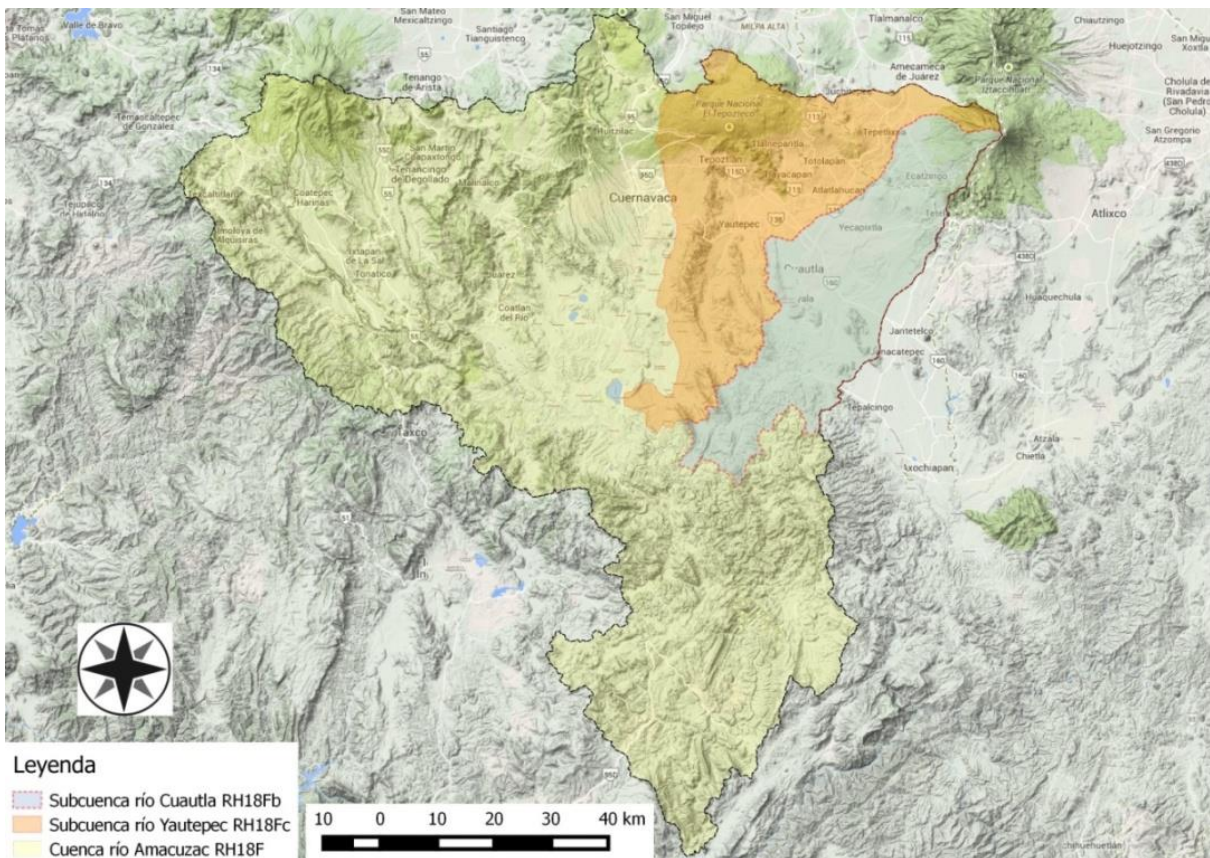


Figura 1.1 Ubicación de las subcuencas Yautepec y Cautla de la cuenca 18 F río Amacuzac Fuente: INEGI (2014).

Tabla 1.1 Áreas de las cuencas Balsas y Amacuzac

Clave RH	Nombre del río	Área (km <sup>2</sup> )	Porc. (%) RH18	% RH18F	Perímetro (km)	Porc. (%) RH	% RH18F
RH18	Balsas	117,203.89	100	----	2,948.79	100	----

### 1.3. Subcuenca del río Cuautla

La subcuenca del río Cuautla inicia en el Volcán Popocatepetl, en donde presenta alturas máximas de 5,380 msnm. La parte más baja se ubica a los 761 msnm, a la salida del río Cuautla. (Figura 1.2 y 1.3). Cuenta con un área de 1,181.85 Km<sup>2</sup> y una pendiente promedio de 3.452%.

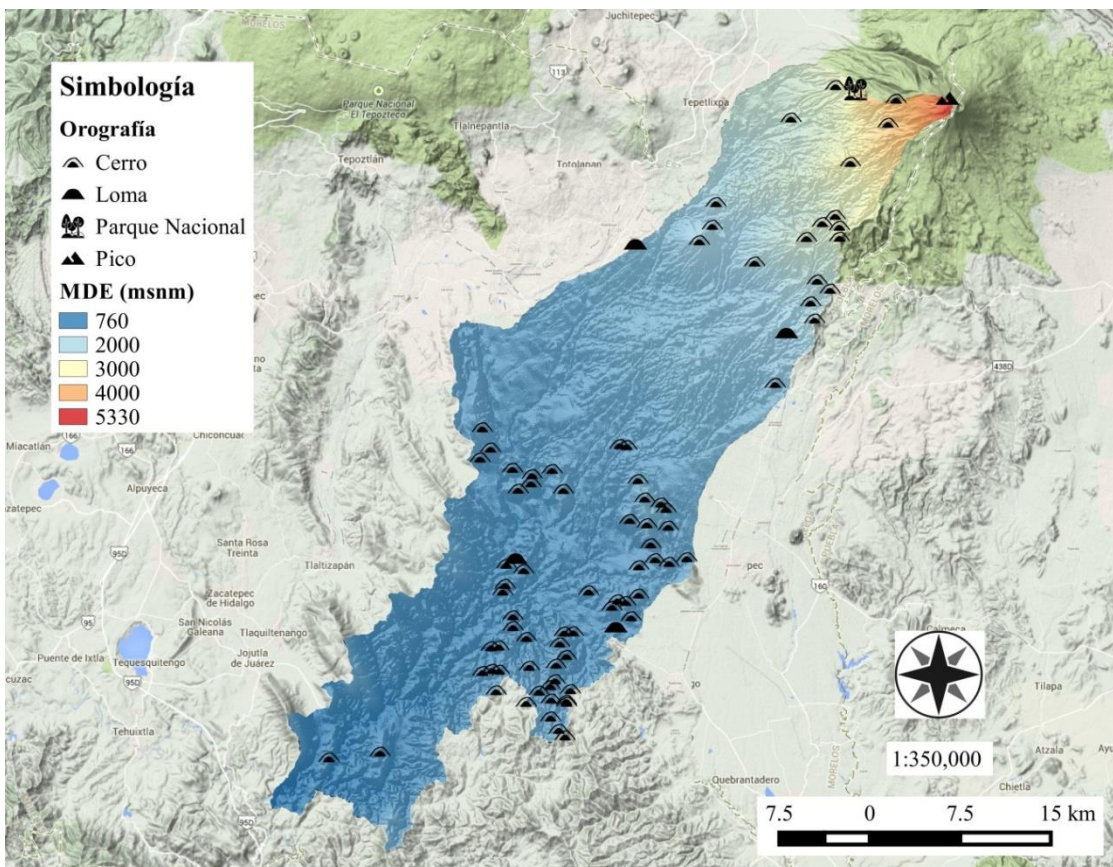


Figura 1.2. Mapa del Modelo Digital del Terreno de la subcuenca del río Cuautla Fuente: INEGI (2014).

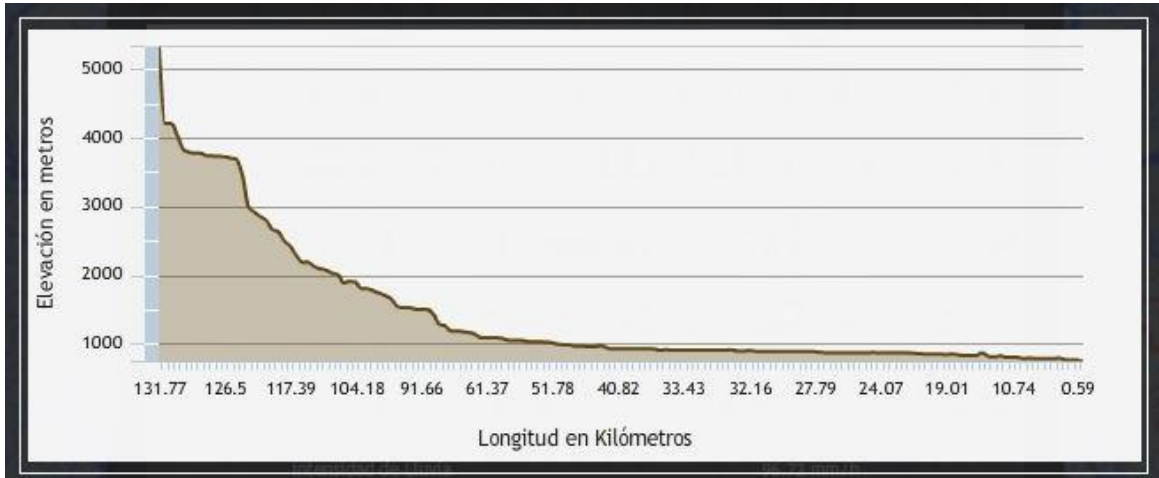


Figura 1.3 Perfil de elevación del cauce principal en la subcuenca del río Cuautla. Generado mediante Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas versión 2.2 (por sus siglas SIATL) del INEGI.

Hidrológicamente pertenece a la cuenca del río Amacuzac que corresponde a la Región número 18 río Balsas. La hidrografía esta representada por 12 afluentes de arroyos a lo largo del río Cuautla (figura 1.4).

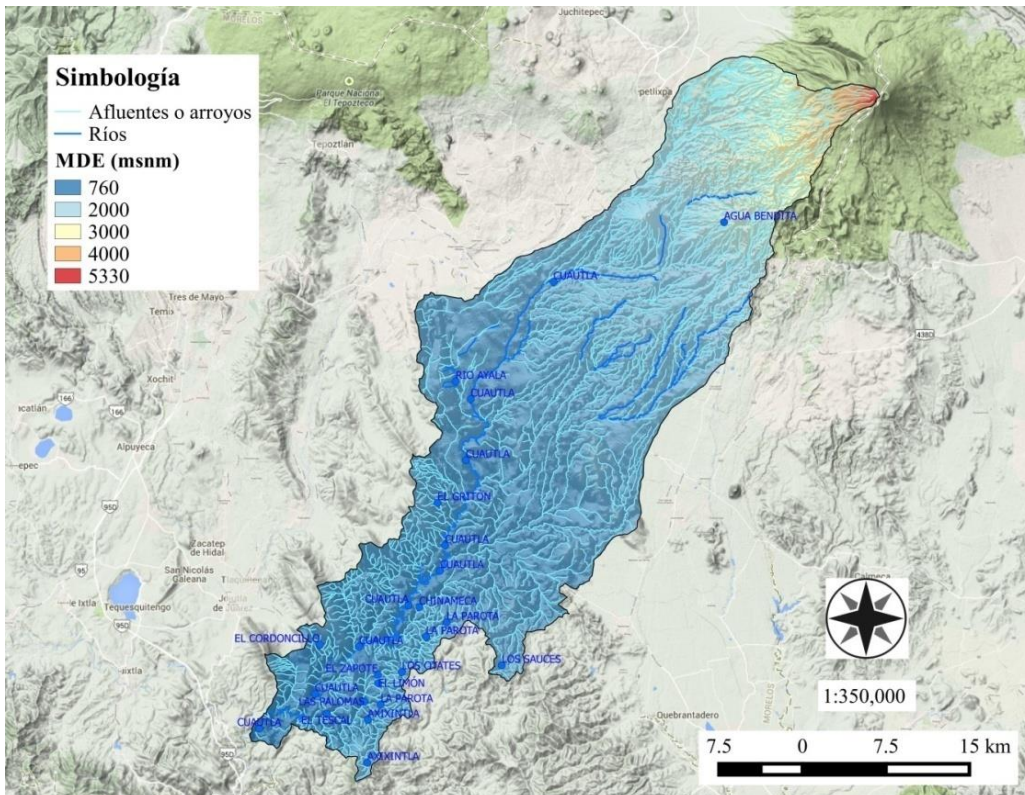


Figura 1.4. Mapa hidrográfico de la subcuenca del río Cuautla y sus afluentes principales.

Con la finalidad de conocer el caudal de acuerdo a la información requerida como periodo de retorno, Coeficiente de escurrimiento en porcentaje y lluvia en mm, se realizó un ejercicio de simulación en el Programa Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas versión 2.2 del INEGI, lo cual arrojo un Caudal pico de 15,710.82 (m<sup>3</sup>/s). (Figura 1.5).

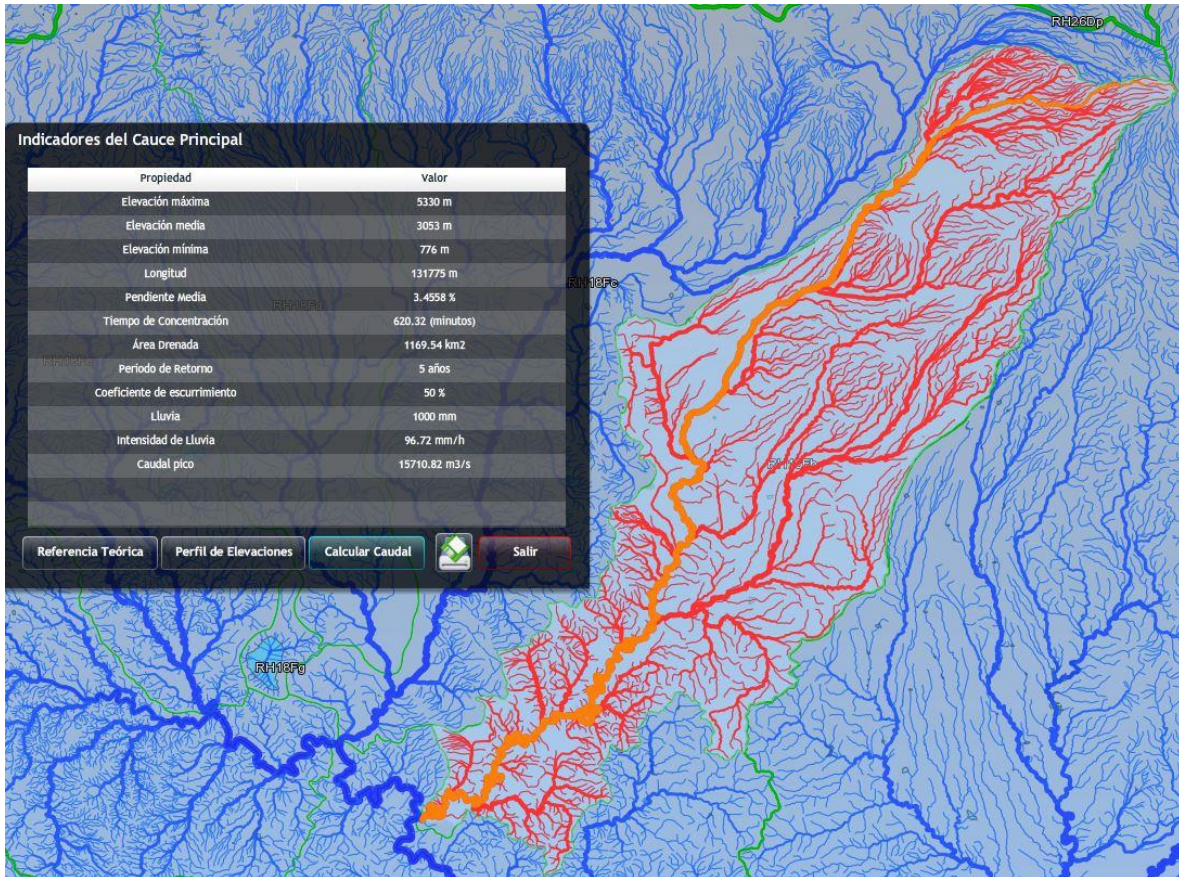


Figura 1.5. Simulación de cálculo de caudal en la subcuenca del río Cautla Fuente: INEGI (2014).

Los suelos presentan un amplio mosaico de tipo edafológico. Entre los más importantes se puede mencionar: Vertisol, Leptosol, Andosol, Arenosol, Regosol, Chernozem, Phaeozem, Durisol, Kastañozem y Fluvisol (figura 1.6).

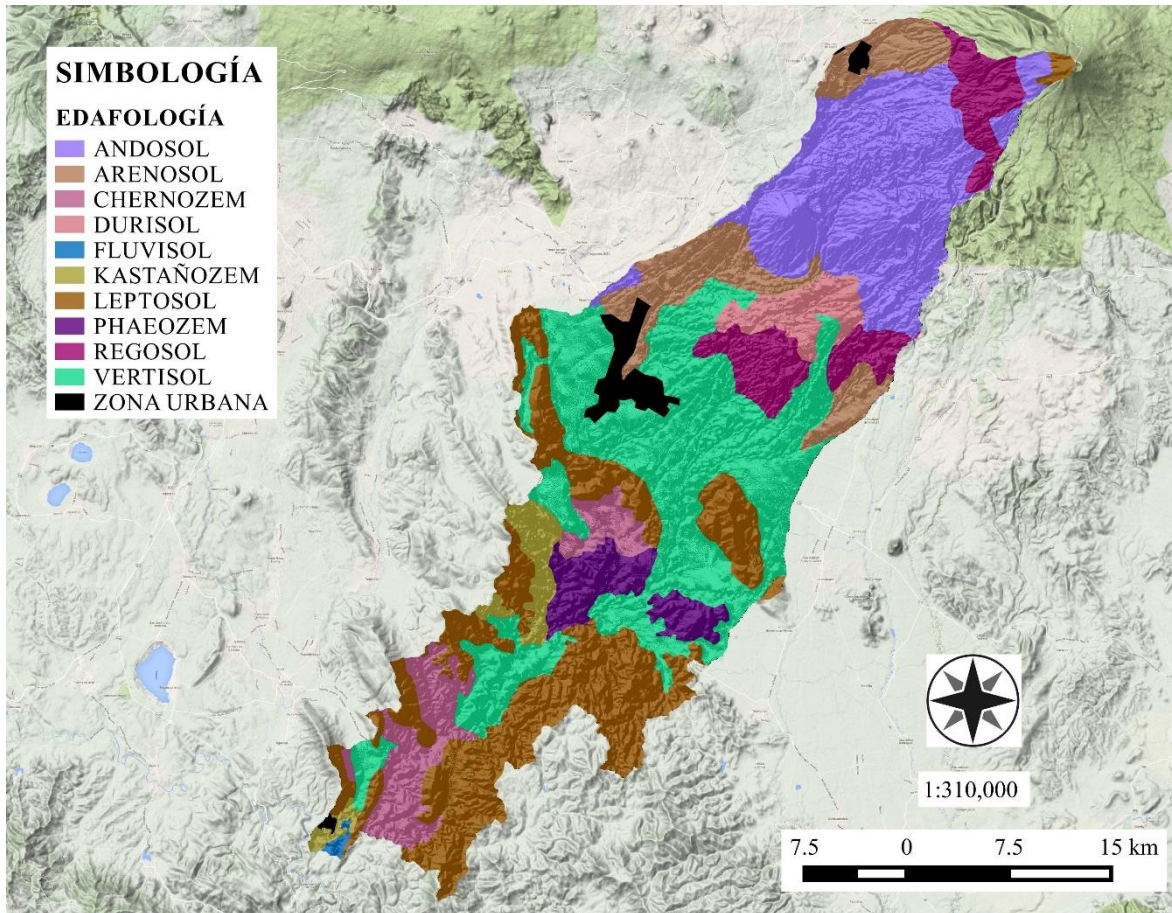


Figura 1.6. Mapa Edafológico de la subcuenca del río Cuautla. Fuente: INEGI (2014).

### 1.3.1. Climatología

La zona presenta clima Cálido subhúmedo Aw0(w) con 61.17% del área total de la subcuenca y se encuentra en la parte centro sur de la misma; le continuo el clima Semicálido subhúmedo A(C)w1(w) con un 16.68% del área total de la subcuenca y se localiza en la porción centro norte de la misma; así mismo el clima Templado subhúmedo C(w2)(w) ocupo el 13% de área total de la subcuenca; otro climas con menor porcentaje fueron los tipo Semicálido subhúmedo A(C)w0(w) con un 4.45% del área total de la subcuenca; el tipo Semifrío subhúmedo C(E)(w2)(w) prácticamente ubicado en las faldas del Volcán Popocatépetl con un 3.33% del área de la subcuenca; y finalmente el de menor porcentaje

fue el clima Frío E(T)H con un 0.41% localizado en la puntal del volcán Popocatepetl (figura 1.7).

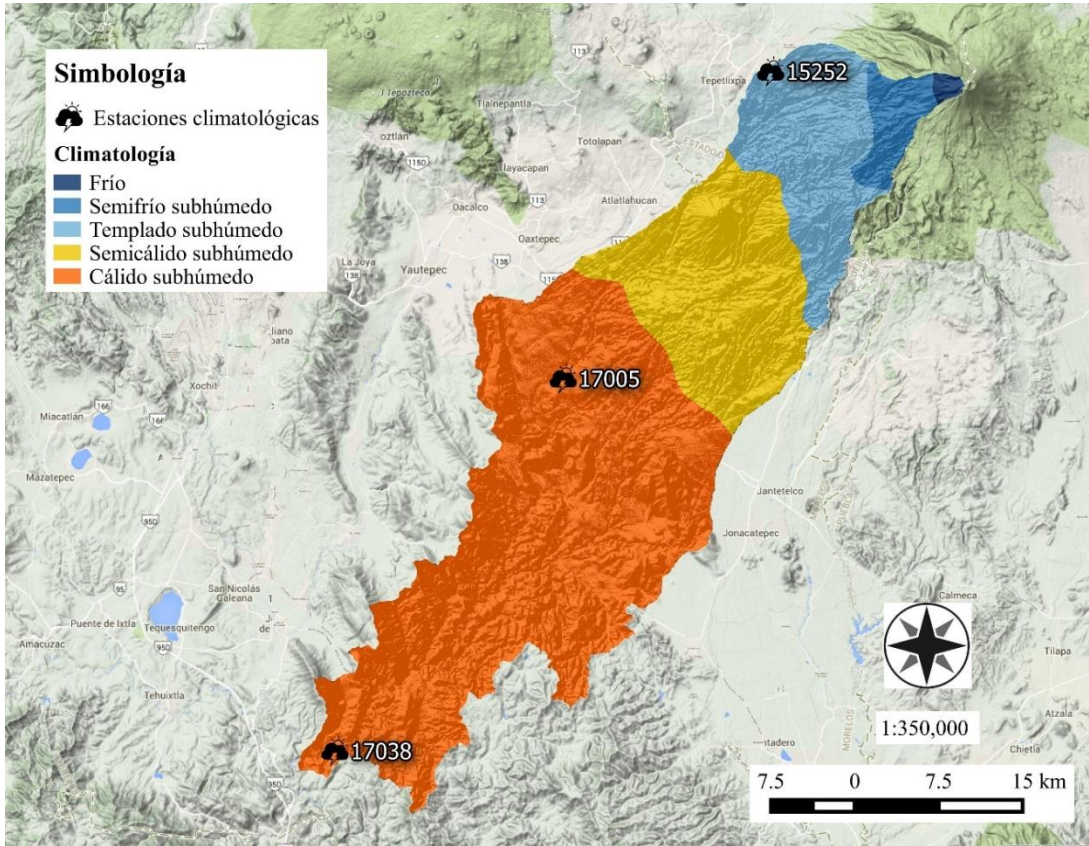


Figura 1.7. Mapa climatológico de la subcuenca del río Cuautla. Fuente: INEGI (2014)

Se realizaron tres climogramas con los datos temperatura observada y la precipitación de las estaciones distribuidas en la zona norte, centro y sur de la subcuenca del río Cuautla, estos datos fueron empleados para calibrar la simulación del Programa SIATL del INEGI. A partir de esta información se observa que los periodos de lluvias van de mayo a octubre, y con los meses de junio y julio como los de mayor precipitación, en la parte baja y alta de la cuenca, mientras que para la parte media los meses de mayor precipitación son julio y septiembre. Los valores de precipitación máximos son de 550 a 650 mm. (figuras 1.8, 1.9 y 1.10)



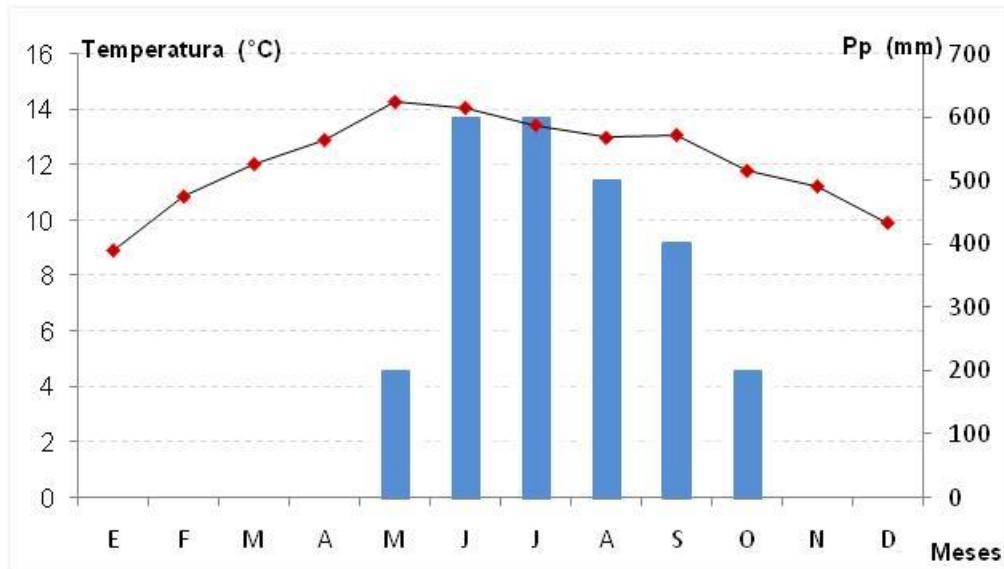


Figura 1.8. Climograma de la temperatura observada y precipitación media anual de 1978 a 2012 en la estación de Atlautla número 15252 zona norte de la Subcuenca del río Cuautla.

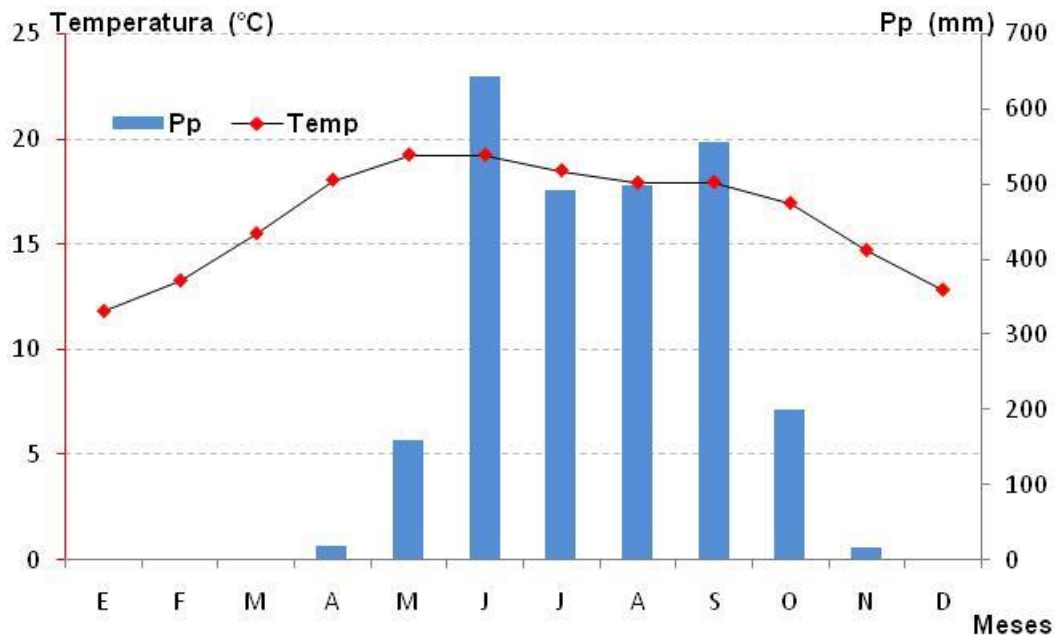


Figura 1.9. Climograma de la temperatura observada y precipitación media anual de 1955 a 2013 en la estación de Cuautla número 17005 zona centro de la Subcuenca del río Cuautla.

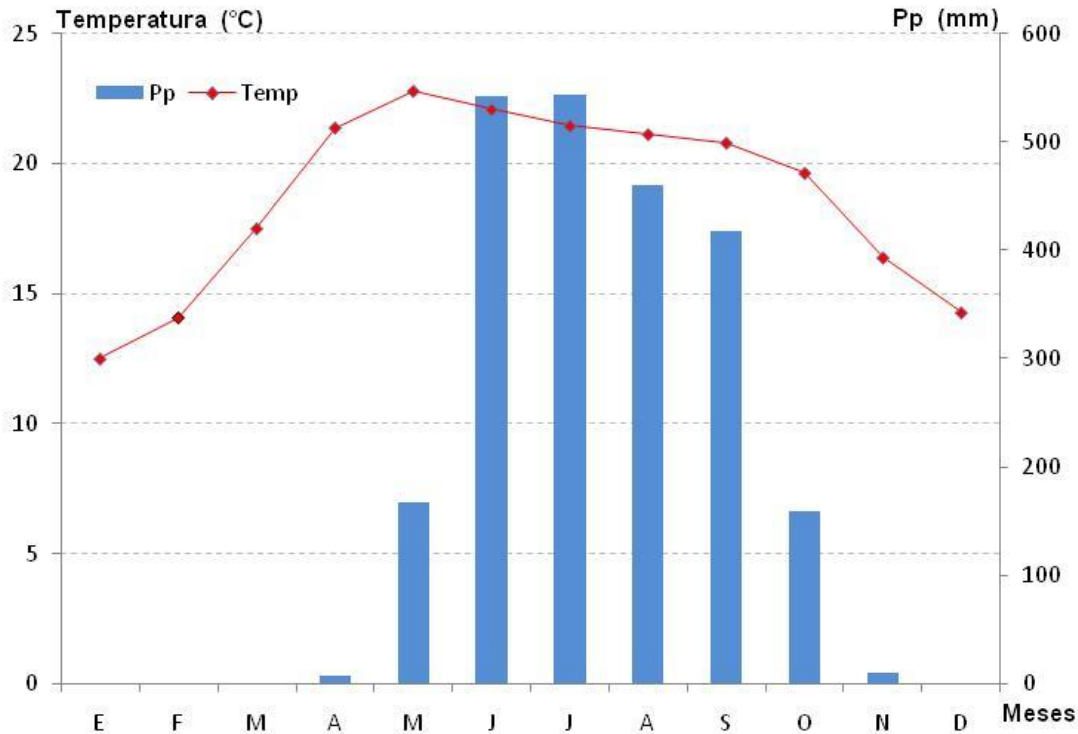


Figura 1.10. Climograma de la temperatura observada y precipitación media anual de 1976 a 2013 en la estación de Nexpa número 17038 zona sur de la Subcuenca del río Cuautla.

### 1.3.2. Vegetación y uso del suelo

En cuanto a uso del suelo, la agricultura de temporal es el área de mayor ocupación con 47,790.27 ha que representa un 40.44% del área total de la subcuenca; le continuó la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia de 18,396.11 ha con un 15.57% del área de la subcuenca; la agricultura de riego anual y semipermanente cubrió 5,563.00 ha y un 4.71% del área total de la subcuenca de estudio; la agricultura de temporal anual y permanente fue de 5,103.31 ha con 4.32% del área total de la subcuenca; estos cinco diferentes usos de suelo representan un 74% de la cobertura total del área de vegetación y uso de suelo, la otra parte se fragmenta en 19 componentes más. Ver Figura 1.11 y Tabla 1.2.

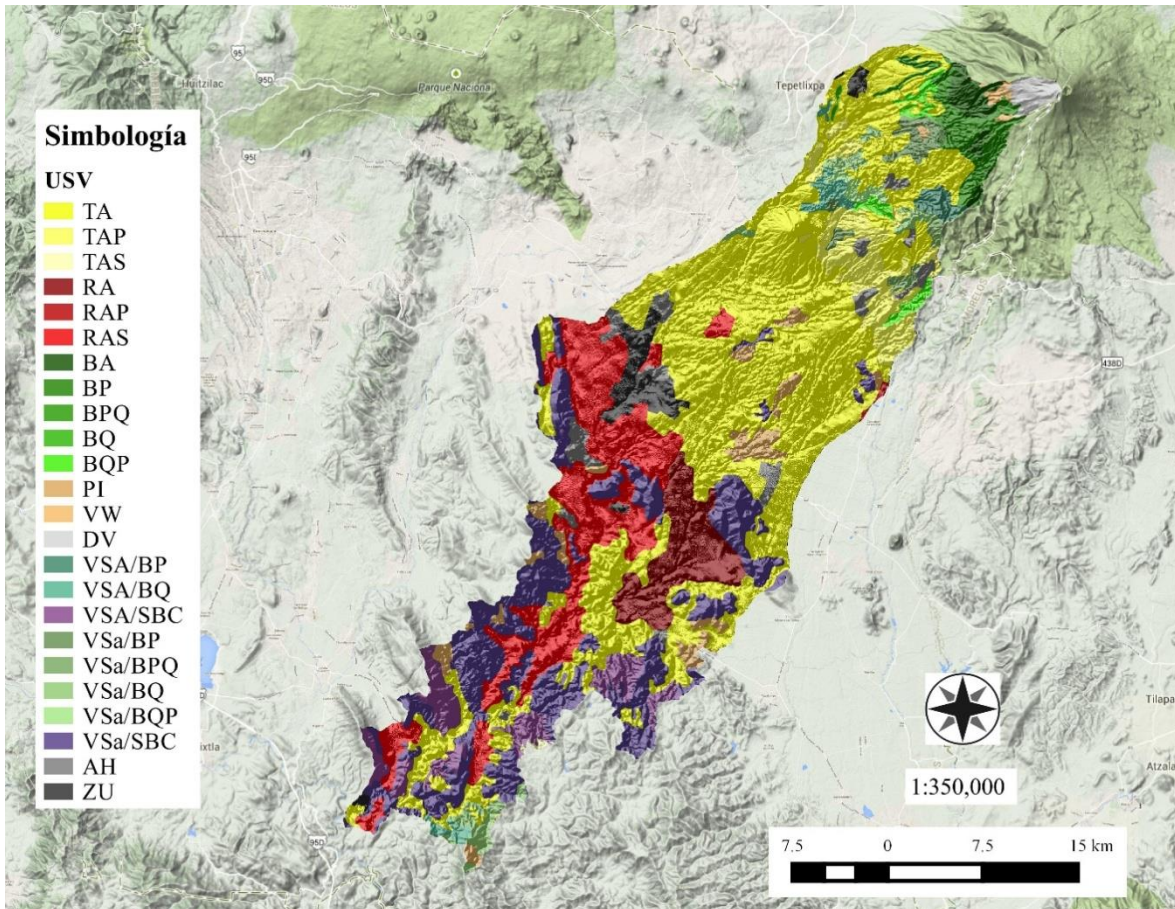


Figura 1.11. Mapa de la Vegetación y uso del suelo de la subcuenca del río Cuautla. Fuente: INEGI (2014)

Tabla 1.2. Tipos de vegetación y uso del suelo que representa la subcuenca del río Cuautla.

Uso de suelo y vegetación	Clave	Área (ha)	%
Agricultura de temporal anual	TA	47,790.27	40.44
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	VSa/SBC	18,396.11	15.57
Agricultura de riego anual y semipermanente	RAS	15,324.83	12.97
Agricultura de riego anual	RA	5,563.00	4.71
Agricultura de temporal anual y permanente	TAP	5,103.31	4.32
Vegetación secundaria arborea de selva baja caducifolia	VSA/SBC	4,376.37	3.70
Pastizal inducido	PI	3,440.71	2.91
Asentamiento humanos	AH	2,871.94	2.43

Zona urbana	ZU	2,776.25	2.35
Bosque de pino	BP	2,672.26	2.26
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	VSa/BQ	1,916.90	1.62
Bosque de oyamel	BA	1,475.75	1.25
Bosque de encino pino	BQP	1,154.54	0.98
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	VSa/BP	1,102.31	0.93
Vegetación secundaria arborea de bosque de encino	VSA/BQ	1,091.88	0.92
Sin vewgetación aparente	DV	835.95	0.71
Vegetación secundaria arborea de bosque de pino	VSA/BP	646.68	0.55
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encinopino	VSa/BQP	473.71	0.40
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino encino	VSa/BPQ	450.31	0.38
Pradera de alta montaña	VW	289.83	0.25
Bosque de pino encino	BPQ	143.38	0.12
Agricultura de temporal anual y semipermanente	TAS	105.02	0.09
Agricultura de riego anual y permanente	RAP	96.78	0.08
Bosque de encino	BQ	86.44	0.07
	<b>Total</b>	<b>118,184.53</b>	<b>100</b>

Fuente: INEGI (2014)

### 1.3.3. División política

La subcuenca del río Cuautla incluye a dos entidades federales: El estado de Morelos con una área de 101,732.69 ha, equivalente al 86.08% de la cobertura total de la subcuenca, y el Estado de México, el cual abarca un área de 16,449.84 ha equivalente al 13.92% del espacio total de la subcuenca (figura 1.12 y Tabla 1.3).

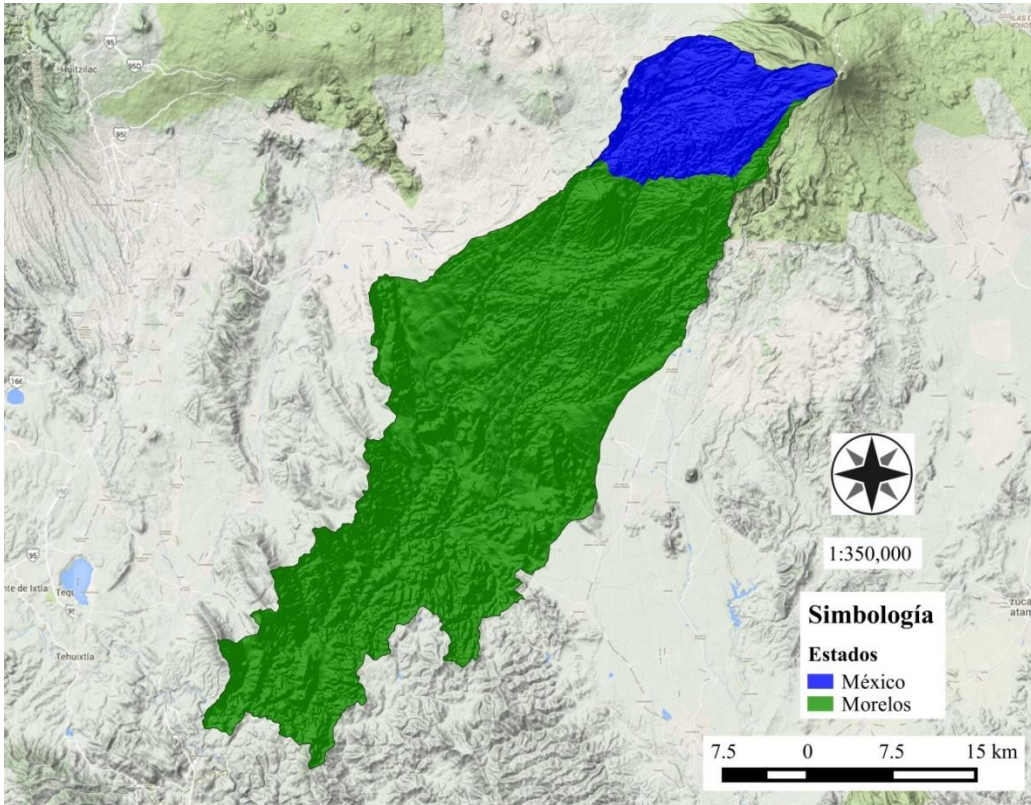


Figura 1.12. Mapa de la División Política Estatal de la subcuenca del río Cuautla. Fuente: INEGI (2014).

Tabla 1.3. Área ocupada por las entidades federativas Morelos y México de la subcuenca del río Cuautla.

Subcuenca	Entidad	Área (ha)	%
Cuautla	Morelos	101,734.69	86.08
	México	16,449.84	13.92
	<b>Total</b>	<b>118,184.53</b>	<b>100</b>

Está conformada por 19 municipios, el de mayor área es el de Ayala con un 27,542.16 ha correspondiente a un 23.30% del área total de la subcuenca; le sigue el municipio de Yecapixtla con 17,660.86 y un 14.94% de la cobertura total de la subcuenca; posteriormente el municipio de Tlaquiltenango se ubica en tercer puesto con 12,711.06 ha y 10.76% del

área total de la subcuenca de estudio; el municipio de Atlautla es el cuarto sitio con 9,608.89 y un 8.13% de la cobertura de la subcuenca, estos primeros cinco municipios ocupan casi un 60% del total del área de la subcuenca los 13 municipios restantes se pueden ver en la Figura 1.13 y la Tabla 1.4 la cantidades correspondientes.

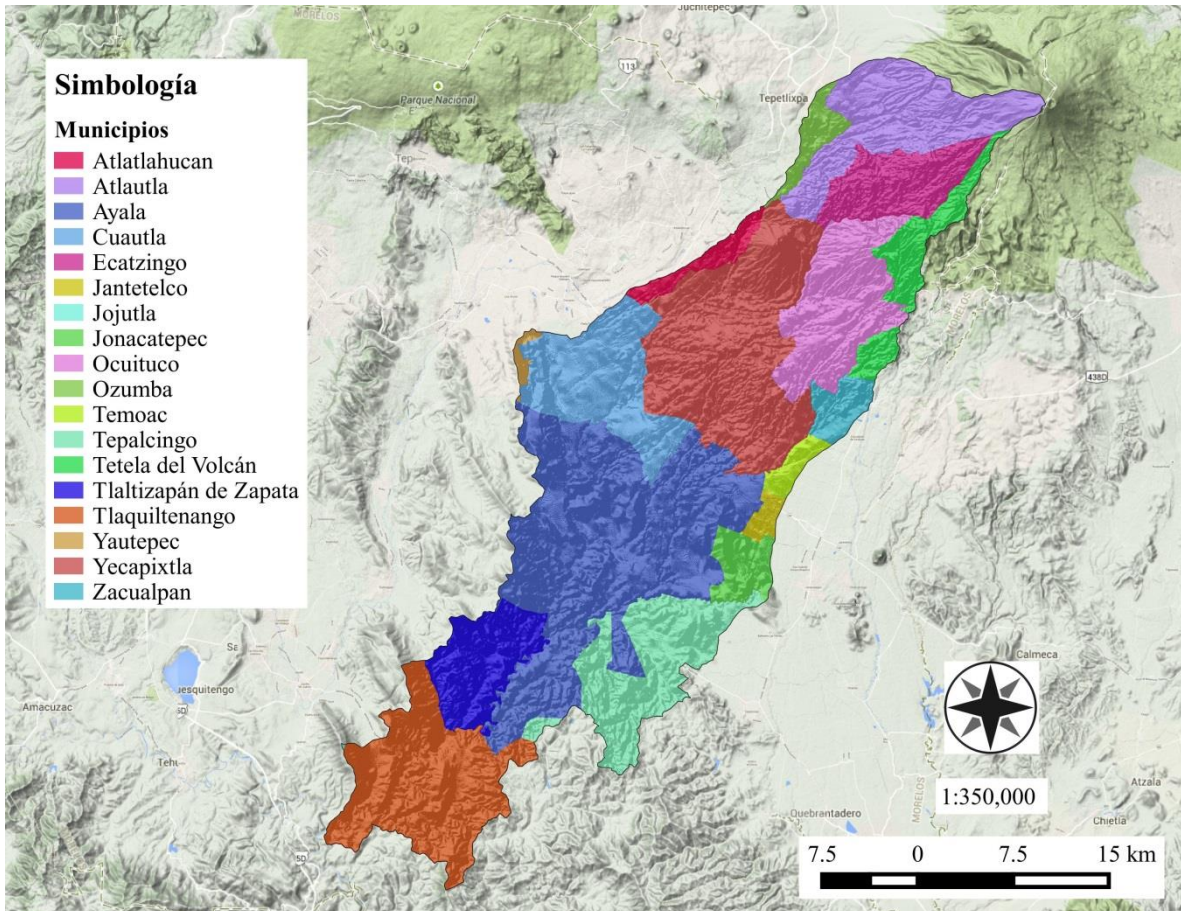


Figura 1.13. Mapa de la distribución espacial de los municipios que cubren la subcuenca del río Cuautla.

Tabla 1.4 Municipios de la subcuenca del río Cuautla.

Subcuenca	Municipio	Área (ha)	%
Cuautla	Atlatlahucan	1,546.81	1.31
	Atlautla	9,608.89	8.13

Subcuenca	Municipio	Área (ha)	%
	Ayala	27,542.16	23.30
	Cuautla	8,990.19	7.61
	Ecatzingo	5,312.78	4.50
	Jantetelco	700.52	0.59
	Jojutla	6.44	0.01
	Jonacatepec	2,193.53	1.86
	Ocuituco	8,646.52	7.32
	Ozumba	1,528.18	1.29
	Temoac	1,002.51	0.85
	Tepalcingo	9,054.67	7.66
	Tetela del Volcán	3,881.30	3.28
	Tlaltizapán de Zapata	5,686.09	4.81
	Tlaquiltenango	12,711.06	10.76
	Yautepec	367.25	0.31
	Yecapixtla	17,660.86	14.94
	Zacualpan	1,744.78	1.48
	<b>Total</b>	<b>118,184.53</b>	<b>100</b>

#### 1.3.4. Población

La población total distribuida por entidad federativa en la subcuenca del río Cuautla de acuerdo al censo del año 2010 es de 367,806 habitantes, de los cuales la urbana del estado de Morelos es de 171,169 habitantes que significa el 46.54% de la población total en la subcuenca; le sigue la población rural del estado de Morelos con un número de 102,919 habitantes y un 27.98% de la población de la subcuenca; la tercera población es la mixta urbana del estado de Morelos es de un número de 46,358 habitantes con 12.60% de la población en la subcuenca, estas tres poblaciones mencionadas ocupan casi un 90% de la población total del número de habitantes que sería menos de un 10% para la entidad del estado de México en la subcuenca de estudio. Ver Figura ## y Tabla ##

La población distribuida por municipios para ambas entidades federativas son las siguientes: el municipio de Cuautla cuenta con un número de 154,358 habitantes y un 41% de la población urbana ocupada en la subcuenca; el siguiente municipio es Ayala con una población rural de 40,603 habitantes de un 11.04% de la población; este mismo municipio ocupa una población urbana de 23,403 con un 6.36% de la población total, estas tres localidades representan un 60% de la población total de distribuida en la subcuenca del río Cuautla (figuras 1.14-1.15 y Tablas 1.5 y 1.6). Como se puede observar la población rural se encuentra distribuida principalmente en la parte central de la subcuenca.

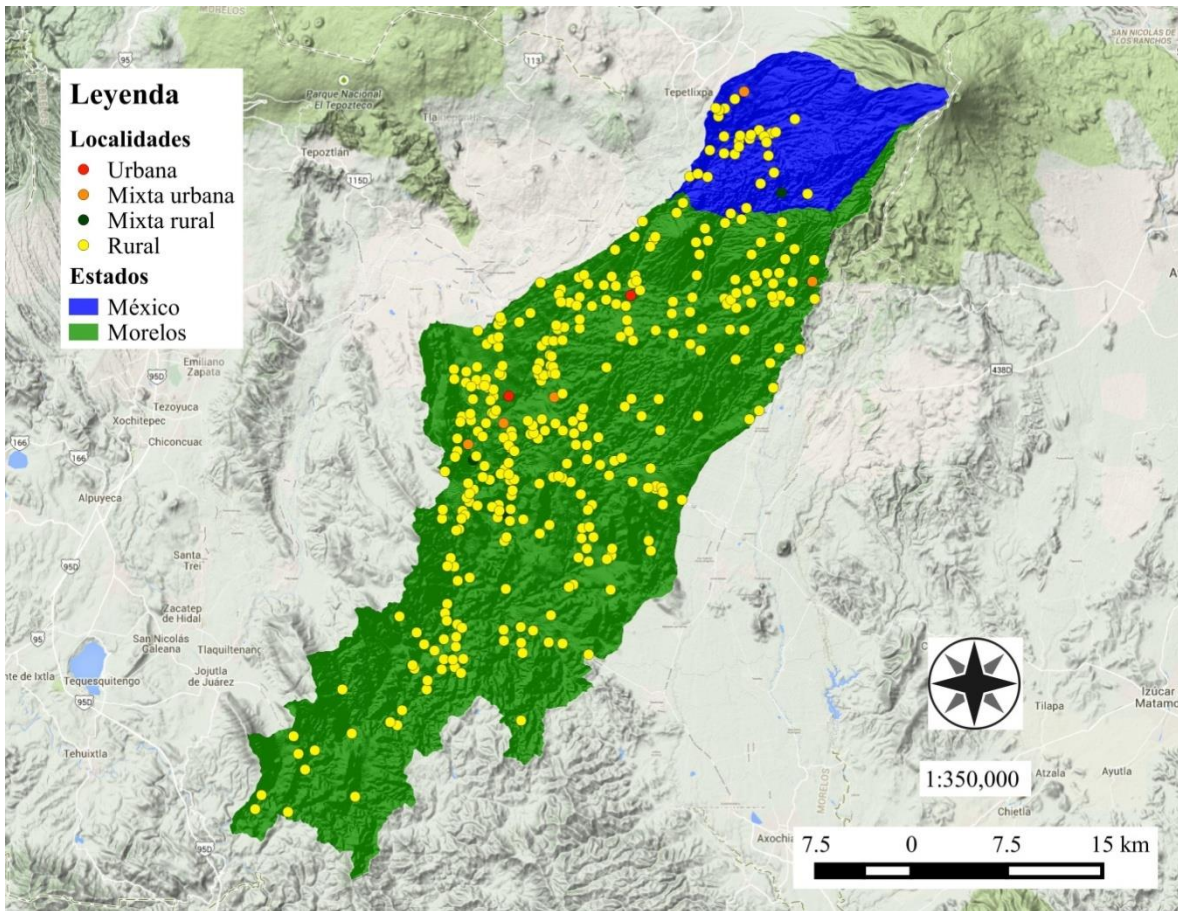


Figura 1.14 Mapa de la población total de la subcuenca del río Cuautla Fuente: INEGI (2014)



Tabla 1.5. Población total distribuida por entidades que cubre la subcuenca del río Cuautla.

Subcuenca	Entidad	Población	Núm. hab.	%
Cuautla	Morelos	Mixta rural	14,860	4.04
	Morelos	Mixta urbana	46,358	12.60
	Morelos	Rural	102,919	27.98
	Morelos	Urbana	171,169	46.54
	México	Mixta rural	7,058	1.92
	México	Mixta urbana	10,967	2.98
	México	Rural	14,475	3.94
	<b>Total</b>		<b>367,806</b>	<b>100</b>

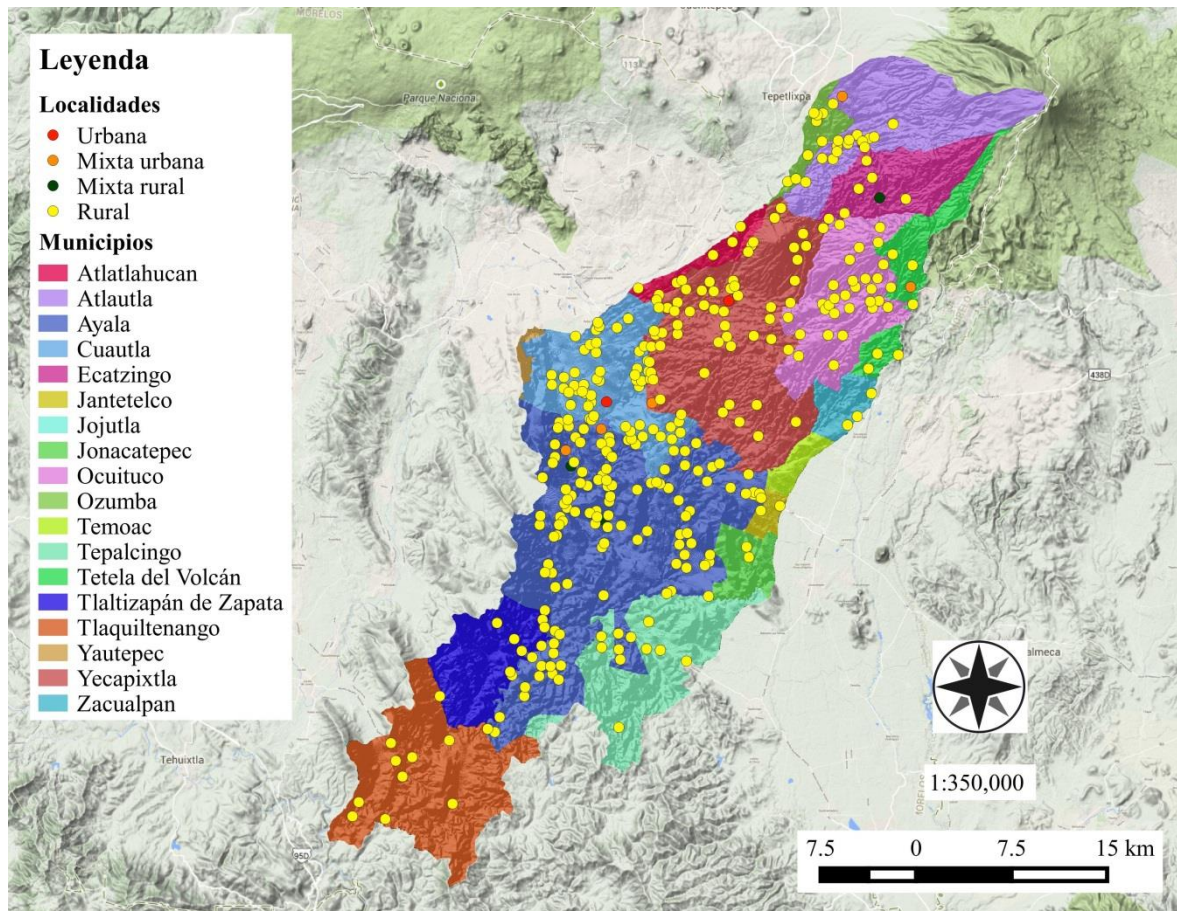


Figura 1.15. Mapa de la población total distribuida en los municipios y localidades de la subcuenca del río Cuautla. Fuente: INEGI (2014).

Tabla 1.6. Población total distribuida de los municipios y localidades de la subcuenca del río Cuautla.

Subcuenca	Municipio	Población	Núm. hab.	%
Cuautla	Atlatlahucan	Rural	1,855	0.50
	Atlautla	Mixta urbana	10,967	2.98
	Atlautla	Rural	7,399	2.01
	Ayala	Mixta rural	14,860	4.04
	Ayala	Mixta urbana	23,403	6.36
	Ayala	Rural	40,603	11.04
	Cuautla	Rural	13,514	3.67
	Cuautla	Urbana	154,358	41.97
	Ecatzingo	Mixta rural	7,058	1.92
	Ecatzingo	Rural	2,311	0.63
	Jantetelco	Rural	31	0.01
	Jonacatepec	Rural	500	0.14
	Ocuituco	Rural	16,858	4.58
	Ozumba	Rural	4,765	1.30
	Tepalcingo	Rural	4,807	1.31
	Tetela del Volcán	Mixta urbana	10,199	2.77
	Tetela del Volcán	Rural	1,722	0.47
	Tlaltizapán	Rural	1,827	0.50
	Tlaquiltenango	Rural	3,929	1.07
	Yecapixtla	Mixta urbana	12,756	3.47
Yecapixtla	Rural	17,242	4.69	
Yecapixtla	Urbana	16,811	4.57	
Zacualpan	Rural	31	0.01	
	<b>Total</b>		<b>367,806</b>	<b>100</b>

#### 1.4. Subcuenca del río Yautepec

La subcuenca del río Yautepec igualmente inicia en las faldas de volcán Popocatepetl, a una altura de 4,940 msnm, y finaliza a los 860 msnm a la salida del río Yautepec. Cuenta con un área de 1526.23 km<sup>2</sup> y una pendiente promedio de 17.13% . Orográficamente la subcuenca se conforma de 57 cerros, cuatro lomas, dos Parques Nacionales y 25 Volcanes (figuras 1.16 y 1.17)

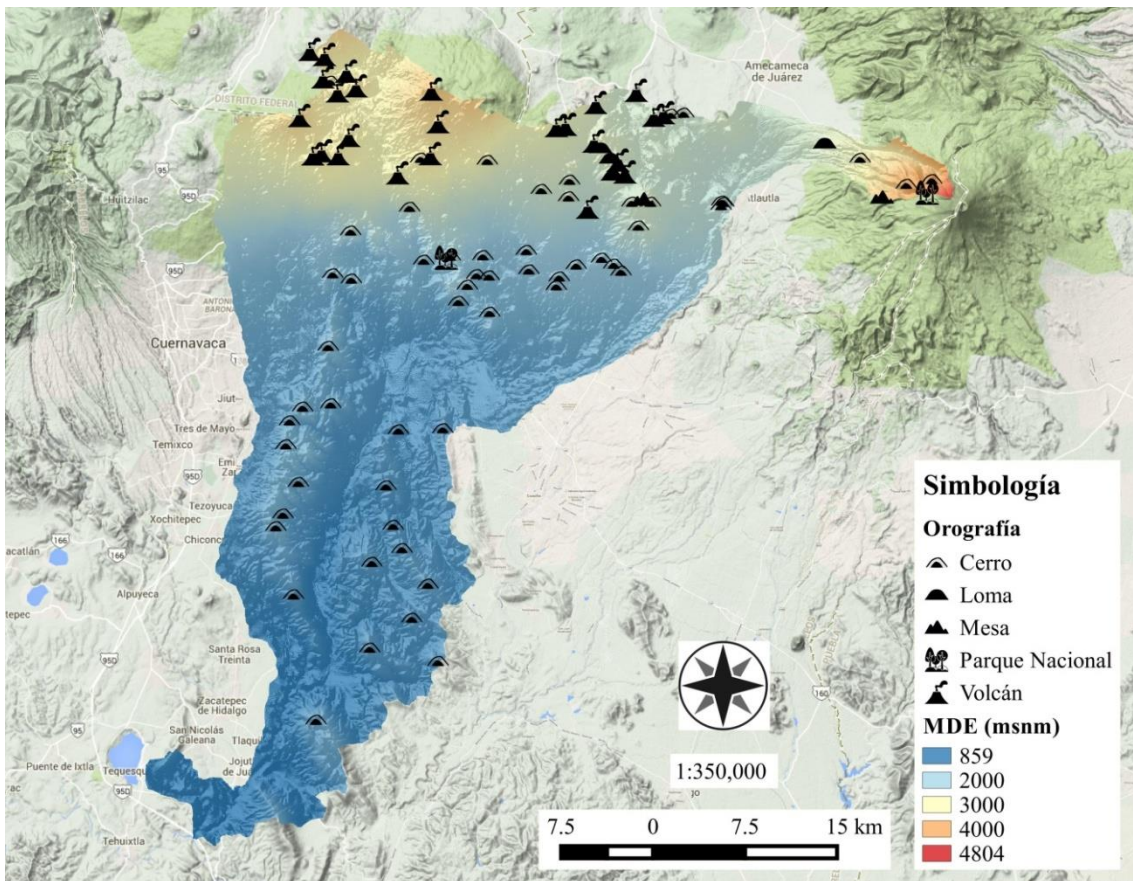


Figura 1.16. Mapa del Modelo Digital del Terreno de la subcuenca del río Yautepec. Fuente: INEGI (2014).

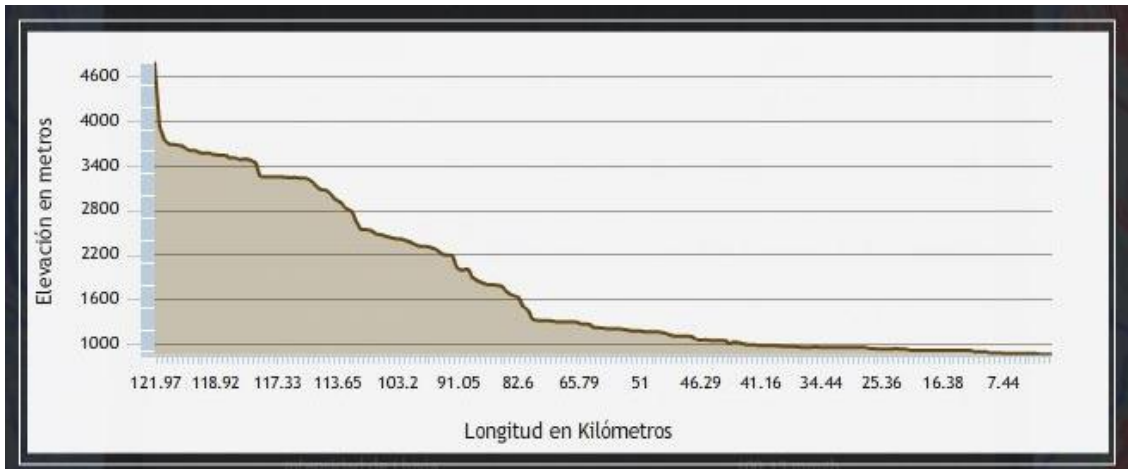


Figura 1.17. Perfil de elevación del cauce principal en la subcuenca del río Yautepec. Fuente INEGI (2014).

#### 1.4.1. Hidrología

La subcuenca del río Yautepec pertenece a la cuenca del río Amacuzac que corresponde a la Región Hidrológica número 18 río Balsas. La subcuenca se localiza en la zona norte-oriental con un área de 1,526.23 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 279.96 km (tabla 1.7)

Tabla 1.7. Área y perímetro en la subcuenca del río Yautepec.

Clave	Nombre del río	Área (km <sup>2</sup> )	Porc. (%)		Perímetro (km)	Porc. (%)	
			RH18	RH18F		RH	RH18F
RH18	Balsas	117,203.89	100	----	2,948.79	100	----
RH18F	Amacuzac	9,536.21	8.14	100	665.78	22.58	100
RH18Fc	Yautepec	1,526.23	1.31	16.00	279.96	9.49	42.05

Fuente: INEGI (2014)

La hidrografía está representada por 12 afluentes de arroyos a lo largo del río Yautepec, la red hidrográfica es densa y con corrientes perennes así como no permanentes (figura 1.18).

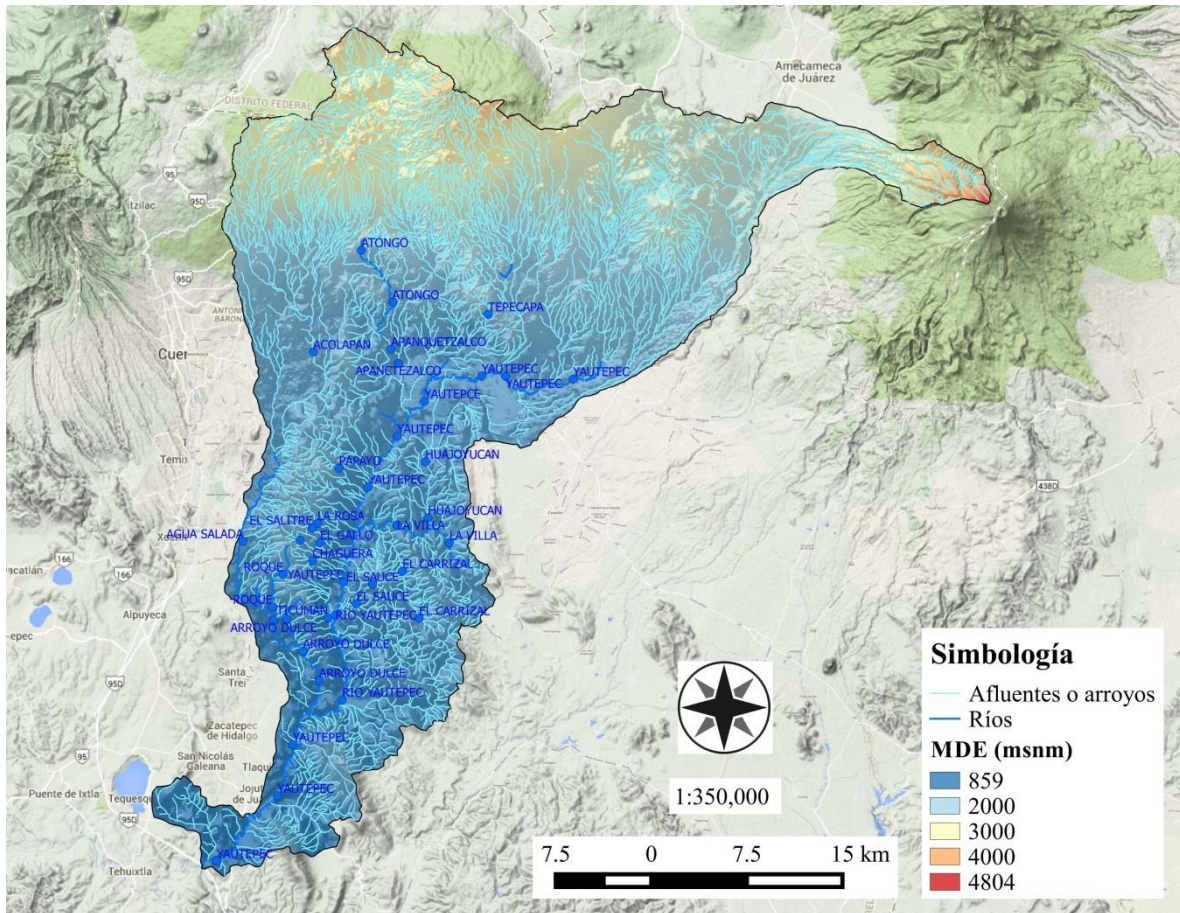


Figura 1.18. Mapa hidrográfico de la subcuenca del río Yautepéc y sus afluentes principales.

#### 1.4.2. Edafología

Los suelos para la subcuenca del río Yautepéc están compuestos por los suelos de tipo Leptosole, Andosoles, Vertisolsesm Phaeozems, Regosoles, Arenosoles, Kastañozem, Chernozem y Fluvisoles (figura 1.19).

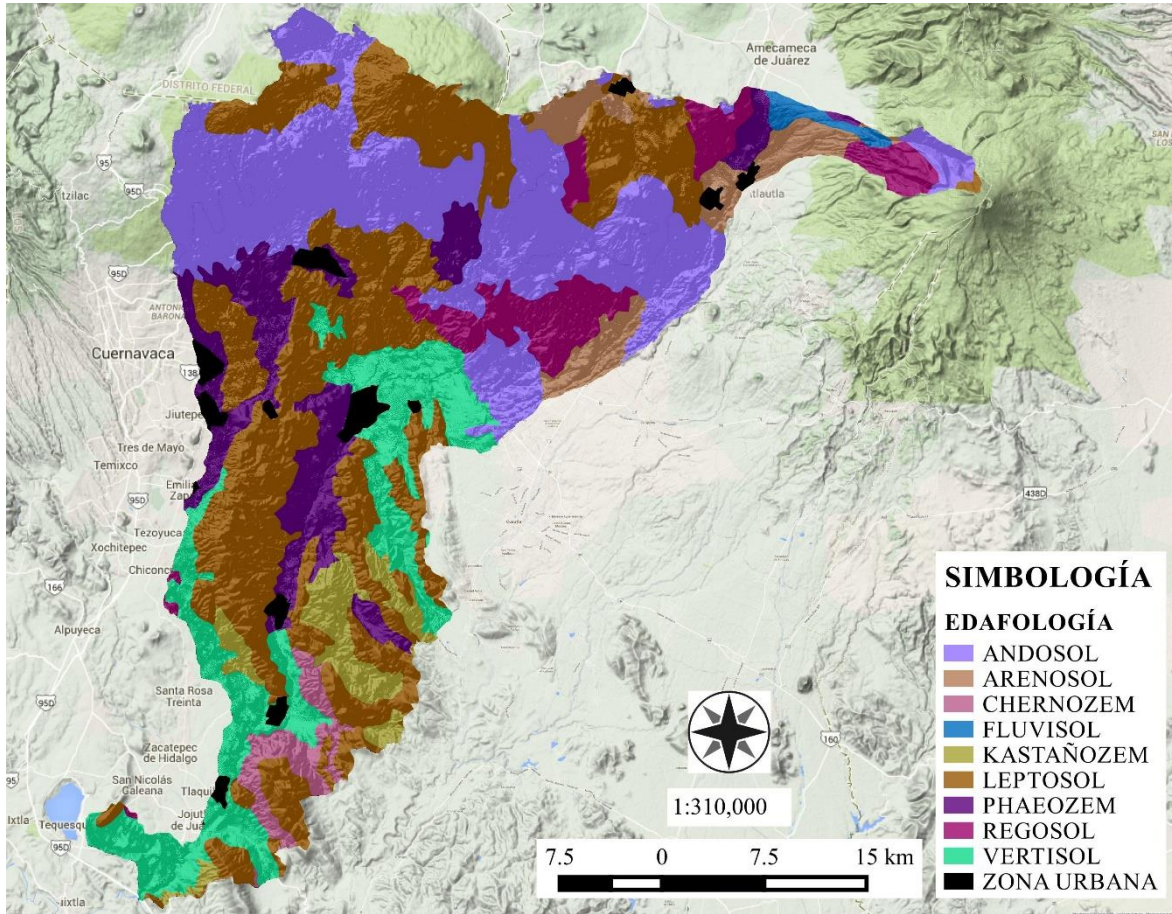


Figura 1.19 Mapa Edafológico de la subcuenca del río Yautepec. Fuente: INEGI (2014).

De acuerdo a lo arrojado por el Programa SIATL versión 2.2 del INEGI, la subcuenca cuenta con un caudal pico de 20,612.87 (m<sup>3</sup>/s). (figura 1.20)

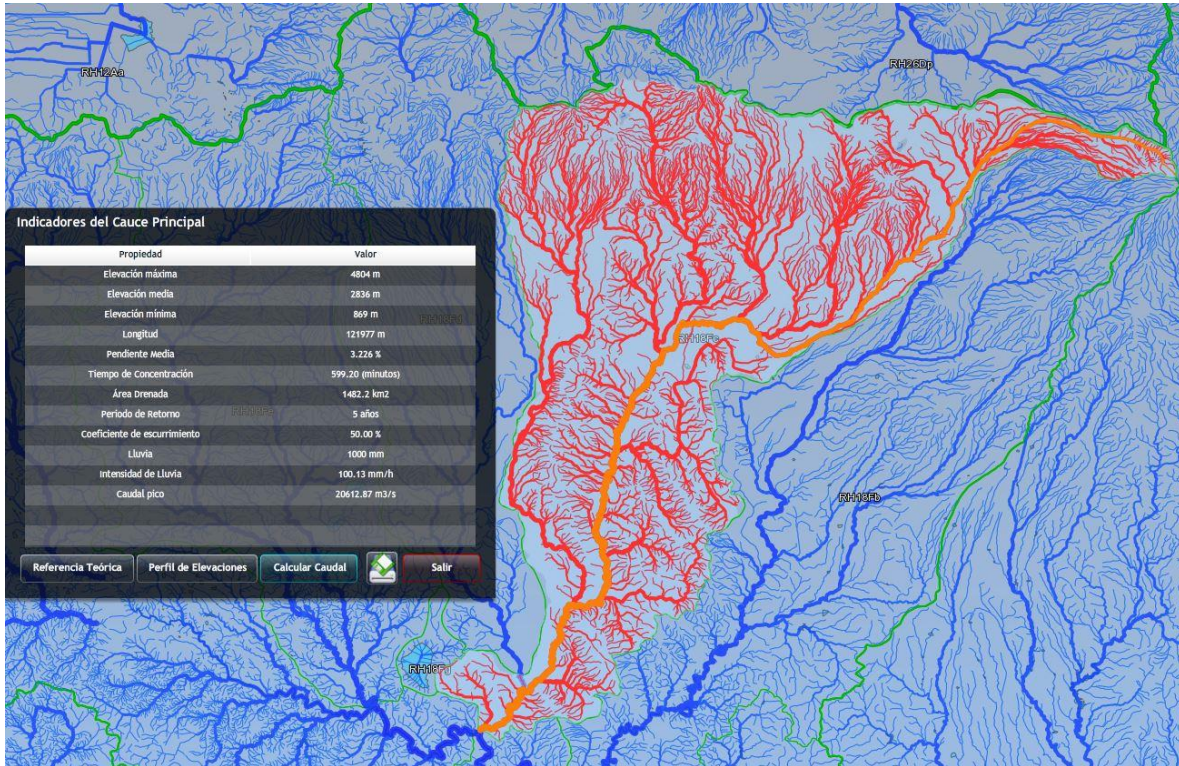


Figura 1.20. Simulación de cálculo de caudal en la subcuenca del río Yautepec. Fuente: INEGI (2014).

### 1.4.3. Climatología

El clima dominante para la subcuenca del río Yutepec, es de tipo Cálido subhúmedo Aw0(w) con 37.02% del área total de la subcuenca y se encuentra en la parte centro sur de la misma; le continuo el clima Templado subhúmedo C(w2)(w) con un 27.58% del área total de la subcuenca y se localiza en la porción norte de la misma; así mismo el clima Semicálido subhúmedo A(C)w1(w) ocupó el 22.30% de área total de la subcuenca ubicado en la zona centro ; otro climas con menor porcentaje fueron los tipo Semicálido subhúmedo A(C)w0(w) con un 4.45% del área total de la subcuenca; el tipo Semifrío subhúmedo C(E)(w2)(w) prácticamente ubicado en las faldas del Volcán Popocatepetl con un 9.62% del área de la subcuenca; El clima Frío C(E)(m)(w) con un 2.64% localizado en la puntal del volcán Popocatepetl; El clima Semicálido subhúmedo A(C)w0(w) con un 0.71% de la cobertura total

de la subcuenca, y finalmente el de menor porcentaje fue el clima Frío E(T)H con un 0.12% (figura 1.21)

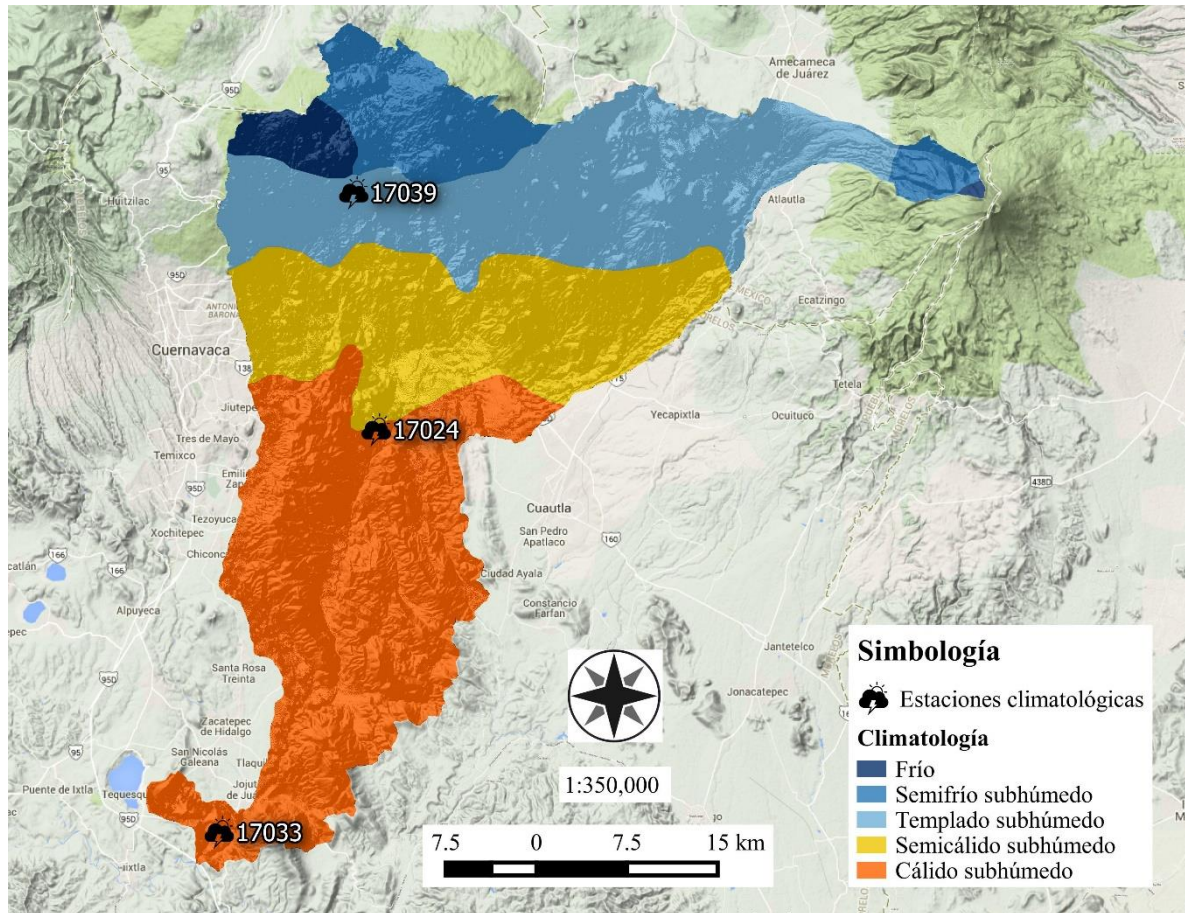


Figura 1.21. Mapa climatológico de la subcuenca del río Yautepec. Fuente: INEGI (2014).

Se realizaron tres climogramas con los datos temperatura observada y la precipitación de las estaciones distribuidas en la zona norte, centro y sur de la subcuenca del río Yautepec, que también fueron empleados para calibrar la simulación del Programa SIATL del INEGI. A partir de esta información se observa que los periodos de lluvias van de abril a noviembre, y con los meses de junio a septiembre como los de mayor precipitación. Los valores de precipitación máximos son de 1100 a 670 mm. (figuras 1-22, 1.23 y 1.24)



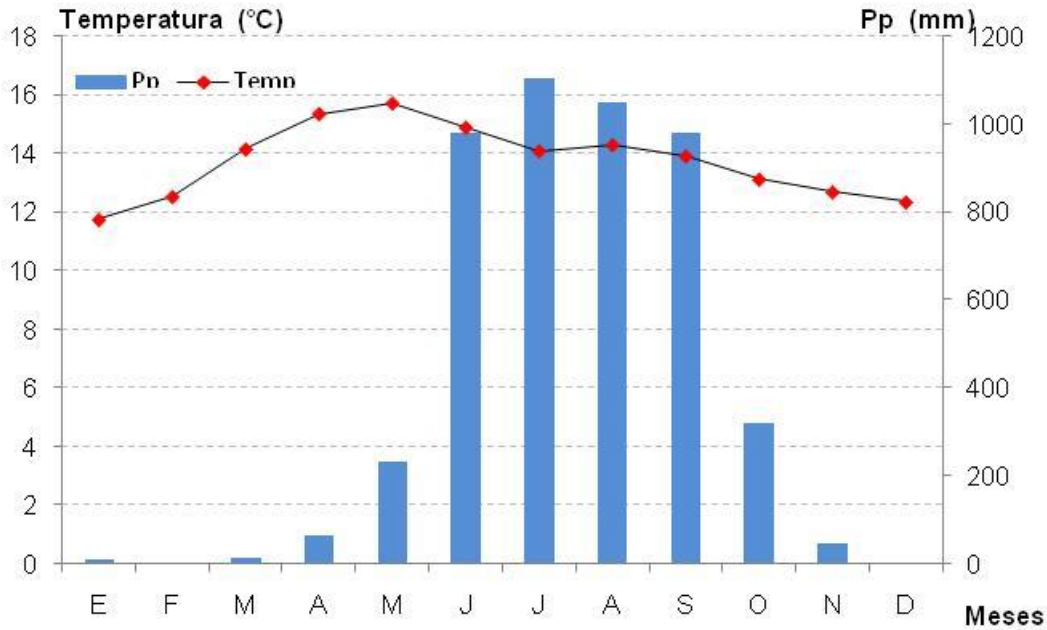


Figura 1.22. Climograma de la temperatura observada y precipitación media anual de 1975 a 2012 en la estación de San Juan Tlacotenco número 17039 zona norte de la Subcuenca del río Yautepec.

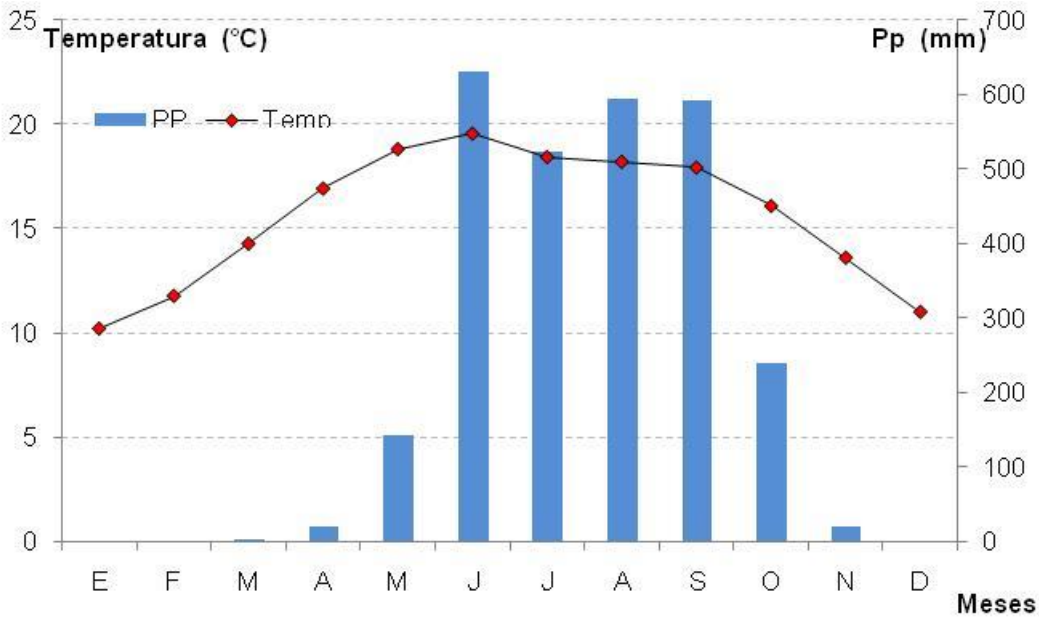


Figura 1.23. Climograma de la temperatura observada y precipitación media anual de 1956 a 2014 en la estación de Yautepec número 17024 zona centro de la Subcuenca del río Yautepec.

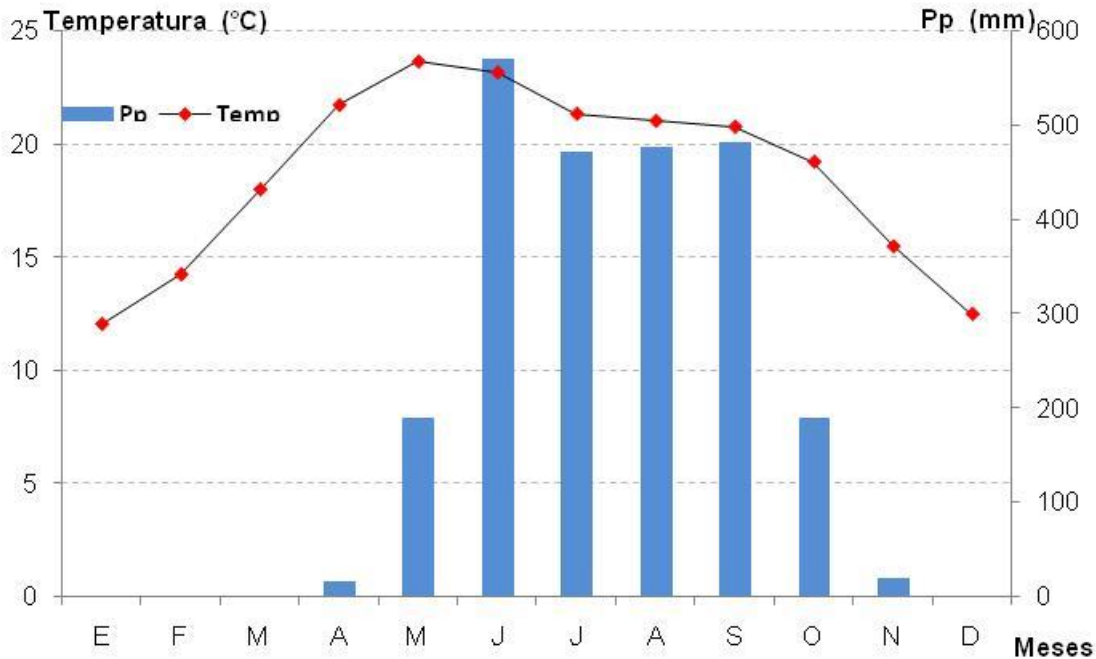


Figura 1.24. Climograma de la temperatura observada y precipitación media anual de 1963 a 2013 en la estación de Xicatlacotla (CFE) número 17033 zona sur de la Subcuenca del río Yautepec.

#### 1.4.4. Vegetación y uso del suelo

La vegetación y uso del suelo en la subcuenca del río Yautepec se caracteriza de la siguiente manera: la agricultura de temporal anual fue el área de mayor ocupación con 49,901.53 ha que representa un 32.70% del área total de la subcuenca; le continuó la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia de 25,345.78 ha con un 16.61% del área de la subcuenca; la agricultura de riego anual y semipermanente cubrió 18,219.90 ha y un 11.94% del área total de la subcuenca de estudio; la vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia fue de 10,102.26 ha con 6.62% del área total de la subcuenca; estos cuatro diferentes usos de suelo representan un 68% de la cobertura total del área de vegetación y uso de suelo, la otra parte se fragmenta en 28 componentes más. (figura 1.24 y Tabla 1.8)

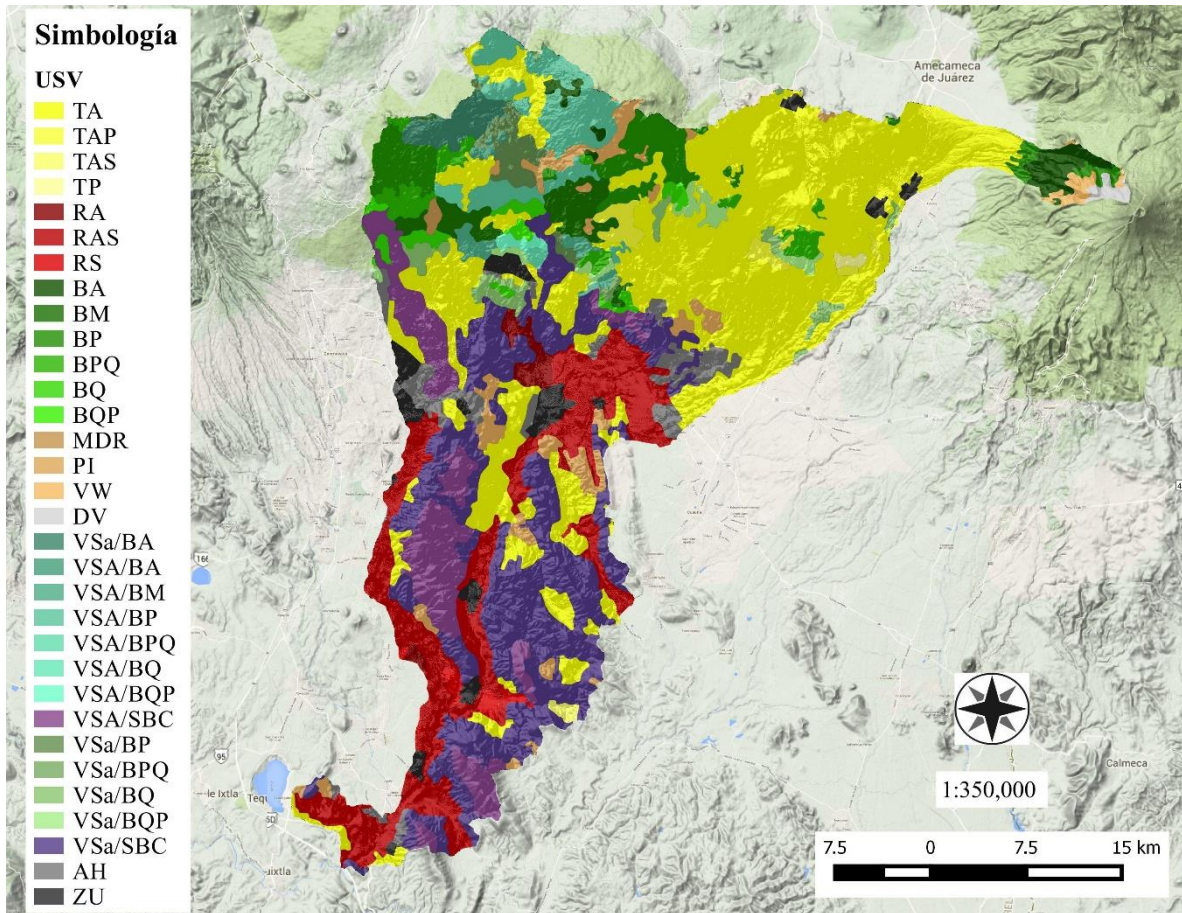


Figura 1.25. Mapa Vegetación y uso del suelo de la subcuenca del río Yautepac.

Tabla 1.8 Tipos de vegetación y uso del suelo que representa la subcuenca del río Yautepac.

Uso de suelo y vegetación	Clave	Área (ha)	%
			32.7
Agricultura de temporal anual	TA	49,901.53	0
			16.6
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	VSa/SBC	25,345.78	1
			11.9
Agricultura de riego anual y semipermanente	RAS	18,219.90	4
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	VSA/SBC	10,102.26	6.62
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	VSA/BP	5,924.18	3.88

Uso de suelo y vegetación	Clave	Área (ha)	%
Bosque de pino	BP	5,771.29	3.78
Pastizal inducido	PI	5,041.92	3.30
Asentamiento humanos	AH	4,195.04	2.75
Zona urbana	ZU	3,588.61	2.35
Bosque mesófilo de montaña	BM	3,030.62	1.99
Bosque de pino encino	BPQ	2,542.71	1.67
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	VSa/BQ	2,149.40	1.41
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	VSa/BP	1,962.82	1.29
Bosque de oyamel	BA	1,937.21	1.27
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de oyamel	VSa/BA	1,922.66	1.26
Agricultura de temporal anual y permanente	TAP	1,488.90	0.98
Bosque de encino	BQ	1,457.18	0.95
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino pino	VSa/BQP	1,359.28	0.89
Agricultura de riego anual	RA	1,316.08	0.86
Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña	VSA/BM	1,018.77	0.67
Agricultura de riego semipermanente	RS	820.26	0.54
Pradera de alta montaña	VW	590.25	0.39
	VSA/BP		
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino encino	Q	487.58	0.32
Bosque de encino pino	BQP	477.58	0.31
Sin vegetación aparente	DV	422.51	0.28
	VSA/BQ		
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino pino	P	357.77	0.23
Agricultura de temporal anual y semipermanente	TAS	266.81	0.17
Vegetación secundaria arbórea de bosque de oyamel	VSA/BA	261.94	0.17
Matorral desértico rosetófilo	MDR	246.29	0.16
Agricultura de temporal permanente	TP	220.71	0.14

Uso de suelo y vegetación	Clave	Área (ha)	%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino encino	VSa/BPQ	190.75	0.12
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	VSA/BQ	3.99	0.00
		<b>152,622.5</b>	
	<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100</b>

#### 1.4.5. División Política

La subcuenca del río Yautepec se encuentra dividida por tres entidades federales el estado de Morelos con una área ocupada de 120,493.78 ha equivalente a un 78.95% de la cobertura total de la subcuenca, el Estado de México cubre un área de 22,067.24 ha con un 14.46% del espacio total de la subcuenca, y el Distrito Federal ocupa un espacio de 10,061.57 ha con un 6.59% del área total de la subcuenca estudiada. (figuras 1.26 y tabla 1.9)

Los municipios que se encuentran dividiendo la subcuenca del río Yautepec son los siguientes: el de mayor área es el municipio de Tepoztlán con un 24,201.91 ha correspondiente a un 15.86% del área total de la subcuenca; le sigue el municipio de Yautepec con 18,825.47 ha y un 12.33% de la cobertura total de la subcuenca; posteriormente el municipio de Tlaltizapán de Zapata se ubica en tercer puesto con 15,898.06 ha y 10.42% del área total de la subcuenca de estudio; el municipio de Ayala es el cuarto sitio con 10,064.91 ha y un 6.59% de la cobertura de la subcuenca; el municipio Milpa Alta cubre una área de 10,038.73 ha con 6.58% de la superficie total; estos primeros cinco municipios ocupan más del 50% del total del área de la subcuenca los 20 municipios restantes se pueden observar en la figura 1.27 y la Tabla 1.10 las cantidades correspondientes.

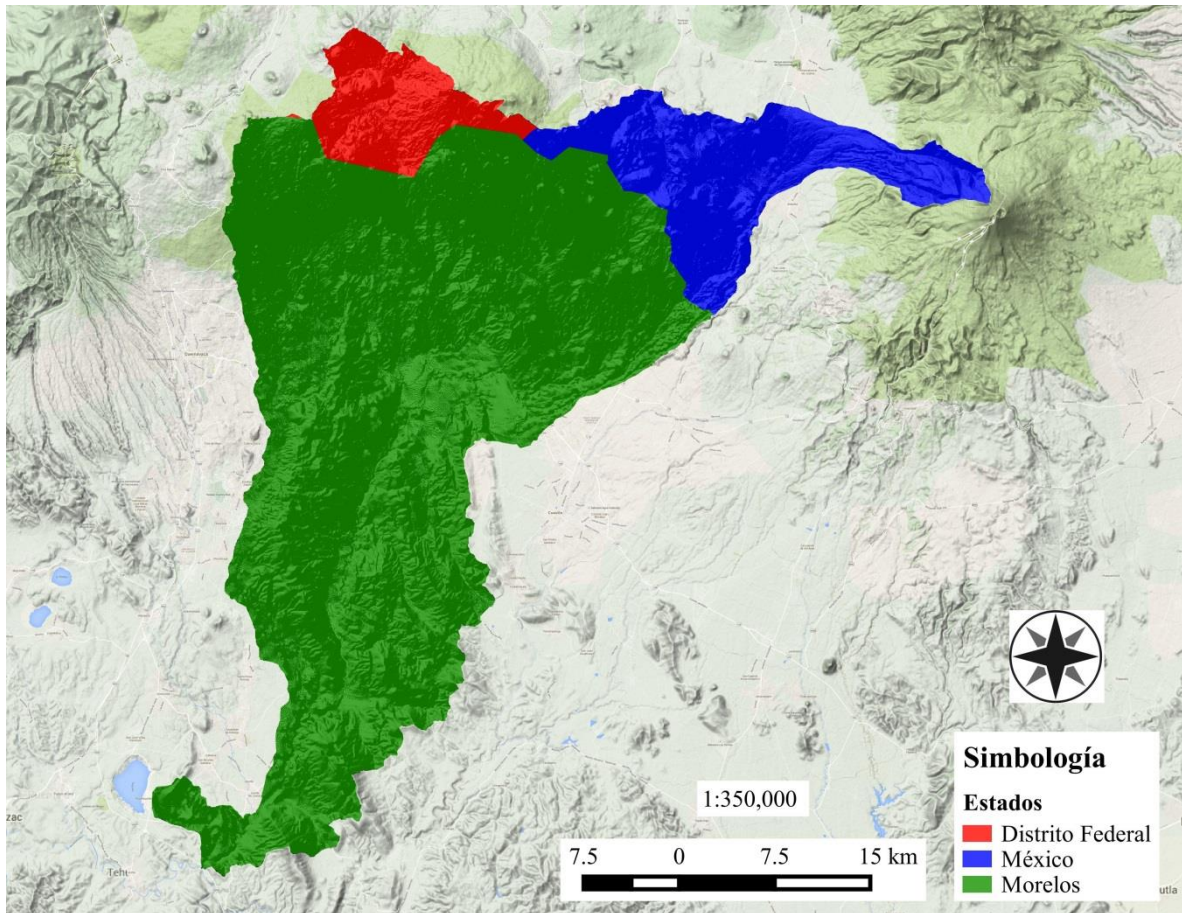


Figura 1.26. Mapa de la División Política Estatal de la Subcuenca del río Yautepac.

Tabla 1.9. Área ocupada por las entidades federativas Morelos y México de la subcuenca del río Yautepac.

Subcuenca	Entidades	Área (ha)	%
Yautepac	Distrito Federal	10,061.57	6.59
	Morelos	120,493.78	78.95
	México	22,067.24	14.46
	<b>Total</b>	<b>152,622.59</b>	<b>100</b>

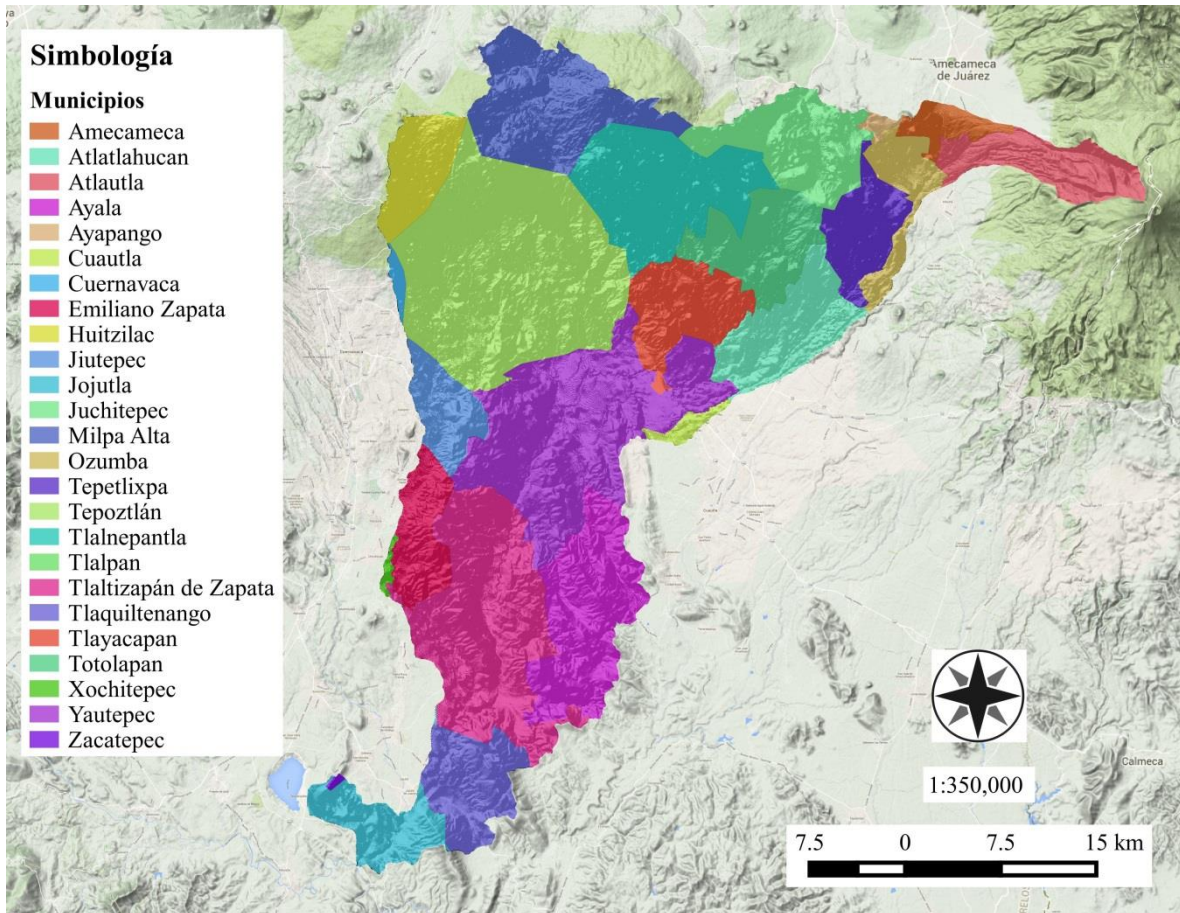


Figura 1.27. Mapa de la distribución espacial de los municipios que cubren la subcuenca del río Yautepec.

Tabla 1.10. Municipios de la subcuenca del río Cuautla

Subcuenca	Municipio	Área (ha)	%
Yautepec	Amecameca	1,792.95	1.17
	Atlatlahucan	6,384.88	4.18
	Atlautla	5,223.74	3.42
	Ayala	10,064.91	6.59
	Ayapango	376.44	0.25
	Cuatla	715.87	0.47
	Cuernavaca	426.58	0.28

Subcuenca	Municipio	Área (ha)	%
	Emiliano Zapata	4,063.80	2.66
	Huitzilac	4,007.71	2.63
	Jiutepec	3,460.74	2.27
	Jojutla	4,187.12	2.74
	Juchitepec	7,142.18	4.68
	Milpa Alta	10,038.73	6.58
	Ozumba	3,222.90	2.11
	Tepetlixpa	4,309.02	2.82
	Tepoztlán	24,201.91	15.86
	Tlalnepantla	10,777.74	7.06
	Tlalpan	22.83	0.01
	Tlaltizapán de Zapata	15,898.06	10.42
	Tlaquiltenango	5,427.17	3.56
	Tlayacapan	5,715.84	3.75
	Totolapan	5,992.85	3.93
	Xochitepec	250.78	0.16
	Yautepec	18,825.47	12.33
	Zacatepec	92.36	0.06
	<b>Total</b>	<b>152,622.59</b>	<b>100</b>

#### 1.4.6. Población

La población total distribuida por entidad federativa en la subcuenca del río Yautepec de acuerdo al censo del año 2010 cuenta con una población total de 396,479 habitantes, de los cuales la población rural del estado de Morelos cuenta con un número 137,059 habitantes pertenece a un 34.57% de la población total en la subcuenca; le sigue la población mixta rural del estado de Morelos con un número de 62,564 habitantes y un 15.78% de la población de la subcuenca; la tercera población es la urbana del estado de Morelos de un número de 61,065 habitantes con 15.40% de la población en la subcuenca;



la población mixta urbana del estado de Morelos de la subcuenca de estudio cuenta con un número de 52,933 habitantes con 13.35% de la población total de la subcuenca estas cuatro poblaciones mencionadas ocupan casi un 80% de la población total del número de habitantes que sería un 20% para la entidad del estado de México en la subcuenca de estudio (figura 1.28 y tabla 1.11)

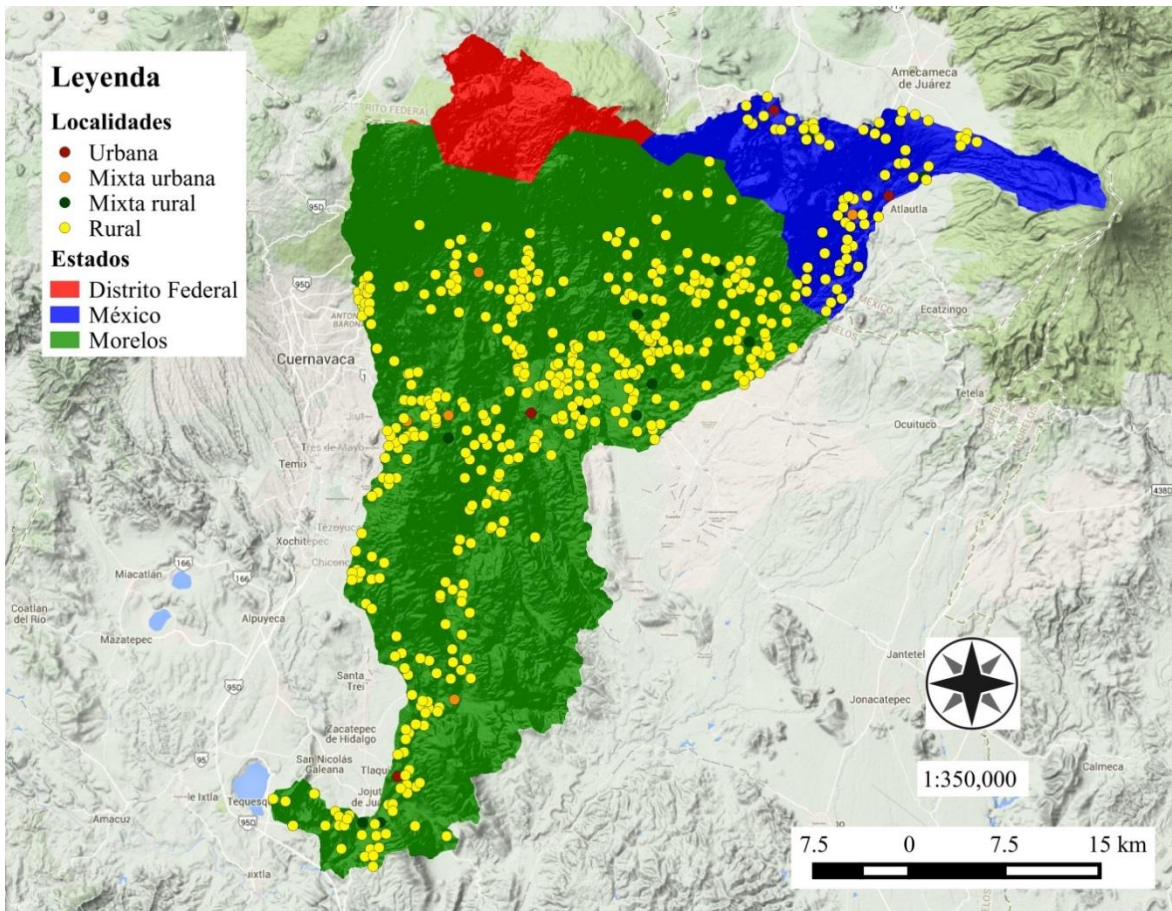


Figura 1.28 Mapa de distribución por tipo de población de la subcuenca del río Yautepec

Tabla 1.11. Distribución poblacional por tipo en la subcuenca del río Yautepec.

Subcuenca	Entidad	Población	Núm. hab.	%
Yautepec	Morelos	Mixta rural	62,564	15.78

Morelos	Mixta urbana	52,933	13.35
Morelos	Rural	137,059	34.57
Morelos	Urbana	61,065	15.40
México	Mixta rural	13,006	3.28
México	Mixta urbana	13,239	3.34
México	Rural	23,892	6.03
México	Urbana	32,721	8.25
	<b>Total</b>	<b>396,479</b>	<b>100</b>

---

La población distribuida por municipios para ambas entidades federativas son las siguientes: el municipio de Cuautla cuenta con un número de 154,358 habitantes y un 41% de la población urbana ocupada en la subcuenca; el siguiente municipio es Ayala con una población rural de 40,603 habitantes de un 11.04% de la población; este mismo municipio ocupa una población urbana de 23,403 con un 6.36% de la población total, estas tres localidades representan un 60% de la población total de distribuida en la subcuenca del río Cuautla. Ver Figura 1.29 y Tabla 1.11.

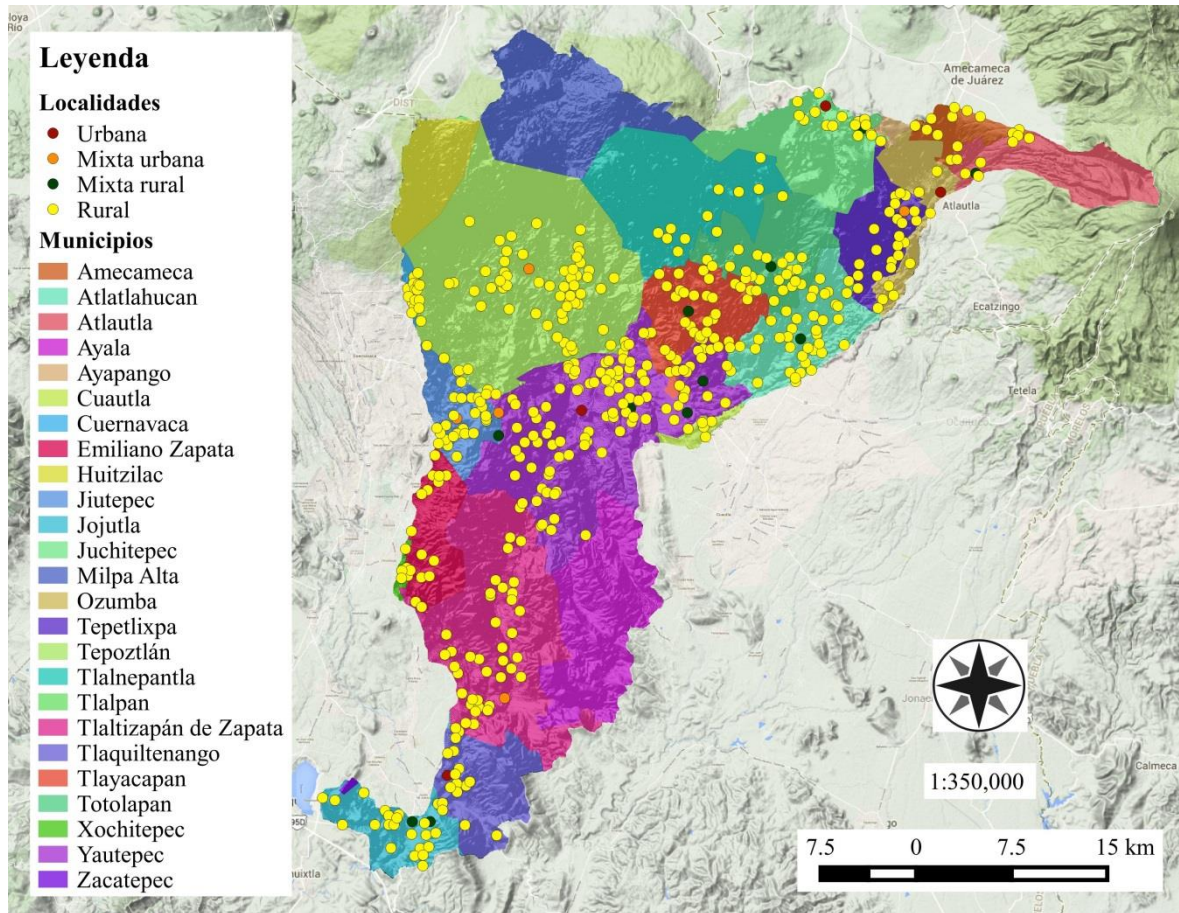


Figura 1.29 Mapa de la población total de la subcuenca del río Yautepec por tipo y municipio.

Tabla 1.12. Distribución poblacional por tipo y por municipio de la subcuenca del río Yautepec.

Subcuenca	Municipio	Población	Núm. hab.	%
Yautepec	Amecameca	Rural	9,492	2.39
	Atlatlahucan	Mixta rural	7,941	2.00
	Atlatlahucan	Rural	9,099	2.29
	Atlautla	Mixta rural	6,743	1.70
	Atlautla	Rural	2,554	0.64
	Cuautla	Rural	7,335	1.85
	Cuernavaca	Rural	10,127	2.55
	Emiliano Zapata	Rural	5,808	1.46

Subcuenca	Municipio	Población	Núm. hab.	%
	Jiutepec	Mixta rural	7,282	1.84
	Jiutepec	Mixta urbana	14,525	3.66
	Jiutepec	Rural	7,327	1.85
	Jojutla	Mixta rural	11,106	2.80
	Jojutla	Rural	7,712	1.95
	Juchitepec	Mixta rural	6,263	1.58
	Juchitepec	Rural	1,016	0.26
	Juchitepec	Urbana	16,021	4.04
	Ozumba	Rural	5,742	1.45
	Ozumba	Urbana	16,700	4.21
	Tepetlixpa	Mixta urbana	13,239	3.34
	Tepetlixpa	Rural	5,088	1.28
	Tepoztlán	Mixta urbana	14,130	3.56
	Tepoztlán	Rural	27,158	6.85
	Tlalnepantla	Rural	6,636	1.67
	Tlaltizapán	Mixta urbana	10,563	2.66
	Tlaltizapán	Rural	18,928	4.77
	Tlaquiltenango	Rural	4,126	1.04
	Tlaquiltenango	Urbana	18,334	4.62
	Tlayacapan	Mixta rural	7,989	2.01
	Tlayacapan	Rural	8,554	2.16
	Totolapan	Mixta rural	6,198	1.56
	Totolapan	Rural	4,591	1.16
	Xochitepec	Rural	325	0.08
	Yautepec	Mixta rural	22,048	5.56
	Yautepec	Mixta urbana	13,715	3.46
	Yautepec	Rural	19,333	4.88
	Yautepec	Urbana	42,731	10.78
		<b>Total</b>	<b>396,479</b>	<b>100</b>

## 1.5. 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.

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.

## **2. Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua para las cuencas del río Yautepec y Cuautla**

### **2.1 Introducción**

El Cambio Global (CG), afecta las condiciones climáticas de las diversas regiones del país y ocasiona cambios en los ecosistemas riparios y lacustres. El cambio climático puede tener impactos totalmente impredecibles en el ciclo hidrológico, por lo tanto, es necesario generar los modelos y las metodologías de análisis adecuadas para predecir las tendencias y posibles cambios con la finalidad de efectuar un manejo sostenible de los bienes y servicios que proporcionan estos ecosistemas (Jones and Wigley, 2010; Swart et al., 2009).

Algunas de las modificaciones son causadas por la actividad humana, aspecto que propicia la realización de estudios con un enfoque multidisciplinario para el análisis de la problemática del cambio global en los sistemas de agua dulce (Kobashi et al., 2009; Link y Tol, 2009). Cohen (2010), señala que es necesario generar herramientas universalmente estandarizadas para capturar los impactos biofísicos del cambio climático e incorporar elementos socio-económicos dentro del análisis de los sistemas ecológicos. Por lo mismo, es necesario generar las estrategias que incrementen nuestra capacidad de enfrentar los efectos del cambio climático en los proyectos de desarrollo sustentable (Arnell, 2010; Yarime et al., 2010). En México existe poca información limnológica disponible sobre los sistemas de agua dulce del país y el efecto que está ejerciendo el cambio climático en la calidad del agua, contaminación y vulnerabilidad.

En el presente estudio se efectúa el estudio comparativo de la precipitación y la temperatura de dos periodos (pre-impacto y post-impacto) para determinar el cambio climático de las subcuencas del río Yautepec y Cuautla según la clasificación de Köppen y los estadísticos comparativos (medianas, prueba de “t”, regresiones y correlaciones).

## 2.2 Objetivos

- Determinar el cambio climático de la temperatura de los periodos de pre-impacto y post-impacto en la subcuenca del río Yautepec.
- Determinar el cambio climático de la precipitación de los periodos de pre-impacto y post-impacto en la subcuenca del río Cuautla.
- Determinar el cambio de disponibilidad de agua para las subcuencas del río Yautepec y Cuautla con los cambios de la precipitación observados en los periodos de pre-impacto y post-impacto.

## 2.3 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 Km<sup>2</sup>, que representa el 25% del territorio de Morelos. Los municipios de mayor área dentro de la cuenca son: Tlanepantla, Tlayacapan, Totolapan, Tepoztlán, Yautepec, Atlatlahuacán, 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 2.1 y Figuras 2.1 y 2.2.

Tabla 2.1 Distribución de la población en los Municipios de la Cuenca del Río Yautepec

MUNICIPIO	POBLACIÓN EN LA CUENCA (No)				
	No.	URBANA	(%)	RURAL	(%)
Atlatlahuacán	17,786	10,657	6.35	7,129	
Tepoztlán	41,432	21,856	13.02	19,576	
Tlanepantla	6,634	3,872	2.31	2,762	
Tlaltizapán	29,164	17,792	10.60	11,372	
Talquitenango	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
<b>TOTAL</b>	<b>242,197</b>	<b>167,826</b>		<b>74,371</b>

INEGI (2010)

### Población Urbana Cuenca Yautepec

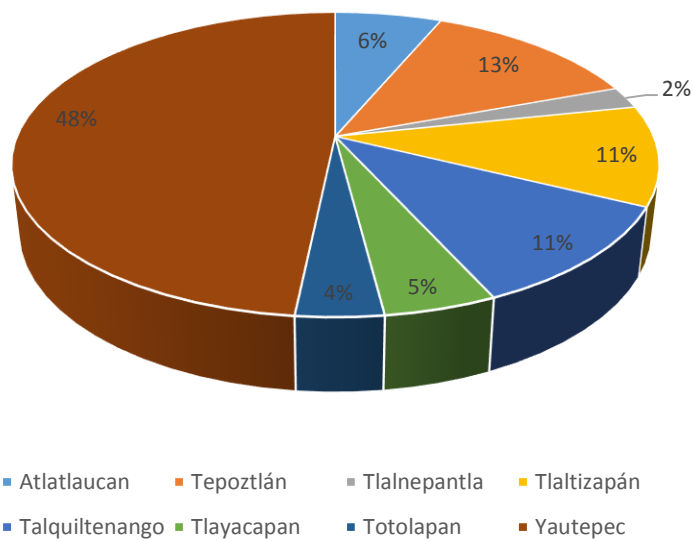


Figura 2.1 Distribución de la población urbana en la cuenca del río Yautepec.



### Población Rural Cuenca Yautepec

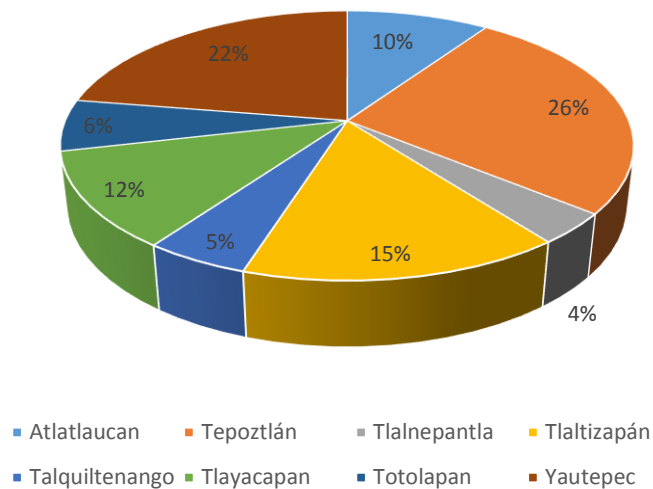


Figura 2.2 Distribución de la población rural en la cuenca del río Yautepec.

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](http://jacintapalerm.hostei.com/anei_cuautla.pdf); Figura 2.3). La distribución de los habitantes en los diferentes municipios de la cuenca.

El municipio de Cuautla se localiza al oeste del estado de Jalisco, la superficie de este municipio es muy accidentada, al oeste del municipio se encuentran las estribaciones de la Sierra del Arrastradero, por ello cuenta con alturas que van de los 1 mil 350 metros a 2 mil 100 metros sobre el nivel del mar; la cabecera municipal se localiza a una altura media de 1 mil 390 metros. El municipio tiene una superficie de 255.02 km<sup>2</sup>; limita al norte con los municipios de Atenguillo y Atengo; al sur, Ayutla; al este, Ayutla y Atengo; y al oeste, Tomatlán. Según el Censo de Población y Vivienda de 2010 contaba con 28 localidades siendo las principales: Cuautla (cabecera municipal), Chilacayote, Tototlán del Oro, Tierras Blancas y La Mesa.

El clima del municipio es semiseco, con invierno y primavera secos y semicálidos; la temperatura media anual es de 21.5 °C. Cuenta con dos ríos de aguas permanentes que son Santa Bárbara y el de Las Cebollas; los arroyos de cauce permanente San Bartolo, Membrillo, Los bueyes y El Colorín, entre otros. En su región boscosa predominan especies de pino, roble y encino, principalmente; cuenta con aproximadamente 10 mil 041 hectáreas de bosque, en donde se encuentran diversas especies de animales como venado, liebre, conejo, coyote y armadillo. Este municipio cuenta con recursos minerales que se conforman con yacimientos de oro, plata, plomo, zinc y caliza de mármol.

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 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.

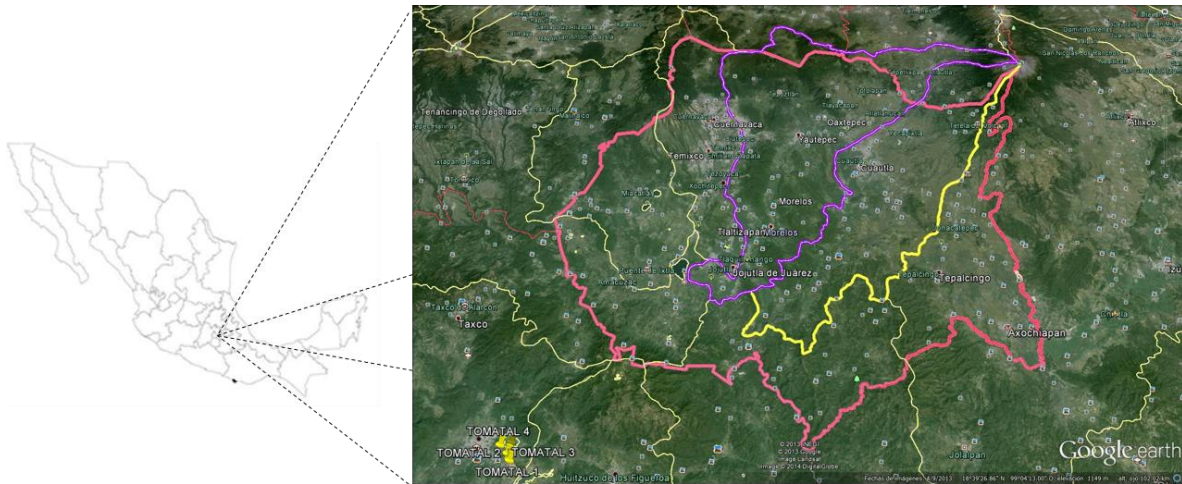


Figura 2.3 Ubicación de las Cuencas del Río Yautepec y Cuautla en el Estado de Morelos.

## 2.4. Métodos

Estudio comparativo del clima acorde con la clasificación de Köppen, se efectuó utilizando la información citada por García (1973) para el periodo de pre-impacto y para el de post-impacto para la temperatura observada ( $^{\circ}\text{C} \pm 0.5$ ) y la precipitación ( $\text{mm} \pm 0.5$ ). Información que fue obtenida de las estaciones meteorológicas del SMN (Servicio Meteorológico Nacional) a cargo de la CONAGUA y a través del Extractor Rápido de Información Climática (ERIK) generada por el IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). Los análisis gráfico-estadísticos no paramétricos y paramétricos se realizaron utilizando el software Estadística (Microsoft Corporation 2004), V7 IHA (TNC 2006). Los análisis de Regresión y Correlación lineal para la precipitación ( $\pm 0.5 \text{ mm}$ ), evaporación ( $\text{mm} \pm 0.5$ ), temperatura observada, mínima y máxima ( $^{\circ}\text{C} \pm 0.5$ ) del periodo de pre-impacto y post-impacto, acorde con el comportamiento de las series de tiempo y los rangos de variabilidad dados por los

percentiles 25% to 75% serán aplicados. La prueba de “t” de Student, análisis de regresión and correlación para probar la hipótesis de que no existen diferencias entre las medianas y los coeficientes de regresión para cada una de las variables meteorológicas analizadas entre los periodos de pre-impacto y post-impacto ( $H_0: \mu_1 = \mu_2$  and  $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$ ).

## 2.5. Resultados

La información de precipitación, evaporación, temperatura observada, mínima y máxima de las estaciones meteorológicas se obtuvo del sistema ERIC I2. Versión 2.0 (Extractor Rápido de Información Climatológica del IMTA,) que comprendió 20 estaciones meteorológicas con datos de 1924 a 2010 (Tabla 2.2). La ubicación de las estaciones meteorológicas se señalan en la Figura 2.4.

Tabla 2.2 Ubicación de las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Yautepec y Cuautla

No.	Estac.	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud (msn m)	Años de Registro	Años
1	01700	ATLATLAHUACAN	-98.90	18.93	1656	1924 - 2008	84
	1						
2	01700	CUAUTLA, CUAUTLA (SMN)	-	18.81	1303	1926 – 2006	80
	3		98.967	7			
3	01700	CUAUTLA, CUAUTLA (DGE)	-	18.80	1309	1955 - 2009	27
	5		98.950	0			
4	01701	OAXTEPEC, YAUTEPEC	-	18.90	1385	1970 - 2010	27
	2		98.967	0			
5	01701	TETELCINGO, CUAUTLA	-	18.86	1634	1942 - 1973	15
	7		98.933	7			

6	01701	TICUMAN, TLALTIZAPAN	-	18.76	1130	1955 - 2008	53
	8		99.117	7			
7	01702	YAUTEPEC, YAUTEPEC	-	18.86	1150	1955 - 2010	
	4		99.083	7			
8	01702	YECAPIXTLA	-	18.85	1500	1963 - 1985	22
	5		98.867	0			
9	01703	NEXPA, TLALQUILTENANGO	-	18.86	1200	1976 - 2009	
	8		99.133	7			
10	01704	YECAPIXTLA E.T.A. 118	-	18.88		1976 - 2008	
	3		98.867	3			
11	01704	PUENTE OCUITUCO E-5	-	18.88	1960	1976 - 2009	33
	8		98.750	3			
12	01704	TEPOZTLAN E-12,	-	18.98	1700	1976 - 2009	
	9		99.117	3			
13	01705	TLAYACAPAN E-11	-	19.00	1670	1976 - 1983	
	0		98.971	0			
14	01705	TOTOLALPAN E-10	-	18.98	1920	1976 - 2009	
	1		98.917	3			
15	01705	YECAPIXTLA, YECAPIXTLA	-	18.88	1540	1976 - 2004	28
	2		98.867	3			
16	01705	MOYOTEPEC, VIILA DE A.	-	18.71	1165	1978 - 2009	31
	4		98.983	7			
17	01706	ALPANOCAN, TETELA DEL V.	-	18.71	2200	1980 - 2009	14
	0		98.883	7			
18	01706	TECAJEC, YECAPIXTLA	-	18.78		1981 - 2009	
	3		98.817	3			
19	01706	TEMOALCO, VILLA DE A.	-	18.63	955	1981 - 2009	
	4		98.983	3			

Los resultados de los promedios mensuales para la precipitación de las estaciones meteorológicas de las cuencas del río Yautepec se muestra en el Tabla 2 y Figura 2 y los promedios de precipitación para la cuenca del río Cuautla se muestran en el Tabla 4. Es evidente el aumento

de la precipitación para las estaciones 17049 (Tepoztlán E-12) y 17051 (Tototalpan E-10), ubicadas a 1700 y 1920 msnm, respectivamente (estaciones meteorológicas ubicadas en las zonas altas de la cuenca. La mayor parte de las cuencas del río Yautepec muestran los máximos de precipitación en los meses de junio a octubre. En forma contrastante las cuencas 17001 (Atlatalhuacan), 17012 (Oaxtepec) y 17024 (Yautepec) señalan un pico en el mes de septiembre, ubicadas a una baja altitud (1656, 1385 y 1150 msnm, respectivamente).

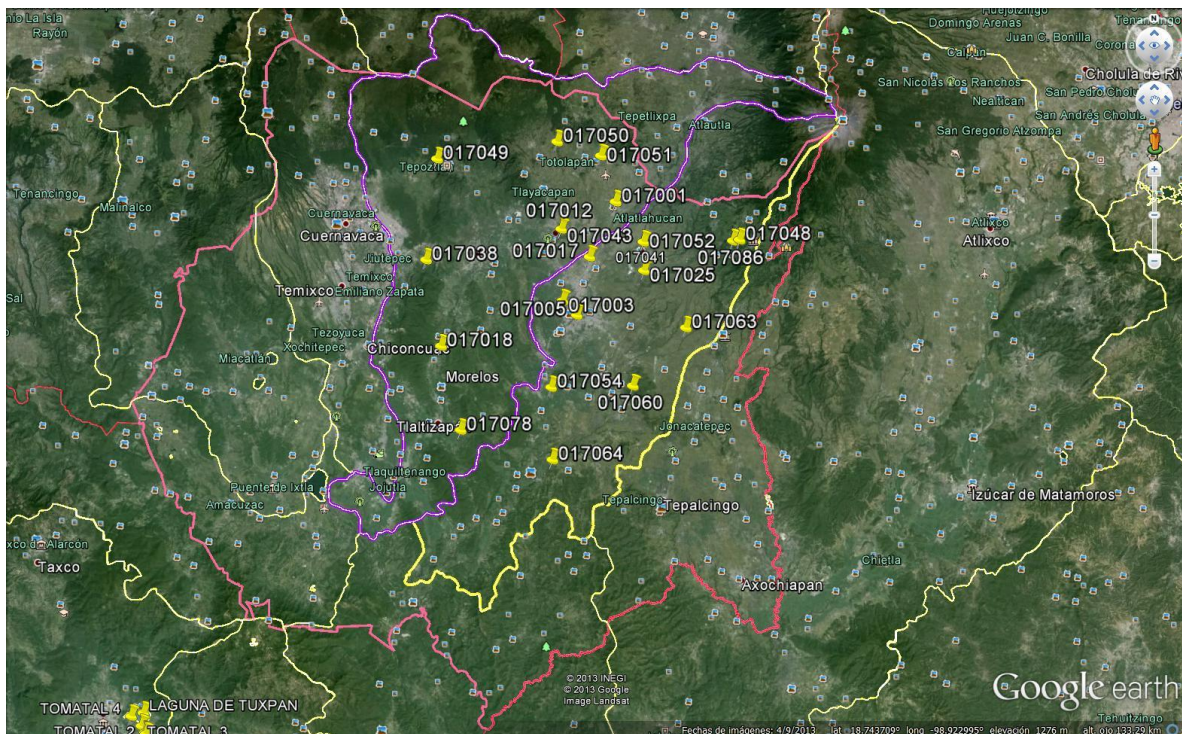


Figura 2.4 Ubicación de las estaciones meteorológicas en las subcuencas del río Yautepec (color lila) y Cuatla (color amarillo) en el Estado de Morelos (color rosa).

## 2.5.1 Precipitación

### 2.5.1.1 Promedios mensuales de la precipitación en las estaciones meteorológicas de las subcuencas del río Yautepec y Cuautla

Los resultados de los promedios mensuales para la precipitación de las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Yautepec y Cuautla señalan el periodo de lluvias de junio a septiembre con el máximo de 273 mm en el mes de septiembre en la estación Tepoztlán (17049) en la subcuenca del río Yautepec ubicada a una altitud de 1700 msnm; y un máximo de 239.9 mm en el mes de septiembre en la estación Puente Ocuituco (17048) en la subcuenca del río Cuautla, ubicada a una altitud de 1960 msnm (Tablas 2.3 Y 2.4 y Figuras 2.5 y 2.6). Las estaciones Atlatlahuacan (17001), Oaxtepec, Yautepec (10012 y Tlayacapan (1750) en la subcuenca del río Yautepec, así como las estaciones Cuautla, Cuautla (17003) ubicada a una altitud de 1303 msnm y Cuautla, Cuautla DGE (17005) ubicada a una altitud de 1309 msnm señalan solo a los meses de agosto y septiembre como época de lluvias.

Tabla 2.3 Promedios mensuales de la precipitación en las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Yautepec

Est.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
17001	8	3.6	3.9	10.7	55.9	2.4	195.0	82	204.8	67.5	12.9	6.2
17012	11.1	6.1	4.3	12.1	55.2	203.6	70.9	201.2	200	75.7	14	4.6
17018	11.7	2.6	3.9	11.1	62.6	195.5	170.5	180.1	176.4	63.8	11.6	5.2
17024	24.8	5.5	3.9	11.4	62	188.3	174.7	179.9	199.6	79.5	12.9	5
17038	7.9	1.1	2.6	10.7	64.2	160.6	165	155.8	137.6	58.2	7.3	3.1
17049	11.9	6.9	6.7	19.5	65.7	240.5	246.1	260.4	273	120	17.8	4.9
17050	7.5	14.6	6.3	6.7	29.6	112.4	57	121.9	198.9	92.9	15.1	3.8
17051	14.1	7.4	12.6	20.5	63.1	222.6	212.4	213	223.4	89	20.2	7.5

Tabla 2.4 Promedios mensuales de la precipitación en las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Cuautla

Est.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
17003	10.2	1.7	4.1	11.4	75.1	190.1	81.5	163.7	191.8	65.3	18	3.7
17005	11	2.7	4.5	12.1	58	193.7	67.9	158	174.8	66.4	13.2	3.9
17017	6.4	2.2	26.7	9.5	63.8	171.6	159.2	150	161.5	69	14.7	6.1
17025	12.8	4.1	6.9	16.4	77.8	236.7	195.9	208.7	205	75.1	16.9	4.4
17043	11.9	3.9	4.1	13	66.7	215.6	199.3	220.7	205.8	80.7	18.5	4.8
17048	9	3.2	5.6	17.9	74.3	218.6	213.8	217.1	239.9	84.5	18.7	3.7
17052	11.6	2.5	2.7	15.5	68.8	212.4	191.6	200.3	198.5	68.1	17	2.4
17054	9.5	2.3	3.5	7.3	42.9	149.5	151.2	154.7	156.4	58.9	11.1	6.7
17060	12.9	5.8	5.1	20.3	87.9	212.8	190.9	189.7	217.6	92.2	20	4.9
17063	4.9	6.3	4	11.1	35.9	214.6	185.8	177.8	237.9	54.9	7.6	0.8
17064	1.4	4	3.3	7.3	46.9	185.1	118.9	121.5	189.4	64.9	5.2	1.1

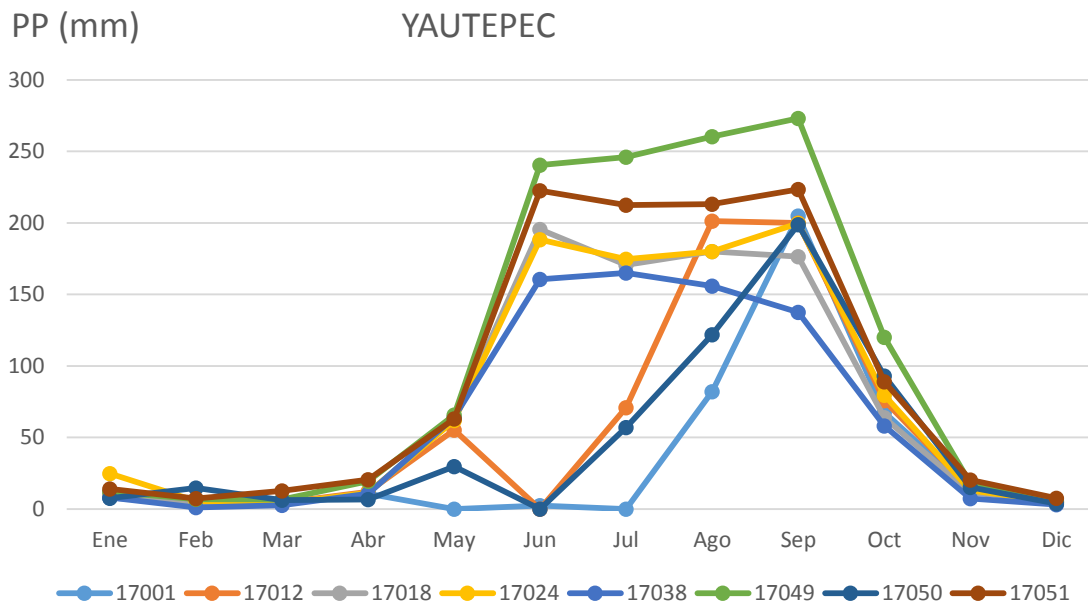


Figura 2.5 Promedios mensuales de la precipitación en las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Yautepec.



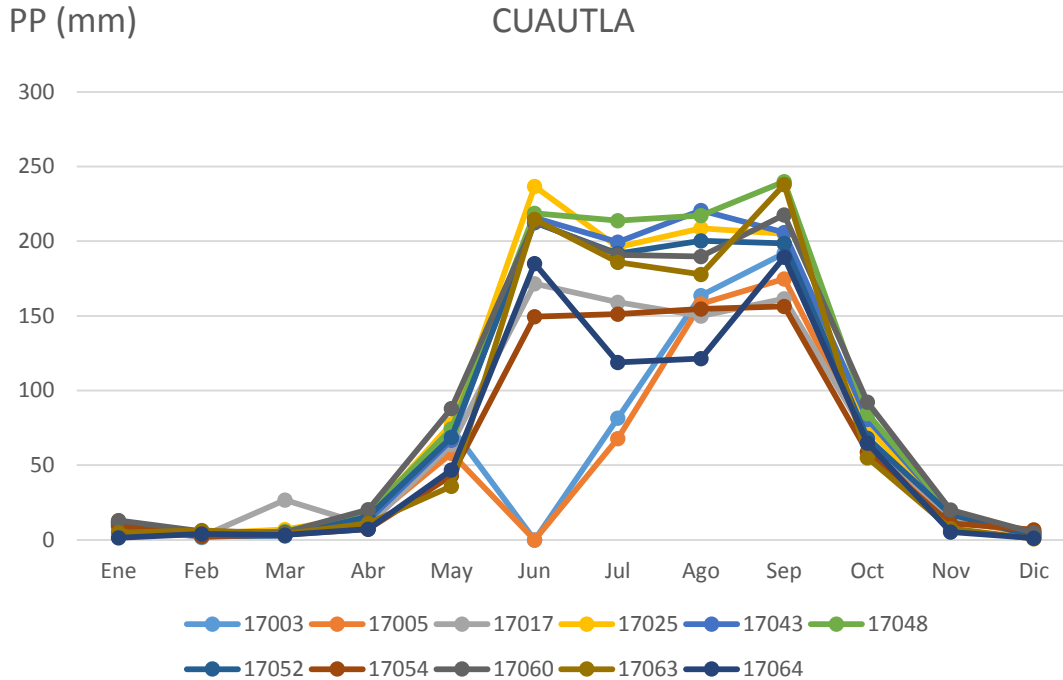


Figura 2.6 Promedios mensuales de la precipitación en las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Cuautla.

**2.5.1.2 Prueba de “t” (promedios mensuales de la precipitación para los periodos de pre-impacto y post-impacto de la Subcuenca del río Yautepec).**

**Estación Meteorológica Atlatlahuacan.**

Los resultados de la prueba de “t” aplicada a los promedios mensuales de los periodos de pre-impacto y post-impacto para la precipitación de las estaciones meteorológicas de las cuencas del río Yautepec muestran en los Tablas del 2.5 al 2.13. En la Estación 017001 (Atlatlahuacan) se observan decrementos significativos en la precipitación para los meses de abril (0.45 a 0.26 mm), mayo (2.22 a 1.38 mm), julio (6.385 a 5.76 mm) y septiembre (7.33 a 6.33 mm; Tabla 2.5 y Figura 2.7), entre el periodo de pre-impacto (1924 – 1965) y el de post-impacto (1966 – 2006).

Tabla 2.5 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1924-1965) y post-impacto o G2 (1966-2006) de la estación meteorológica 017001 (Atlatlahuacan de la Subcuenca río Yautepec)

Med	Medi	Valor	No.	No.	Std.	Std.	F-Razón				
Mes	ia G1	a G2	de "t"	df	p	G1	G2	G1	G2	Varianza	F
ENE	0.27 7	0.237	0.469 6	250 3	0.638 6	126 5	1240	2.115 0	2.1620	1.045250	0.433723
FEB	0.15 6	0.097	1.131 5	230 3	0.258 0	114 7	1158	1.363 6	1.1660	1.367491	0.000000
MAR	0.13 8	0.116	0.435 9	250 3	0.662 9	123 4	1271	1.381 7	1.1988	1.328487	0.000001
ABR	0.45 7	0.262	1.991 8	242 1	0.046 5	119 3	1230	2.636 8	2.2027	1.433057	0.000000
MAY	2.22 8	1.382	3.736 5	247 2	0.000 7	123 7	1240	6.500 8	4.6182	1.9815	0.00
JUN	6.67 8	6.746	- 0.141 9	245 6	0.887 1	122 8	1230	11.48 1	12.290	1.145746	0.017199
JUL	6.85 0	5.768	2.592 1	253 3	0.009 6	126 5	1270	10.70 2	10.330	1.073255	0.208520
AGO	6.25 5	5.508	1.946 4	253 6	0.051 7	126 7	1271	9.729 6	9.6085	1.025359	0.655731
SEP	7.33 0	6.338	2.126 8	242 3	0.033 5	122 5	1200	11.36 6	11.612	1.043638	0.457253
OCT	2.37 9	1.979	1.519 5	253 2	0.128 8	129 6	1238	6.895 3	6.3335	1.185275	0.002542
NOV	0.37 2	0.491	-1.194	236 1	0.232 6	122 4	1139	2.219 1	2.5918	1.364066	0.000000
DICI	0.18 7	0.217	-0.360	250 4	0.719 0	129 7	1209	2.000 7	2.2287	1.240944	0.000135

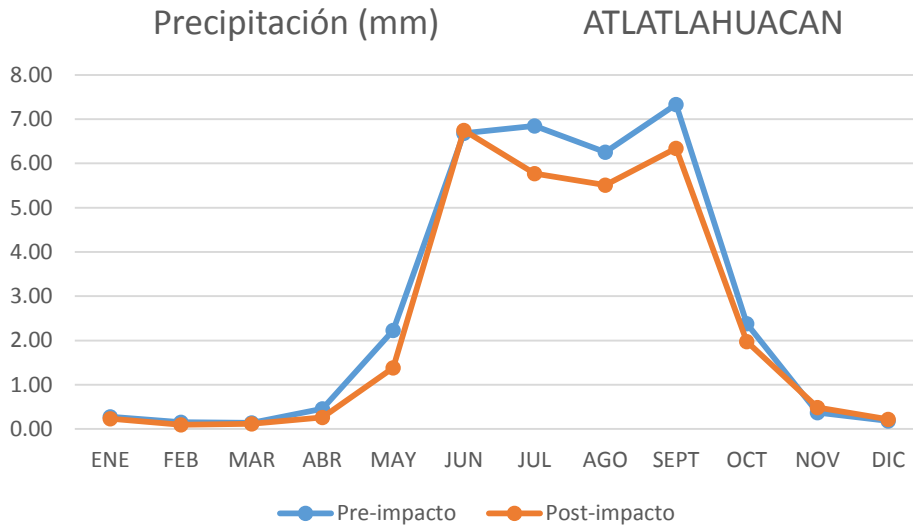


Figura 2.7 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Atlatlahuacan (017001) para el periodo de pre-impacto (1924 – 1965) y post-impacto (1966 – 2006) subcuenca del río Yautepec.

Las diferencias netas en la variación de la precipitación para la estación Atlatlahuacan entre el periodo de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.8, y van de -0.20 (mm) en el mes de abril, a -1.10 (mm) en julio.

Dif. PP (mm) Pre-impacto y Post-impacto  
ATLATLAHUACAN

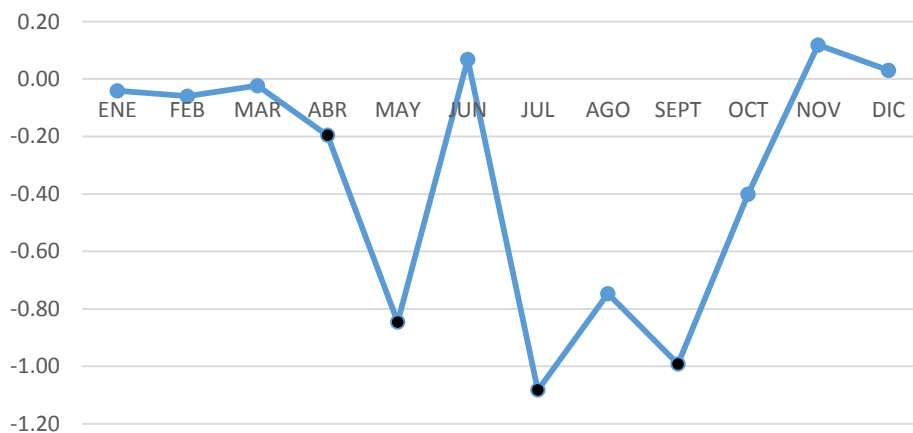


Figura 2.8. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1924 – 1965) y post-impacto (1966 – 2006) para la estación Atlatlahuacan en la subcuenca del río Yautepec (los puntos en negro en la gráfica señalan los valores significativos).

### Estación Meteorológica Oaxtepec, Yautepec

En la estación 017012 (Oaxtepec, Yautepec) se observó un incremento significativo en el mes de agosto con 5.62 a 7.30 y en octubre con 1.91 a 2.91 mm en la precipitación (Tabla 2.6 y Figura 2.9), entre el periodo de pre-impacto (1970 – 1989) color azul y el de post-impacto (1990 – 2006).

Tabla 2.6 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1970-1989) y post-impacto o G2 (1990-2008) de la estación meteorológica 017012 (Oaxtepec, Yautepec de la Subcuenca río Yautepec)

Mes	Medi a G1	Medi a G2	Valor de "t"	df	p	No. G1	No. G2	Std. G1	Std. G2	F-Razón Varianza	F
EN	0.330	0.382	0.346	1176	0.7293	527	651	2.5938	2.4999	1.076546	0.371929
FEB	0.109	0.305	1.2369	1071	0.2163	480	593	0.8312	3.3872	16.60311	0.00
MA R	0.198	0.088	1.3329	1145	0.1828	527	620	1.7756	0.9666	3.374077	0.00
ABR	0.487	0.326	1.1484	1138	0.2510	540	600	2.8305	1.8510	2.338453	0.000000
MAY	1.696	1.856	0.5195	1176	0.6034	558	620	4.9698	5.5950	1.267430	0.004271

	6.93	0.416	116	0.677			11.43	12.06		
JUN	4	6.647	1	8	3	570	600	8	8	1.113137 0.196184
	5.92	1.342	120	0.179				11.18	9.699	
JUL	7	5.120	0	7	8	589	620	7	7	1.330192 0.000463
	5.62	-	114	0.013				8.935	13.38	
AGO	9	7.306	2.481	5	2	558	589	1	3	2.243439 0.000000
		5								
SEP		-								
T	6.41	0.701	110	0.482				10.64	12.40	1.357343 0.000343
	5	6.903	8	9		540	570	4	0	
		7								
	1.91	-	111	0.030				6.321	8.851	
OCT	0	2.917	2.163	4	7	527	589	1	7	1.960915 0.000000
		1								
	0.41	-	110	0.552				2.340	2.907	
NOV	8	0.512	0.594	8	2	540	570	5	6	1.543288 0.000000
		5								
	0.12	-	114	0.617				1.129	1.916	
DIC	6	0.172	0.499	5	7	558	589	5	9	2.879940 0.00
		1								

Precipitación (mm)

OAXTEPEC, YAUTEPEC

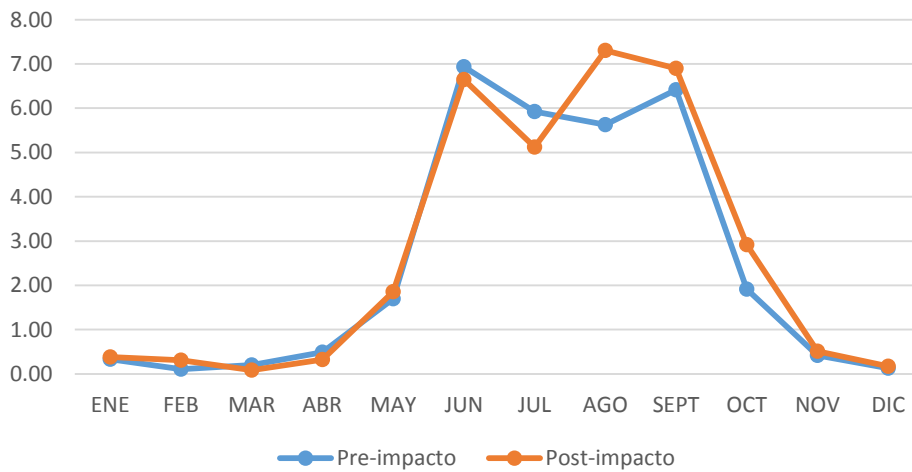


Figura 2.9 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Oaxtepec, Yautepec (017012) para el periodo de pre-impacto (1970 – 1989) y post-impacto (1990 – 2008) para la sub cuenca del río Yautepec.

Las diferencias netas en la variación de la precipitación para la estación Oaxtepec, Yautepec entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.10. Son significativos los incrementos en la precipitación promedio mensual en el mes de agosto de 1.68 (mm) y de 1.01 (mm) en octubre.

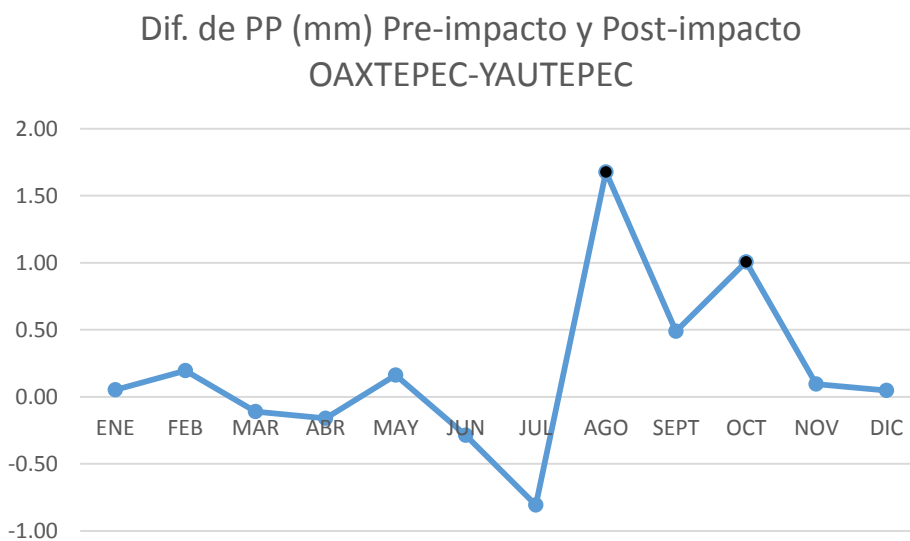


Figura 2.10. Figura Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1970 – 1989) y post-impacto (1990 – 2008) para la estación Oaxtepec-Yautepec en subcuenca del río Yautepec (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

#### Estación Meteorológica Ticumán, Tlaltizapan

En la estación 017018 (Ticumán, Tlaltizapan) los meses que señalan también un incremento significativo en la precipitación fueron junio (5.79 a 7.17 mm), agosto (5.18 a 6.36 mm) y septiembre (5.06 a 6.71 mm; Tabla 2.7 y Figura 2.11), entre el periodo de pre-impacto (1955 – 1980) y el de post-impacto (1981 – 2008).

Tabla 2.7 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1955-1980) y post-impacto o G2 (1981-2008) de la estación meteorológica 017018 (Ticumán, Tlaltzapán de la Subcuenca río Yautepec)

Mes	Media		Valor		p	No.		Std.		F-Razón	
	G1	G2	de "t"	df		G1	G2	G1	G2	Varianza	F
ENE	0.453	0.309	1.041	1641	0.298	775	868	3.182	2.373	1.797165	0.000000
					2			1	7		
FEB	0.085	0.098	-	1495	0.782	707	790	1.011	0.936	1.165538	0.036313
			0.276		5			0	4		
MA R	0.121	0.129	-	1641	0.898	775	868	1.181	1.257	1.134071	0.072744
			0.127		9			0	7		
ABR	0.383	0.362	0.208	1585	0.834	747	840	2.024	2.052	1.028391	0.695245
					9			4	9		
MAY	1.874	2.146	-	1609	0.383	743	868	5.662	6.668	1.386952	0.000004
			0.872		5			5	6		
JUN	5.796	7.174	-	1586	0.023	749	839	10.53	13.37	1.610250	0.000000
			2.263		7			6	0		
JUL	4.970	5.974	-	1641	0.050	775	868	10.20	10.52	1.063785	0.377784
			1.958		3			7	7		
AGO	5.184	6.367	-	1641	0.027	775	868	9.320	12.02	1.664225	0.000000
			2.211		2			5	3		
SEP	5.062	6.715	-	1606	0.002	769	839	8.882	12.22	1.895422	0.000000
			3.078		1			9	9		
OCT	2.040	2.075	-	1641	0.903	775	868	5.722	5.813	1.031898	0.654594
			0.121		3			5	0		
NOV	0.308	0.459	-	1618	0.178	780	840	1.712	2.656	2.405804	0.00
			1.345		9			8	7		
DIC	0.200	0.140	0.778	1671	0.436	805	868	1.728	1.467	1.387632	0.000002
					6			4	3		

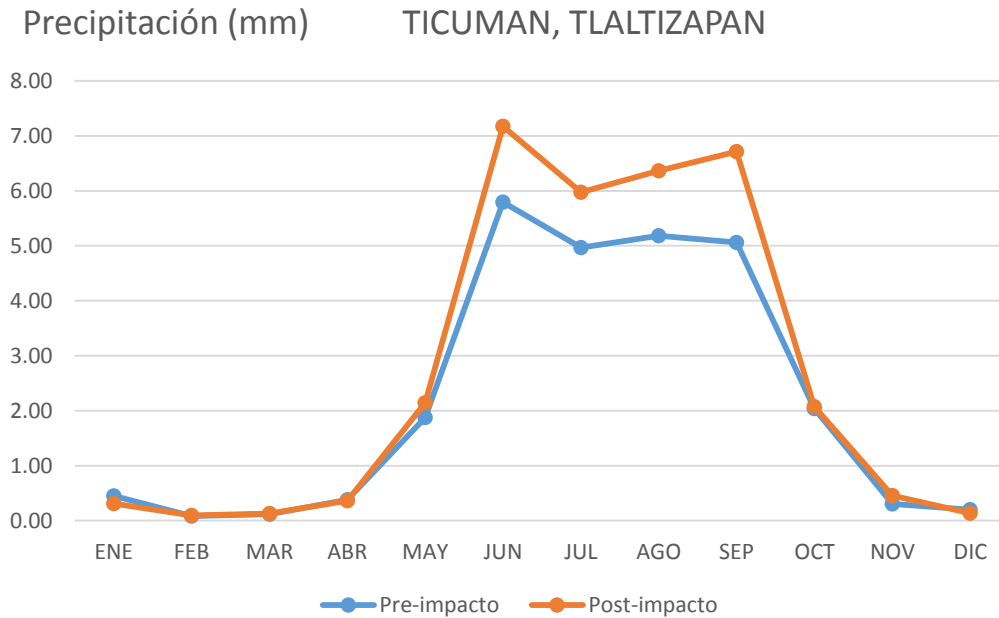


Figura 2.11 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Ticuman, Tlaltizapan (017018) para el periodo de pre-impacto (1955 – 1980) y post-impacto (1981 – 2008) en la subcuenca del río Yautepec.

Las diferencias netas en la variación de la precipitación para la estación Tucumán, Tlaltizapán entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.12. Son significativos los incrementos en la precipitación promedio mensual en el mes de junio de 1.38 (mm), en agosto de 1.18 (mm) y en septiembre de 1.65 (mm).

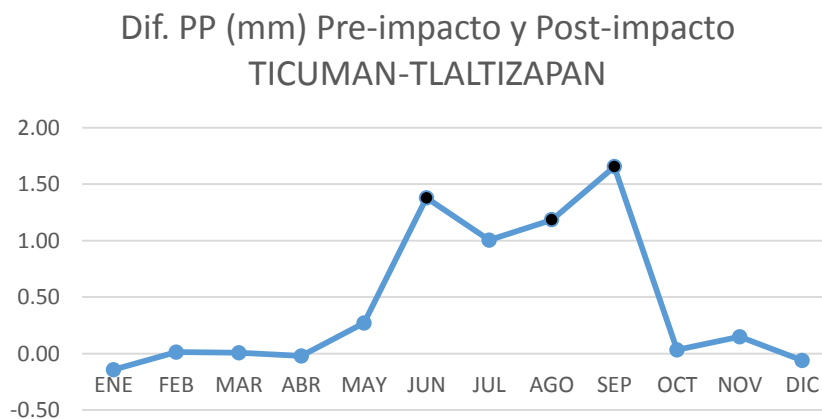




Figura 2.12. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1955 – 1980) y post-impacto (1981 – 2008) para la estación Ticumán-Tlaltizapán en la subcuenca del río Yautepec (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

### Estación Meteorológica Yautepec, Yautepec

En la estación 017024 (Yautepec, Yautepec), señala decrementos significativos en la precipitación para los meses de enero (de 1.39 a 0.30 mm) y mayo (de 2.30 a 1.72 mm) y septiembre (5.06 a 6.71 mm; Tabla 2.8 y Figura 2.13), entre el periodo de pre-impacto (1955 – 1981) y el de post-impacto (1982 – 2010).

Tabla 2.8 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1955-1981) y post-impacto o G2 (1982-2010) de la estación meteorológica 017024 (Yautepec, Yautepec de la Subcuenca río Yautepec)

Mes	Media	Medi	Valor	df	p	No.	No.	Std.	Std.	F-Razón	
	G1	a G2	de "t"			G1	G2	G1	G2	Varianza	F
ENE	1.329	0.307	5.278	167	0.000	806	868	5.259	2.1363	6.060456	0.0000
				2	0			0			00
FEB	0.124	0.230	-1.17	152	0.240	733	791	1.153	2.9367	6.476732	0.0000
				2	8			9			00
MA	0.128	0.126	0.030	167	0.975	806	868	1.338	1.1811	1.283858	0.0003
R				2	8			3			06
ABR	0.378	0.383	-0.055	160	0.956	770	840	2.100	2.0284	1.072326	0.3220
				8				4			83
MAY	2.300	1.720	2.040	167	0.041	806	868	5.880	5.7486	1.046525	0.5106
				2				8			72
JUN	6.106	6.457	-0.601	158	0.548	778	810	11.79	11.458	1.060262	0.4099
				6				8			02

JUL	5.827	5.445	0.769	167 2	0.441	837	837	10.26 2	10.034	1.045997	0.5157 50
AGO	5.709	5.896	-0.377	167 2	0.706	837	837	9.945 9	10.335	1.079730	0.2676 30
SEP	6.468	6.839	-0.635	161 8	0.526	810	810	11.67 1	11.859	1.032462	0.6497 01
OCT	2.551	2.585	0.089	167 0	0.929	835	837	7.207 2	8.2511	1.310689	0.0000 96
NOV	0.489	0.371	0.965	164 8	0.335	810	840	2.757 3	2.1482	1.647452	0.0000 00
DIC	0.188	0.135	0.666	170 3	0.506	837	868	1.799 3	1.4616	1.515570	0.0000 00

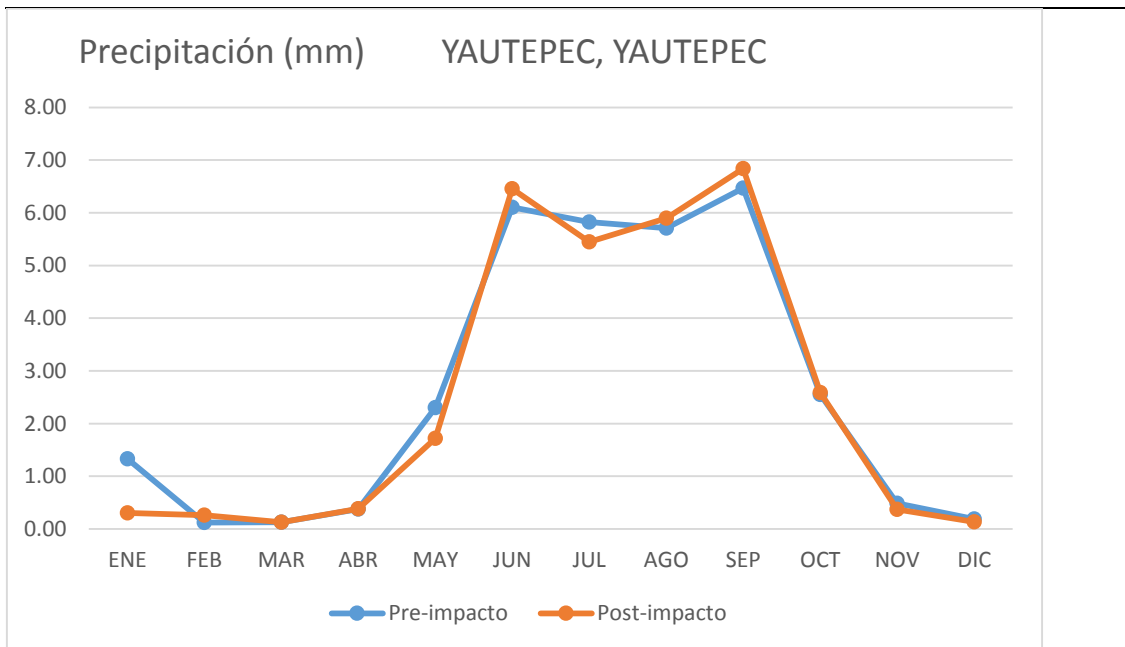


Figura 2.13 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Yautepec, Yautepec (017024) para el periodo de pre-impacto (1955 – 1981) y post-impacto (1982 – 2010) de la subcuenca del río Yautepec.

Las diferencias netas en la variación de la precipitación para la estación Yautepec, Yautepec entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.14. Son significativos

los decrementos en la precipitación promedio mensual para los meses de enero (-1.02 mm) y mayo (-0.58 mm).

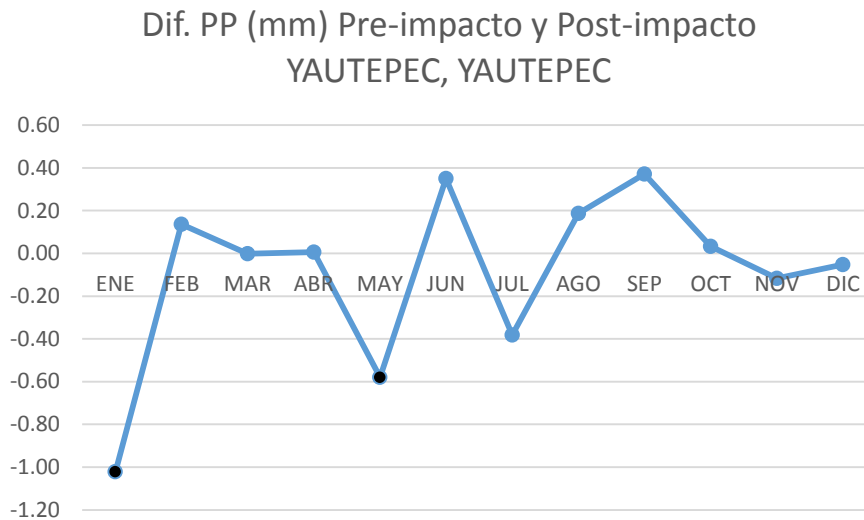


Figura 2.14. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1955 – 1981) y post-impacto (1982 – 2010) para la estación Yautepec, Yautepec en la subcuenca del río Yautepec (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

### Estación Meteorológica Nezpa, Talquilténango

La estación 017038 (Nezpa, Tlalquilténango), señala un incremento significativo en la precipitación solo para el mes de agosto (de 4.30 a 5.67 mm; Tabla 2.9 y Figura 2.15), entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1990) y el de post-impacto (1991 – 2009).

Tabla 2.9 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1990) y post-impacto o G2 (1991-2009) de la estación meteorológica 017038 (Nezpa, Tlalquilténango de la Subcuenca río Yautepec)

Medi	Media	Valor	No.	No.	Std.	Std.	F-		
Mes	a G1	G2	de "t"	df	p	G1	G2	Razón	F

											Varianz	
											a	
ENE	0.185	0.311	-0.980	102	0.32	465	558	2.025	2.0684	1.0423	0.6431	
				1	7			9		47	09	
FEB	0.071	0.014	1.841	929	0.06	423	508	0.675	0.1820	13.772	0.00	
				6				2		45		
MA R	0.030	0.132	-1.26	105	0.21	496	558	0.461	1.7549	14.468	0.00	
				2	0			4		67		
ABR	0.226	0.459	-1.60	958	0.11	420	540	1.589	2.6291	2.7356	0.0000	
				1				6		14	00	
MAY	1.752	2.342	-1.35	101	0.17	463	558	5.741	7.8581	1.8730	0.0000	
				9	9			7		60	00	
JUN	5.339	5.397	-0.089	955	0.92	447	510	10.04	10.082	1.0076	0.9350	
				9				3		90	82	
JUL	4.744	5.843	-1.750	989	0.08	464	527	8.771	10.739	1.4991	0.0000	
				1				0		73	08	
AGO	4.304	5.672	-2.402	989	0.01	464	527	8.614	9.2202	1.1456	0.1326	
				7				0		90	55	
SEP	4.223	4.910	-1.273	958	0.20	450	510	8.239	8.4344	1.0479	0.6108	
				4				3		25	85	
OCT	1.900	1.855	0.124	102	0.90	496	527	5.546	5.9626	1.1555	0.1032	
			7	1	1			7		94	33	
NOV	0.157	0.324	-1.829	988	0.06	480	510	1.012	1.743	2.9651	0.00	
				8				2		22		
DIC	0.066	0.132	-0.878	102	0.38	496	527	0.627	1.5797	6.3479	0.00	
				1	0			0		96		

Precipitación (mm) NEXPA, TLALQUILTENANGO

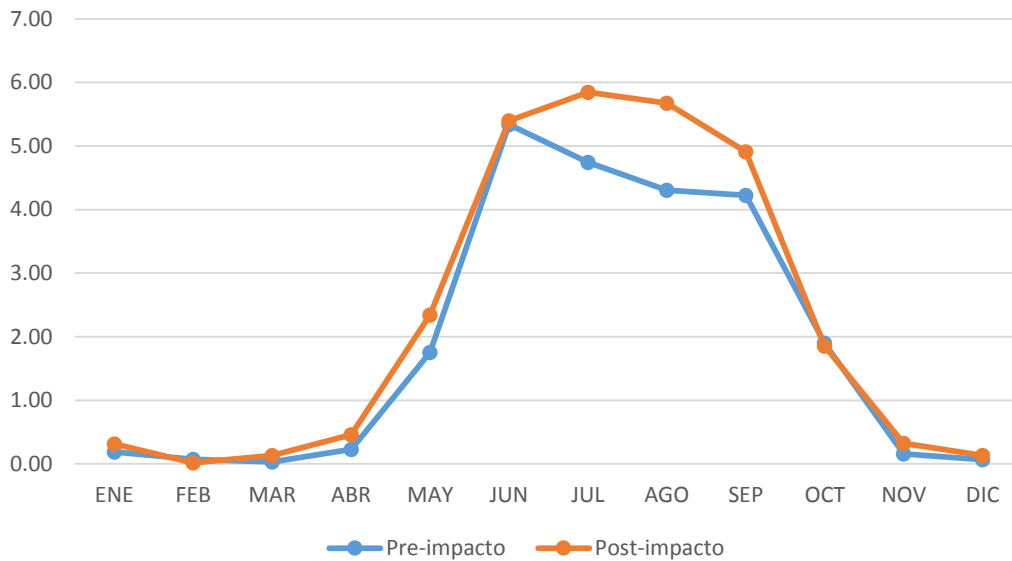


Figura 2.15 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Nexpa, Tlalquilttenango (017038) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1990) y post-impacto (1991 – 2009) para la subcuenca del río Yautepec.

Las diferencias netas en la variación de la precipitación promedio mensual para la estación Nexpa-Tlalquilttenango entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.16. Es significativo el incremento en el mes de agosto de 1.37 (mm).

Dif. PP (mm) Pre-impacto y Post-impacto  
NEXPA-TLALQUILTENANGO

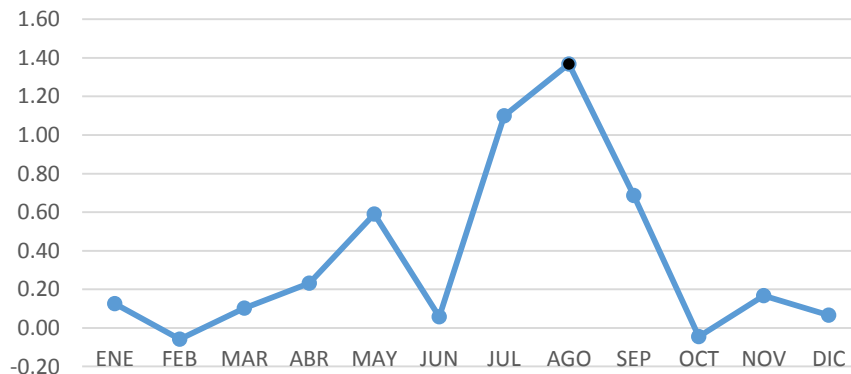


Figura 2.16. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1990) y post-impacto (1991 – 2009) para la estación Nexpa-Tlalquiltenango en la subcuenca del río Yautepec (los puntos en negro en la gráfica señalan los valores significativos).

### Estación Meteorológica Tepoztlán E-12

La estación 017049 (Tepoztlán E-12) muestra un decremento significativo en la precipitación en el mes de febrero (de 0.58 a 0.096 mm) y un incremento significativo en el mes de septiembre (de 5.11 a 10.81 mm; Tabla 2.10 y Figura 2.17), entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1991) y el de post-impacto (1992 – 2009).

Tabla 2.10 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1991) y post-impacto o G2 (1992-2009) de la estación meteorológica 017049 (Tepoztlán E-12 de la Subcuenca río Yautepec)

Me s	Media G1	Media G2	Valor de "t"	df	p	No		Std. G1	Std. G2	F-	
						G1	G2			Razón a	F
EN E	0.264	0.442	-0.613	64 9	0.54 01	21 7	43 4	2.7093	3.82 78	1.9960 35	0.0000 00
FEB	<b>0.582</b>	<b>0.096</b>	<b>2.398</b>	<b>56</b>	<b>0.01</b>	<b>17</b>	<b>39</b>	<b>3.7603</b>	<b>0.95</b>	<b>15.573</b>	<b>0.00</b>
MA R	0.115	0.256	-0.792	64 9	0.42 84	18 6	46 5	0.8245	2.37 97	8.3311 14	0.00
AB R	0.516	0.7018	-0.613	62 8	0.54 00	18 0	45 0	2.6801	3.69 16	1.8971 71	0.0000 01
MA Y	1.504	2.390	-1.948	71 1	0.05 18	21 7	49 6	4.2416	6.07 99	2.0546 74	0.0000 00

JUN	8.047	8.006	0.031	62	0.97	18	45	15.973	14.2	1.2548	0.0628
				8	51	0	0	4	59	39	07
JUL	8.612	5.886	1.592	29	0.11	20		14.973	10.2	2.1466	0.0000
				2	25	1	93	2	20	91	56
AG				26	0.36	17			12.4	1.2390	0.2532
O	6.586	8.133	-0.902	8	77	7	93	13.857	49	10	00
SEP	5.116	10.81	-4.450	59	0.00	18	42	11.719	15.3	1.7144	0.0000
				8	00	0	0		44	12	45
OC				58	0.20	15	43		10.4	1.4371	0.0091
T	2.998	4.204	-1.279	4	16	2	4	8.6975	27	98	19
NO				62	0.21	24	39		3.82	3.6688	0.0000
V	0.387	0.7187	-1.245	8	37	0	0	1.9961	34	84	00
DIC	0.094	0.1989	-1.014	61	0.31	24	37		1.54	5.6296	
				8	1	8	2	0.6522	75	75	0.00

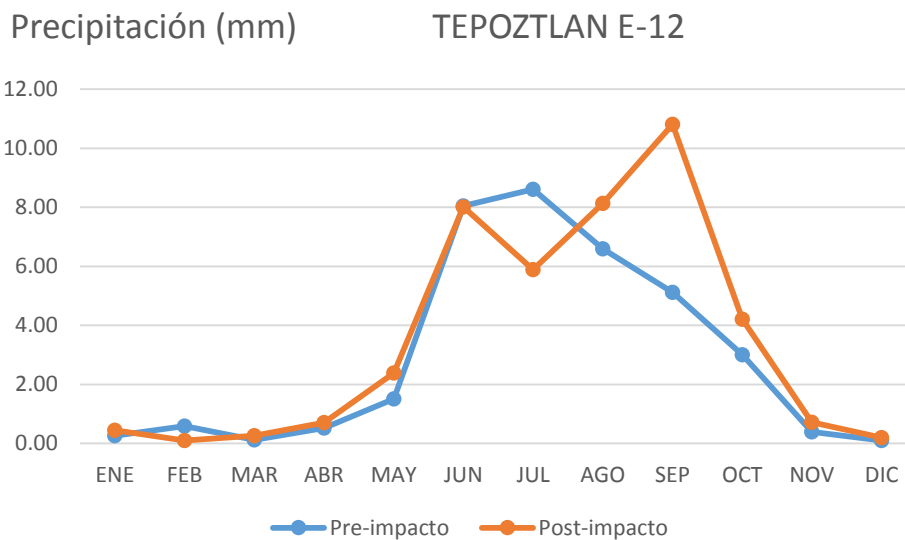


Figura 2.17 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Tepoztlán E-12 (017049) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1991) y post-impacto (1992 – 2009).

Las diferencias netas en la variación de la precipitación promedio mensual para la estación Tepoztlán E-12 entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.18. Es

significativo el decremento en el mes de febrero de -049 mm y un incremento en septiembre de 5.69 °C.

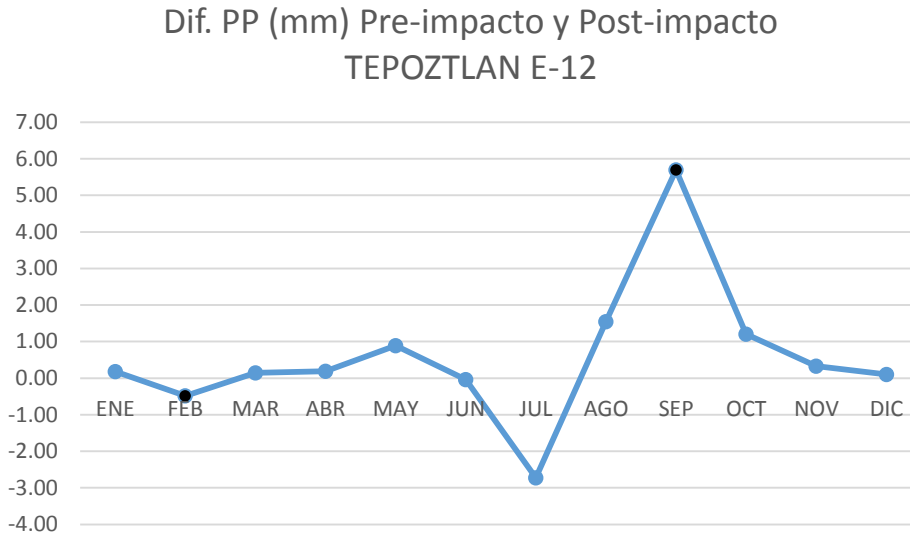


Figura 2.18. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1991) y post-impacto (1992 – 2009) para la estación Tepoztlán E-12 en la subcuenca del río Yautepec (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

### Estación Meteorológica Tototalpan E-1

La estación 017051 (Tototalpan E-1) indica decrementos significativo en la precipitación en los mes de marzo (de 0.72 a 0.21 mm) y abril (de 1.00 a 0.46 mm) y un incremento significativo en los meses de agosto (de 5.90 a 7.51) y septiembre (de 6.37 a .8.24 mm; Tabla 2.11 y Figura 2.19), entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1991) y el de post-impacto (1992 – 2009).

Tabla 2.11 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1991) y post-impacto o G2 (1992-2009) de la estación meteorológica 017051 (Tototalpan E-10 de la Subcuenca río Yautepec)



	Media	Med	Valor		No.	No.	Std.	Std.	F-Razón		
Mes	G1	ia G2	de "t"	df	p	G1	G2	G1	G2	Varianza	F
ENE	0.227	0.607	-1.500	928	0.134	372	558	1.415	4.742	11.22456	0.00
FEB	0.419	0.158	1.8274	846	0.068	339	509	2.653	1.509	3.088590	0.00
MAR	0.726	0.214	2.2274	896	0.026	340	558	5.099	1.450	12.36299	0.00
ABR	1.008	0.468	2.3668	898	0.018	360	540	4.691	2.026	5.359874	0.00
MAY	2.005	2.063	-0.154	926	0.878	370	558	5.623	5.637	1.005182	0.961729
JUN	7.557	7.405	0.159	863	0.874	325	540	13.73	13.58	1.022894	0.813412
JUL	7.487	6.442	1.316	927	0.189	371	558	12.70	11.27	1.270581	0.010855
AGO	5.904	7.517	-2.040	928	0.0417	372	558	10.47	12.64	1.456824	0.000095
SEP	6.375	8.244	-2.089	877	0.037	369	510	10.36	14.76	2.030732	0.000000
OCT	2.644	3.118	-0.995	913	0.320	388	527	6.858	7.325	1.140828	0.167458
NOV	0.880	0.518	1.353	898	0.176	390	510	5.202	2.678	3.771584	0.00
DIC	0.227	0.253	-0.161	895	0.872	370	527	2.483	2.257	1.209855	0.045737

### Precipitación (mm) TOTOLALPAN E-10

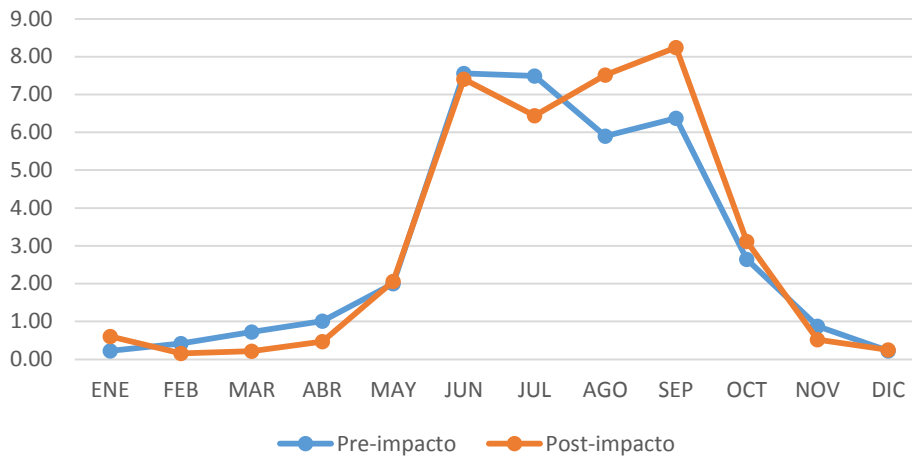


Figura 2.19 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1991) y post-impacto o G2 (1992-2009) de la estación meteorológica 017051 (Tototalpan E-10 de la Subcuenca río Yautepec)

Las diferencias netas en la variación de la precipitación promedio mensual para la estación Tototalpan E-10 entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.20. Es significativo el decremento de la precipitación en los meses de marzo (-0.51 mm) y abril (-0.54 mm), por el contrario para el mes de agosto y septiembre el incremento de la precipitación de 1.61 y 1.87 mm, respectivamente.

### Dif. PP (mm) Pre-impacto y Post-impacto TOTOLALPAN E-10

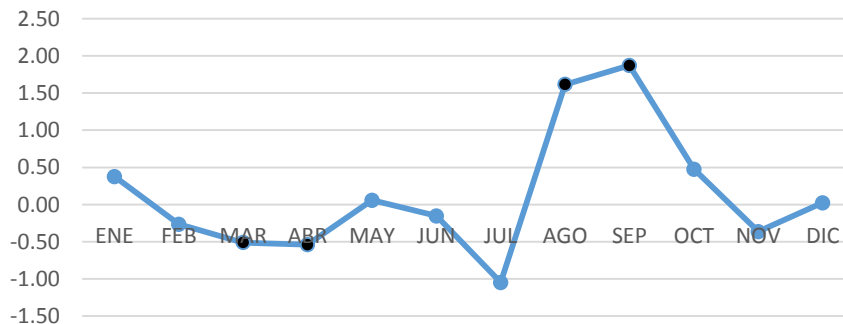


Figura 2.20. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1991) y post-impacto (1992 – 2009) para la estación Tototalpán E-10 en la subcuenca del río Yautepec (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

### Resultados de los promedios mensuales significativos entre los periodos de pre-impacto y post-impacto para la subcuenca del río Yautepec

El Tabla 2.12, señala los resultados significativos obtenidos en las diferentes estaciones meteorológicas de la Subcuenca del Río Yautepec. Se observaron decrementos en la precipitación para las estaciones de Atlatlahuacan y Yautepec sobre todo en la época de estiaje. Por el contrario las estaciones Oaxtepec, Ticuman y Tlalquiltenango, mostraron incrementos en la precipitación mensual en el periodo de lluvias. Las Estaciones Tepoztlán E-12 y Tototalpan, observaron incrementos en la época de lluvias y decrementos en la precipitación en la época de estiaje.

Tabla 2.12. Prueba de “t” aplicada a la precipitación promedio mensual entre los periodos de pre-impacto y post-impacto en las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Yautepec con resultados significativos (los decrementos en amarillo y en verde los incrementos)

No.	Estación	Nombre	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	17001	ATLATLAHUACAN				X	X		X		X			
2	17012	OAXTEPEC, YAUTEPEC								X	X			
4	17018	TICUMAN, TLALTIZAPAN						X		X	X			
5	17024	YAUTEPEC, YAUTEPEC	X				X							
6	17038	NEXPA, TLALQUILTENANGO								X				
7	17049	TEPOZTLAN E-12,		X								X		
8	17051	TOTALALPAN E-10			X	X				X	X			

### 2.5.1.3 Prueba de “t” (promedios mensuales de la precipitación para los periodos de pre-impacto y post-impacto de la Subcuenca del río Cuautla)

#### Estación Meteorológica Cuautla, Cuautla

Los resultados de la prueba de “t” aplicada a los promedios mensuales de los periodos de pre-impacto y post-impacto para la precipitación de las estaciones meteorológicas de la Subcuenca del río Cuautla muestran en los Tablas del 2.13. al 2.22. En la Estación 017003 (Cuautla, Cuautla, SMN) se observan decrementos significativos en la precipitación para los meses de mayo (3.82 a 1.44 mm) y septiembre (7.50 a 5.59 mm; Tabla 2.13 y Figura 2.21).

Tabla 2.13. Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1926-1966) y post-impacto o G2 (1967-2006) de la estación meteorológica 017003 (Cuautla, Cuautla, SMN de la Subcuenca río Cuautla)

Mes	Medi a G1	Media G2	Valor de "t"	df	p	No. G1	No. G2	Std. G1	Std. G2	F-Razón	
										Varianz a	F
ENE	0.33 1	0.327	0.034	2104	0.973	897	1209	2.987	2.504	1.42298 3	0.00000 0
FEB	0.04 8	0.067	-0.676	1886	0.499	786	1102	0.469	0.657	1.96536 6	0.00000 0
MA R	0.10 4	0.150	-0.740	2105	0.460	867	1240	1.341	1.473	1.20672 5	0.00291 3
ABR	0.39 7	0.375	0.155	2005	0.876	807	1200	2.258	2.310	1.04698 9	0.47935 1
MAY	3.82 7	1.445	5.262	2104	0.000	866	1240	14.91	4.712	10.0137 9	0.00 0.00
JUN	6.05 1	6.551	-0.868	1989	0.385	821	1170	12.47	12.77	1.04880 9	0.46250 0

JUL	6.36	5.42	1.93	2040	0.054	865	1177	11.31	10.60	1.138	0.04095
	5.52								6	9	
AGO	4	5.123	0.906	2071	0.365	865	1208	10.25	9.717	1.11199	0.09063
									6	4	
SEP	7.50									2.73730	
T	5	5.591	2.993	2034	0.003	866	1170	17.90	10.82	1	0.00
	2.19									1.30358	0.00002
OCT	0	2.058	0.434	2099	0.664	893	1208	7.439	6.516	3	0
	0.67									1.19679	0.00548
NOV	1	0.552	0.684	1947	0.494	809	1140	3.983	3.641	6	5
	0.08									2.12647	
DIC	1	0.146	-0.965	2041	0.335	866	1177	1.162	1.695	8	0.00

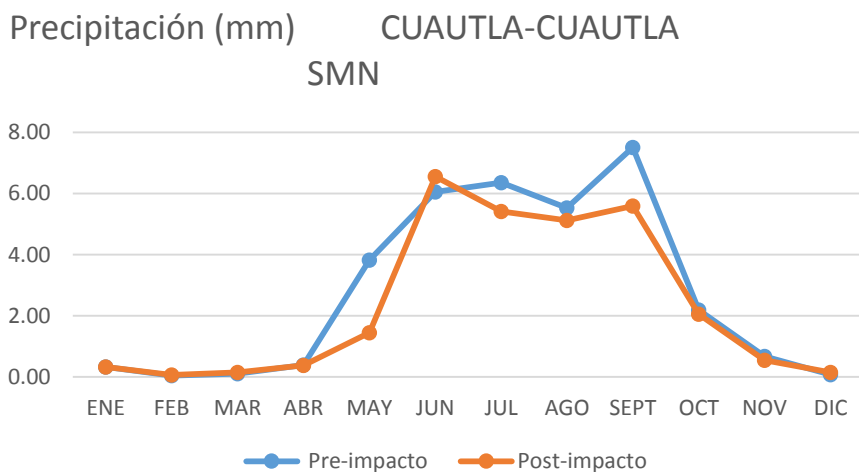


Figura 2.21 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Cautla, Cautla SMN (017003) para el periodo de pre-impacto (1926 – 1966) y post-impacto (1967 – 2006) para la subcuenca del río Cautla.

Las diferencias netas en la variación de la precipitación promedio mensual para la estación Cautla, Cautla (SMN) entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.22. Es significativo el decremento en el mes de mayo de -2.38 mm, julio de -0.94 mm y septiembre de -1.91mm.

Dif. PP (mm) Pre-impacto y Post-impacto  
CUAUTLA CUAUTLA (SMN)

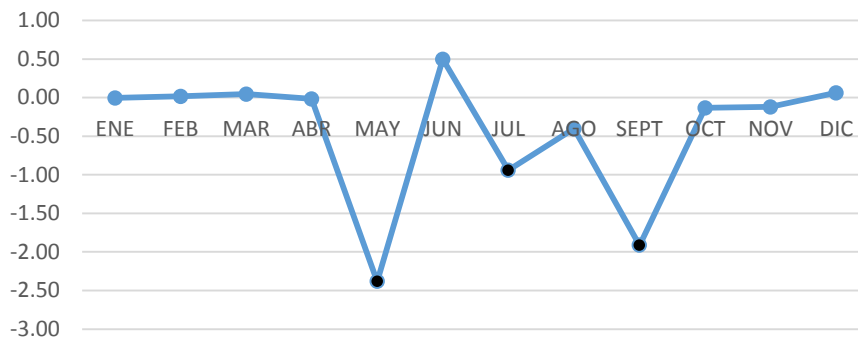


Figura 2.21. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1926 – 1966) y post-impacto (1967 – 2006) para la estación Cuautla, Cuautla (SMN), en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

### Estación Meteorológica Cuautla, Cuautla (DGE)

El Tabla 2.14 y Figura 2.23 muestran los resultados de la prueba de “t” para la estación meteorológica 017005 (Cuautla, Cuautla, DGE), con un decremento significativo en el mes de julio en la precipitación (de 6.08 a 4.75 mm).

Tabla 2.14. Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1955-1982) y post-impacto o G2 (1983-2009) de la estación meteorológica 017005 (Cuautla, Cuautla, DGE de la Subcuenca río Cuautla)

Mes	Medi a G1	Medi a G2	Valor de "t"	df	p	No. G1	No. G2	Std. G1	Std. G2	F-Razón Varianza	F
ENE	0.46	0.252	1.727	167	0.084	806	868	2.970	2.017	2.168891	0.000000
FEB	0.10	0.084	0.662	152	0.508	735	791	0.807	0.674	1.427821	0.000001

MA	0.20			167								
R	2	0.092	1.398	2	0.162	806	868	2.115	0.935	5.122046	0.00	
ABR	0.47			164								
	3	0.334	1.438	8	0.151	810	840	2.182	1.730	1.591503	0.000000	
	2.15			167								
MAY	2	1.611	1.914	2	0.056	806	868	6.337	5.213	1.478155	0.000000	
	6.70			164								
JUN	8	6.217	0.829	8	0.407	810	840	11.71	12.30	1.103014	0.159887	
	6.08			167								
JUL	4	4.751	2.776	2	0.006	837	837	10.57	9.004	1.379080	0.000004	
	5.11			167								
AGO	8	5.078	0.087	2	0.930	837	837	9.038	9.360	1.072621	0.311018	
SEP	6.22			161								
T	9	5.427	1.551	8	0.121	810	810	11.00	9.765	1.269877	0.000692	
	2.20			167								
OCT	3	2.079	0.409	2	0.683	837	837	6.099	6.361	1.087970	0.223089	
	0.35			164								
NOV	5	0.522	-1.22	8	0.222	810	840	2.101	3.310	2.481749	0.00	
	0.15			169								
DIC	3	0.101	0.814	4	0.416	828	868	1.339	1.307	1.048773	0.488180	

---

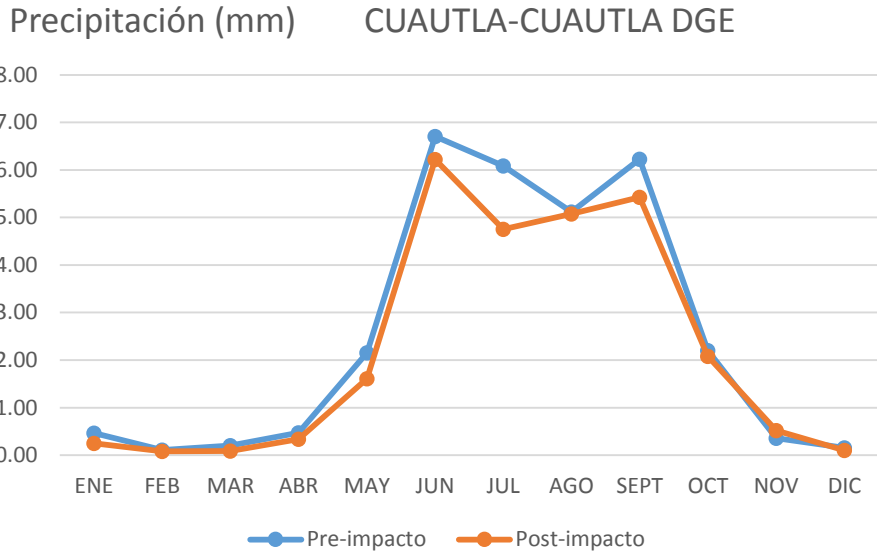


Figura 2.23 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Cautla, Cautla DGE (017005) para el periodo de pre-impacto (1955 – 1982) y post-impacto (1983 – 2009) para la subcuenca del río Cautla.

Las diferencias netas en la variación de la precipitación promedio mensual para la estación Cautla, Cautla (DGE) entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.24. Es significativo el decremento en la precipitación en el mes de julio de -6.08 mm.

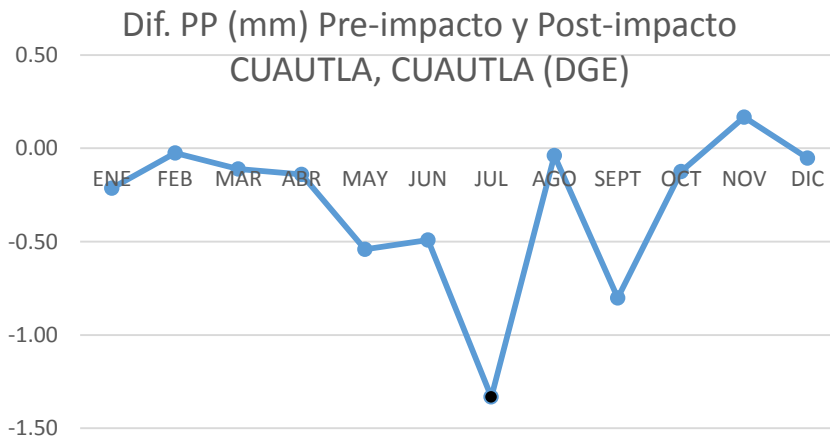




Figura 2.22. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1955 – 1982) y post-impacto (1983 – 2009) para la estación Cuautla, Cuautla (DGE), en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

### Estación Meteorológica Tetelcingo, Cuautla, DGE

La Estación 017017 (Tetelcingo, Cuautla, DGE) observa incrementos significativos en la precipitación para los meses de enero (de 0.04 a 0.29 mm), en marzo (de 0.01 a 1.50 mm). Por el contrario para los meses de agosto y octubre decrementos significativos de 5.68 a 4.32 y de 1.64 a 2.73 mm, respectivamente (Tabla 2.15 y Figura 2.25).

Tabla 2.15 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1942-1957) y post-impacto o G2 (1958-1973) de la estación meteorológica 017005 (Tetelcingo, Cuautla, DGE de la Subcuenca río Cuautla)

Mes	Medi a		Valor de "t"			No. de		Std.		F-Razón	
	G1	G2	df	p	G1	G2	G1	G2	Varianza	F	
ENE	0.046	0.292	617	0.048	217	402	0.439	1.801	16.86283	0.00	
FEB	0.038	0.107	588	0.352	252	338	0.389	1.123	8.347280	0.00	
MAR	0.014	1.504	646	0.000	278	370	0.146	4.334	875.6502	0.00	
ABR	0.270	0.349	625	0.674	237	390	1.673	2.601	2.416107	0.000000	
MAY	1.961	2.116	710	0.756	247	465	5.811	6.652	1.310565	0.017530	

	5.21					44					
JUN	5	6.061	-1.04	715	0.300	268	9	8.946	11.44	1.636429	0.000012
	5.24					46					
JUL	8	5.149	0.146	765	0.884	307	0	8.6749	9.582	1.220001	0.059698
	5.68		2.151			46					
AGO	6	4.327	9	768	0.032	308	2	8.082	8.910	1.215315	0.064295
	5.78					45					
SEP	4	5.219	0.661	768	0.509	320	0	12.83	10.80	1.412275	0.000775
	1.64					40					
OCT	1	2.733	-2.57	739	0.010	339	2	4.917	6.388	1.687854	0.000001
	0.61					36					
NOV	9	0.372	1.404	686	0.161	328	0	2.460	2.149	1.310278	0.012383
	0.07					34					
DIC	5	0.295	-1.34	631	0.180	292	1	0.689	2.719	15.54797	0.00

Precipitación (mm) TETELCINGO-CUAUTLA DGE

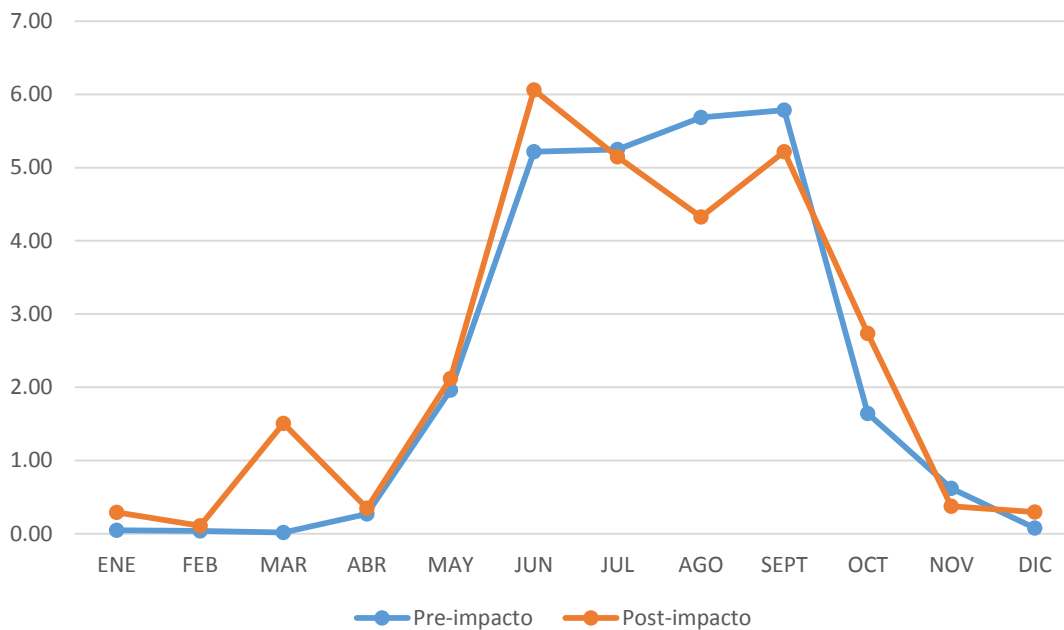


Figura 2.25 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1942-1957) y post-impacto o G2 (1958-1973) de la estación meteorológica 017005 (Tetelcingo, Cuautla, DGE de la Subcuenca río Cuautla).

Las diferencias netas en la variación de la precipitación promedio mensual para la estación Tetelcingo, Cuautla (DGE) entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.26. Son significativos los incrementos en la precipitación en el mes de enero de 0.25 (mm), marzo de 1.49 (mm) y octubre 1.09 (mm). Por el contrario en agosto la precipitación promedio mensual se abate en -1.36 (mm).

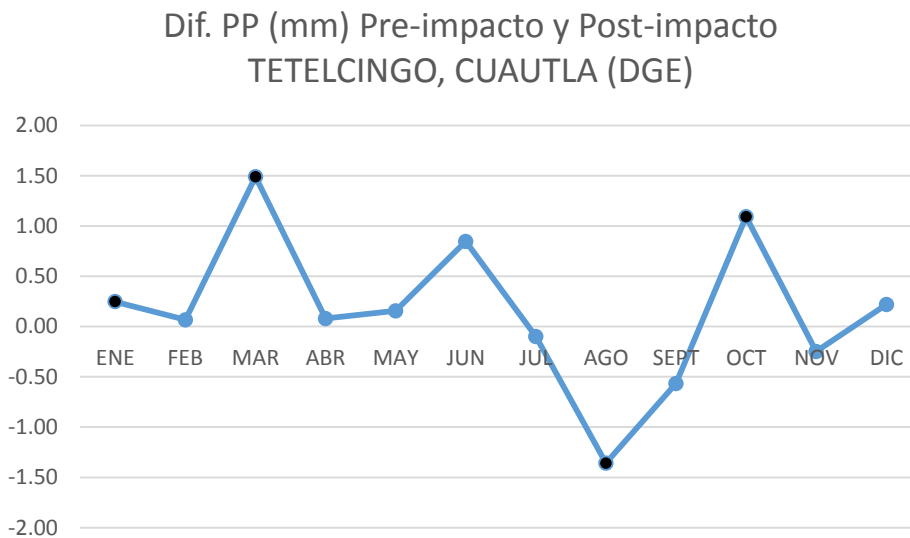


Figura 2.23. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1942 – 1957) y post-impacto (1958 – 1973) para la estación Tetelcingo, Cuautla (DGE), en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

#### Estación Meteorológica Yecapixtla, Yecapixtla

La estación meteorológica 017025 (Yecapixtla, Yecapixtla) no observó ningún incremento significativo en la precipitación para ninguno de los meses del año (Tabla 2.16 y Figura 2.27).

Tabla 2.16 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1963-1974) y post-impacto o G2 (1975-1985) de la estación meteorológica 017025 (Yecapixtla, Yecapixtla de la Subcuenca río Cuautla)

Mes	Medi a		Valor de "t"			No.		Std.		F-Razón	
	G1	G2	df	p	G1	G2	G1	G2	Varianza	F	
ENE	0.327	0.506	711	0.387	372	341	2.276	3.217	1.998299	0.000000	
FEB	0.140	0.151	562	0.910	254	310	1.129	1.146	1.031222	0.800997	
MAR	0.296	0.158	587	0.233	279	310	1.460	1.330	1.204480	0.111023	
ABR	0.741	0.378	561	0.121	270	293	3.563	1.753	4.131077	0.00	
MAY	2.707	2.292	649	0.422	341	310	7.421	5.533	1.799360	0.000000	
JUN	8.155	7.272	646	0.384	360	288	13.40	12.07	1.232273	0.064214	
JUL	6.303	6.359	710	0.940	372	340	9.781	9.853	1.014763	0.889108	
AGO	7.135	6.281	741	0.321	372	371	12.88	10.45	1.519367	0.000061	
SEP	7.010	6.639	688	0.653	360	330	11.07	10.480	1.115184	0.314084	
OCT	2.683	2.136	711	0.276	372	341	6.661	6.730	1.020804	0.845104	
NOV	0.377	0.746	658	0.169	330	330	2.130	4.382	4.229724	0.00	

0.20  
DIC 6 0.073 1.123 711 0.262 372 341 2.090 0.634 10.86663 0.00

Precipitación (mm) YECAPIXTLA, YECAPIXTLA.

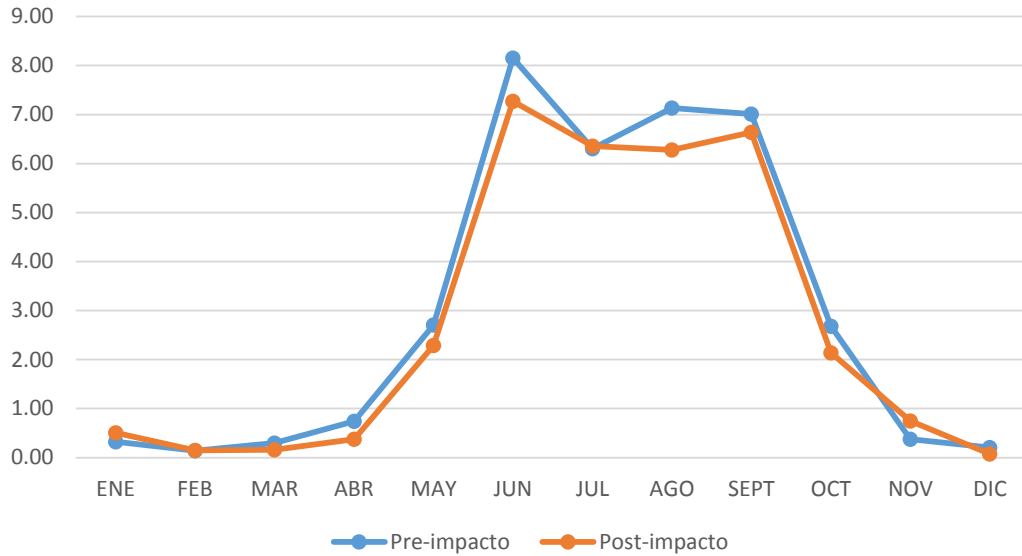


Figura 2.27 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Yecapixtla, Yecapixtla (017025) para el periodo de pre-impacto (1963 – 1974) y post-impacto (1975 – 1985) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la precipitación promedio mensual para la estación Yecapixtla, Yecapixtla entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.28. No se observaron incrementos significativos en la precipitación para esta estación.

Dif. PP (mm) Pre-impacto y Post-impacto  
YECAPIXTLA, YECAPIXTLA

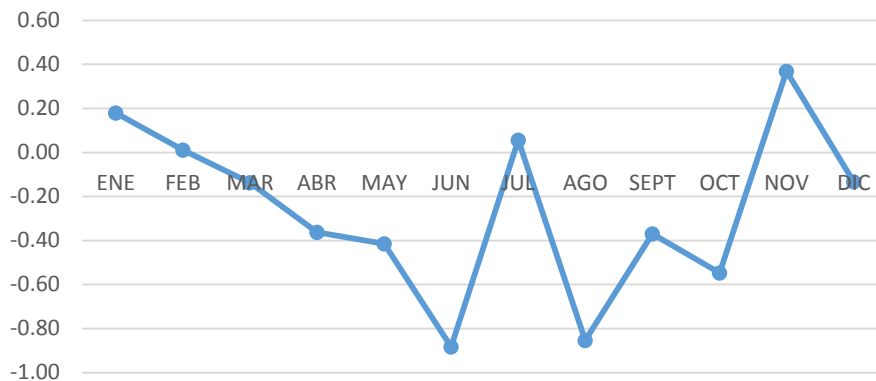


Figura 2.24. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1963 – 1974) y post-impacto (1975 – 1985) para la estación Yecapixtla, Yecapixtla en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

**Estación meteorológica Yecapixtla E.T.A.**

Asimismo, la estación Yecapixtla E.T.A. 118 (017043) de la subcuenca del río Cuautla, tampoco señala variaciones significativas en la precipitación en los periodos de pre-impacto y post-impacto (Tabla 2.17 y Figura 2.29).

Tabla 2.17 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1991) y post-impacto o G2 (1992-2008) de la estación meteorológica 017043 (Yecapixtla E.T.A. 118 de la Subcuenca río Cuautla)

Medi a G1	Medi a G2	Valor de "t"	df	p	No. G1	No. G2	Std. G1	Std. G2	F- Razón Varianz a	F

	0.32			101	0.51					1.3803	0.0002
ENE	7	0.439	-0.654	9	3	494	527	2.502	2.940	98	95
	0.17				0.31					1.9348	0.0000
FEB	8	0.105	0.997	902	8	423	481	1.279	0.919	41	00
MA	0.12				0.84					1.0281	0.7566
R	4	0.137	-0.194	989	6	464	527	1.113	1.098	52	31
ABR	0.45				0.73					1.2670	0.0087
	7	0.412	0.338	988	6	480	510	1.953	2.198	03	85
	2.30				0.41					1.0810	0.3788
MAY	2	2.012	0.808	102	9	495	527	5.853	5.629	15	98
	7.16	7.224			0.93					1.1556	0.1089
JUN	2	0	-0.083	987	4	480	509	11.27	12.12	77	63
	7.00				0.08					1.2688	0.0071
JUL	8	5.882	1.729	102	4	496	527	11.04	9.797	59	78
	6.67				0.21					1.0577	0.5328
AGO	8	7.559	-1.24	990	5	496	496	11.02	11.33	05	03
SEP	6.77				0.80				10.66	1.1310	0.1921
T	0	6.953	-0.249	897	4	419	480	11.34	7	84	95
	2.53				0.68					1.0705	0.4504
OCT	1	2.717	-0.401	982	9	489	495	7.132	7.379	52	78
	0.65				0.75					2.5219	0.0000
NOV	5	0.578	0.316	958	2	480	480	4.475	2.818	36	00
	0.08				0.21					12.417	
DIC	2	0.228	-1.236	989	7	495	496	0.714	2.515	28	0.00

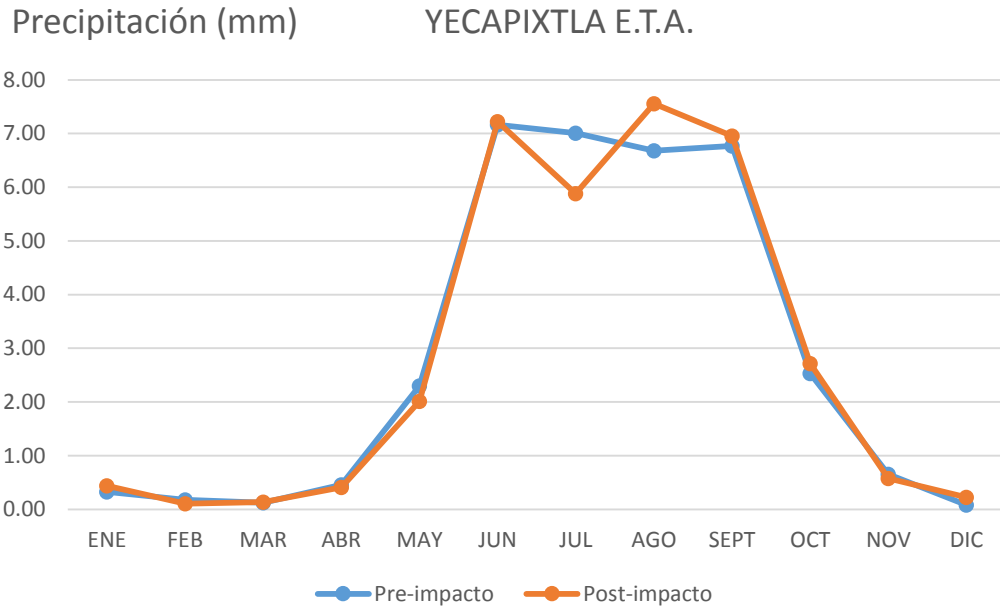


Figura 2.25 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Yecapixtla E.T.A. (017043) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1991) y post-impacto (1992 – 2008) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la precipitación promedio mensual para la estación Yecapixtla, E.T.A. entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.30. Asimismo, no se observaron incrementos significativos en la precipitación para esta estación.

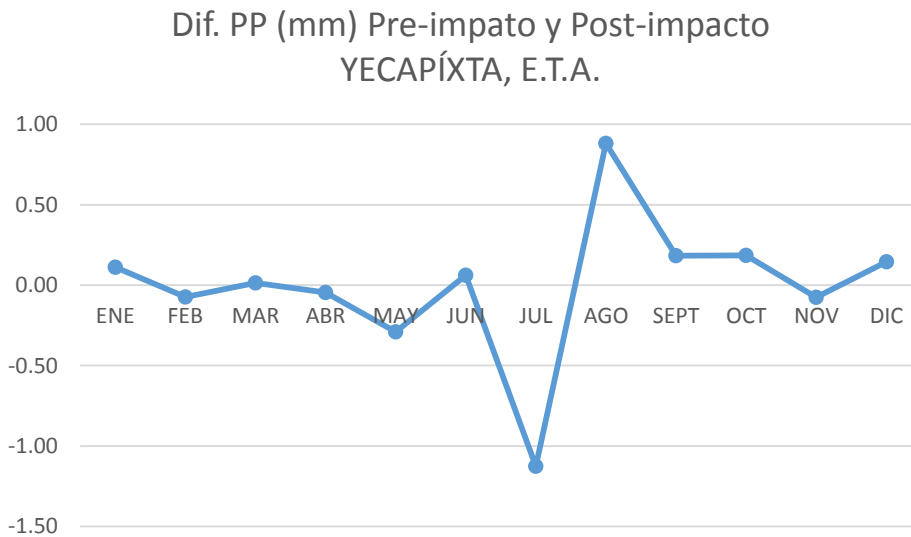




Figura 2.30. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1991) y post-impacto (1992 – 2008) para la estación Yecapixtla, E.T.A. en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

### Estación Meteorológica Puente Ocuituco

La Estación 017048 (Puente de Ocuituco) de la subcuenca del río Cuautla observa un decremento significativo en la precipitación para el mes de noviembre (de 0.98 a 0.37 mm; (Tabla 2.18 y Figura 2.31).

Tabla 2.18 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1992) y post-impacto o G2 (1993-2009) de la estación meteorológica 017048 (Puente de Ocuituco de la Subcuenca río Cuautla)

	Medi a G1	Media G2	Valor de "t"	df	p	No. No.datos		Std.		F-Razón	
						G1	G2	G1	G2	Varianz a	F
ENE	0.416	0.207	1.326	866.0	0.18	341.000	527.00	2.640	1.979	1.779	0.00
				0	5		0				0
FEB	0.175	0.071	1.282	789.0	0.20	311.000	480.00	1.457	0.830	3.085	0.00
				0	0		0				0
MA R	0.093	0.232	-1.606	834.0	0.10	309.000	527.00	0.747	1.410	3.563	0.00
				0	9		0				0
ABR	0.688	0.546	0.699	807.0	0.48	299.000	510.00	3.253	2.488	1.710	0.00
				0	5		0				0
MAY	2.117	2.578	-1.126	866.0	0.26	341.000	527.00	5.309	6.245	1.384	0.00
				0	1		0				1
JUN	7.244	7.323	-0.088	777.0	0.93	270.000	509.00	12.34	11.82	1.091	0.40
				0	0		0	4	0		8

				804.0	0.14		527.00	12.27	11.62		0.29
JUL	7.741	6.448	1.473	0	1	279.000	0	3	5	1.115	3
				866.0	0.11		527.00	12.15	12.46		0.61
AGO	6.175	7.540	-1.591	0	2	341.000	0	2	2	1.052	5
				838.0	0.12		510.00	11.51	11.92		0.49
SEP	7.212	8.506	-1.556	0	0	330.000	0	5	6	1.073	0
T				866.0	0.42		527.00				0.00
				0	1	341.000	0	8.731	6.313	1.913	0
OCT	2.975	2.563	0.805								
				868.0	0.02		510.00				0.00
NOV	0.980	0.371	2.337	0	0	360.000	0	5.397	1.973	7.480	0
				866.0	0.33		496.00				0.00
DIC	0.059	0.163	-0.967	0	4	372.000	0	0.422	2.045	23.447	0

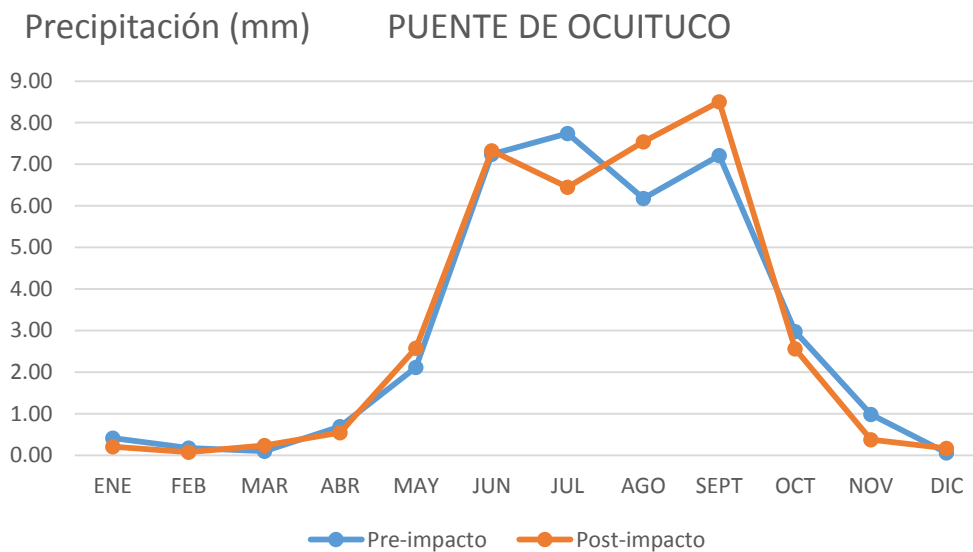


Figura 2.31 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Puente de Ocuituco (017048) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la precipitación promedio mensual para la estación Puente Ocuituco entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.32. Se observó un decremento significativo en la precipitación en el mes de noviembre de -0.61 mm.

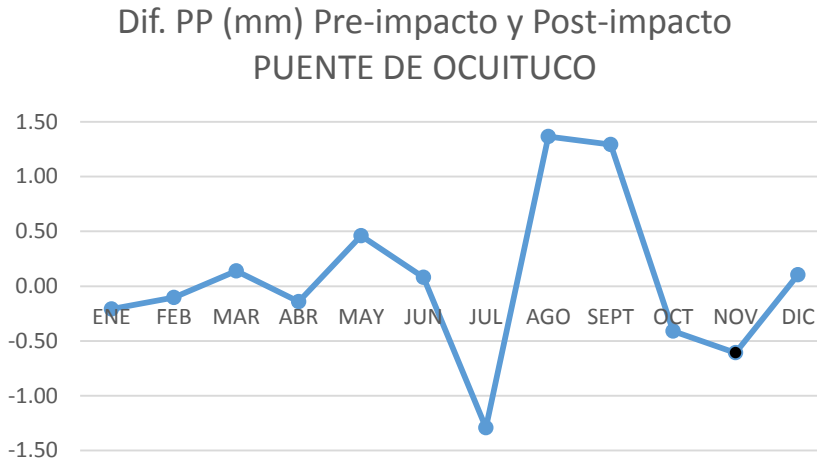


Figura 2.32. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la estación Puente Ocuituco en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

### Estación Meteorológica Yecapixtla

La Estación 017052 (Yecapixtla) no mostró ningún incremento significativo en la variación de la precipitación entre el periodo de pre-impacto y post-impacto (Tabla 2.19 y Figura 2.33).

Tabla 2.19 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1989) y post-impacto o G2 (1990-2004) de la estación meteorológica 017052 (Yecapixtla, de la Subcuenca río Cuautla)

			No.			F-Razón	
Medi	Med	Valor	No.da	Datos	Std.	Varianz	
a G1	ia G2	de "t"	tos G1	G2	G1	Std. G2	
		df	p			a	F

ENE	0.384	0.36	0.109	897.00	0.91	434.0	465.00	2.862	2.572	1.238	0.024
	4			0	3	00	0				
FEB	0.117	0.06	0.926	818.00	0.35	396.0	424.00	1.016	0.537	3.582	0.000
	5			0	5	00	0				
MAR	0.110	0.06	0.697	804.00	0.48	372.0	434.00	0.973	0.781	1.551	0.000
	7			0	6	00	0				
ABR	0.447	0.58	-0.729	808.00	0.46	390.0	420.00	2.015	3.167	2.469	0.000
	4			0	6	00	0				
MAY	1.957	2.44	-1.012	866.00	0.31	403.0	465.00	5.281	8.420	2.542	0.000
	9			0	2	00	0				
JUN	6.988	7.15	-0.200	838.00	0.84	390.0	450.00	11.92	12.530	1.104	0.313
	8			0	1	00	0	3			
JUL	6.289	6.08	0.282	835.00	0.77	403.0	434.00	10.05	11.243	1.251	0.023
	1			0	8	00	0	0			
AGO	5.825	7.09	-1.645	804.00	0.10	403.0	403.00	9.519	12.239	1.653	0.000
	6			0	0	00	0				
SEP	6.031	7.20	-1.559	778.00	0.11	390.0	390.00	10.06	10.927	1.178	0.106
	3			0	9	00	0	6			
OCT	2.008	2.15	-0.262	618.00	0.79	403.0	217.00	6.574	6.170	1.135	0.296
	0			0	3	00	0				
NOV	0.565	0.56	-0.014	808.00	0.98	420.0	390.00	3.777	2.996	1.589	0.000
	8			0	9	00	0				
DIC	0.083	0.07	0.175	742.00	0.86	434.0	310.00	0.710	1.140	2.578	0.000
	1			0	1	00	0				

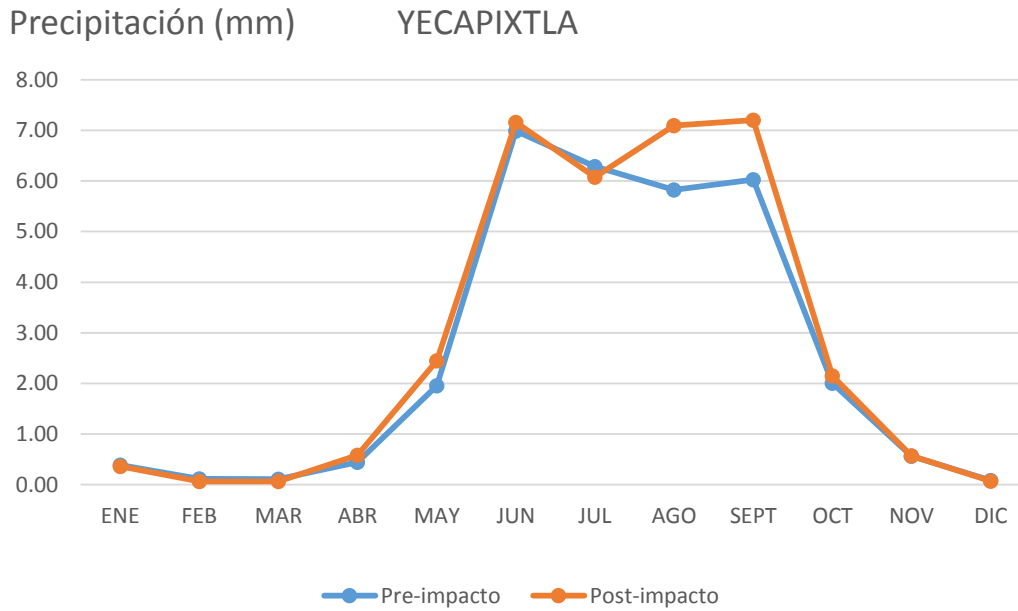


Figura 2.33 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Yecapixtla (017052) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1989) y post-impacto (1990 – 2004) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la precipitación promedio mensual para la estación Puente Ocuituco entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.34. En esta estación no se observó ningún incremento significativo en la precipitación.

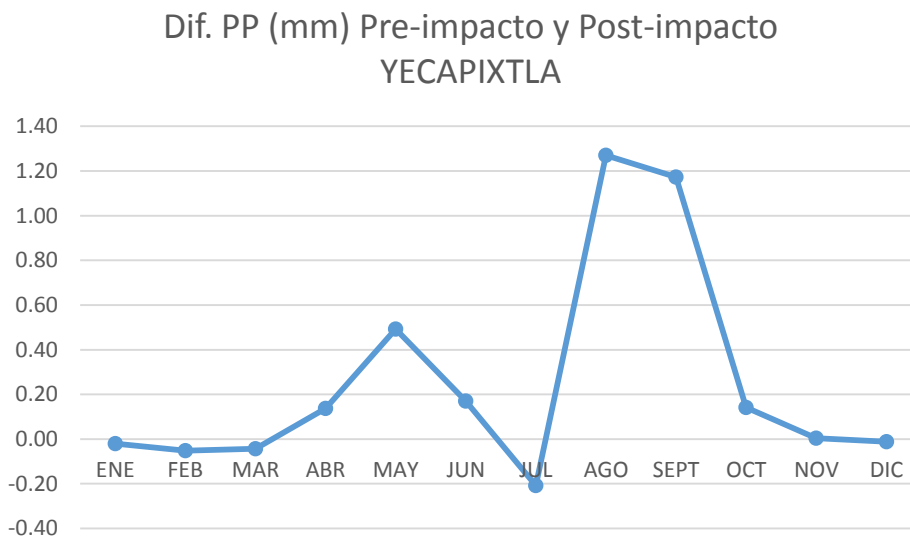


Figura 2.34. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1989) y post-impacto (1990 – 2004) para la estación Yecapixtla en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

### Estación Meteorológica Moyotepec, Villa De Ayala

La Estación 017054 (Moyotepec, Villa de Ayala) de la subcuenca del río Cuautla señala un decremento significativo en la precipitación para el mes de enero (de 0.51 a 0.17 mm; Tabla 2.20 y Figura 2.35).

Tabla 2.20 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1978-1991) y post-impacto o G2 (1992-2009) de la estación meteorológica 017054 (Moyotepec, Villa de Ayala de la Subcuenca río Cuautla)

	Med ia	Med ia	Valor de "t"	No. df	No. p	No.dat os G1	No. Datos G2	Std. G1	Std. G2	F- Razón Varianz a	F
ENE	0.50	0.16	2.424	897.00	0.01	372.00	527.00	2.818	1.306	4.653	0.000
	5	5		0	6	0	0				
FEB	0.08	0.08	0.019	818.00	0.98	340.00	480.00	1.161	1.214	1.094	0.374
	1	0		0	5	0	0				
MAR	0.07	0.14	-0.815	928.00	0.41	403.00	527.00	0.702	1.423	4.110	0.000
	8	1		0	5	0	0				
ABR	0.24	0.24	-0.037	898.00	0.97	390.00	510.00	1.386	1.692	1.491	0.000
	1	5		0	0	0	0				
MAY	1.56	1.23	1.030	897.00	0.30	403.00	496.00	5.422	4.155	1.703	0.000
	6	7		0	3	0	0				

	5.36	4.64		838.00	0.28	390.00	450.00	10.15			
JUN	9	7	1.066	0	7	0	0	7	9.452	1.155	0.141
	5.22	4.58		866.00	0.30	403.00	465.00				
JUL	0	1	1.037	0	0	0	0	8.345	9.613	1.327	0.004
	5.02	4.93		868.00	0.89	405.00	465.00		10.28		
AGO	5	7	0.138	0	0	0	0	8.234	0	1.559	0.000
	5.28	5.13		898.00	0.81	450.00	450.00				
SEP	8	8	0.240	0	0	0	0	9.819	8.821	1.239	0.023
	2.17	1.71		889.00	0.29	395.00	496.00				
OCT	3	3	1.048	0	5	0	0	6.309	6.649	1.111	0.274
	0.38	0.35		868.00	0.89	390.00	480.00				
NOV	7	7	0.138	0	0	0	0	4.217	2.065	4.171	0.000
	0.12	0.28		897.00	0.15	403.00	496.00				
DIC	8	9	-1.431	0	3	0	0	1.021	2.071	4.117	0.000

Precipitación (mm) MOYOTEPEC VILLA DE AYALA

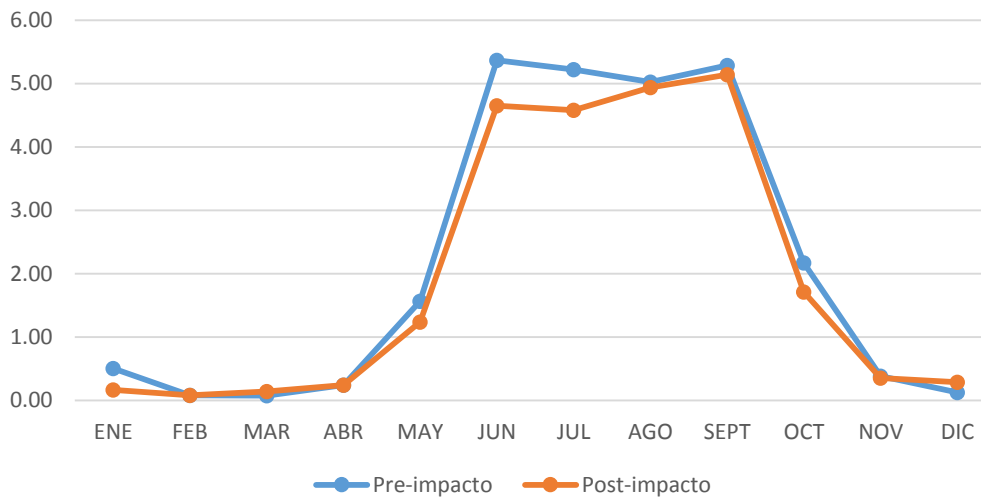


Figura 2.35 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Moyotepec Villa de Ayala (017054) para el periodo de pre-impacto (1978 – 1991) y post-impacto (1992 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la precipitación promedio mensual para la estación Moyotepec, Villa de Ayala entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.36. En esta estación no se observó un decremento significativo en la precipitación.

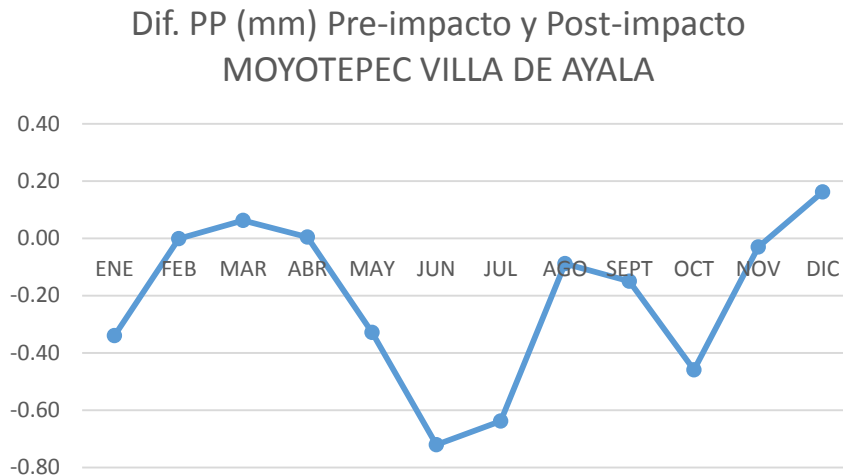


Figura 2.36. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1978 – 1991) y post-impacto (1992 – 2009) para la estación Moyotepec Villa de Ayala en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

#### **Estación Meteorológica Alpanocan, Tetela del Volcán**

La Estación 017060 (Alpanocan, Tetela del Volcán) observa decrementos significativos en la precipitación para los meses de febrero (de 0.40 a 0.05 mm), en junio (de 8.40 a 6.03 mm) entre los periodo de pre-impacto y post-impacto (Tabla 2.21 y Figura 2.37).

Tabla 2.21 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1978-1991) y post-impacto o G2 (1992-2009) de la estación meteorológica 017060 (Alpanocan Tetela del Volcán de la Subcuenca río Cuautla)



	Med	Med				No.	F-					
	ia	ia	Valor			No.dat	Datos	Std.	Std.	Razón		
	G1	G2	de "t"	df	p	os G1	G2	G1	G2	Varianz	F	
ENE	0.48	0.35	0.736	866.00	0.46	403.00	465.00	3.104	2.257	1.891	0.000	
	8	4		0	2	0	0					
FEB	0.39	0.05	2.604	817.00	0.00	367.00	452.00	2.756	0.538	26.231	0.000	
	8	2		0	9	0	0					
MA	0.21	0.12	1.217	897.00	0.22	403.00	496.00	1.464	0.945	2.400	0.000	
R	8	0		0	4	0	0					
ABR	0.81	0.56	1.207	868.00	0.22	390.00	480.00	3.347	2.618	1.635	0.000	
	2	8		0	8	0	0					
MAY	3.24	2.47	1.656	928.00	0.09	434.00	496.00	7.837	6.240	1.577	0.000	
	3	8		0	8	0	0					
JUN	8.40	6.02	3.199	868.00	0.00	390.00	480.00	12.48	9.410	1.761	0.000	
	4	7		0	1	0	0	7				
JUL	6.58	5.80	1.114	927.00	0.26	433.00	496.00	10.79	10.55	1.046	0.629	
	2	1		0	6	0	0	3	4			
AGO	5.93	6.28	-0.551	928.00	0.58	434.00	496.00	10.01	9.551	1.098	0.312	
	0	4		0	2	0	0	0				
SEP	6.94	7.53	-0.812	897.00	0.41	419.00	480.00	10.77	11.01	1.045	0.644	
T	4	6		0	7	0	0	8	7			
OCT	2.80	3.12	-0.650	926.00	0.51	432.00	496.00	8.285	6.720	1.520	0.000	
	8	8		0	6	0	0					
NOV	0.79	0.55	0.937	895.00	0.34	417.00	480.00	4.927	2.615	3.552	0.000	
	8	5		0	9	0	0					
DIC	0.07	0.23	-1.650	866.00	0.09	434.00	434.00	0.609	1.928	10.034	0.000	
	9	9		0	9	0	0					

### Precipitación (mm) ALPALOCAN, TETELA DEL V.

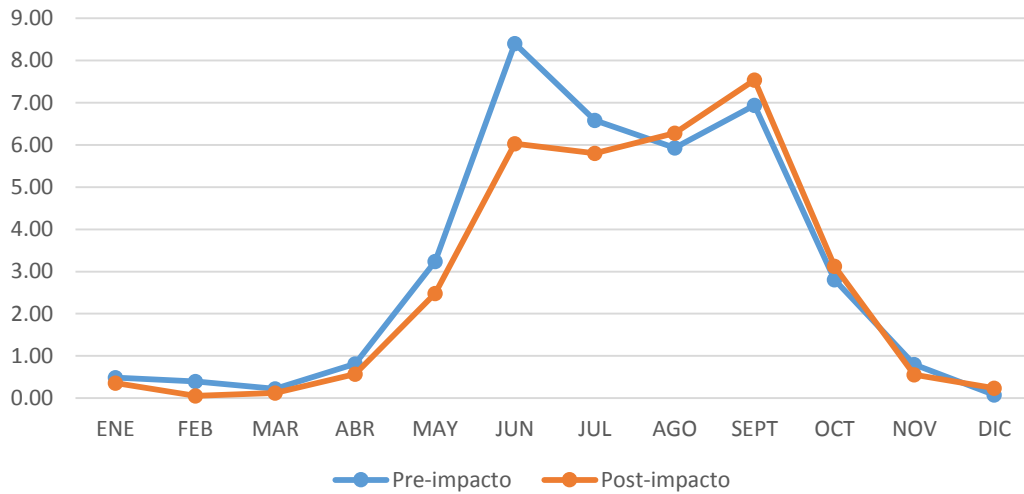


Figura 2.37 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Alpaloca, Tetela del Volcán (017060) para el periodo de pre-impacto (1978 – 1991) y post-impacto (1992 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la precipitación promedio mensual para la estación Alpalocan, Tetela del Volcán entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.38. Se observó un decremento significativo en la precipitación en el mes de junio de -2.38 mm.

### Dif. PP (mm) Pre-impacto y Post-impacto ALPALOCAN, TETELA DEL VOLCÁN

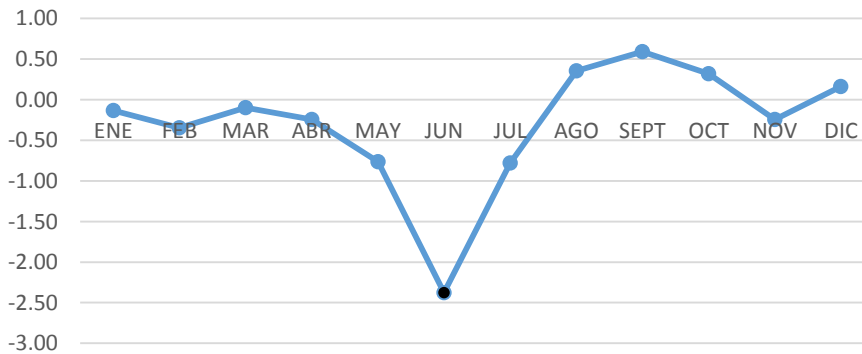


Figura 2.38. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1978 – 1991) y post-impacto (1992 – 2009) para la estación Alpalcán, Tetela del Volcán en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

### Estación Meteorológica Tecajec, Yecapixtla

La Estación 017063 (Tecajec, Yecapixtla) observa decrementos significativos en la precipitación para los meses de abril (de 0.791 a 0.07 mm), e incrementos en septiembre de 6.12 a 10.05 mm y en octubre de 0.86 a 2.86 mm entre los periodo de pre-impacto y post-impacto (Tabla 2.22 y Figura 2.39).

Tabla 2.22 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1981-1988) y post-impacto o G2 (1989-2009) de la estación meteorológica 017063 (Tecajec, Yecapixtla de la Subcuenca río Cuautla)

	Medi a G1	Media G2	Valor de "t"	df	p	No.		Std. G1	Std. G2	F-	
						Datos os G1	Datos G2			Varianz a	F
ENE	0.185	0.133	0.352	463.00 0	0.72 5	217.00 0	248.00 0	1.516	1.665	1.206	0.158
FEB	0.284	0.166	0.659	422.00 0	0.51 0	198.00 0	226.00 0	2.247	1.405	2.558	0.000
MA R	0.154	0.105	0.553	463.00 0	0.58 1	217.00 0	248.00 0	1.129	0.772	2.138	0.000
ABR	0.791	0.007	2.880	388.00 0	0.00 4	180.00 0	210.00 0	3.944	0.104	1451.6 23	0.000

MAY	1.336	0.979	0.759	432.00	0.44	217.00	217.00	5.435	4.288	1.607	0.001
				0	8	0	0				
JUN	8.050	6.260	1.596	418.00	0.11	210.00	210.00	11.31	11.67	1.064	0.655
				0	1	0	0	8	4		
JUL	6.040	5.956	0.087	401.00	0.93	186.00	217.00	9.996	9.474	1.113	0.447
				0	1	0	0				
AGO	5.208	6.350	-1.230	401.00	0.21	217.00	186.00	9.152	9.455	1.067	0.644
				0	9	0	0				
SEP	6.115	10.04	-3.417	388.00	0.00	210.00	180.00	9.255	13.35	2.084	0.000
T	9			0	1	0	0	8			
OCT	0.858	2.855	-3.513	400.00	0.00	217.00	185.00	4.408	6.877	2.435	0.000
				0	0	0	0				
NOV	0.364	0.153	1.035	358.00	0.30	210.00	150.00	2.261	1.234	3.357	0.000
				0	1	0	0				
DIC	0.002	0.065	-1.140	370.00	0.25	217.00	155.00	0.034	0.803	560.00	0.000
				0	5	0	0			0	

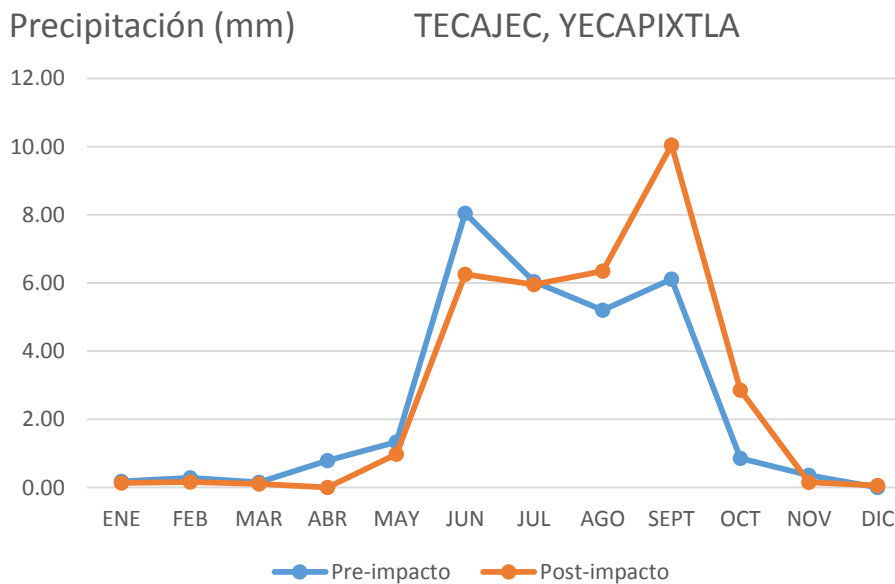


Figura 2.39 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Tecajec, Yecapixtla (017063) para el periodo de pre-impacto (1981 – 1988) y post-impacto (1989 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la precipitación promedio mensual para la estación Tecajec, Yecapixtla entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.40. Se observó un decremento significativo en la precipitación en el mes de abril de -0.78 mm y un incremento en los meses de septiembre y octubre de 3.93 y 2.0 mm, respectivamente.

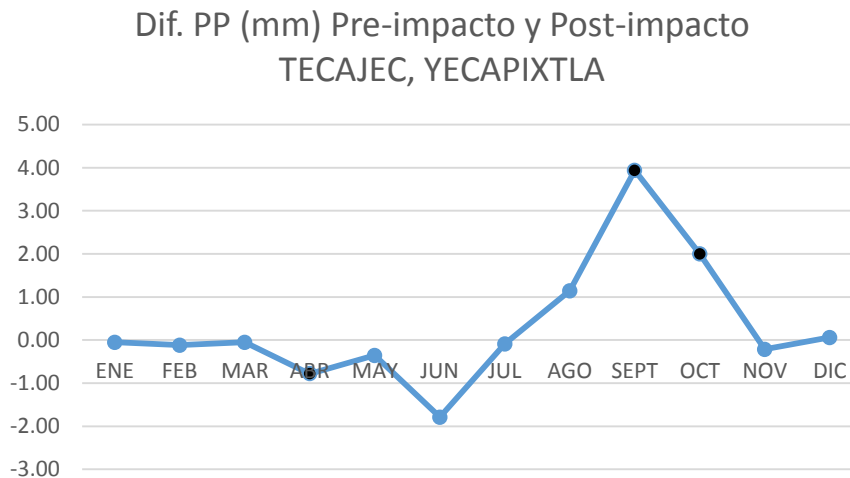


Figura 2.40. Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1981 – 1988) y post-impacto (1989 – 2009) para la estación Tecajec, Yecapixtla en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

#### Estación Meteorológica Tecomalco, Villa de Ayala

La Estación 017064 (Tecomalco, Villa de Ayala) observa decrementos significativos en la precipitación para los meses de junio de 7.71 a 4.01 mm y julio de 4.81 mm a 2.48 mm, e incrementos en octubre de 1.52 a 3.43 mm entre los periodo de pre-impacto y post-impacto (Tabla 2.23 y Figura 2.41).

Tabla 2.23 Prueba de “t” aplicada a los promedios de precipitación para los periodos de pre-impacto o G1 (1981-1988) y post-impacto o G2 (2003-2009) de la estación meteorológica 017063 (Tecomalco, Villa de Ayala de la Subcuenca río Cuautla)

	Medi	Med	Valor			No.			F-		
	a G1	ia G2	de "t"	df	p	tos G1	Datos G2	Std. G1	Std. G2	Varianz a	F
ENE	0.073	0.012	1.073	401.000	0.284	217.000	186.000	0.761	0.161	22.230	0.000
FEB	0.207	0.068	0.833	365.000	0.400	198.000	169.000	2.046	0.777	6.931	0.000
MAR	0.081	0.146	-0.484	369.000	0.620	217.000	154.000	0.697	1.813	6.765	0.000
ABR	0.365	0.077	1.872	358.000	0.060	210.000	150.000	1.844	0.459	16.124	0.000
MAY	1.737	1.200	0.949	370.000	0.340	217.000	155.000	6.357	3.611	3.099	0.000
JUN	7.712	4.009	2.873	358.000	0.004	210.000	150.000	13.659	9.358	2.130	0.000
JUL	4.807	2.478	2.794	370.000	0.005	217.000	155.000	9.015	6.079	2.200	0.000
AGO	4.328	3.202	1.301	339.000	0.194	217.000	124.000	8.576	5.788	2.196	0.000
SEP	5.569	7.802	-1.497	268.000	0.130	180.000	90.000	11.108	12.390	1.244	0.221
OCT	1.520	3.428	-2.213	308.000	0.028	217.000	93.000	6.181	8.504	1.893	0.000
NOV	0.231	0.000	1.299	238.000	0.195	180.000	60.000	1.373	0.000	0.000	1.000
DIC	0.047	0.000	0.607	277.000	0.540	217.000	62.000	0.603	0.000	0.000	1.000

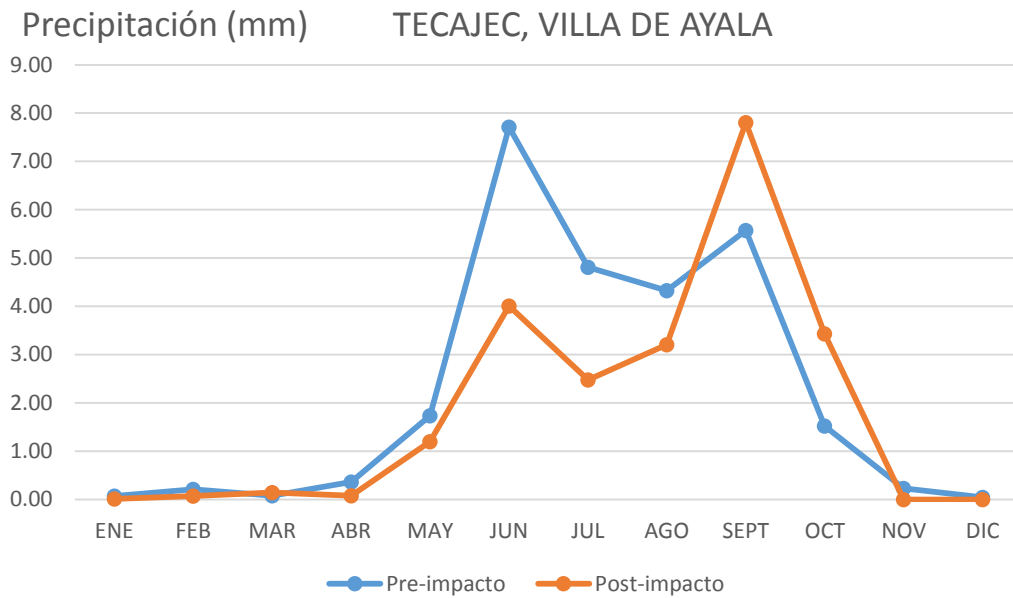


Figura 2.41 Promedios mensuales de la precipitación en la estación Tecajec, Villa de Ayala (017064) para el periodo de pre-impacto (1981 – 1988) y post-impacto (2003 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la precipitación promedio mensual para la estación Tecajec, Villa de Ayala entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.42. Se observó decrementos significativos en la precipitación en los mes de junio y julio de -3.70 y -2.33 mm, respectivamente. Por el contrario el mes de octubre señaló un incremento significativo en la precipitación de 1.91 mm.

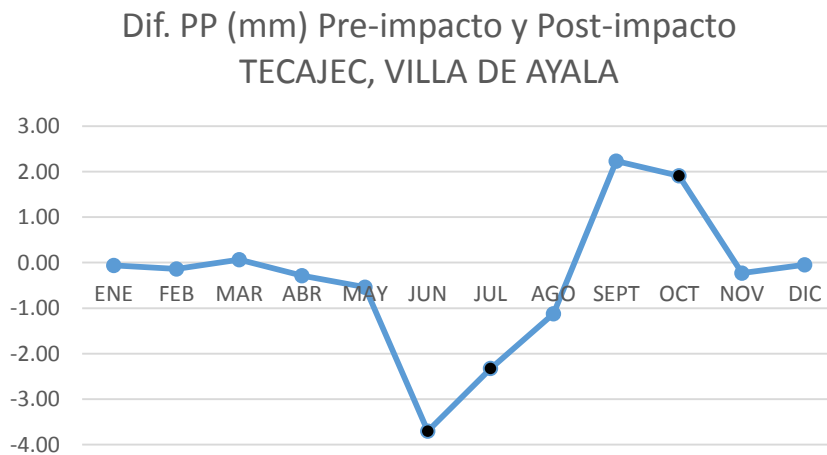


Figura 2.42 Diferencia de precipitación promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1981 – 1988) y post-impacto (2003 – 2009) para la estación Tecajec, Villa de Ayala en la subcuenca del río Cuautla (los puntos en negro en la gráfica señala los valores significativos).

**Resultados de precipitación promedio mensual significativa entre los periodos de pre-impacto y post-impacto para la subcuenca del río Yautepec**

Tabla 2.24 Prueba de “t” aplicada a la precipitación promedio mensual entre los periodos de pre-impacto y post-impacto en las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Cuautla con resultados significativos (los decrementos en amarillo y en verde los incrementos)

No.	Estac.	Nombre	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2	17003	CUAUTLA, CUAUTLA (SMN)					X				X			
3	17005	CUAUTLA, CUAUTLA (DGE)							X					
5	17017	TETELCINGO, CUAUTLA	X	X						X			X	
8	17025	YECAPIXTLA												
10	17043	YECAPIXTLA E.T.A. 118												
11	17048	PUENTE OCUITUCO E-5												X
15	17052	YECAPIXTLA, YECAPIXTLA												
16	17054	MOYOTEPEC, VIILA DE A.	X											
17	17060	ALPANOCAN, TETELA DEL V.		X				X						
18	17063	TECAJEC, YECAPIXTLA			X						X	X		
19	17064	TEMOALCO, VILLA DE A.						X	X				X	



## 2.5.2 Temperatura

### 2.5.2.1 Promedios mensuales de la temperatura en las estaciones meteorológicas de las subcuencas del río Yautepec y Cuautla

Los promedios mensuales de la temperatura observada de las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Yautepec, señala a la estación Nexpa, Tlalquitenango (017038) ubicada a una altitud 1200 msnm con los registros más altos de temperatura promedio observada de 22.4 (°C), en el mes de mayo (Tabla 2.25 y Figura 2.43).

Tabla 2.25 Promedios mensuales de la temperatura observada (oC) para las estaciones meteorológicas ubicadas en la subcuenca del río Yautepec

ESTACIONES METEOROLÓGICAS								
MES	17001	17012	17018	17024	17038	17049	17050	17051
ENE	18.4	14.5	11.9	8	13.7	12.7	11.3	11.1
FEB	18.7	15.6	13.4	9.1	15	13.6	10.3	11.5
MAR	19.5	18.1	16.4	11.2	17.6	15.2	12.8	13.8
ABR	20.1	19.8	19.9	13.7	20.7	17.4	17.1	16
MAYO	20.3	20.5	21.5	15.7	22.4	18.4	20.9	15.7
JUNIO	19.7	19.9	21.7	16.6	22.3	17.7	21	15.7
JULIO	19.2	18.8	20.6	15.7	21.1	16.7	18.4	15.1
AGO	19.2	18.6	20.6	15.7	20.8	16.5	17.3	14.8
SEP	19	18.5	20.5	15.7	20.5	16.4	16.6	14.6
OCT	18.8	17.8	18.9	13.9	19.4	16	15.1	14
NOV	18.5	16.4	15.5	10.8	16.7	15.1	13.5	12.9
DIC	18.4	14.9	12.7	8.7	14.4	14	11.8	11.5

Temperatura Prom. (°C) SUBCUENCA YAUTEPEC

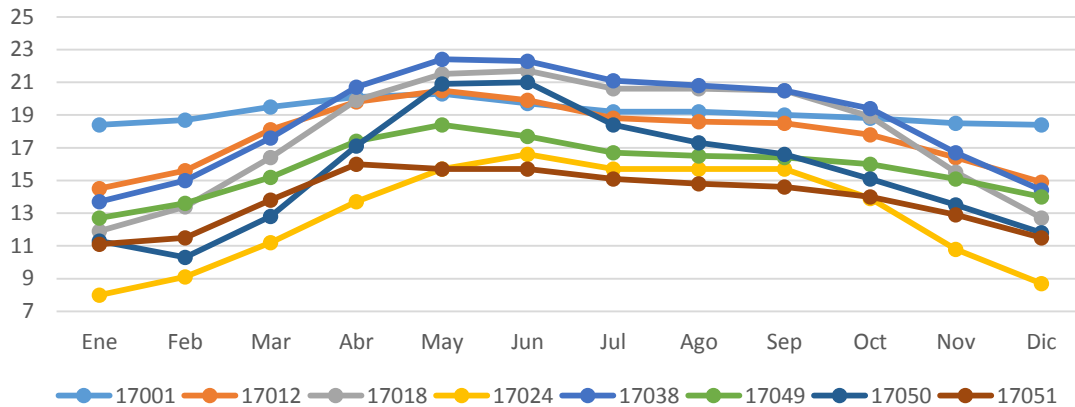


Figura 2.43 Promedios mensuales de la Temperatura media observada en las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Yautepec.

Los promedios mensuales de la temperatura observada de las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Cuautla, señalan a las estaciones Moyotepec (017054) y Tetelcingo (017017) ubicadas a una altitud de 1165 y 1634 msnm, respectivamente, con los valores de temperatura promedio observada de 20.9 (°C), en el mes de mayo para Moyotepec y en junio para Tetelcingo (Tabla 2.26 y Figura 2.44). La estación con los valores más bajos de temperatura mensual en todos los meses del año fue Alpanocan (017060) ubicada a 2200 msnm, con el máximo en mayo (14.7 °C).

Tabla 2.26 Promedios mensuales de la temperatura observada (oC) para las estaciones meteorológicas ubicadas en la subcuenca del río Cuautla

	17003	17005	17017	17025	17043	17048	17052	17054	17060	17063	17064
ENE	14.2	11.7	17.7	13.7	12.1	11.4	15.3	17.5	8.6	13.1	12.9
FEB	15.6	12.8	17.7	14.4	13.2	11.8	16.1	18.6	9.2	14.7	14.2
MARZO	17.9	15.3	19.8	17.1	15.5	13.9	17.2	19.9	11.5	17	15.5
ABRIL	19.9	18.1	21.3	19.9	18.1	16.1	19	20.5	13.8	19.5	16
MAYO	21.4	19.5	21.3	20.5	19.3	17.5	19.8	20.9	14.7	19.5	18.2
JUNIO	20.7	19.4	20.9	19.6	18.9	17	19.6	20.6	14.1	18.1	17.5

JULIO	19.6	18.3	19.8	18.6	17.7	16.1	18.5	20.3	13.2	17.6	16.9
AGO	19.5	18	19.6	18.4	17.6	15.7	18.5	20.3	13.1	16.9	17.2
SEP	19.3	17.6	19.5	18.1	17.3	15.6	18.2	20.2	12.8	17	17.5
OCT	18.4	16.7	18.9	17.6	16.6	14.9	18	19.5	11.8	16.9	15.9
NOV	16.5	14.6	17.9	16.3	15	13.7	17.1	18.7	10.3	15.4	15.4
DIC	14.7	12.6	17.2	14.7	13.1	12	16.1	17.4	9.2	13.9	12.9

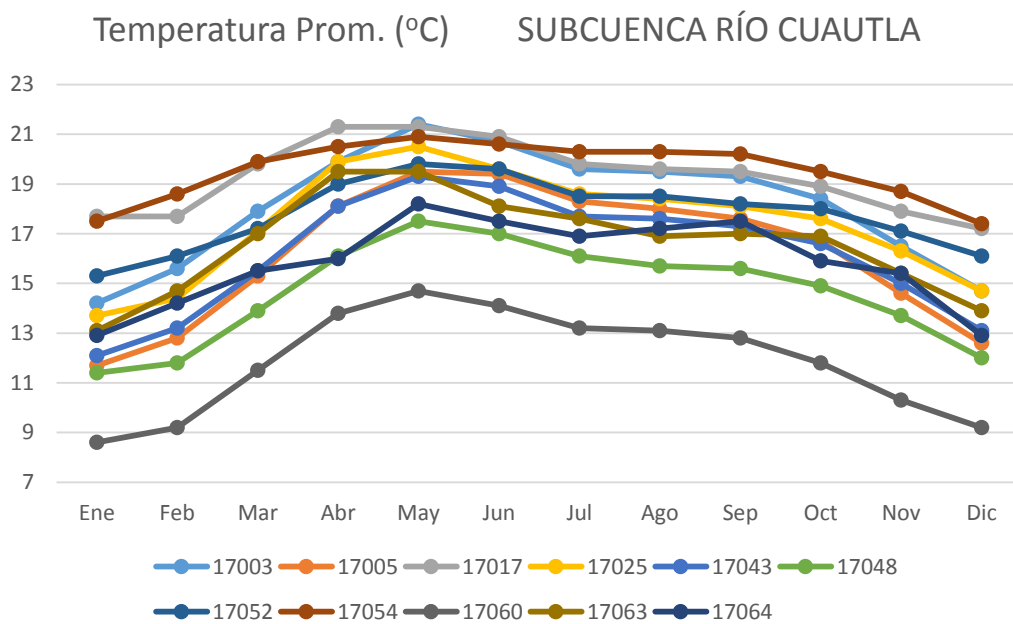


Figura 2.44 Promedios mensuales de la Temperatura media observada en las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Cuautla.

### 2.5.2.1 Prueba de “t” aplicada a los promedios mensuales de la temperatura para los periodos de pre-impacto y post-impacto de la subcuenca del río Yautepec.

#### Estación Meteorológica Atlahuacan

La Estación 017001 (Atlahuacan) señala decrementos significativos en la temperatura observada para todos los meses del año entre los periodo de pre-impacto (1924 – 1965) y post-impacto (1966 – 2008; Tabla 2.27 y Figura 2.45), con decrementos que van de 0.3 a 1.1°C (enero y junio, respectivamente).

Tabla 2.27 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1924-1965) y pre-impacto o G2 o G2 (2066-2008) de la estación meteorológica 017001 (Atlahuacan, Subcuenca del río Yautepec)

	Med			No. Dato	No. Datos	Std. G1	Std. G2	F-		
	Medi a G1	ia G2	Valor de “t”					Razón Varianz a	F	
ENE	18.5	18.3	2.78	2507	1302	1207	1.993	2.639	1.754	0.000000
FEB	19.1	18.3	8.64	2312	1185	1129	1.837	2.458	1.790	0.000000
MAR	20.0	19.1	11.27	2509	1271	1240	1.917	2.359	1.515	0.000000
ABR	20.8	19.4	17.69	2426	1230	1198	1.953	2.020	1.070	0.240108
MAY	21.0	19.7	15.86	2477	1271	1208	2.178	1.864	1.365	0.000000
JUN	20.2	19.1	14.38	2457	1260	1199	1.868	1.871	1.003	0.951219

JUL	19.6	18.7	13.68	2537	0.00	1301	1238	1.515	1.889	1.554	0.000000
AGO	19.6	18.7	13.09	2539	0.00	1302	1239	1.445	1.819	1.584	0.000000
SEP	19.4	18.5	10.87	2427	0.000000	1259	1170	1.582	2.090	1.747	0.000000
OCT	19.4	18.3	13.60	2536	0.00	1299	1239	1.717	2.199	1.641	0.000000
NOV	19.0	17.9	12.33	2368	0.00	1260	1110	1.934	2.406	1.548	0.000000
DIC	18.8	18.0	9.14	2499	0.000000	1333	1168	1.806	2.701	2.238	0.00

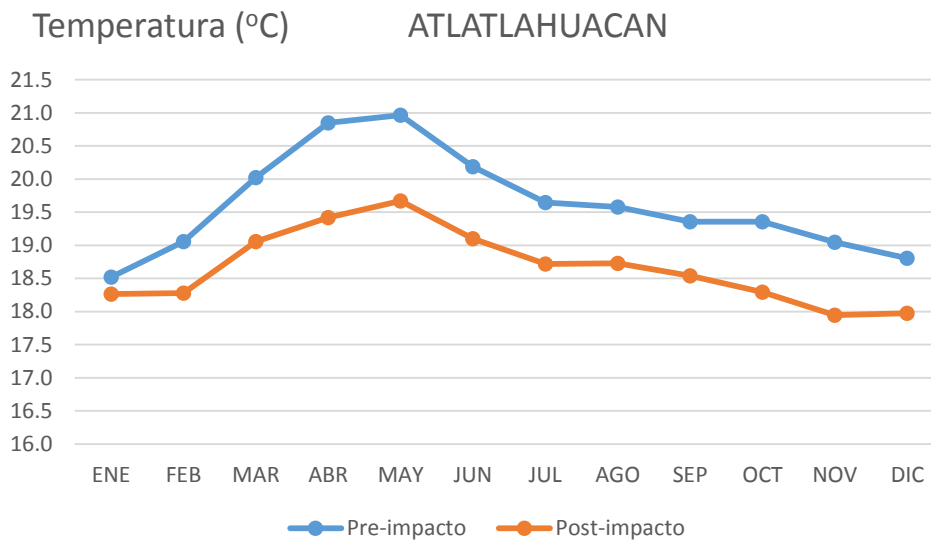


Figura 2.45 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Atlahuacan (017001) para el periodo de pre-impacto (1924 – 1965) y post-impacto (1966 – 2008) para la subcuenca del río Yautepec.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Atlahuacan entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.46. En esta estación no se observaron incrementos significativos en la temperatura.

#### Dif. de T (°C) Pre y Post-impacto ATLAHUACAN

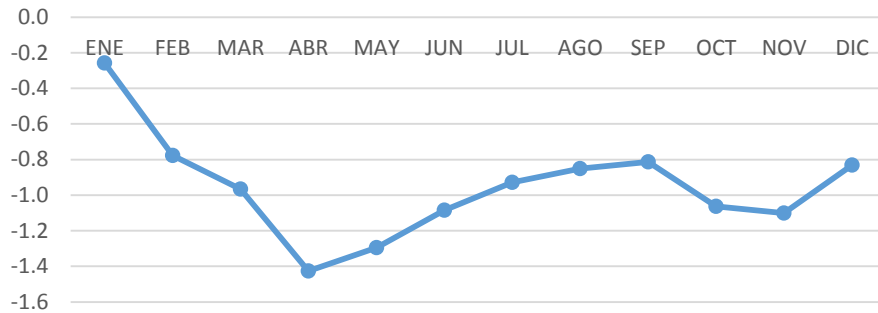


Figura 2.46 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1924 – 1965) y post-impacto (1966 – 2008) para la estación Atlahuacan en subcuenca del río Yautepec.

#### Estación Meteorológica Oaxtepec, Yautepec

La Estación 017012 (Oaxtepec, Yautepec) señala decrementos significativos en la temperatura observada para todos los meses del año entre los periodo de pre-impacto (1970 -1990) y post-impacto (1991 – 2010), excepto para febrero, marzo y noviembre (Tabla 2.28 y Figura 2.47), con decrementos que van de 0.3 a 1.5° C (marzo y mayo, respectivamente).

Tabla 2.28 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1970-1990) y post-impacto o G2 (1991-2010) de la estación meteorológica 017012 (Oaxtepec, Yautepec de la Subcuenca del río Yautepec)

	Me		Valo		No.		F-				
	Medi	dia	r de		Dat	No.		Razon			
	a G1	G2	"t"	df	os	Dato	Std.	Std.	Varianz		
	G1	G2	"t"	df	p	G1	s G2	G1	G2	a	F
ENE	14.6	14.3	2.91	117	0.00366	558	620	2.081	1.70	1.496	0.000001
				6	8				2		
FEB	15.5	15.6	-	107	0.38856	508	565	2.009	2.12	1.121	0.187238
			0.86	1	6				8		
MA	18.2	18.1	0.83	114	0.40819	558	589	2.250	1.94	1.339	0.000488
R				5	5				4		
ABR	20.2	19.4	7.79	113	0.00000	570	570	1.964	1.85	1.122	0.170498
				8	0				4		
MA	21.3	19.8	14.0	117	0.00	589	589	1.915	1.76	1.182	0.043092
Y			0	6					2		
JUN	20.3	19.4	9.16	116	0.00000	600	570	1.622	1.72	1.133	0.130494
				8	0				7		
JUL	19.3	18.2	14.8	120	0.00	620	589	1.372	1.38	1.015	0.850309
			4	7					2		
AG	19.1	18.0	14.8	114	0.00	589	558	1.134	1.24	1.212	0.021720
O			2	5					9		
SEP	18.9	18.0	12.4	110	0.00	570	540	1.161	1.19	1.059	0.497390
			6	8					4		
OCT	18.3	17.3	10.1	111	0.00000	558	558	1.706	1.79	1.106	0.236614
			8	4	0				4		
NO	16.5	16.3	1.51	110	0.13148	570	540	2.119	2.14	1.026	0.763548
V				8	6				7		
DIC	15.0	14.7	2.52	114	0.01178	589	558	2.025	1.91	1.114	0.198114
				5	7				9		

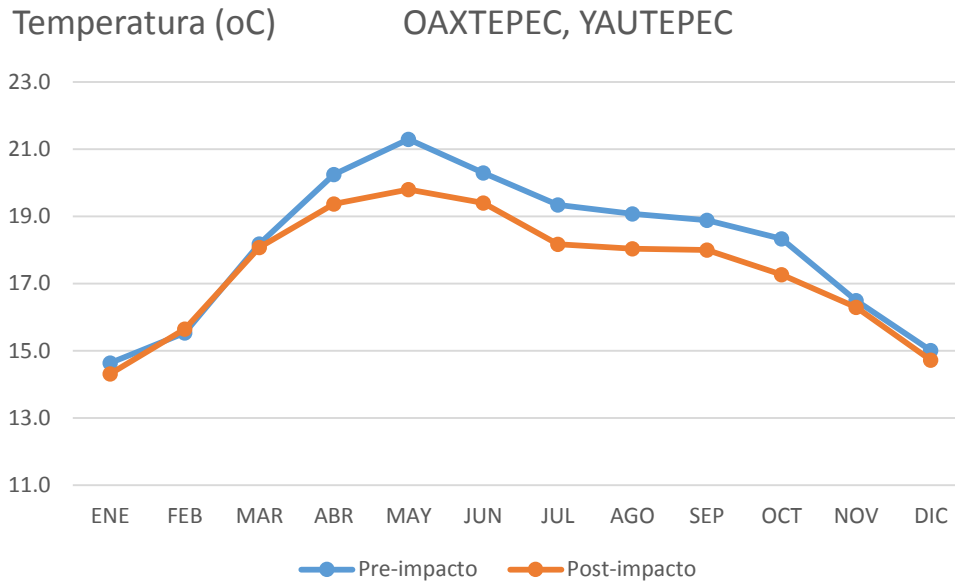


Figura 2.47 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Oaxtepec, Yautepec (017012) para el periodo de pre-impacto (1970 – 1990) y post-impacto (1991 – 2010) para la subcuenca del río Yautepec.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Oaxtepec, Yautepec entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.48. Se observaron decrementos significativos en la temperatura en todos los meses del año excepto en febrero, marzo y noviembre. Los decrementos van de -0.1 a -1.5 °C.

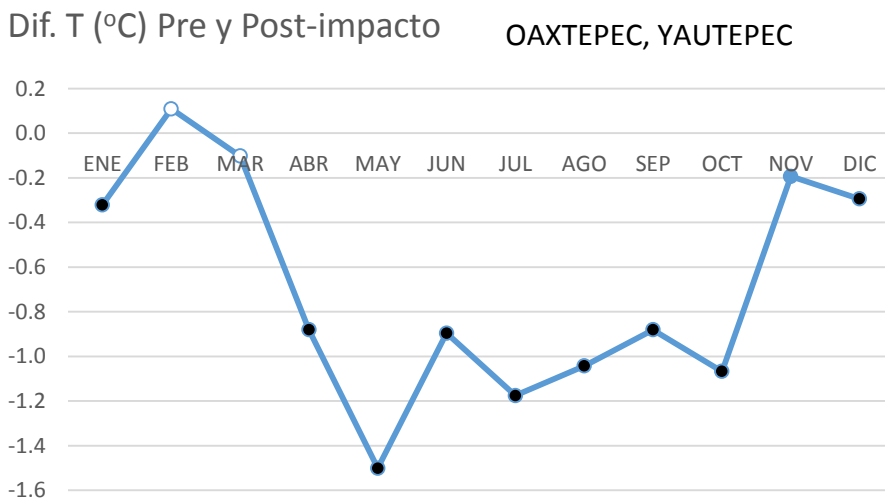




Figura 2.48 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1970 – 1990) y post-impacto (1991 – 2010) para la estación Oaxtepec, Yautepec en subcuenca del río Yautepec (los meses con puntos negros señalan diferencias significativas).

### Estación Meteorológica Ticumán, Tlaltizapán

La Estación 017018 (Ticumán, Tlaltizapán) señala decrementos significativos en la temperatura observada para los meses de enero a mayo y diciembre, con una diferencia entre 0.3 a 1.1º C, e incrementos significativos para julio y septiembre de 0.4 y 0.5º C entre los periodo de pre-impacto (1955 -1982) y post-impacto (1983 – 2008), (Tabla 2.29 y Figura 2.49).

Tabla 2.29 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1955-1982) y post-impacto o G2 (1983-2008) de la estación meteorológica 017018 (Ticumán, Tlaltizapán de la Subcuenca del río Yautepec)

	Medi a G1	Medi a G2	Valor de “t”	df	p	No.		Std. G1	Std. G2	F-Razon Varianza	F
						Dat os G1	No. Datos G2				
ENE	12.4	11.5	6.40	1641	0.00000	837	806	2.860	2.556	1.253	0.00129
					0						3
FEB	13.8	13.0	5.67	1495	0.00000	763	734	2.992	2.598	1.327	0.00011
					0						8
MA R	16.9	15.8	7.61	1641	0.00000	837	806	3.164	2.740	1.333	0.00004
					0						0
ABR	20.5	19.4	9.11	1584	0.00000	806	780	2.650	2.290	1.339	0.00004
					0						1
MAY	21.7	21.4	3.15	1610	0.00164	806	806	2.299	1.953	1.386	0.00000
					2						4

JUN	21.5	21.9	-4.00	1587	0.00006 5	809	780	1.777	1.702	1.091	0.22177 0
JUL	20.6	20.5	0.69	1641	0.49186 8	837	806	1.570	1.559	1.014	0.83721 6
AGO	20.6	20.7	-1.83	1639	0.06746 8	837	804	1.515	1.506	1.012	0.86584 9
SEP	20.2	20.7	-7.68	1608	0.00000 0	830	780	1.386	1.398	1.017	0.81529 5
OCT	18.9	18.9	-0.24	1641	0.80856 2	837	806	2.423	2.423	1.000	0.99802 6
NOV	15.5	15.4	0.05	1618	0.96107 1	840	780	3.290	2.958	1.237	0.00257 2
DIC	12.9	12.6	2.46	1672	0.01408 8	868	806	2.769	2.490	1.237	0.00216 6

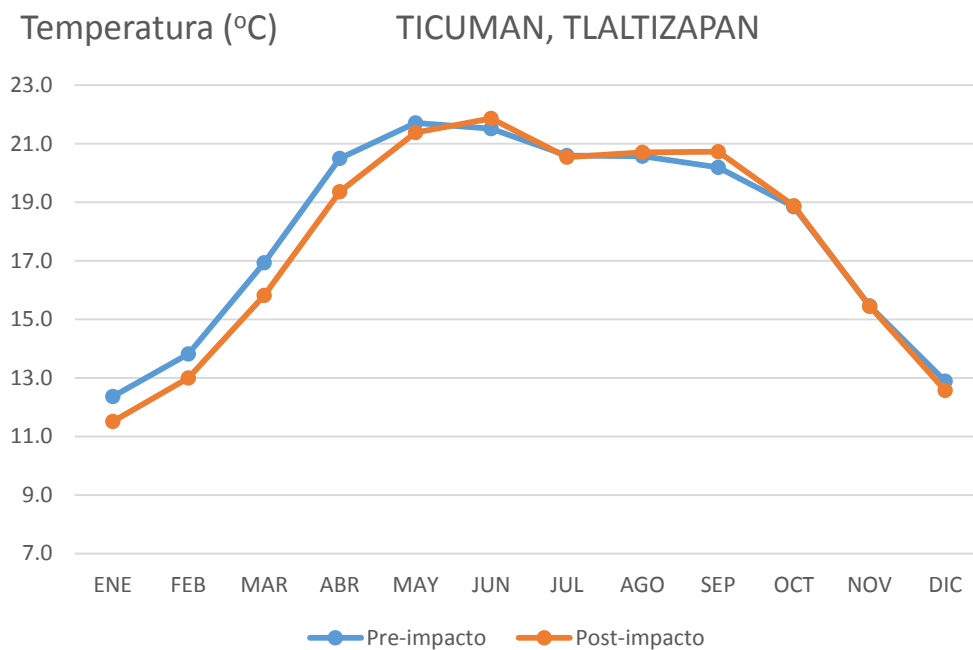


Figura 2.49 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Ticumán, Tlaltizapán (017018) para el periodo de pre-impacto (1955 – 1982) y post-impacto (1983 – 2008) para la subcuenca del río Yautepec.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Ticumán, Tlaltizapán entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.50. Se observaron incrementos significativos en la temperatura en los meses de junio y septiembre con 0.3 y 0.5 °C. Por el contrario los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y diciembre mostraron decrementos significativos en la temperatura que van de -0.3 a -1.1 °C.

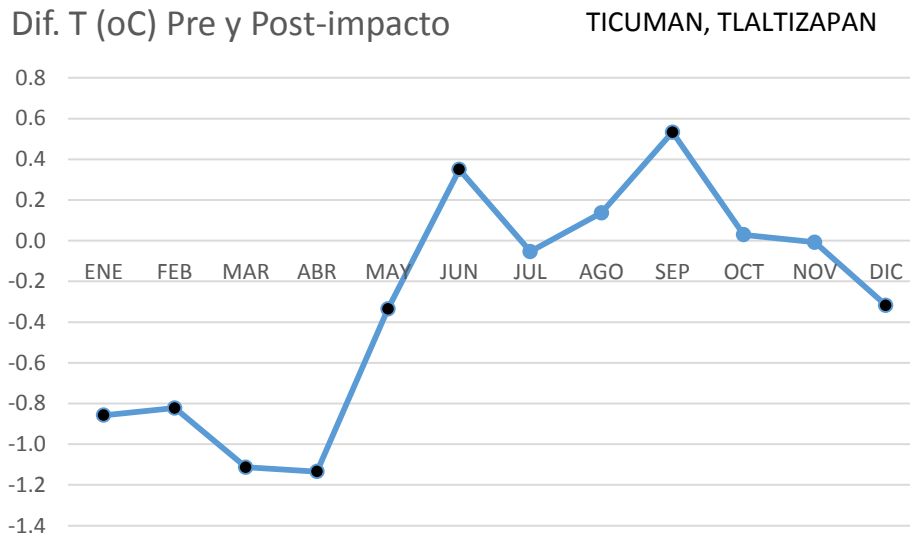


Figura 2.50 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1955 – 1982) y post-impacto (1983 – 2008) para la estación Ticuman, Tlaltizapan en subcuenca del río Yautepec (puntos negros señalan los meses con diferencias significativas).

### Estación Meteorológica Yautepec, Yautepec

La Estación 017024 (Yautepec, Yautepec) señala decrementos significativos en la temperatura observada para los meses de enero a abril y diciembre, con una diferencia entre 0.8 a 0.9° C, e incrementos significativos para junio y septiembre de 0.7 y 0.9° C, entre los periodo de pre-

impacto (1955 -1983) y post-impacto (1984 – 2010) como puede observarse en el Tabla 2.30 y Figura 2.51).

Tabla 2.30 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1955-1983) y post-impacto o G2 (1984-2010) de la estación meteorológica 017024 (Yautepec, Yautepec de la Subcuenca del río Yautepec)

	Medi a G1	Medi a G2	Valor de “t”	df	p	No. Dat os G1	No. Datos G2	Std. G1	Std. G2	F- Razon Varianz a	F
ENE	11.2	10.3	5.85	1672	0.00000 0	837	837	3.105	3.012	1.063	0.37491 9
FEB	12.1	11.6	3.46	1524	0.00055 6	763	763	2.736	2.940	1.155	0.04736 9
MA R	14.5	14.2	1.98	1672	0.04793 2	837	837	2.300	2.617	1.294	0.00019 6
ABR	17.1	16.9	2.02	1609	0.04352 2	801	810	2.015	2.250	1.247	0.00176 6
MAY	18.7	18.9	-2.60	1661	0.00940 0	826	837	2.149	2.073	1.075	0.29607 9
JUN	19.0	19.9	-9.54	1586	0.00000 0	808	780	2.132	1.533	1.934	0.00000 0
JUL	18.0	18.7	-7.48	1672	0.00000 0	868	806	1.791	1.584	1.279	0.00039 8
AGO	17.7	18.4	-9.81	1672	0.00000 0	868	806	1.654	1.457	1.288	0.00026 8
SEP	17.5	18.2	-9.53	1618	0.00000 0	840	780	1.613	1.327	1.478	0.00000 0
OCT	16.2	16.4	-0.99	1670	0.32029 6	866	806	2.135	2.472	1.341	0.00002 3

NOV	13.6	13.4	1.04	1648	0.29685 1	840	810	2.607	2.867	1.209	0.00646 9
DIC	11.8	11.1	5.20	1703	0.00000 0	868	837	2.882	2.755	1.094	0.19003 4

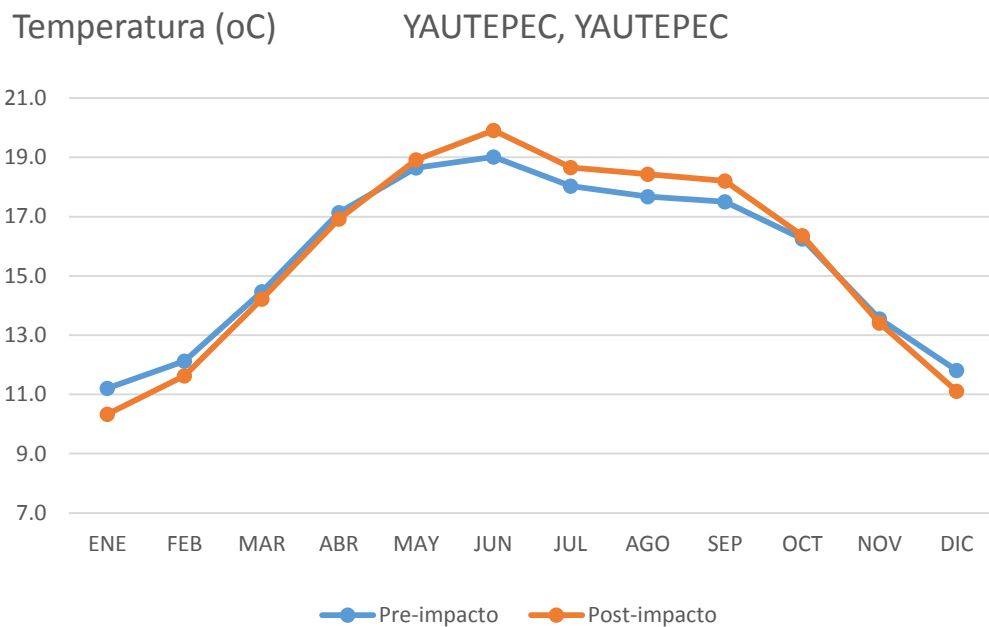


Figura 2.51 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Yautepec, Yautepec (017024) para el periodo de pre-impacto (1955 – 1983) y post-impacto (1984 – 2010) para la subcuenca del río Yautepec.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Yautepec, Yautepec entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.52. Se observaron variaciones significativas en la temperatura en todos meses, excepto en octubre y noviembre. Los meses que registraron incrementos significativos fueron mayo, junio, julio, agosto y septiembre con variaciones que van de 0.3 a 0.9 °C. Por el contrario los meses de enero, febrero, marzo y abril, mostraron decrementos significativos en la temperatura que van de -0.2 a -0.9 °C.

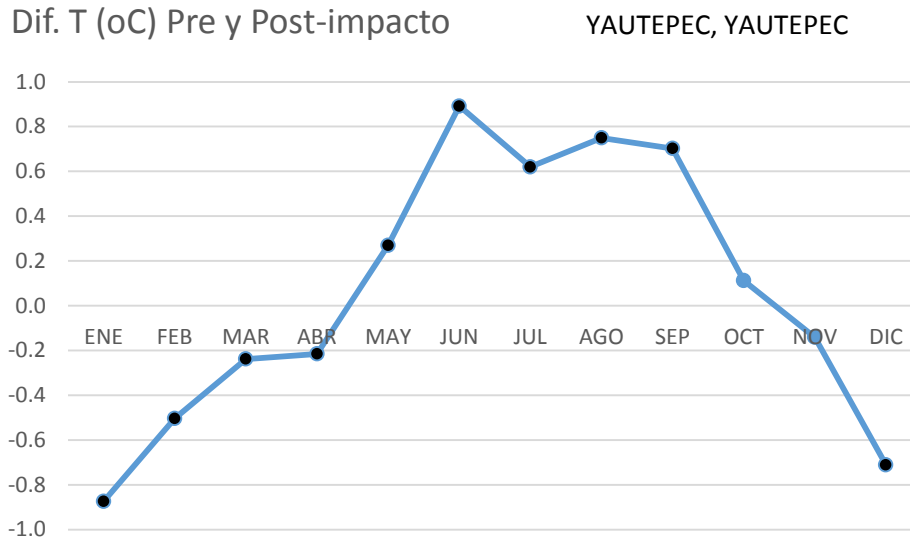


Figura 2.52 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1955 – 1983) y post-impacto (1984 – 2010) para la estación Yautepec, Yautepec en subcuenca del río Yautepec (puntos negros señalan los meses con diferencias significativas).

### Estación Meteorológica Nexpa, Tlalquilténango

En la Estación 017038 (Nexpa, Tlalquilténango) se observan decrementos significativos en la temperatura observada para todos los meses del año, excepto para enero, con una diferencia entre 0.6 a 3.1° C (febrero y mayo, respectivamente), y el incremento de 0.3° C para enero, entre los periodo de pre-impacto (1976 -1992) y post-impacto (1993 – 2009) como puede observarse en el Tabla 2.31 y Figura 2.53.

Tabla 2.31 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1992) y post-impacto o G2 (1993-2009) de la estación meteorológica 017038 (Nexpa, Talquilténango de la Subcuenca del río Yautepec)

	Media	Medi	Valor			No	No.			F-	
	G1	a G2	de "t"	df	p	Datos	Datos	Std.	Std.	Razon	
	G1	a G2	de "t"	df	p	G1	G2	G1	G2	a	F
ENE	13.5	13.8	-1.47	102	0.14301	496	527	3.260	4.729	2.105	0.000000
				1	8						
FEB	15.3	14.7	2.18	930	0.02958	452	480	3.255	4.980	2.341	0.000000
				2							
MA	18.1	17.2	3.52	105	0.00045	527	527	3.321	4.686	1.992	0.000000
R				2	8						
ABR	22.0	19.6	11.47	958	0.00000	450	510	2.707	3.464	1.637	0.000000
				0							
MAY	24.0	20.9	17.79	990	0.00	465	527	2.092	3.246	2.407	0.000000
JUN	23.6	21.0	19.31	956	0.00	478	480	2.020	2.179	1.163	0.099053
JUL	22.2	20.1	16.67	990	0.00	496	496	1.652	2.358	2.039	0.000000
AGO	21.8	19.8	17.28	990	0.00	496	496	1.384	2.219	2.573	0.000000
SEP	21.3	19.7	12.67	958	0.00	480	480	1.603	2.127	1.761	0.000000
OCT	20.2	18.7	9.15	102	0.00000	526	496	2.155	3.093	2.060	0.000000
				0	0						
NOV	17.4	16.0	6.06	988	0.00000	510	480	3.391	4.075	1.444	0.000046
				0							
DIC	15.2	13.5	6.70	102	0.00000	527	496	3.838	4.408	1.319	0.001766
				1	0						

### Temperatura (oC) NEXPA, TLALQUILTENANGO

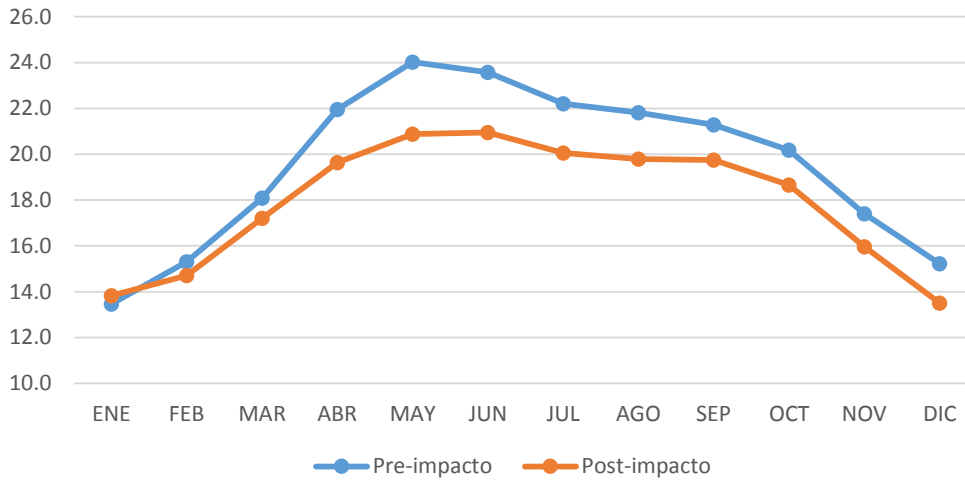


Figura 2.53 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Nexpa, Tlalquilténango (017038) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la subcuenca del río Yautepec.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Nexpa, Tlalquilténango entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.54. Se observaron variaciones significativas en la temperatura en todos meses, solo con incremento significativo en enero de 0.3 °C y con decrementos en la temperatura en los restantes meses que van de -0.6 a -3.1 °C.

### Dif. T (oC) Pre y Post-impacto NEXPA,

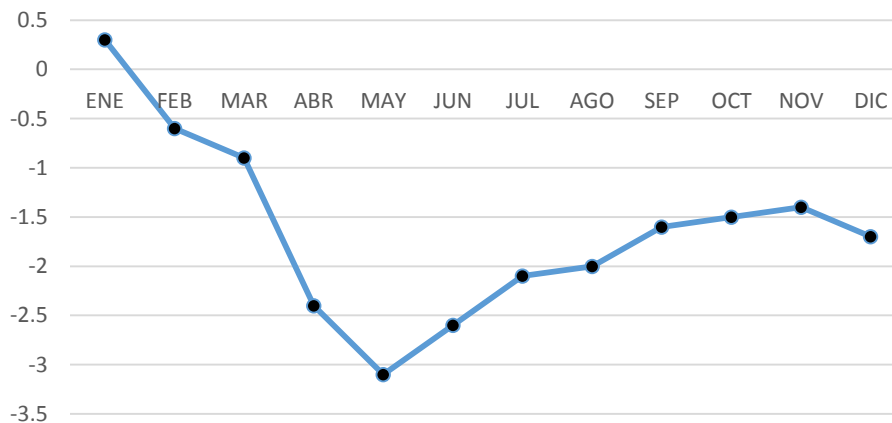




Figura 2.54 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la estación Nexpa, Tlalquiltenango en subcuenca del río Yautepec (puntos negros señalan los meses con diferencias significativas).

### Estación Meteorológica Tepoztlán E-12

Asimismo, en la Estación 017049 (Tepoztlán E-12) se observan decrementos significativos en la temperatura observada para casi todos los meses del año, excepto para enero y febrero, con una diferencia entre 0.5 a 2.3° C (marzo y junio, respectivamente), y el incremento de 0.5° C para enero y de 0.6° C en febrero, entre los periodo de pre-impacto (1976 -1992) y post-impacto (1993 – 2009) como puede observarse en el Tabla 2.32 y Figura 2.55.

Tabla 2.32 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1992) y post-impacto o G2 (1993-2009) de la estación meteorológica 017049 (Tepoztlán E-12, Tepoztlán de la Subcuenca del río Yautepec)

	Medi a G1	Medi a G2	Valor de “t”	No. df	No. p	No. Dat os	No. Datos	Std. G1	Std. G2	F- Razon Varianz a	F
ENE	12.3	12.8	-2.03	587	0.04248 6	155	434	4.730	1.954	5.857	0.00
FEB	13.1	13.7	-3.36	506	0.00083 4	113	395	2.217	1.718	1.666	0.000387
MA R	15.6	15.1	2.44	557	0.01517 7	124	435	3.031	1.645	3.396	0.000000
ABR	18.4	17.1	6.96	568	0.00000 0	120	450	1.991	1.816	1.202	0.190193

MAY	19.9	17.8	10.59	649	0.00000	186	465	3.031	1.921	2.490	0.000000
JUN	19.4	17.1	13.31	568	0.00	150	420	2.589	1.495	3.000	0.000000
JUL	18.2	16.1	14.81	570	0.00	169	403	2.264	1.132	3.999	0.000000
AGO	17.7	16.1	11.01	548	0.00000	147	403	2.330	1.066	4.778	0.00
SEP	17.1	16.1	6.69	538	0.00000	150	390	2.473	0.948	6.803	0.00
OCT	16.7	15.8	5.96	521	0.00000	120	403	2.238	1.367	2.683	0.000000
NOV	16.0	14.6	5.83	568	0.00000	210	360	3.681	2.097	3.082	0.000000
DIC	15.3	13.1	7.81	556	0.00000	217	341	4.912	1.558	9.944	0.00

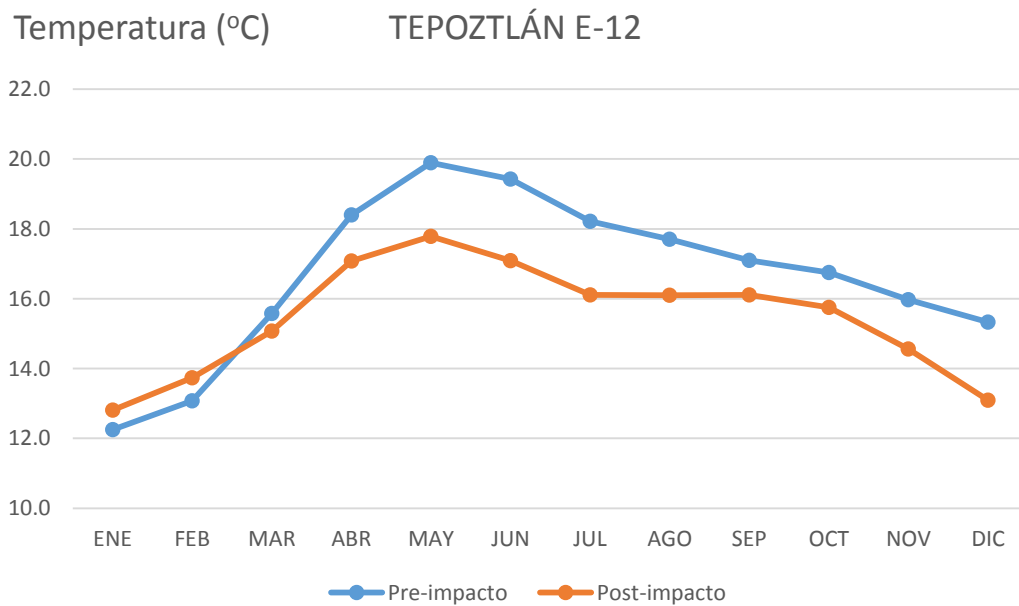


Figura 2.55 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Tepoztlán E-12 (017049) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la subcuenca del río Yautepec.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Nexpa, Tlalquiltenango entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.56. Asimismo, en esta estación se observaron variaciones significativas en la temperatura en todos meses, solo con incrementos significativos en enero y febrero de 0.5 y 0.6 °C, respectivamente; y con decrementos en la temperatura en los restantes meses que van de -0.5 a -2.3 °C.

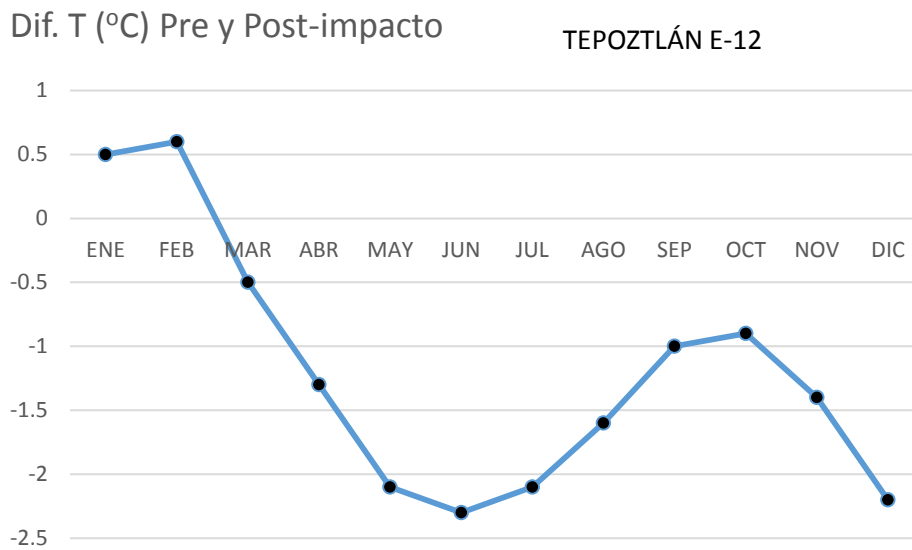


Figura 2.56 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la estación Tepoztlán E-12 en subcuenca del río Yautepec (puntos negros señalan los meses con diferencias significativas).

#### Estación Meteorológica Tototalpan E-10

En la Estación 017051 (Tototalpan E-10) se observan decrementos significativos en la temperatura observada para casi todos los meses del año, excepto para marzo y julio, agosto septiembre, con una diferencia entre 0.3 a 1.1° C (octubre y abril, respectivamente), entre los periodo de pre-impacto (1976 -1992) y post-impacto (1993 – 2009) como puede observarse en el Tabla 2.33 y Figura 2.57.

Tabla 2.33 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1976-1992) y post-impacto o G2 (1993-2009) de la estación meteorológica 017051 (Tototalpan E-10 de la Subcuenca del río Yautepec)

	Med	Medi	Valor			No.	No.			F-	
	ia G1	a G2	de “t”	df	p	Dat	Dat	Std.	Std.	Razon	Varianz
						os	os	G1	G2	a	F
ENE	3.3	2.9	3.12	401	0.0019	217	186	1.458	1.217	1.434	0.01173
					43						2
FEB	4.1	3.6	2.97	357	0.0031	189	170	1.937	1.266	2.342	0.00000
					52						0
MA R	4.7	4.8	-0.19	339	0.8499	155	186	2.223	1.685	1.740	0.00032
					84						1
ABR	6.2	5.1	5.10	382	0.0000	174	210	2.517	1.813	1.927	0.00000
					01						6
MA Y	5.3	4.7	3.28	362	0.0011	209	155	2.077	1.363	2.320	0.00000
					21						0
JUN	4.6	3.7	4.61	380	0.0000	202	180	1.904	1.683	1.280	0.09125
					05						2
JUL	3.7	3.7	-0.31	459	0.7575	275	186	2.366	1.386	2.915	0.00000
					33						0
AG O	4.0	4.1	-0.27	494	0.7889	248	248	2.166	1.495	2.101	0.00000
					45						0
SEP	3.6	3.6	-0.32	433	0.7467	225	210	1.567	1.438	1.187	0.20835
					04						8
OCT	3.5	3.2	2.00	487	0.0465	272	217	1.883	1.289	2.137	0.00000
					45						0
NO V	3.8	3.1	4.72	508	0.0000	300	210	1.901	1.357	1.961	0.00000
					03						0

DIC 3.4 2.4 8.14 494 0.0000 279 217 1.447 1.400 1.068 0.61154  
00 9

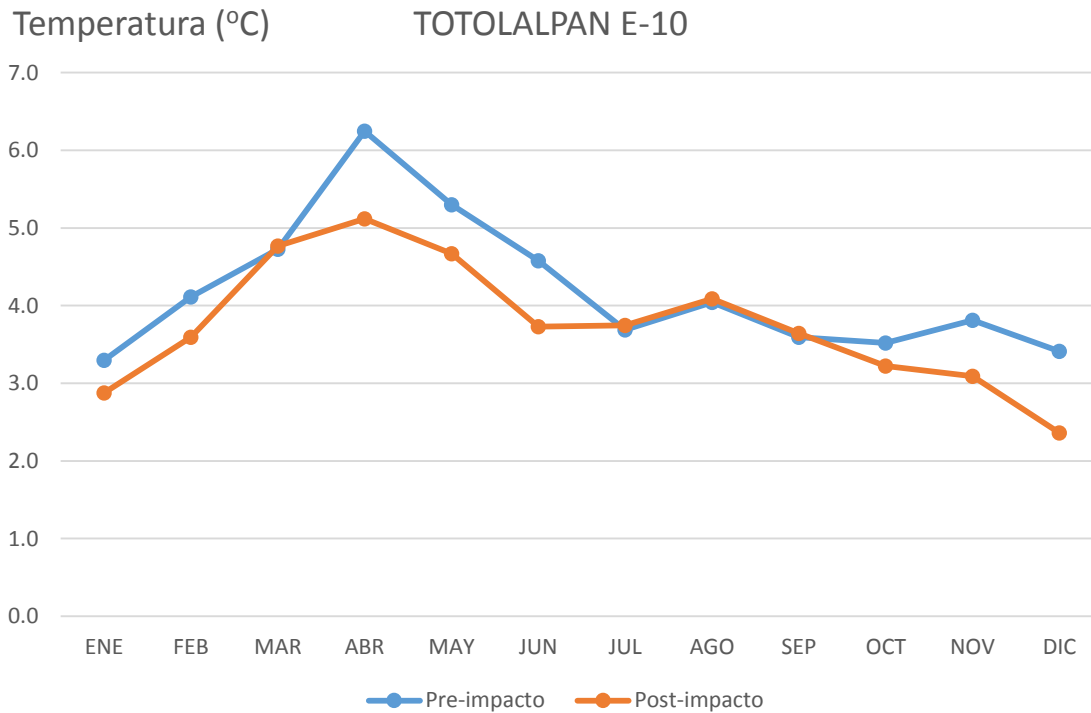


Figura 2.57 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Tototalpan E-10 (017051) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la subcuenca del río Yautepec.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Tototalpan E-10 entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.58. En esta estación se observaron decrementos significativos en la temperatura en todos meses, excepto en marzo, julio, agosto y septiembre. Los valores significativos de temperatura van de -0.3 a -1.1 °C.

Dif. de Temperatura (°C) Pre-impacto y Post-  
impacto TOTOLALPAN E-10

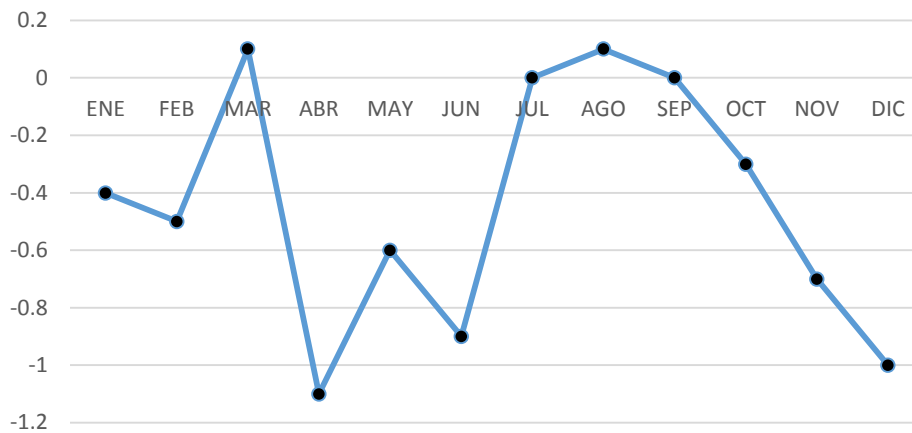


Figura 2.58. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2009) para la estación Totolalpan E-10 en la subcuenca del río Yautepec (puntos negros señalan los meses con diferencias significativas).

**Resultados de la temperatura promedio mensual significativa entre los periodos de pre-impacto y post-impacto para la subcuenca del río Yautepec**

La temperatura promedio mensual en la subcuenca del río Yautepec señalo incrementos significativos en la estación Ticumán, Tlaltizapan, en la de Yautepec, en la época de lluvias y en Tepoztlán E-10 en invierno. Las demás estaciones registraron decrementos significativos en la temperatura promedio mensual.

*Prueba de “t” a la temperatura promedio mensual entre los periodos de pre-impacto y post-impacto aplicada a la subcuenca del río Yautepec con resultados significativos (en amarillo los decrementos y en rojo los incrementos)*

No.	Estac.	Nombre	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
-----	--------	--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	17001	ATLATLAHUACAN	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	17012	OAXTEPEC, YAUTEPEC	X			X	X	X	X	X	X	X		X
4	17018	TICUMAN, TLALTIZAPAN	X	X	X	X	X	X			X			X
5	17024	YAUTEPEC, YAUTEPEC	X	X	X	X	X	X	X	X				X
6	17038	NEXPA, TLALQUILTENANGO		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	17049	TEPOZTLAN E-12,	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	17051	TOTOLALPAN E-10	X	X		X	X	X				X	X	X

**2.5.2.2 Prueba de “t” aplicada a los promedios mensuales de la temperatura para los periodos de pre-impacto y post-impacto de la subcuenca del río Cuautla.**

**Estación meteorológica Cuautla, Cuautla (SMN)**

La Estación 017003 (Cuautla, Cuautla SMN) se observan decrementos significativos en la temperatura observada para casi todos los meses del año, excepto para febrero, mayo, junio y diciembre, con una diferencia entre 0.2 a 0.8° C (julio y enero, respectivamente), entre los periodo de pre-impacto (1976 -1992) y post-impacto (1993 – 2009) como puede observarse en el Tabla 2.34 y Figura 2.59. Sin embargo, el mes de noviembre registra un incremento significativo de 0.5° C.

Tabla 2.34 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1926-1966) y post-impacto o G2 (1967-2006) de la estación meteorológica 017003 (Cuautla, Cuautla (SMN) de la Subcuenca del río Cuautla)

										F-
		Valo			No.	No.			Razon	
Med	Medi	r de			Datos	Datos	Std.	Std.	Varianz	
ia G1	a G2	"t"	df	p	G1	G2	G1	G2	a	F

ENE	14.7	13.8	6.59	207 3	0.00000 0	867	1208	3.268	2.51 8	1.685	0.000000
FEB	15.6	15.6	0.02	186 1	0.98607 0	762	1101	3.521	3.06 8	1.317	0.000031
MA R	18.2	17.7	4.35	207 4	0.00001 4	836	1240	2.945	2.91 6	1.020	0.751449
ABR	20.1	19.8	2.95	197 7	0.00325 3	780	1199	2.757	2.61 0	1.116	0.090605
MAY	21.4	21.3	0.77	201 2	0.43942 4	774	1240	2.691	2.38 5	1.273	0.000173
JUN	20.7	20.7	- 0.48	196 1	0.63100 7	794	1169	2.523	2.19 5	1.321	0.000016
JUL	19.8	19.5	2.26	201 2	0.02401 9	837	1177	2.350	1.80 7	1.691	0.000000
AGO	19.9	19.2	6.73	204 2	0.00000 0	836	1208	2.716	1.72 0	2.493	0.00
SEP	19.6	19.1	4.92	199 1	0.00000 1	840	1153	2.337	1.82 1	1.647	0.000000
OCT	18.7	18.1	5.69	204 2	0.00000 0	836	1208	2.626	2.03 0	1.672	0.000000
NOV	16.1	16.7	- 4.07	189 1	0.00004 9	754	1139	3.129	2.67 6	1.367	0.000002
DIC	14.7	14.7	- 0.54	201 1	0.58904 7	836	1177	3.186	2.43 6	1.710	0.000000



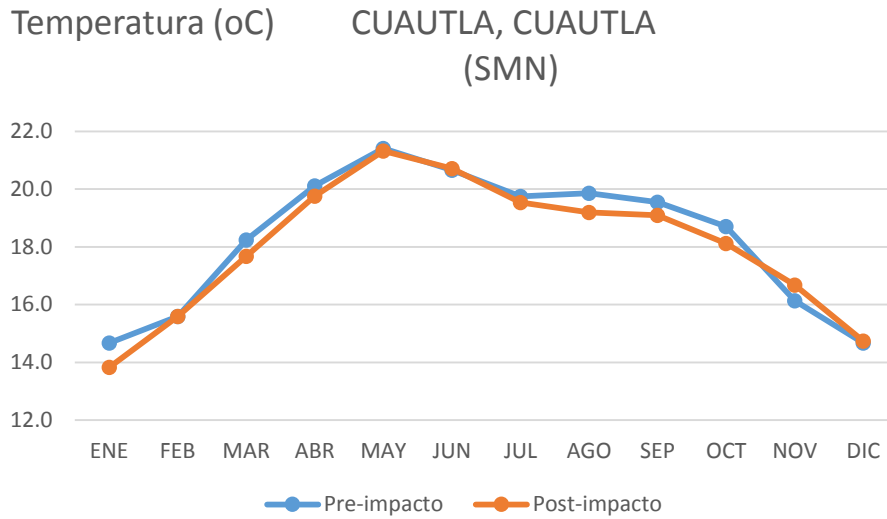


Figura 2.59 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Cuautla, Cuautla (SMN) (017003) para el periodo de pre-impacto (1926 – 1966) y post-impacto (1967 – 2006) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Cuautla, Cuautla entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.60. En esta estación se observaron incrementos significativos en la temperatura en todos los meses del año, excepto en febrero, mayo, junio y diciembre, con valores significativos de decremento de la temperatura que van de de -0.2 a -0.8 °C. Y con incrementos significativos de temperatura solo en noviembre de 0.5 °C.

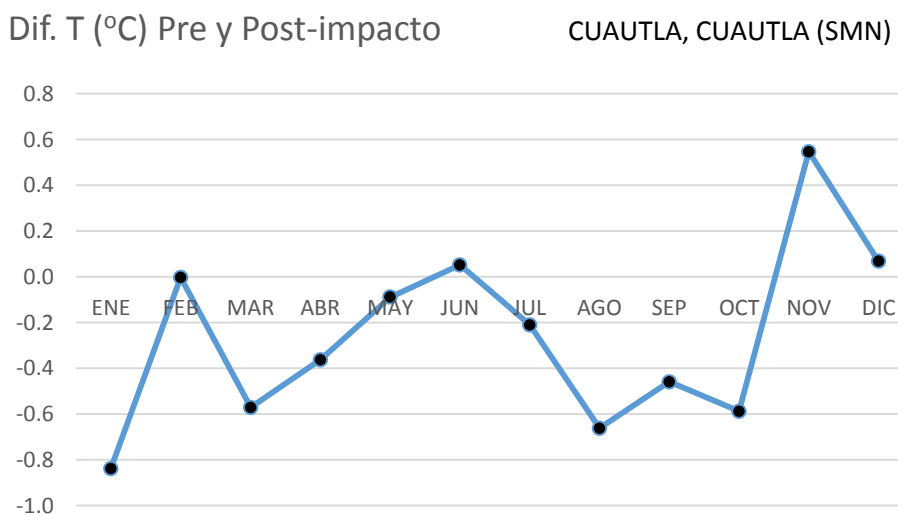


Figura 2.60 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1926 - 1966) y post-impacto (1967 – 2006) para la estación Cuautla, Cuautla (SMN) en subcuenca del río Cuautla (puntos negros señalan los meses con diferencias significativas).

### Estación Meteorológica Cuautla, Cuautla (DGE)

La Estación 017005 (Cuautla, Cuautla - DGE) señala incrementos significativos en la temperatura observada para casi todos los meses del año, excepto para mayo, con una diferencia entre 0.3 a 1.1<sup>o</sup> C (julio y enero, respectivamente), entre los periodo de pre-impacto (1955 -1982) y post-impacto (1983 – 2009) como puede observarse en el Tabla 2.35 y Figura 2.61.

Tabla 2.35 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1955-1982) y post-impacto o G2 (1983-2009) de la estación meteorológica 017005 (Cuautla, Cuautla (DGE) de la Subcuenca del río Cuautla)

	Med ia G1	Medi a G2	Valor de "t"	Valor de "t"	df	p	No. Dat os G1	No. Dat os G2	Std. Std. G1	Std. Std. G2	F- Razon Varianz a	F
ENE	11.1	12.2	-10.98	1672	1672	0.0000 00	837	837	2.265	1.967	1.326	0.000047
FEB	12.2	13.5	-11.26	1523	1523	0.0000 00	762	763	2.449	1.978	1.533	0.000000
MA R	14.9	15.7	-7.09	1672	1672	0.0000 00	837	837	2.510	2.035	1.521	0.000000
ABR	17.9	18.3	-3.64	1648	1648	0.0002 82	840	810	2.496	1.984	1.583	0.000000
MAY	19.5	19.6	-1.16	1672	1672	0.2444 27	837	837	2.298	1.861	1.525	0.000000

JUN	19.2	19.6	-4.65	1648	0.0000	840	810	2.474	1.738	2.026	0.000000
					04						
JUL	18.1	18.5	-3.58	1639	0.0003	835	806	2.163	1.502	2.074	0.000000
					52						
AGO	17.7	18.3	-7.01	1664	0.0000	860	806	2.179	1.317	2.736	0.00
					00						
SEP	17.2	18.1	-9.98	1618	0.0000	840	780	2.238	1.232	3.297	0.00
					00						
OCT	16.4	17.1	-6.61	1672	0.0000	868	806	2.477	1.681	2.169	0.000000
					00						
NOV	14.0	15.2	-10.05	1648	0.0000	840	810	2.781	2.205	1.591	0.000000
					00						
DIC	12.1	13.2	-9.21	1677	0.0000	842	837	2.742	1.965	1.946	0.000000
					00						

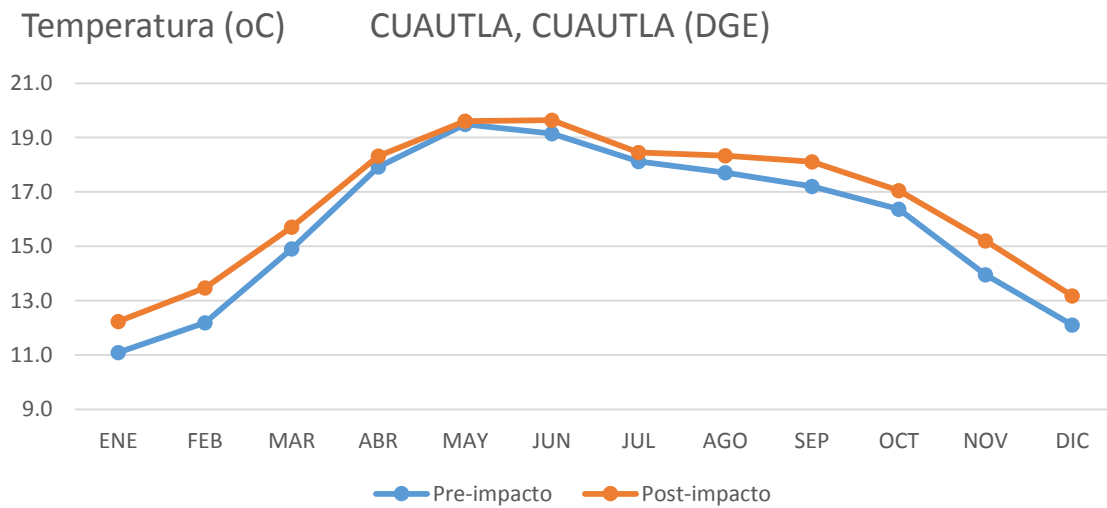


Figura 2.61 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Cuautla, Cuautla - DGE (017005) para el periodo de pre-impacto (1955 – 1982) y post-impacto (1983 – 2002) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Cuautla, Cuautla (DGE) entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.62. En esta estación se observaron incrementos significativos en la temperatura en todos los meses del año, excepto en mayo con valores significativos de que van de 1.3 a 0.3 °C.

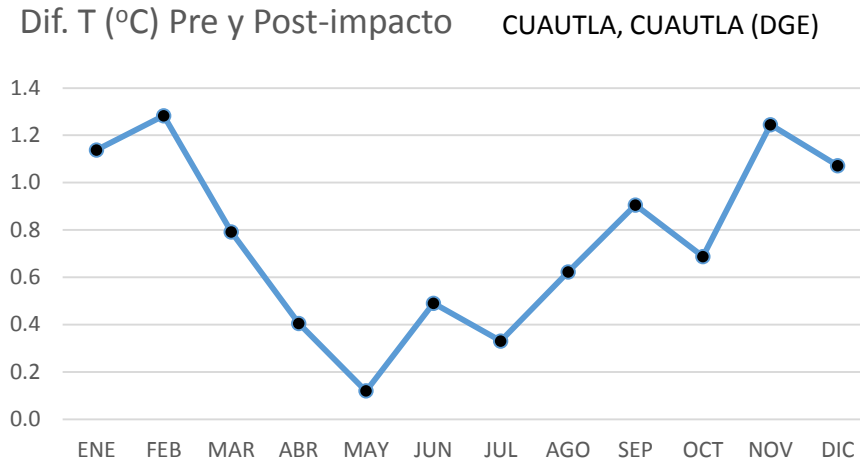


Figura 2.62 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1955 - 1982) y post-impacto (1983 – 2002) para la estación Cuautla, Cuautla (DGE) en subcuenca del río Cuautla.

#### Estación Meteorológica Cuautla, Tetelcingo

La Estación 017017 (Cuautla, Tetelcingo) señaló incrementos significativos en la temperatura observada para todos los meses del año, con una diferencia entre 0.9 a 4.3° C (julio y febrero, respectivamente), entre los periodo de pre-impacto (1955 -1982) y post-impacto (1983 – 2009) como puede observarse en el Tabla 2.36 y Figura 2.63.

Tabla 2.36 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1942 - 1957) y post-impacto o G2 (1958-1973) de la estación meteorológica 017017 (Tetelcingo, Cuautla ) de la Subcuenca del río Cuautla)

	Medi a G1	Medi a G2	Valor de "t"	df	p	No. Datos G1	No. Dat os G2	Std. G1	Std. G2	F- Razon Varianz a	F
ENE	16.2	18.1	-5.86	556	0.00000 0	124	434	4.052	3.055	1.759	0.000037
FEB	14.6	18.9	-14.85	534	0.00	142	394	1.795	3.284	3.347	0.000000
MA R	17.3	20.9	-13.48	618	0.00	186	434	2.649	3.110	1.378	0.012220
ABR	19.8	22.0	-6.97	597	0.00000 0	179	420	3.472	3.446	1.015	0.893459
MAY	20.0	21.8	-6.77	617	0.00000 0	155	464	1.990	3.134	2.481	0.000000
JUN	20.1	21.1	-3.99	607	0.00007 5	161	448	2.856	2.840	1.011	0.914162
JUL	19.1	20.0	-5.08	629	0.00000 0	168	463	2.141	2.016	1.128	0.329833
AGO	18.5	20.1	-8.50	648	0.00000 0	185	465	2.108	2.075	1.032	0.782495
SEP	18.6	19.9	-6.86	627	0.00000 0	179	450	2.603	1.897	1.883	0.000000
OCT	18.1	19.3	-5.14	584	0.00000 0	186	400	2.960	2.319	1.629	0.000066
NOV	17.0	18.3	-4.88	567	0.00000 1	180	389	2.842	2.897	1.039	0.778442
DIC	15.4	18.0	-9.37	587	0.00000 0	186	403	3.708	2.863	1.677	0.000022

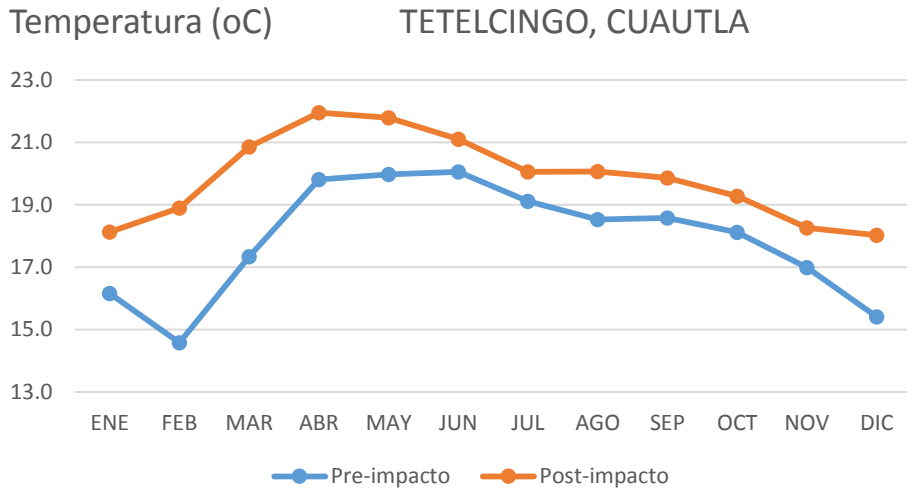


Figura 2.63 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Cuautla, Tetelcingo (017017) para el periodo de pre-impacto (1942 – 1957) y post-impacto (1958 – 1973) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Tetelcingo, Cuautla entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.64. En esta estación se observaron incrementos significativos en la temperatura en todos los meses del año, con valores significativos de incremento de la temperatura que van de -0.2 a -0.8 °C.

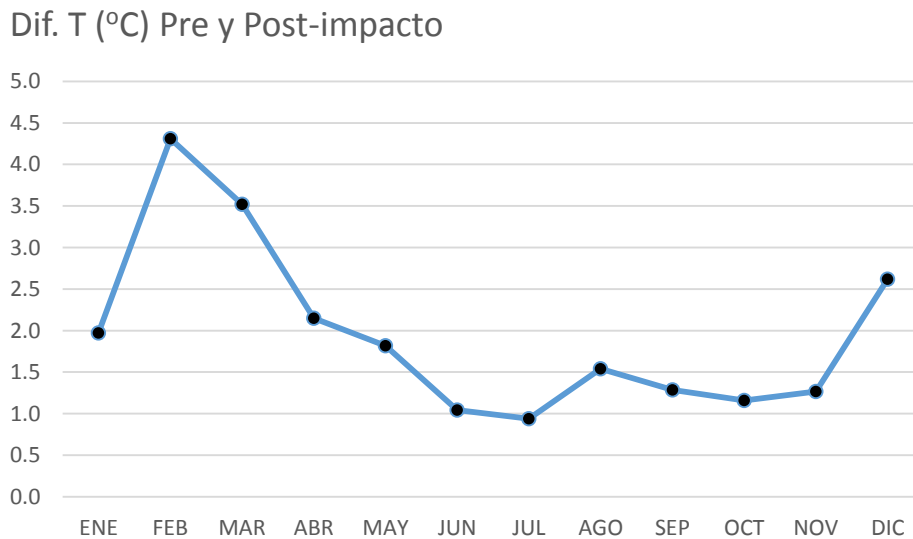


Figura 2.64. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1942 - 1957) y post-impacto (1958 – 1973) para la estación Tetelcingo, Cuautla en subcuenca del río Cuautla.

### Estación Meteorológica Yecapixtla, Yecapixtla

La Estación 017025 (Yecapixtla, Yecapixtla) señaló incrementos significativos en la temperatura observada para diez meses del año, con una diferencia entre 0.5 en julio, agosto, octubre y noviembre y de 1.8º C en diciembre, entre los periodo de pre-impacto (1963 -1974) y post-impacto (1975 – 1985) como puede observarse en el Tabla 2.37 y Figura 2.65.

Tabla 2.37 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1963 - 1974) y post-impacto o G2 (1975-1985) de la estación meteorológica 017025 (Yecapixtla, Yecapixtla ) de la Subcuenca del río Cuautla

	Medi a G1	Medi a G2	Valor de "t"	No. Dato s G1	No. Dato s G2	Std. G1	Std. G2	F-Razon Varianza	F
ENE	13.1	14.3	-6.42	68 5	346	2.304	2.215	1.082	0.466769
FEB	13.6	15.1	-7.38	53 4	254	2.359	2.322	1.032	0.796181
MA R	16.8	17.5	-3.04	58 7	279	2.606	2.676	1.055	0.650384
ABR	19.9	19.9	0.39	56 1	270	1.816	2.139	1.387	0.006531
MAY	20.5	20.5	0.28	64 9	341	1.666	2.179	1.712	0.000001

JUN	19.5	19.6	-0.46	61	0.6433	360	258	1.598	1.942	1.477	0.000661
				6	54						
JUL	18.4	18.9	-4.39	64	0.0000	371	278	1.251	1.665	1.771	0.000000
				7	13						
AGO	18.2	18.7	-4.39	64	0.0000	372	278	1.171	1.993	2.897	0.000000
				8	13						
SEP	18.1	18.1	-0.49	68	0.6208	360	330	1.075	1.695	2.486	0.000000
				8	63						
OCT	17.4	17.9	-4.21	68	0.0000	372	310	1.372	1.972	2.065	0.000000
				0	29						
NOV	16.0	16.5	-3.25	65	0.0012	330	330	2.044	2.212	1.172	0.151206
				8	05						
DIC	13.8	15.6	-	71	0.0000	372	341	2.150	2.103	1.045	0.681296
			11.34	1	00						

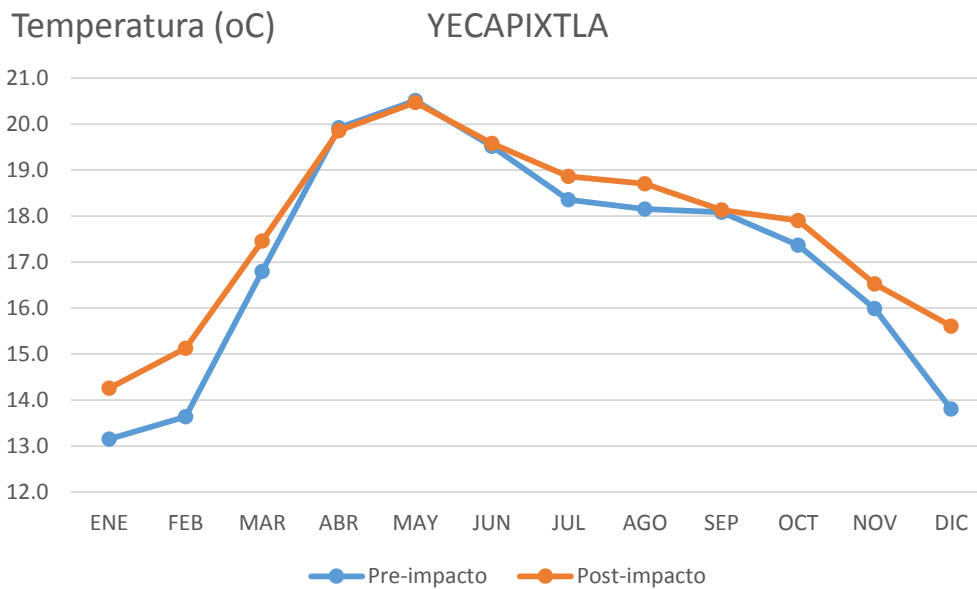


Figura 2.65 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Yecapixtla, Yecapixtla (017025) para el periodo de pre-impacto (1963 – 1974) y post-impacto (1975 – 1985) para la subcuenca del río Cuautla.



Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Yecapixtla entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.66. En esta estación se observaron incrementos significativos en la temperatura en todos los meses del año, excepto en abril, mayo, junio y septiembre. Los valores significativos de incremento de la temperatura que van de 0.5 a 1.8 °C.

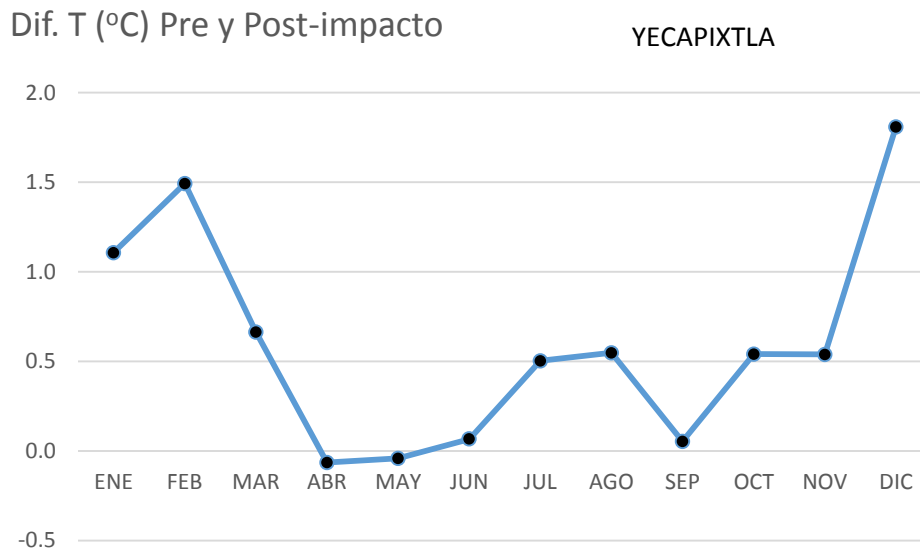


Figura 2.66. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1963 - 1974) y post-impacto (1975 – 1985) para la estación Yecapixtla en subcuenca del río Cuautla.

### Estación Meteorológica Yecapixtla ETA 118

La Estación 017025 (Yecapixtla, ET) señaló decrementos significativos en la temperatura observada para todos los meses del año, con una diferencia entre 0.5 a 2.8° C (enero y mayo, respectivamente), entre los periodo de pre-impacto (1976 -1992) y post-impacto (1993 – 2008) como puede observarse en el Tabla 2.38 y Figura 2.67.

Tabla 2.38 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1976 - 1992) y post-impacto o G2 (1993-2008) de la estación meteorológica 017043 (Yecapixtla, ETA 118 ) de la Subcuenca del río Cuautla

	Med ia G1	Medi a G2	Valo r de "t"	No. Dato s G1	No. Dato s G2	Std. G1	Std. G2	F- Razon Varianz a	F
ENE	12.4	11.9	3.31	524	496	2.286	2.167	1.113	0.2285
			8						72
									0.00097
FEB	13.6	12.9	4.60	450	452	2.399	2.161	1.233	0.0266
			900						59
									0.00000
MAR	16.0	14.9	7.05	492	496	2.519	2.301	1.198	0.0450
			986						91
									0.00000
ABR	19.2	16.9	17.0	509	480	2.202	2.037	1.169	0.0832
			6						51
									0.00
MAY	20.7	17.9	21.9	526	496	2.081	2.003	1.080	0.3886
			9						01
									0.00
JUN	20.0	17.7	19.8	509	479	1.792	1.781	1.012	0.8954
			8						58
									0.00
JUL	18.8	16.6	21.4	527	496	1.561	1.723	1.219	0.0253
			1						66
									0.00
AGO	18.6	16.5	22.3	527	465	1.576	1.459	1.167	0.0878
			8						10
									0.00
SEP	18.1	16.4	16.8	450	450	1.589	1.420	1.252	0.0173
			0						38
									0.00
OCT	17.3	15.8	13.4	520	464	1.764	1.897	1.157	0.1067
			7						79
									0.00
NOV	15.4	14.6	5.28	510	450	2.307	2.397	1.079	0.4067
			958						30
									0.00000

DIC 13.7 12.5 7.26 989 0.00000 526 465 2.452 2.440 1.010 0.9139  
0 15

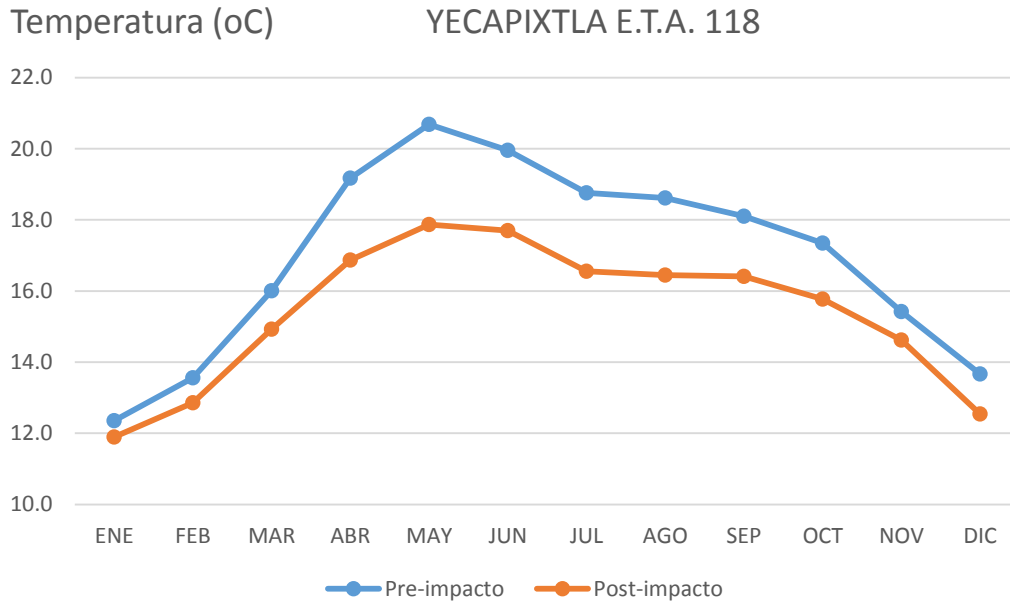


Figura 2.67 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Yecapixtla, ETA 118 (017043) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1992) y post-impacto (1993 – 2008) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Yecapixtla ETA 118 entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.68. En esta estación se observaron decrementos significativos en la temperatura en todos los meses del año, con valores significativos que van de -0.5 a -2.8 °C.

Dif. T (°C) Pre y Post-impacto

YECAPIXTLA E.T.A. 118

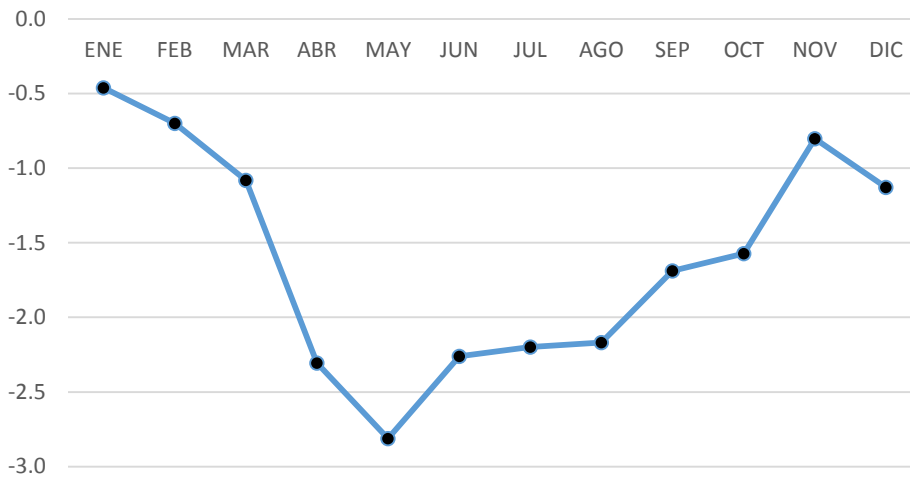


Figura 2.68. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976 - 1992) y post-impacto (1993 – 2008) para la estación Yecapixtla ETA 118 en la subcuenca del río Cuautla.

**Estación Meteorológica Puente de Ocuituco E-5**

La Estación 017048 (Puente de Ocuituco) señaló decrementos significativos en la temperatura observada para casi todos los meses del año, excepto para enero y marzo, con una diferencia entre 0.4 a 1.3° C (febrero y diciembre, respectivamente), entre los periodo de pre-impacto (1982 -1995) y post-impacto (1996 – 2009) como puede observarse en el Tabla 2.39 y Figura 2.69.

Tabla 2.39 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1982 - 1995) y post-impacto o G2 (1996-2009) de la estación meteorológica 017048 (Puente de Ocuituco ) de la Subcuenca del río Cuautla

	Medi a G1	Medi a G2	Valor de "t"	df	p	No. Dat os G1	No. Dato s G2	Std. G1	Std. G2	F- Razon Varianz a	F
ENE	11.5	11.2	1.44	804	0.149437	372	434	2.325	2.723	1.371	0.001728
FEB	12.1	11.7	2.66	732	0.008019	338	396	2.166	1.980	1.198	0.084775
MAR	13.8	14.0	-0.71	773	0.475982	341	434	2.937	2.124	1.911	0.000000
ABR	16.7	15.6	6.62	748	0.000000	330	420	2.121	2.132	1.011	0.920168
MAY	17.9	17.1	6.37	804	0.000000	372	434	1.762	1.748	1.016	0.868734
JUN	17.7	16.5	8.71	718	0.000000	300	420	1.620	1.916	1.399	0.002000
JUL	16.8	15.6	10.54	742	0.000000	310	434	1.387	1.644	1.405	0.001465
AGO	16.4	15.1	11.70	804	0.000000	372	434	1.455	1.530	1.105	0.319492
SEP	16.1	15.2	8.52	778	0.000000	360	420	1.543	1.409	1.199	0.074263
OCT	15.4	14.5	6.41	804	0.000000	372	434	1.885	1.997	1.121	0.254160
NOV	13.9	13.4	3.10	808	0.002001	390	420	2.214	2.609	1.389	0.001034
DIC	12.6	11.4	8.56	804	0.000000	403	403	2.078	2.141	1.061	0.551430

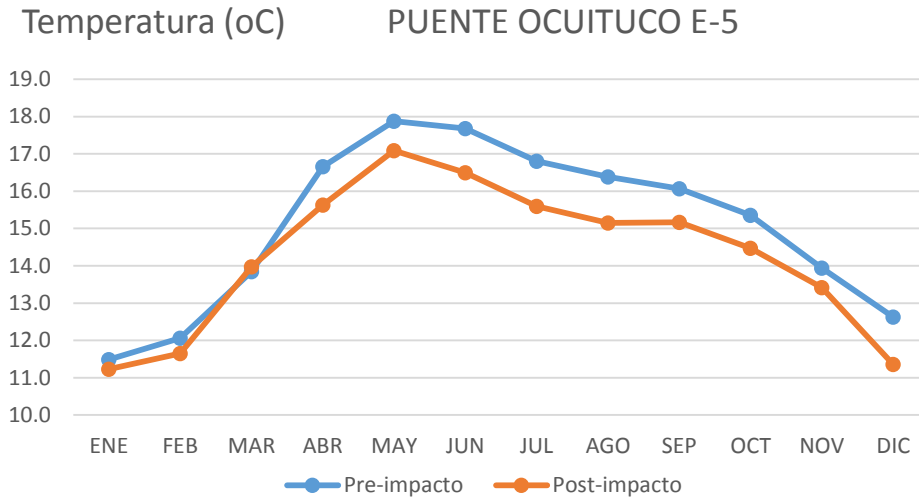


Figura 2.69 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Puente de Ocuituco E-5 (017048) para el periodo de pre-impacto (1982 – 1995) y post-impacto (1996 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Puente de Ocuituco E-5, entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.70. En esta estación se observaron decrementos significativos en la temperatura en todos los meses del año, excepto en enero y marzo, con valores significativos que van de -0.4 a -1.3 °C.

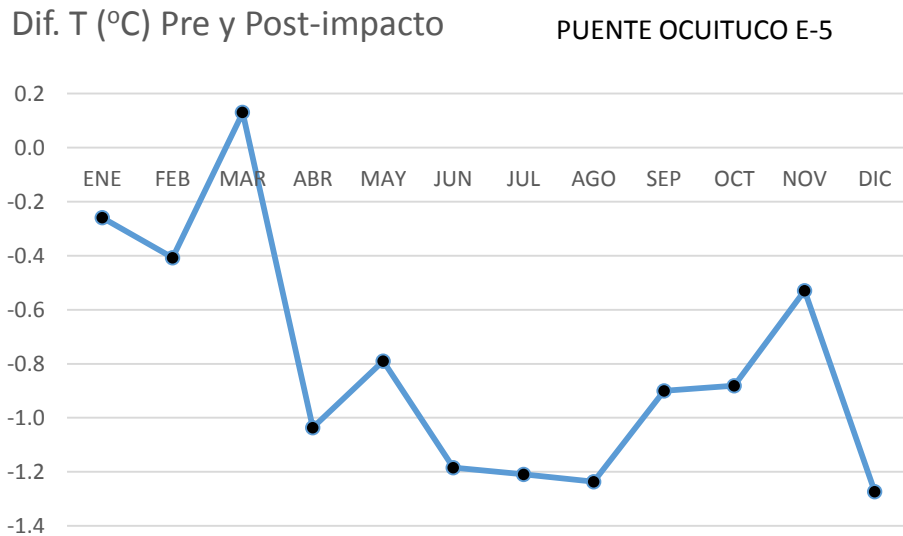


Figura 2.70 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1982 - 1995) y post-impacto (1996 – 2009) para la estación Puente de Ocuituco E-5 de la subcuenca del río Cuautla.

### Estación Meteorológica Yecapixtla, Yecapixtla

La Estación 017052 (Yecapixtla, Yecapixtla) señaló decrementos significativos en la temperatura observada para casi todos los meses del año, excepto para enero, febrero, marzo y junio, con una diferencia entre 0.5 a 1.0° C (septiembre y julio, respectivamente), entre los periodo de pre-impacto (1976 -1990) y post-impacto (1991 – 2004) como puede observarse en el Tabla 2.40 y Figura 2.71.

Tabla 2.40 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1976 - 1990) y post-impacto o G2 (1991-2004) de la estación meteorológica 017052 (Yecapixtla, Yecapixtla ) de la Subcuenca del río Cuautla

	Medi a G1	Medi a G2	Valo r de "t"	No. Dato s	No. Dato s	Std. G1	Std. G2	F- Razon Varianz a	F
ENE	15.2	15.4	-0.66	403	403	2.617	3.990	2.324	0.0000
FEB	16.0	16.2	-0.92	367	367	2.642	4.029	2.325	0.0000
MAR	17.1	17.3	-0.89	341	372	3.052	3.073	1.014	0.9002
ABR	19.4	18.7	3.66	360	360	2.564	2.796	1.189	0.1011

MAY	20.1	19.5	3.22	80 4	0.0013 55	372	434	2.342	2.876	1.508	0.0000 48
JUN	19.6	19.6	- 0.16	77 8	0.8759 63	360	420	1.929	2.546	1.741	0.0000 00
JUL	19.0	18.0	6.51	77 3	0.0000 00	372	403	1.858	2.431	1.711	0.0000 00
AGO	18.9	18.1	3.62	74 2	0.0003 13	341	403	2.122	3.321	2.450	0.0000 00
SEP	18.5	18.0	2.80	74 8	0.0051 88	360	390	2.092	2.589	1.532	0.0000 43
OCT	18.3	17.7	3.54	74 2	0.0004 28	372	372	2.074	2.921	1.984	0.0000 00
NOV	17.6	16.7	3.80	74 8	0.0001 55	390	360	2.514	3.702	2.168	0.0000 00
DIC	16.3	15.7	2.88	64 9	0.0040 84	403	248	2.533	3.030	1.431	0.0014 71

Temperatura (oC) YECAPIXTLA, YECAPIXTLA

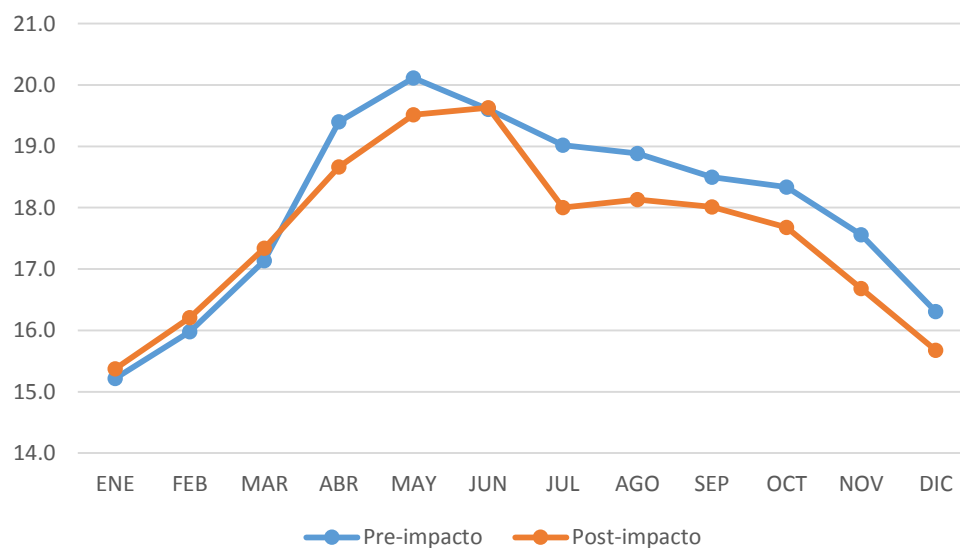




Figura 2.71 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación yecapixtla, Yecapixtla (017052) para el periodo de pre-impacto (1976 – 1990) y post-impacto (1991 – 2004) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Yecapixtla, Yecapixtla, entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.72. En esta estación se observaron decrementos significativos en la temperatura en todos los meses del año, excepto en enero, febrero, marzo y junio, con valores significativos que van de -0.5 a -1.0 °C.

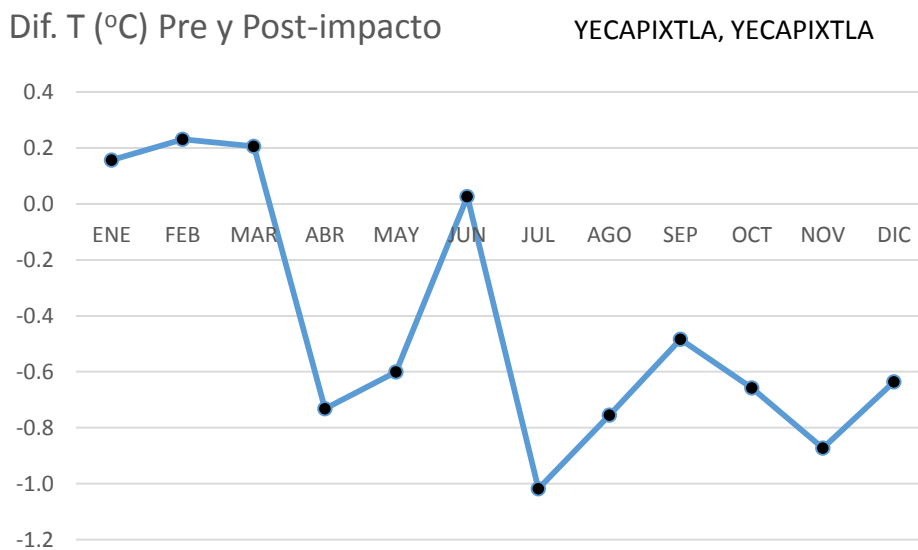


Figura 2.72. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1976- 1990) y post-impacto (1991 – 2004) para la estación Yecapixtla, Yecapixtla de la subcuenca del río Cuautla.

#### Estación Meteorológica Moyotepec, Villa de Ayala

La Estación 017054 (Moyotepec, Villa de Ayala) señaló decrementos significativos en la temperatura observada en cuatro meses del año, (enero, febrero, octubre, noviembre y diciembre,

con una diferencia entre 1.1 en octubre, a 3.4<sup>o</sup> C en enero y diciembre. Por el contrario, los meses de mayo y junio mostraron incrementos de 0.9 y 0.4<sup>o</sup> C, respectivamente entre los periodo de pre-impacto (1976 -1990) y post-impacto (1991 – 2004) como puede observarse en el Tabla 2.41 y Figura 2.73.

Tabla 2.41 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1978 - 1993) y post-impacto o G2 (1994-2009) de la estación meteorológica 017054 (Moyotepec, Villa de Ayala ) de la Subcuenca del río Cuautla

	Medi a G1	Medi a G2	Valo r de "t"	No. Dat os G1	No. Dat os G2	F- Razon Varianz a	Std. G1	Std. G2	F
ENE	19.4	15.9	12.28	403	496	1.665	4.731	3.666	0.000000
FEB	19.5	17.9	6.178	368	452	1.092	3.657	3.500	0.374722
MAR	20.1	19.7	1.707	403	496	1.089	3.389	3.247	0.365997
ABR	20.5	20.5	0.138	390	480	1.586	2.058	2.592	0.000002
MAY	20.4	21.3	-5.307	434	465	2.229	1.927	2.877	0.000000
JUN	20.4	20.8	-2.528	420	420	1.631	1.842	2.352	0.000001
JUL	20.3	20.3	0.256	434	434	2.160	1.665	2.447	0.000000
AGO	20.3	20.3	0.287	435	434	2.921	1.597	2.729	0.000000
SEP	20.2	20.1	0.741	463	420	1.966	1.895	2.657	0.000000

OCT	20.1	19.0	5.68	85	0.0000	395	465	2.433	3.149	1.676	0.000000
				8	00						
NOV	19.7	17.9	7.49	86	0.0000	420	450	3.272	3.820	1.363	0.001341
				8	00						
DIC	19.1	15.8	12.7	89	0.00	434	465	3.858	4.081	1.119	0.234121
			8	7							

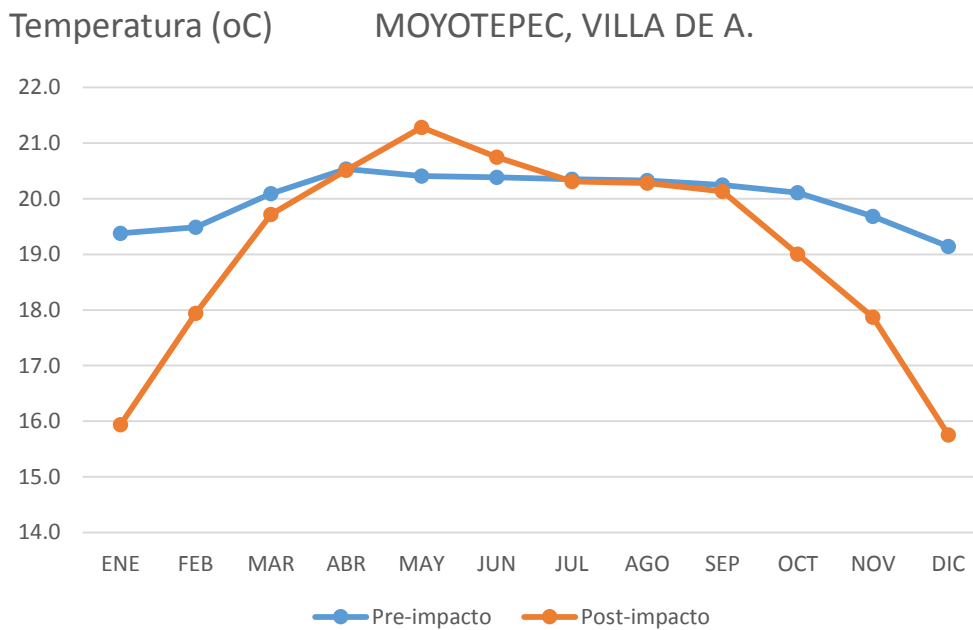


Figura 2.73 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Moyotepec, Villa de Ayala (017054) para el periodo de pre-impacto (1978 – 1993) y post-impacto (1994 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Moyotepec, Villa de Ayala entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.74. En esta estación se observaron incrementos significativos en la temperatura en mayo y junio con 0.9 y 0.4 °C, respectivamente. Por el contrario, para enero, febrero, octubre, noviembre y diciembre decrementos en la temperatura con valores significativos que van de -0.1 a -3.4 °C.

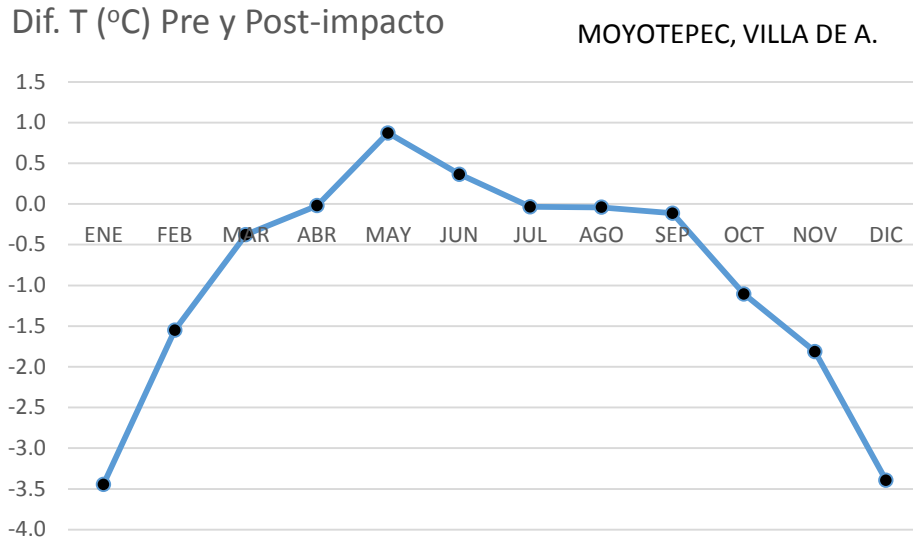


Figura 2.74. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1978 - 1993) y post-impacto (1994 – 2009) para la estación Yecapixtla, Yecapixtla de la subcuenca del río Cuautla.

### Estación Meteorológica Alpanica, Tetela del Volcán

La Estación 017060 (Alpanoca, Tetela del Volcán) señaló decrementos significativos en la temperatura observada en todos los meses del año, con una diferencia entre 0.4 en febrero y diciembre, a 3.5° C en mayo entre los periodo de pre-impacto (1980 -1994) y post-impacto (1995 – 2009) como puede observarse en el Tabla 2.42 y Figura 2.75.

Tabla 2.42 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1980 - 1994) y post-impacto o G2 (1995-2009) de la estación meteorológica 017060 (Alpanocan, Tetela del Volcán) de la Subcuenca del río Cuautla

Medi		Valo	No.		Std.		F-Razon	
a G1	a G2	r de	Dato	No.	Std.	Std.	F-Razon	
		"t"	s G1	Dat	G1	G2	Varianza	F
		df						
		p						

OS											
G2											
ENE	8.9	8.3	6.1	866	0.0000	434	434	1.618	1.698	1.101	0.317307
FEB	9.4	9.1	3.0	817	0.0032	395	424	1.866	1.677	1.238	0.030957
MAR	12.1	10.9	10.3	897	0.0000	434	465	2.044	1.699	1.447	0.000092
ABR	15.4	12.3	26.4	868	0.00	420	450	1.826	1.712	1.137	0.179981
MAY	16.4	12.9	33.4	928	0.00	465	465	1.759	1.429	1.515	0.000008
JUN	15.5	12.7	29.3	868	0.00	420	450	1.482	1.319	1.263	0.015221
JUL	14.6	11.8	33.8	926	0.00	463	465	1.259	1.205	1.091	0.347989
AGO	14.2	12.0	28.7	928	0.00	465	465	1.260	1.089	1.338	0.001762
SEP	13.7	11.8	23.9	897	0.00	449	450	1.228	1.035	1.407	0.000314
OCT	12.3	11.3	8.89	927	0.0000	464	465	1.586	1.764	1.238	0.021804
NOV	10.7	9.9	7.20	894	0.0000	446	450	1.548	1.924	1.544	0.000005
DIC	9.4	9.0	2.63	866	0.0086	465	403	1.618	2.373	2.152	0.000000

Temperatura (oC) ALPANOCAN, TETELA DEL V.

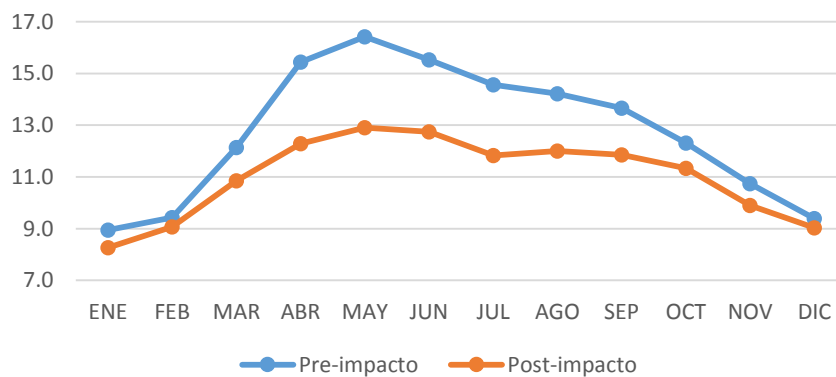


Figura 2.75 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Alpanocan, Tetela del Volcán (017060) para el periodo de pre-impacto (1980 – 1994) y post-impacto (1995 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Alpanocan, Tetela del Volcán entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.76. En esta estación se observaron decrementos significativos en la temperatura en todos los meses del año, con valores significativos que van de -0.4 a -3.5 °C.

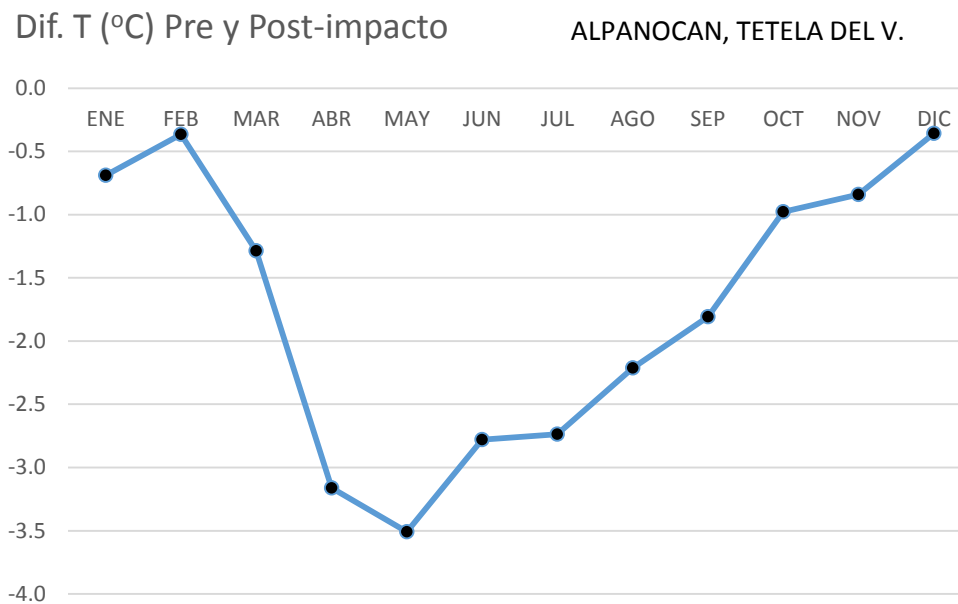


Figura 2.76. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1980 - 1994) y post-impacto (1995 – 2009) para la estación Yecapixtla, Yecapixtla de la subcuenca del río Cuautla.

#### Estación Meteorológica Tecajec, Yecapixtla

La Estación 017063 (Tecajec, Yecapixtla) señaló incrementos significativos en la temperatura observada en todos los meses del año, con una diferencia entre 0.5° C en agosto, a 3.2° C en enero, entre los periodo de pre-impacto (1981 -1995) y post-impacto (1996 – 2009) como puede observarse en el Tabla 2.43 y Figura 2.77.

Tabla 2.43 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1981 - 1995) y post-impacto o G2 (1996-2009) de la estación meteorológica 017063 (Tecajec, Yecapixtla) de la Subcuenca del río Cuautla

	Medi a G1	Medi a G2	Valor de "t"	No. df	No. p	No. Dat os G1	No. Dato s G2	Std. G1	Std. G2	F- Razon Varianz a	F
ENE	11.3	14.6	-12.76	463	0.00	217	248	2.133	3.166	2.203	0.000000
FEB	13.2	16.0	-12.02	422	0.00000	198	226	1.861	2.760	2.199	0.000000
MAR	15.9	18.0	-7.99	463	0.00000	217	248	3.132	2.518	1.548	0.000909
ABR	18.2	20.6	-10.09	388	0.00000	180	210	2.170	2.404	1.228	0.157607
MAY	18.8	20.3	-6.96	432	0.00000	217	217	2.049	2.340	1.304	0.051721
JUN	17.4	18.9	-5.95	418	0.00000	210	210	2.374	2.794	1.385	0.018917
JUL	17.0	18.1	-5.96	401	0.00000	186	217	1.492	2.005	1.805	0.000041
AGO	16.6	17.2	-3.38	401	0.00081	217	186	1.237	1.730	1.957	0.000002
SEP	16.5	17.5	-6.78	388	0.00000	210	180	1.360	1.529	1.264	0.102879
OCT	16.2	17.7	-9.58	401	0.00000	217	186	1.473	1.711	1.349	0.034245
NOV	14.2	16.9	-13.00	388	0.00	210	180	1.829	2.211	1.462	0.008191
DIC	12.6	15.5	-12.72	401	0.00	217	186	2.058	2.594	1.589	0.001061

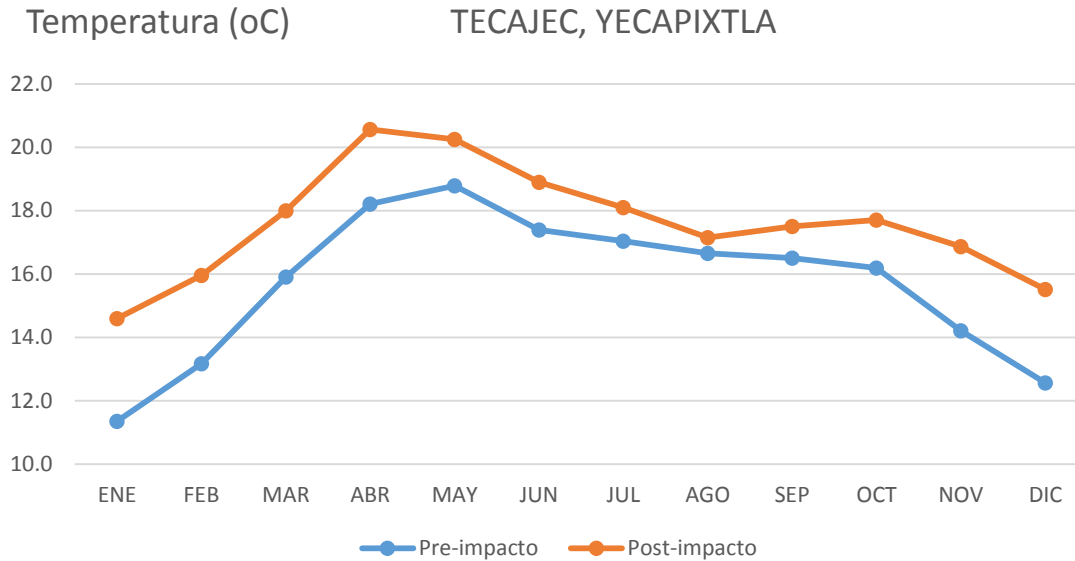


Figura 2.77 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Tecajec, Yecapixtla (017063) para el periodo de pre-impacto (1981 – 1995) y post-impacto (1996 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Tecajec, Yecapixtla entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.78. En esta estación se observaron incrementos significativos en la temperatura en todos los meses del año, con valores significativos que van de 0.5 a 3.2 °C.



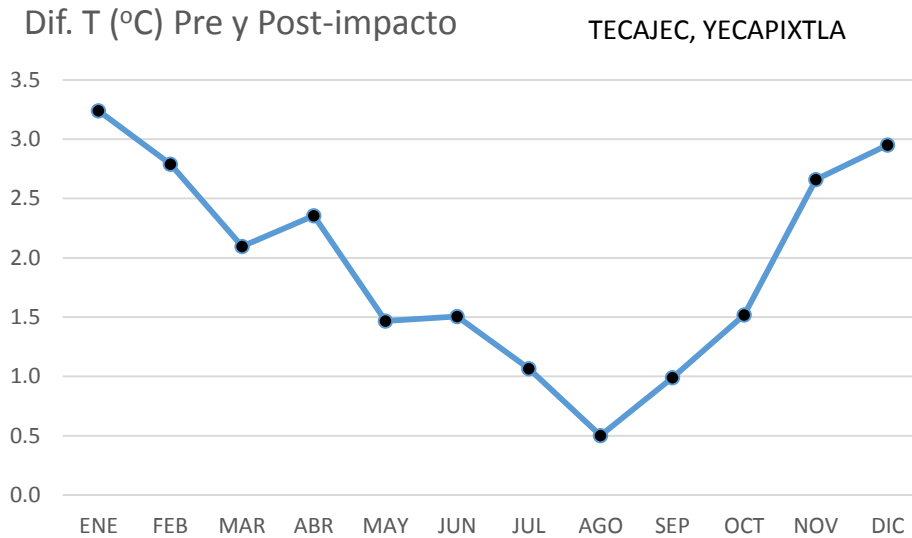


Figura 2.78 Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1981 - 1995) y post-impacto (1996 – 2009) para la estación Yecapixtla, Yecapixtla de la subcuenca del río Cuautla.

#### Estación Meteorológica Temoalco, Villa de Ayala

La Estación 017064 (Temoalco, Villa de Ayala) señaló incrementos significativos en la temperatura observada en los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, con una diferencia entre 0.8° C en diciembre, a 8.1° C en noviembre, entre los periodo de pre-impacto (1981 -1995) y post-impacto (1996 – 2009) como puede observarse en el Tabla 2.44 y Figura 2.79. Para los restantes meses del año un decremento en la temperatura observada que va de 1.5° C en octubre, a 5.5° C en junio.

Tabla 2.44 Prueba de “t” aplicada a los promedios de temperatura observada para los periodos de pre-impacto o G1 (1981 - 1995) y post-impacto o G2 (1996-2009) de la estación meteorológica 017064 (Temoalco, Villa de Ayala) de la Subcuenca del río Cuautla

	Medi a G1	Medi a G2	Valor de "t"	df	p	No. Dat os G1	No. Dat os G2	Std. G1	Std. G2	F- Razon Varianz a	F
NE	12.1	14.2	-6.77	33 9	0.0000 00	217	124	2.687	2.696	1.006	0.956196
FEB	13.5	15.4	-6.10	30 9	0.0000 00	198	113	2.675	2.477	1.167	0.369668
MA R	15.4	15.5	-0.05	33 8	0.9570 01	217	123	2.803	3.500	1.559	0.004655
ABR	17.7	13.0	19.39	32 8	0.00 00	210	120	2.042	2.209	1.170	0.322807
MAY	19.6	15.9	10.13	33 9	0.0000 00	217	124	1.840	4.752	6.669	0.00
JUN	19.5	14.0	17.32	32 8	0.00 00	210	120	1.357	4.223	9.680	0.00
JUL	18.1	14.8	10.51	33 9	0.0000 00	217	124	1.486	4.209	8.023	0.00
AGO	18.0	15.7	7.54	33 9	0.0000 00	217	124	1.300	4.279	10.841	0.00
SEP	18.1	16.4	6.12	26 8	0.0000 00	180	90	1.344	3.297	6.018	0.000000
OCT	16.3	14.8	4.33	30 8	0.0000 21	217	93	1.971	4.029	4.177	0.000000
NOV	13.3	21.4	- 17.65	23 8	0.00 00	180	60	2.647	4.122	2.425	0.000008
DIC	12.7	13.5	-2.21	27 7	0.0282 49	217	62	2.552	2.642	1.072	0.706048

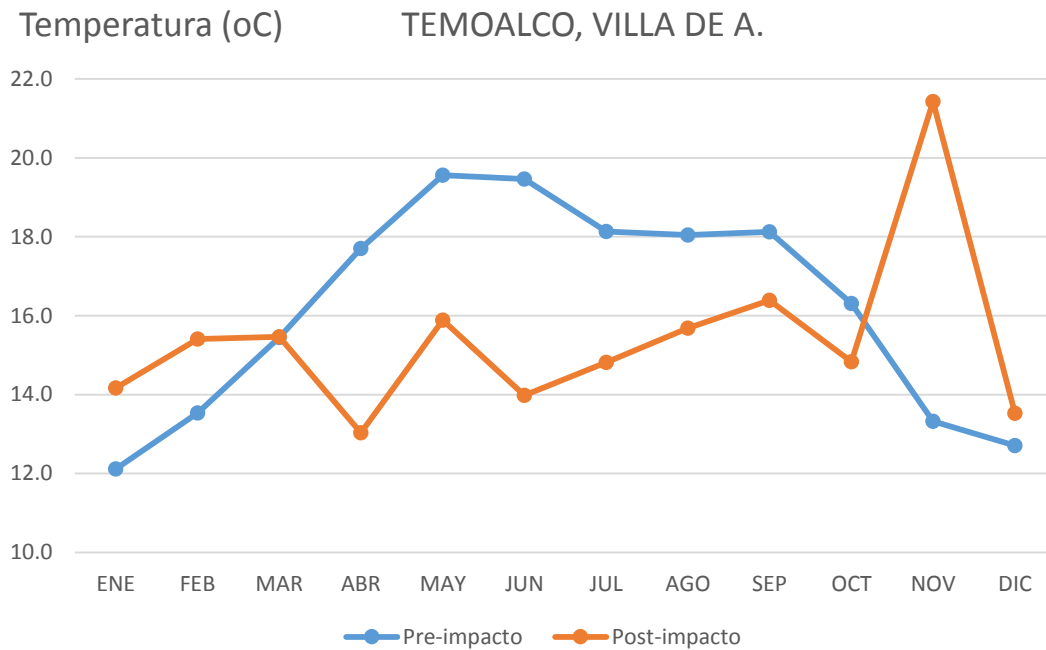


Figura 2.79 Promedios mensuales de la temperatura observada en la estación Temoalco, Villa de Ayala (017064) para el periodo de pre-impacto (1981 – 1995) y post-impacto (1996 – 2009) para la subcuenca del río Cuautla.

Las diferencias netas en la variación de la Temperatura promedio mensual para la estación Temoalco, Villa de Ayala entre los periodos de pre-impacto y post-impacto, se muestran en la Figura 2.80. En esta estación se observaron variaciones significativas en todos los meses del año, excepto para marzo. Los incrementos significativos en la temperatura en se presentaron en enero febrero, noviembre y diciembre (época de estiaje) con 2.1, 1.9, 8.1 y 0.8 °C, respectivamente. Los meses restantes con decrementos significativos que van de

-1.5 a -5.5 °C.

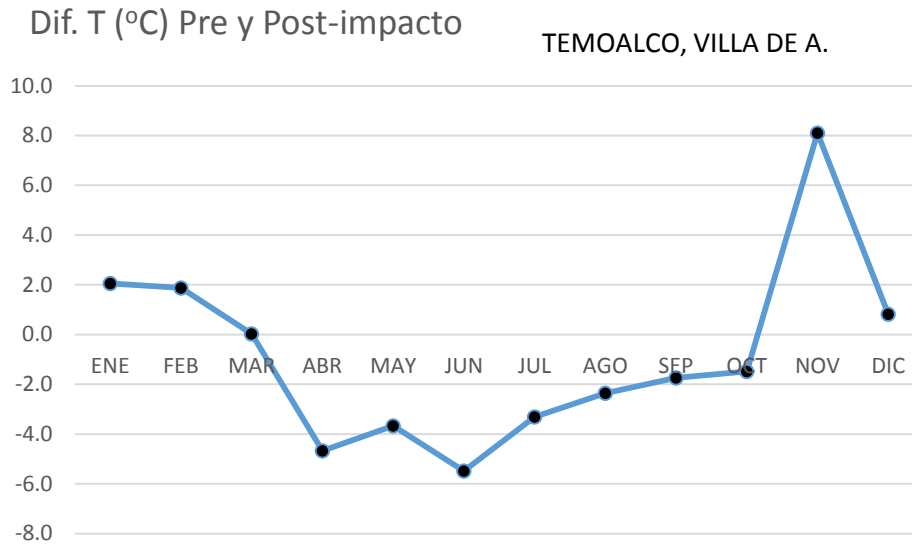


Figura 2.80. Diferencia de temperatura promedio para los diferentes meses del año entre el periodo de pre-impacto (1981 - 1995) y post-impacto (1996 – 2009) para la estación Temoalco, Villa de Ayala de la subcuenca del río Cuautla.

### Resultados de la temperatura promedio mensual significativa entre los periodos de pre-impacto y post-impacto para la subcuenca del río Cuautla

La temperatura promedio mensual en la subcuenca del río Cuautla señaló incrementos significativos en todo el año en las estaciones Cuautla, Cuautla (DGE), Tetelcingo, Cuautla, Yecapixtla, Tecajec y Yecapixtla. Sin embargo, en las estaciones Yecapixtla E.T.A. 118, Puente Ocuituco E-5, Yecapixtla, Yecapixtla, Alpanocan, Tetela del Volcán registraron decrementos significativos en prácticamente todo el año. Algunas estaciones como Moyotepec, Tetela del Volcán, solo mostró un incremento significativo en los meses de secas y decrementos en la temperatura promedio mensual en la época de otoño. La estación Cuautla, Cuautla (SMN), solo mostró un incremento significativo en el mes de noviembre (Tabla .2.45).

Tabla 2.45. Prueba de “t” a la temperatura promedio mensual entre los periodos de pre-impacto y post-impacto aplicada a la subcuenca del río Cuautla con resultados significativos (en amarillo los decrementos y en rojo los incrementos)

No.	Estac.	Nombre	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2	17003	CUAUTLA, CUAUTLA (SMN)	X		X	X			X	X	X	X	X	
3	17005	CUAUTLA, CUAUTLA (DGE)	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
5	17017	TETELCINGO, CUAUTLA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	17025	YECAPIXTLA	X	X	X				X	X		X	X	X
10	17043	YECAPIXTLA E.T.A. 118	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	17048	PUENTE OCUITUCO E-5		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	17052	YECAPIXTLA, YECAPIXTLA				X			X	X	X	X	X	X
16	17054	MOYOTEPEC, VIILA DE A.	X	X			X	X				X	X	X
17	17060	ALPANOCAN, TETELA DEL V.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18	17063	TECAJEC, YECAPIXTLA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19	17064	TEMOALCO, VILLA DE A.	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X

## 2.6. Conclusiones

Las estaciones meteorológicas de la subcuenca del río Yautepec presentaron un periodo de lluvias comprendido de junio a septiembre. Sin embargo las estaciones 17001 (Atlatlahuacan), 17012 (Oaxtepec, Yautepec) y 17050 (Tlayacapan E-11) con un periodo de lluvias reducido a los meses de agosto y septiembre, caracterizadas por encontrarse ubicadas al norte de la misma.

En la subcuenca del río Cuautla también se presentó un periodo de lluvias de junio a septiembre en la mayoría de las estaciones meteorológicas, excepto para las estaciones 17003 (Cuautla, Cuautla SMN) y la 17005 (Cuautla, Cuautla DGE) con ubicación muy cercana geográficamente en la parte media de la subcuenca.

La estación meteorológica con menores temperaturas promedio mensual durante el año para la subcuenca del río Yautepec fue la 17051 (Totolalpan E-10) caracterizada por ubicarse a una mayor altitud (1920 msnm) con respecto a las otras estaciones meteorológicas de la subcuenca. Para la subcuenca del río Cuautla la estación que registró las más bajas temperaturas promedio anual fue la 17054 (Moyotepec, Villa de Ayala) ubicada a 1165 msnm.

Los meses del año que mostraron mayores diferencias significativas en la prueba de “t” para la precipitación promedio mensual en la subcuenca del río Yautepec fueron los meses de agosto y septiembre. Sin embargo, las estaciones 17001 (Atlahuacan) señaló un decremento en las precipitaciones en el mes de abril, mayo, julio y septiembre; la estación 017024 (Yautepec, Yautepec) un abatimiento en los meses de enero y mayo.

Para la subcuenca del río Cuautla el abatimiento de la precipitación en la estación 017003 (Cuautla, Cuautla) en los meses de mayo y septiembre; en la estación 017005 (Cuautla, Cuautla - DGE) en julio; en la estación 017017 (Tetelcingo, Cuautla) un abatimiento de la precipitación en agosto; en la 017048 (Puente de Ocuituco) el abatimiento en el mes de noviembre; en la 017054 (Moyotepec, Villa de Ayala) en el mes de enero; en la 017060 (Alpalocan, Tetela del Volcán) en el mes de febrero y junio; en la 017063 (Tecajec, án) en el mes de febrero y junio; en la 017063 (Tecajec, Yecapixtla) en el mes de marzo; y en la 017064 (Temoalco, Villa de Ayala) en los meses de junio y agosto.

Para la temperatura promedio mensual se observaron diferencias significativas en la mayor parte del año tanto para la subcuenca del río Yautepec como para la subcuenca del río Cuautla. Sin embargo en la subcuenca del río Yautepec sólo se observaron incrementos significativos en las estaciones 017018 (Ticuman, Tlaltizapan), 017024 (Yautepec, Yautepec), 017049 (Tepoztlán, E-12).

Para la subcuenca del río Cuautla los incrementos de temperatura significativos se registraron en las estaciones: 017003 (Cuautla, Cuautla – SMN), 017005 (Cuautla, Cuautla – DGE),

017025 (Yecapixtla, Yecapixtla), 017054 (Moyotepec, Villa de Ayala), 017063 (Tecajec, Yecapixtla) y 017064 (Temoalco, Villa de Ayala)

## 2.7. Literatura citada

García, E., 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México.

Arnell N.W. (2010). "Adapting to climate change: an evolving research programme". *Climate Change* 100: 107–111.

Gutiérrez, A. y Palerm, V.J., 2001. Organización Social y Problemática del Agua en la Cuenca del Río Cautla, Mor. XI Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 5. Manejo Integral de Cuencas, ANEI-S50112: 9-21. Disponible en la Web [http://jacintapalerm.hostei.com/anei\\_cautla.pdf](http://jacintapalerm.hostei.com/anei_cautla.pdf)

Jones, Ph. D., · T.M.L. Wigley (2010). "Estimation of global temperature trends: what's buckets important and what isn't". *Climatic Change* 100:59–69.

Kobashi T, J.P. Severinghaus, J.M. Barnola, K. Kawamura, T. Carter, T. Nakaegawa (2009). "Persistent multi-decadal Greenland temperature fluctuation through the last millennium". *Climatic Change*. Recuperado de: <http://Springerlink.com>, DOI 10.1007/s10584-009-9689-9.

Link, P.M., Tol, R.S.J. (2009). Estimation of the economic impact of temperature changes induced by a shutdown of the thermohaline circulation: an application of FUND. 201. *Clim Chang*. Springerlink.com DOI 10.1007/s10584-009-9796-7.

Microsoft Corporation, 2004. Statistica, The Small Book, StatSoft, United States.

Río Yautepec. Proyecto de Gestión de la Sociedad Civil del Estado de Morelos. Disponible en la 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.

Swart R., Bernstein, L., Ha-Duong, M., Petersen. A., 2010. Agreeing to disagree: uncertainty management in assessing climate change, impacts and responses by the IPCC. *Climatic Change* 92, 1–29.

TNC (The Nature Conservancy), Indicators of Hydrologic Alteration, Version 7 User's Manual, Totten Software Design, Smythe Scientific Software, Unite States, [Online][http://core.ecu.edu/wasklewicz/GEOG7221/iha\\_man.pdf](http://core.ecu.edu/wasklewicz/GEOG7221/iha_man.pdf). 2006.

Yarime M, Y. Takeda, Y. Kajikawa (2010). Towards institutional analysis of sustainability science: a quantitative examination of the patterns of research collaboration. *Sustain Science*. 5: 115–125.



### 3. Estudio de Calidad del Agua

Para establecer la calidad del agua en los ríos Yautepec y Cuautla se definió efectuar una campaña de muestreo en época de estiaje, la cual determina condiciones críticas a la que puede estar sujeta una corriente de agua, con la influencia de descargas de aguas residuales. En este caso ambas cuencas, la 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.

La idea de este capítulo es efectuar una caracterización de la variación de la calidad del agua a la que están sometidos los ríos Yautepec y Cuautla, en función a las fuentes de contaminación que descargan a estos, y determinar su capacidad de asimilación de contaminantes en base a una sola campaña de monitoreo. Por tal motivo las estaciones de monitoreo se eligieron en los cauces de los ríos, con una selección de las 5 descargas principales en las cuencas dado su caudal e importancia (PTAR de Tepoztlán, PTAR de Yautepec, PTAR de Cuautla, PTAR de Tlaltizapán y PTAR de Jiutepec). La selección de estos sitios fue consultada con personal de la Subgerencia de Calidad del Agua del Organismo de Cuenca Balsas.

Debido a que la campaña de muestreo no fue posible efectuarla a finales del estiaje de 2014, se optó por esperar al final de la temporada de lluvias. Las condiciones encontradas durante la campaña de monitoreo no permitieron definir una condición de estiaje como tal, ya que la temporada de lluvias se prorrogó, y se presentaron lluvias aisladas durante la campaña de monitoreo.

La selección de los parámetros se muestra en la

Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Parámetros seleccionados para las muestras de agua

<b>Parámetros</b>
Alcalinidad total (prueba fisicoquímica)
Carbón orgánico total (prueba fisicoquímica)
Cianuros (prueba fisicoquímica)
Cloruros (prueba fisicoquímica)
Color verdadero (prueba fisicoquímica)
Cromo hexavalente (prueba fisicoquímica)
Demanda bioquímica de oxígeno soluble (prueba fisicoquímica)
Demanda bioquímica de oxígeno total (prueba fisicoquímica)
Demanda química de oxígeno soluble (prueba fisicoquímica)
Demanda química de oxígeno total (prueba fisicoquímica)
Dureza total (prueba fisicoquímica)
Fenoles totales (prueba fisicoquímica)
Fosfato total (prueba fisicoquímica)
Fosfato orto(prueba fisicoquímica)
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
Compuestos orgánicos volátiles
Atrazina
Barrido de compuestos orgánicos semivolátiles
Barrido de compuestos orgánicos volátiles
Coliformes fecales (Filtro de membrana)
Prueba de Toxicidad con <i>Vibrio fischeri</i> (agua)

### 3.1. Estaciones de monitoreo

En la Figura 3.1 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.

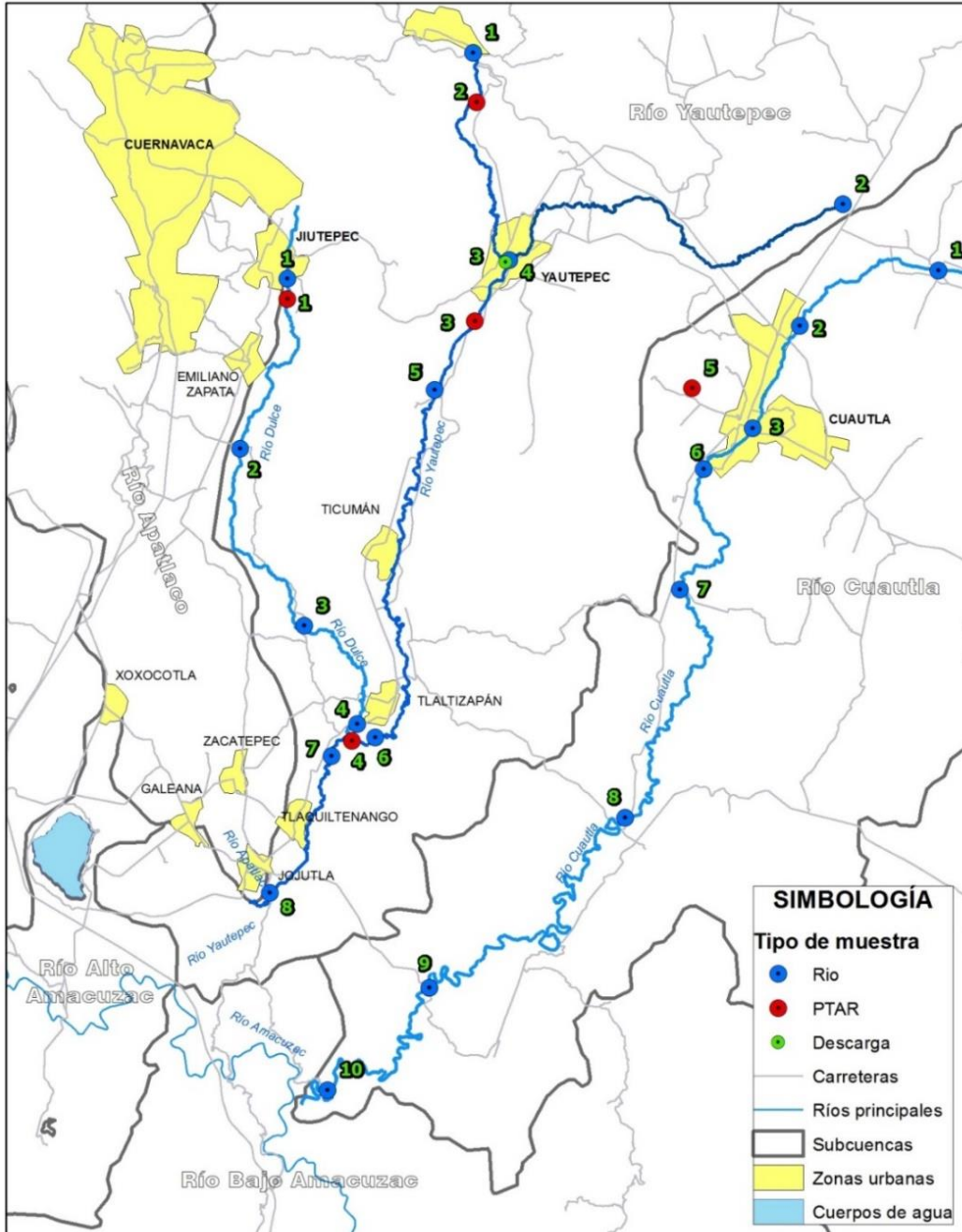


Figura 3.1. Localización de las estaciones de muestreo

En la Tabla 3.2 se muestra la relación de sitios de muestreo, con las coordenadas geográficas de cada una.

Tabla 3.2. Estaciones de monitoreo

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

\* Estaciones en plantas de tratamiento o descargas

\*\* Estaciones con análisis especiales: Plaguicidas clorados y fosforados; Semivolátiles y barrido; y atrazina.

### 3.2. Resultados de calidad del agua

#### 3.2.1. Río Yautepec

En la Tabla 3.3 se muestra los resultados de calidad de agua de las estaciones ubicadas en el río Yautepec y en las descargas.

Tabla 3.3. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas.

Clave	Nombre	Sitio	Temp	Cond.	O.D	pH	Salinidad	ORP	COT	Mat. Flot.	Alc. Tot.	Dur. Tot	Color verdadero		CE <sub>50</sub>	UT
			°C	uS/cm	mg/L	PSS	mv	mg/L	Ausencia	mg/L CaCo <sub>2</sub>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Upt-Co al pH	%			
2	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
3	Yautepec Centro	Río	23.30	753	7.64	7.96			6.14	Ausencia	167	404	25.0	7.4	ND	ND
1	Tepoztlán	Arroyo	18.80	182	6.77	6.40	0.27	-	3.49	Ausencia	89	89.3	60.0	7.42	ND	ND
2	PTAR Tepoztlán	PTAR	23.00	1,015	0.29	7.51			70.22	Ausencia	185	232	50.0	8.08	37.2	2.7
4	Barranca Apaquentzalco	Arroyo	23.50	350	7.99	8.01			5.23	Ausencia	136	162	25.0	8.32	ND	ND
3	PTAR Yautepec	PTAR	20.00	950	1.11	7.39			21.32	Ausencia	257	244	40.0	8.26	94.7	1.1
5	Centro IPN	Río	24.80	724	7.68	8.31	0.63	-	5.02	Ausencia	181	410	20.0	8.52	ND	ND
6	Tlaltizapán	Río	25.10	1,042	6.59	7.37	0.34	-	1.67	Ausencia	327	640	<2.5	8.06	ND	ND

4	PTAR Tlaltizapán	PTAR	24.90	987	4.31	7.71			9.00	Ausencia	325	336	20.0	8.32	ND	ND
7	Después de Confluencia con Dulce	Río	22.80	887	7.47	7.76			2.28	Ausencia	296	530	2.5	8.21	ND	ND
8	Pedro Amaro	Río	24.20	1,140	7.31	8.05	0.48		2.13	Ausencia	293	528	5.0	8.18	ND	ND

Tabla 3.3. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	DBO5	DBO (sol)	DQO	DQO (sol)	SDT	S. Sed	SST	ST	N-NH3	N-NO3	N-NO2	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
2	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
3	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
1	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
2	PTAR Tepoztlán	PTAR	458	65	843	95	494	<0.5	670	1,164	17.30	<0.118	<0.0213	33.7	51	51.00
4	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
3	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
5	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
6	Tlaltizapán	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
4	PTAR Tlaltizapán	PTAR	54	<0.61	25	6.2	707	<0.5	67	774	12.20	1.08	0.170	5.33	17.5	18.78
7	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
8	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

Tabla 3.3. 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	Col. Fec	G y A	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
2	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
3	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
1	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
2	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
4	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
3	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
5	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
6	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
4	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
7	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
8	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

Tabla 3.3. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y en las descargas (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	As	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn	Cn	Cr VI
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
2	Cocoyoc Balneario	Río	0.0062	0.002	<0.05	0.05	0.0017	0.093	0.013	0.102	<0.02	<0.100
3	Yautepec Centro	Río	0.0034	<0.001	<0.05	<0.005	<0.001	0.067	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
1	Tepoztlán	Arroyo	<0.001	<0.001	<0.05	0.01	<0.001	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100



2	PTAR Tepoztlán	PTAR	0.0041	0.002	<0.05	0.02	<0.001	<0.05	0.013	0.403	<0.02	<0.100
4	Barranca Apaquentzalco	Arroyo	0.0051	<0.001	<0.05	<0.005	<0.001	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
3	PTAR Yautepec	PTAR	0.0012	<0.001	<0.05	<0.005	<0.001	0.073	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
5	Centro IPN	Río	0.0017	<0.001	<0.05	<0.005	<0.001	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
6	Tlaltizapán	Río	0.013	<0.001	<0.05	<0.005	<0.001	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
4	PTAR Tlaltizapán	PTAR	0.0058	<0.001	<0.05	<0.005	0.0013	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
7	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
8	Pedro Amaro	Río	0.0118	<0.001	<0.05	<0.005	0.0021	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100

Tabla 3.3. 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
			ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L
2	Cocoyoc Bañeario	Río	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
3	Yautepec Centro	Río									
1	Tepoztlán	Arroyo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2	PTAR Tepoztlán	PTAR									
4	Barranca Apaquentzalco	Arroyo									
3	PTAR Yautepec	PTAR	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
5	Centro IPN	Río									
6	Tlaltizapán	Río									
4	PTAR Tlaltizapán	PTAR									

7	Después de Confluencia con Dulce	Río									
8	Pedro Amaro	Río									

En la figura 3.2 a la figura 3.29 se ilustran gráficamente cada uno de los parámetros obtenidos en el río Yautepec.

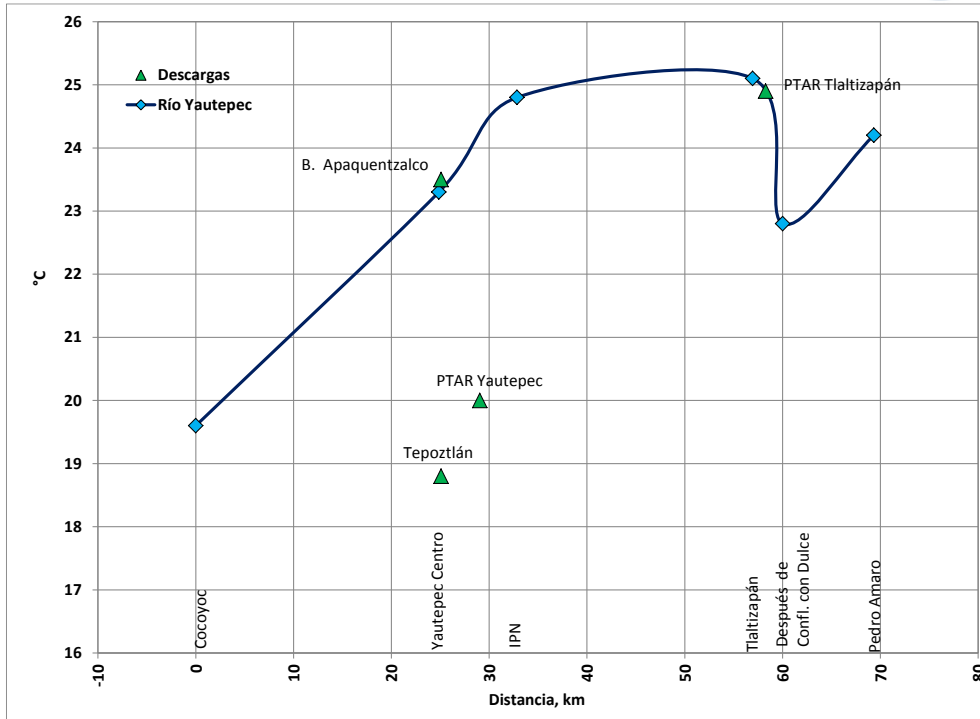


Figura 3. 2. Temperatura en el río Yautepec y en las descargas

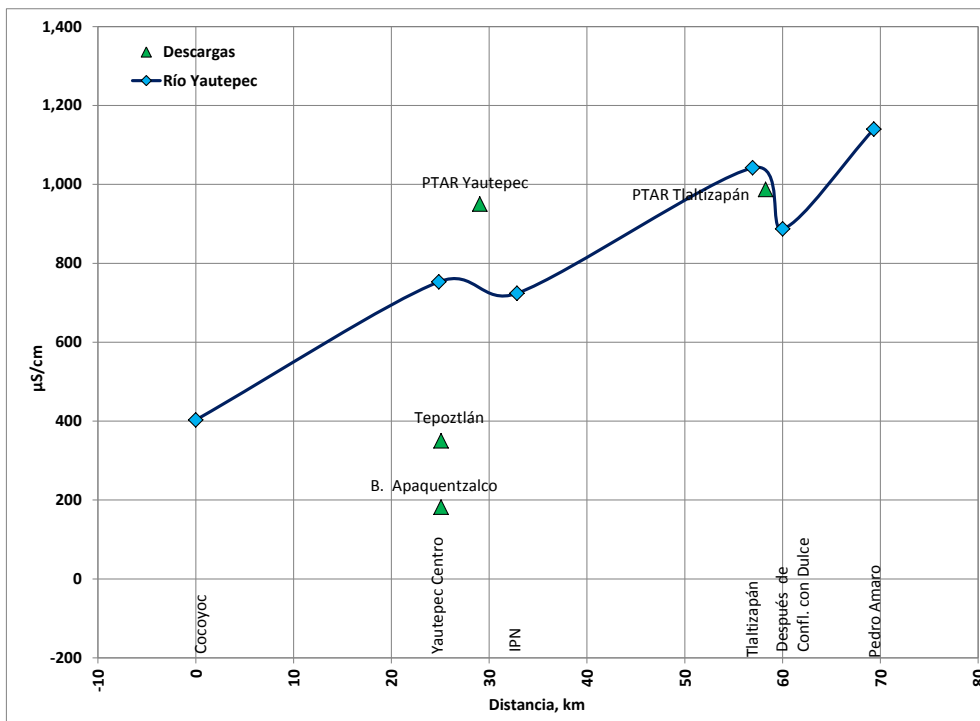


Figura 3. 3. Conductividad eléctrica en el río Yautepec y en las descargas

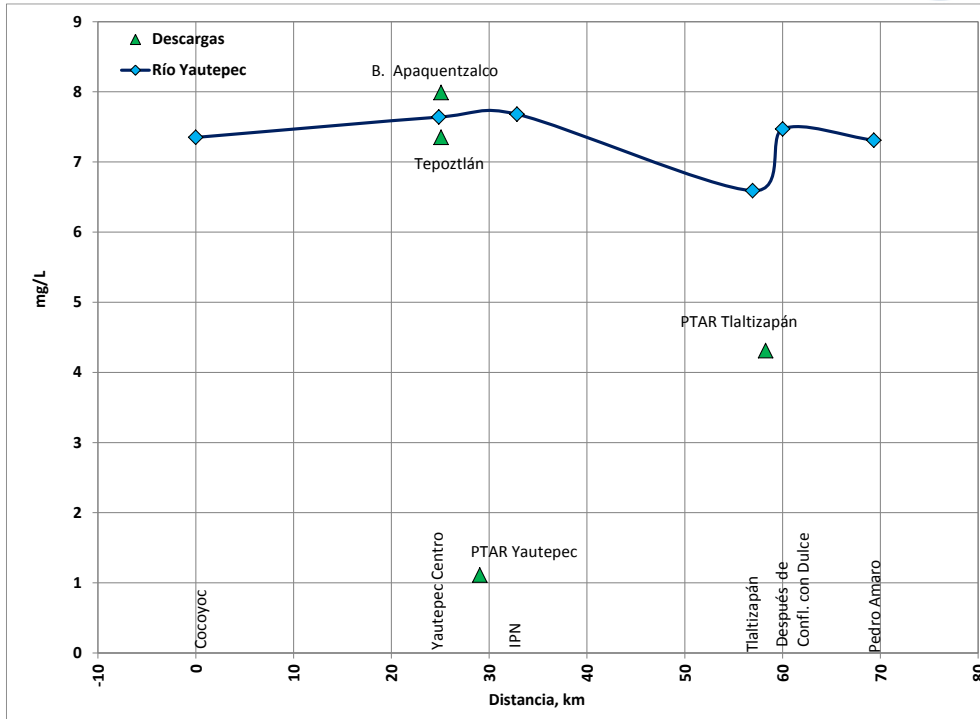


Figura 3.4. Oxígeno disuelto en el río Yautepec y en las descargas

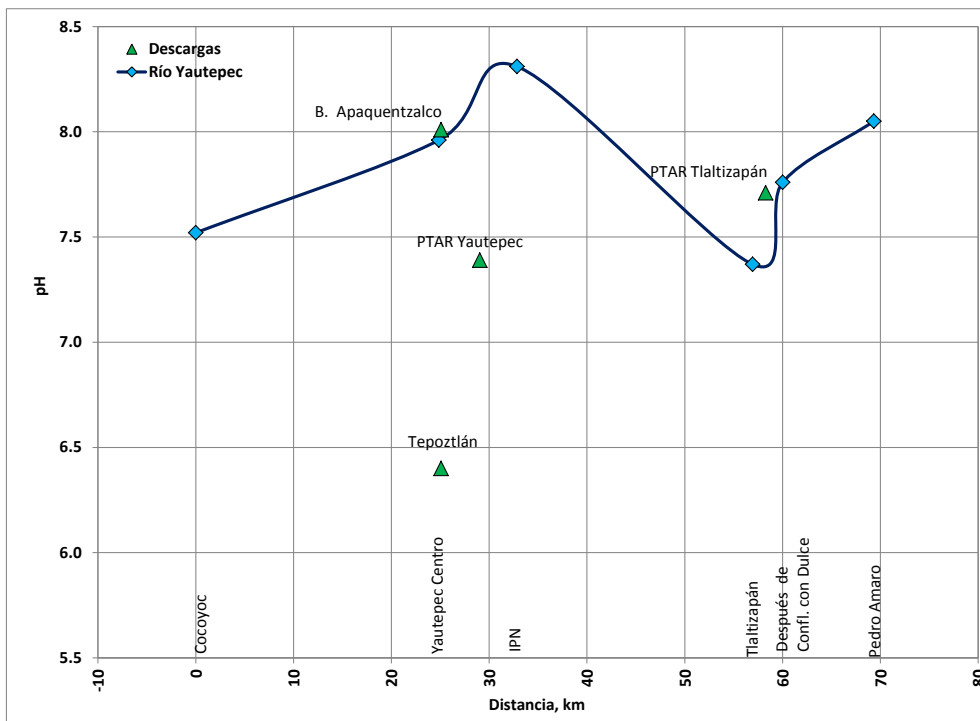


Figura 3.5. pH en el río Yautepec y en las descargas

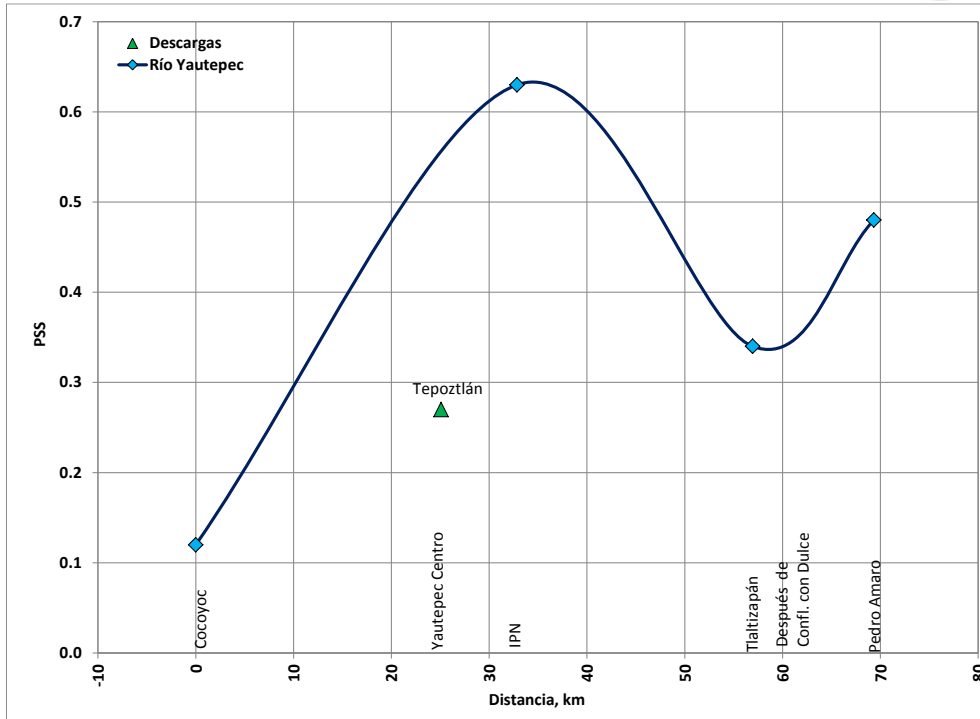


Figura 3.6. Salinidad en el río Yautepec y en las descargas

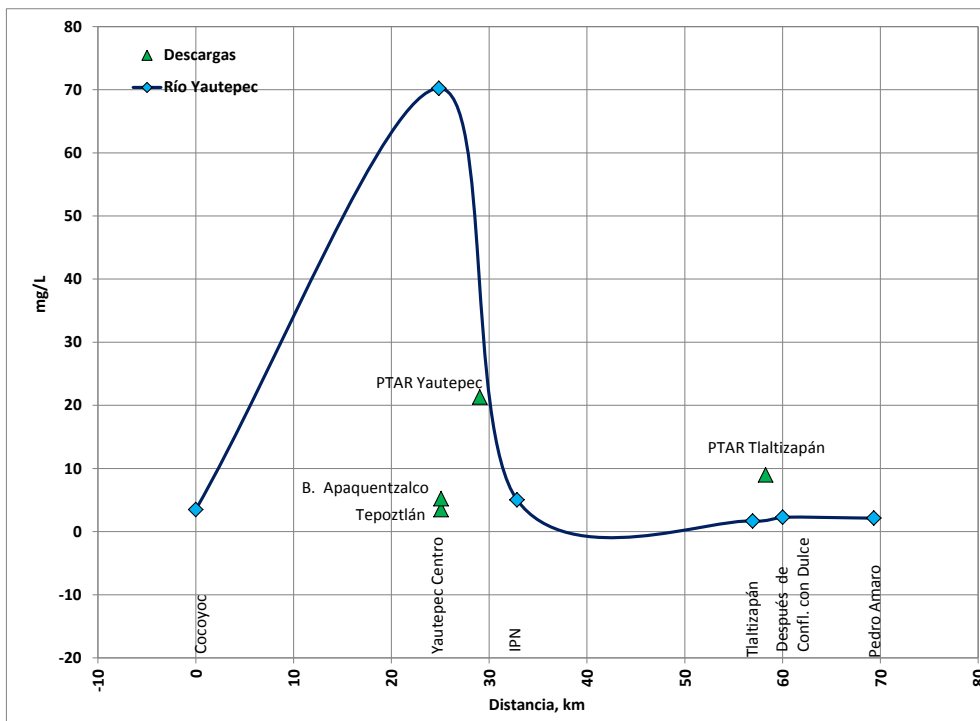


Figura 3.7. Carbono orgánico total (COT) en el río Yautepec y en las descargas

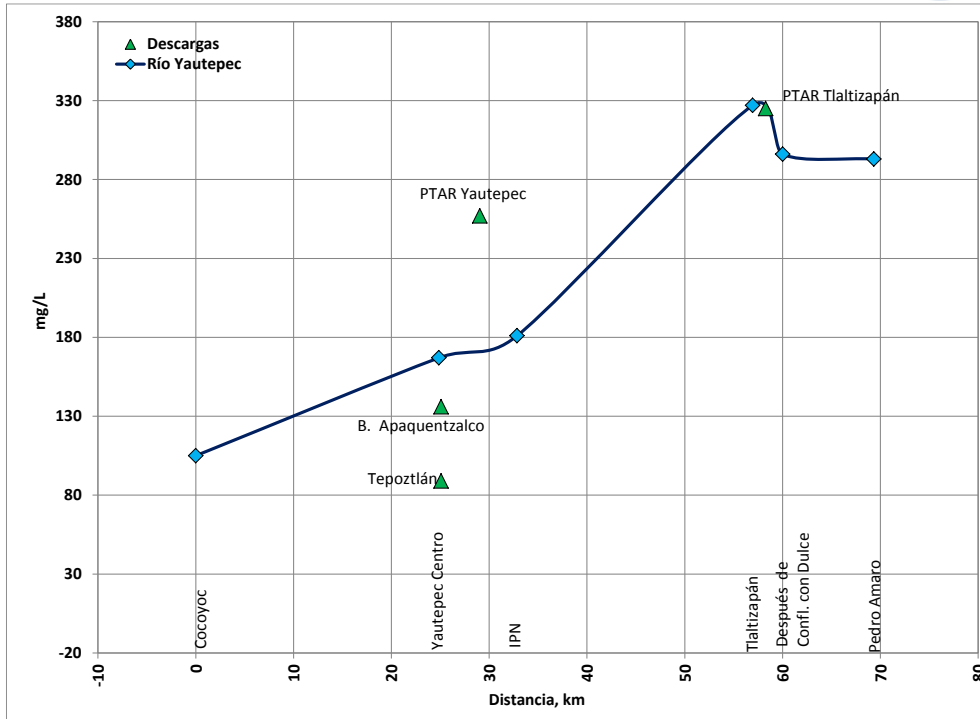


Figura 3.8. Alcalinidad total en el río Yautepac y en las descargas

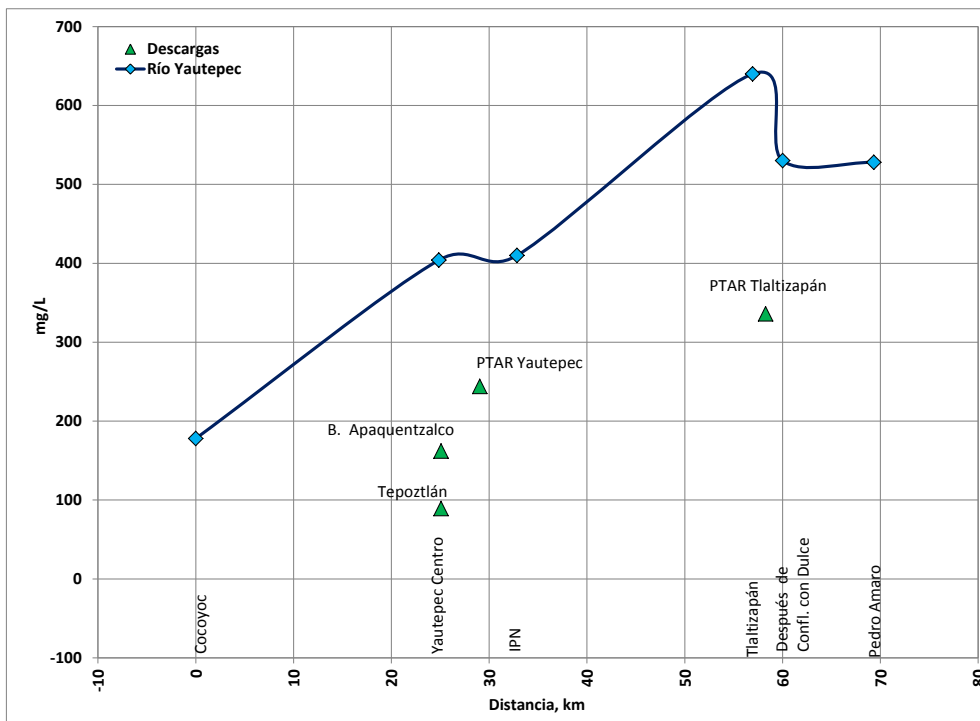


Figura 3.9. Dureza total en el río Yautepac y en las descargas

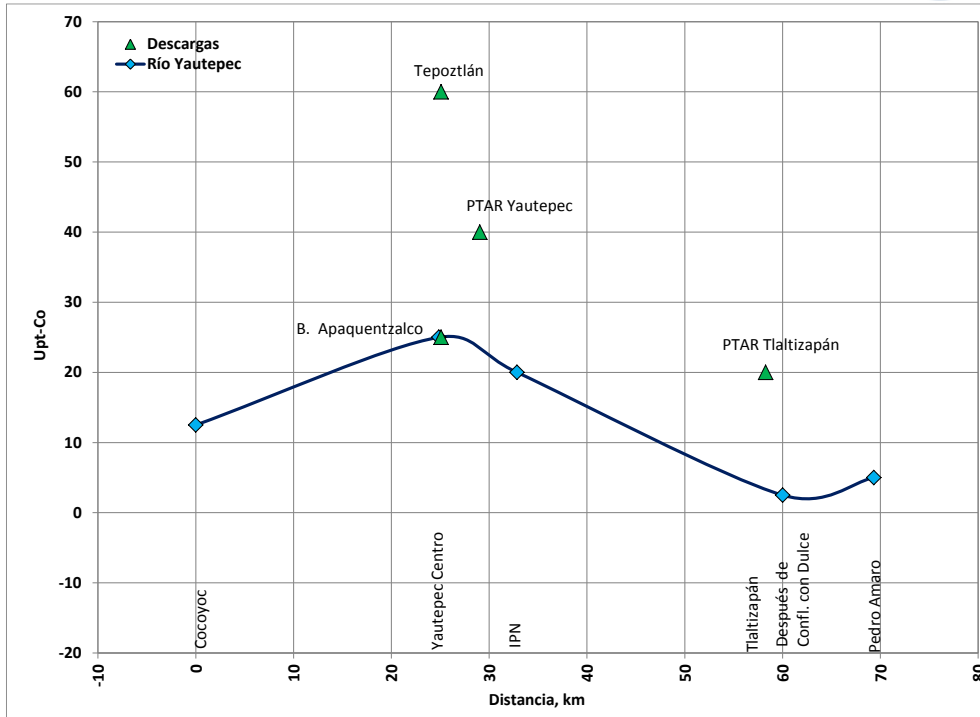


Figura 3.10. Color verdadero en el río Yautepec y en las descargas

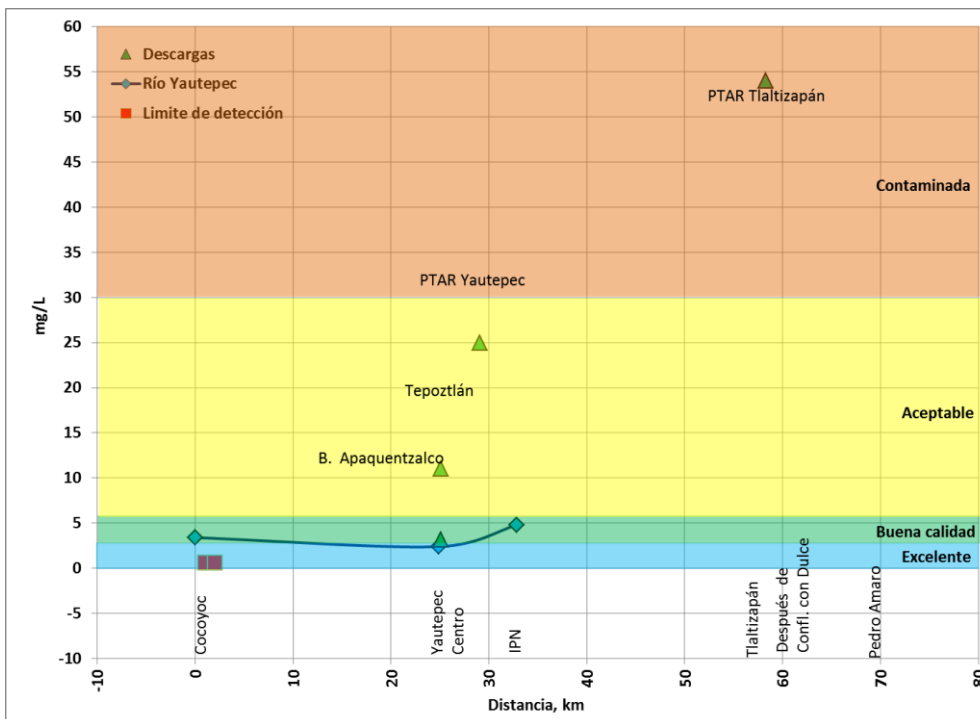


Figura 3.11. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

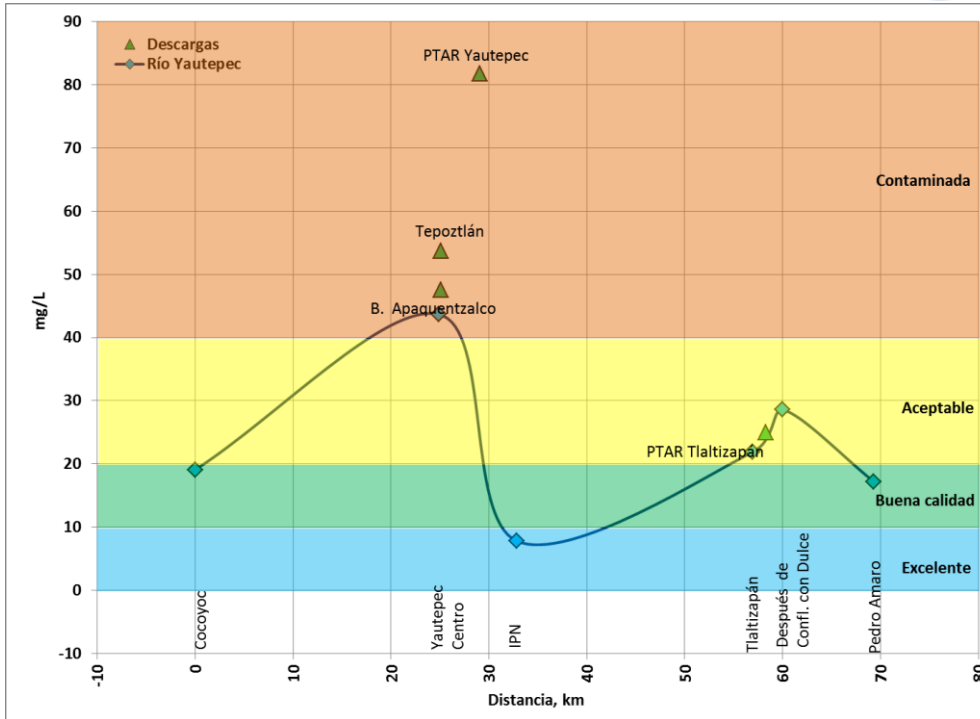


Figura 3.12. Demanda química de oxígeno (DQO) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

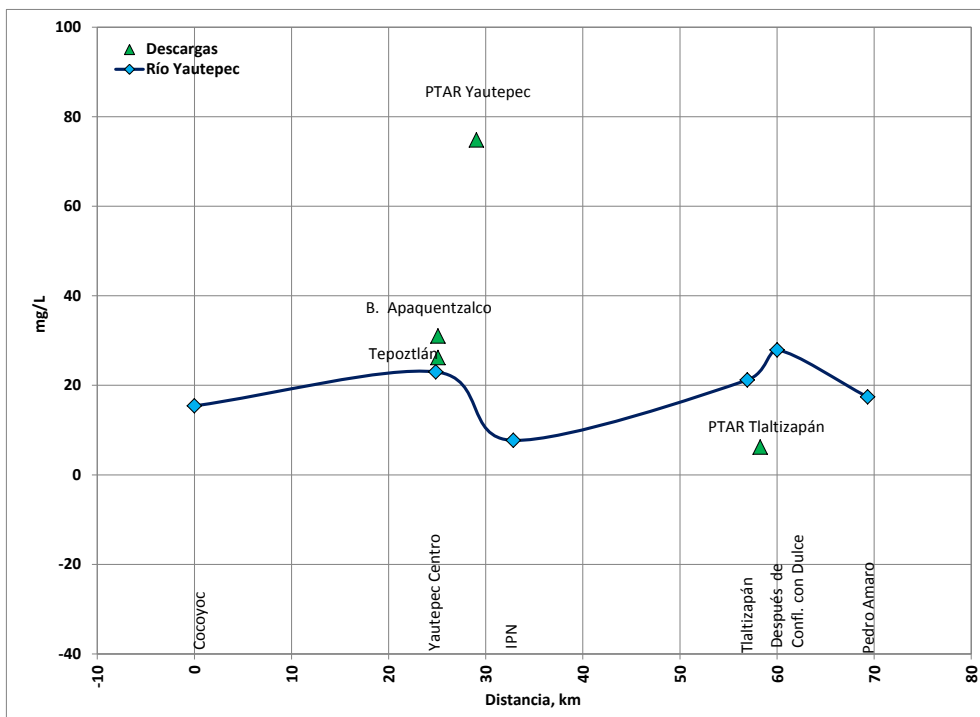


Figura 3.13. DQO soluble en el río Yautepec y en las descargas



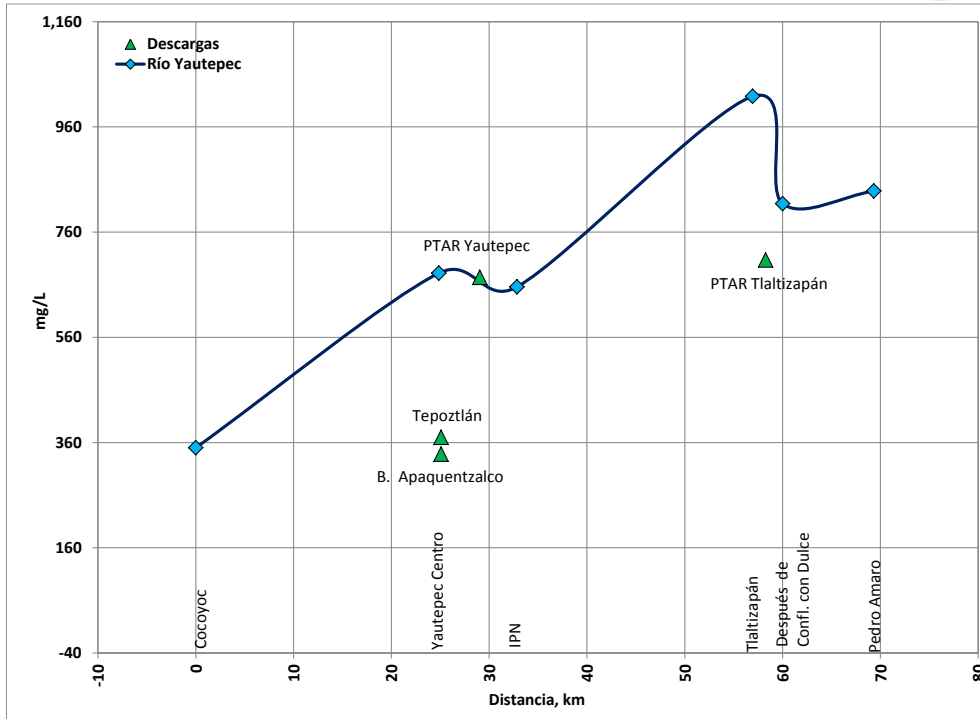


Figura 3.14. Sólidos disueltos totales (SDT) en el río Yautepec y en las descargas

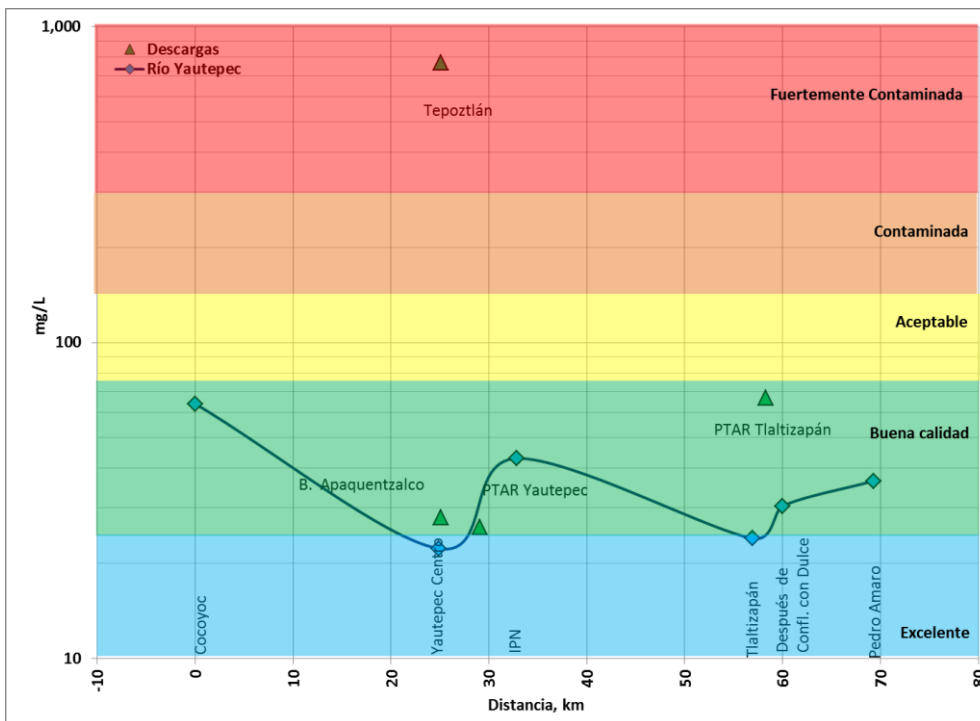


Figura 3.15. Sólidos suspendidos totales (SST) en el río Yautepec y en las descargas con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

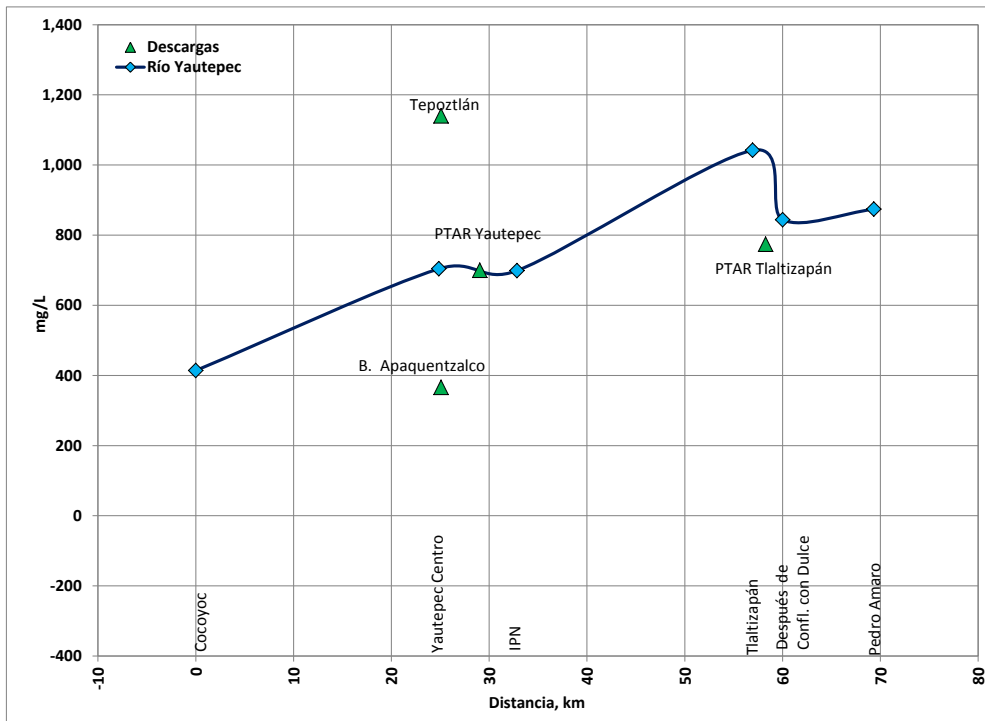


Figura 3.16. Sólidos totales (ST) en el río Yautepec y en las descargas

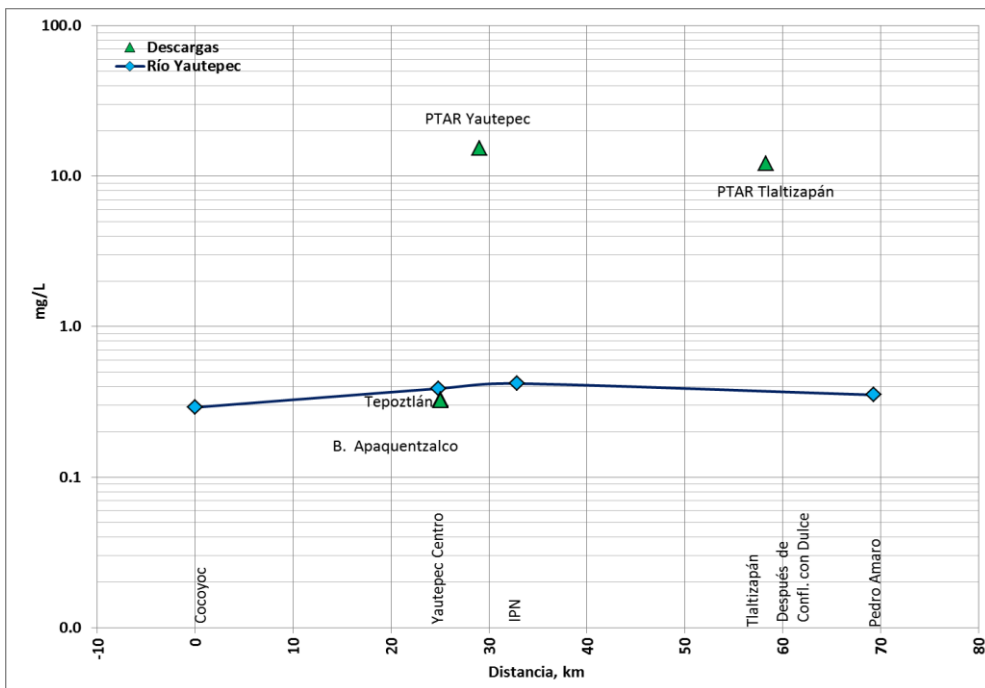


Figura 3.17. Nitrógeno amoniacal (NH3) en el río Yautepec y en las descargas

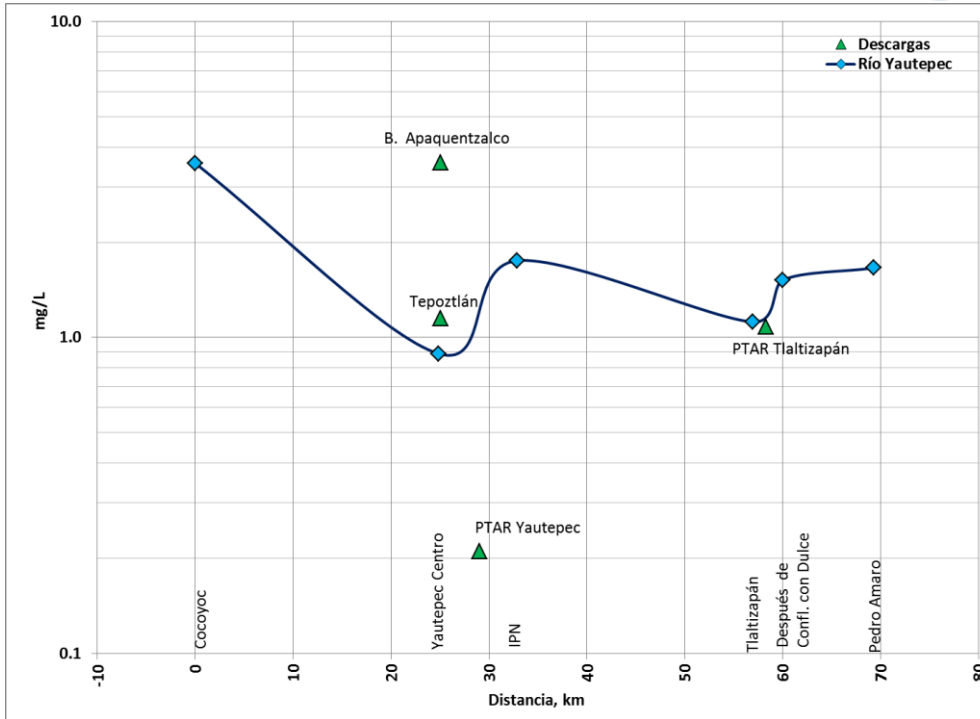


Figura 3.18. Nitratos (NO<sub>3</sub>) en el río Yautepec y en las descargas

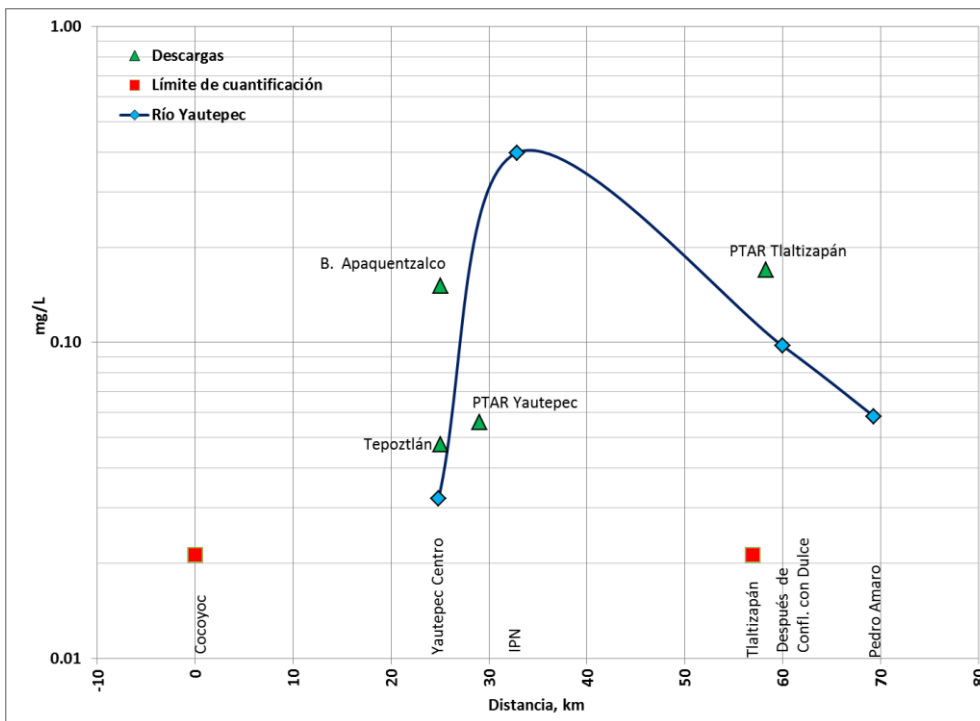


Figura 3.19. Nitritos (NO<sub>2</sub>) en el río Yautepec y en las descargas

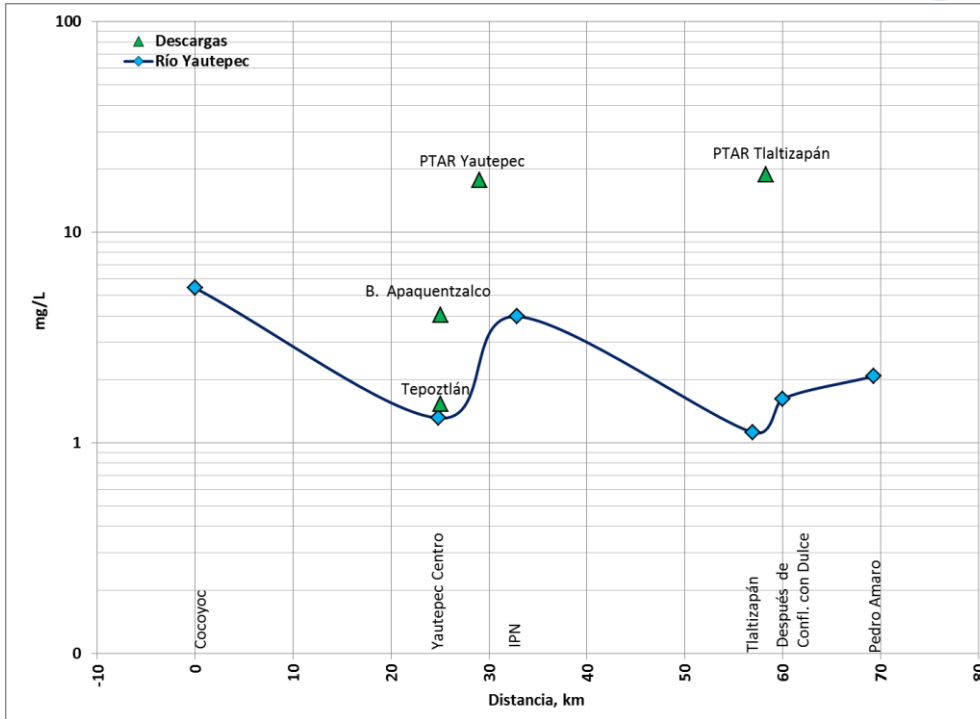


Figura 3.20. Nitrógeno total (NT) en el río Yautepec y en las descargas

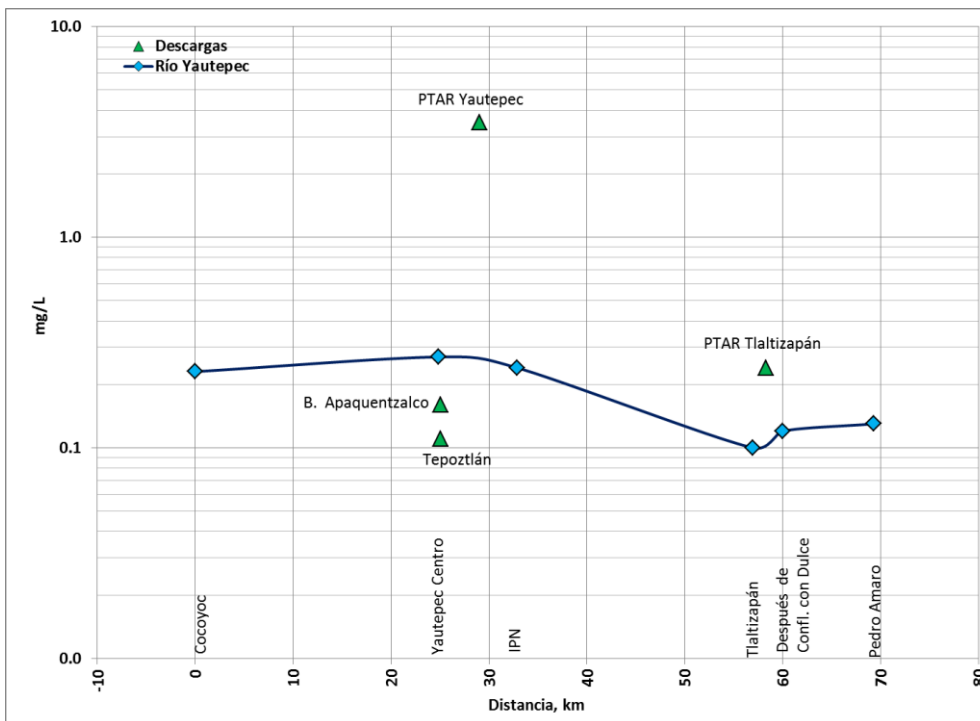


Figura 3.21. Ortofosfatos (P-orto) en el río Yautepec y en las descargas

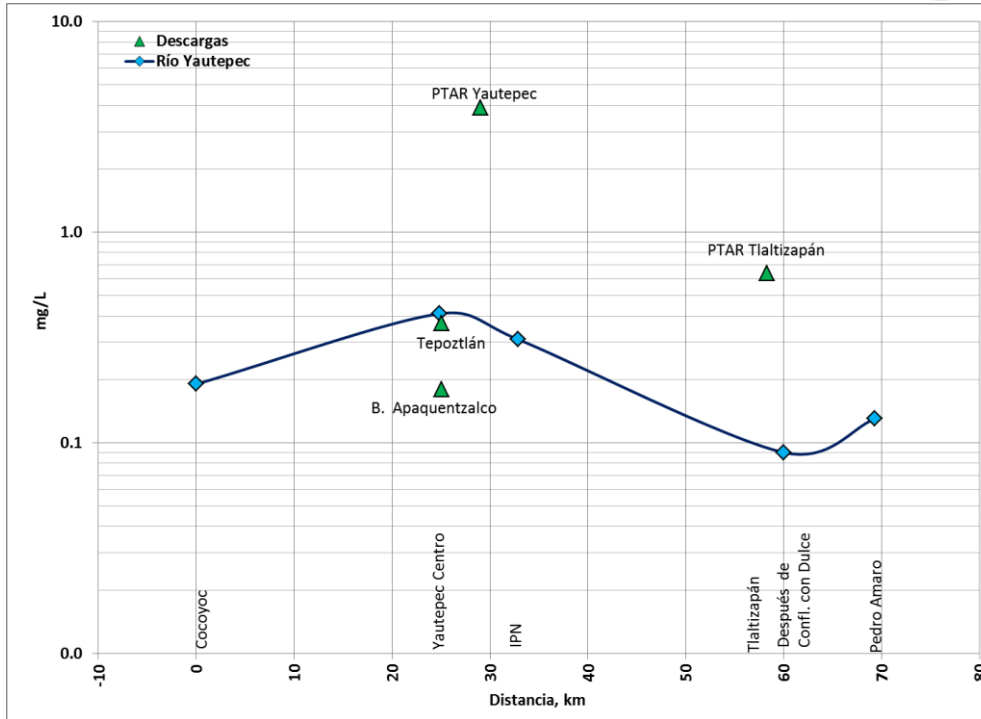


Figura 3.22. Fósforo hidrolizable en el río Yautepec y en las descargas

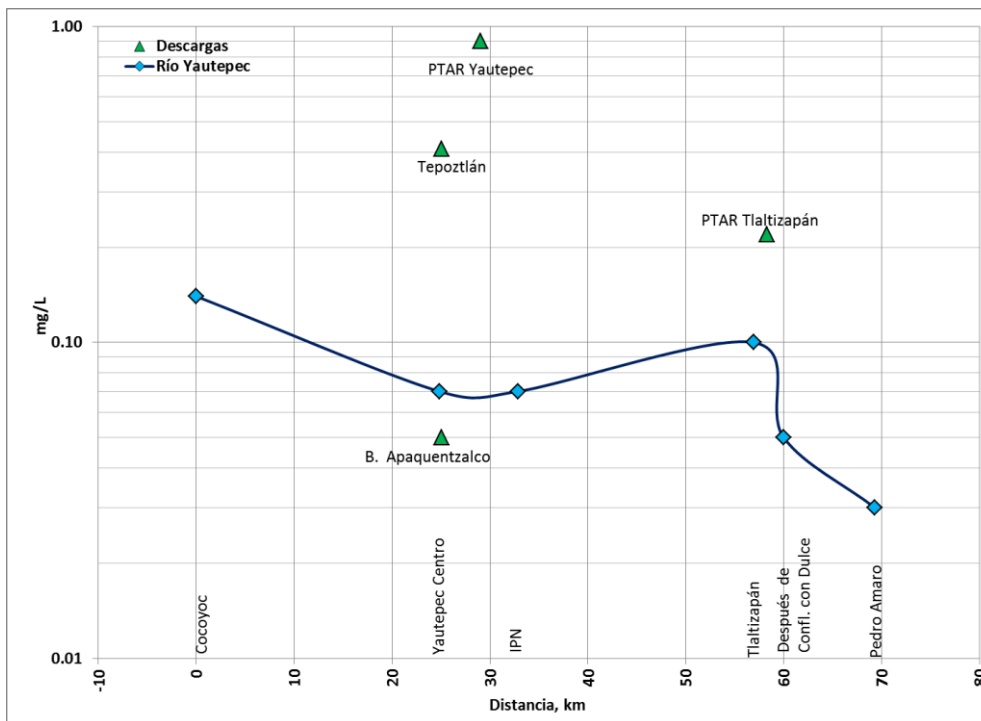


Figura 3.23. Fósforo orgánico en el río Yautepec y en las descargas

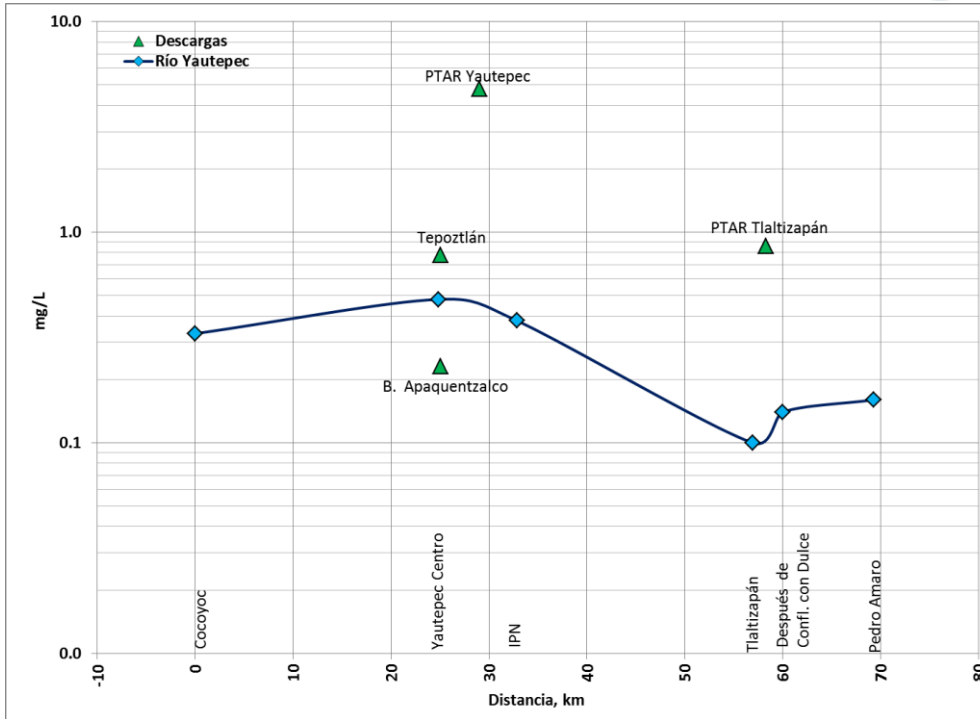


Figura 3.24. Fósforo total (PT) en el río Yautepec y en las descargas

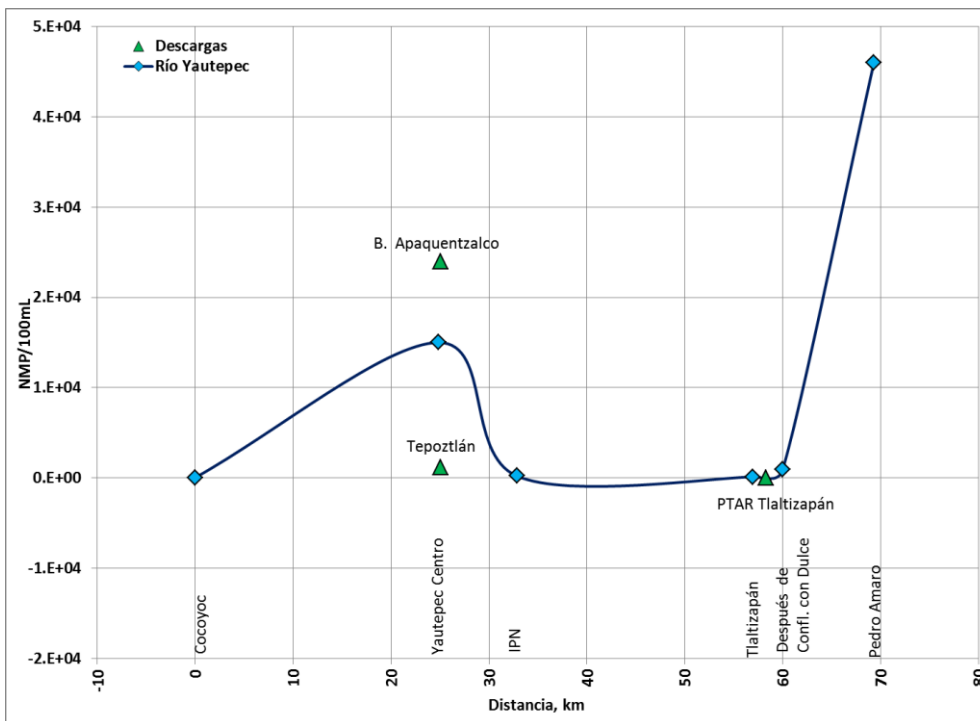


Figura 3.25. Coliformes fecales en el río Yautepec y en las descargas

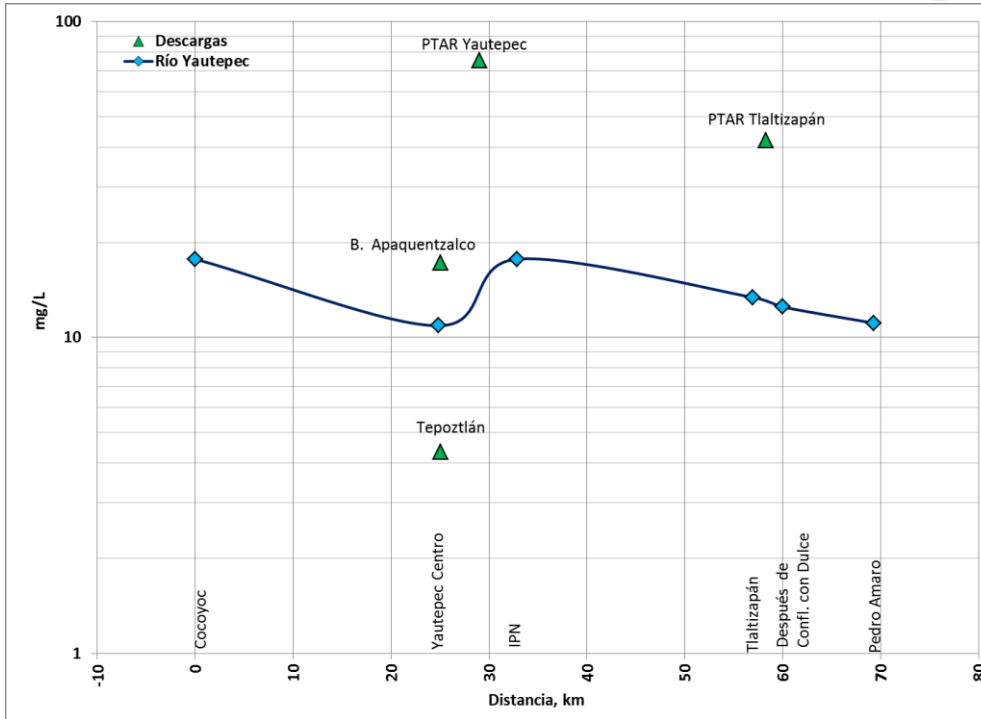


Figura 3.26. Cloruros en el río Yautepec y en las descargas

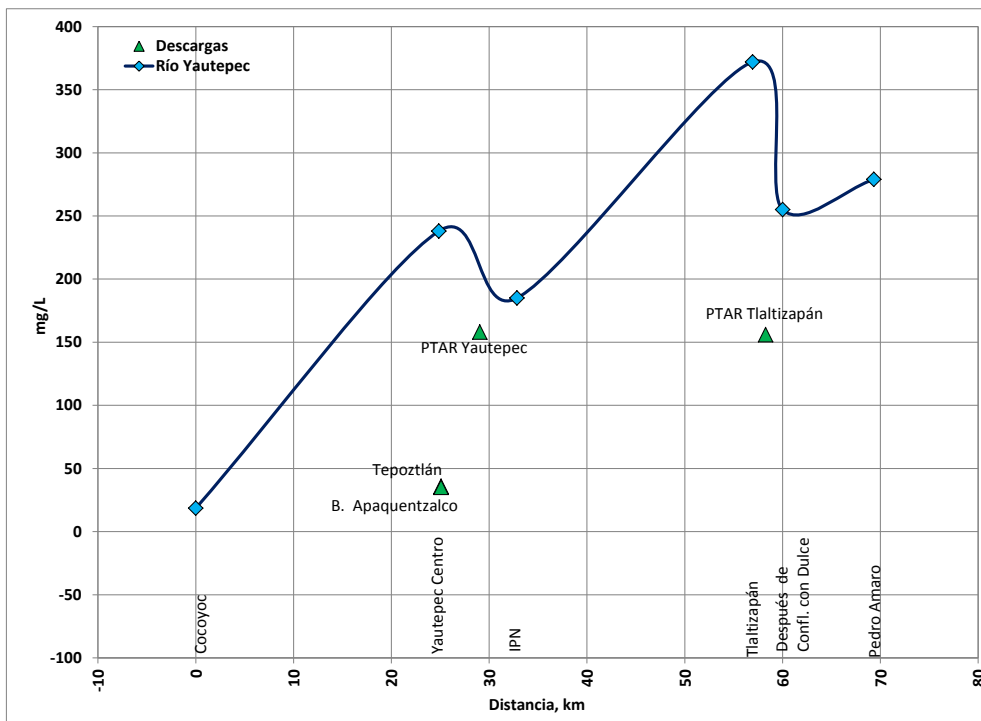


Figura 3.27. Sulfatos en el río Yautepec y en las descargas

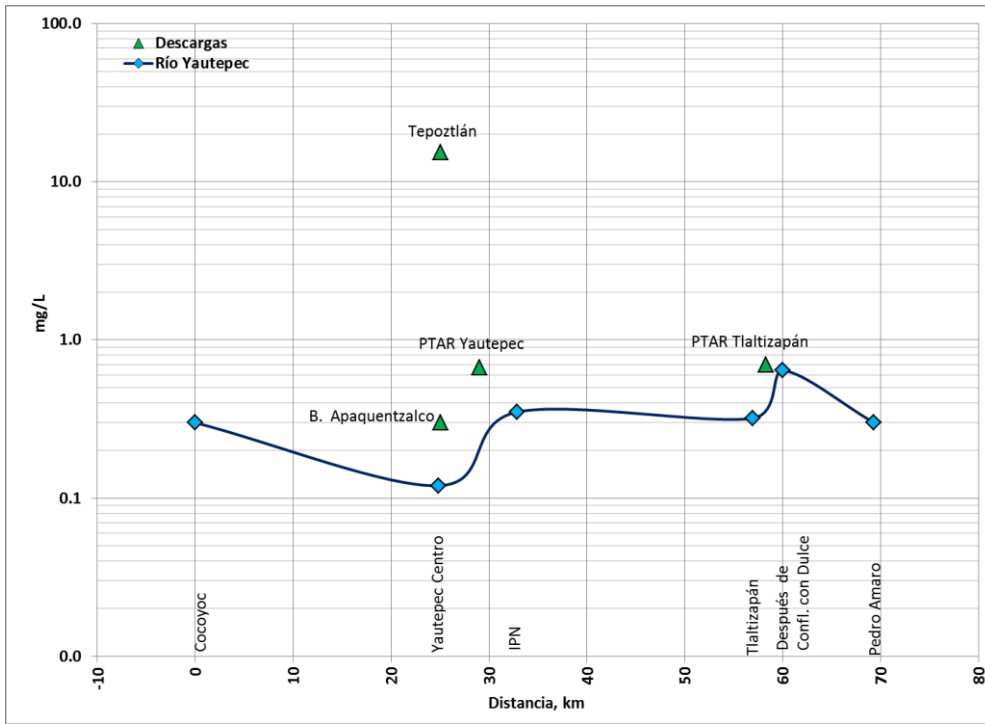


Figura 3.28. Sulfuros en el río Yautepec y en las descargas

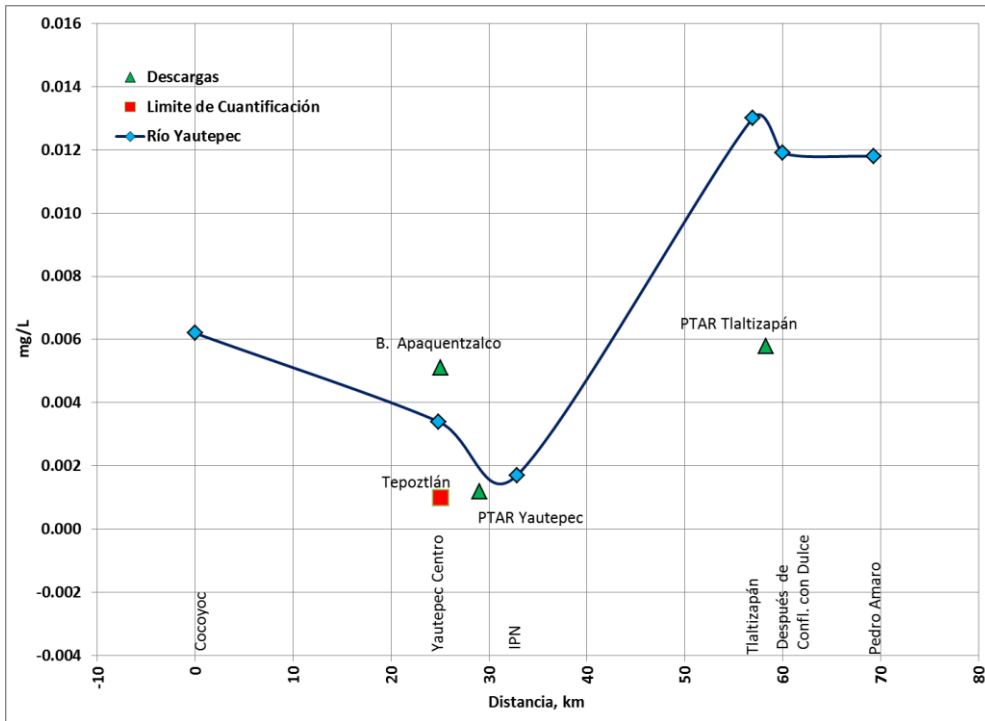


Figura 3.29. Arsénico en el río Yautepec y en las descargas



### **3.2.2. Río Dulce**

En la Tabla 3.4 se muestra los resultados de calidad de agua de las estaciones ubicadas en el río Dulce y en la Figura 3.30 a la Figura 3.62 se ilustran gráficamente el comportamiento de cada parámetro.

Tabla 3.4. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce

Clave	Nombre	Sitio	Temp.	Cond.	O.D	pH	Salinidad	ORP	COT	Mat. Flot.	Alc. Tot.	Dur. Tot	Color verdadero		CE <sub>50</sub>	UT
			°C	uS/cm	mg/L		PSS	mv	mg/L	Ausencia	mg/L CaCo2	mg/L CaCO3	Upt-Co al pH	%		
1	Las Fuentes	Río	15.68	148	7.66	6.70	0.07	303.1	1.46		51.3	58.6	2.5	7.94		
1	Tezoyuca	Río														
2	PTAR Jiutepec	PTAR							3.18		80.9	96.4	15.0	8.14		
3	Acamilpa	Río	23.30	485	7.61	7.10	0.29	-	2.75	Ausencia	180	260	2.5	8.37	ND	ND
4	Tlaltizapán	Río	21.90	584	7.14	7.56	0.28	-	1.24	Ausencia	254	312	<2.5	8.14	ND	ND

Tabla 3.4. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce (Continuación)

Clave	Nombre	Sitio	DBO5	DBO (sol)	DQO	DQO (sol)	SDT	S. Sed	SST	ST	N-NH3	N-NO3	N-NO2	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	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
1	Tezoyuca	Río														
2	PTAR	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
3	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
4	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

Tabla 3.4. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce (Continuación)

Clave	Nombre	Sitio	P-Orto	P-Hidro	P-Org	PT	Col. Fec	G y A	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	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
1	Tezoyuca	Río												
2	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
3	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
4	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

Tabla 3.4. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Dulce (Continuación)

Clave	Nombre	Sitio	As	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn	Cn	Cr VI
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	Las Fuentes	Río									<0.02	<0.10
1	Tezoyuca	Río										
2	PTAR Jiutepec	PTAR									<0.02	<0.10
3	Acamilpa	Río	0.0066	<0.001	<0.05	<0.05	<0.001	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100
4	Tlaltizapán	Río	0.0075	<0.001	<0.05	<0.05	<0.001	<0.05	<0.005	<0.10	<0.02	<0.100

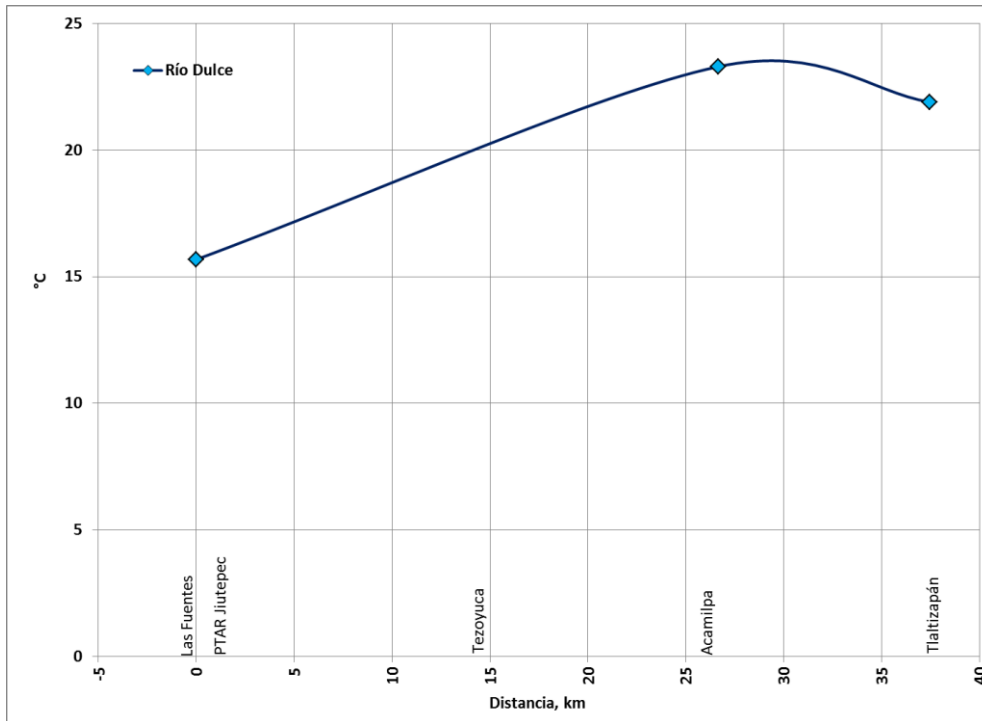


Figura 3.30. Temperatura en el río Dulce

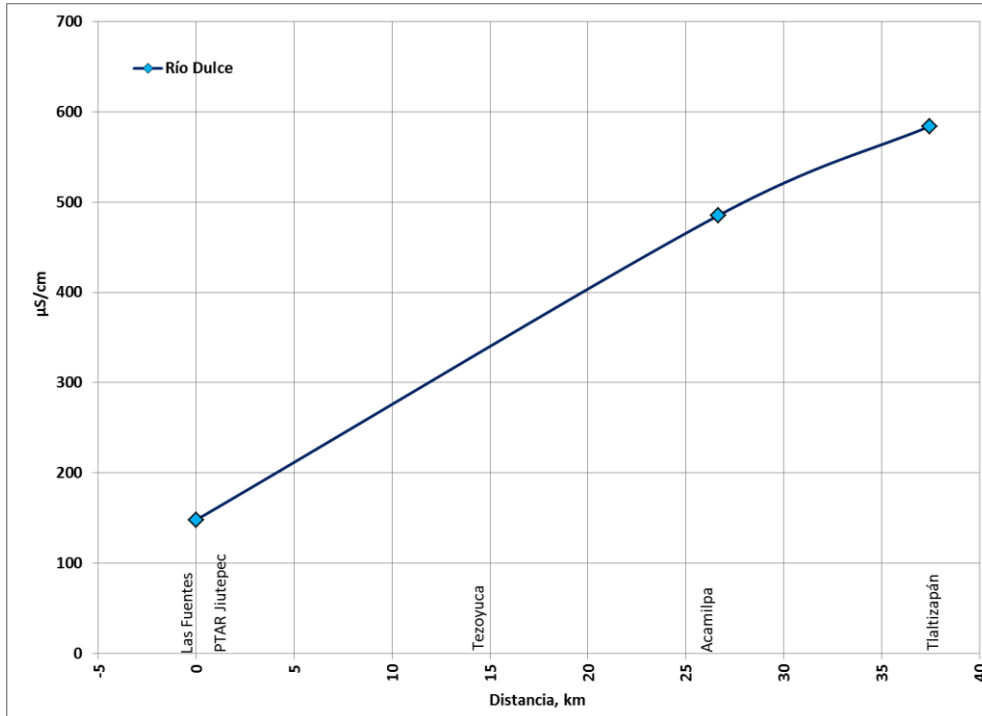


Figura 3.31. Conductividad eléctrica en el río Dulce

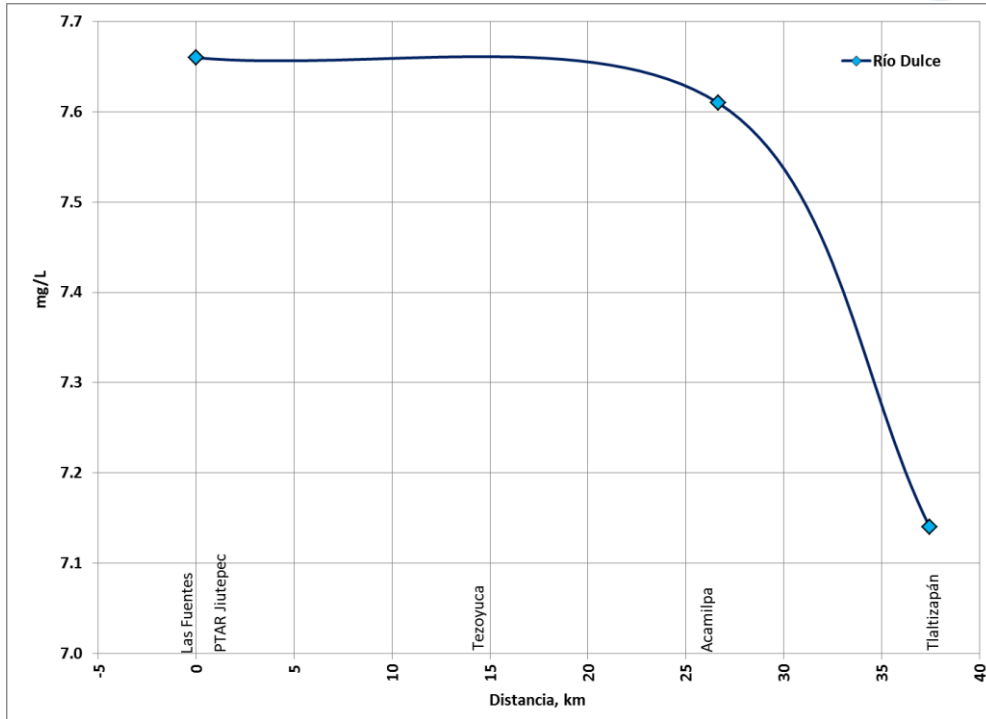


Figura 3.32. Oxígeno disuelto en el río Dulce

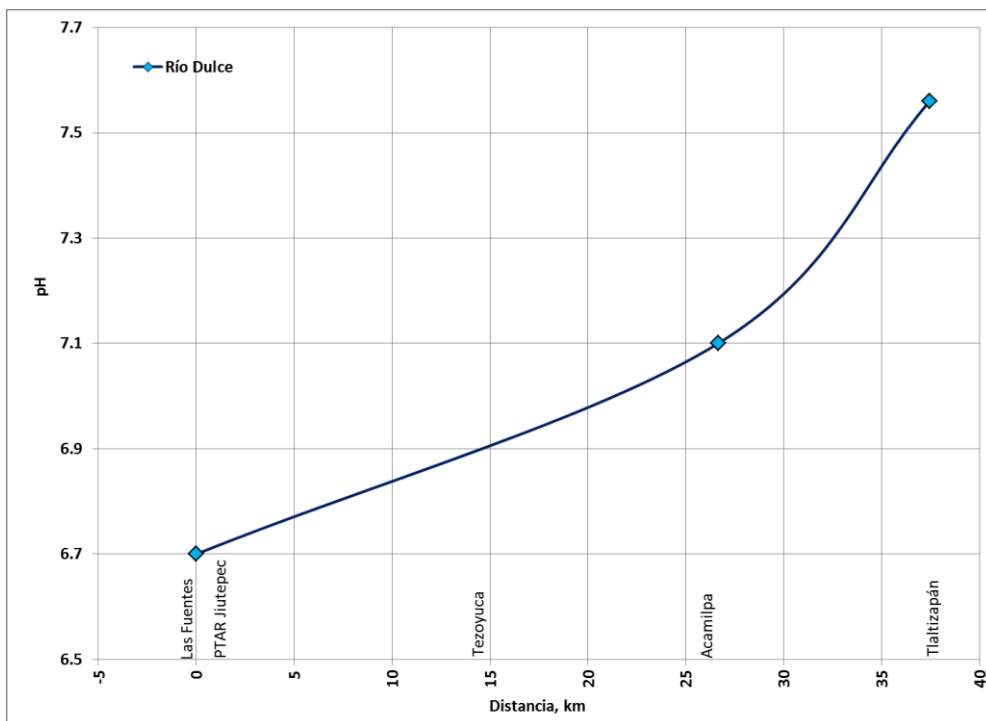


Figura 3.33. pH en el río Dulce

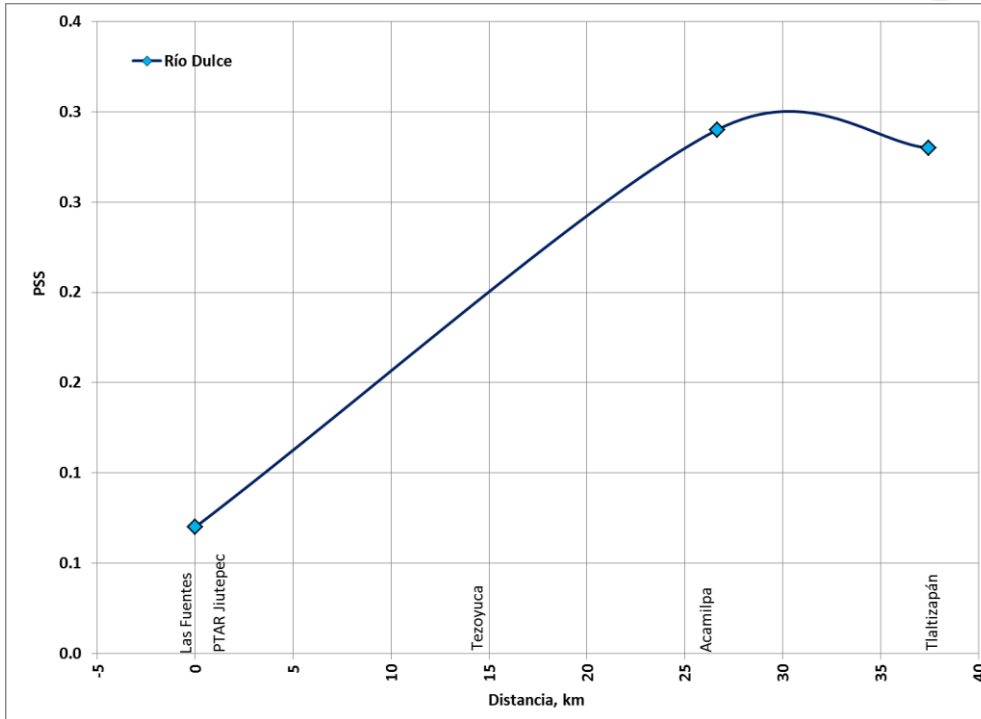


Figura 3.34. Salinidad en el río Dulce

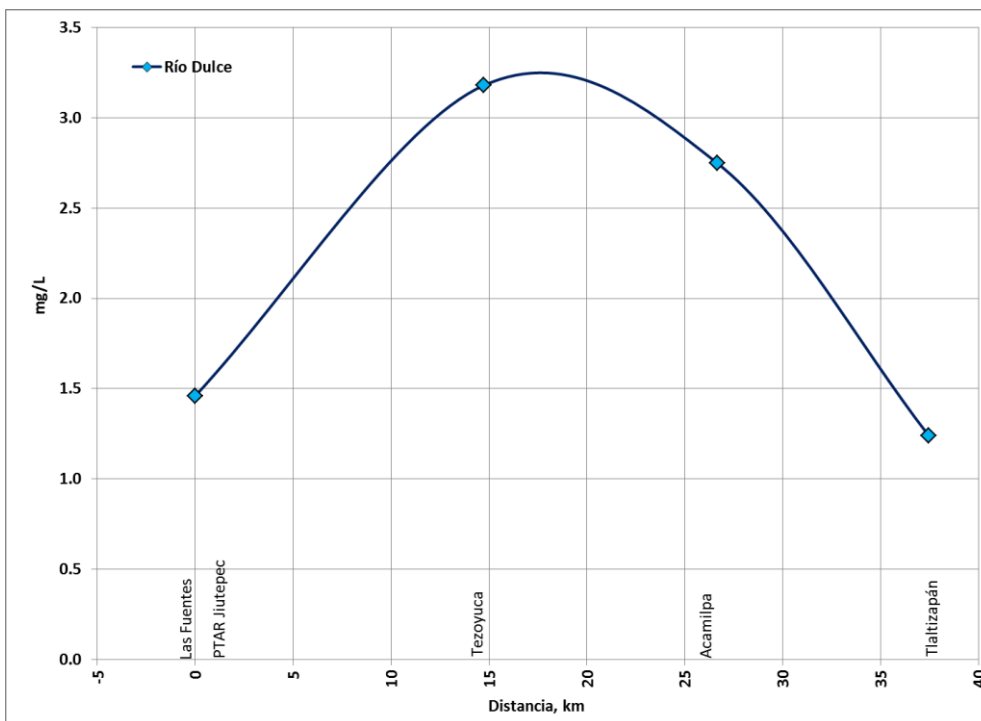


Figura 3.35. Carbono orgánico total (COT) en el río Dulce

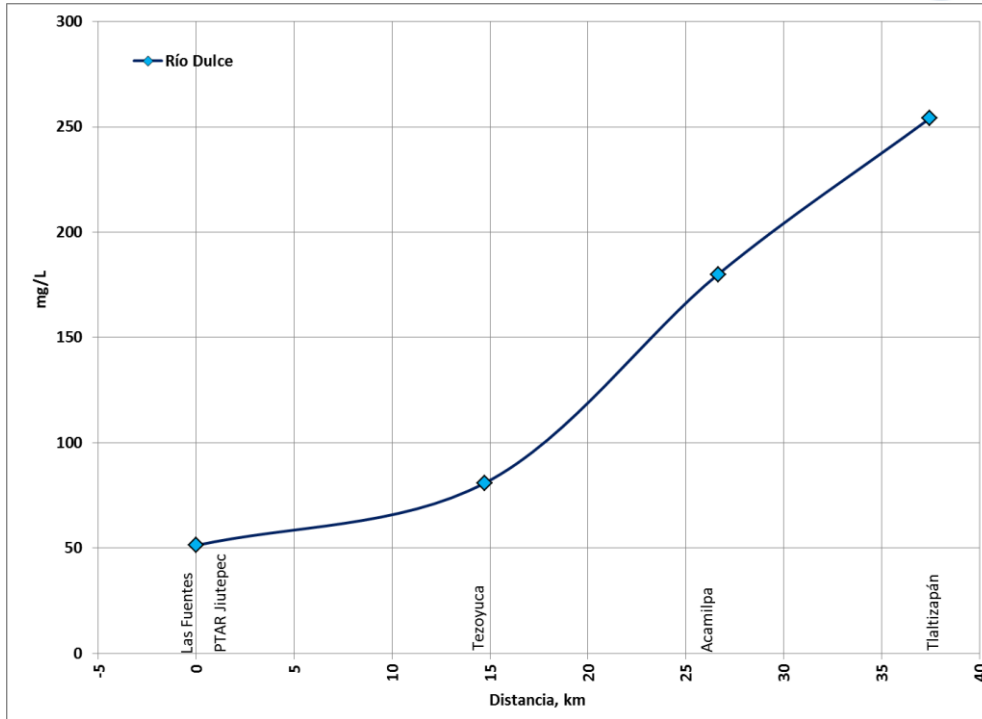


Figura 3.36. Alcalinidad total en el río Dulce

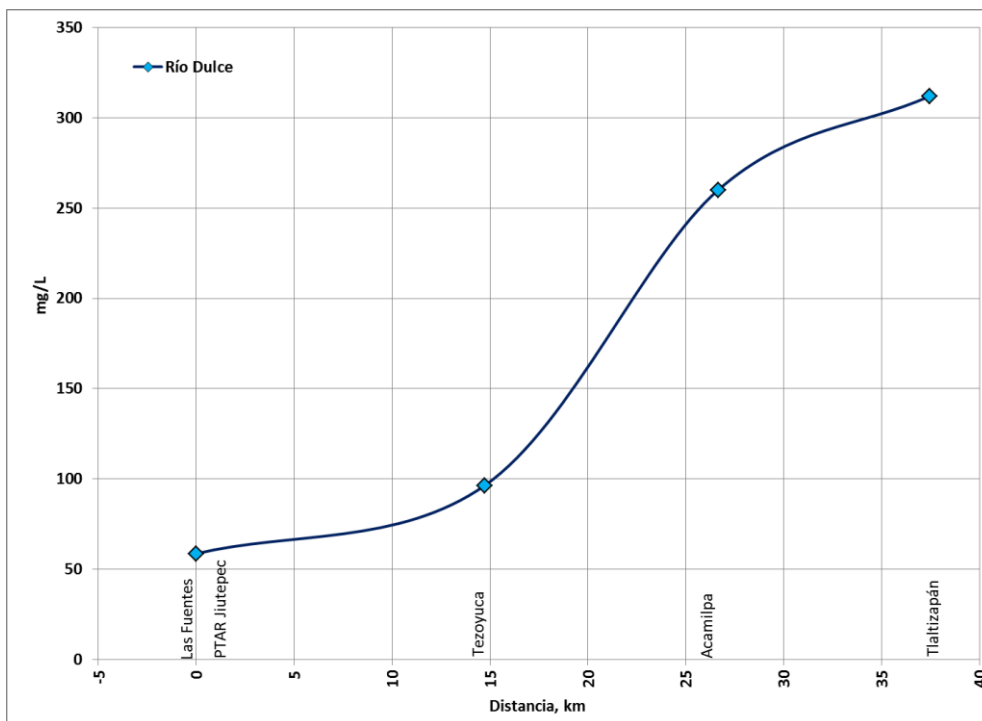


Figura 3.37. Dureza total en el río Dulce

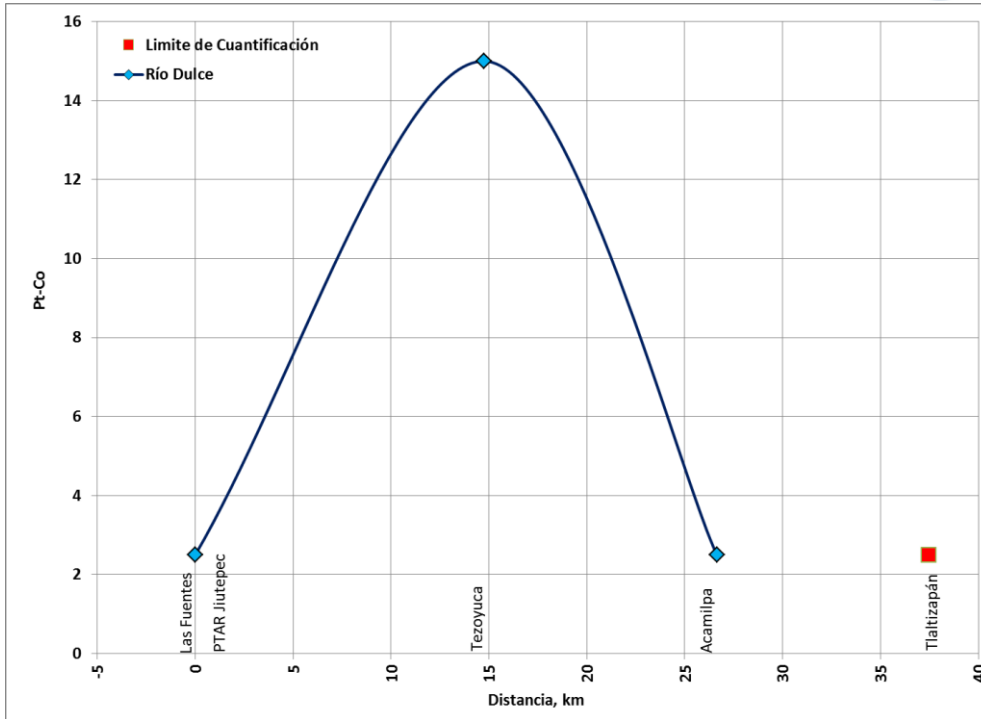


Figura 3.38. Color verdadero en el río Dulce

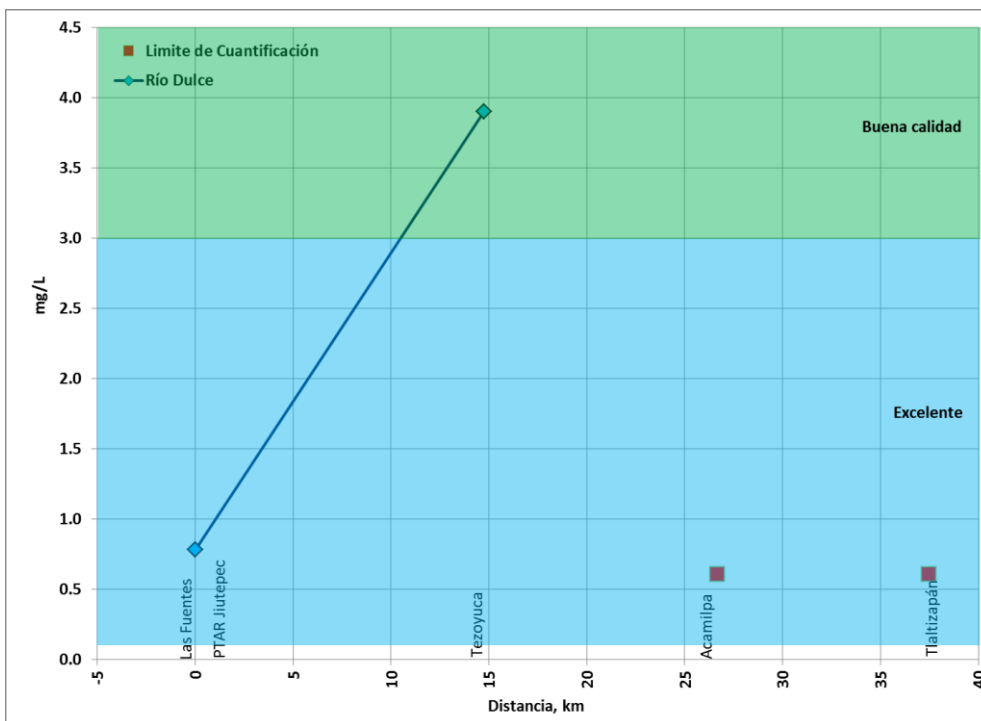


Figura 3.39. DBO en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA



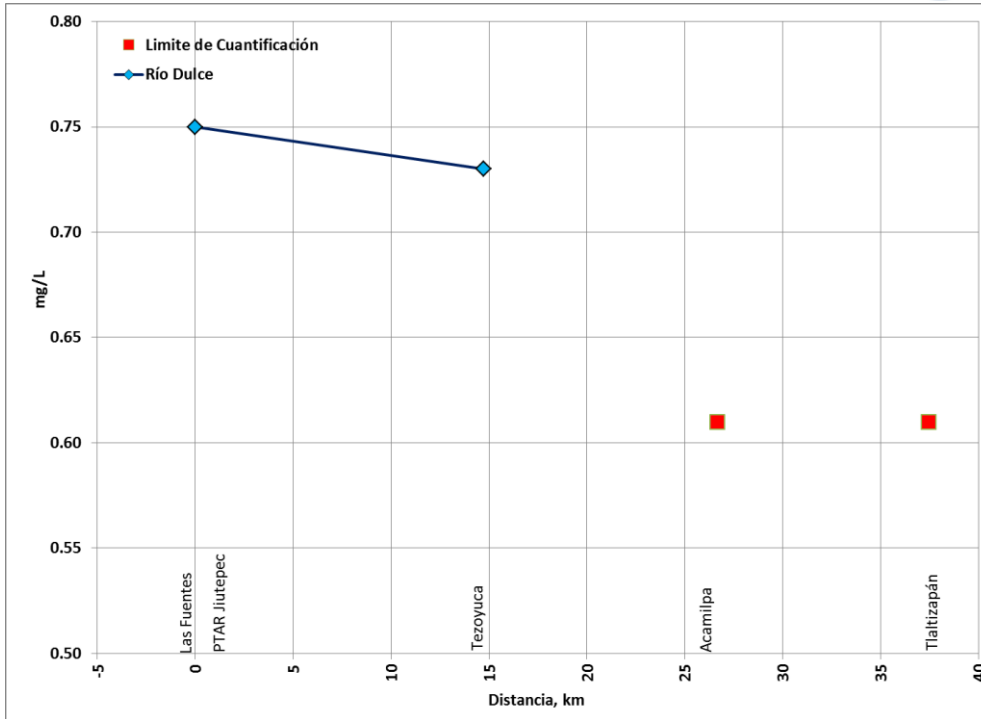


Figura 3.40. DBO soluble en el río Dulce

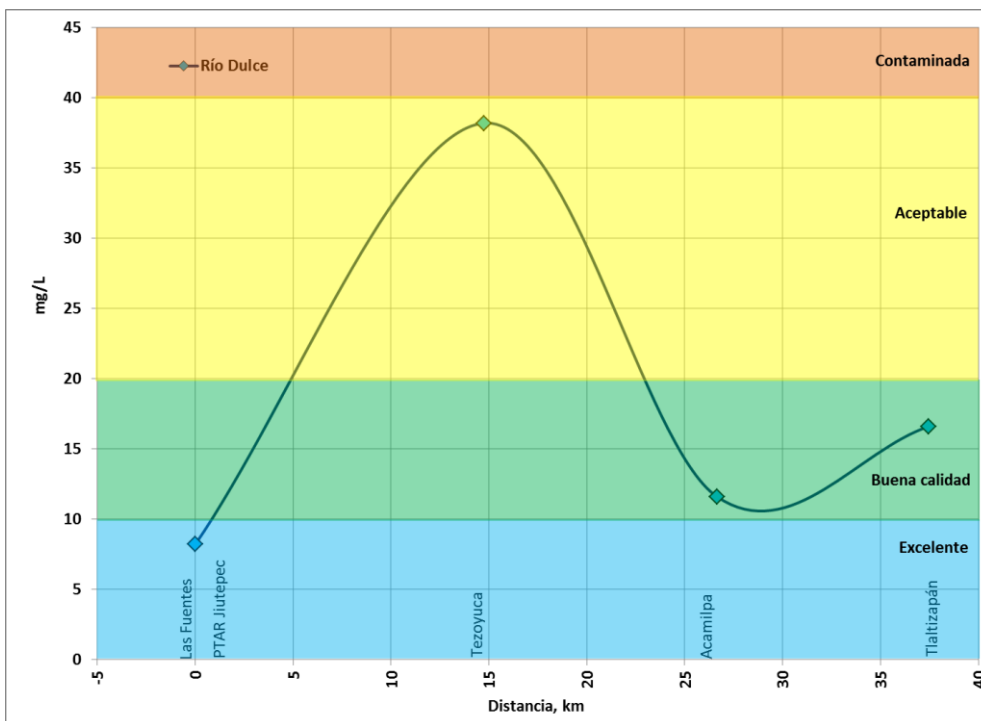


Figura 3.41. DQO en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

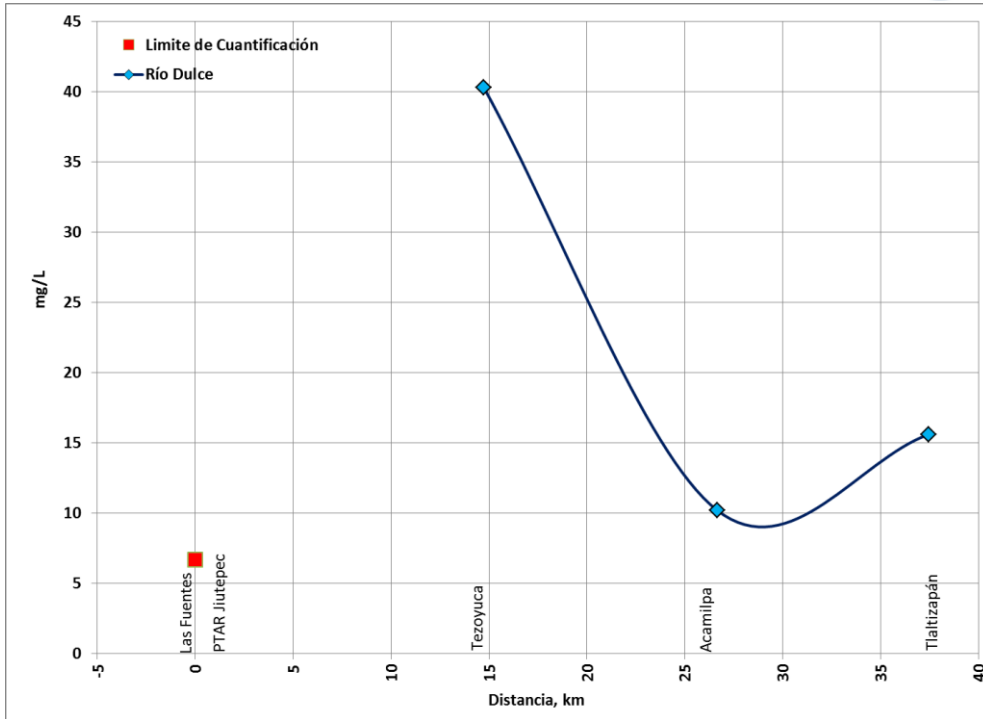


Figura 3.42. DQO soluble en el río Dulce

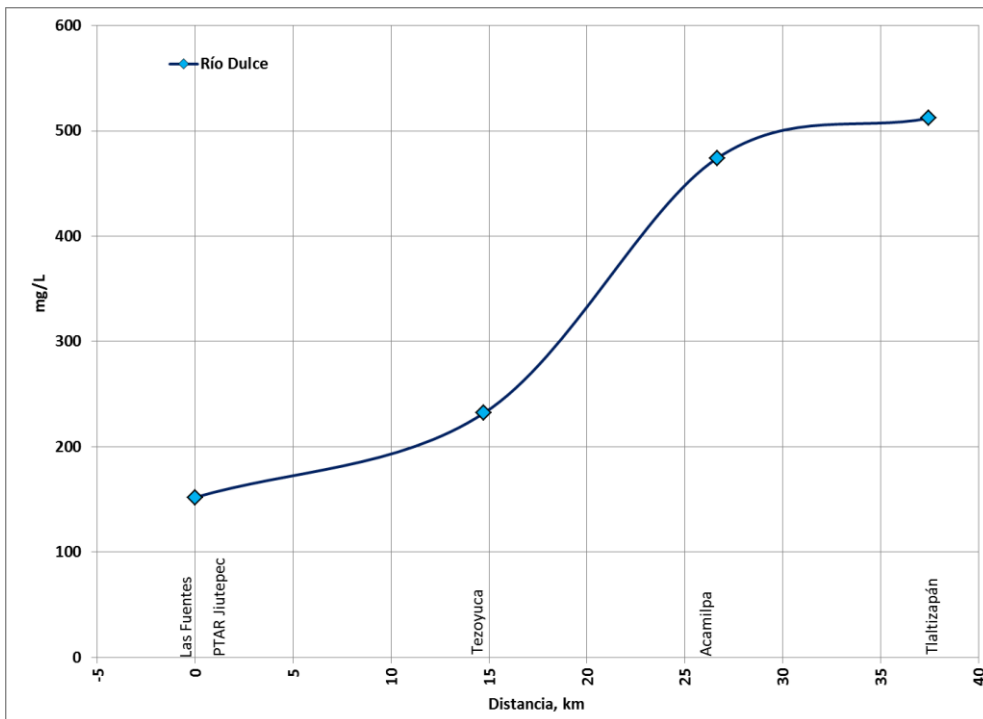


Figura 3.43. SDT en el río Dulce

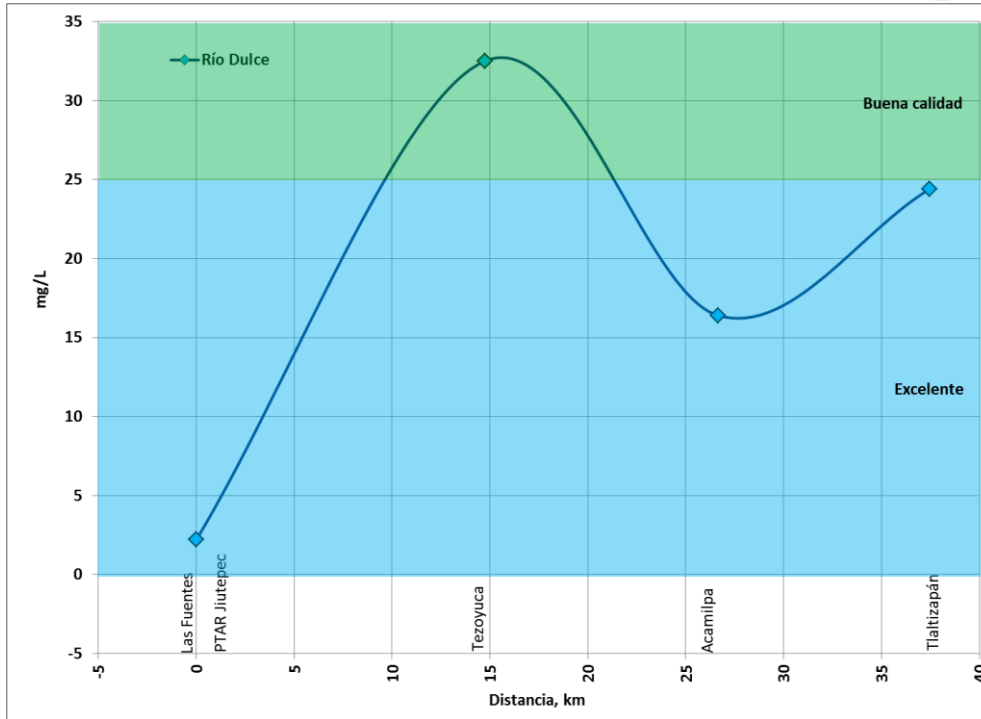


Figura 3.44. SST en el río Dulce con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

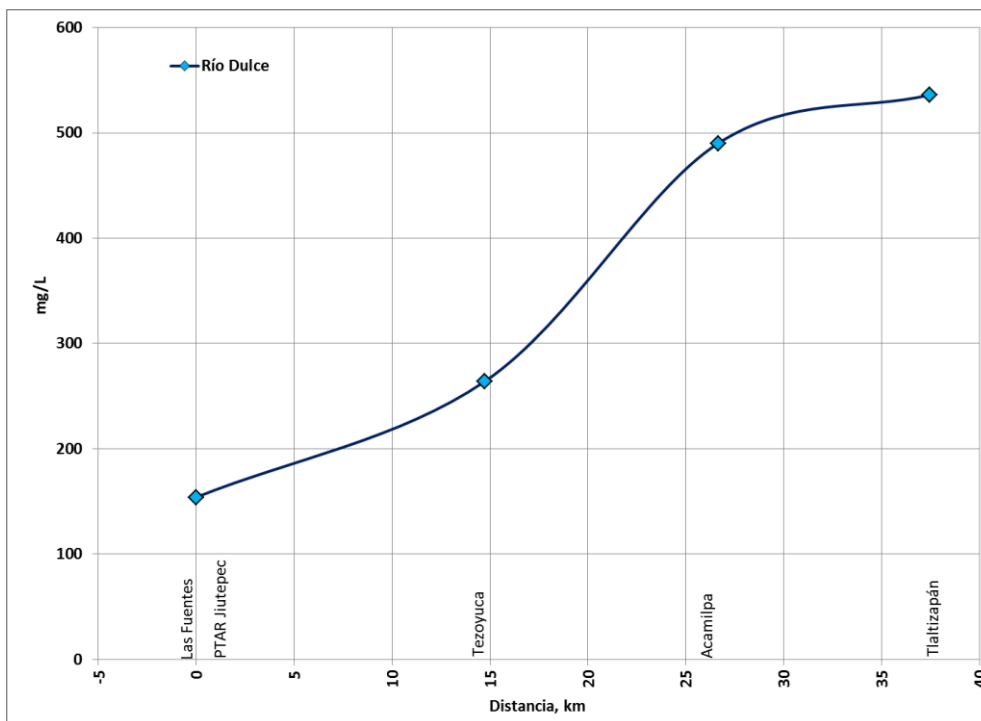


Figura 3.45. ST en el río Dulce

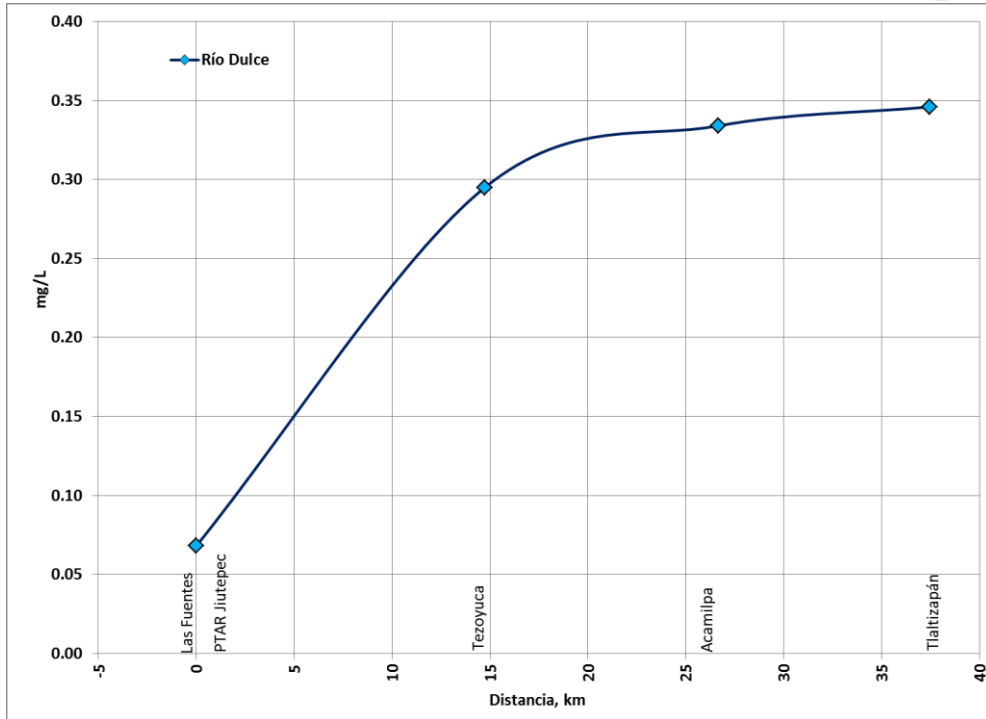


Figura 3.46. NH3 en el río Dulce

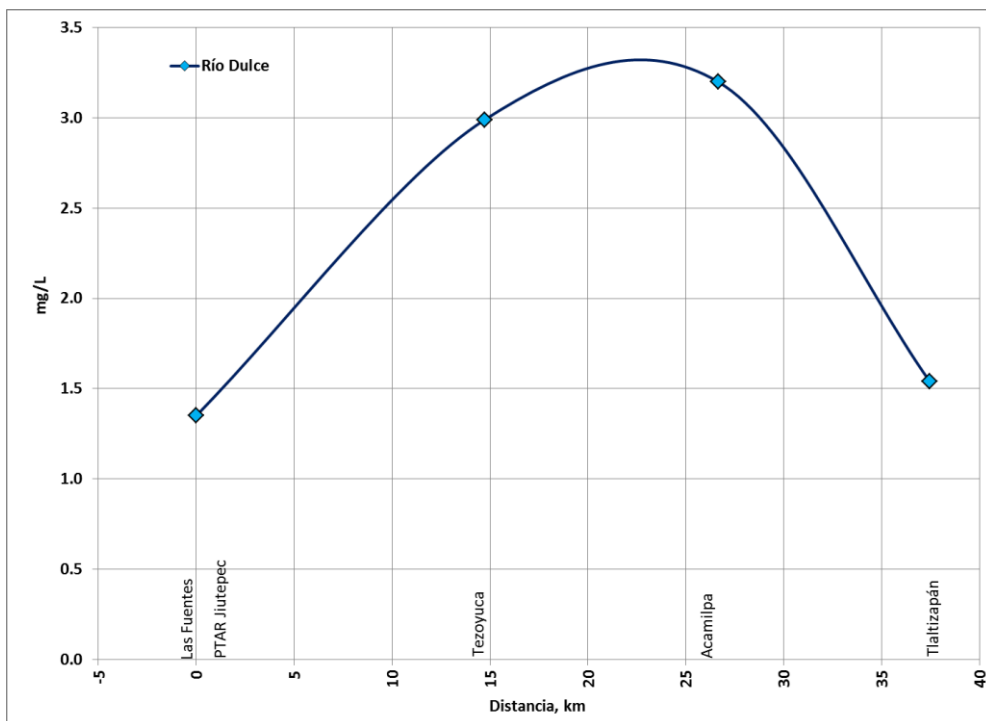


Figura 3.47. NO3 en el río Dulce

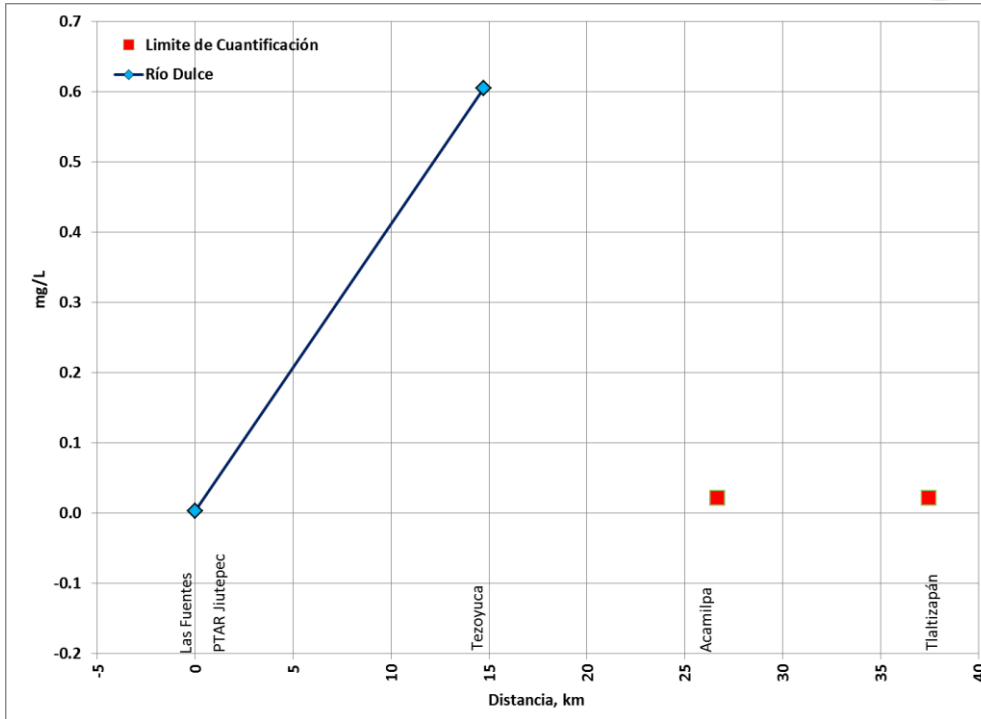


Figura 3.48. NO<sub>2</sub> en el río Dulce

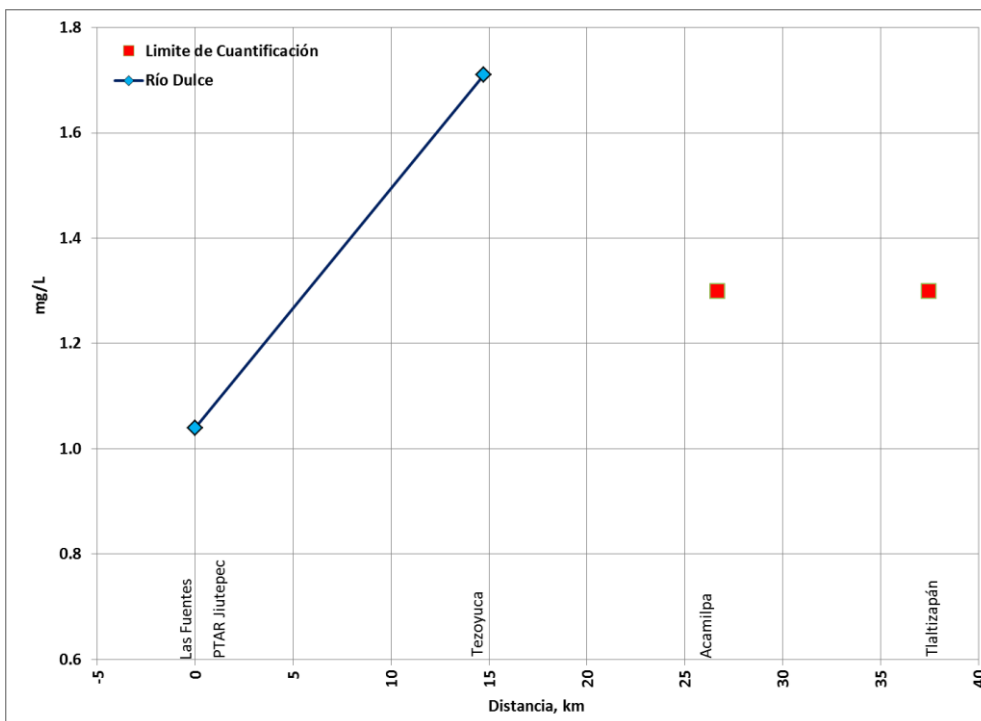


Figura 3.49. Nitrogeno orgánico en el río Dulce

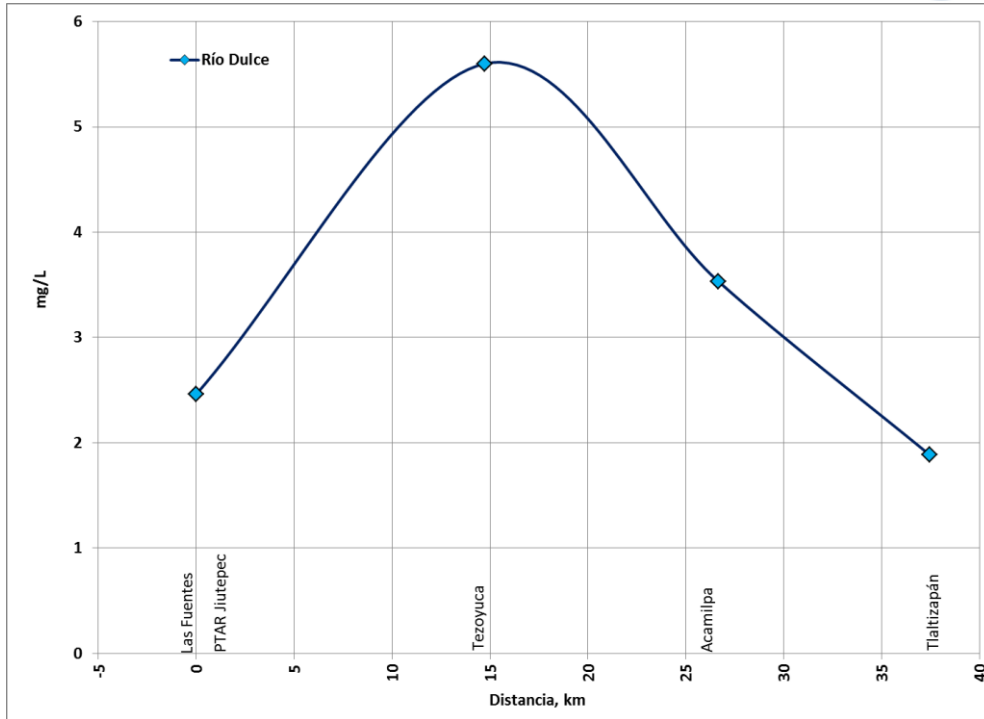


Figura 3.50. Nitrógeno total en el río Dulce

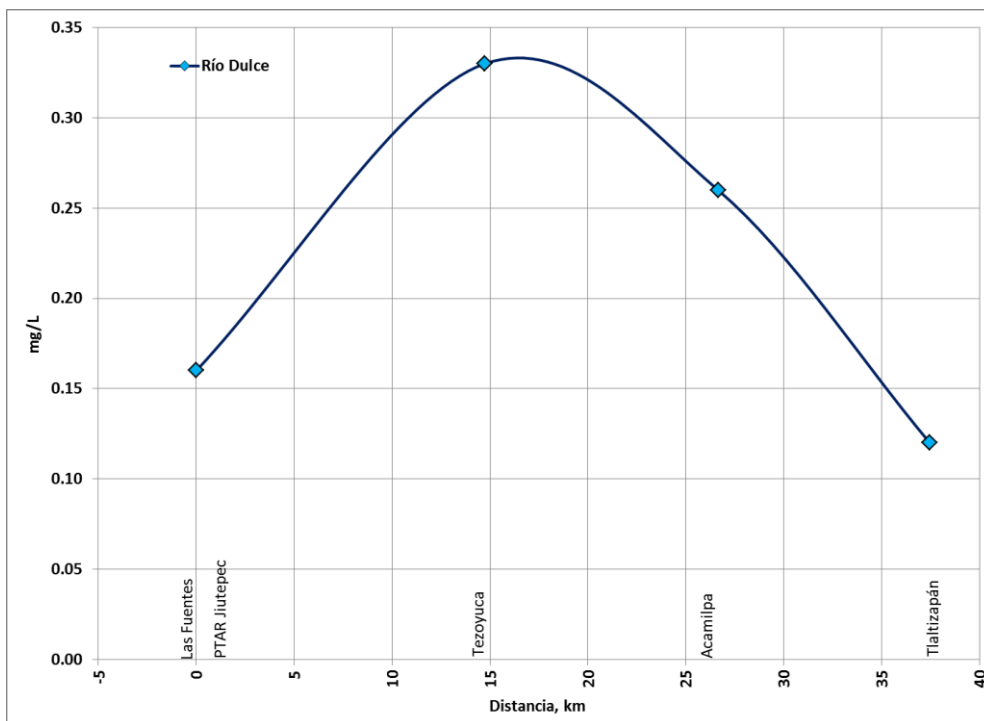


Figura 3.51. Ortofosfatos en el río Dulce

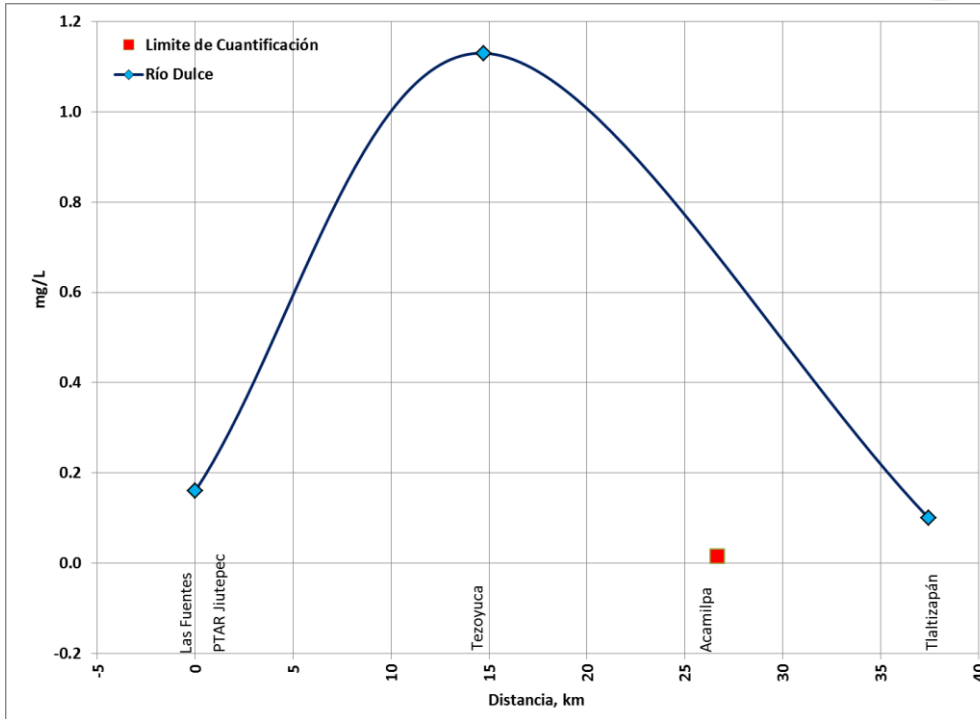


Figura 3.52. Fósforo hidrolizable en el río Dulce

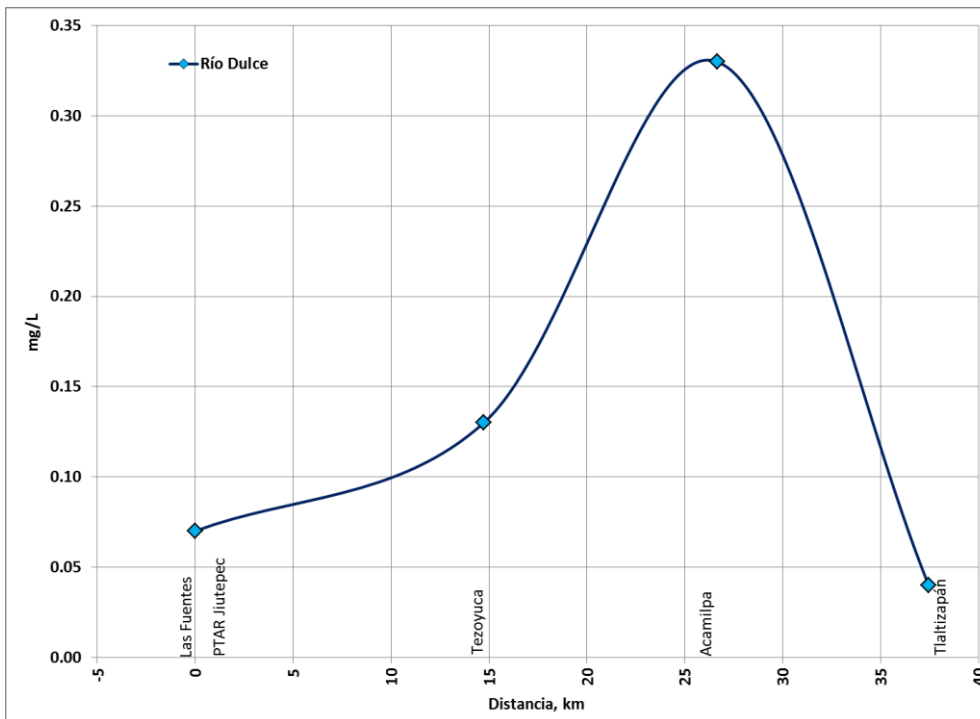


Figura 3.53. Fósforo orgánico en el río Dulce

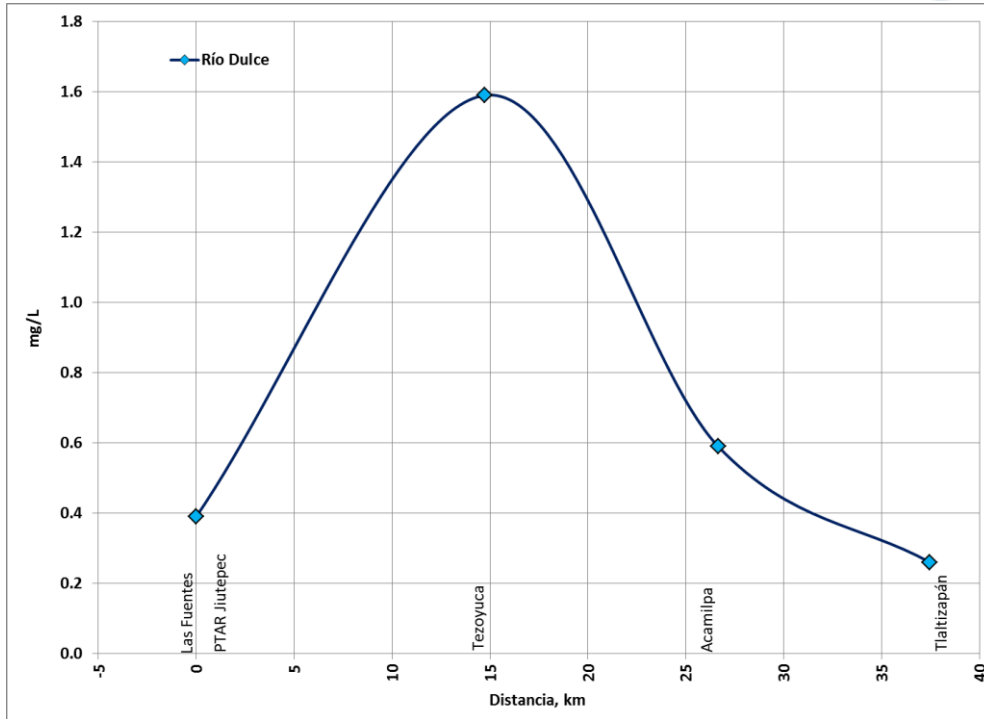


Figura 3.54. Fósforo total en el río Dulce

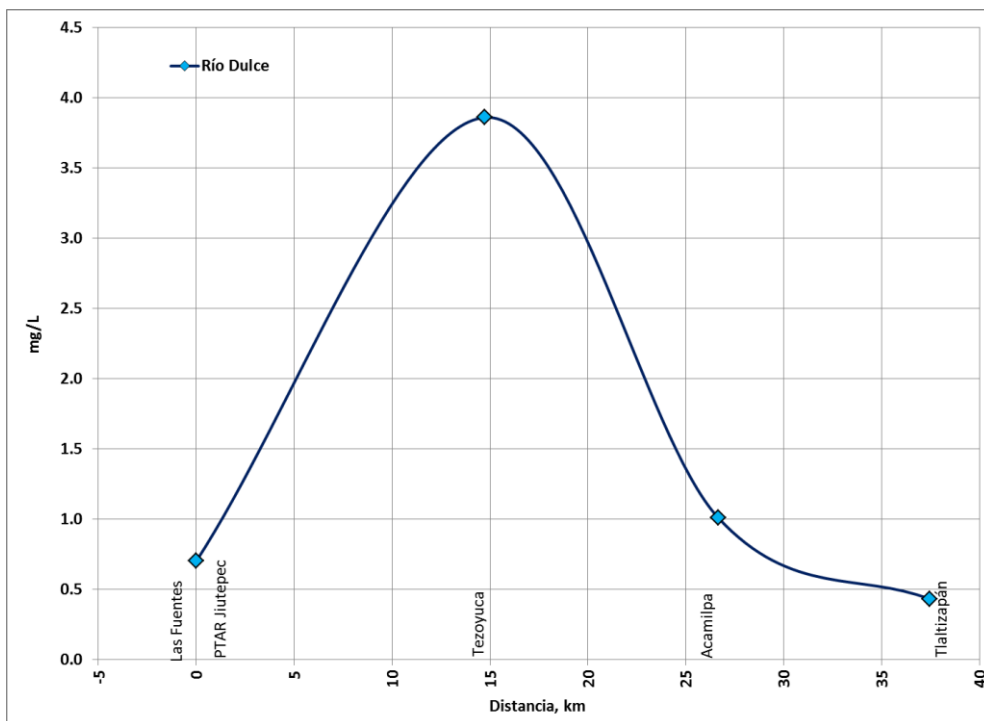


Figura 3.55. Fosfatos en el río Dulce



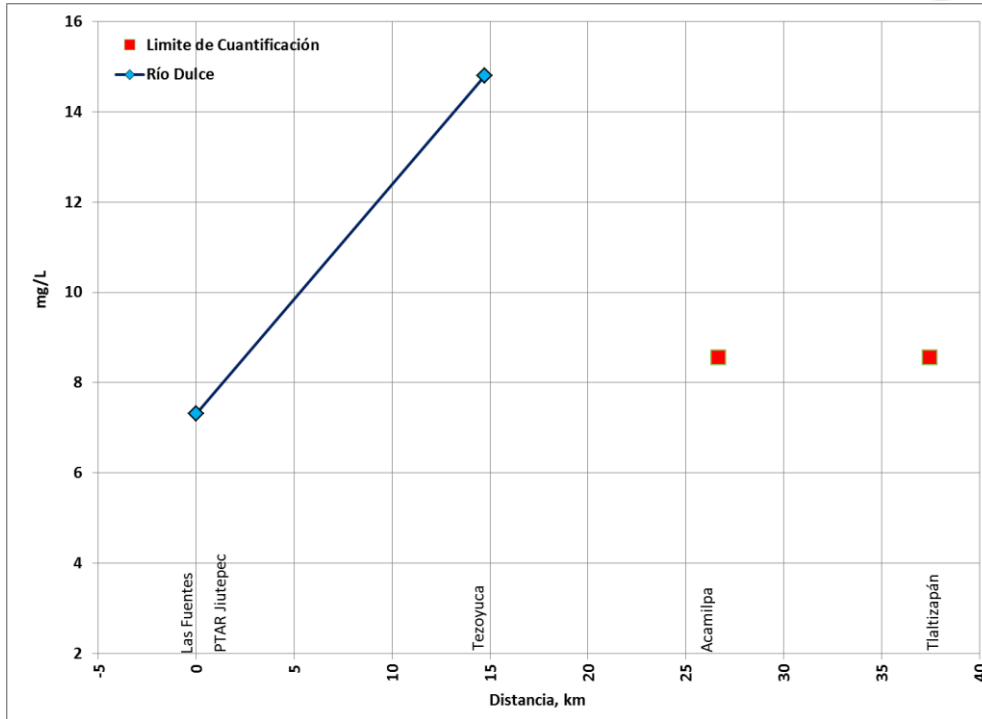


Figura 3.56. Grasas y aceites en el río Dulce

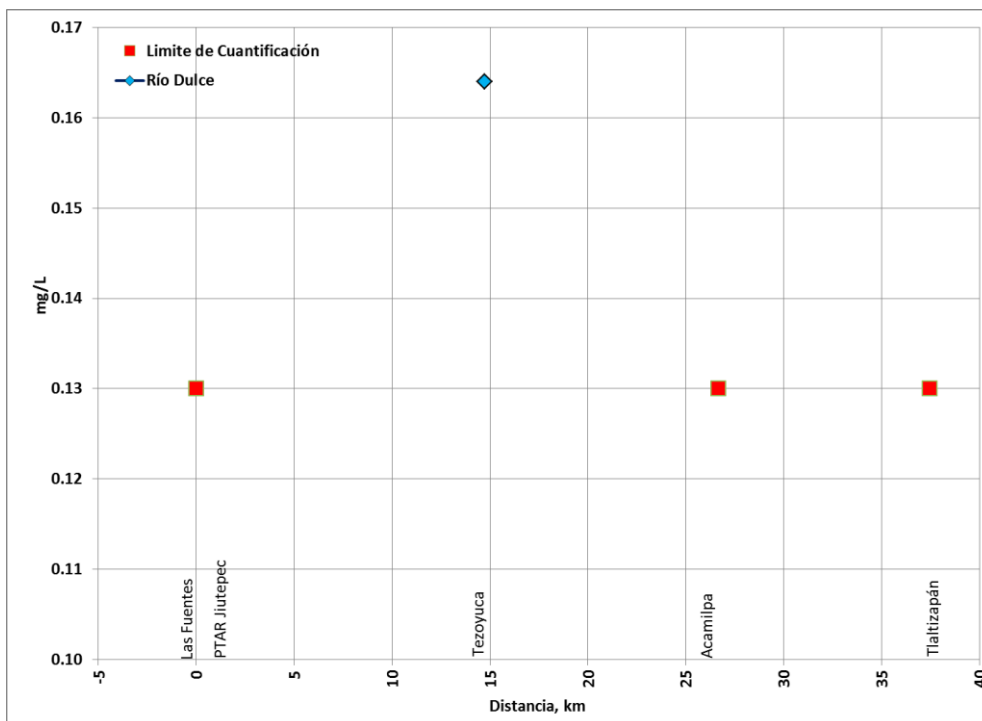


Figura 3.57. Sustancias activas al azul de metileno (SAAM) en el río Dulce

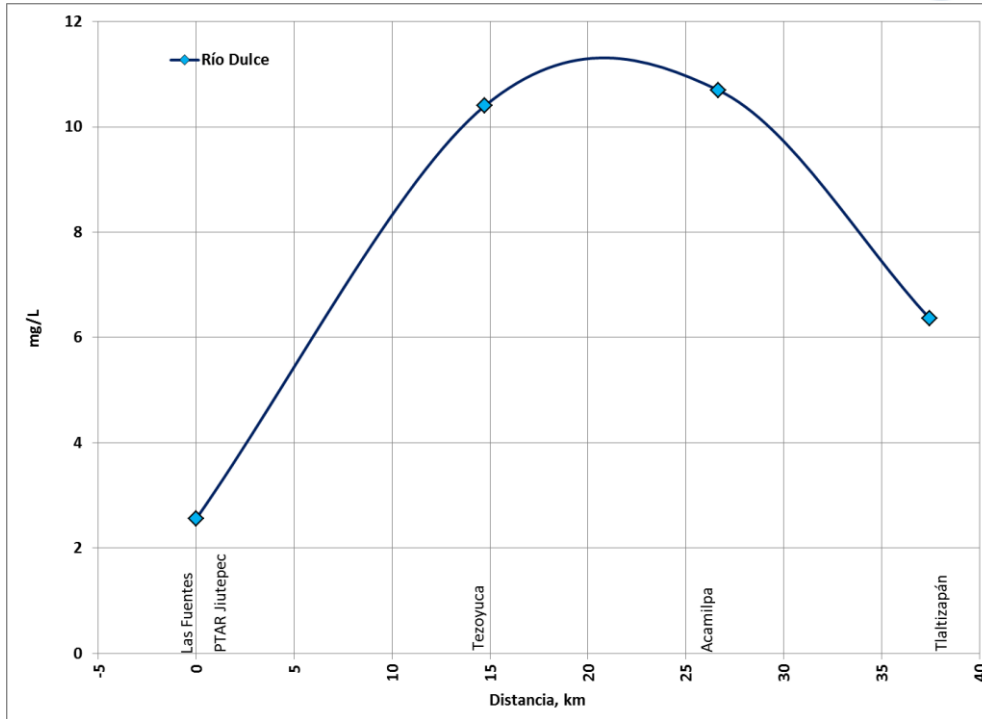


Figura 3.58. Cloruros en el río Dulce

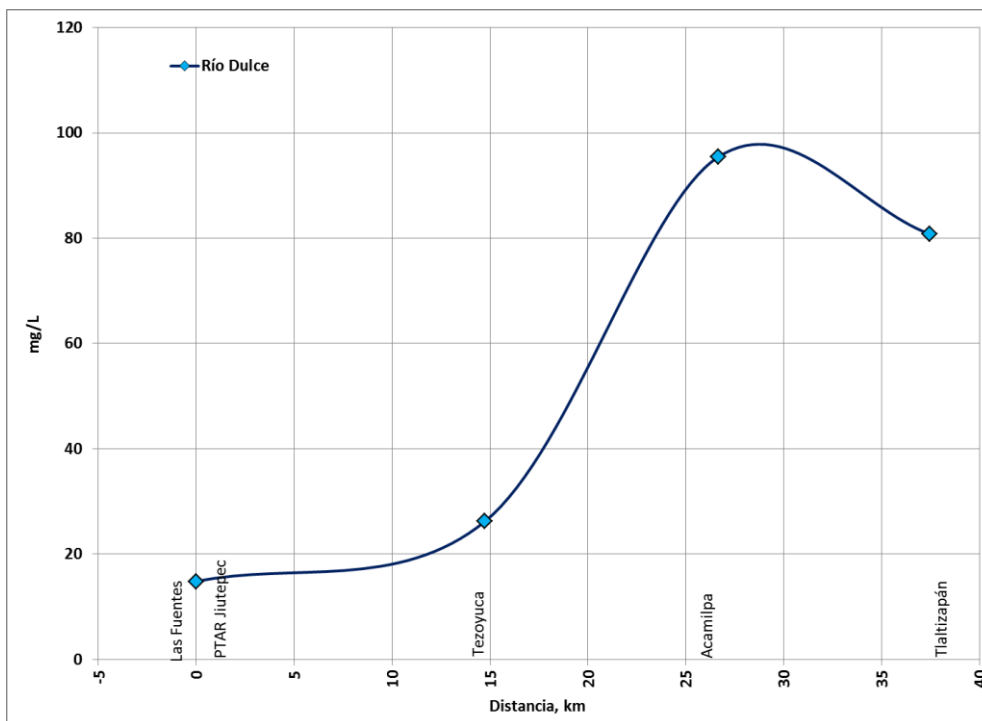


Figura 3.59. Sulfatos en el río Dulce

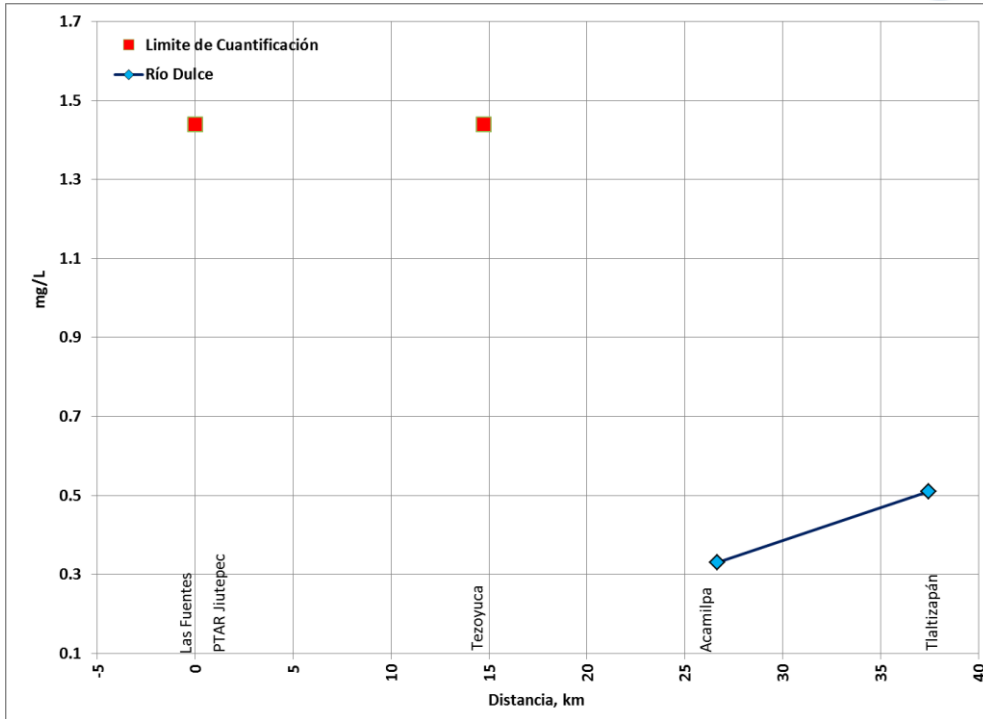


Figura 3.60. Sulfuros en el río Dulce

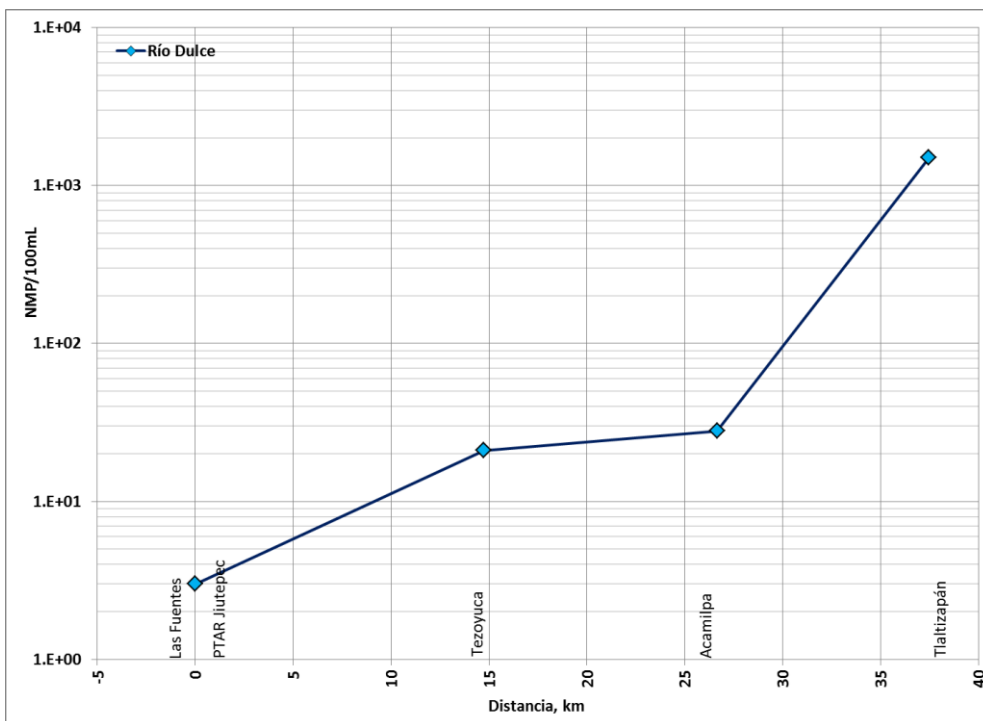


Figura 3.61. Coliformes fecales en el río Dulce

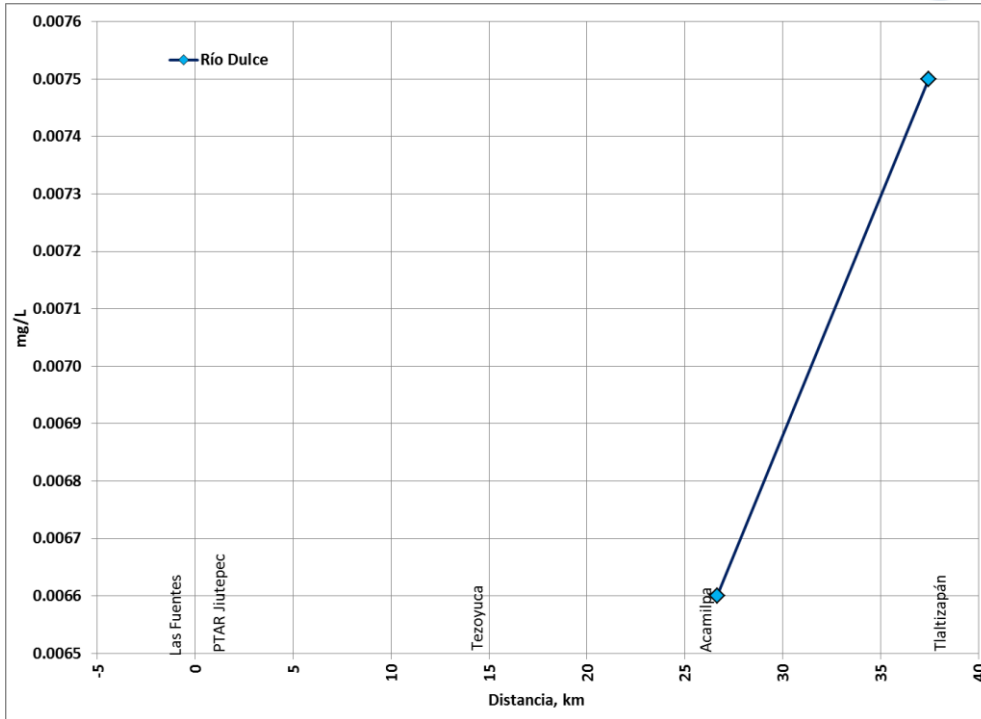


Figura 3.62. Arsénico en el río Dulce

### 3.2.3. Río Cuautla

En la Tabla 3.5 se muestra los resultados de calidad de agua de las estaciones ubicadas en el río Cuautla y en las descargas y en la Figura 3.63 a la Figura 3.92 se ilustran gráficamente el comportamiento de cada parámetro.

Tabla 3.5. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla

Clave	Nombre	Sitio	Temp.	Cond.	O.D	pH	Salinidad	ORP	COT	Mat. Flot.	Alc. Tot.	Dur. Tot	Color verdadero		CE <sub>50</sub>	UT
			°C	uS/cm	mg/L		PSS	mv	mg/L	Ausencia	mg/L CaCo <sub>2</sub>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Upt-Co al pH	%		
1	Yecapixtla	Río														
2	Piedra Blanca	Río														
3	Unidad deportiva	Río	22.40	389	7.40	8.28		213.30	1.49		184	192	2.5	8.31		
5	PTAR Cuautla	PTAR	20.70	582	7.04	7.78			2.17		221	267	7.5	8.21		
6	López Portillo	Río	29.50	532	3.63	7.87		34.80	6.08		227	211	17.5	8		
7	Olintepepec	Río														
8	Rafael Zaragoza	Río	23.10	943	8.80	8.57		262.80	2.33		316	477	20.0	8.57		
8	Ixtoluca	Río	23.50	1,011	8.54	9.04		254.60	3.63		333	489	20.0	8.69		
9	Nexpa	Río	24.80	1,080	8.42	8.72		269.40	3.11		306	517	17.5	8.62		

Tabla 3.5. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	DBO <sub>5</sub>	DBO (sol)	DQO	DQO (sol)	SDT	S. Sed	SST	ST	N-NH <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>2</sub>	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	Yecapixtla	Río														
2	Piedra Blanca	Río														
3	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
5	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
6	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
7	Olintepepec	Río														
8	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

8	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
9	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

Tabla 3.5. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	P-Orto	P-Hidro	P-Org	PT	Col. Fec	G y A	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	Yecapixtla	Río												
2	Piedra Blanca	Río												
3	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
5	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
6	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
7	Olintepec	Río												
8	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
8	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
9	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

Tabla 3.5. Resultados de calidad del agua de las estaciones de monitoreo del río Cuautla (continuación)

Clave	Nombre	Sitio	As	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn	Cn	Cr VI
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	Yecapixtla	Río										
2	Piedra Blanca	Río										
3	Unidad deportiva	Río									<0.02	<0.10
5	PTAR Cuautla	PTAR									<0.02	<0.10
6	López Portillo	Río									<0.02	<0.10
7	Olintepec	Río										
8	Rafael Zaragoza	Río									<0.02	<0.10

8	Ixtoluca	Río										<0.02	<0.10
9	Nexpa	Río										<0.02	<0.10

Tabla 3.5. 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
			ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L
1	Yecapixtla	Río									
2	Piedra Blanca	Río									
3	Unidad deportiva	Río									
5	PTAR Cuautla	PTAR									
6	López Portillo	Río									
7	Olintepepec	Río									
8	Rafael Zaragoza	Río									
8	Ixtoluca	Río									
9	Nexpa	Río	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

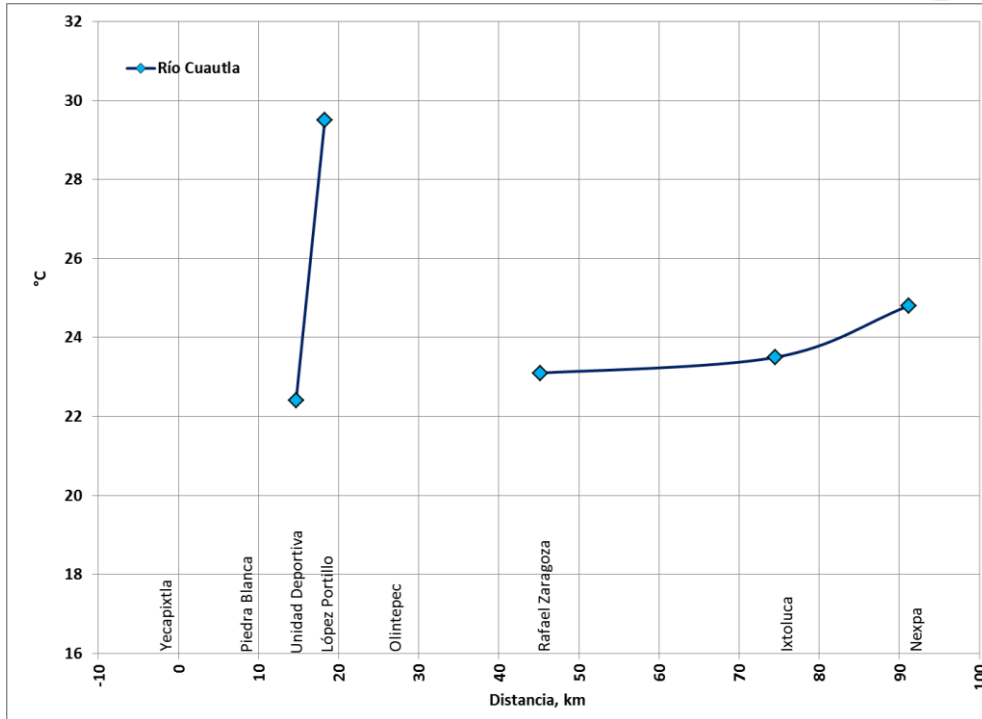


Figura 3.63. Temperatura en el río Cuautla

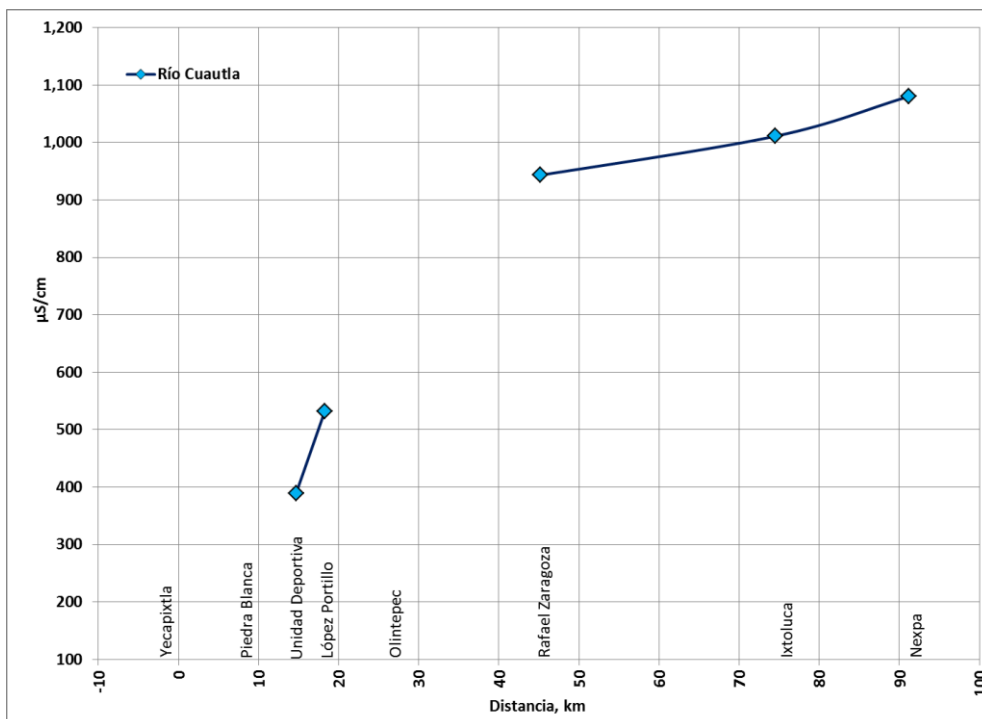


Figura 3.64. Conductividad eléctrica en el río Cuautla



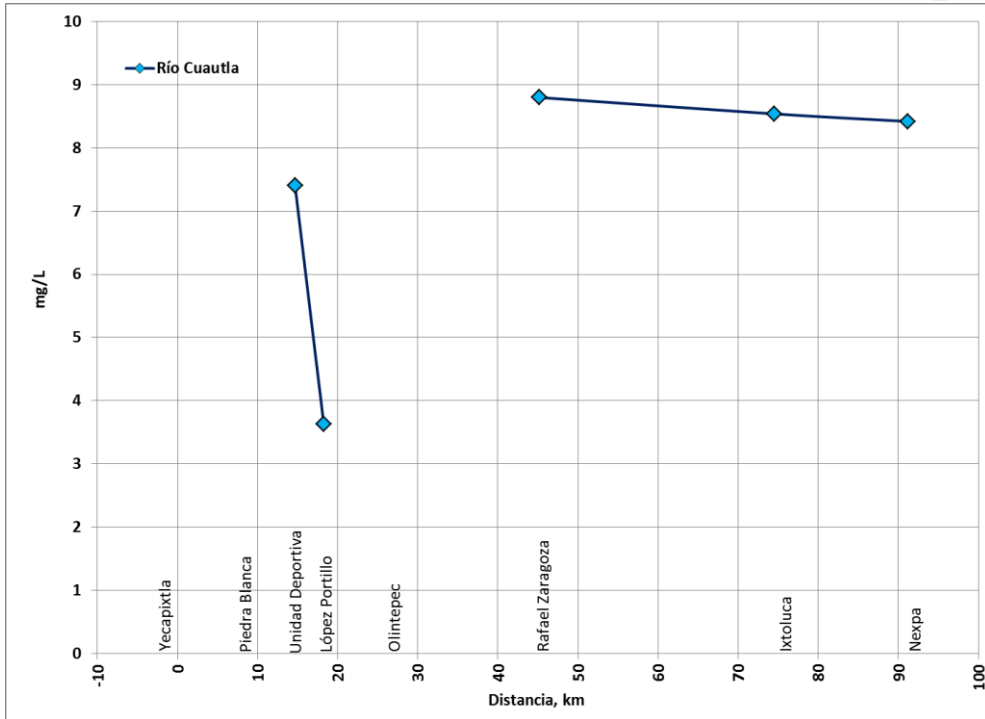


Figura 3.65. Oxígeno disuelto en el río Cuautla

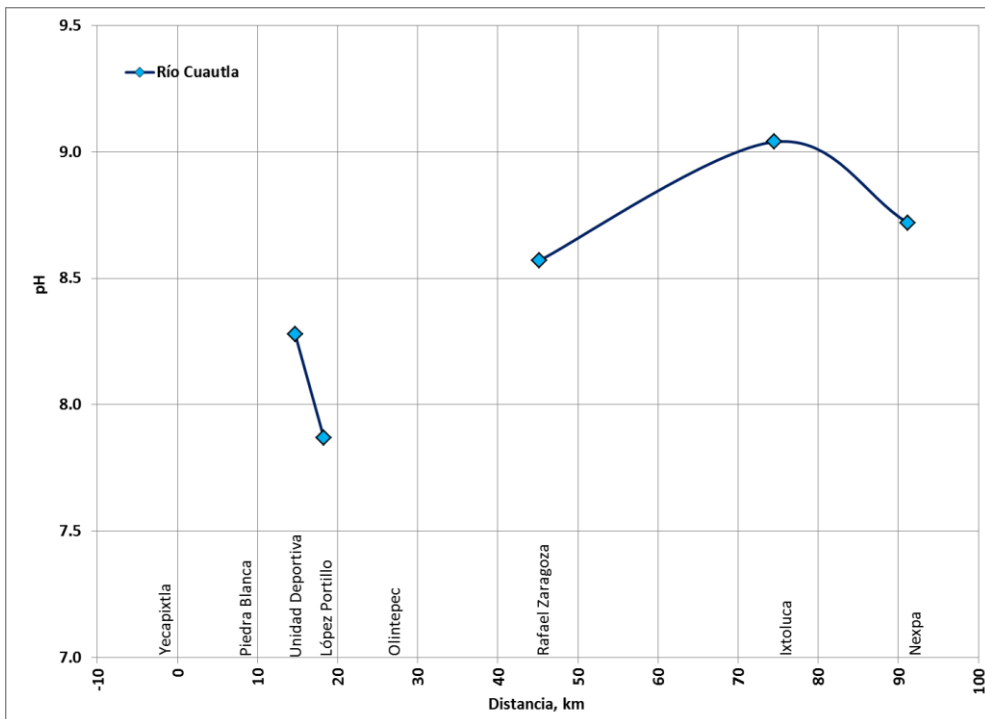


Figura 3.66. pH en el río Cuautla

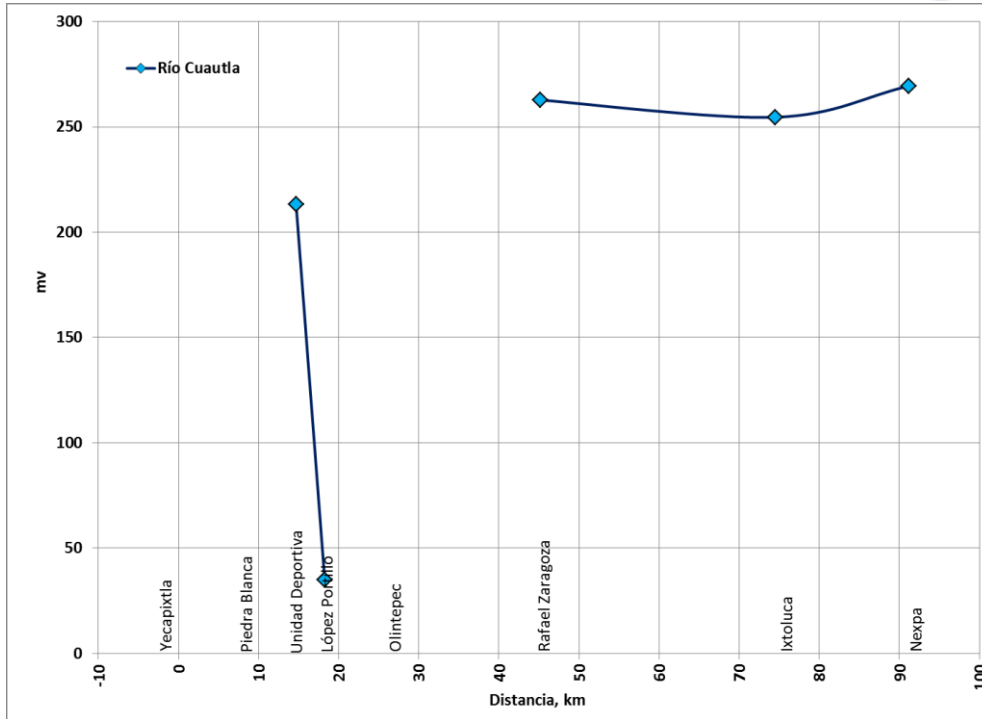


Figura 3.67. ORP en el río Cuautla

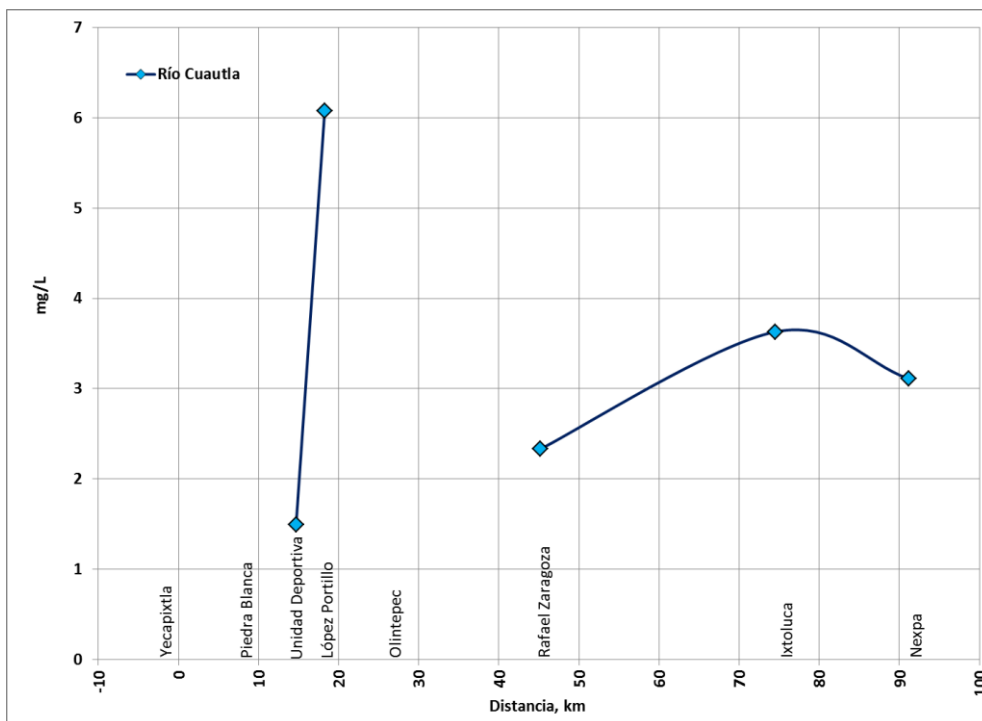


Figura 3.68. Carbono orgánico total en el río Cuautla

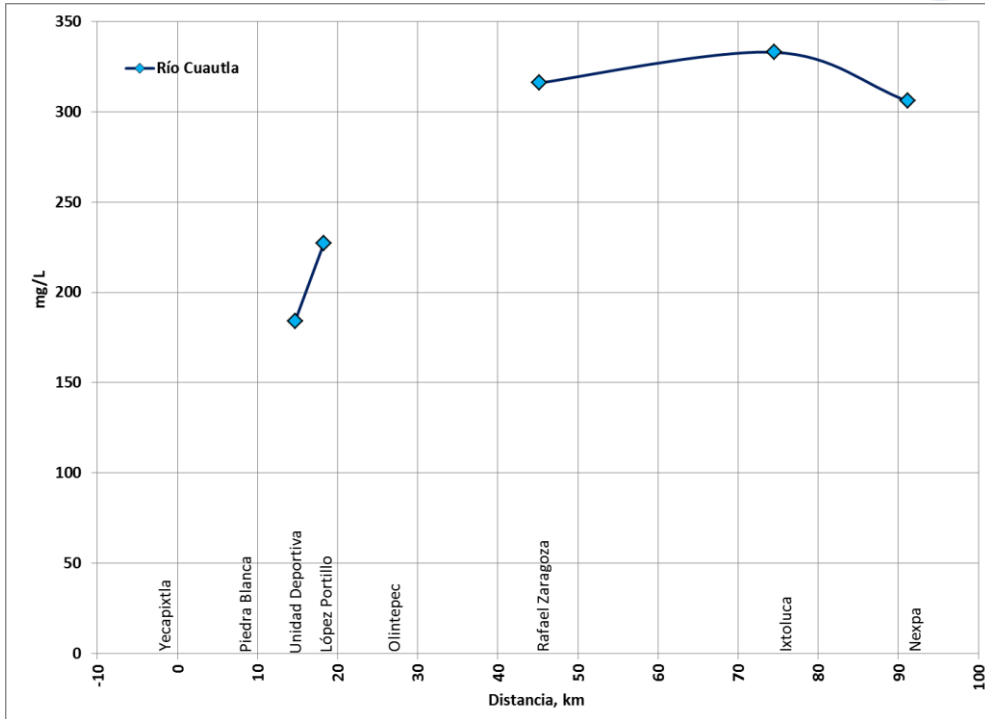


Figura 3.69. Alcalinidad total en el río Cuautla

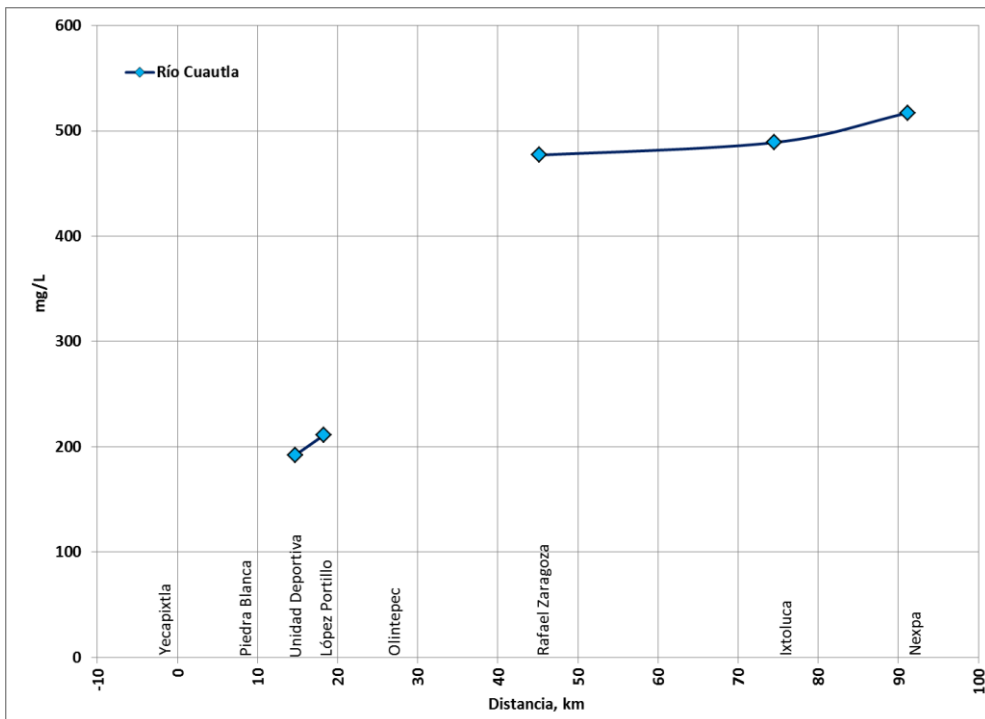


Figura 3.70. Dureza en el río Cuautla

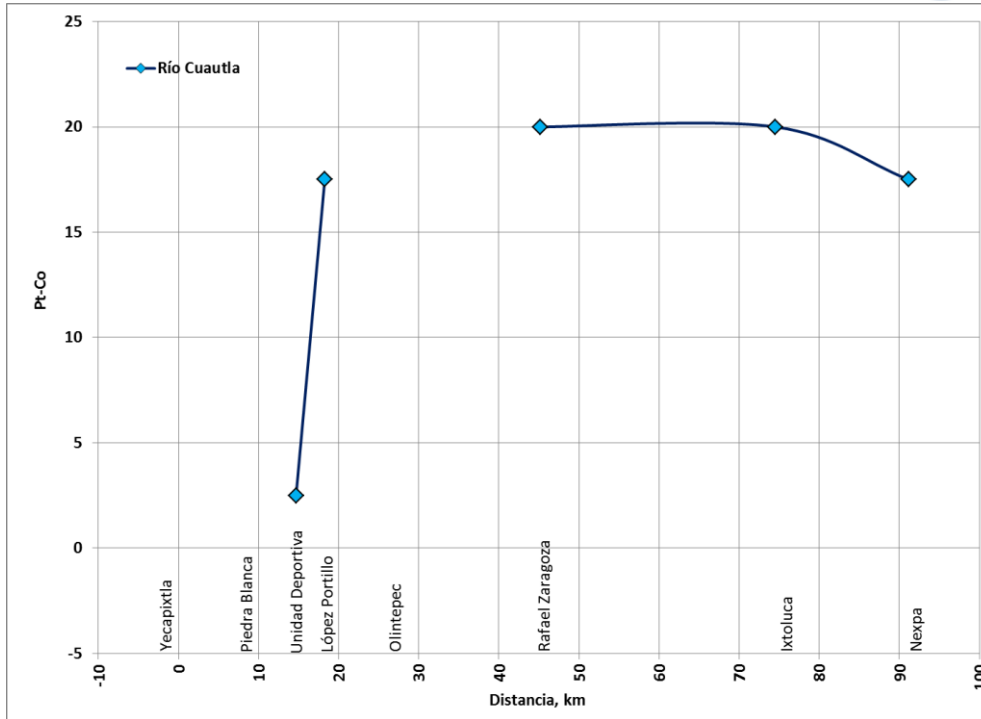


Figura 3.71. Color verdadero en el río Cuautla

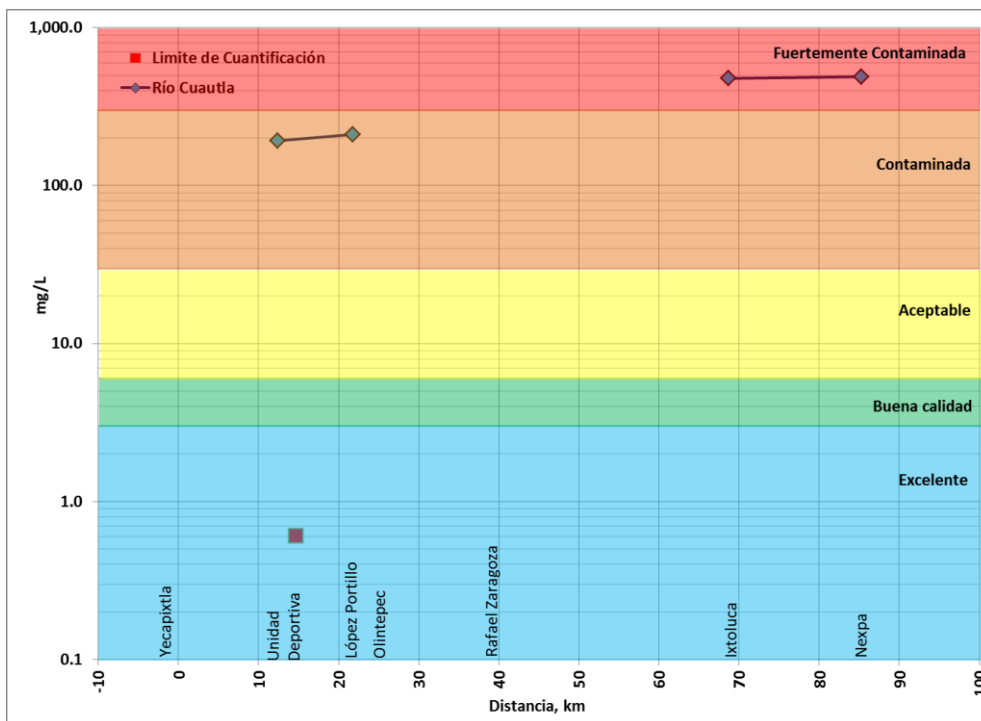


Figura 3.72. BOD en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

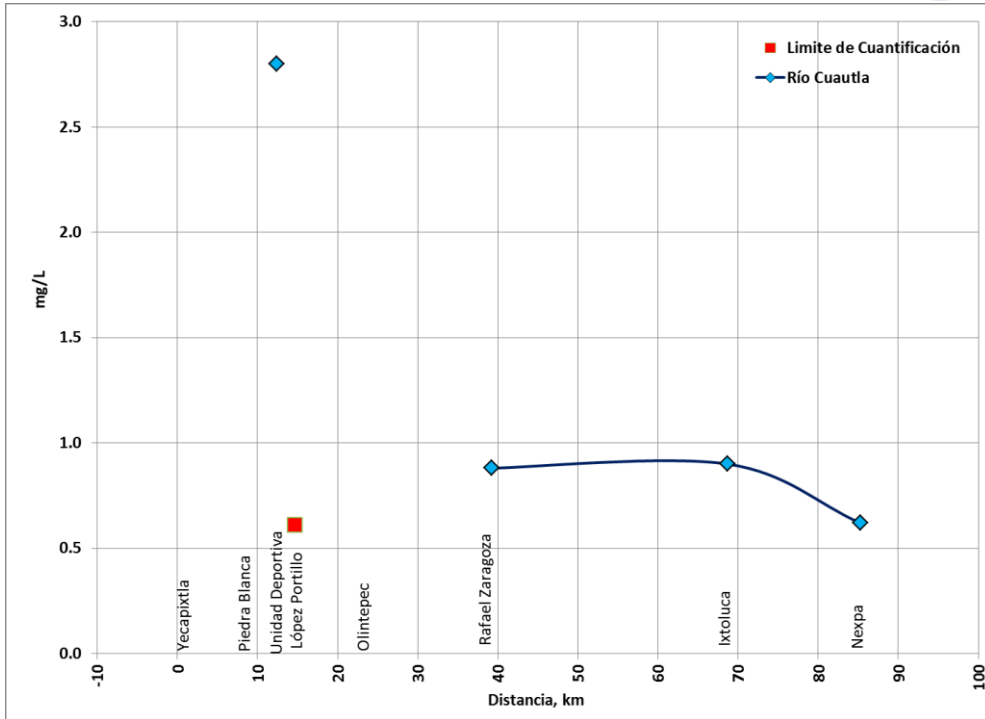


Figura 3.73. DBO soluble en el río Cuautla

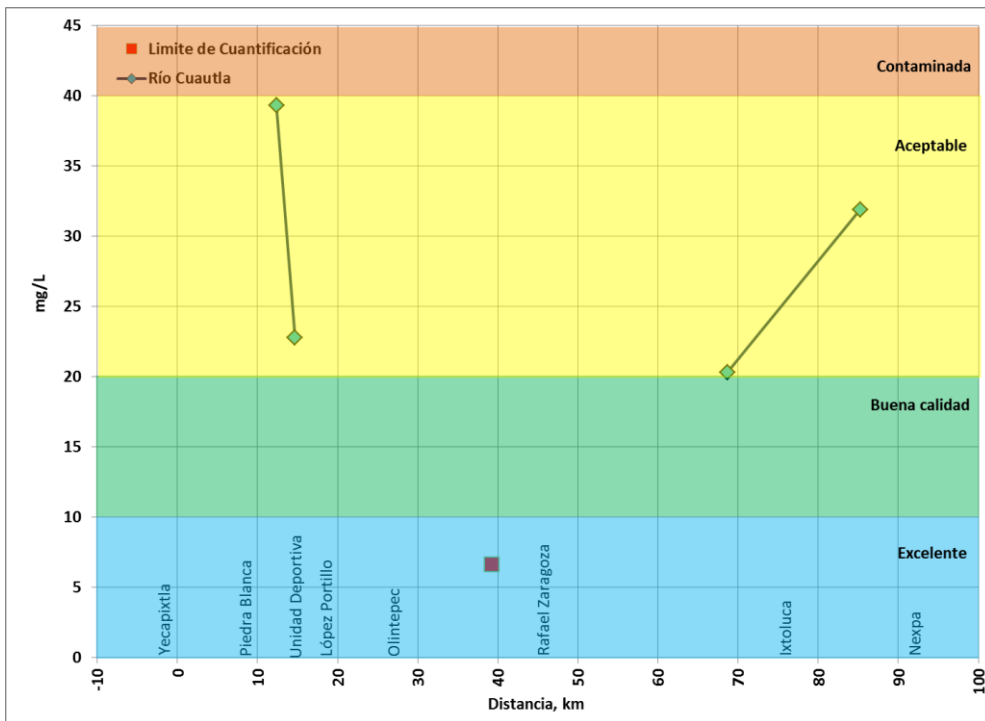


Figura 3.74. DQO en el río Cuautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

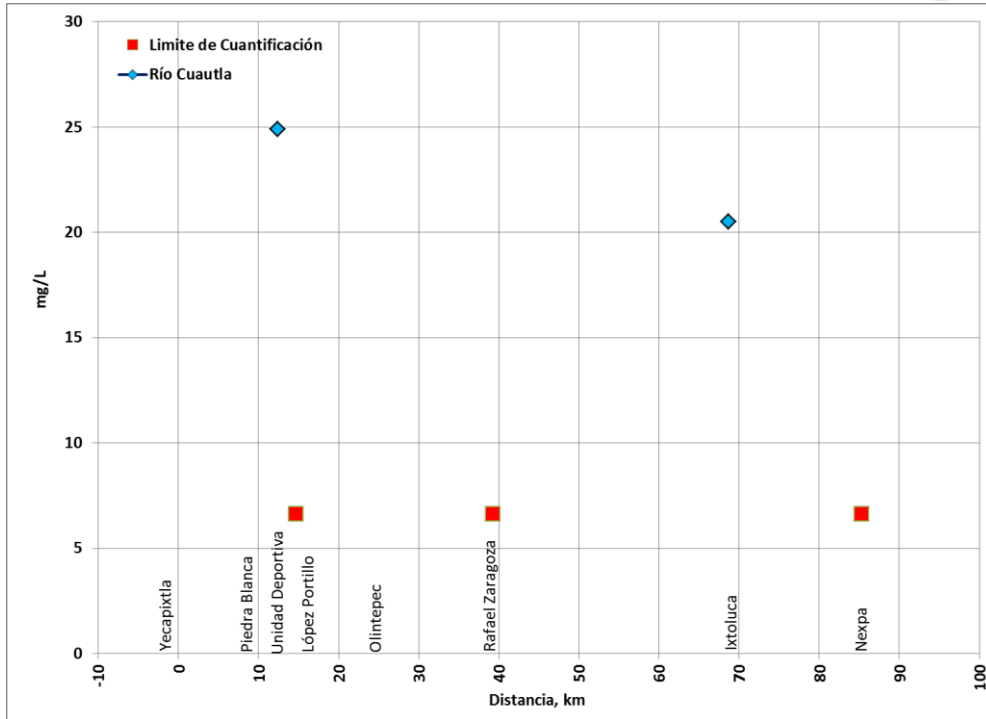


Figura 3.75. DQO soluble en el río Cuautla

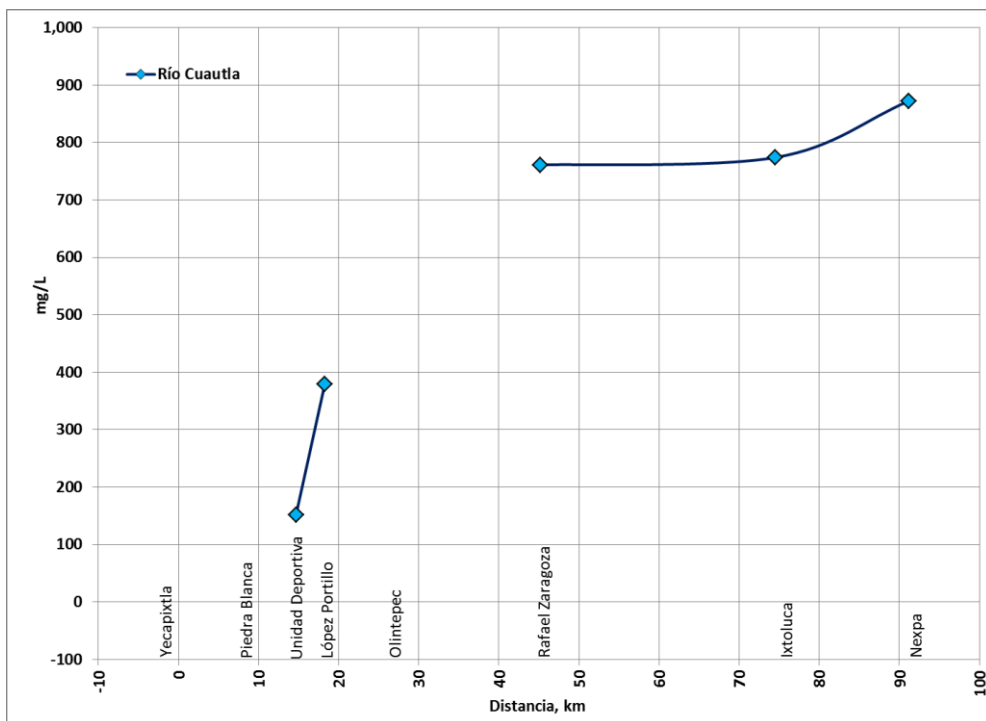


Figura 3.76. SDT en el río Cuautla

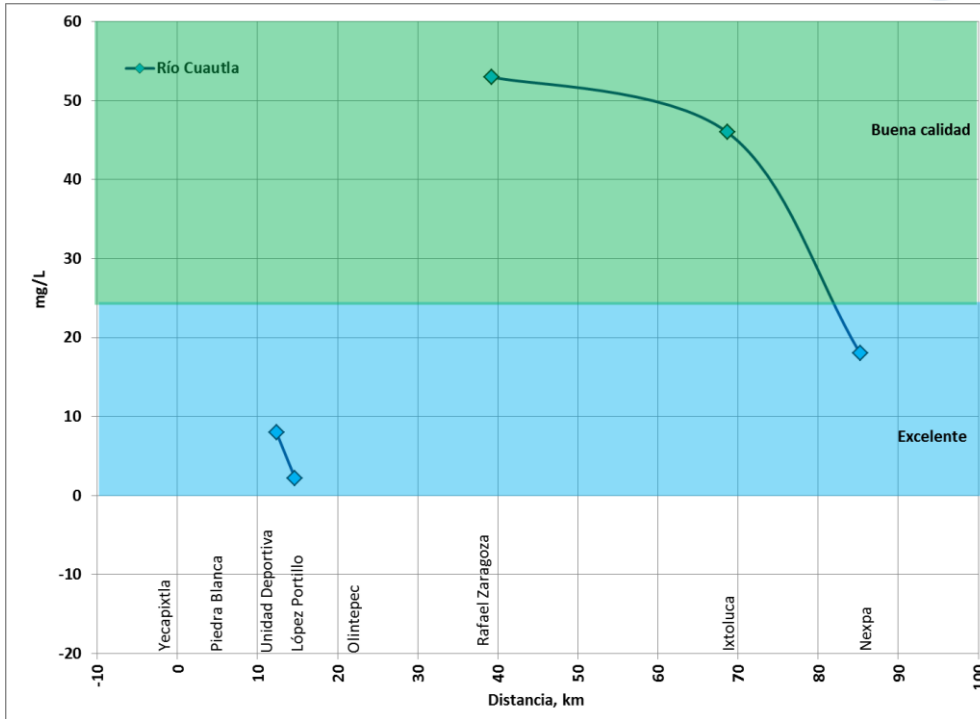


Figura 3.77. SST en el río Cautla con escala de clasificación de calidad del agua, CONAGUA

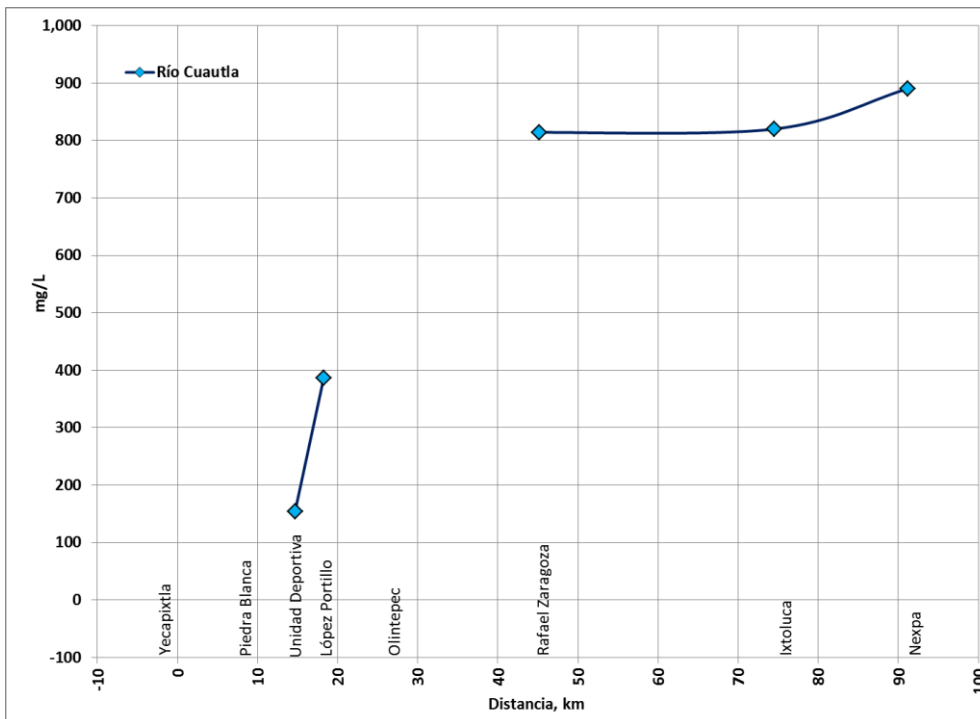


Figura 3.78. Sólidos totales en el río Cautla

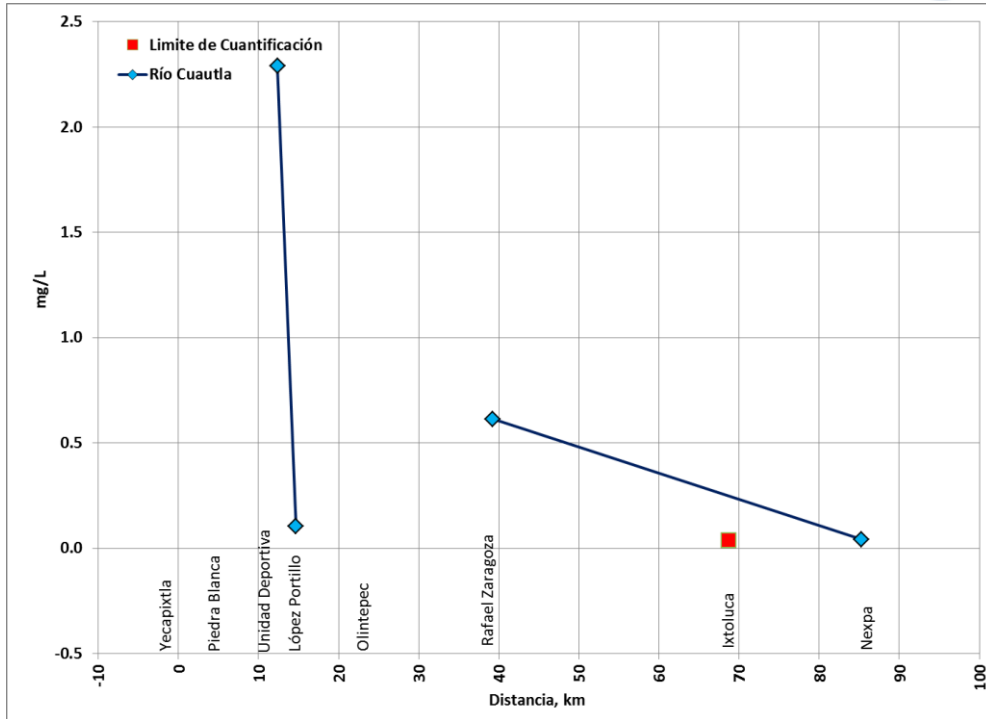


Figura 3.79. NH3 en el río Cuautla

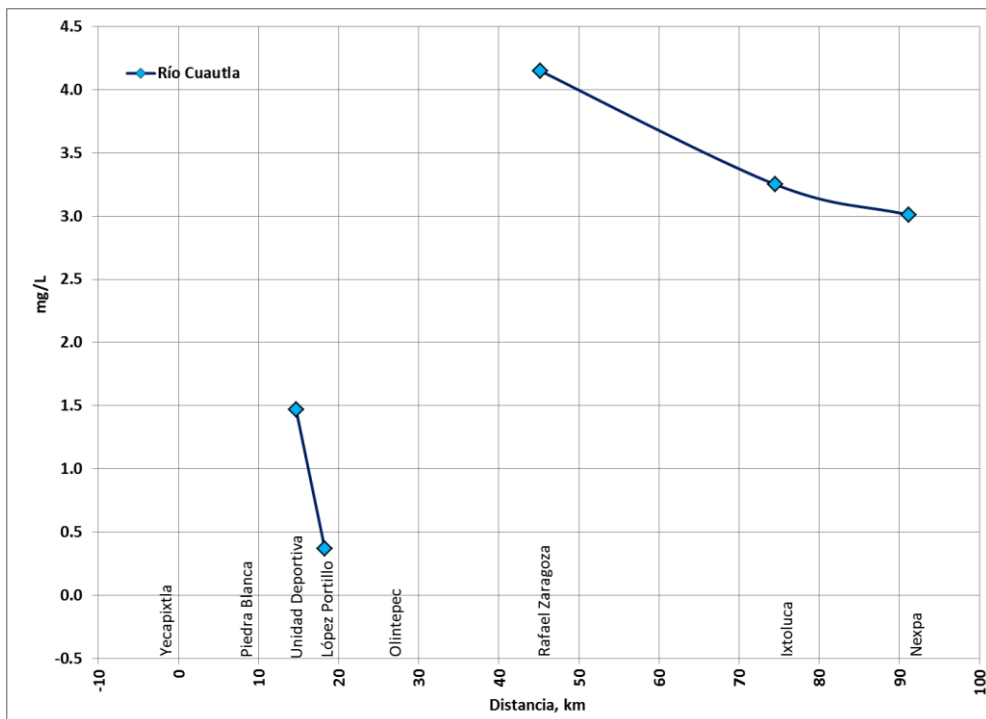


Figura 3.80. Nitratos en el río Cuautla



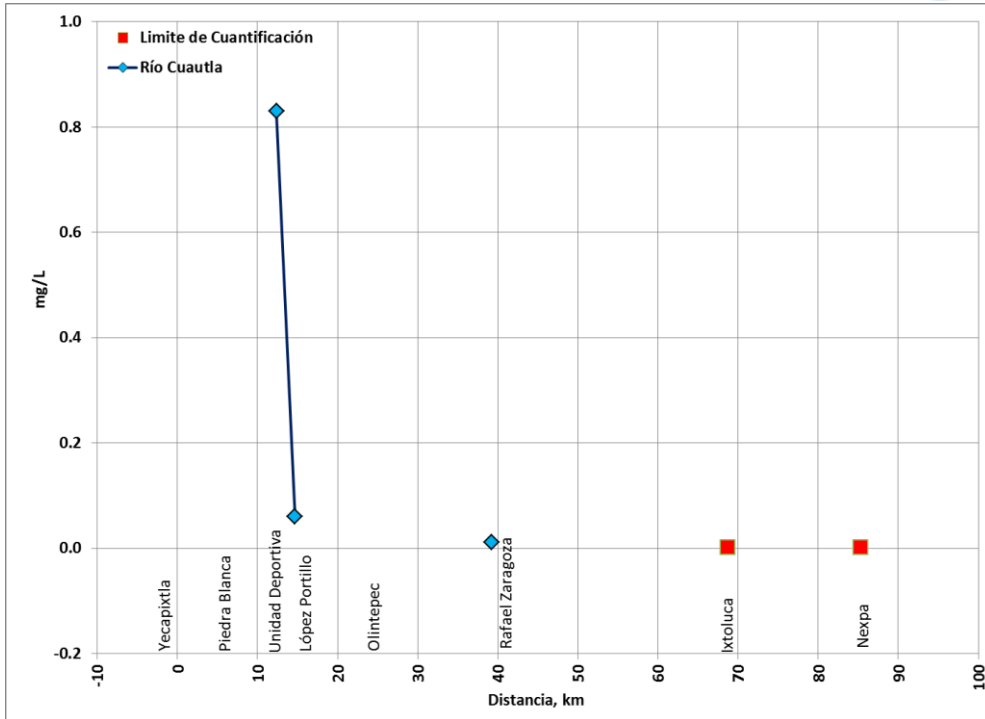


Figura 3.81. Nitritos en el río Cuautla

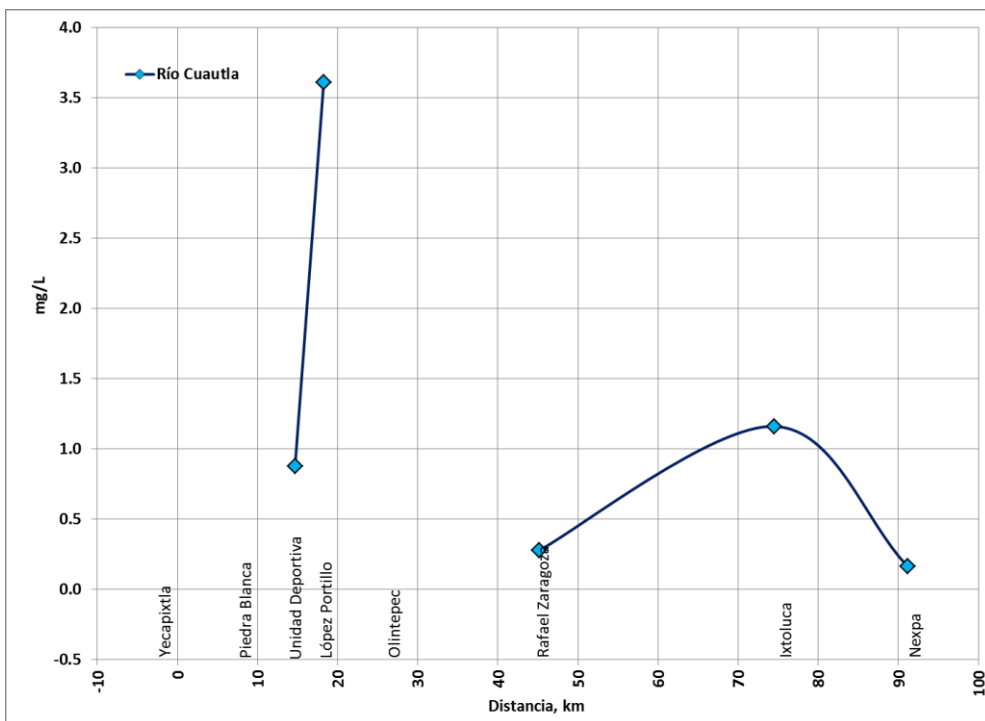


Figura 3.82. Nitrógeno orgánico en el río Cuautla

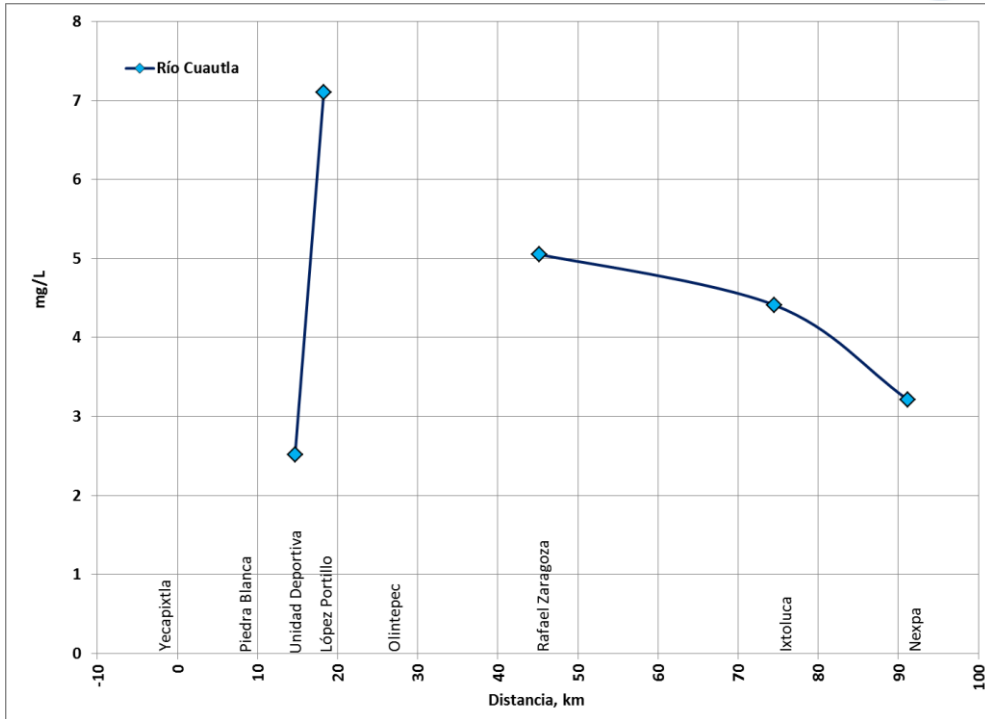


Figura 3.83. Nitrógeno orgánico en el río Cuautla

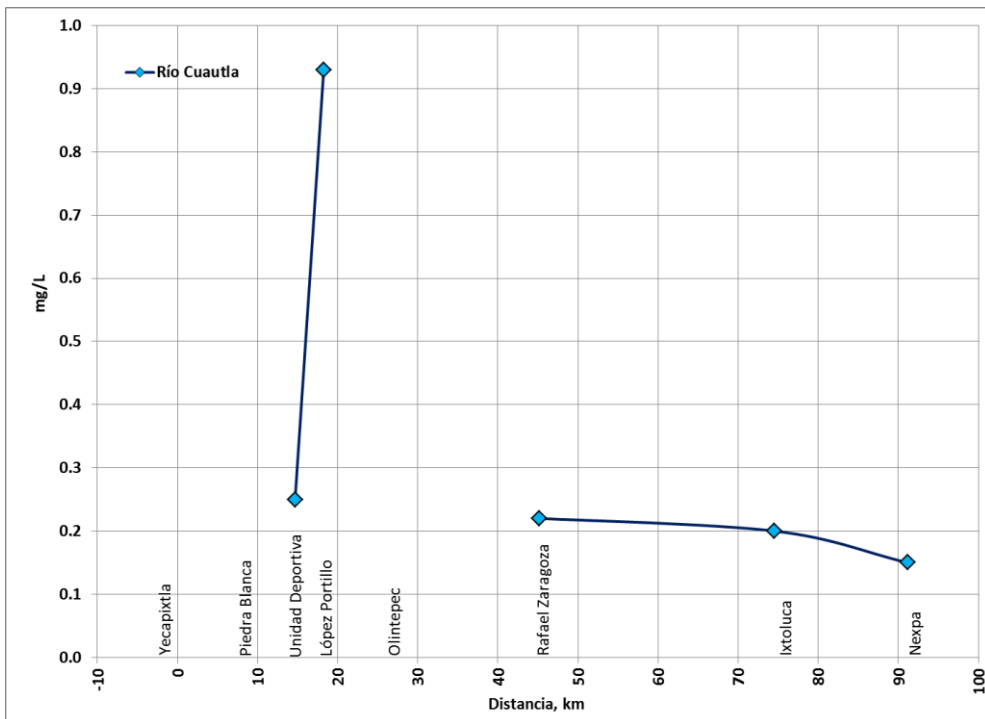


Figura 3.84. Ortofosfatos en el río Cuautla

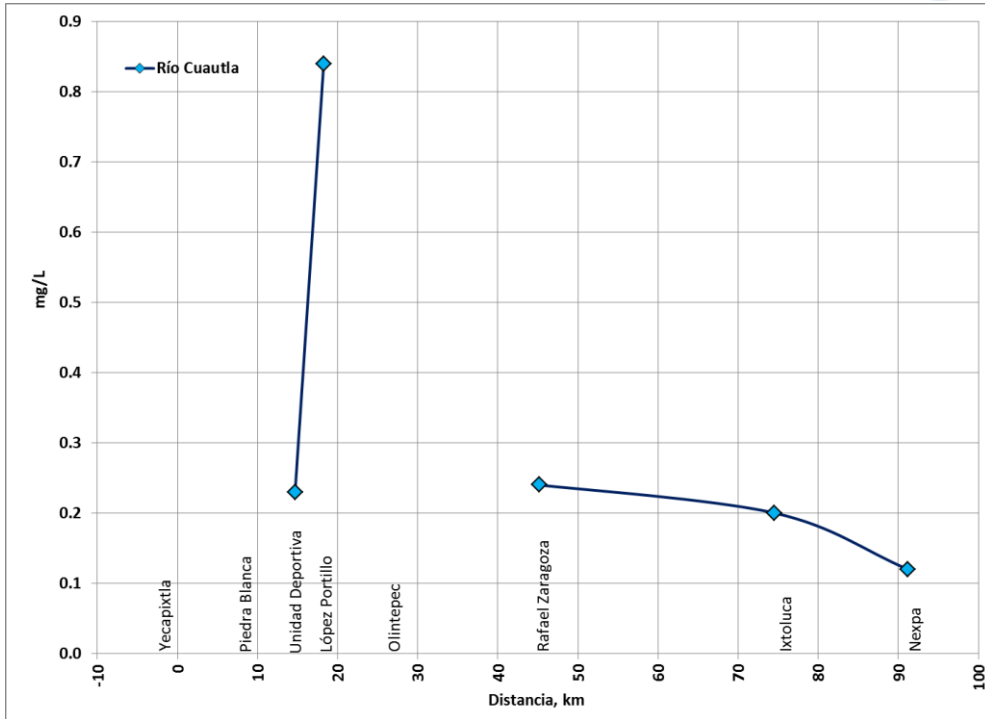


Figura 3.85. Fósforo hidrolizable en el río Cuautla

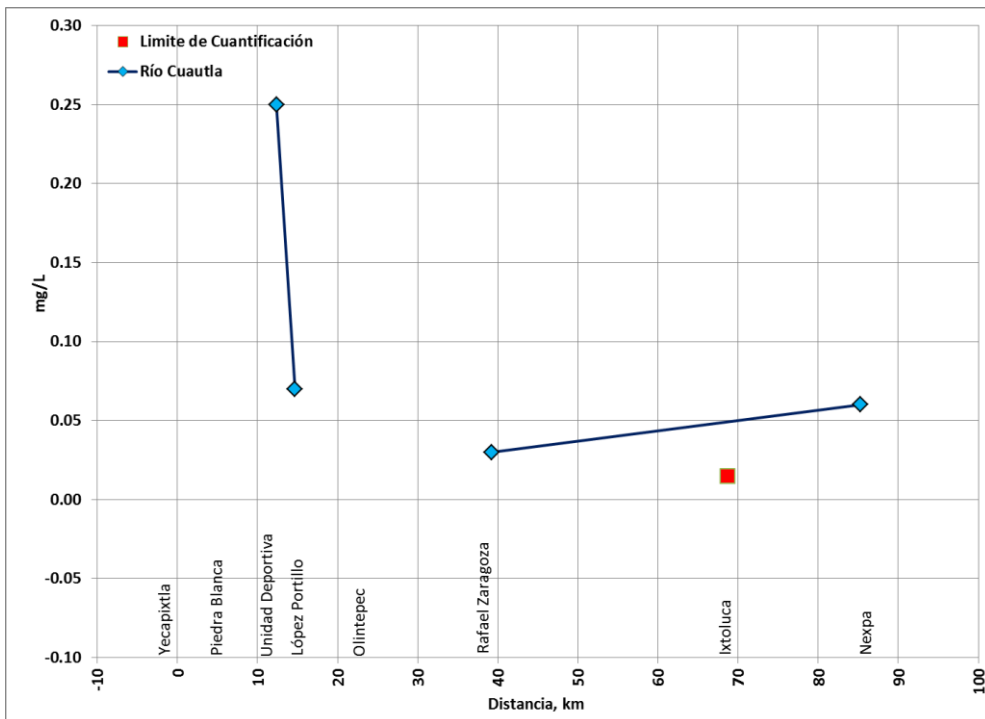


Figura 3.86. Fósforo orgánico en el río Cuautla

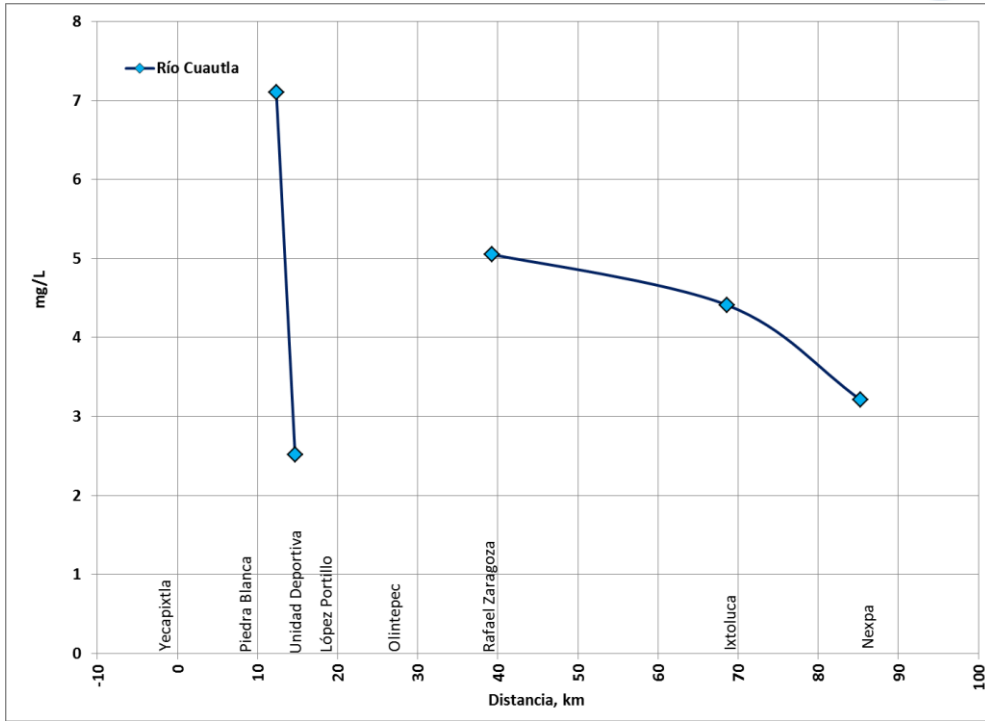


Figura 3.87. Fósforo total en el río Cuautla

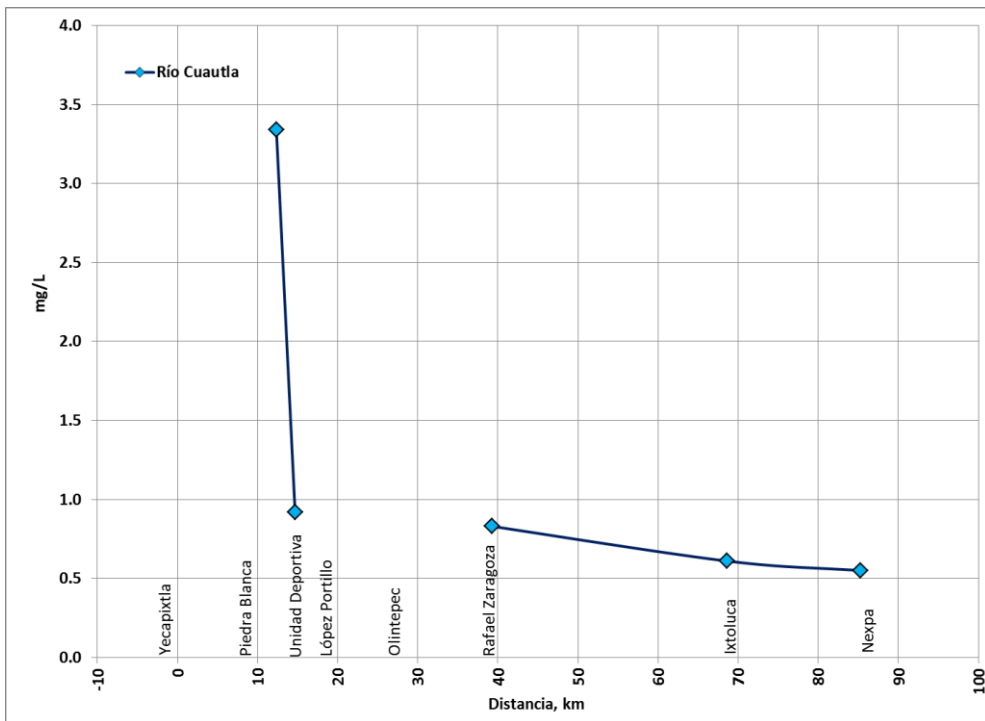


Figura 3.88. Fosfatos en el río Cuautla

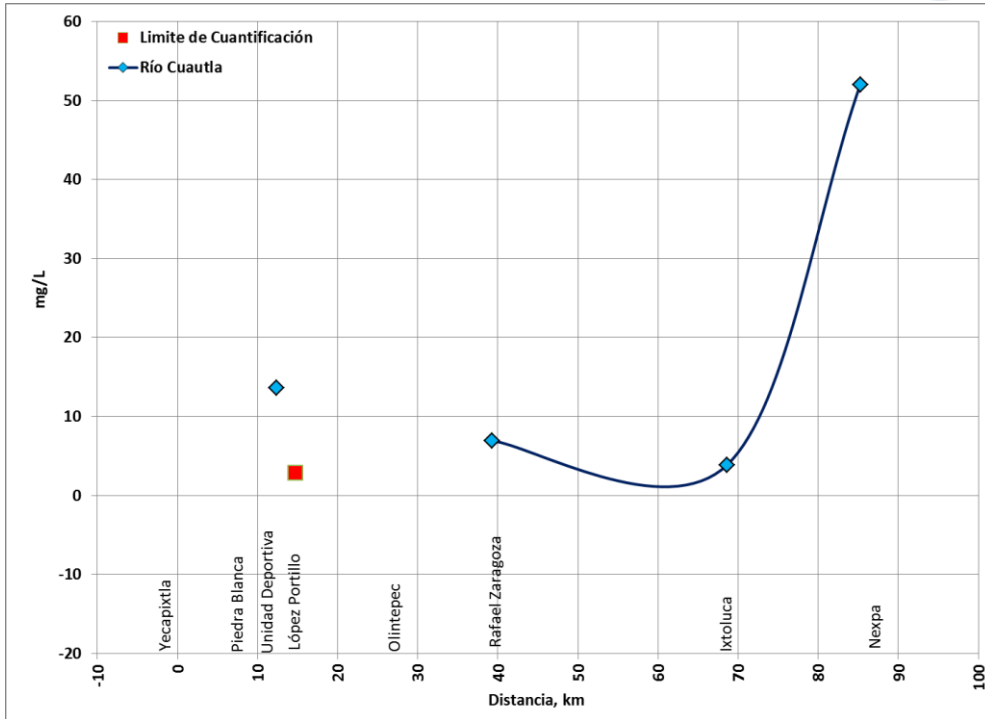


Figura 3.89. Grasas y Aceites en el río Cuautla

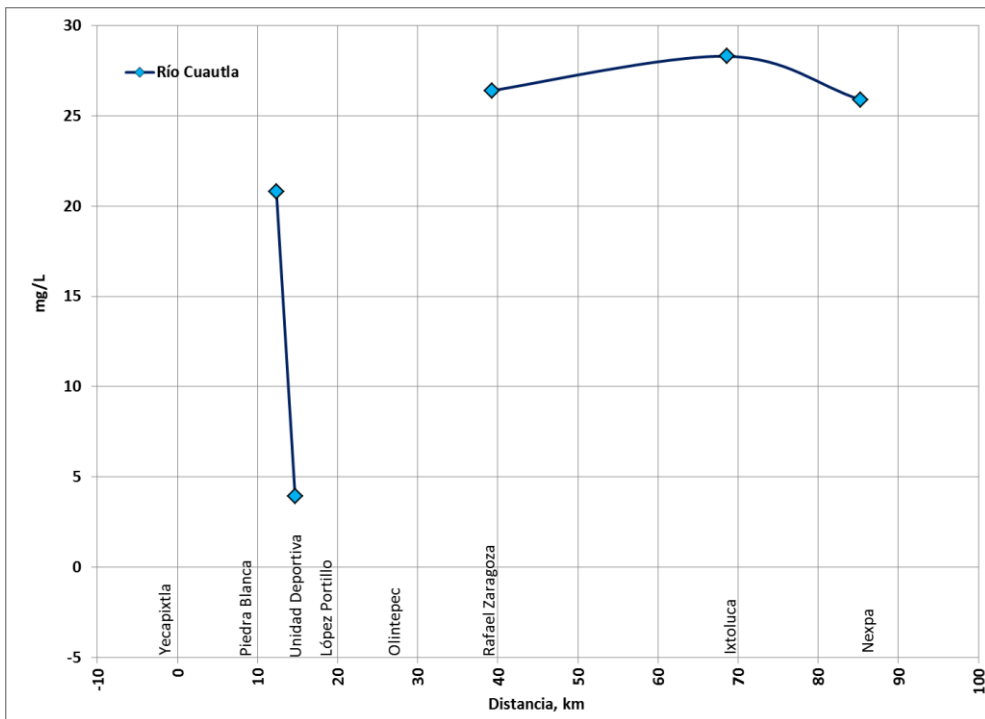


Figura 3.90. Cloruros en el río Cuautla

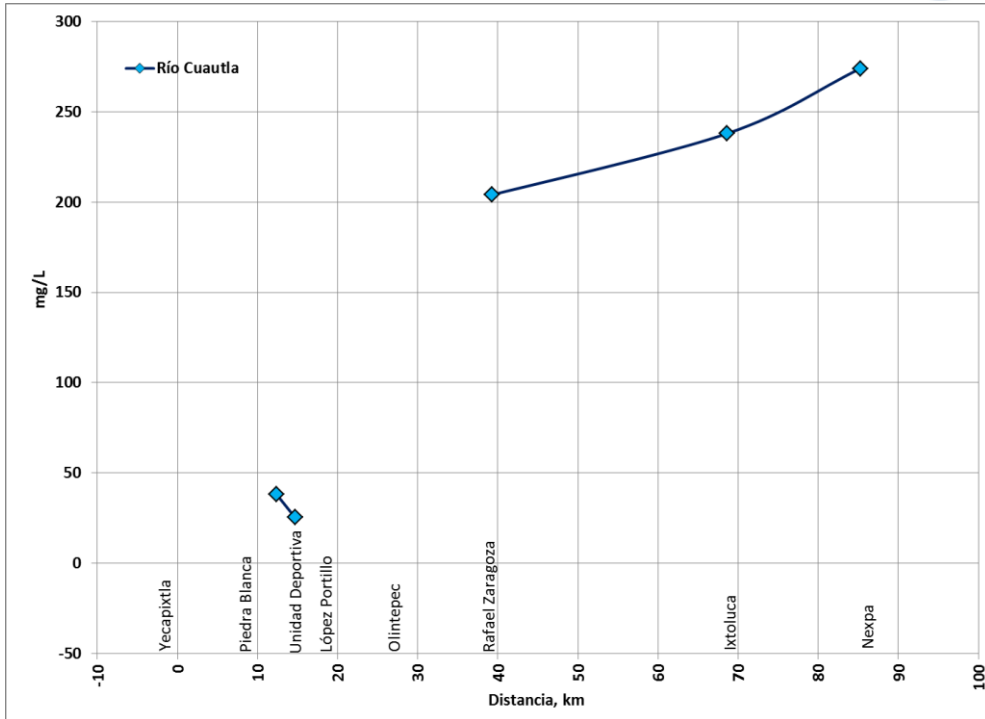


Figura 3.91. Sulfatos en el río Cuautla

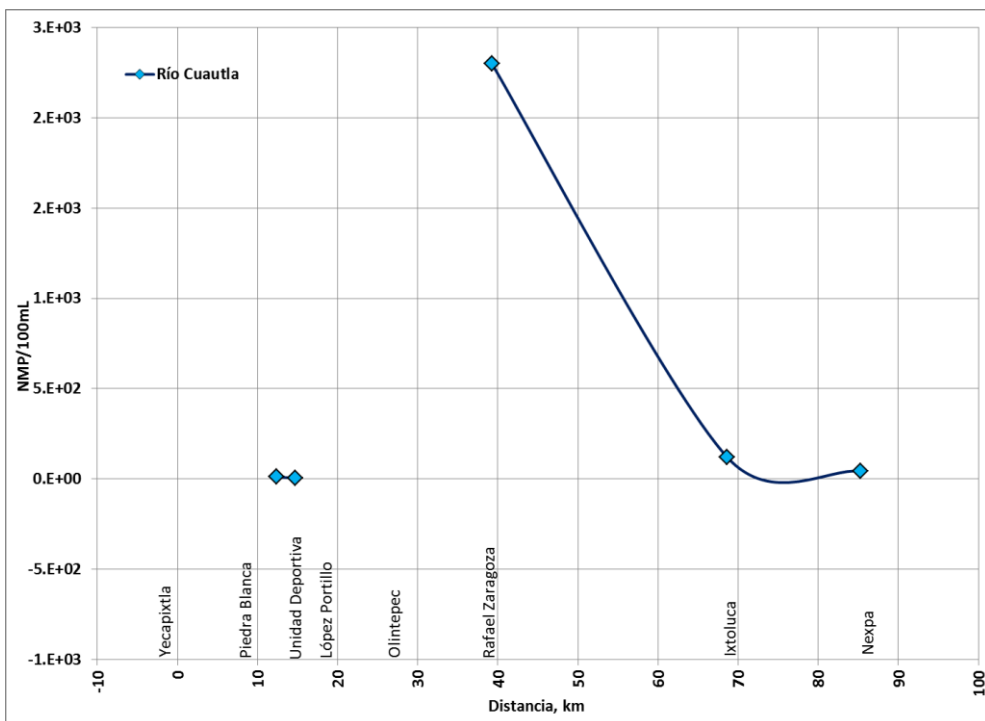


Figura 3.92. Coliformes fecales en el río Cuautla

### 3.3. 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 3.6 se muestra los resultados de los aforos para las estaciones de monitoreo en el río Yautepec y Dulce, y en la Tabla 3.7 los correspondientes al río Cuautla.

Tabla 3.6. Aforos en las estaciones del río Yautepec y Dulce

Estación	Vel. prom, m/s	Area sección, m <sup>2</sup>	Q, m <sup>3</sup> /s	Río
1	0.47	0.337	0.16	Yautepec
2*	0.12	0.152	0.018	Yautepec
3	0.83	0.121	0.1	Yautepec
4	0.28	1.061	0.3	Yautepec
2	0.66	0.635	0.42	Yautepec
3*			0.01	Yautepec
5	0.66	2.841	1.88	Yautepec
4*	0.57	0.028	0.016	Yautepec
6	1.02	6.205	6.3	Yautepec
7	1.23	4.521	5.54	Yautepec
8	0.45	8.850	4.01	Yautepec
4	0.64	4.453	2.9	Dulce
3	0.47	1.407	0.66	Dulce
1	1.74	1.285	2.25	Dulce

Tabla 3.7. Aforos en las estaciones del río Cuautla

Estación	Vel. prom, m/s	Area sección, m <sup>2</sup>	Q, m <sup>3</sup> /s	Río
6	0.74	3.41	2.80	Cuautla
8	0.46	3.03	1.06	Cuautla
9	0.73	2.92	1.09	Cuautla
10	0.54	4.18	1.97	Cuautla
3	2.41	1.08	2.63	Cuautla
5*	4.44	0.068	0.30	Cuautla

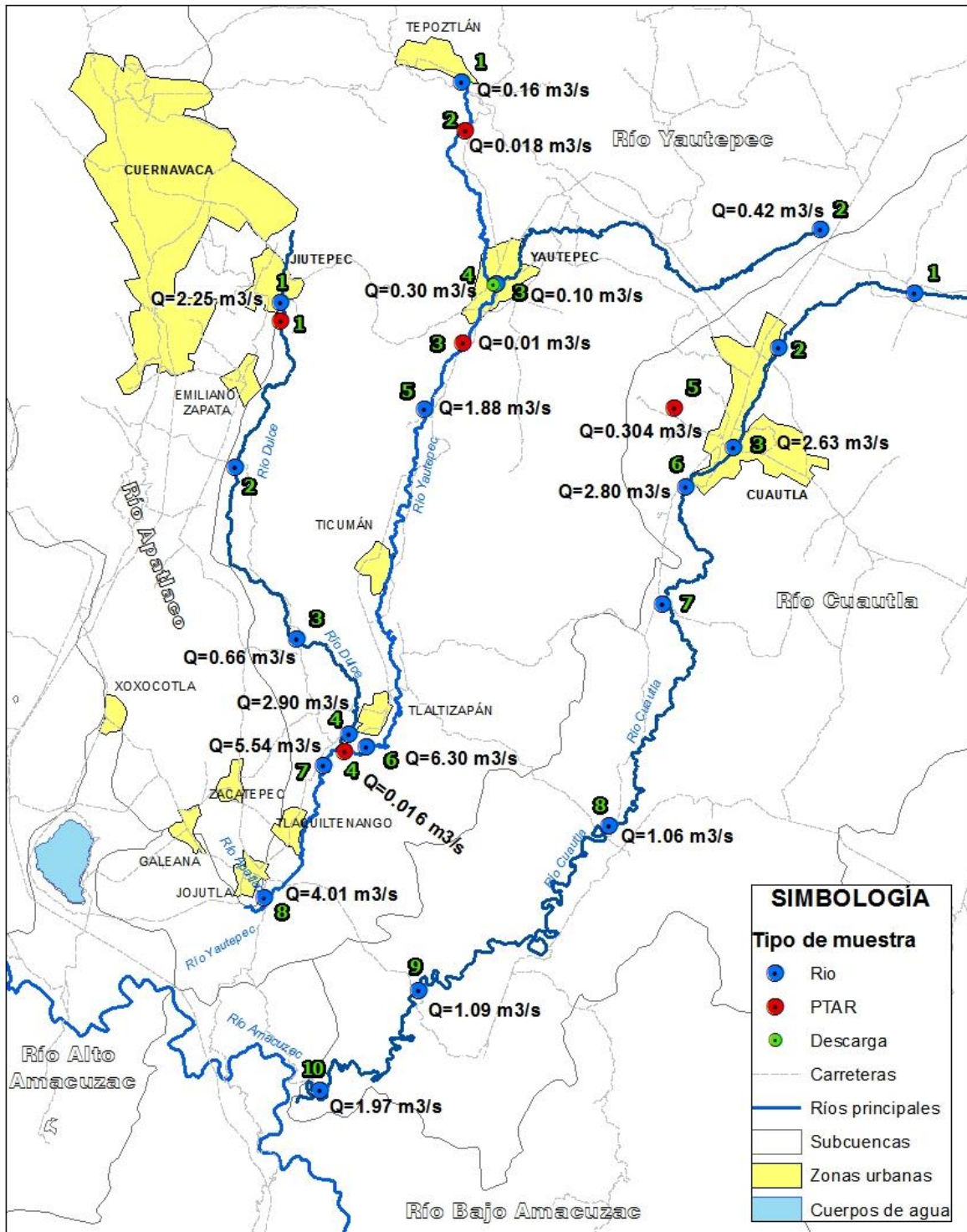


Figura 3.93. Caudales en las cuencas de los ríos Yautepec y Cuautla



### 3.4. Cargas

#### 3.4.1. Río Yautepec

En la Tabla 3.8 se muestra las cargas actuales de las estaciones en el río Yautepec y en la Tabla 3.9, Tabla 3.10 y Tabla 3.11 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 3.8. Cargas actuales en el río Yautepec

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán- Yautepec	Después de Confluencia Dulce	de con Pedro Amaro
OD	268	69	1,248	3,587	3,577	2,534
COT	286	55	816	909	1,092	738
Alc. Tot.	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
DBO	124	21.6	780	ND	ND	381
DQO	697	393	1,268	11,919	13,696	5,963
SDT	12,770	6,129	106,622	554,065	389,808	290,518
SST	2,335	200	6,989	13,062	14,558	12,654
ST	15,105	6,326	113,611	567,127	404,175	302,998
N-NH3	10.6	3.5	68	ND	ND	122
N-NO3	130	8.0	284	610	728	575
N-NO2	ND	0.29	65	ND	47	20
N-Org	58	ND	229	ND	ND	ND
NT	198	12	647	610	775	718
Ortofosfato	8.4	2.4	39	54	57	45
P-Hidrolizable	6.9	3.7	50	ND	43	45
P-Orgánico	5.1	0.6	11	54	24	10
PT	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
G y A	ND	ND	ND	ND	4,885	ND
SAAM	ND	ND	21	ND	ND	ND
Col. Fec (NMP/d)	1.E+10	1.E+12	3.E+11	7.E+11	4.E+12	2.E+14
As	0.23	0.03	0.28	7.1	5.7	4.1
Cd	0.05	ND	ND	ND	ND	ND
Cu	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cr	1.7	ND	ND	ND	ND	ND

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán- Yautepec	Después de Confluencia Dulce	Pedro Amaro
Hg	0.06	ND	ND	ND	ND	0.73
Ni	3.4	0.60	ND	ND	ND	ND
Pb	0.49	ND	ND	ND	ND	ND
Zn	3.7	ND	ND	ND	ND	ND
Cn	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 3.9. Cargas máximas permisibles en el río Yautepec para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable en la LFD

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
OD	146	36	650	2,177	1,916	1,387
Alc. Tot.	14,594	3,595	65,014	217,707	191,552	138,672
SDT	18,242	4,493	81,267	272,134	239,440	173,340
SST	1,824	449	8,127	27,213	23,944	17,334
ST	20,067	4,943	89,394	299,347	263,384	190,674
N-NH3*						
N-NO3	182	45	813	2,721	2,394	1,733
N-NO2	2	0.4	8	27	24	17
PT	4	0.9	16	54	48	35
Sulfatos	9,121	2,247	40,633	136,067	119,720	86,670
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
G y A	365	90	1,625	5,443	4,789	3,467
SAAM	18	4	81	272	239	173
Col. Fec (NMP/d)	4.E+11	9.E+10	2.E+12	5.E+12	5.E+12	3.E+12
As	1.8	0.4	8.1	27.2	23.9	17.3
Cd	0.4	0	2	5	5	3
Cu	36	9	163	544	479	347
Cr	1.8	0.4	8.1	27.2	23.9	17.3
Hg	0.04	0.0	0.2	0.5	0.5	0.3
Ni	0.4	0.1	1.6	5.4	4.8	3.5
Pb	2	0	8	27	24	17
Zn	182	45	813	2,721	2,394	1,733
Cn	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 3.10. Cargas máximas permisibles en el río Yautepec para Riego Agrícola en la LFD

Parámetro	Cocoyoc Bañeario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
OD*						
Alc. Tot.*						
SDT	18,242	4,493	81,267	272,134	239,440	173,340
SST	1,824	449	8,127	27,213	23,944	17,334
ST*						
N-NH3*						
N-NO3*						
N-NO2*						
PT*						
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*						
G y A*						
SAAM*						
Col. Fec (NMP/d)	4.E+11	9.E+10	2.E+12	5.E+12	5.E+12	3.E+12
As	3.6	0.90	16	54	48	35
Cd	0.36	0.09	1.6	5.4	4.8	3.5
Cu	7.3	1.8	33	109	96	69
Cr	3.6	0.90	16	54	48	35
Hg*						
Ni	7.3	1.8	33	109	96	69
Pb	18.2	4.5	81	272	239	173
Zn	73	18	325	1,089	958	693
Cn	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 3.11. Cargas máximas permisibles en el río Yautepec para uso de Protección de Vida Acuática en la LFD

Parámetro	Cocoyoc Balneario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
OD	182	45	813	2,721	2,394	1,733
Alc. Tot.*						
SDT*						
SST	1,095	270	4,876	16,328	14,366	10,400
ST*						
N-NH3	2.2	0.54	9.8	33	29	21
N-NO3*						
N-NO2*						
PT	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
G y A	365	90	1,625	5,443	4,789	3,467
SAAM	3.6	0.90	16	54	48	35
Col. Fec (NMP/d)	4.E+11	9.E+10	2.E+12	5.E+12	5.E+12	3.E+12
As	7.3	1.8	33	109	96	69
Cd	0.1	0.04	0.65	2.2	1.9	1.4
Cu	1.8	0.45	8.1	27	24	17
Cr	1.8	0.45	8.1	27	24	17
Hg	0.02	0.004	0.08	0.27	0.24	0.17
Ni	22	5.4	98	327	287	208
Pb	1.1	0.27	4.9	16	14	10
Zn	0.73	0.18	3.3	11	9.6	6.9
Cn	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 3.12, Tabla 3.13 y Tabla 3.14 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 3.12. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Yautepec para el uso de Fuente de Abastecimiento de Agua Potable en la LFD

Parámetro	Cocoyoc Bañeario	Yautepec Centro	Centro IPN	Tlaltizapán	Después de Confluencia con Dulce	Pedro Amaro
OD	-122	-33	-598	-1,410	-1,662	-1,148
Alc. Tot.	10,763	2,094	35,595	39,732	49,803	37,095
SDT	5,473	-1,636	-25,355	-281,931	-150,368	-117,178
SST	-511	249	1,138	14,151	9,386	4,680
ST	4,962	-1,384	-24,218	-267,780	-140,791	-112,324
N-NH3*						
N-NO3	53	37	528	2,112	1,667	1,158
N-NO2	-	0.16	-57	-	-23	-2.9
PT	-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	-	-	-	-	-	-
G y A	-	-	-	-	-96	-
SAAM	-	-	60	-	-	-
Col. Fec (NMP/d)	4.E+11	-1.E+12	1.E+12	5.E+12	3.E+11	-2.E+14
As	1.6	0.42	7.9	20	18	13
Cd	0.31	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-
Cr	0.16	-	-	-	-	-
Hg	-0.03	-	-	-	-	-0.38
Ni	-3.0	-0.51	-	-	-	-
Pb	1.3	-	-	-	-	-
Zn	179	-	-	-	-	-
Cn	-	-	-	-	-	-

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

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

Tabla 3.13. 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 con Dulce	Pedro Amaro
OD*						
Alc. Tot.*						
SDT	5,473	-1,636	-25,355	-281,931	-150,368	-117,178
SST	-511	249	1,138	14,151	9,386	4,680
ST*						
N-NH3*						
N-NO3*						
N-NO2*						
PT*						
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*						
G y A*						
SAAM*						
Col. Fec (NMP/d)	4.E+11	-1.E+12	1.E+12	5.E+12	3.E+11	-2.E+14
As	3.4	0.87	16	47	42	31
Cd	0.31	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-
Cr	2.0	-	-	-	-	-
Hg*	-0.06	-	-	-	-	-0.73
Ni	3.9	1.2	-	-	-	-
Pb	18	-	-	-	-	-
Zn	69	-	-	-	-	-
Cn	-	-	-	-	-	-

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

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

Tabla 3.14. 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
OD	-86	-24	-436	-865	-1,183	-801
Alc. Tot.*						
SDT*						
SST	-1,240	69	-2,113	3,266	-192	-2,253
ST*						
N-NH3	-8.4	-2.9	-58	-	-	-101
N-NO3*						
N-NO2*						
PT	-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	-	-	-	-	-	-
G y A	-	-	-	-	-96	-
SAAM	-	-	4.9	-	-	-
Col. Fec (NMP/d)	4.E+11	-1.E+12	1.E+12	5.E+12	3.E+11	-2.E+14
As	7.1	1.8	32	102	90	65
Cd	0.09	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-
Cr	0.16	-	-	-	-	-
Hg	-0.04	-	-	-	-	-0.55
Ni	18.5	4.8	-	-	-	-
Pb	0.6	-	-	-	-	-
Zn	-3.0	-	-	-	-	-
Cn	-	-	-	-	-	-

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

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

En la Figura 3.94 a la Figura 3.111 se ilustra gráficamente la carga actual y las cargas máximas permisibles de acuerdo a los criterios de calidad del agua en la LFD.

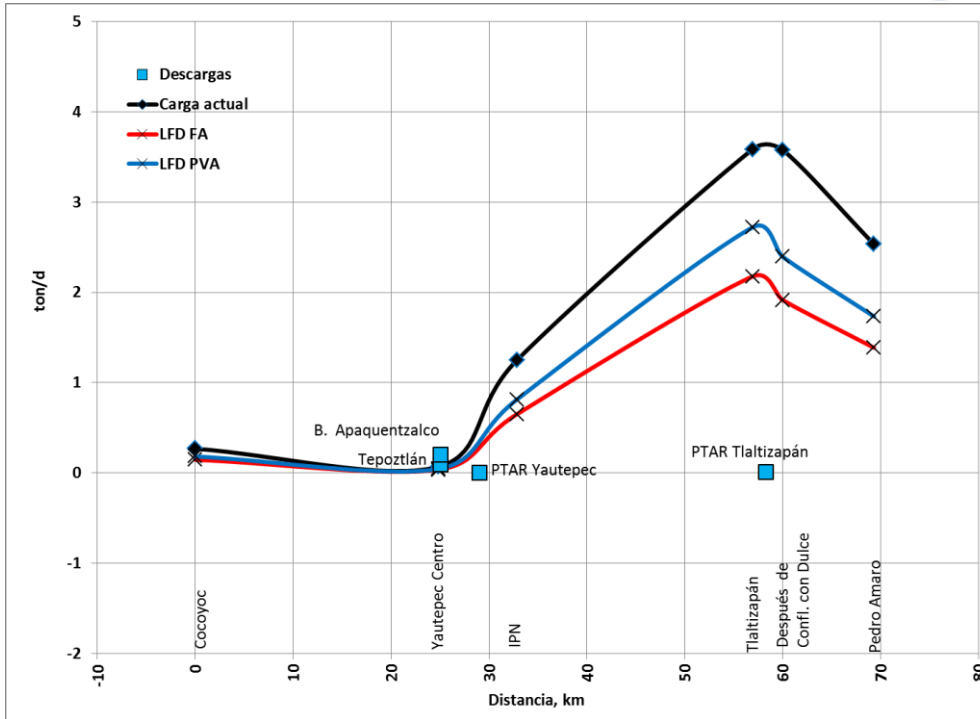


Figura 3.94. Carga de oxígeno disuelto en el río Yautepec

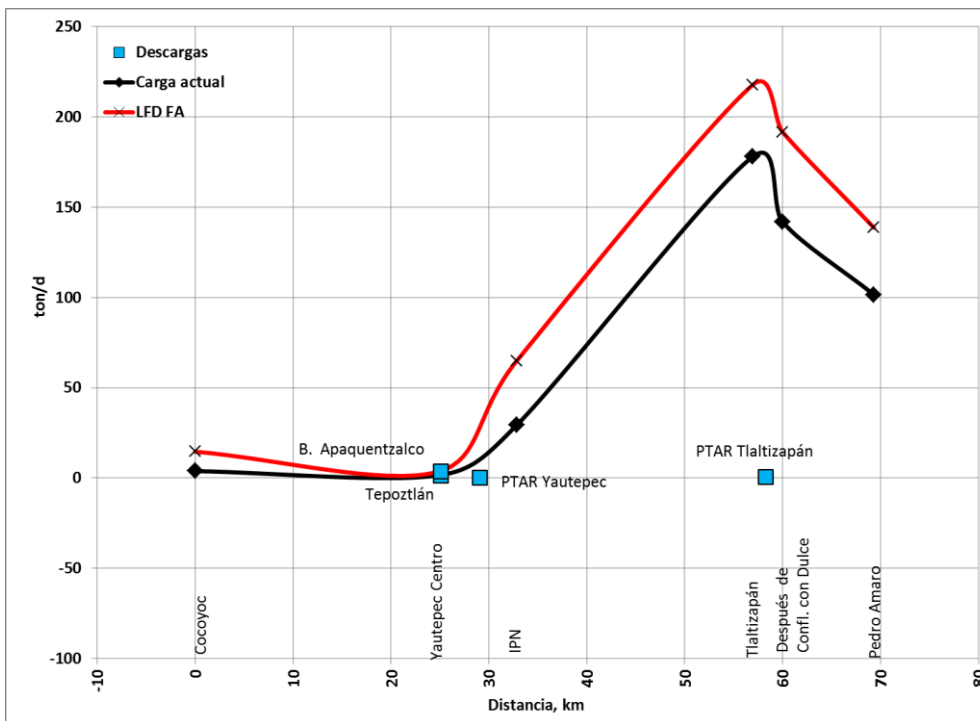


Figura 3.95. Carga de alcalinidad en el río Yautepec



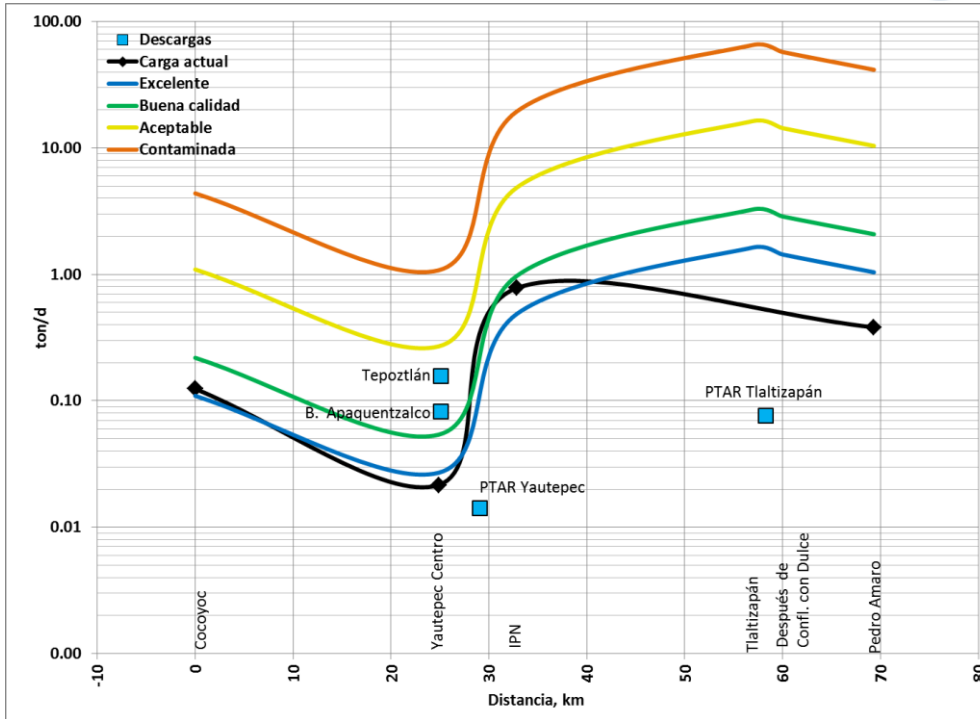


Figura 3.96. Carga de DBO con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Yautepéc

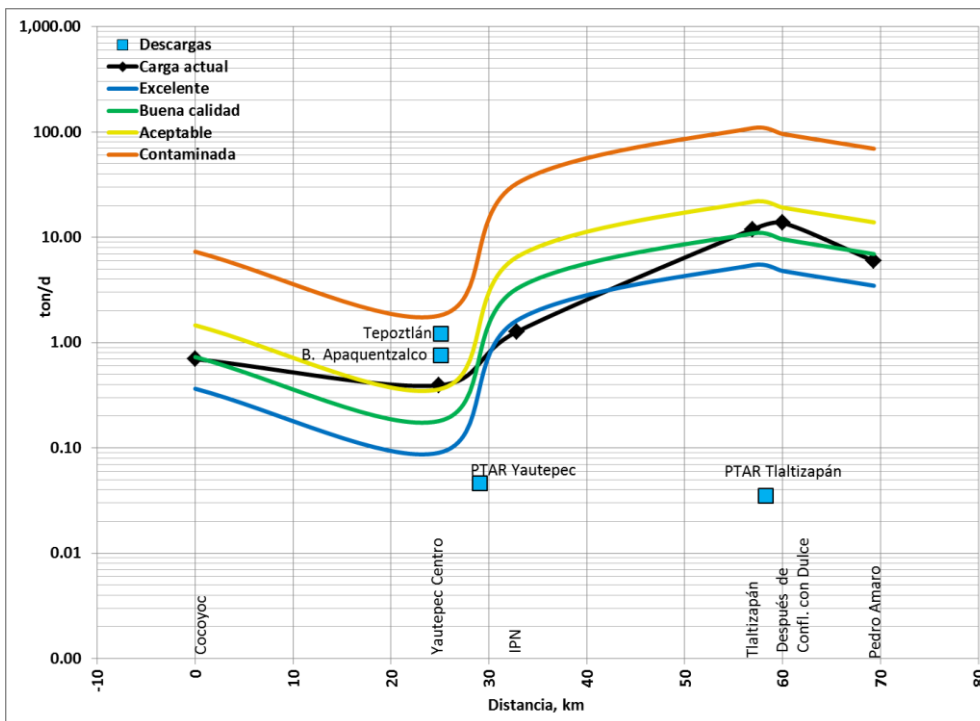


Figura 3.97. Carga de DQO con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Yautepéc

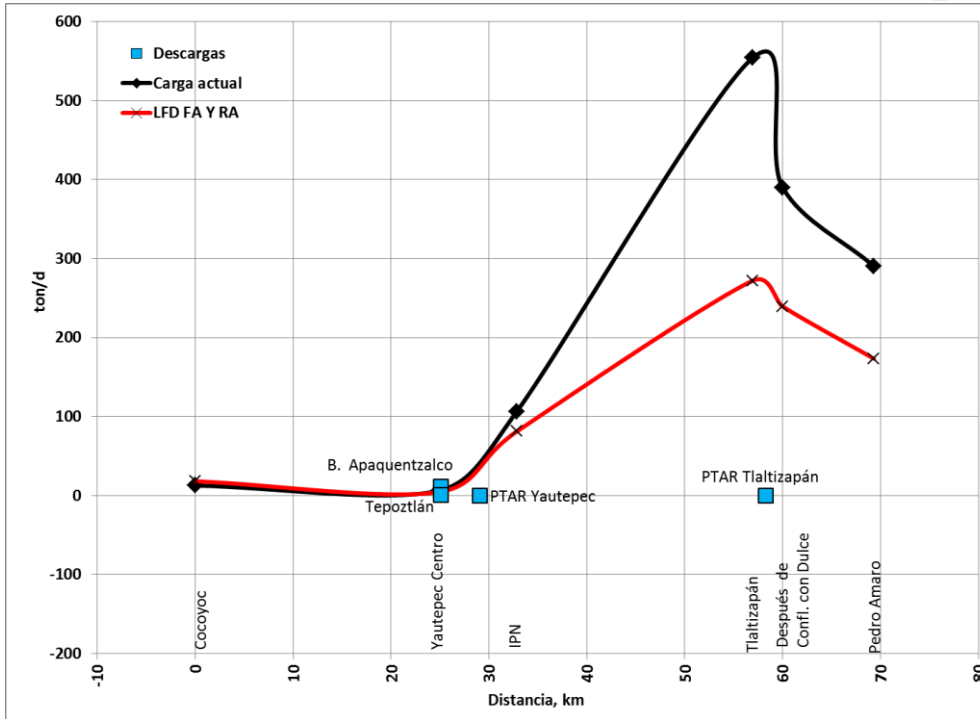


Figura 3.98. Carga de SDT en el río Yautepec

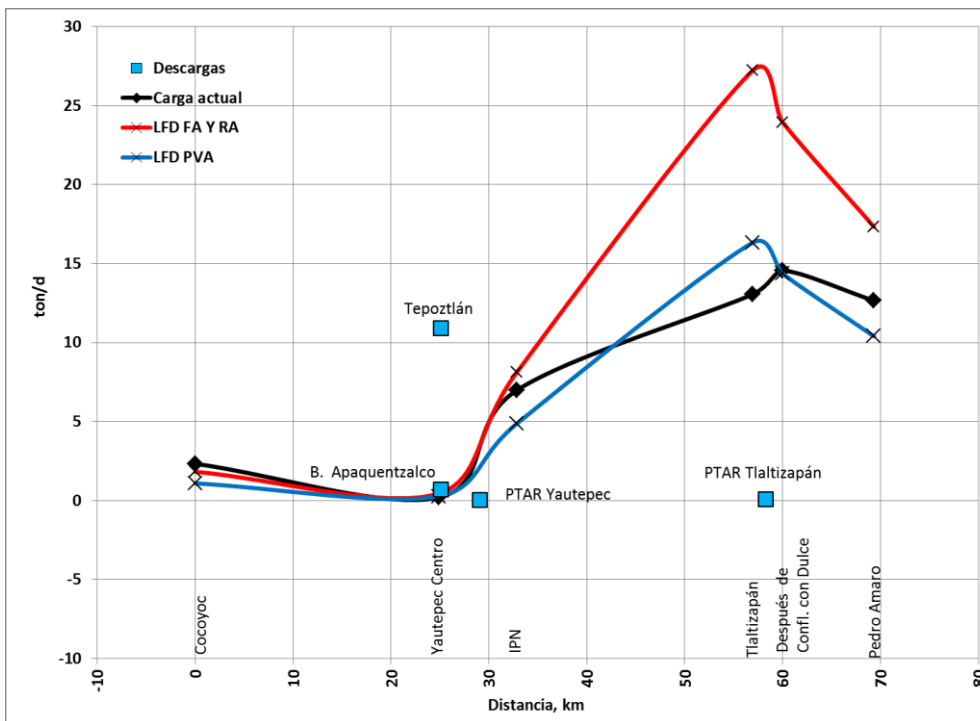


Figura 3.99. Carga de SST en el río Yautepec

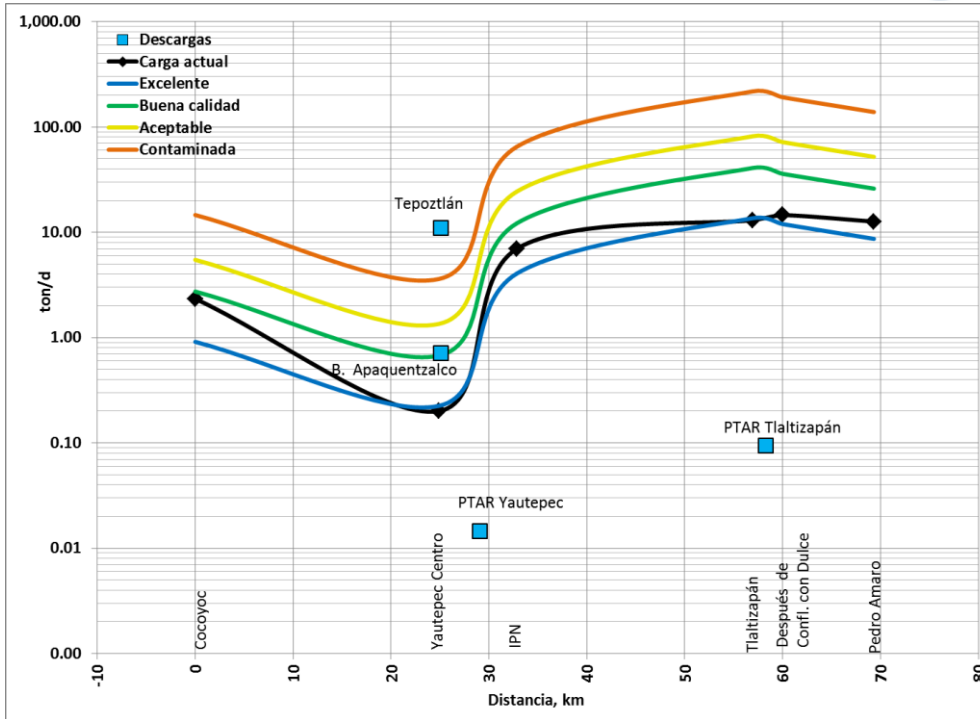


Figura 3.100. Carga de SST con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Yautepéc

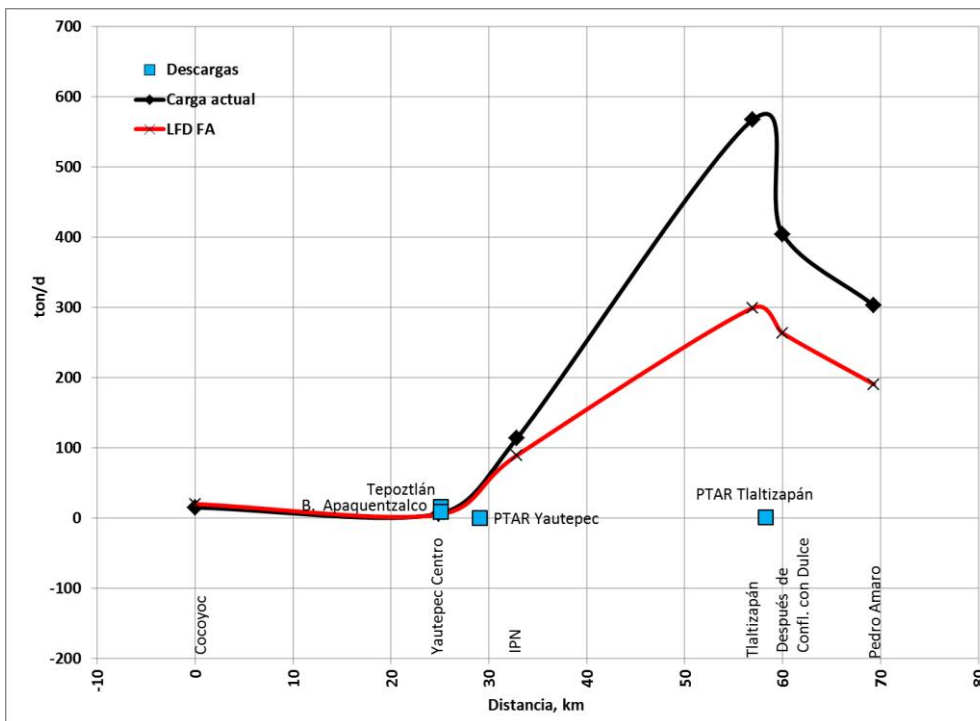


Figura 3.101. Carga de ST en el río Yautepéc

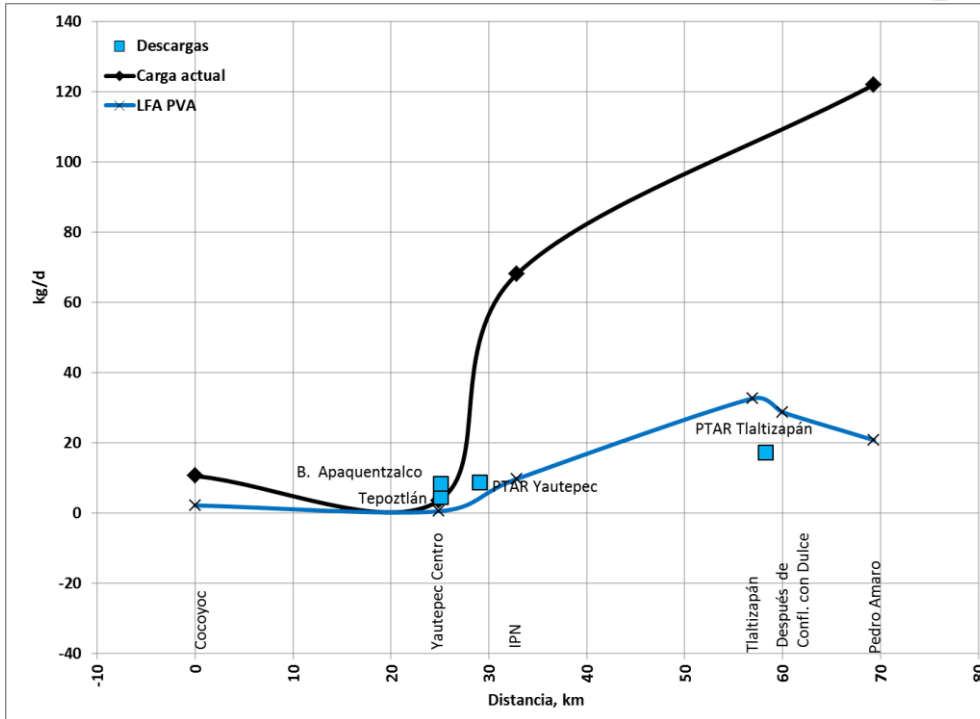


Figura 3.102. Carga de NH3 en el río Yautepéc

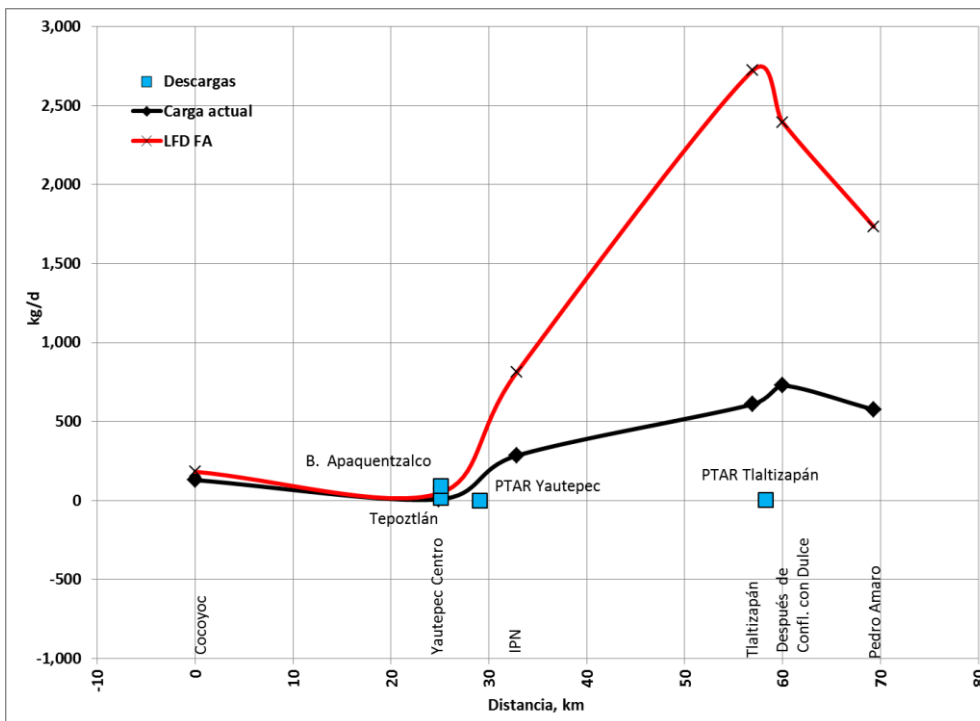


Figura 3.103. Carga de NO3 en el río Yautepéc

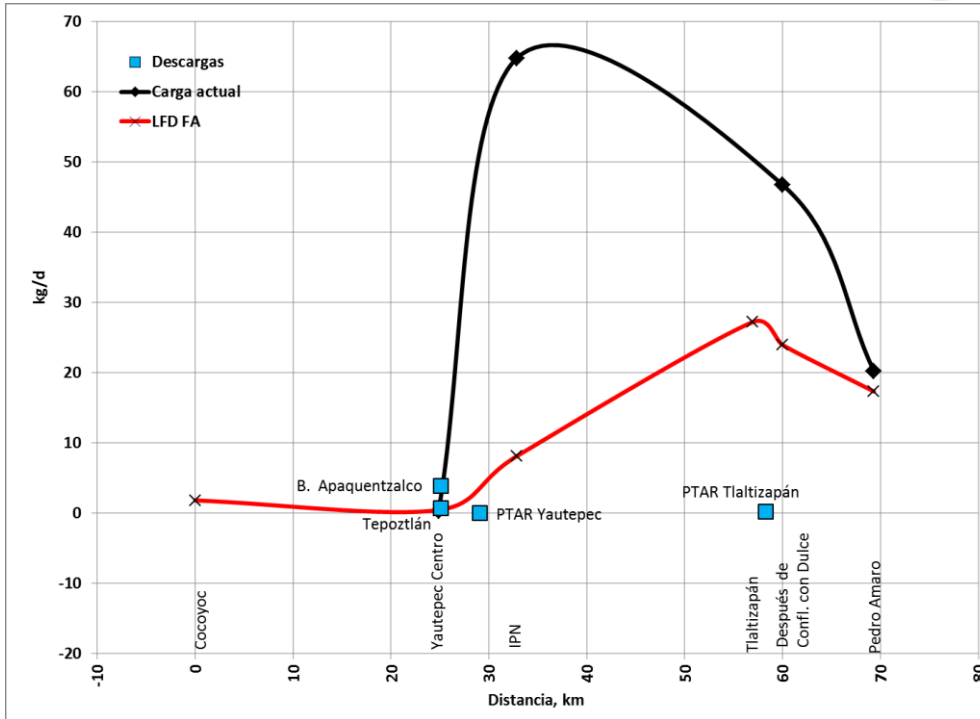


Figura 3.104. Carga de NO2 en el río Yauatepec

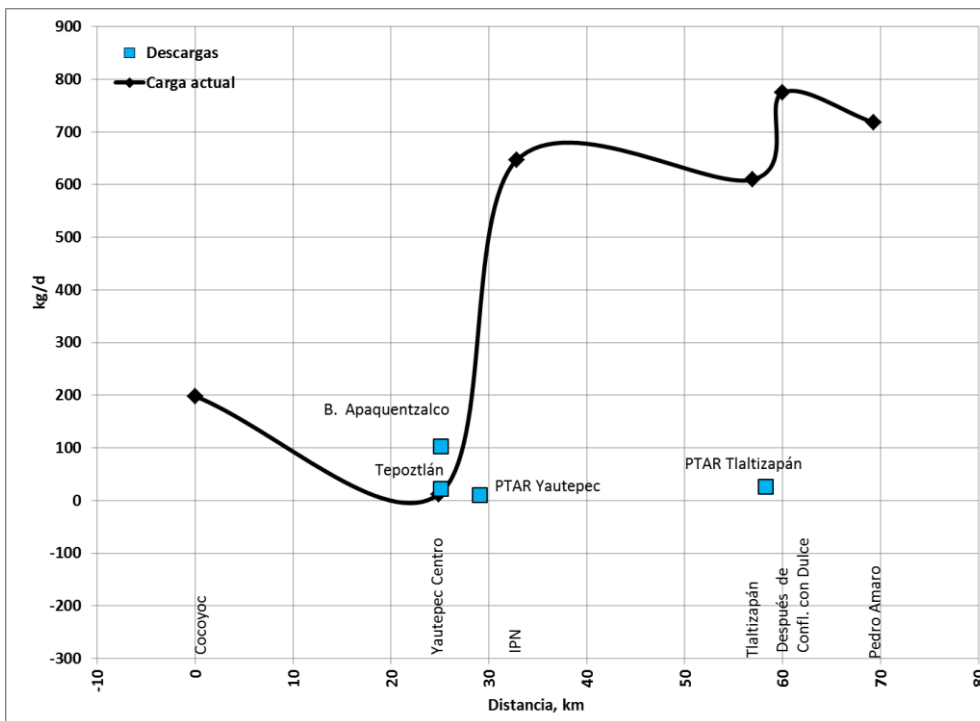


Figura 3.105. Carga de nitrógeno total en el río Yauatepec

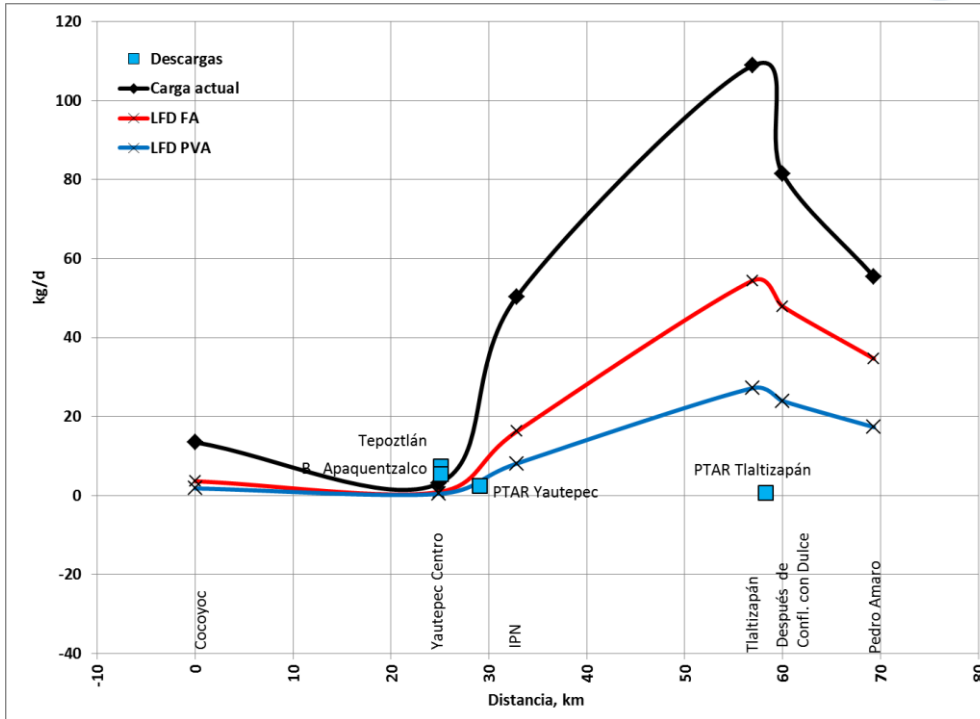


Figura 3.106. Carga de fósforo total en el río Yautepec

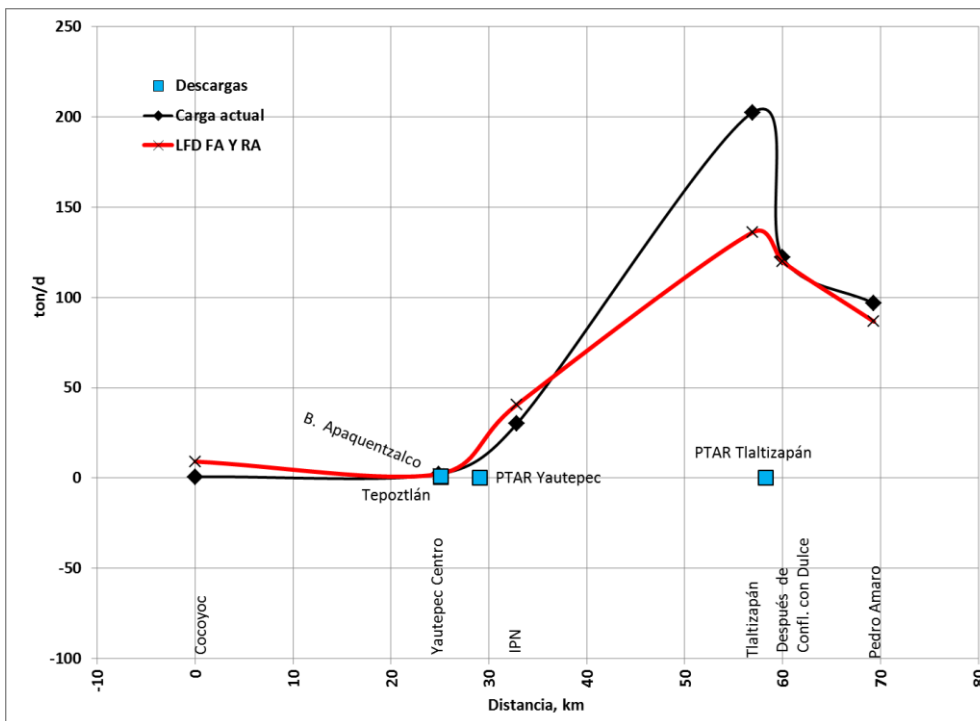


Figura 3.107. Carga de sulfatos en el río Yautepec

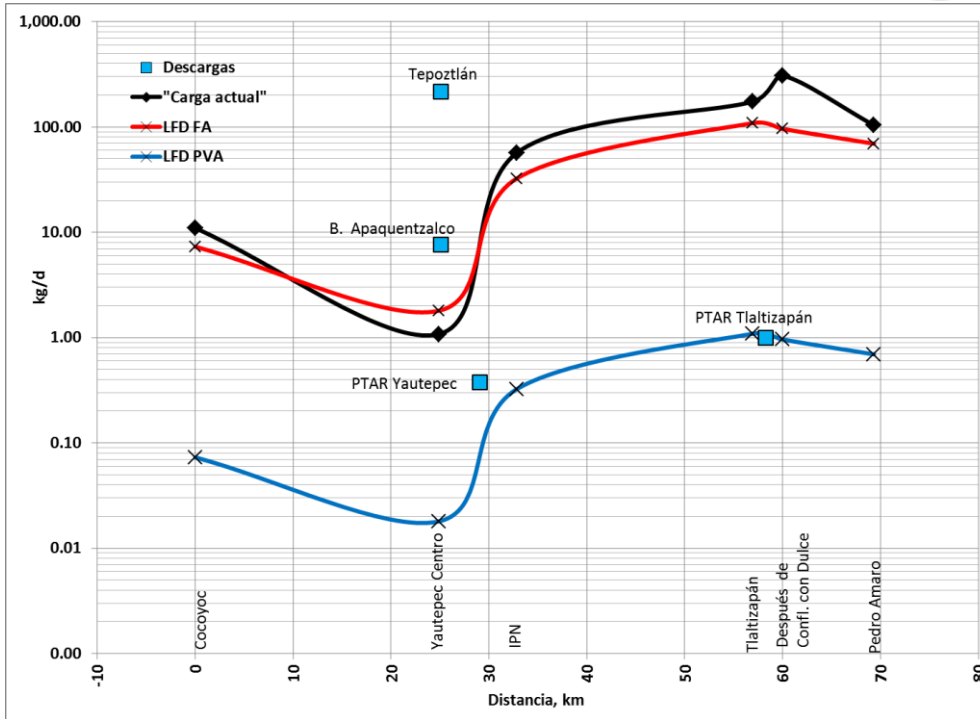


Figura 3.108. Carga de sulfuros en el río Yautepec

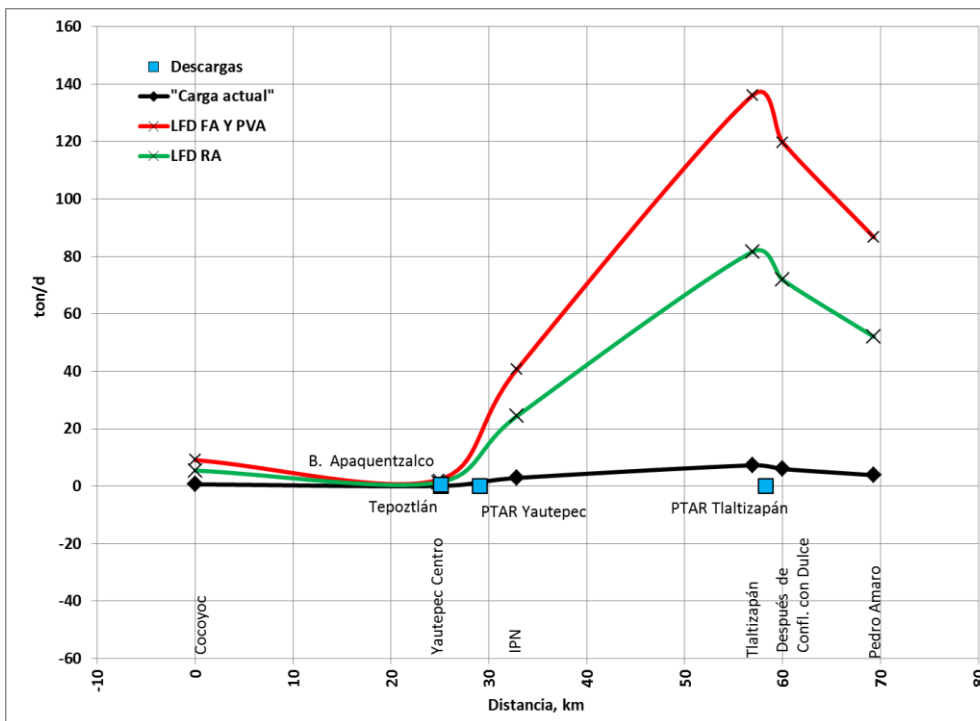


Figura 3.109. Carga de cloruros en el río Yautepec

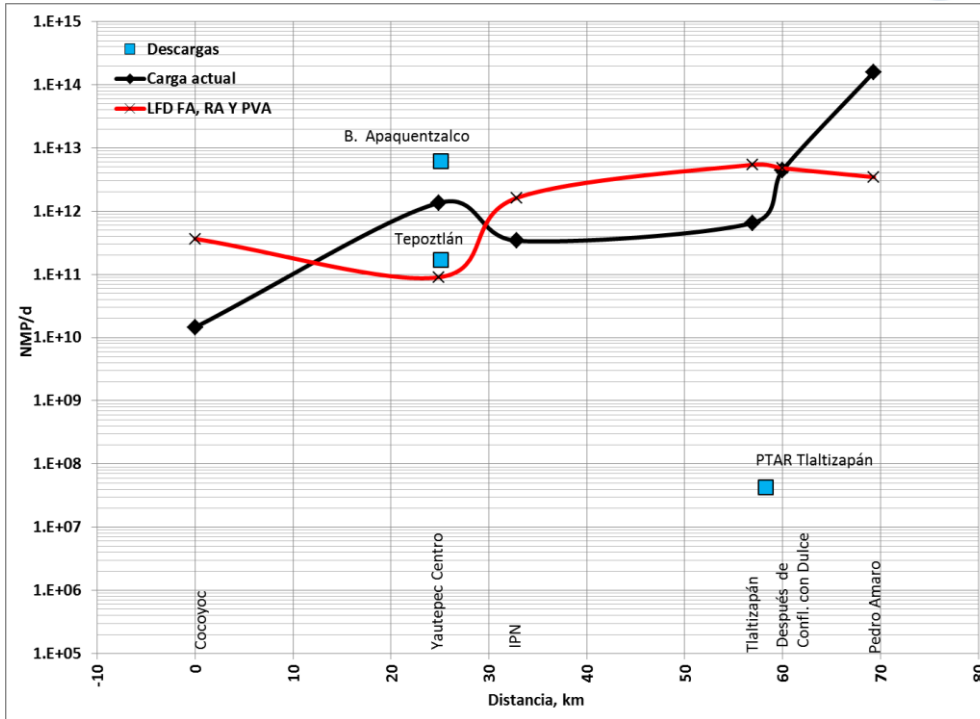


Figura 3.110. Carga de coliformes fecales en el río Yautepec

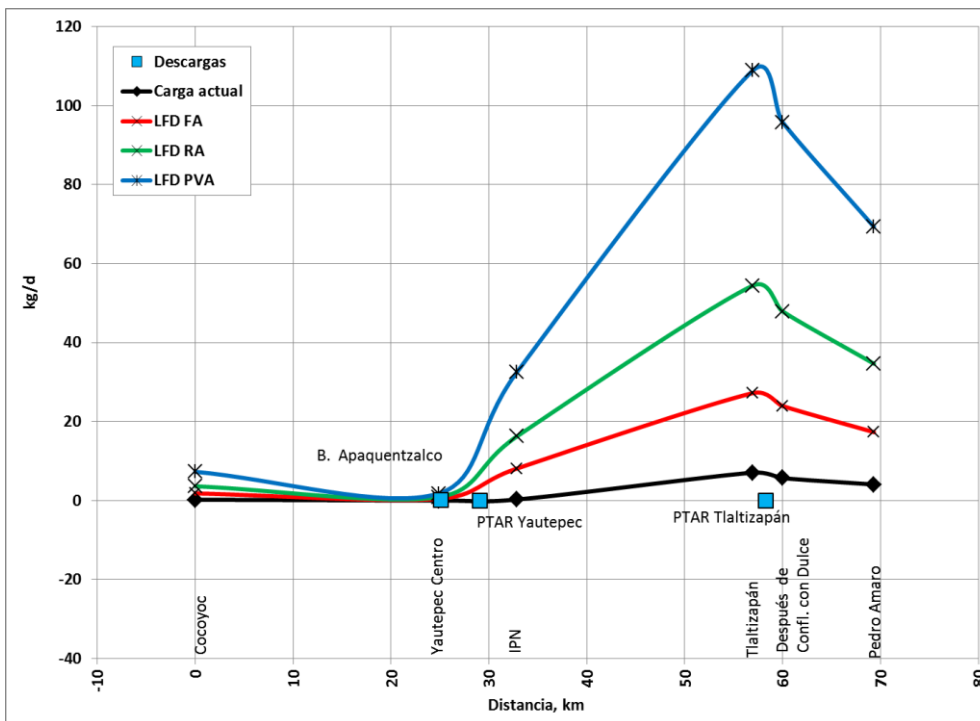


Figura 3.111. Carga de arsénico en el río Yautepec



### 3.4.2. Río Dulce

En la Tabla 3.15 se muestra las cargas actuales de las estaciones en el río Dulce y en la Tabla 3.16, Tabla 3.17 y Tabla 3.18 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 3.15. Cargas actuales en el río Dulce

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
OD	1,488	SD	433	1,789
COT	284	SD	156	311
Alc. Tot.	9,968	SD	10,232	63,650
Dureza	11,387	SD	14,780	78,184
DBO	152	SD	ND	ND
DQO	1,593	SD	659	4,160
SDT	29,536	SD	26,945	128,302
SST	427	SD	932	6,114
ST	29,924	SD	27,854	134,316
N-NH3	13	SD	19	87
N-NO3	262	SD	182	386
N-NO2	0.62	SD	ND	ND
N-Org.	202	SD	ND	ND
NT	478	SD	201	473
Ortofosfato	31.1	SD	15	30
P-Hidrolizable	31.1	SD	ND	25
P-Orgánico	13.6	SD	19	10
PT	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
G y A	1,420	SD	ND	ND
SAAM	ND	SD	ND	ND
Col. Fec (NMP/d)	6.E+02	SD	2.E+03	4.E+05
As	SD	SD	0.38	1.9
Cd	SD	SD	ND	ND
Cu	SD	SD	ND	ND
Cr	SD	SD	ND	ND
Hg	SD	SD	ND	ND
Ni	SD	SD	ND	ND
Pb	SD	SD	ND	ND
Zn	SD	SD	ND	ND

Cn	ND	SD	ND	ND
----	----	----	----	----

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

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

SD: Sin Datos

Tabla 3.16. Cargas máximas permisibles en el río Dulce para Fuente de Abastecimiento de Agua Potables en la LFD

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
OD	777	SD	227	1,002
Alc. Tot.	77,725	SD	22,738	100,236
SDT	97,156	SD	28,423	125,295
SST	9,716	SD	2,842	12,530
ST	106,872	SD	31,265	137,825
N-NH3*				
N-NO3	972	SD	284	1,253
N-NO2	9.7	SD	2.8	13
PT	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
G y A	1,943	SD	568	2,506
SAAM	97	SD	28	125
Col. Fec (NMP/d)	2.E+12	SD	6.E+11	3.E+12
As	9.7	SD	2.8	13
Cd	1.94	SD	0.57	2.5
Cu	194	SD	57	251
Cr	9.7	SD	2.8	13
Hg	0.19	SD	0.06	0.25
Ni	1.9	SD	0.6	2.5
Pb	9.7	SD	2.8	13
Zn	972	SD	284	1,253
Cn	3.89	SD	1.1	5.0

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

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

Tabla 3.17. Cargas máximas permisibles en el río Dulce para Riego Agrícola en la LFD

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
OD*				
Alc. Tot.*				
SDT	97,156	SD	28,423	125,295
SST	9,716	SD	2,842	12,530
ST*				
N-NH3*				
N-NO3*				
N-NO2*				
PT*				
Sulfatos	48,578	SD	14,211	62,648
Sulfuros*				
Cloruros	29,147	SD	8,527	37,589
Fenoles*				
G y A*				
SAAM*				
Col. Fec (NMP/d)	2.E+12	SD	6.E+11	3.E+12
As	19	SD	5.7	25
Cd	1.9	SD	0.57	2.5
Cu	38.9	SD	11	50
Cr	19.4	SD	5.7	25
Hg*				
Ni	38.9	SD	11	50
Pb	97.2	SD	28	125
Zn	389	SD	114	501
Cn	3.9	SD	1.1	5.0

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

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

Tabla 3.18. Cargas máximas permisibles en el río Dulce para Protección de Vida Acuática en la LFD

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
OD	972	SD	284	1,253
Alc. Tot.*				
SDT*				
SST	5,829	SD	1,705	7,518
ST*				
N-NH3	11.7	SD	3.4	15
N-NO3*				
N-NO2*				
PT	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
G y A	1,943	SD	568	2,506
SAAM	19.4	SD	5.7	25
Col. Fec (NMP/d)	2.E+12	SD	6.E+11	3.E+12
As	38.9	SD	11	50
Cd	0.78	SD	0.23	1.0
Cu	9.7	SD	2.8	13
Cr	9.7	SD	2.8	13
Hg	0.10	SD	0.03	0.13
Ni	117	SD	34	150
Pb	5.8	SD	1.7	7.5
Zn	3.89	SD	1.1	5.0
Cn	0.97	SD	0.28	1.3

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

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

En la Tabla 3.19, Tabla 3.20 y Tabla 3.21 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 3.19. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Dulce para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable en la LFD

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
OD	-711	SD	-205	-787
Alc. Tot.	67,757	SD	12,506	36,586
SDT	67,621	SD	1,478	-3,007
SST	9,288	SD	1,910	6,415
ST	76,948	SD	3,411	3,508
N-NH3*				
N-NO3	709	SD	102	867
N-NO2	9	SD	-	-
PT	-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	-	-
G y A	523	SD	-	-
SAAM	-	SD	-	-
Col. Fec (NMP/d)	2.E+12	SD	6.E+11	3.E+12
As	-	SD	2.5	10.65
Cd	-	SD	-	-
Cu	-	SD	-	-
Cr	-	SD	-	-
Hg	-	SD	-	-
Ni	-	SD	-	-
Pb	-	SD	-	-
Zn	-	SD	-	-
Cn	-	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 3.20. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Dulce para Riego Agrícola en la LFD

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
OD*		SD		
Alc. Tot.*				
SDT	67,621	SD	1,478	-3,007
SST	9,288	SD	1,910	6,415
ST*				
N-NH3*				

N-NO3*				
N-NO2*				
PT*				
Sulfatos	45,702	SD	8,788	42,400
Sulfuros*				
Cloruros	28,649	SD	7,919	35,995
Fenoles*				
G y A*				
SAAM*				
Col. Fec (NMP/d)	2.E+12	SD	6.E+11	3.E+12
As	-	SD	5.3	23.18
Cd	-	SD	-	-
Cu	-	SD	-	-
Cr	-	SD	-	-
Hg*		SD		
Ni	-	SD	-	-
Pb	-	SD	-	-
Zn	-	SD	-	-
Cn	-	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 3.21. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Dulce para Protección a la Vida Acuática en la LFD

Parámetro	Las Fuentes	Tezoyuca	Acamilpa	Tlaltizapán
OD	-517		-148	-536
Alc. Tot.*				
SDT*				
SST	5,402		773	1,403
ST*				
N-NH3	-2		-16	-72
N-NO3*				
N-NO2*				
PT	-66		-31	-53
Sulfatos*				
Sulfuros	-		-19	-127
Cloruros	48,081		13,603	61,054
Fenoles	-		-	-
G y A	523		-	-
SAAM	-		-	-
Col. Fec (NMP/d)	2.E+12		6.E+11	3.E+12

As	-		11	48
Cd	-		-	-
Cu	-		-	-
Cr	-		-	-
Hg	-		-	-
Ni	-		-	-
Pb	-		-	-
Zn	-		-	-
Cn	-		-	-

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 Figura 3.112 a la Figura 3.129 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 LFD.

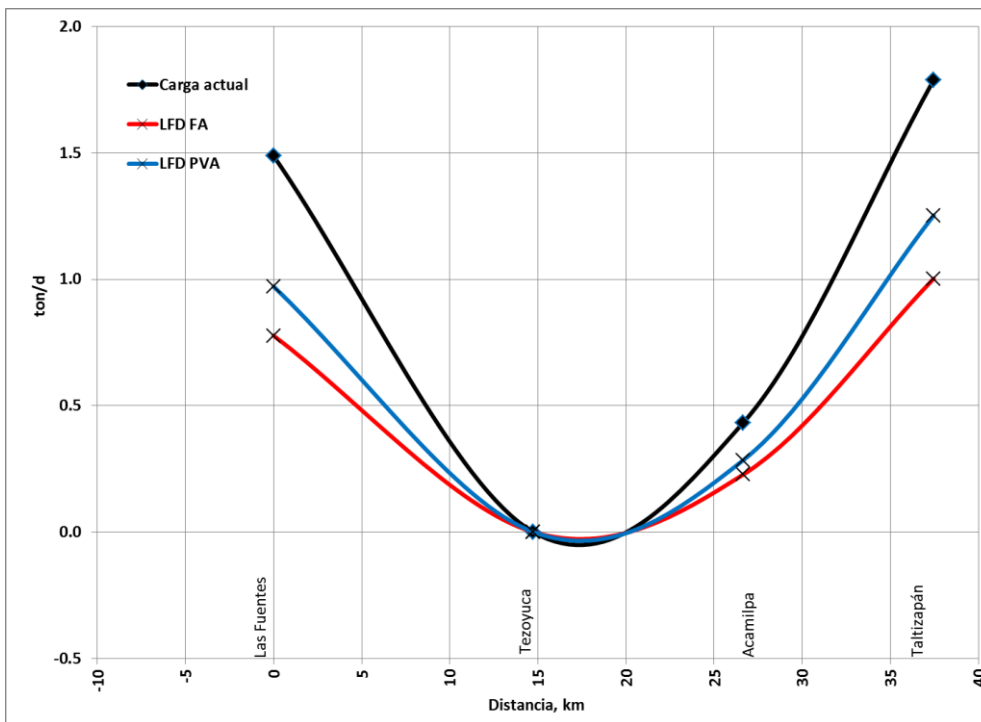


Figura 3.112. Carga de oxígeno disuelto en el río Dulce

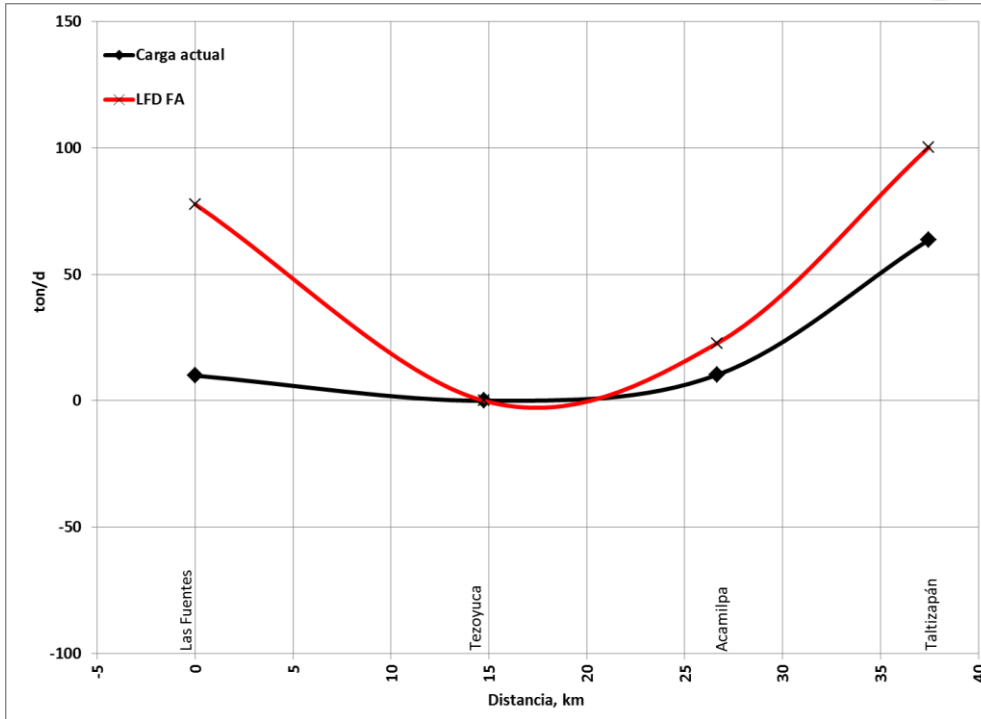


Figura 3.113. Carga de alcalinidad en el río Dulce

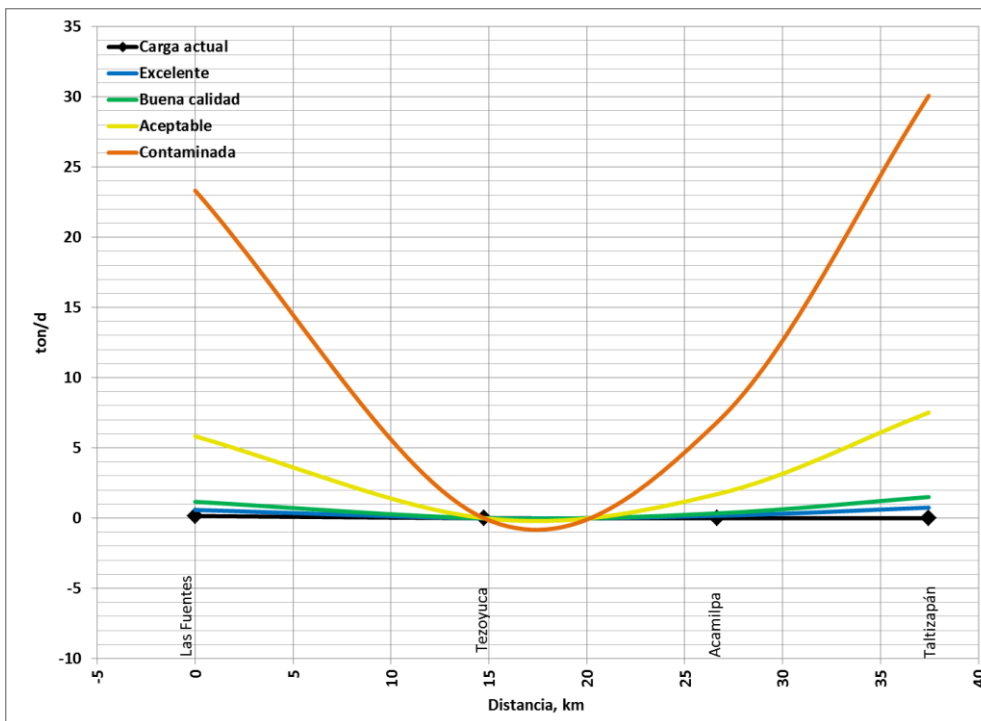


Figura 3.114. Carga DBO en el río Dulce



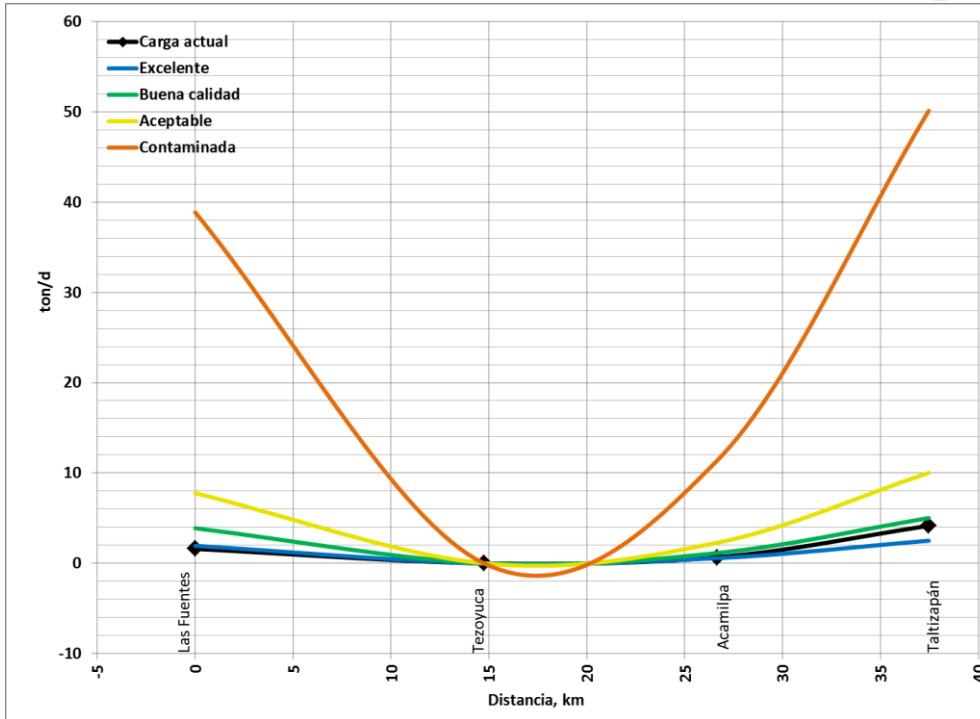


Figura 3.115. Carga de DQO en el río Dulce

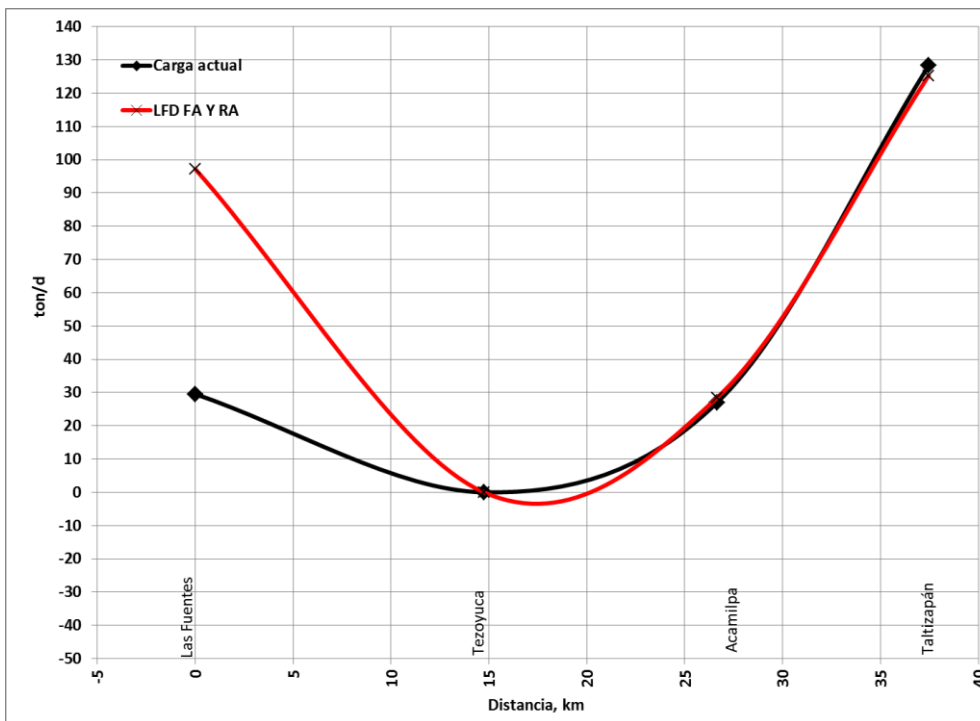


Figura 3.116. Carga de SDT en el río Dulce

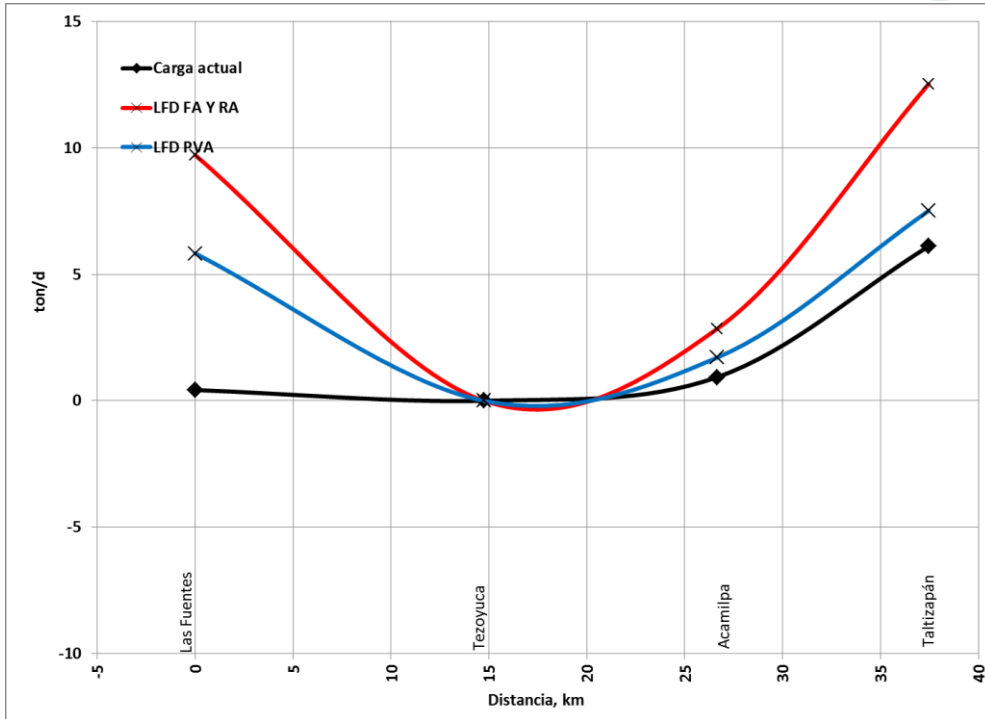


Figura 3.117. Carga de SST en el río Dulce

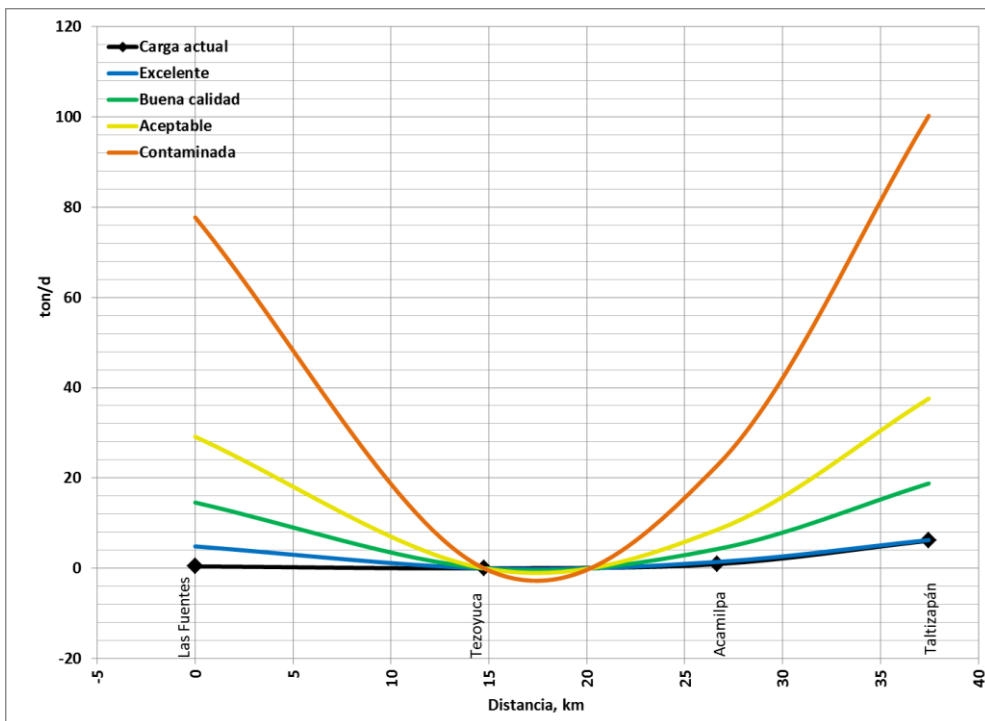


Figura 3.118. Carga SST con los límites de clasificación de CONAGUA en el río Dulce

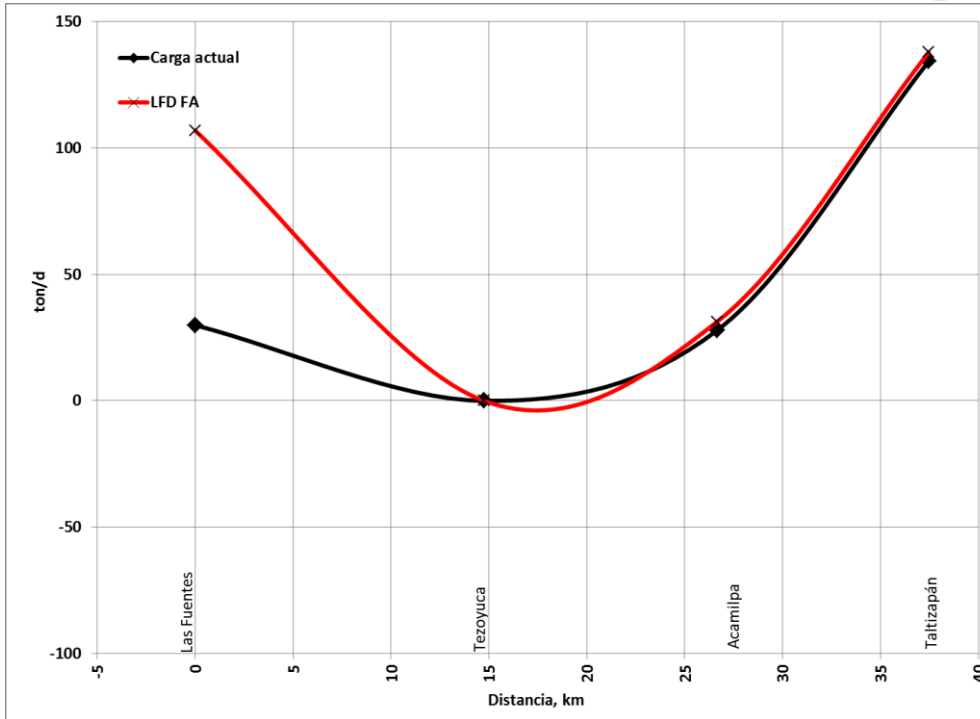


Figura 3.119. Carga de ST en el río Dulce

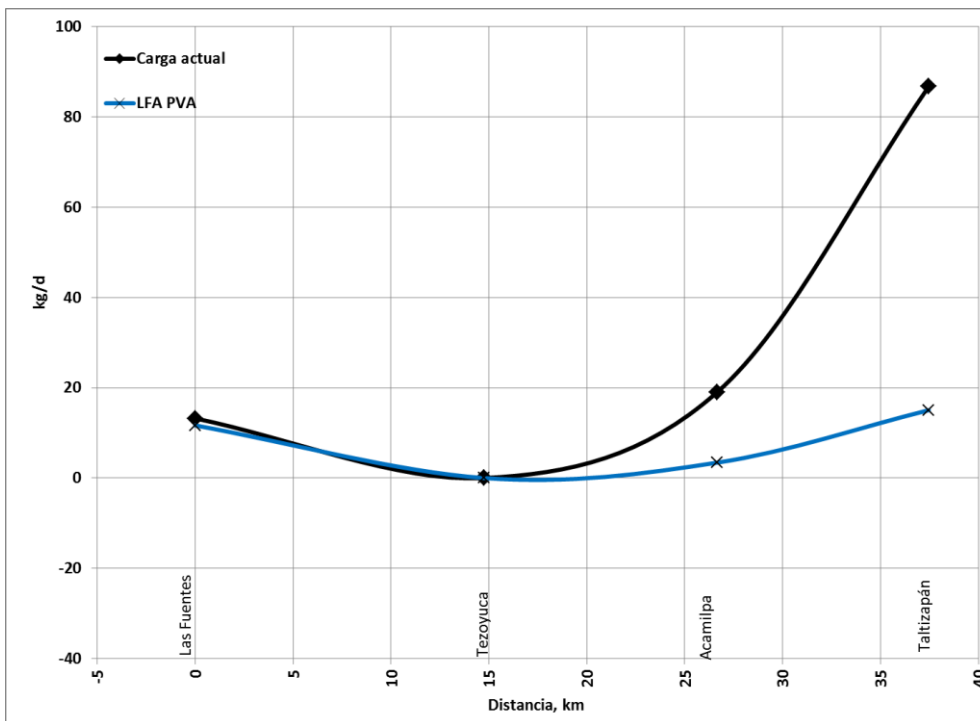


Figura 3.120. Carga NH3 en el río Dulce

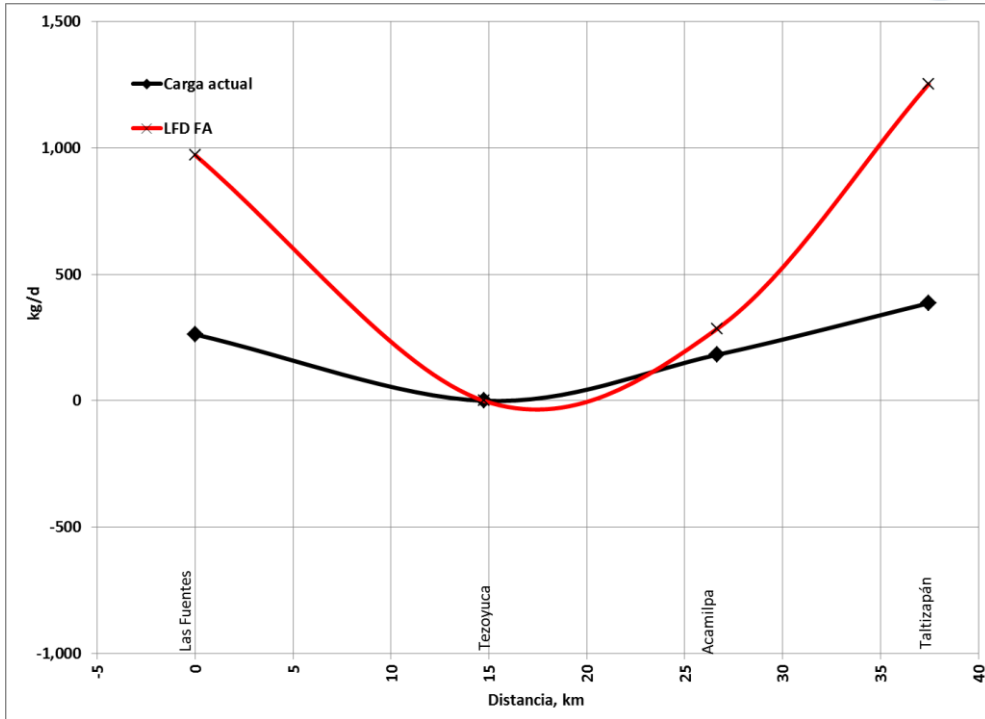


Figura 3.121. Carga de NO3 en el río Dulce

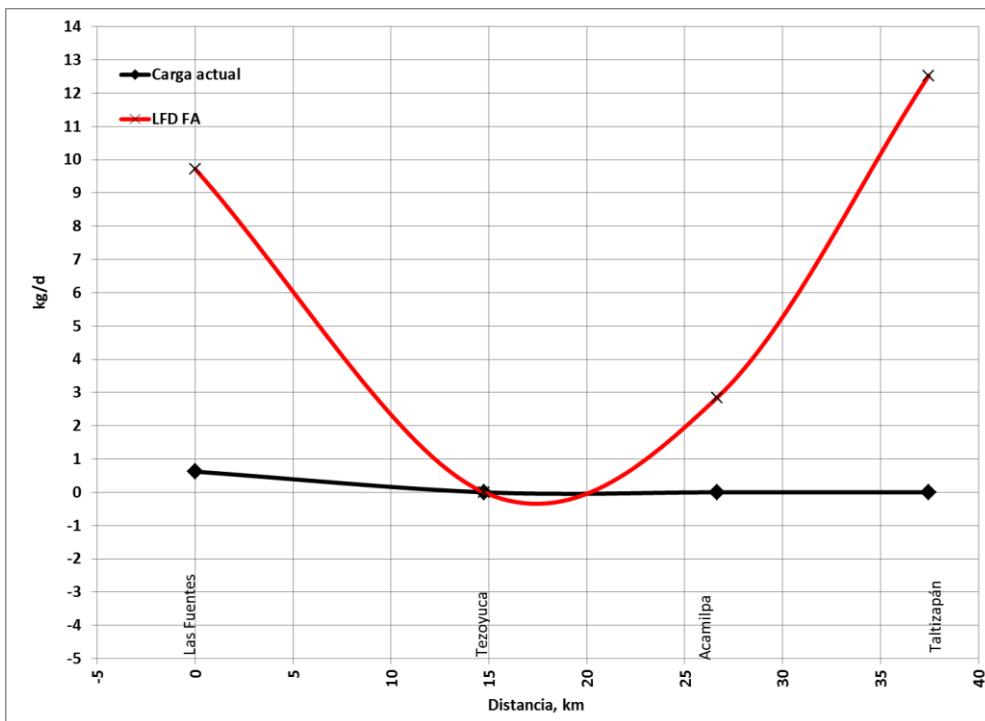


Figura 3.122. Carga de NO2 en el río Dulce

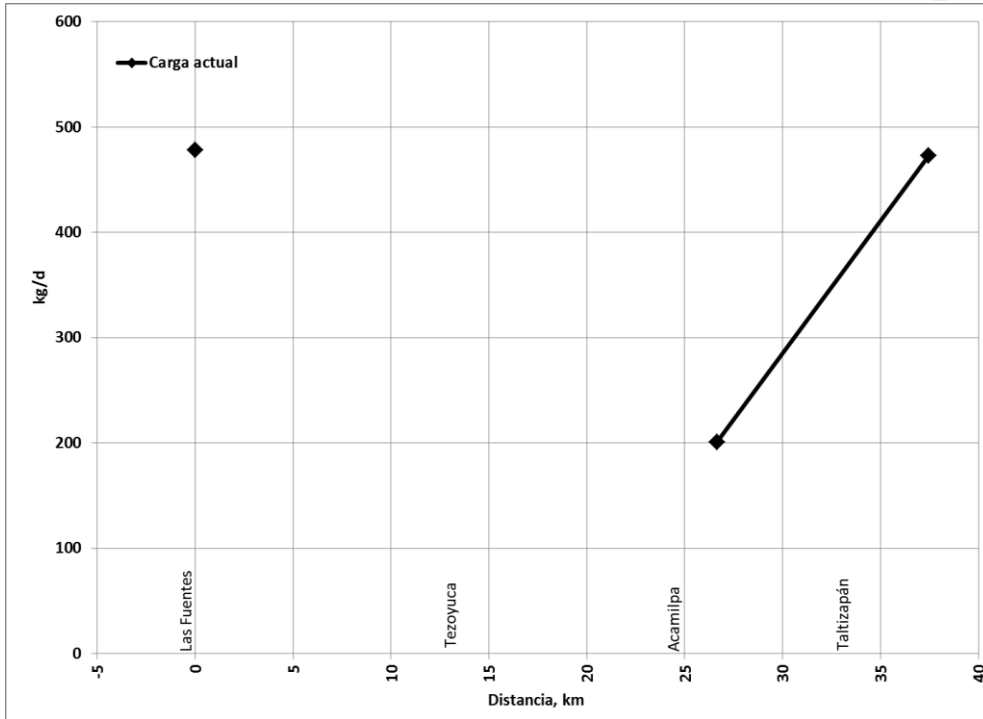


Figura 3.123. Carga nitrógeno total en el río Dulce

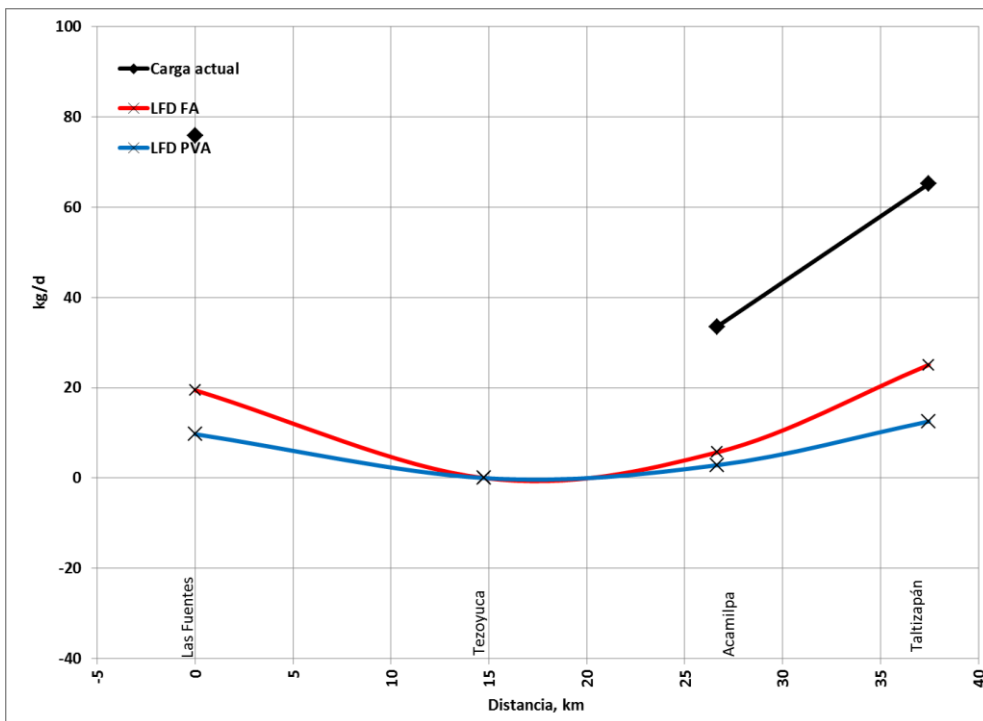


Figura 3.124. Carga fósforo total en el río Dulce

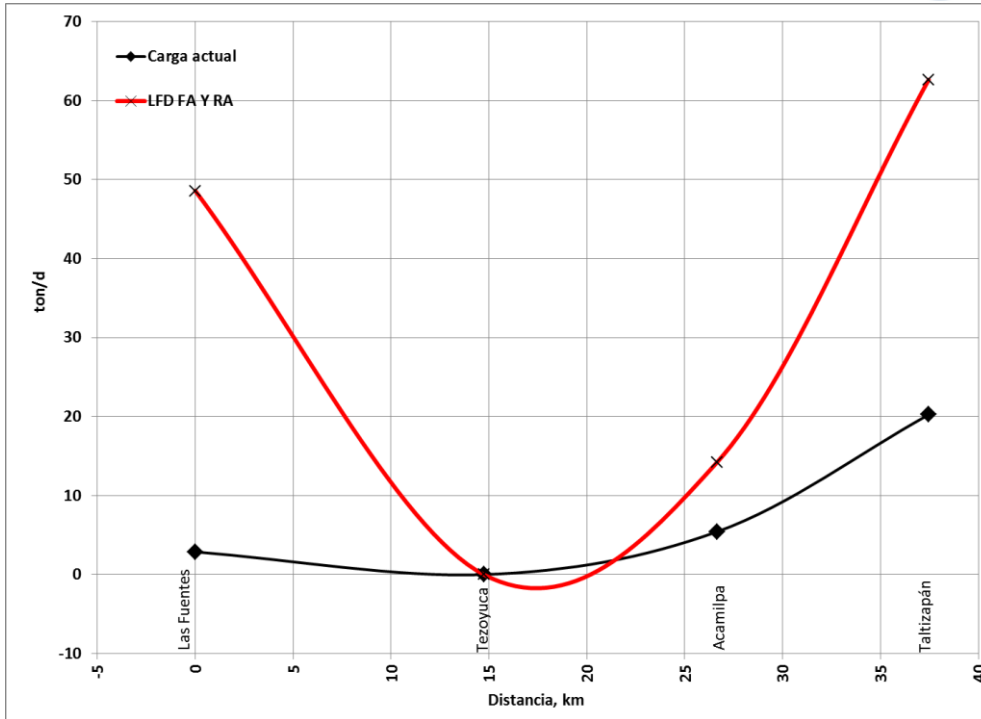


Figura 3.125. Carga sulfatos en el río Dulce

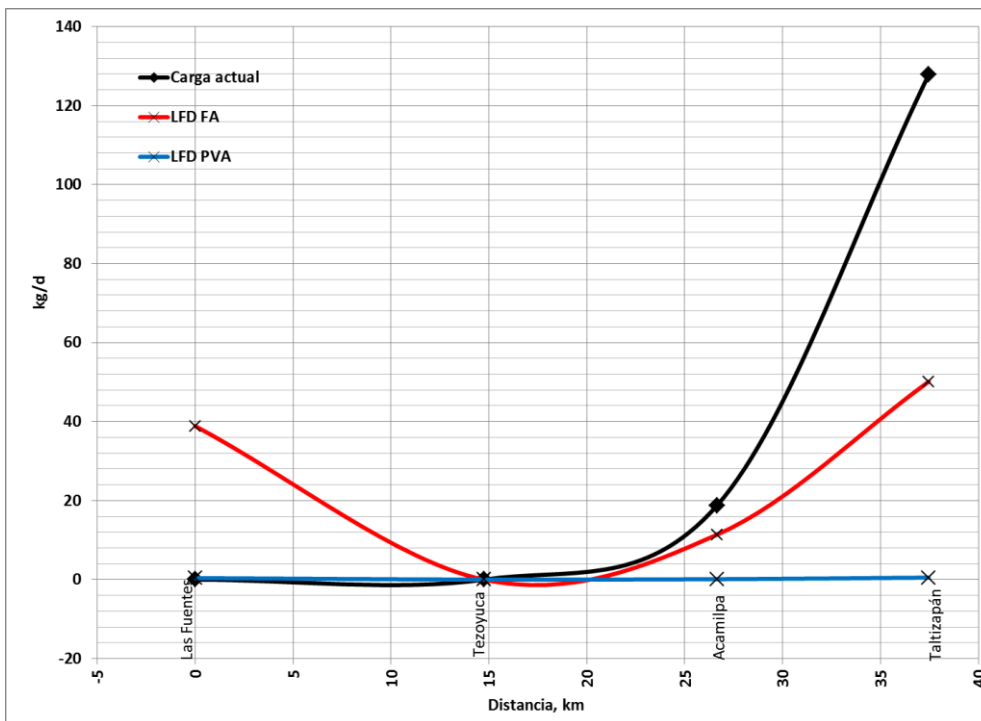


Figura 3.126. Carga de sulfatos en el río Dulce

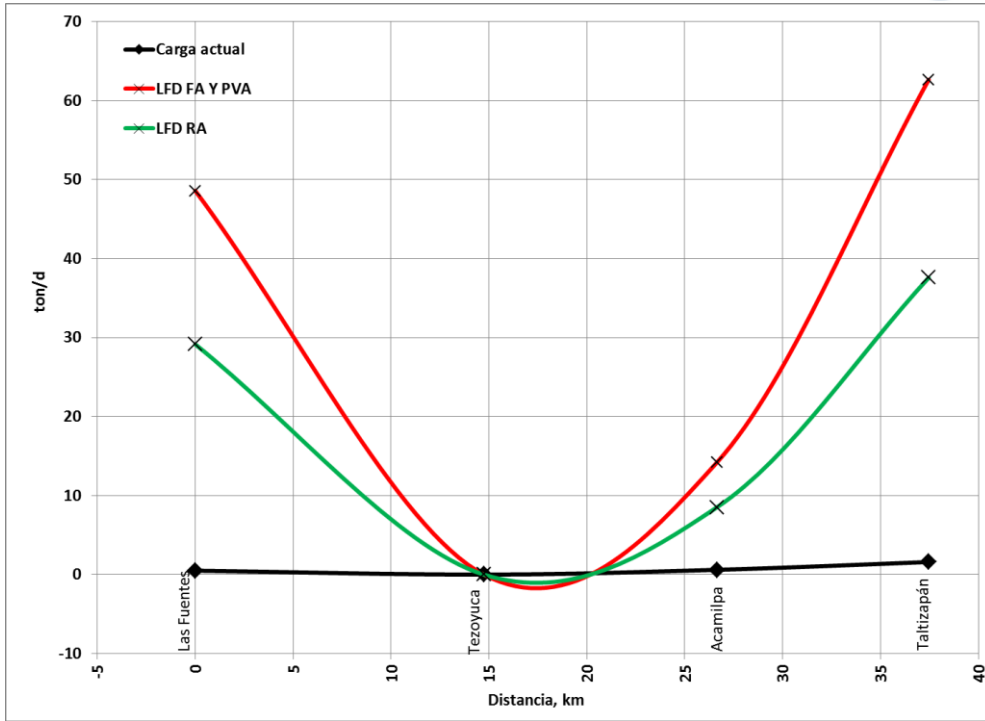


Figura 3.127. Carga de cloruro en el río Dulce

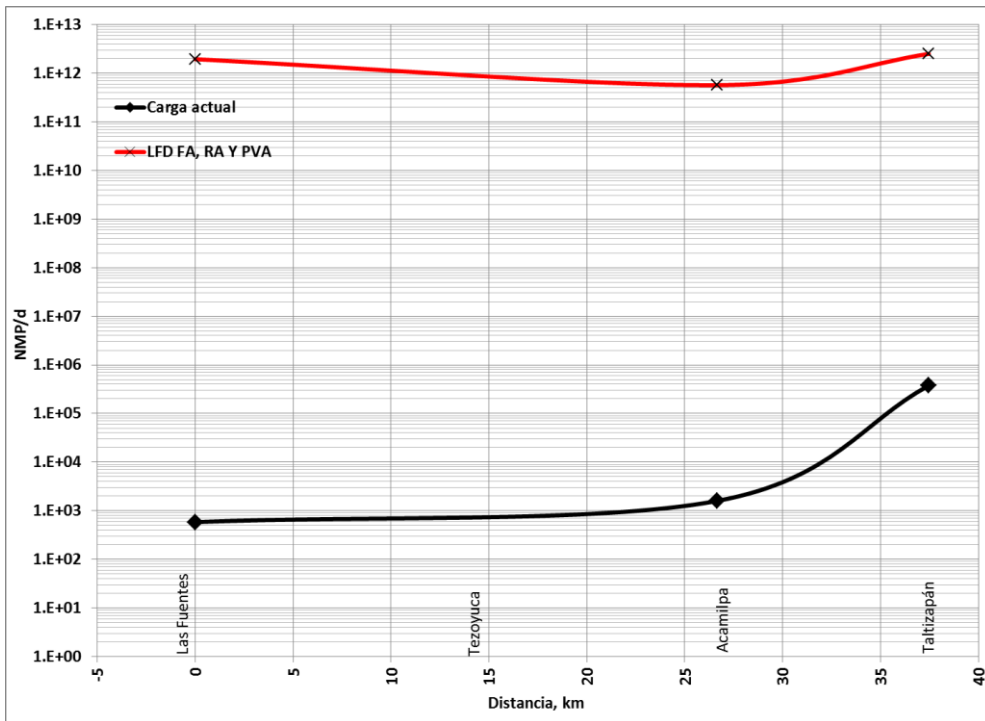


Figura 3.128. Carga de coliformes fecales en el río Dulce

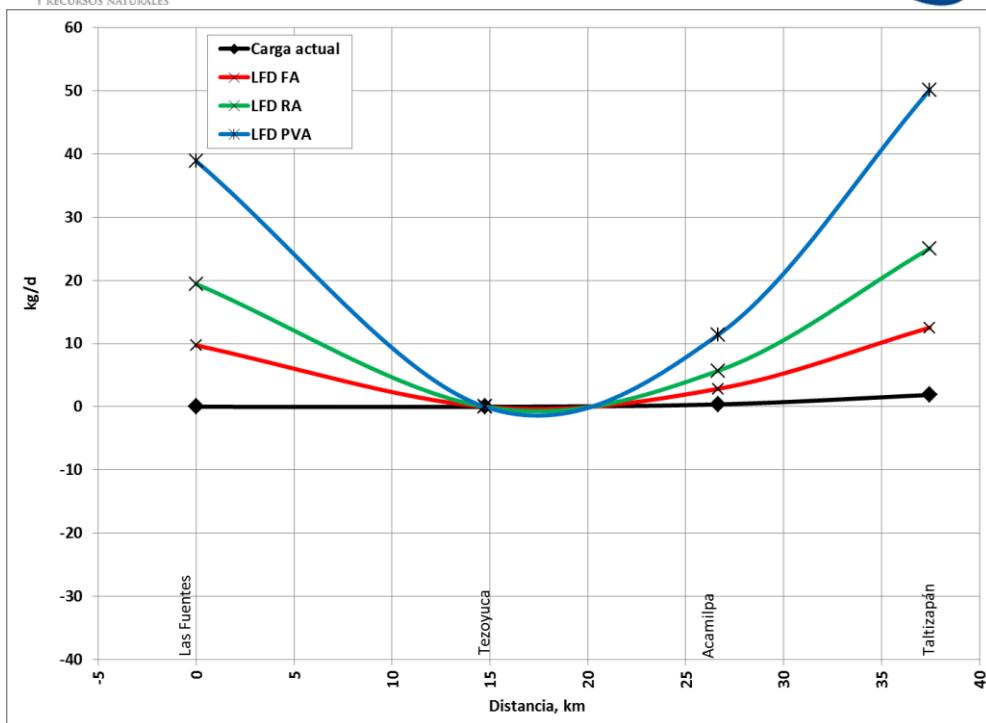


Figura 3.129. Carga de arsénico en el río Dulce

### 3.4.3. Río Cuautla

En la Tabla 3.22 se muestra las cargas actuales de las estaciones en el río Cuautla y en la Tabla 3.23, Tabla 3.24 y Tabla 3.25 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 3.22. Cargas actuales en el río Cuautla

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
OD	SD	SD	1,680	879	SD	809	802	1,430
COT	SD	SD	338	1,472	SD	214	341	528
Alc. Tot.	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
DBO	SD	SD	ND	4,843.5	SD	202.3	94	170
DQO	SD	SD	5,177	9,517	SD	ND	1,907	5,419
SDT	SD	SD	34,514	91,784	SD	69,985	72,726	148,134
SST	SD	SD	500	1,937	SD	4,874	4,322	3,058
ST	SD	SD	34,968	93,722	SD	74,860	77,048	151,192



N-NH3	SD	SD	23.6	554.6	SD	56.5	ND	7
N-NO3	SD	SD	333.8	89.6	SD	381.7	305	511
N-NO2	SD	SD	13.58	200.84	SD	1.06	ND	ND
N-Org	SD	SD	199	874	SD	25	109	28
NT	SD	SD	570	1,719	SD	465	414	546
Ortofosfato	SD	SD	56.8	225.2	SD	20.2	19	25
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
PT	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
G y A	SD	SD	ND	3,294	SD	636	365	8,834
SAAM	SD	SD	ND	60	SD	ND	ND	ND
Col. Fec (NMP/d)	SD	SD	9.E+09	3.E+10	SD	2.E+12	1.E+11	7.E+10
As	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cd	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cu	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cr	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Hg	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Ni	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Pb	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Zn	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cn	SD	SD	ND	ND	SD	ND	ND	ND

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

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

SD: Sin Datos

Tabla 3.23. Cargas máximas permisibles en el río Cuautla para Fuente de Abastecimiento de Agua Potable en la LFD

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
OD	SD	SD	908	969	SD	368	376	680
Alc. Tot.	SD	SD	90,826	96,870	SD	36,786	37,584	67,952
SDT	SD	SD	113,532	121,087	SD	45,983	46,980	84,939
SST	SD	SD	11,353	12,109	SD	4,598	4,698	8,494
ST	SD	SD	124,885	133,196	SD	50,581	51,678	93,433
N-NH3*								
N-NO3	SD	SD	1,135	1,211	SD	460	470	849

N-NO2	SD	SD	11	12	SD	4.6	4.7	8.5
PT	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
G y A	SD	SD	2,271	2,422	SD	920	940	1,699
SAAM	SD	SD	114	121	SD	46.0	47	85
Col. Fec (NMP/d)	SD	SD	2.E+12	2.E+12	SD	9.E+11	9.E+11	2.E+12
As	SD	SD	11.4	12.1	SD	4.6	4.7	8.5
Cd	SD	SD	2.3	2.4	SD	0.92	0.94	1.7
Cu	SD	SD	227	242	SD	92	94	170
Cr	SD	SD	11	12	SD	4.6	4.7	8.5
Hg	SD	SD	0.23	0.24	SD	0.09	0.09	0.17
Ni	SD	SD	2.3	2.4	SD	0.92	0.9	1.7
Pb	SD	SD	11.4	12.1	SD	4.60	4.7	8.5
Zn	SD	SD	1,135	1,211	SD	460	470	849
Cn	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

Tabla 3.24. Cargas máximas permisibles en el río Cuautla para Riego Agrícola en la LFD

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
OD*								
Alc. Tot.*								
SDT	SD	SD	113,532	121,087	SD	45,983	46,980	84,939
SST	SD	SD	11,353	12,109	SD	4,598	4,698	8,494
ST*								
N-NH3*								
N-NO3*								
N-NO2*								
PT*								
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*								
G y A*								
SAAM*								
Col. Fec (NMP/d)	SD	SD	2.E+12	2.E+12	SD	9.E+11	9.E+11	2.E+12

As	SD	SD	23	24	SD	9.2	9.4	17
Cd	SD	SD	2.3	2.4	SD	0.92	0.94	1.7
Cu	SD	SD	45	48	SD	18	19	34
Cr	SD	SD	23	24	SD	9.2	9.4	17
Hg*					SD			
Ni	SD	SD	45	48	SD	18	19	34
Pb	SD	SD	114	121	SD	46.0	47	85
Zn	SD	SD	454	484	SD	184	188	340
Cn	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 3.25. Cargas máximas permisibles en el río Cuautla para Protección de Vida Acuática en la LFD

Parámetro	Yecapixtl a	Piedra Blanc a	Unidad deportiv a	López Portill o	Olintepe c	Rafael Zaragoz a	Ixtoluc a	Nexpa
OD			1,135	1,211		460	470	849
Alc. Tot. *								
SDT*								
SST			6,812	7,265		2,759	2,819	5,096
ST*								
N-NH3			13.6	14.5		5.5	5.6	10
N-NO3*								
N-NO2*								
PT			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
G y A			2,271	2,422		920	940	1,699
SAAM			23	24		9.2	9.4	17
Col. Fec (NMP/d)			2.E+12	2.E+12		9.E+11	9.E+11	2.E+12
As			45	48		18	19	34
Cd			0.91	0.97		0.37	0.38	0.68
Cu			11.4	12.1		4.6	4.7	8.5
Cr			11.4	12.1		4.6	4.7	8.5
Hg			0.11	0.12		0.05	0.05	0.08
Ni			136	145		55	56	102
Pb			6.8	7.3		2.8	2.8	5.1
Zn			4.5	4.8		1.8	1.9	3.4
Cn			1.1	1.2		0.46	0.47	0.85

Unidades en kg/d, sí 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 3.26, Tabla 3.27 y Tabla 3.28 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. Las celdas con SD indican que no se tiene el valor de la concentración del parámetro.

Tabla 3.26. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Dulce para el uso de Fuente de Abastecimiento de la LFD

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
OD	SD	SD	-772	90	SD	-441	-427	-751
Alc. Tot.	SD	SD	49,046	41,896	SD	7,725	6,295	15,969
SDT	SD	SD	79,018	29,303	SD	-24,003	-25,745	- 63,195
SST	SD	SD	10,854	10,171	SD	-276	376	5,436
ST	SD	SD	89,917	39,475	SD	-24,279	-25,369	- 57,759
N-NH3*								
N-NO3	SD	SD	802	1,121	SD	78	164	338
N-NO2	SD	SD	-2	-189	SD	3.5	-	-
PT	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
G y A	SD	SD	-	-872	SD	283	575	-7,135
SAAM	SD	SD	-	62	SD	-	-	-
Col. Fec (NMP/d)	SD	SD	2.E+12	2.E+12	SD	-1.E+12	8.E+11	2.E+12
As	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cd	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cu	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cr	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Hg	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Ni	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD

Pb	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Zn	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cn	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

Tabla 3.27. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Cuautla para el uso de Riego Agrícola de la LFD

Parámetro	Yecapixtla	Piedra Blanca	Unidad deportiva	López Portillo	Olintepepec	Rafael Zaragoza	Ixtoluca	Nexpa
OD*								
Alc. Tot.*								
SDT	SD	SD	79,018	29,303	SD	-24,003	-25,745	-63,195
SST	SD	SD	10,854	10,171	SD	-276	376	5,436
ST*								
N-NH3*								
N-NO3*								
N-NO2*								
PT*								
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*								
G y A*								
SAAM*								
Col. (NMP/d) Fec	SD	SD	2.E+12	2.E+12	SD	-1.E+12	8.E+11	2.E+12
As	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cd	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cu	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cr	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Hg*								
Ni	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Pb	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Zn	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cn	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

Tabla 3.28. Capacidad de asimilación por estaciones en el río Cuautla para el uso de Protección a la Vida Acuática de la LFD

Parámetro	Yecapixtl a	Piedra Blanc a	Unidad deportiv a	López Portill o	Olintepe c	Rafael Zaragoz a	Ixtoluc a	Nexpa
OD	SD	SD	-545	332	SD	-349	-333	-581
Alc. Tot.*								
SDT*								
SST	SD	SD	6,312	5,328	SD	-2,115	-1,503	2,039
ST*								
N-NH3	SD	SD	-10	-540.0	SD	-51	-	2.9
N-NO3*								
N-NO2*								
PT	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
G y A	SD	SD	-	-872	SD	283	575	-7,135
SAAM	SD	SD	-	-35	SD	-	-	-
Col. <sup>Fec</sup> (NMP/d)	SD	SD	2.E+12	2.E+12	SD	-1.E+12	8.E+11	2.E+12
As	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cd	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cu	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cr	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Hg	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Ni	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Pb	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Zn	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Cn	SD	SD	-	-	SD	-	-	-

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

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

En la Figura 3.130 a la Figura 3.146 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.

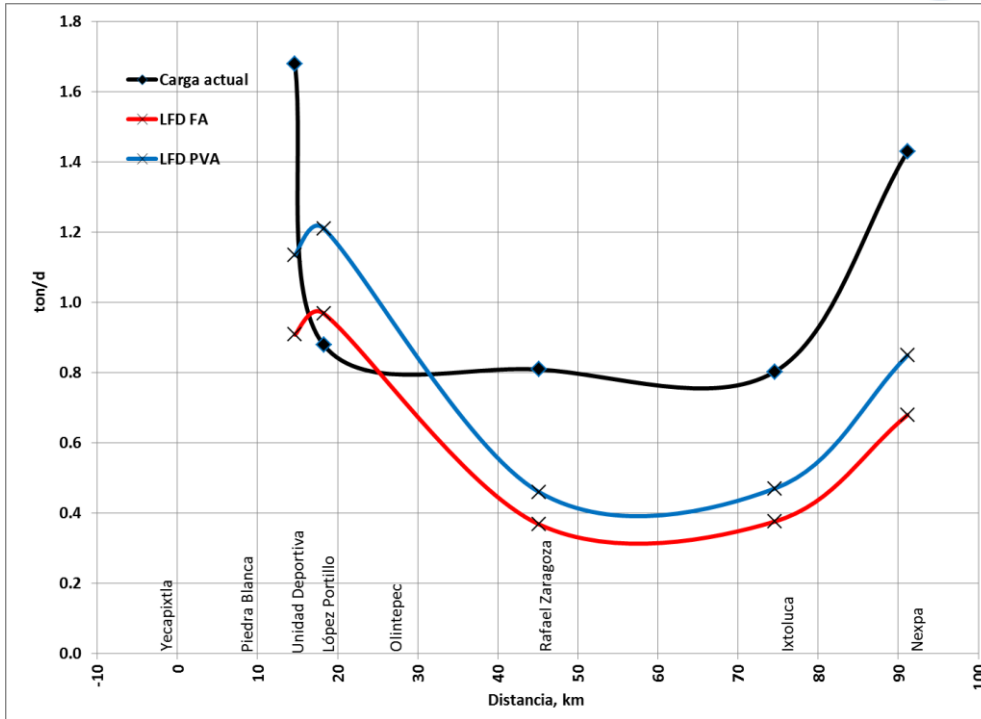


Figura 3.130. Carga de oxígeno disuelto en el río Cuautla

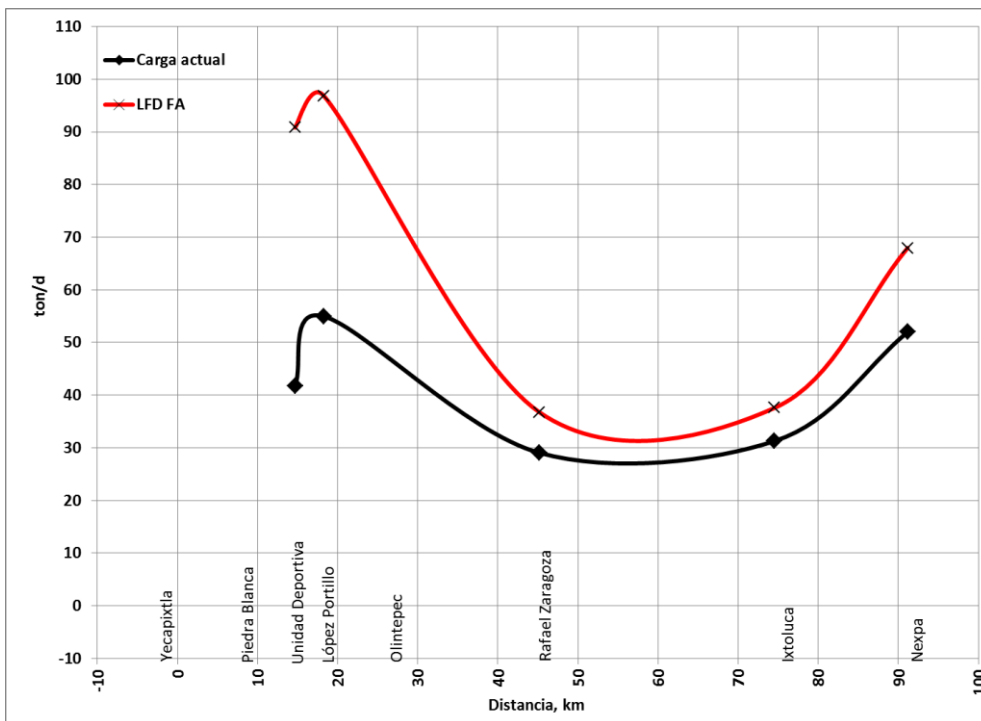


Figura 3.131. Carga de alcalinidad en el río Cuautla

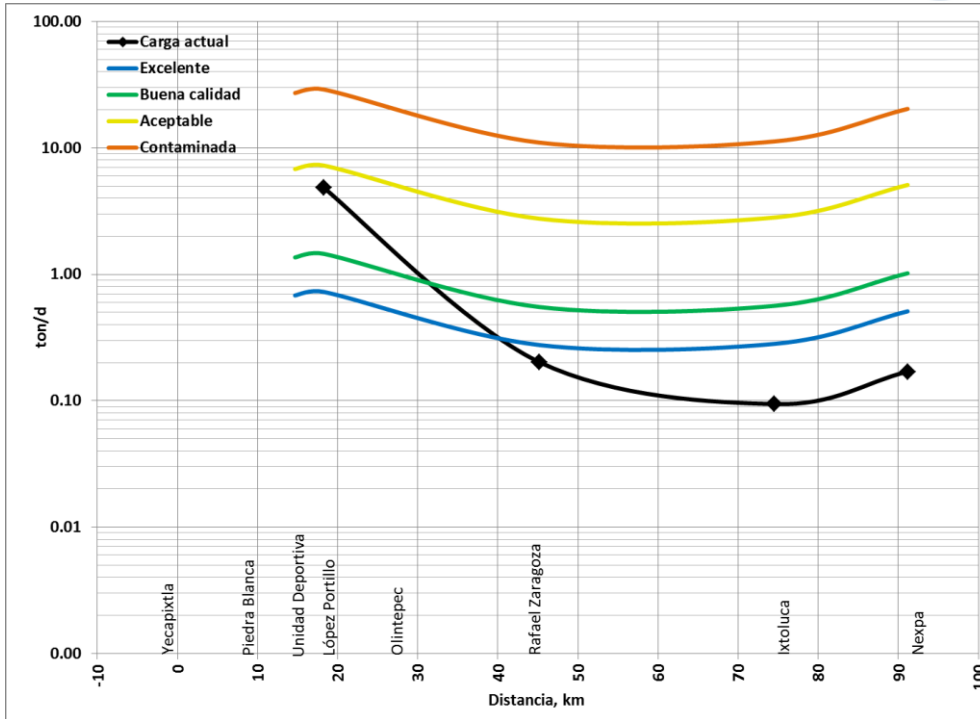


Figura 3.132. Carga DBO en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA

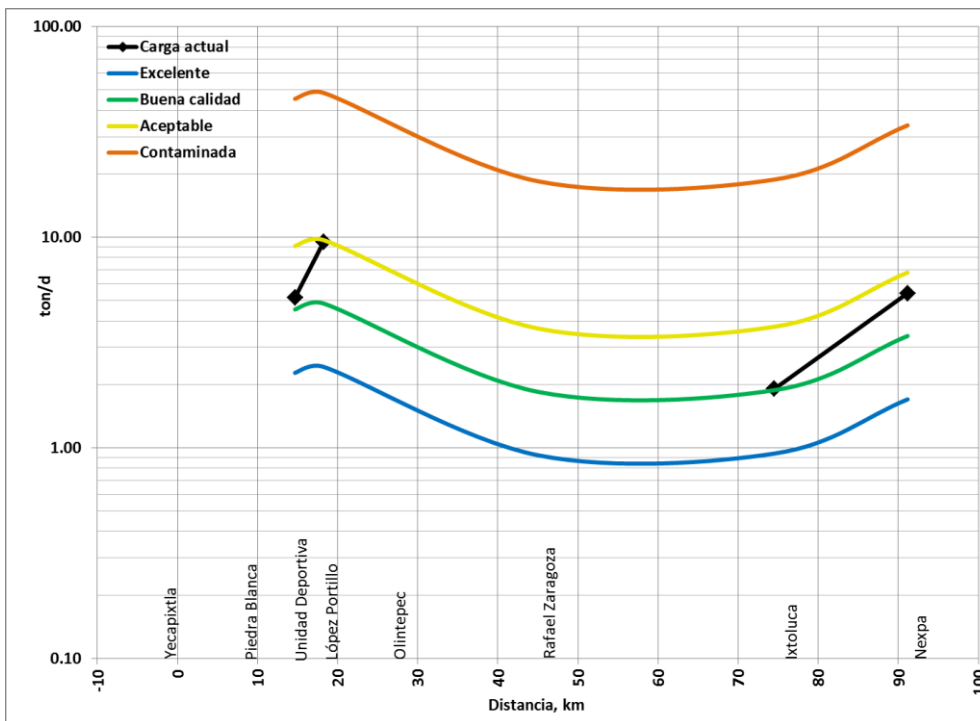


Figura 3.133. Carga de DQO en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA



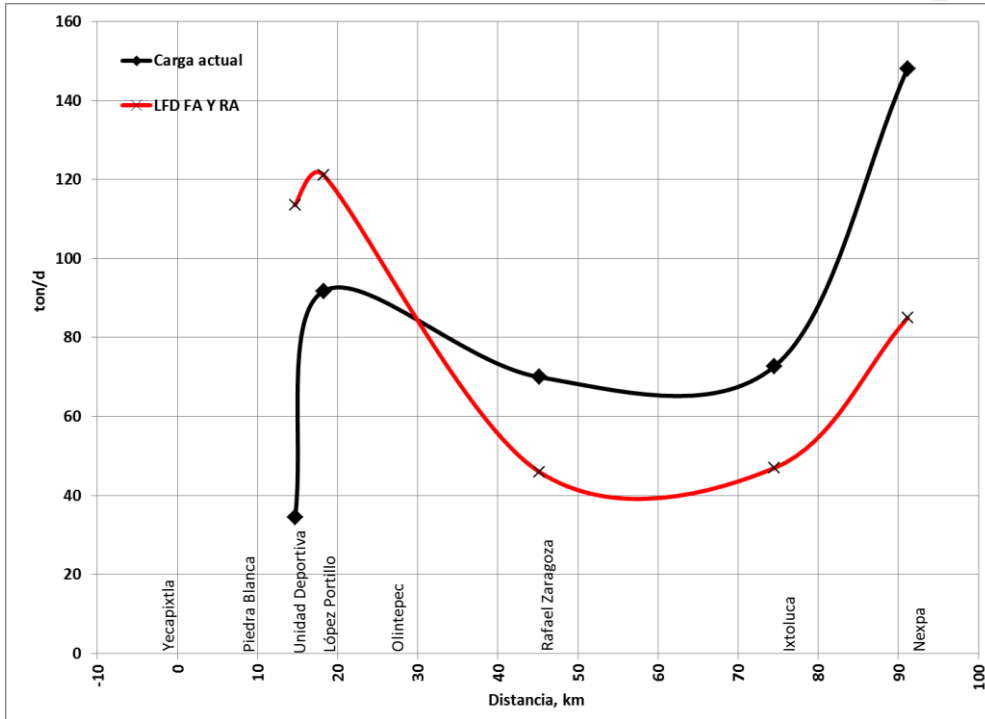


Figura 3.134. Carga de SDT en el río Cuautla

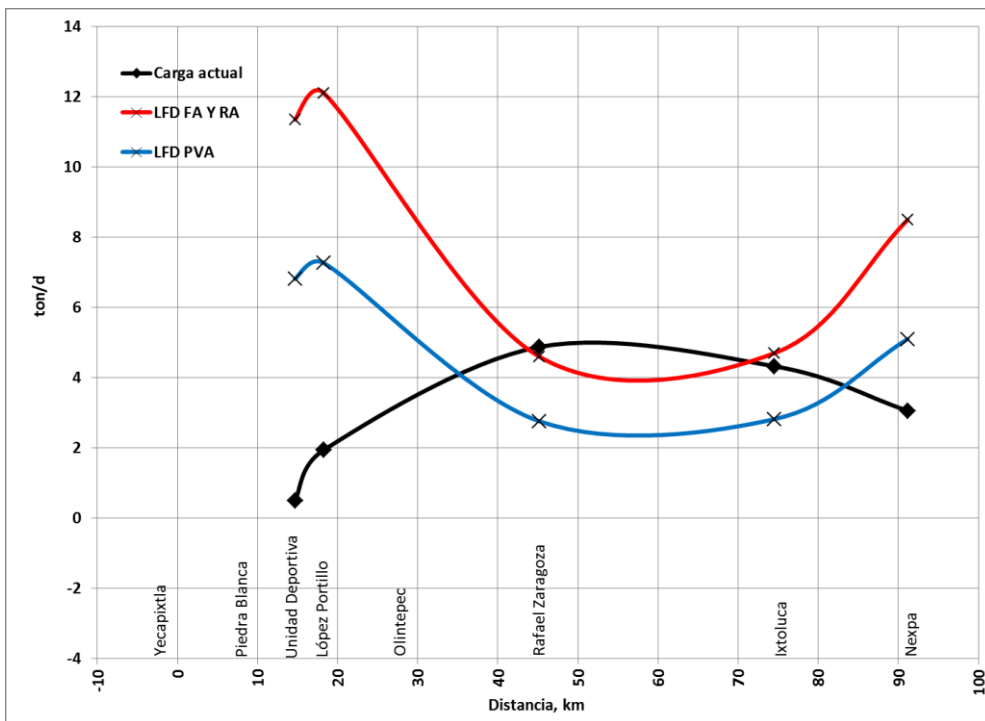


Figura 3.135. Carga de SST en el río Cuautla

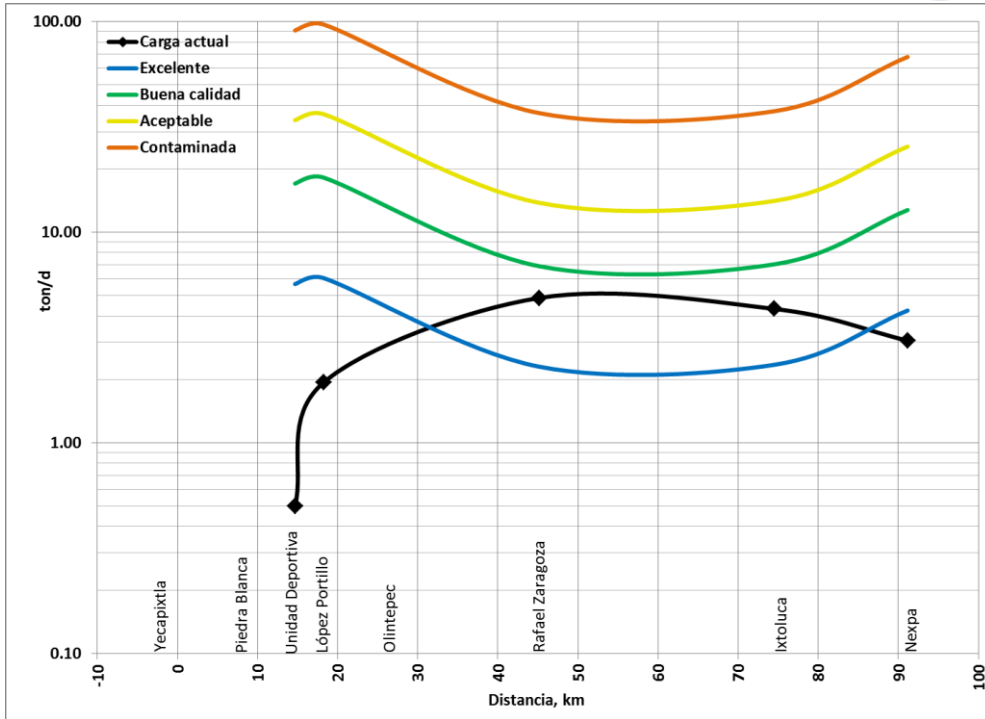


Figura 3.136. Carga SST en el río Cuautla con la clasificación de contaminación de CONAGUA

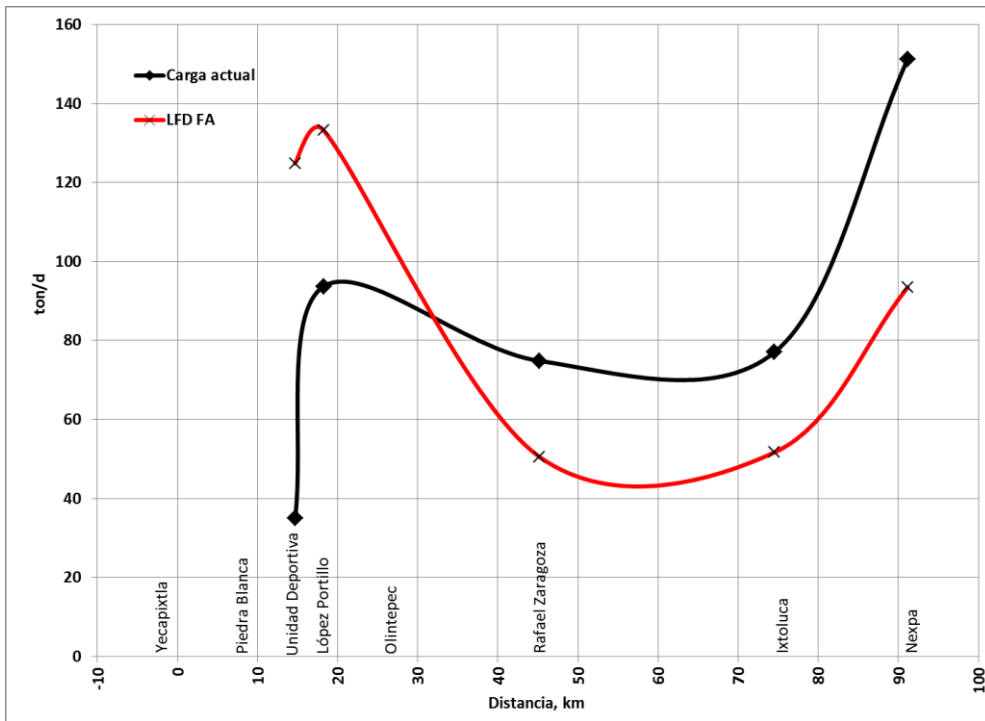


Figura 3.137. Carga de ST en el río Cuautla

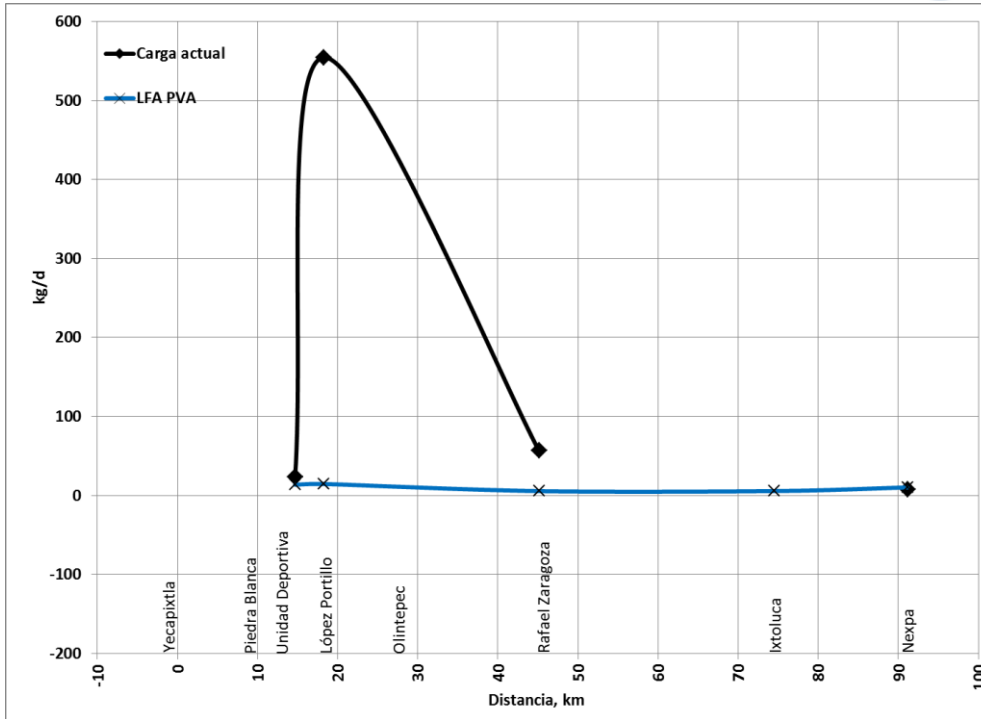


Figura 3.138. Carga NH3 en el río Cuautla

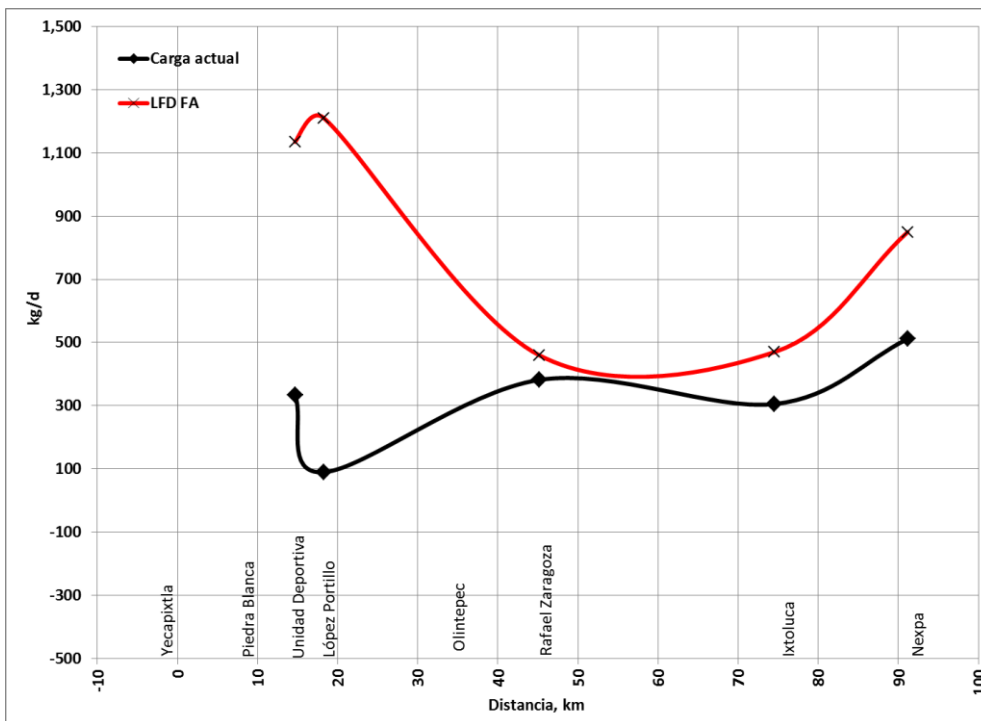


Figura 3.139. Carga de NO3 en el río Cuautla

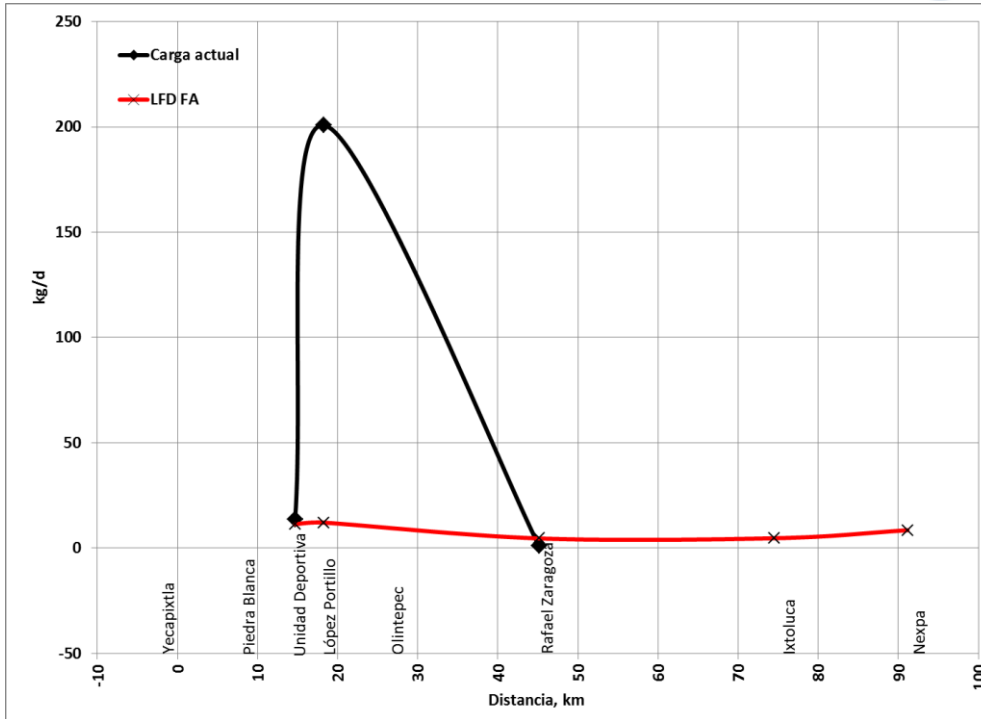


Figura 3.140. Carga de NO2 en el río Cuautla

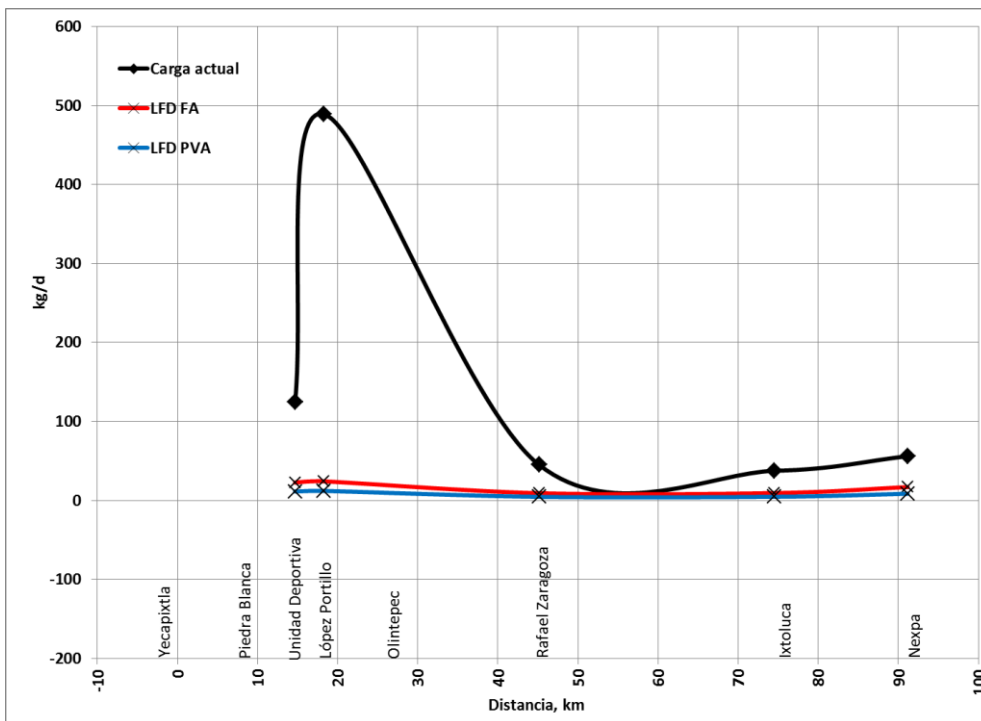


Figura 3.141. Carga fósforo total en el río Cuautla

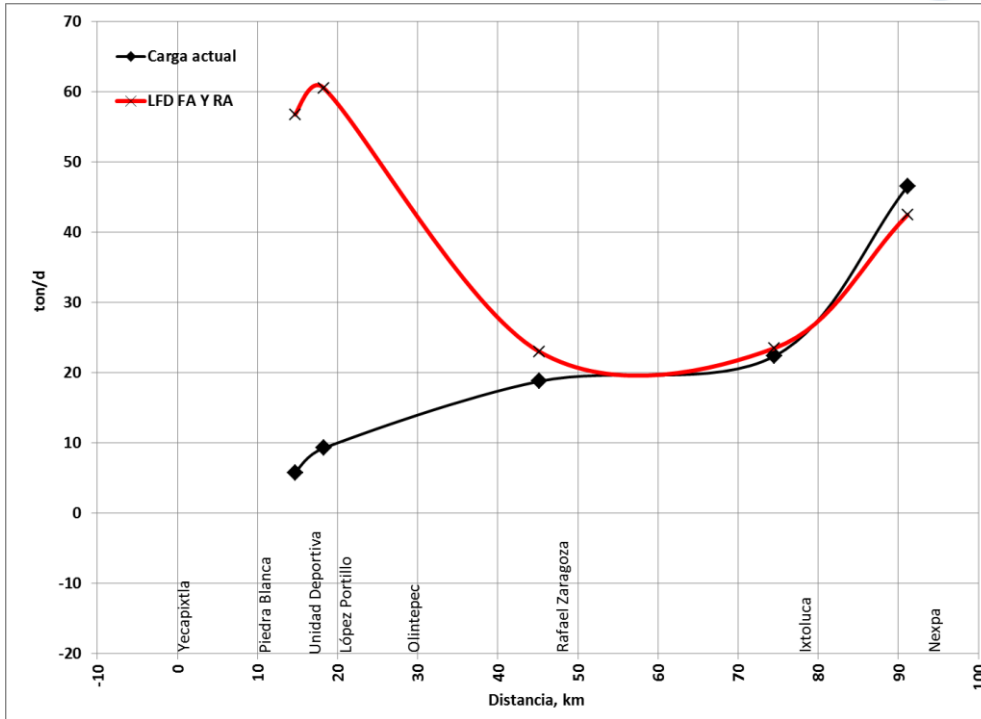


Figura 3.142. Carga sulfatos en el río Cuautla

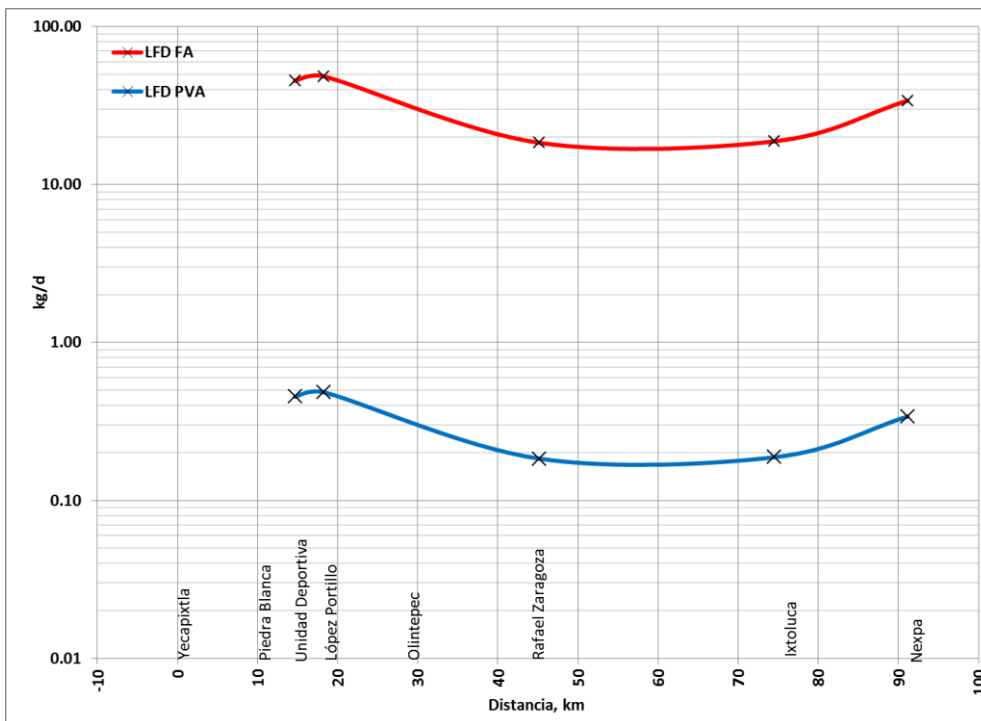


Figura 3.143. Carga de sulfuros en el río Cuautla

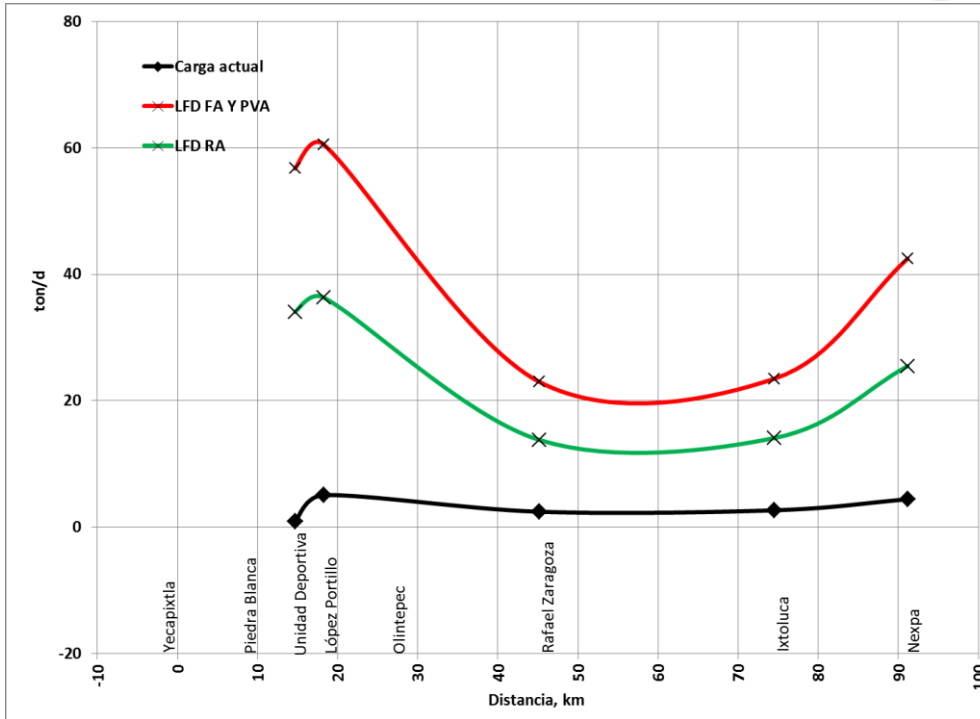


Figura 3.144. Carga de cloruro en el río Cuautla

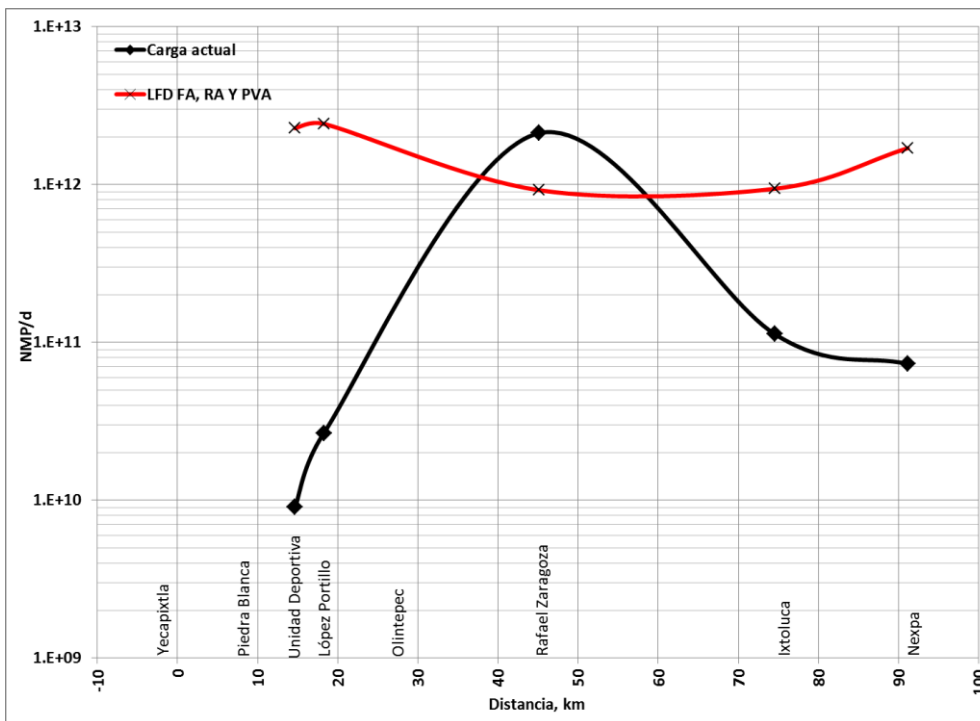


Figura 3.145. Carga de coliformes fecales en el río Cuautla

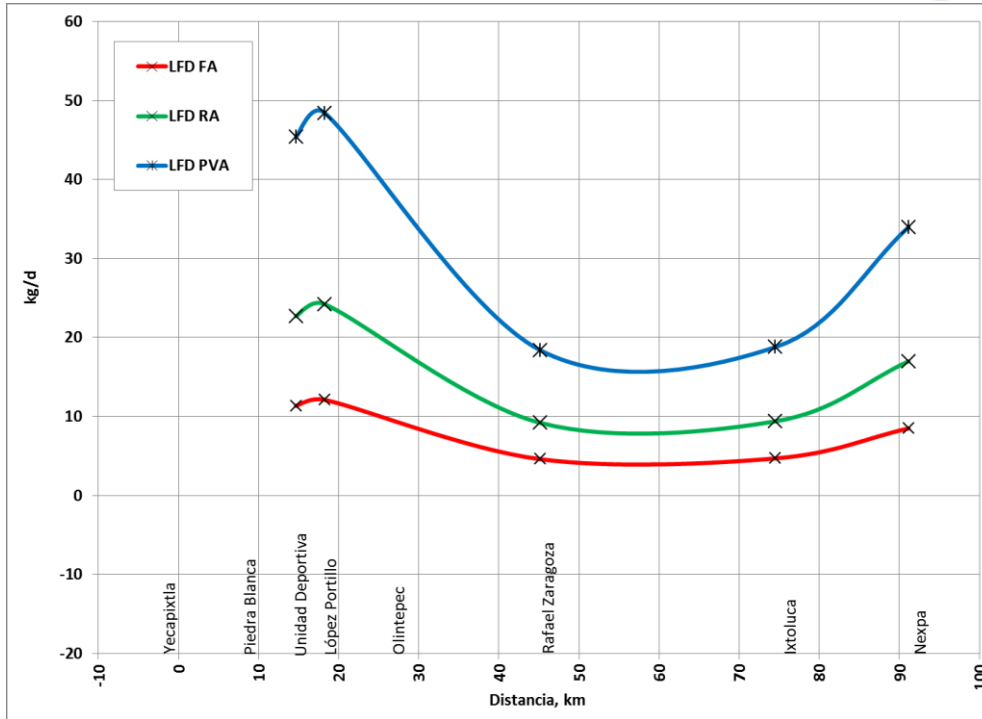


Figura 3.146. Carga de arsénico en el río Cuautla

### 3.5. 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 3.29, Tabla 3.30 y Tabla 3.31 se muestran, respectivamente, la descripción de cada una de las zonas para los ríos Dulce, Yautepec y Cuautla.

Tabla 3.29. 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 3.30. 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.

No.	Zona	Delimitación	Características
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.
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 Higuierón-Jojutla.	Longitud de la zona 9.42 km.

Tabla 3.31. 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 3.147 se muestra el diagrama unifilar del río Cuautla, similarmente en la Figura 3.148, se muestra el diagrama unifilar del río Yautepec y su afluente el río Dulce.

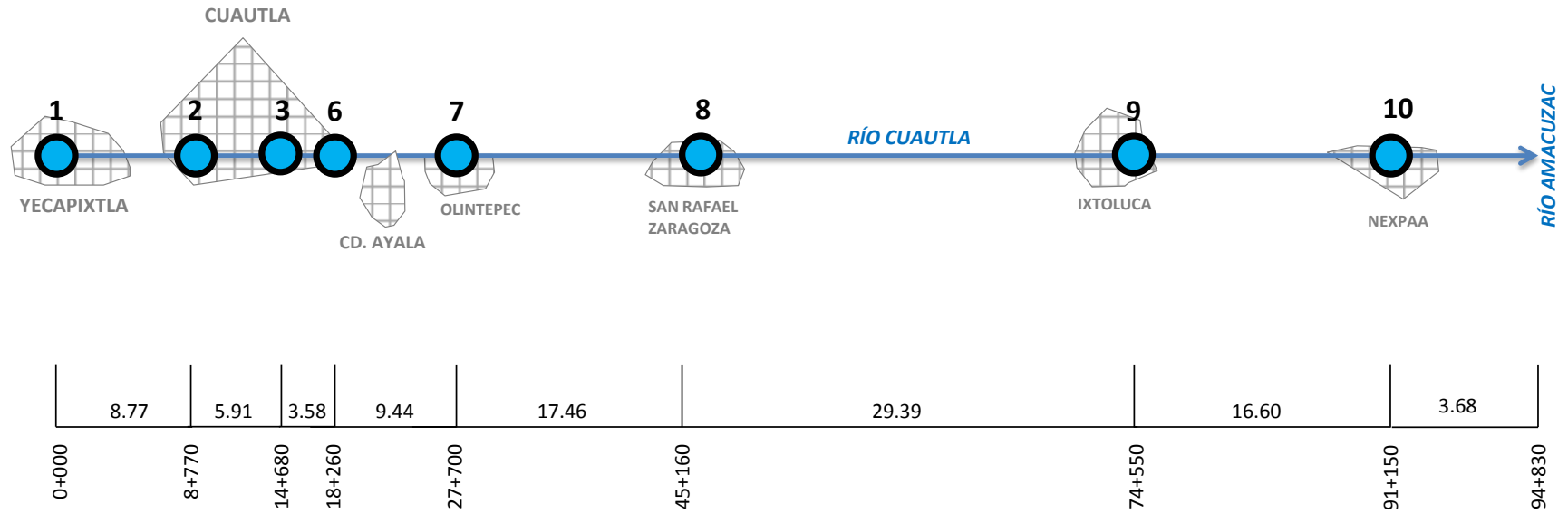


Figura 3.147. Unifilar del río Cautla.

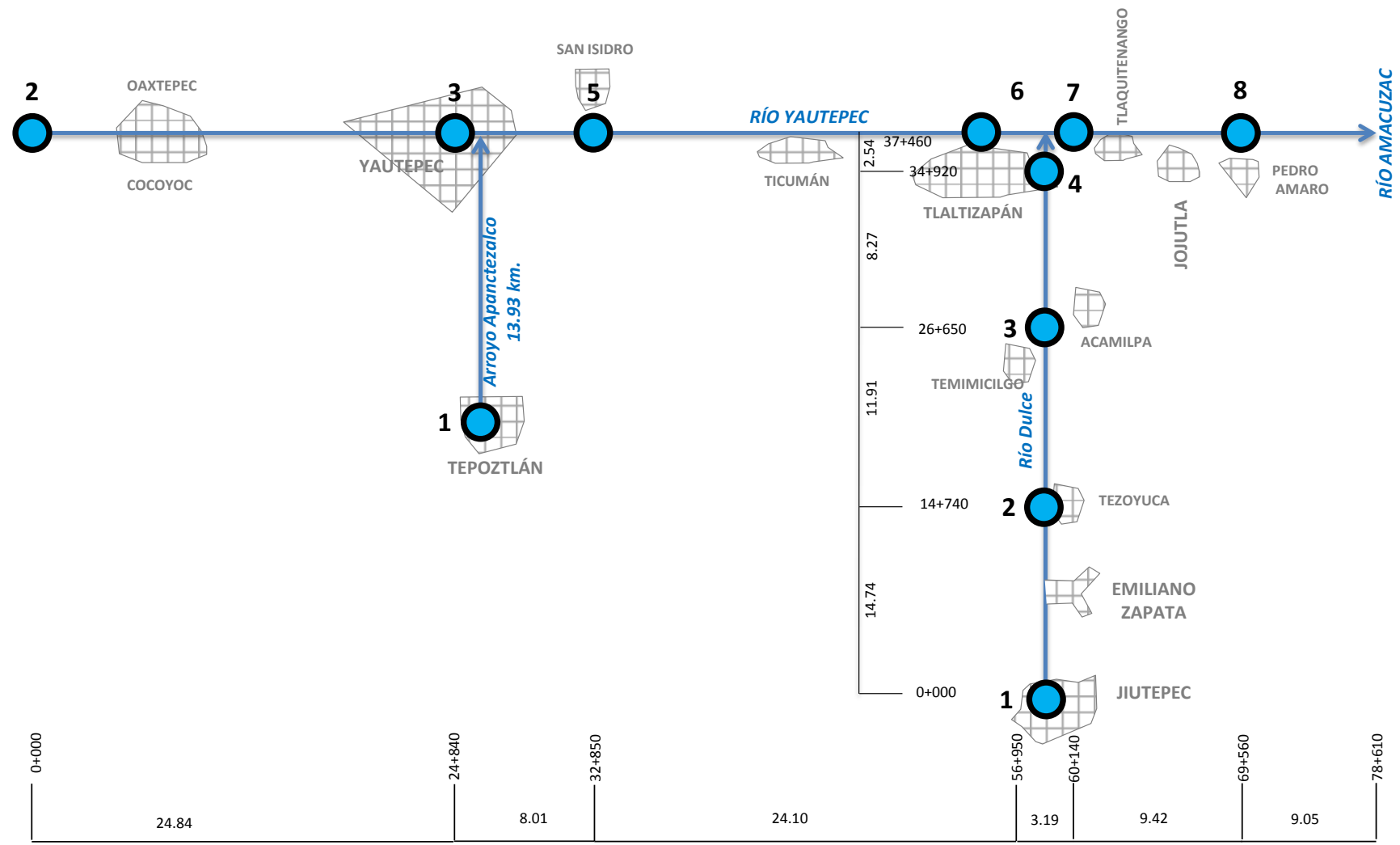


Figura 3.148. Unifilar del río Yautepec y el río Dulce.

### 3.6. 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 planimetría 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, 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 (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), para los niveles I y II.

Utilizando el modelo digital de elevación de la zona en estudio y utilizando la herramienta ArcGis, se determinó en cada punto de muestreo la distancia en línea recta, 500 metros aguas arriba y 500 metros aguas abajo (distancia medida sobre el río), así mismo se tomó la altura sobre el nivel mar correspondiente a esa distancia. Con estos datos se determinó la pendiente y la forma del río en la zona adyacente en cada punto de muestreo. Con los datos de campo se determinó las características hidráulicas de la corriente y consiguientemente se determinó los parámetros del nivel II como el radio de estrechamiento, la relación ancho-profundidad y la sinuosidad. En la Tabla 3.32 se muestra el resumen de los resultados de los niveles I y II para las estaciones muestreadas.

Tabla 3.32. Geomorfología de los ríos Yautepec, Cautla y Cautla

Río	ESTACION	Lugar	Distancia sobre el río, m	Altitud, msnm	Long. En línea recta, m	Sinuosidad	Pend, %	Ancho río, m	Prof río, m	W/D	Tipo de corriente
RÍO CUAUTLA	Las Fuentes	Antes	-235.2	1,347	673.5	1.09	1.63	2.55	0.63	4.05	Aa+
		Después	500	1,335							
	Tezoyuca	Antes	-500	1,207	868.2	1.15	0.80				
		Después	500	1,199							
	Acamilpa	Antes	-500	996	583.9	1.71	0.20	3.75	0.44	8.52	E
		Después	500	994							
	Tlaltizapán	Antes	-500	931	673.5	1.48	0.30	7.50	0.69	10.87	E
		Después	500	928							
RÍO YAUTEPEC	Tepoztlán	Antes	-500	1,648	801.8	1.25	2.60	1.80	0.28	6.55	Aa+
		Después	500	1,622							
	Cocoyoc	Antes	-500	1,539	855.8	1.17	3.20	2.90	0.34	8.53	Aa+
		Después	500	1,507							
	Yautepec Centro	Antes	-500	1,222	762.1	1.31	0.90	1.25	0.14	8.93	Aa+
		Después	500	1,213							
	IPN	Antes	-500	1,067	882.2	1.13	0.30	8.20	0.48	17.08	D
		Después	500	1,064							
	Tlaltizapan	Antes	-500	938	866.1	1.15	0.10	15.50	0.35	44.29	D
		Después	500	937							
	Después confluencia río Cautla	Antes	-500	924	703.7	1.42	0.30	11.50	0.72	15.97	D
		Después	500	921							
Pedro Amaro	Antes	-500	901	922.0	1.08	0.50	23.00	0.45	51.11	D	
	Después	500	896								
RÍO CUAUTLA	Yecapitztla	Antes	-500	1,605	1,002.0	1.00	2.70				
		Después	500	1,578							
	Piedra Blanca	Antes	-500	1,409	983.9	1.02	2.00				
		Después	500	1,389							
	Unidad Deportiva	Antes	-500	1,301	968.8	1.03	1.30	3.10	0.42	7.35	Aa+
		Después	500	1,288							

Río	ESTACION	Lugar	Distancia sobre el río, m	Altitud, msnm	Long. En línea recta, m	Sinuosidad	Pend, %	Ancho río, m	Prof río, m	W/D	Tipo de corriente
	López Portillo	Antes	-500	1,255	761.1	1.31	1.30	9.50	0.46	20.65	Aa+
		Después	500	1,242							
	Olintepepec	Antes	-500	1,158	770.1	1.30	1.10				
		Después	500	1,147							
	San Rafael Zaragoza	Antes	-500	1,012	805.2	1.24	1.70	8.15	0.38	21.22	Aa+
		Después	500	995							
	Ixtoluca	Antes	-500	875	810.9	1.23	1.30	10.20	0.31	32.69	Aa+
		Después	500	862							
	Nexpa	Antes	-500	799	811.8	1.23	1.30	11.00	0.44	25.17	Aa+
		Después	500	786							

El tipo de corriente fue determinado de acuerdo a la tabla de clasificación de Rosgen, considerando los cuatro parámetros antes descritos. En la Tabla 3.33 se muestra la tabla de clasificación de Rosgen.

Tabla 3.33. Tabla de clasificación de Rosgen

Tipo de corriente	Descripción general	Relación de estrechamiento	Relación Ancho-Profundidad	Sinuosidad	Pendiente
Aa+	Forma estrecha, corriente muy empinada, transporte de escombros	<1.4	<12	1.0 a 1.1	>10
A	Salto-resalto (Steep-pool) o rápidas. Saltos y cuencos de erosión. Alta energía, baja capacidad de almacenamiento de sedimentos, curso estable.	<1.4	<12	1.0 a 1.2	0.04 a 0.10
B	Rápidos (Riffles), rápidas. Algunos pozos de erosión y raramente con barras. Curso estable.	1.4 a 2.2	>12	>1.2	0.02 a 0.039
C	Secuencia de rápidos-remansos (Riffle-pool). Meandros, point bars, planicies de inundación bien desarrolladas, márgenes estables o inestables.	>2.2	>12	>1.4	0.02
D	Entrelazado (Braided). Múltiples canales, barras alternadas y en evolución, actividad de erosión y sedimentación, alto aporte de sedimentos, alta erosión de márgenes	n/a	>40	n/a	>0.04
DA	Anastomizado. Múltiples canales, secuencia de rápidos-remansos (riffle-pool), planicie de	>2.2	Altamente variable	Altamente	<0.005



Tipo de corriente	Descripción general	Relación de estrechamiento	Relación Ancho-Profundidad	Sinuosidad	Pendiente
	inundación vegetada, tierras pantanosas, márgenes estables			variable	
E	Anastomizado. Múltiples canales, secuencia de rápidos-remansos (riffle-pool), planicie de inundación vegetada, tierras pantanosas, márgenes estables	>2.2	<12	>1.5	<0.02
F	Anastomizado. Múltiples canales, secuencia de rápidos-remansos (riffle-pool), planicie de inundación vegetada, tierras pantanosas, márgenes estables	<1.4	>12	>1.4	<0.02
G	Cárcavas. Incisiones en laderas o praderas, alto aporte de sedimentos márgenes inestables. Secuencia de saltos-resaltos (step-pool).	<1.4	<12	>1.2	0.02 a 0.039

## **4. Macrófitas Bioindicadores.**

### **4.1 Introducción**

Las macrófitas acuáticas son significativas ya que constituyen parte esencial de los productores primarios, aportando oxígeno al agua, necesario para la respiración de los organismos acuáticos que habitan; efectúan una acción purificadora del bióxido de carbono en la columna de agua; intervienen como bombas para asentar nuevamente en movimiento las sustancias minerales y orgánicas en el medio acuático; son estabilizadoras del sedimento, evitando la erosión; se emplean como sustratos o bien para la anidación tanto de aves como de peces; finalmente, brindan protección a los animales acuáticos pequeños.

El rol que realizan las macrófitas acuáticas en los ecosistemas acuáticos son muy importantes, ya que desempeñan algunas funciones de manera predominante, pero que con el paso del tiempo y a lo largo de la historia evolutiva del ecosistema. Hidrófitas enraizadas tanto emergentes como sumergidas han sido introducidas en otros ecosistemas acuáticos para restauración ambiental, porque intervienen en la captura, estabilización y formación de sedimentos, como es el caso de especies que retienen el sedimento o depuran el agua, lo que ha permitido su distribución. También proporcionan refugio y lugar para anidación a diversas especies animales, que habita entre la vegetación sumergida, o a especies de aves, que anida entre las hojas.

El incremento de nutrientes procedente por las actividades antropogénicas es un problema que afecta a los ecosistemas acuáticos donde habita un porcentaje dominante de la población. Con el propósito de disminuir los aportes y los efectos de los nutrientes en los ecosistemas acuáticos se han avanzado múltiples iniciativas legislativas.

En Europa la reglamentación más reciente que aborda esta problemática es la Directiva Marco del Agua (DMA; 2000/60/EC). Esta Directiva 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; contribuya a paliar los efectos de las inundaciones y sequías.

El concepto de estado ecológico en la DMA difiere del concepto de calidad del agua. Mientras que este último expresa la mayor o menor potencialidad o aptitud del agua para dedicarla a un uso determinado, el estado ecológico en el Artículo 2 de la DMA viene definido como “una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociado al agua superficial”.

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 para el año 2015.

La DMA constituye una nueva manera de gestionar los recursos de agua en Europa, porque por primera vez la gestión del agua está basada también en elementos ecológicos y biológicos (primeramente había estado basado en elementos físico-químicos) estando los ecosistemas en el centro de las decisiones de gestión. Además, es de aplicación para toda el agua europea y está basada en la cuenca fluvial entera. Es importante porque la medida del estado ecológico de una masa de agua debe realizarse de acuerdo a las características del ecosistema que se estudie.

Como se ha mencionado inicialmente, el concepto de estado ecológico difiere sensiblemente del concepto de calidad del agua y viene definido en la DMA 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.

Estos elementos de calidad o indicadores deben considerarse para la clasificación del estado ecológico para la categoría de masa de agua superficial de ríos están especificados en el Anexo V 1.1.1. y son los siguientes:

### Indicadores biológicos

- Composición y abundancia de la flora acuática
- Composición y abundancia de la fauna bentónica de invertebrados
- Composición, abundancia y estructura de edades de la fauna ictiológica

Indicadores hidromorfológicos que afectan a los indicadores biológicos.

Indicadores químicos y fisicoquímicos que afectan a los indicadores biológicos.

Posteriormente, se ha de determinar para cada una de las tipologías cuáles son las condiciones de referencia para cada elemento de calidad. Esto permitirá conocer cuál es el objetivo de calidad ecológica a mantener o restablecer en un tipo determinado.

Las condiciones de referencia para una masa de agua son una descripción de los elementos de calidad biológica que existen o existirían en el estado prístino con prácticamente ninguna o muy pocas alteraciones derivadas de las actividades humanas.

La DMA identifica cuatro opciones para establecer estas condiciones de referencia (Anexo II, 1.3):

- Utilizando una base espacial
- Uso de modelos (modelos de predicción o métodos de análisis a posteriori, utilizando datos disponibles: históricos, paleológicos y/o de otro tipo)
- Derivados de la combinación de ambos métodos
- En caso de no existir los tres anteriores, juicio de expertos

Para atenuar la falta de datos históricos y/o la calidad de ellos, algunas alternativas han sido desarrolladas. Por ejemplo, se han establecido las condiciones de referencia mediante datos históricos de los últimos, estableciendo la correlación entre estos datos para marcar los límites de las condiciones. Evidentemente este método adolece de una deficiencia clara que es el no tener en cuenta ni la composición ni la frecuencia de proliferaciones de las comunidades. Por tanto, está claro que sin unas condiciones de referencia fiables sería imposible establecer los índices de calidad ambiental.

El objetivo de establecer condiciones de referencia es ceder el establecimiento de los Índices de Calidad Ambiental (EQR: Environmental Quality Ratio). Estos índices representan la relación entre los valores de los parámetros biológicos observados para una masa de agua determinada y aquellos de las condiciones de referencia. Este cociente debe expresarse en valores numéricos comprendidos entre 0 y 1, con un estado ecológico “Muy bueno” para valores cercanos a uno y “Malos” para valores cercanos a cero (Anexo V 1.4.1, DMA). En la Figura 4.1 se muestra el esquema para establecer los Índices de Calidad Ecológica (EQR).

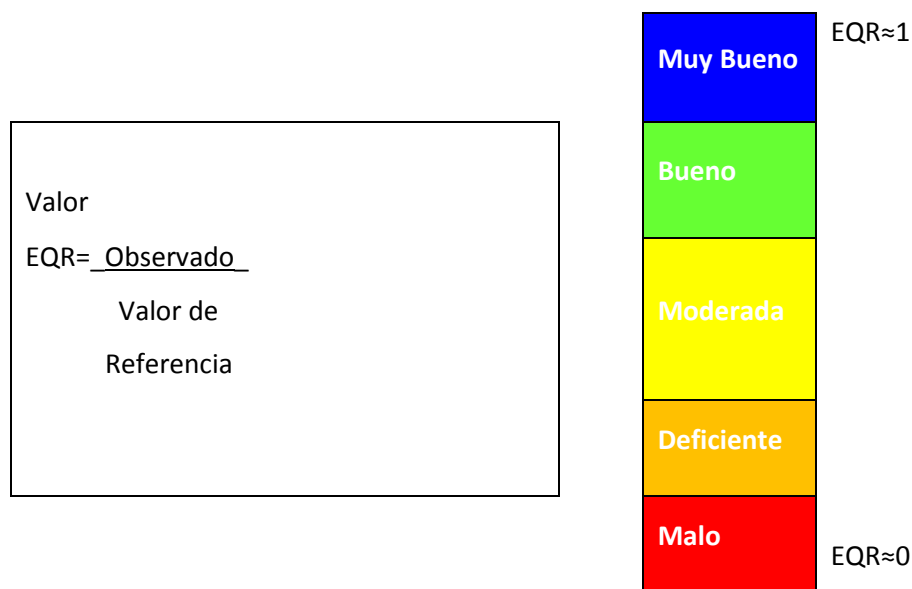


Figura 4.1. Esquema para establecer los Índice de Calidad Ecológica.

El índice también es utilizado para definir los límites entre clases de estado ecológico. Las clases de estado ecológico se definen en la Tabla 4.1 y vienen recogidas en el Anexo V.1.2 de la DMA.

Tabla 4.1 Definición general de las clases de estado ecológico (DMA, Anexo V.1.2).

<b>Muy bueno</b>	<b>No existen alteraciones antropogénicas</b> de los valores de los indicadores de calidad fisicoquímica e hidromorfológicas correspondientes al tipo de masa de agua superficial, o existen alteraciones de muy escasa importancia, en comparación con los asociados normalmente con ese tipo en condiciones inalteradas.
------------------	--

	Los valores de los indicadores de calidad biológicos correspondientes a la masa de agua superficial reflejan los valores normalmente asociados con dicho tipo en condiciones inalteradas, y no muestran indicios de distorsión, o muestran indicios de escasa importancia.
Bueno	Los valores de los indicadores de calidad biológicos correspondientes al tipo de masa de agua superficial muestran <b>valores bajos de distorsión</b> causada por la actividad humana, pero sólo se desvían ligeramente de los valores normalmente asociados con el tipo de masa de agua superficial en condiciones inalteradas.
Moderado	Los valores de los indicadores de calidad biológicos correspondientes al tipo de masa de agua superficial <b>se desvían moderadamente</b> de los valores normalmente asociados con el tipo de masa de agua superficial en condiciones inalteradas. Los valores muestran signos moderados de distorsión causada por la actividad humana y se encuentran significativamente más perturbados que en las condiciones correspondientes al buen estado.
Deficiente	Las aguas que muestren <b>indicios de alteraciones importantes</b> de los valores de los indicadores de calidad biológicas correspondientes al tipo de masa de agua superficial y en que las comunidades biológicas pertinentes se desvíen considerablemente de las comunidades normalmente asociadas con el tipo de masa de agua superficial en condiciones inalteradas, se clasificarán como deficientes.
Malo	Las aguas que muestren indicios de <b>alteraciones graves</b> de los valores de los indicadores de calidad biológicos correspondientes al tipo de masa de agua superficial y en que estén ausentes amplias proporciones de las comunidades biológicas pertinentes normalmente asociadas con el tipo de masa de agua

## Indicadores Directiva Marco del Agua.

Como se ha mencionado, para la definición del estado ecológico se indagan elementos del medio (físico, químico o biológico) que presenten una oposición a las presiones del medio, como la eutrofización o la degradación del hábitat en el caso del agua de ríos.

Estos elementos del medio se denominan elementos de calidad y se recogen para cada categoría de masas de agua en el Anexo V de la DMA. Para las masas de agua de ríos estos elementos son:

### Indicadores biológicos

- Composición y abundancia de la flora acuática
- Composición y abundancia de la fauna bentónica de invertebrados
- Composición, abundancia y estructura de edades de la fauna ictiológica.

Indicadores hidromorfológicos que afectan a los indicadores biológicos.

Indicadores químicos y fisicoquímicos que afectan a los indicadores biológicos.

Respecto a los indicadores fisicoquímicos, tanto generales como específicos, la DMA es relativamente clara en lo que hay que medir e incluso cómo y cuándo medirlo.

Los indicadores hidromorfológicos son algo más difíciles de interpretar ya que la DMA demuestra de forma general lo que hay que medir pero falta mucha concreción en la interpretación de los resultados.

En lo referente a los elementos biológicos, la flora acuática y fauna bentónica de invertebrados la DMA utiliza como indicadores la composición taxonómica y la abundancia media.

Además, para flora acuática también hace referencia a la de frecuencia e intensidad de las especies exóticas y trasladadas invasoras. Respecto a la presencia de éstas, en casos específicos donde las actividades humanas son evidentes puede ser fácil demostrar la relación directa entre las

especies exóticas y trasladadas invasoras y las actividades antrópicas, sus causas y efectos, pero para escalas mayor esto no es un indicador confiable.

Los papeles que desempeñan los distintos indicadores de calidad en la clasificación del estado ecológico de acuerdo con las definiciones normativas del Anexo V, 1.2 de la DMA vienen en WFD CIS WorkingGroup 2A y se resumen en la Figura 4.2.

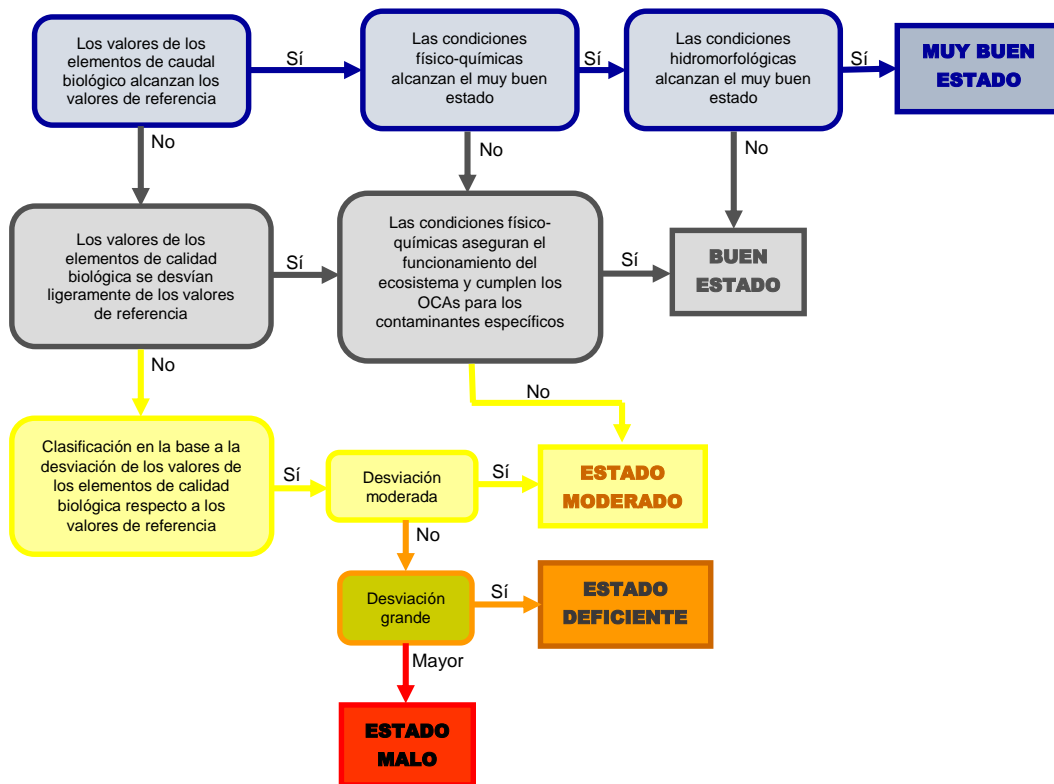


Figura 4.2 Indicación de los papeles que desempeñan los indicadores de calidad biológica, hidromorfológica y fisicoquímica en la clasificación del estado ecológico de acuerdo con las definiciones de normativas del Anexo V, 1.2 de la DMA (WFD CIS WorkingGroup 2A, 2005).

Las macrófitas acuáticas como indicadores ecológico están señaladas en la Directiva Marco del Agua (DMA), y procede de las experiencias realizadas de la Comunidad Europea, en el marco de vigilancia de calidad del agua y normativas de diferentes países. En E.U. las macrófitas se usan como indicadores de forma habitual y existen procedimientos estandarizados para el muestreo y procesado de muestras de la EPA.



En México, las experiencias con indicadores basados en macrófitas se limitan en muchos casos al ámbito de la investigación, y éstos todavía no se han incluido en las redes de control de calidad del agua.

La aplicación de las macrófitas se considera útil para la detección y seguimiento de las presiones fisicoquímicas que produzcan:

- Reducción de la transparencia del agua
- Variación de la mineralización (conductividad y salinidad)
- Eutrofización.

Las macrófitas también son sensibles a las presiones hidromorfológicas que produzca:

- Variaciones del régimen de caudal, continuidad del río y características morfológicas del lecho en ríos.
- Variación del nivel del agua en lagos o cambios en duración del periodo de inundación en humedales.
- Variación de las características morfológicas del vaso en lagos.

## **4.2. Objetivos**

Revisión bibliográfica.

Revisión de índices que sirvan para evaluar el estado ecológico de las macrófitas acuáticas. Selección de aquellos que resulten más representativos y posiblemente aplicables a las características propias de las subcuencas.

Selección de estaciones de muestreo. Muestreo de macrófitas acuáticas en las subcuencas. Identificación y evaluación de la calidad mediante los índices seleccionados.

Establecimiento de criterios de selección del índice que se considere más apropiado para establecer la calidad biológica de las subcuencas.

Diagnóstico relativo a la calidad biológica, en función de la tipología del lugar.

Comparación del diagnóstico relativo a la calidad de las aguas, utilizando los indicadores biológicos o los parámetros fisicoquímicos convencionales.

Definición de una primera aproximación a la determinación del Estado de las aguas de las subcuencas.

Identificación en función de los resultados obtenidos en este trabajo, estarán en riesgo de no cumplir con el objetivo de alcanzar un Buen estado. Propuesta de medidas de gestión.

### **4.3. Metodología**

Dentro de la flora acuática, las macrófitas acuáticas o hidrófitas se consideran un elemento de calidad biológica principal para la determinación ecológica de los lagos y ríos, las macrófitas se propuso como elementos de calidad biológica complementarios.

Existe poca experiencia en el uso de las macrófitas acuáticas como indicadores de calidad del agua en México. El uso de metodologías o elaboración de ellas adaptadas a las condiciones específicas de los tipos de cuerpos de agua requeridas en una fase de experimentación.

#### **4.2.1 Recopilación de datos existentes**

Se consultó la información existente en base de datos y bibliografía. En la actualidad existen proyectos en los que se están elaborando bases de datos con objetivos florísticos y de conservación:

- CONABIO
- MEXU IB UNAM
- CIB UAEM
- ENCB IPN

- UAMIZ.

Muestreo de las macrófitas en los cuerpos de agua:

Se realizaron muestreos en los cuerpos de agua sometidos a diferentes grados de alteración fisicoquímica e hidromorfológicas, con objeto de conocer la composición de las hidrófitas y su abundancia relativa. El procedimiento de muestreo recomendado está basado en la DMA para ríos y lagos, no obstante hay que tener en cuenta que la aplicación de índices ya existe puede requerir procedimientos de muestreo específicos.

El número de cuerpos de referencia para cada tipo fue estadísticamente suficiente, así como el esfuerzo de muestreo (No. de transectos en un lago, longitud de tramo fluvial, etc).

Se obtendrán datos fisicoquímicos e hidromorfológicos de las estaciones de muestreo que permitan conocer la ecología de las especies de hidrófitas.

#### **4.2.2 Análisis y tratamiento de resultados**

Se analizaron los inventarios de los cuerpos de agua de referencia con objeto de identificar:

- Especies A: Específicas de cuerpos de agua prístina o no alterada de forma sensible (cuerpos de referencia)
- Especies B: Aparecen tanto en cuerpos de agua de referencia como en cuerpos de agua con alteración
- Especies C: Dominan los cuerpos de agua más alterados. Pueden ser especies invasoras.

En los cuerpos de agua de referencia el porcentaje de especies A y su abundancia constituirán las condiciones de referencia del tipo. En caso de no existir cuerpos de referencia, las condiciones se determinarán mediante juicio de experto.

Se trabajó con inventarios que poseen como mínimo cuatro especies. Se realizó análisis estadísticos y se concentraron los resultados.

Diseño de una base de datos que responda a los requerimientos del proyecto. El tipo de datos a incluir fueron:

- Nombre de la especie
- Categoría del cuerpo de agua en la que se encuentra: lago, río
- Tipo de cuerpo
- Cuerpo referenciado/No. referenciado
- Localización geográfica (coordenadas) (inicio y final de tramo en caso de río)
- Clasificación en función de su abundancia en el tramo fluvial/lago: Se puede usar una escala del tipo 1: rara; 2: ocasional; 3: frecuente; 4: abundante; 5: dominante
- Datos fisicoquímicos: conductividad y nutrientes
- Datos hidromorfológicos: profundidad, sustrato, rangos de velocidad, grado de sombra, fluctuación del nivel, etc.
- Otros datos complementarios (resultados de IHF, QBR, IVF,....)
- Diseño de índices específicos. Con un número suficiente de datos (1.000 inventarios) podría abordarse el diseño de un índice específico para los tipos de cuerpos de agua.

Para la elaboración de índices que es un proceso donde requiere un cierto tiempo de trabajo, se recomienda que en la fase inicial de trabajo se usen mediciones sencillas como número de especies. También se utilizó índices existentes:

#### Ríos

- Índice SLA, SAP y especialmente el índice IBMR
- Índice IM para una caracterización rápida de los tramos fluviales.

#### Lagos

- Índice  $I_H$  (Id.e valoración de humedales).

#### 4.4. Resultados

Dentro de los resultados obtenidos del presente trabajo fueron principalmente las consultas de información y análisis de las bases de datos de la Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO) y el Centro de investigaciones biológicas (CIB) de la UAEM. Con un número total de 442 registros analizados. Las salidas de muestreo realizadas fueron con escasas especies representativas y se corroboraron en las bases de datos.

En esta primera etapa del estudio los resultados fueron el análisis de la información de las bases de datos y se dividieron en macrófitas acuáticas estrictas con un total de 361 registros y macrófitas subacuáticas con total de 131 registros para las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepec.

En la figura 4.3 se muestran las principales familias distribuidas espacialmente y representadas por las macrófitas acuáticas estrictas con las características propias de cada subcuenca:

##### 4.3.1 Subcuenca río Cuautla (macrófitas acuáticas)

En la subcuenca del río Cuautla se analizaron 144 registros y está constituida florísticamente por 39 especies pertenecientes a 22 familias y 28 géneros de macrófitas acuáticas estrictas, principalmente de elementos herbáceos, correspondientes a dos grupos como son los helechos y angiospermas (monocotiledóneas y dicotiledóneas). Ver Tabla 4.2 y Figura 4.4.

Con relación a las formas de vida, la subcuenca del río Cuautla existen tres; hidrófitas enraizadas emergentes con 24 especies, mientras que las hidrófitas enraizadas sumergidas con 10 especies y las hidrófitas libremente flotadoras con cinco especies, respectivamente. Los porcentajes en relación a las formas de vida fueron las siguientes: las hidrófitas enraizadas emergentes estuvieron representadas con un 62%, en tanto las hidrófitas enraizadas sumergidas fueron de un 26% y las hidrófitas libremente flotadoras con 13%. Ver Figuras 4.5 y 4.6.

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 4.3 y 4.4.

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 nueve especies; mientras que la escala tres, el descriptor especie frecuente, clase 10-50%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 21 especies; en tanto la escala cuatro, el descriptor especie abundante, clase 50-70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de ocho 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 4.7.

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 23%; la escala tres, el descriptor especie frecuente, clase 10-50%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 54%; la escala cuatro, el descriptor especie abundante, clase 50-70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 20%; y la escala cinco, el descriptor especie muy abundante o dominante, clase >70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 3%. Ver Figura 4.8.

### 4.3.2 Subcuenca río Yautepec (macrófitas acuáticas)

En la subcuenca del río Yautepec se analizaron 217 registros y está conformada florísticamente por 51 especies pertenecientes a 22 familias y 36 géneros de macrófitas acuáticas estrictas, principalmente de elementos herbáceos, incluidos en dos grupos como son los helechos y angiospermas (monocotiledóneas y dicotiledóneas). Ver Tabla 4.5 y Figura 4.9.

Con relación a las formas de vida, la subcuenca del río Yautepec existen cuatro; hidrófitas enraizadas de hojas flotantes con una especie, hidrófitas enraizadas emergentes con 34 especies, mientras que las hidrófitas enraizadas sumergidas con ocho especies y las hidrófitas libremente flotadoras con ocho especies, respectivamente. Los porcentajes en relación a las formas de vida fueron las siguientes: hidrófitas enraizadas de hojas flotantes con un 2%, las hidrófitas enraizadas emergentes estuvieron representadas con un 66%, en tanto las hidrófitas enraizadas sumergidas fueron de un 16% y las hidrófitas libremente flotadoras con 16%. Ver Figuras 4.10 y 4.11.

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 4.6 y 4.7.

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 seis especies; mientras que la escala tres, el descriptor especie frecuente, clase 10-50%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 26 especies; en tanto la escala cuatro, el descriptor especie abundante, clase 50-70%, el resultado de cuantificación y

distribución fue de 11 especies; y finalmente la escala cinco, el descriptor especie muy abundante o dominante, clase >70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de cinco especies. Ver Figura 4.12.

Los porcentajes de cuantificación, distribución y abundancia de especies de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Yautepec fueron: la escala uno, el descriptor especie rara, clase individuo aislado, el resultado de cuantificación y distribución fue de 4%; la escala dos, el descriptor especie ocasional, clase 1-10%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 12%; la escala tres, el descriptor especie frecuente, clase 10-50%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 52%; la escala cuatro, el descriptor especie abundante, clase 50-70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 22%; y la escala cinco, el descriptor especie muy abundante o dominante, clase >70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 10%. Ver Figura 4.13.



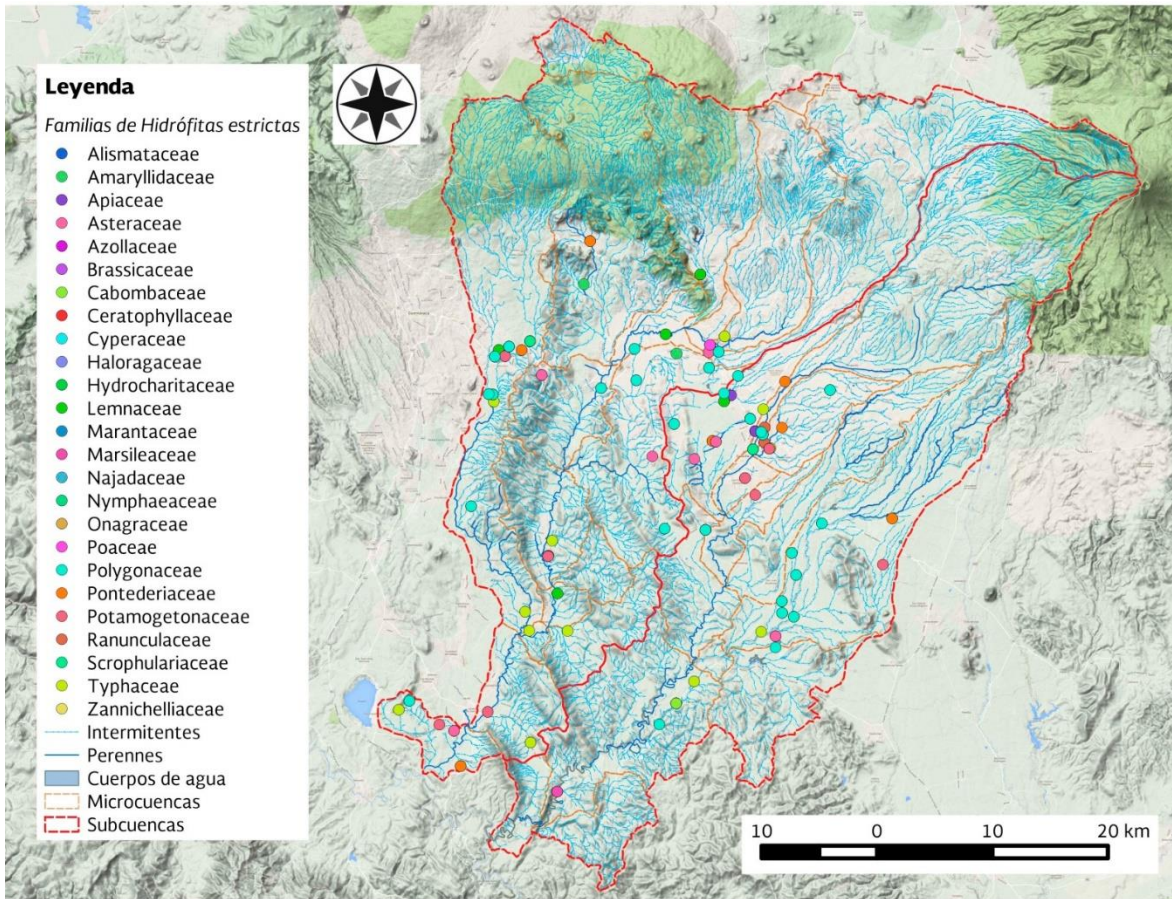


Figura. 4.3. Distribución de las familias de especies estrictas acuáticas en las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepac.

Tabla 4.2. Listado florístico de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Cuautla.

Familia	Genero	Especie	Autor
ALISMATACEAE	<i>Sagittaria</i>	<i>longiloba</i>	Engelm. ex J.G. Smith
AMARYLLIDACEAE	<i>Hymenocallis</i>	<i>acutifolia</i>	(Herb.) Sweet
APIACEAE	<i>Berula</i>	<i>erecta</i>	(Hudson) Coville
	<i>Hydrocotyle</i>	<i>ranunculoides</i>	L. f.
		<i>verticillata</i>	Thunb.
	<i>Lilaeopsis</i>	<i>schaffneriana</i>	(Schldl.) Coulter & Rose
ASTERACEAE	<i>Acmella</i>	<i>oppositifolia</i>	(Lam.) R.K. Jansen
AZOLLACEAE	<i>Azolla</i>	<i>filiculoides</i>	Lam.
BRASSICACEAE	<i>Rorippa</i>	<i>nasturtium-aquaticum</i>	(L.) Hayek
CABOMBACEAE	<i>Cabomba</i>	<i>paleoformis</i>	Fassett.
CYPERACEAE	<i>Cyperus</i>	<i>articulatus</i>	L.
	<i>Fuirena</i>	<i>simplex</i>	Vahl
HALORAGACEAE	<i>Myriophyllum</i>	<i>aquaticum</i>	(Vellozo) Verdc.
HYDROCHARITACEAE	<i>Egeria</i>	<i>densa</i>	Planchon
	<i>Vallisneria</i>	<i>americana</i>	Michx.
LEMNACEAE	<i>Lemna</i>	<i>aequinoctialis</i>	Welw.
		<i>gibba</i>	L.
	<i>Wolffia</i>	<i>brasiliensis</i>	Weddell
MARSILEACEAE	<i>Marsilea</i>	<i>mollis</i>	B.L. Rob. et Fernald
NAJADACEAE	<i>Najas</i>	<i>guadalupensis</i>	(Sprengel) Magnus
		<i>marina</i>	L.
ONAGRACEAE	<i>Ludwigia</i>	<i>peplodes</i>	(Kunth) Raven
POLYGONACEAE	<i>Polygonum</i>	<i>hidropiperoides</i>	Michx.
		<i>lapathifolium</i>	L.
		<i>mexicanum</i>	Small
		<i>punctatum</i>	Elliot
PONTEDERIACEAE	<i>Eichhornia</i>	<i>crassipes</i>	(C. Martius) Solms-Laub.
	<i>Heteranthera</i>	<i>limosa</i>	(Sw.) Willd.

Familia	Genero	Especie	Autor
		<i>peduncularis</i>	Benth.
		<i>reniformis</i>	Ruiz López et Pavón
		<i>rotundifolia</i>	(Kunth) Griseb.
POTAMOGETONACEAE	<i>Potamogeton</i>	<i>crispus</i>	L.
		<i>pectinatus</i>	L.
		<i>pusillus</i>	L.
RANUNCULACEAE	<i>Ranunculus</i>	<i>trichophyllus</i>	Chaix
SCROPHULARIACEAE	<i>Bacopa</i>	<i>rotundifolia</i>	(Michx.) Wettst.
	<i>Mimulus</i>	<i>glabratus</i>	Kunth
TYPHACEAE	<i>Typha</i>	<i>domingensis</i>	Pers.
ZANNICHELLIACEAE	<i>Zannichellia</i>	<i>palustris</i>	L.

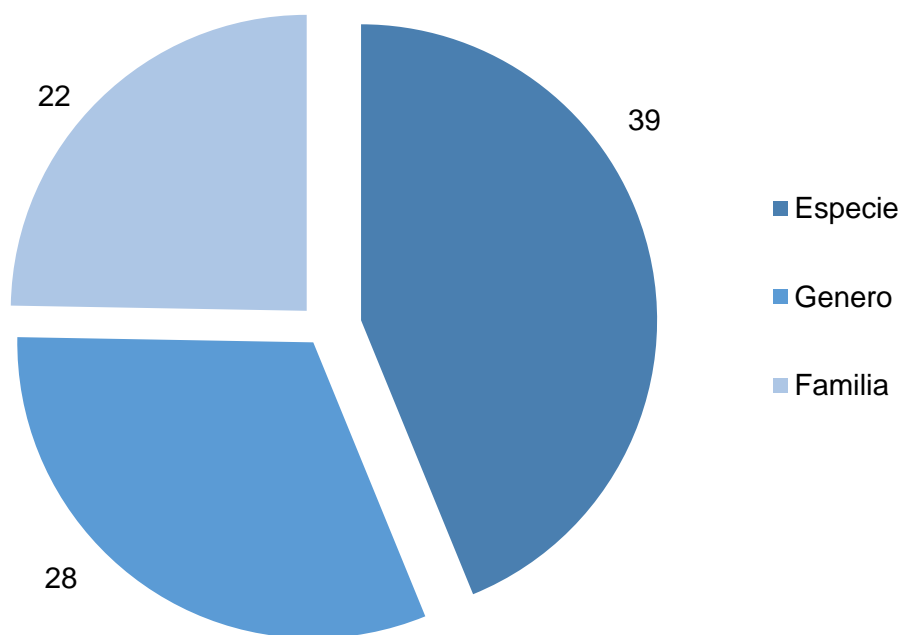


Figura 4.4. Número de especies, géneros y familias de macrófitas acuáticas estrictas representadas en la subcuenca del río Cautla.

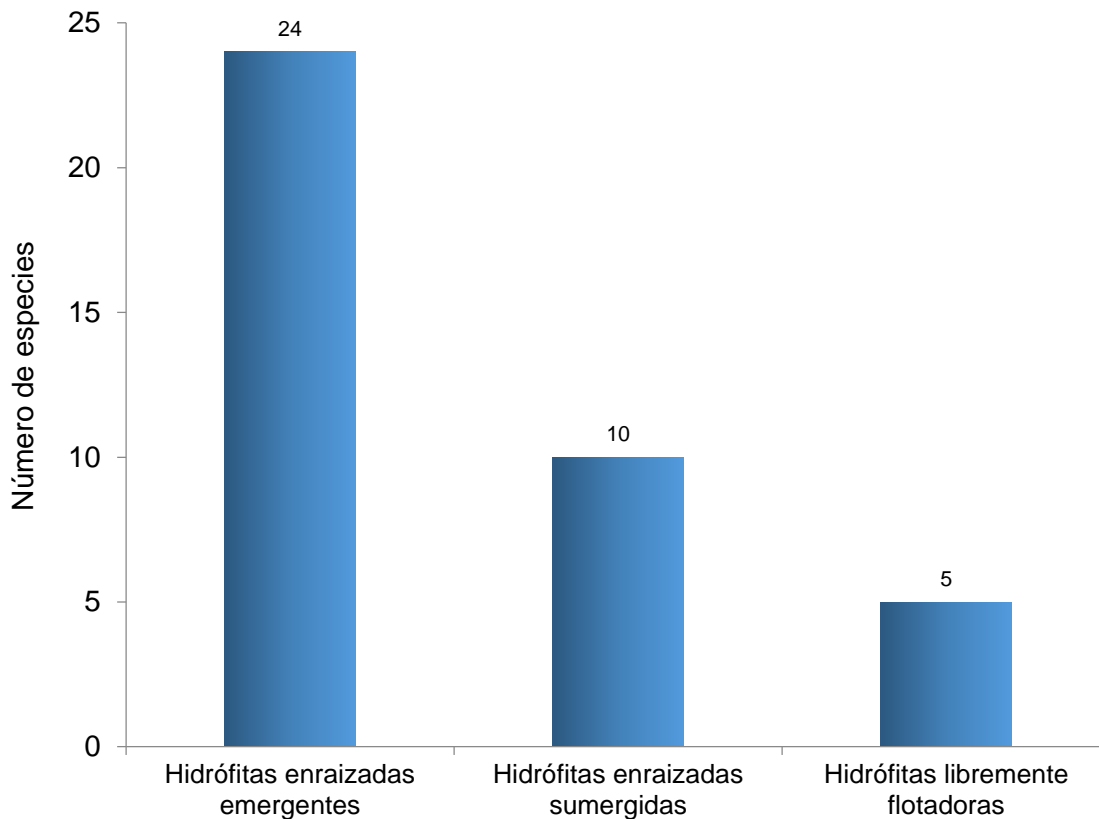


Figura 4.5. Macrófitas acuáticas estrictas ordenadas con base en su forma de vida en la subcuenca del río Cautla.

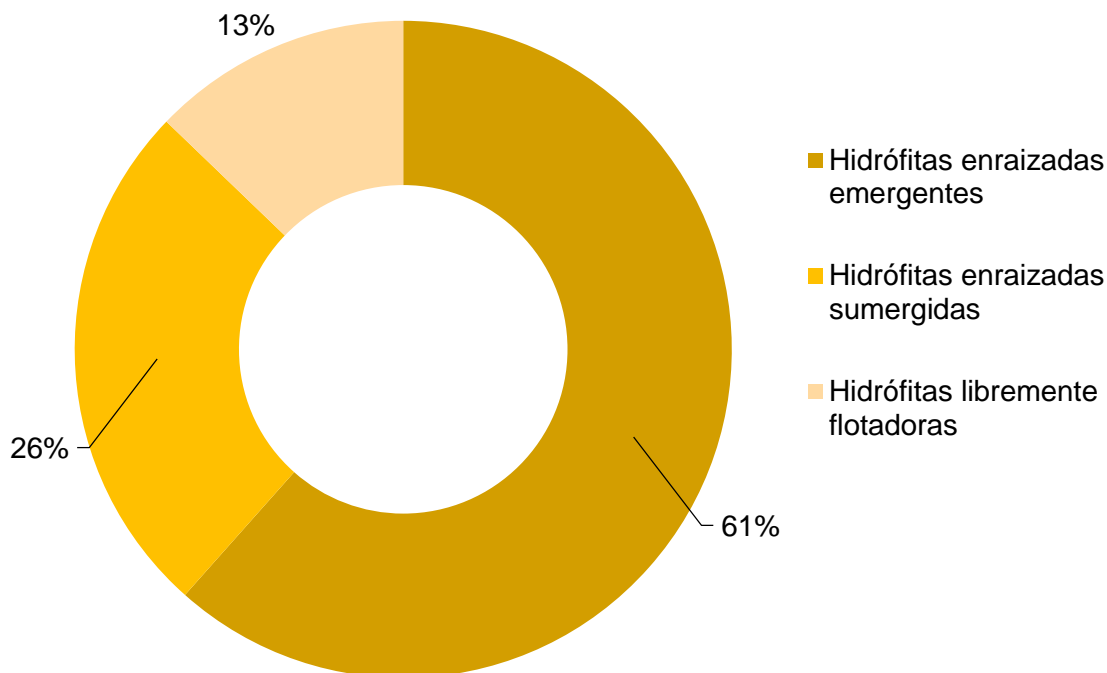


Figura 4.6. Porcentaje de distribución de formas de vida de especies de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Cuautla.

Tabla 4.3. Formato de cuantificación de las características de distribución y abundancia de macrófitas acuáticas estrictas.

Abundancia de cada especie	Porcentaje de cobertura (%)	de Variable	
Escala	Descriptor (DMA)	Clase	
		Base de datos	
		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 4.4. Cuantificación de las características de distribución y abundancia de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Cuautla.

Familia	Genero	Especie	Forma de vida	Abundancia	PC Clase (%)
ALISMATACEAE	<i>Sagittaria</i>	<i>longiloba</i>	HEE	Escasa	1-10%
		<i>Hymenocalli</i>			
AMARYLLIDACEAE	<i>s</i>	<i>acutifolia</i>	HEE	Regular	10-50%
APIACEAE	<i>Berula</i>	<i>erecta</i>	HEE	Regular	10-50%
	<i>Hydrocotyle</i>	<i>ranunculoides</i>	HEE	Abundante	50-70%
		<i>verticillata</i>	HEE	Regular	10-50%
	<i>Lilaeopsis</i>	<i>schaffneriana</i>	HEE	Abundante	50-70%
ASTERACEAE	<i>Acmella</i>	<i>oppositifolia</i>	HEE	Regular	10-50%
AZOLLACEAE	<i>Azolla</i>	<i>filiculoides</i>	HLF	Regular	10-50%
		<i>nasturtium-</i>			
BRASSICACEAE	<i>Rorippa</i>	<i>aquaticum</i>	HEE	Regular	10-50%
CABOMBACEAE	<i>Cabomba</i>	<i>paleoformis</i>	HES	Escasa	1-10%
CYPERACEAE	<i>Cyperus</i>	<i>articulatus</i>	HEE	Abundante	50-70%
	<i>Fuirena</i>	<i>simplex</i>	HEE	Regular	10-50%
	<i>Myriophyllu</i>				
HALORAGACEAE	<i>m</i>	<i>aquaticum</i>	HES	Escasa	1-10%
HYDROCHARITACEAE	<i>Egeria</i>	<i>densa</i>	HES	Escasa	1-10%
	<i>Vallisneria</i>	<i>americana</i>	HES	Escasa	1-10%
LEMNACEAE	<i>Lemna</i>	<i>aequinocialis</i>	HLF	Regular	10-50%
		<i>gibba</i>	HLF	Abundante	50-70%
	<i>Wolffia</i>	<i>brasiliensis</i>	HLF	Escasa	1-10%

Familia	Genero	Especie	Forma de vida	Abundancia	PC Clase (%)
MARSILEACEAE	<i>Marsilea</i>	<i>mollis</i>	HEE	Regular	10-50%
NAJADACEAE	<i>Najas</i>	<i>guadalupensis</i>	HES	Escasa	1-10%
		<i>marina</i>	HES	Muy abundante	>70%
ONAGRACEAE	<i>Ludwigia</i>	<i>peplodes</i>	HEE	Regular	10-50%
POLYGONACEAE	<i>Polygonum</i>	<i>hidropiperoides</i>	HEE	Regular	10-50%
		<i>lapathifolium</i>	HEE	Regular	10-50%
		<i>mexicanum</i>	HEE	Escasa	1-10%
		<i>punctatum</i>	HEE	Regular	10-50%
PONTEDERIACEAE	<i>Eichhornia</i>	<i>crassipes</i>	HLF	Regular	10-50%
	<i>Heteranthera</i>	<i>limosa</i>	HEE	Regular	10-50%
		<i>peduncularis</i>	HEE	Abundante	50-70%
		<i>reniformis</i>	HEE	Regular	10-50%
		<i>rotundifolia</i>	HEE	Regular	10-50%
POTAMOGETONACEAE	Potamogeton				
AE	n	<i>crispus</i>	HES	Regular	10-50%
		<i>pectinatus</i>	HES	Abundante	50-70%
		<i>pusillus</i>	HES	Regular	10-50%
RANUNCULACEAE	Ranunculus	<i>trichophyllus</i>	HEE	Abundante	50-70%
SCROPHULARIACEAE	Bacopa	<i>rotundifolia</i>	HEE	Escasa	1-10%
	Mimulus	<i>glabratus</i>	HEE	Regular	10-50%
TYPHACEAE	Typha	<i>domingensis</i>	HEE	Abundante	50-70%
ZANNICHELLIACEAE	Zannichellia	<i>palustris</i>	HES	Regular	10-50%

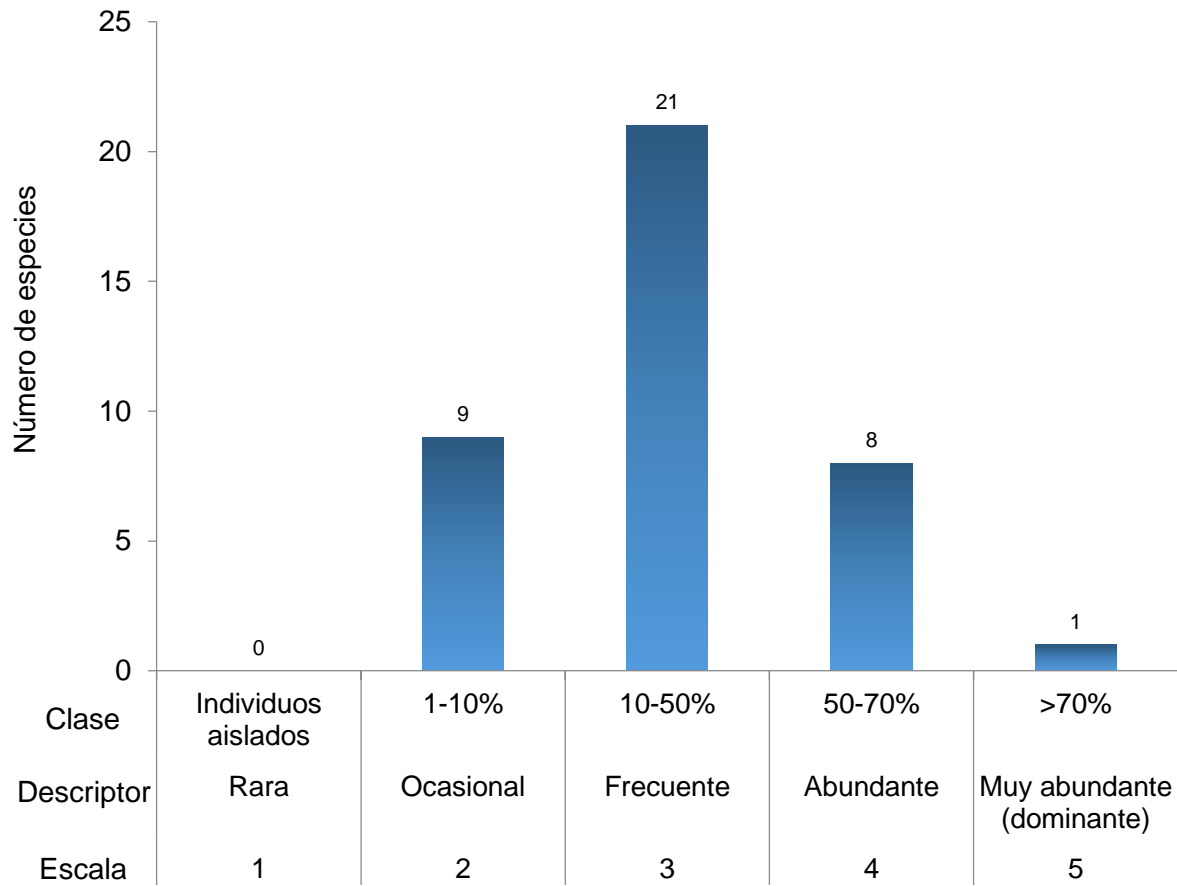


Figura 4.7. Resultado de cuantificación, distribución y abundancia de especies de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Cuautla.



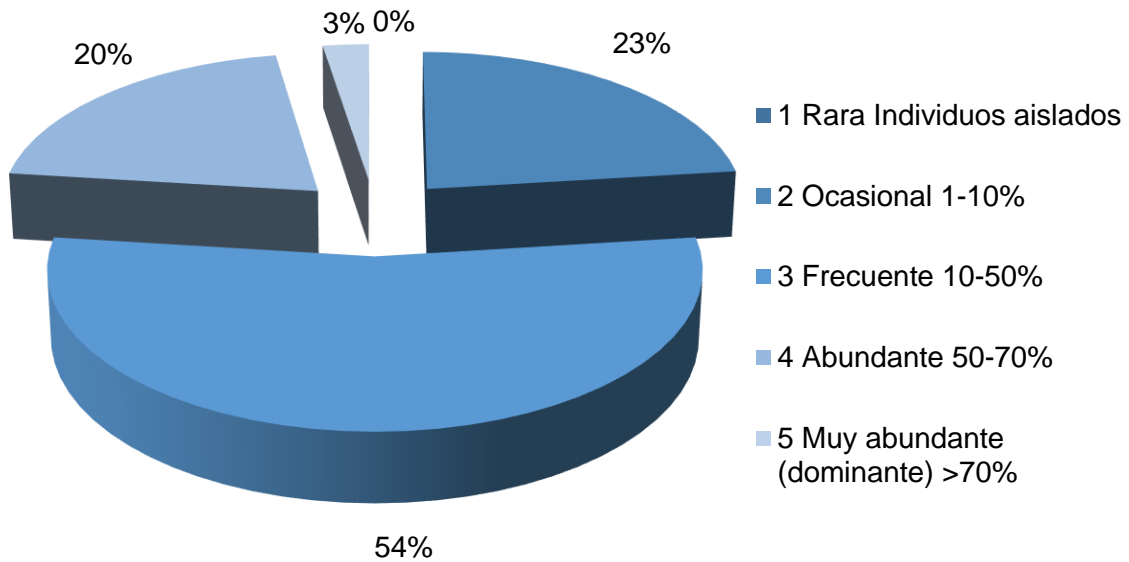


Figura 4.8. Porcentaje de cuantificación, distribución y abundancia de especies de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Cuautla.

Tabla 4.5. Listado florístico de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Yautepec.

Familia	Genero	Especie	Autor
ALISMATACEAE	<i>Echinodorus</i>	<i>andrieuxii</i>	(Hook. & Arn.) Small
	<i>Sagittaria</i>	<i>longiloba</i>	Engelm. ex J.G. Smith
AMARYLLIDACEAE	<i>Crinum</i>	<i>erubescens</i>	Solander
	<i>Hymenocallis</i>	<i>graminifolia</i>	Greenm.
		<i>guerrerensis</i>	T. Howard
APIACEAE	<i>Berula</i>	<i>erecta</i>	(Hudson) Coville
	<i>Hydrocotyle</i>	<i>ranunculoides</i>	L. f.
		<i>verticillata</i>	Thunb.
		<i>Lilaeopsis</i>	<i>schaffneriana</i>
ASTERACEAE	<i>Acmella</i>	<i>oppositifolia</i>	(Lam.) R.K. Jansen
AZOLLACEAE	<i>Azolla</i>	<i>filiculoides</i>	Lam.
BRASSICACEAE	<i>Cardamine</i>	<i>flaccida</i>	Cham. & Schldl.
	<i>Rorippa</i>	<i>nasturtium-acuaticum</i>	(L.) Hayek
CERATOPHYLLACEAE	<i>Ceratophyllum</i>	<i>demersum</i>	L.
CYPERACEAE	<i>Cyperus</i>	<i>involucratus</i>	Rottboll
	<i>Eleocharis</i>	<i>acicularis</i>	(L.) Roemer & Schultes
		<i>geniculata</i>	(L.) Roemer & Schultes
	<i>Fuirena</i>	<i>simplex</i>	
	<i>Scirpus</i>	<i>californicus</i>	(C. A. Meyer) Steudel
HYDROCHARITACEAE	<i>Egeria</i>	<i>densa</i>	Planchon
LEMNACEAE	<i>Lemna</i>	<i>aequinoctialis</i>	Welw.
		<i>gibba</i>	L.
		<i>minuscula</i>	Herter
		<i>obscura</i>	(Austin) Daubs
	<i>Wolffia</i>	<i>brasiliensis</i>	Weddell
		<i>columbiana</i>	Karsten
MARANTACEAE	<i>Thalia</i>	<i>geniculata</i>	L.
NAJADACEAE	<i>Najas</i>	<i>guadalupensis</i>	(Sprengel) Magnus

<b>Familia</b>	<b>Genero</b>	<b>Especie</b>	<b>Autor</b>
NYMPHAEACEAE	<i>Nymphaea</i>	<i>elegans</i>	Hook.
ONAGRACEAE	<i>Epilobium</i>	<i>ciliatum</i>	Raf.
	<i>Ludwigia</i>	<i>peploides</i>	(Kunth) Raven
POACEAE	<i>Paspalum</i>	<i>repens</i>	Bergius
	<i>Phragmites</i>	<i>australis</i>	(Cav.) Trin. & Steudel
POLYGONACEAE	<i>Polygonum</i>	<i>hidropiperoides</i>	Michx.
		<i>lapathifolium</i>	L.
		<i>mexicanum</i>	Small
		<i>punctatum</i>	Elliot
PONTEDERACEAE	<i>Eichhornia</i>	<i>crassipes</i>	(C. Martius) Solms-Laub.
	<i>Heteranthera</i>	<i>limosa</i>	(Sw.) Willd.
		<i>peduncularis</i>	Benth.
		<i>reniformis</i>	Ruiz López et Pavón
		<i>rotundifolia</i>	(Kunth) Griseb.
POTAMOGETONACEAE	<i>Potamogeton</i>	<i>crispus</i>	L.
		<i>illinoensis</i>	Morong
		<i>pectinatus</i>	L.
RANUNCULACEAE	<i>Ranunculus</i>	<i>trichophyllus</i>	Chaix
SCROPHULARIACEAE	<i>Bacopa</i>	<i>rotundifolia</i>	(Michx.) Wettst.
	<i>Mimulus</i>	<i>glabratus</i>	Kunth
TYPHACEAE	<i>Typha</i>	<i>domingensis</i>	Pers.
		<i>latifolia</i>	L.
ZANNICHELLIACEAE	<i>Zannichellia</i>	<i>palustris</i>	L.

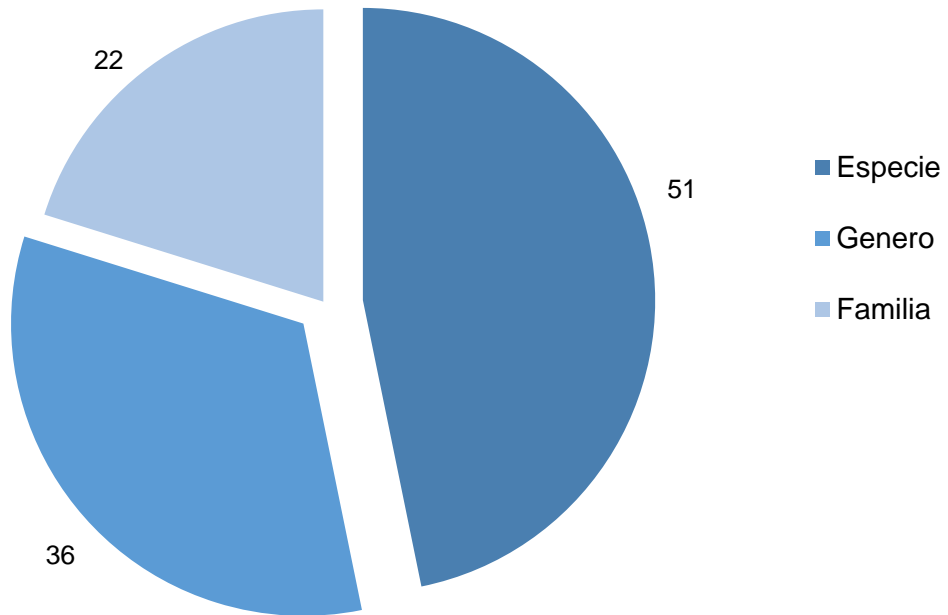


Figura 4.9. Número de especies, géneros y familias de macrófitas acuáticas estrictas representadas en la subcuenca del río Yautepec.

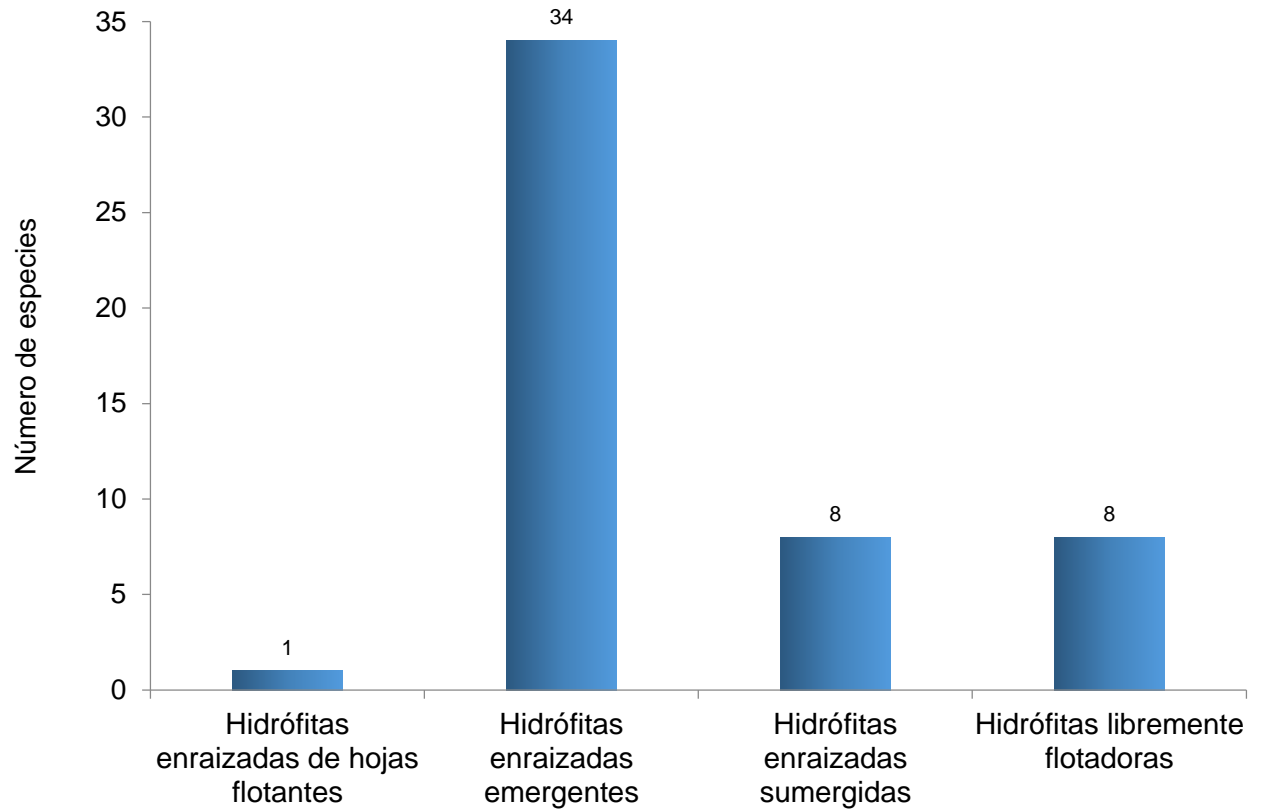


Figura 4.10. Macrófitas acuáticas estrictas ordenadas con base en su forma de vida en la subcuenca del río Yautepec.

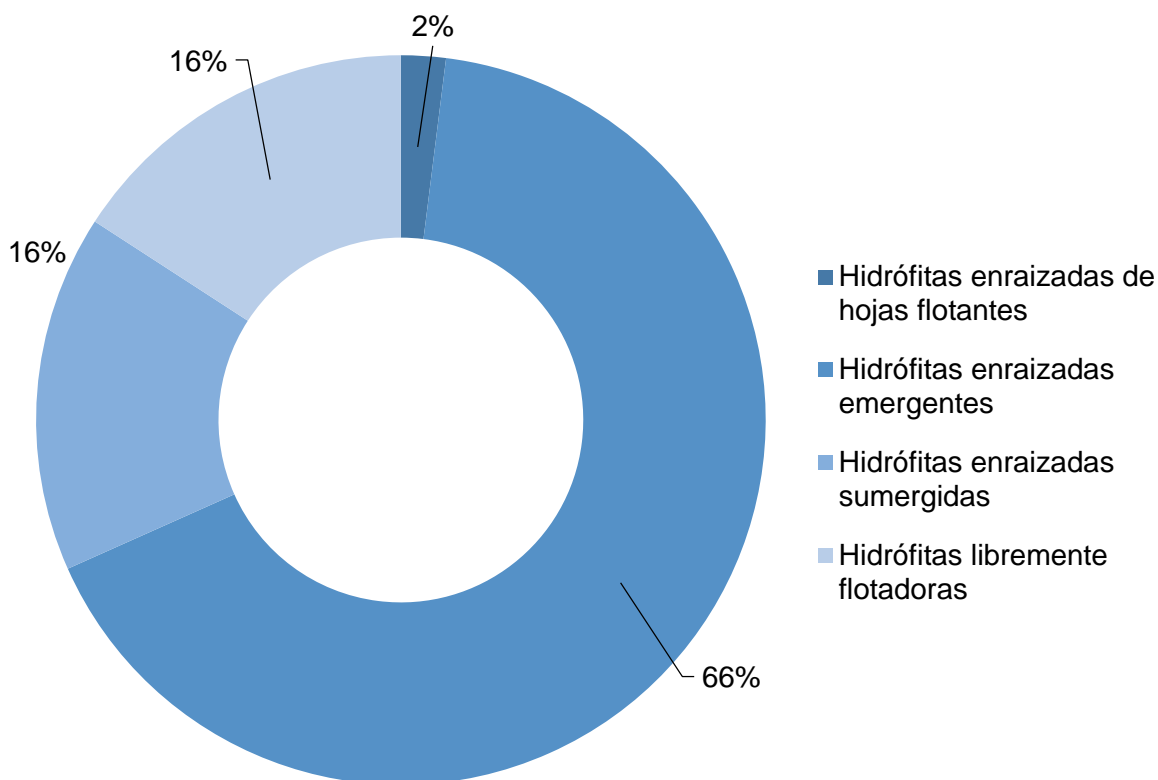


Figura 4.11. Porcentaje de distribución de las formas de vida de especies de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Yautepec.

Tabla 4.6. Formato de cuantificación de las características de distribución y abundancia de macrófitas acuáticas estrictas.

Escala	Abundancia de cada especie		de Variable Base de datos
	Descriptor (DMA)	Porcentaje cobertura (%) Clase	
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 4.7. Cuantificación de las características de distribución y abundancia de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Yautepec.

Familia	Genero	Especie	Forma de vida	de Abundancia	PC(%) Clase
ALISMATACEAE	<i>Echinodorus</i>	<i>andrieuxii</i>	HEE	Abundante	50-70%
	<i>Sagittaria</i>	<i>longiloba</i>	HEE	Regular	10-50%
AMARYLLIDACEAE	<i>Crinum</i>	<i>erubescens</i>	HEE	Escasa	1-10%
	<i>Hymenocallis</i>			Muy	
	<i>s</i>	<i>graminifolia</i>	HEE	abundante	>70%
		<i>guerrerensis</i>	HEE	Muy escasa	i.a.
APIACEAE	<i>Berula</i>	<i>erecta</i>	HEE	Abundante	50-70%
	<i>Hydrocotyle</i>	<i>ranunculoides</i>	HEE	Regular	10-50%
		<i>verticillata</i>	HEE	Regular	10-50%
					Muy
	<i>Lilaeopsis</i>	<i>schaffneriana</i>	HEE	abundante	>70%
ASTERACEAE	<i>Acmella</i>	<i>oppositifolia</i>	HEE	Regular	10-50%
AZOLLACEAE	<i>Azolla</i>	<i>filiculoides</i>	HLF	Escasa	1-10%
BRASSICACEAE	<i>Cardamine</i>	<i>flaccida</i>	HEE	Abundante	50-70%
		<i>nasturtium-</i>			
	<i>Rorippa</i>	<i>acuaticum</i>	HEE	Abundante	50-70%
CERATOPHYLLACEA	<i>Ceratophyllu</i>				
E	<i>m</i>	<i>demersun</i>	HES	Abundante	50-70%
CYPERACEAE	<i>Cyperus</i>	<i>involucratus</i>	HEE	Regular	10-50%
	<i>Eleocharis</i>	<i>acicularis</i>	HEE	Regular	10-50%
		<i>geniculata</i>	HEE	ND	ND
	<i>Fuirena</i>	<i>simplex</i>	HEE	Regular	10-50%
	<i>Scirpus</i>	<i>californicus</i>	HEE	Abundante	50-70%
HYDROCHARITACEA					
E	<i>Egeria</i>	<i>densa</i>	HES	Regular	10-50%

Familia	Genero	Especie	Forma de vida	de Abundancia	PC(%) Clase
LEMNACEAE	<i>Lemna</i>	<i>aequinoctialis</i>	HLF	Regular	10-50%
				Muy	
		<i>gibba</i>	HLF	abundante	>70%
		<i>minuscula</i>	HLF	Abundante	50-70%
			Muy		
		<i>obscura</i>	HLF	abundante	>70%
	<i>Wolffia</i>	<i>brasiliensis</i>	HLF	Regular	10-50%
				Muy	
		<i>columbiana</i>	HLF	abundante	>70%
MARANTACEAE	<i>Thalia</i>	<i>geniculata</i>	HEE	Regular	10-50%
NAJADACEAE	<i>Najas</i>	<i>guadalupensis</i>	HES	Abundante	50-70%
NYPHAEACEAE	<i>Nymphaea</i>	<i>elegans</i>	HEHF	Abundante	50-70%
ONAGRACEAE	<i>Epilobium</i>	<i>ciliatum</i>	HEE	Escasa	1-10%
		<i>Ludwigia</i>	<i>peploides</i>	HEE	Regular
POACEAE	<i>Paspalum</i>	<i>repens</i>	HEE	Regular	10-50%
		<i>Phragmites</i>	<i>australis</i>	HEE	Escasa
POLYGONACEAE	<i>Polygonum</i>	<i>hidropiperoides</i>	HEE	Regular	10-50%
		<i>lapathifolium</i>	HEE	Regular	10-50%
		<i>mexicanum</i>	HEE	Escasa	1-10%
		<i>punctatum</i>	HEE	regular	10-50%
PONTEDERIACEAE	<i>Eichhornia</i>	<i>crassipes</i>	HLF	Regular	10-50%
		<i>Heteranther</i>			
	<i>a</i>	<i>limosa</i>	HEE	Regular	10-50%
		<i>peduncularis</i>	HEE	Regular	10-50%
		<i>reniformis</i>	HEE	Regular	10-50%
	<i>rotundifolia</i>	HEE	Muy escasa	i.a.	
POTAMOGETONAC	<i>Potamogeto</i>				
EAE	<i>n</i>	<i>crispus</i>	HES	Regular	10-50%
		<i>illinoensis</i>	HES	Regular	10-50%



Familia	Genero	Especie	Forma de vida	de Abundancia	PC(%) Clase
		<i>pectinatus</i>	HES	Abundante	50-70%
RANUNCULACEAE	<i>Ranunculus</i>	<i>trichophyllus</i>	HES	Regular	10-50%
SCROPHULARIACEA					
E	<i>Bacopa</i>	<i>rotundifolia</i>	HEE	abundante	50-70%
	<i>Mimulus</i>	<i>glabratus</i>	HEE	Regular	10-50%
TYPHACEAE	<i>Typha</i>	<i>domingensis</i>	HEE	Regular	10-50%
		<i>latifolia</i>	HEE	Regular	10-50%
ZANNICHELLIACEAE	<i>Zannichellia</i>	<i>palustris</i>	HES	Escasa	1-10%

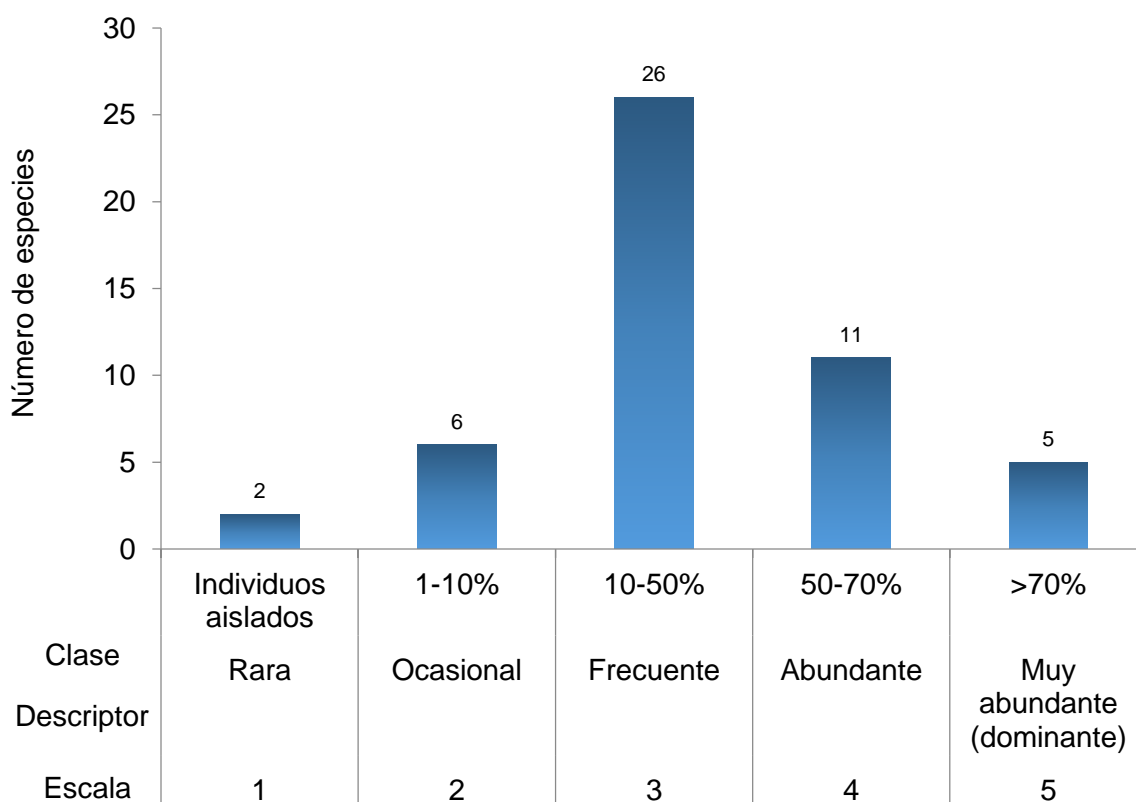


Figura 4.12. Resultado de cuantificación, distribución y abundancia de especies de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Yautepec.

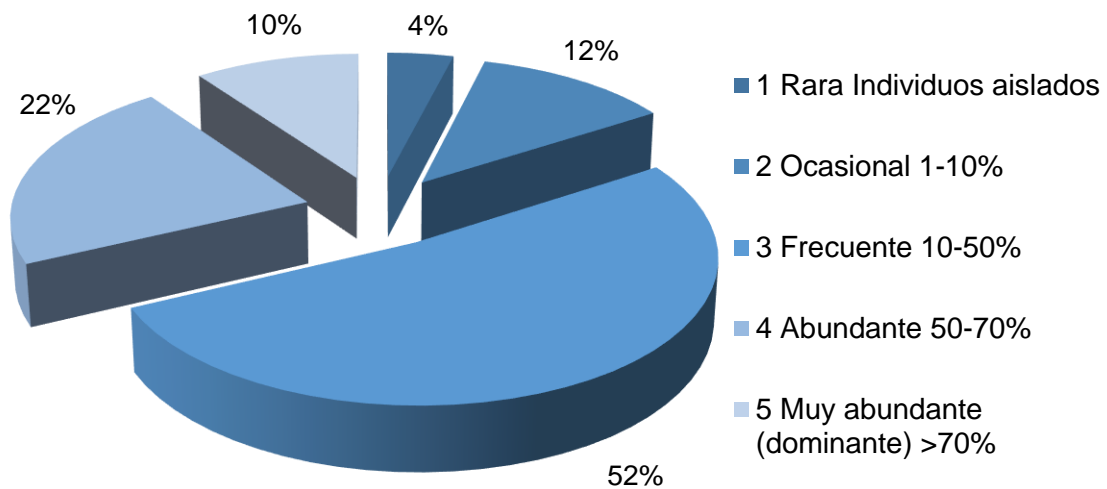


Figura 4.13. Porcentaje de cuantificación, distribución y abundancia de especies de macrófitas acuáticas estrictas en la subcuenca del río Yautepec.

En la figura 4.14 se muestran las principales familias distribuidas espacialmente y representadas por las macrófitas subacuáticas con las características propias de cada subcuenca:

### 4.3.3 Subcuenca río Cuautla (macrófitas subacuáticas)

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 4.8.

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 4.9 y 4.10.

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 4.15.

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 4.16.

#### **4.3.4 Subcuenca río Yautepec (macrófitas subacuáticas)**

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 4.11.

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 4.12 y 4.13.

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 4.17.

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 4.18.

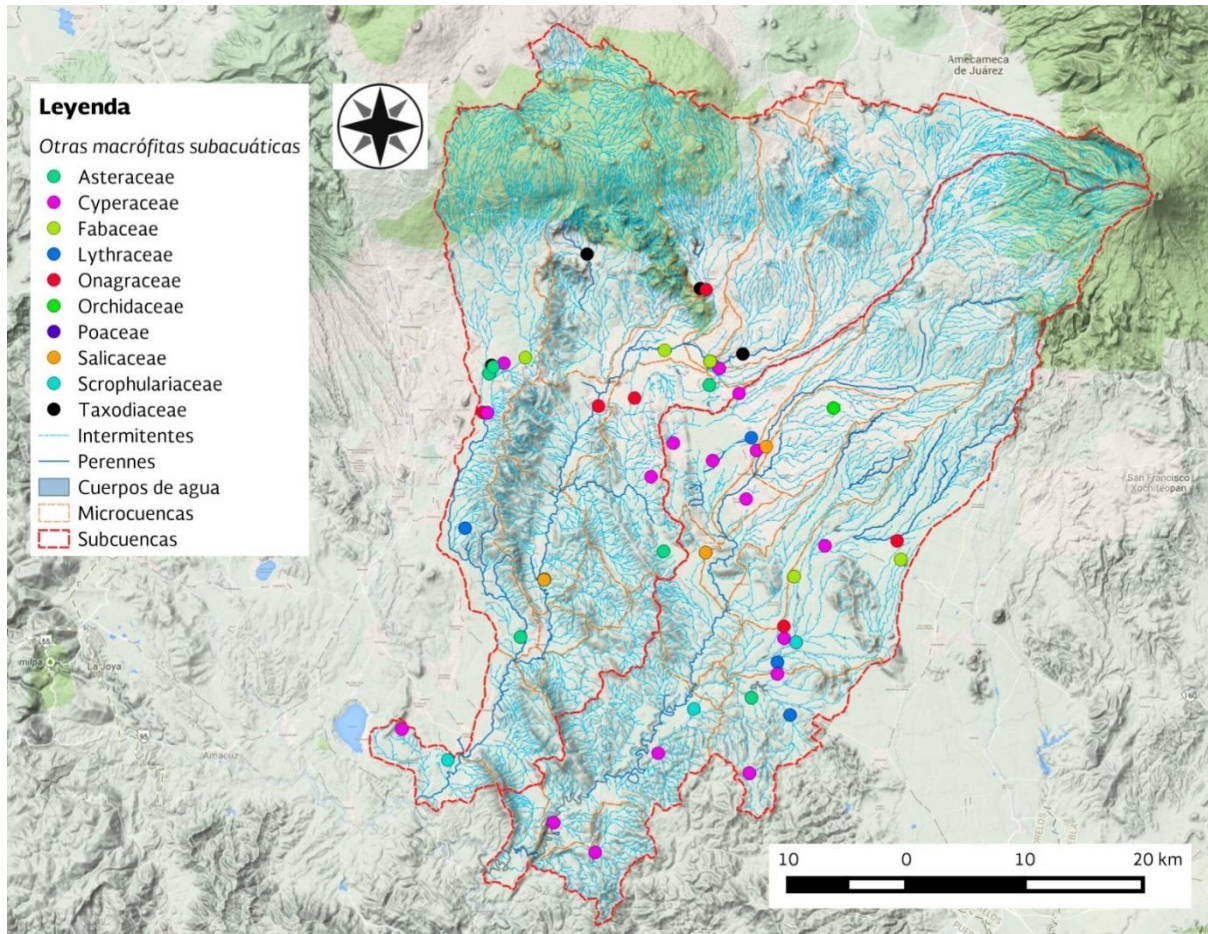


Figura. 4.14 Distribución espacial de las familias de especies subacuáticas en las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepec.

Tabla 4.8. Listado florístico de macrófitas subacuáticas 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>montevidensis</i>	Kunth
FABACEAE	<i>Aeschynomene</i>	<i>americana</i>	L.
		<i>Sesbania</i>	<i>herbacea</i>
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 4.9. Formato de cuantificación de las características de distribución y abundancia de macrófitas subacuáticas.

Escala	Abundancia de cada especie	Porcentaje cobertura (%)	de Variable
	Descriptor (DMA)	Clase	Base de datos Descriptor (Mx)
1	Rara	Individuos aislados	Muy escasa

	Abundancia de cada especie	Porcentaje de cobertura (%)	de Variable Base de datos
2	Ocasional	1-10%	Escasa
3	Frecuente	10-50%	Regular
4	Abundante	50-70%	Abundante
5	Muy abundante (dominante)	>70%	Muy abundante

Tabla 4.10. Cuantificación de las características de distribución y abundancia de las especies de macrófitas subacuáticas 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%
		<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>colonom</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%

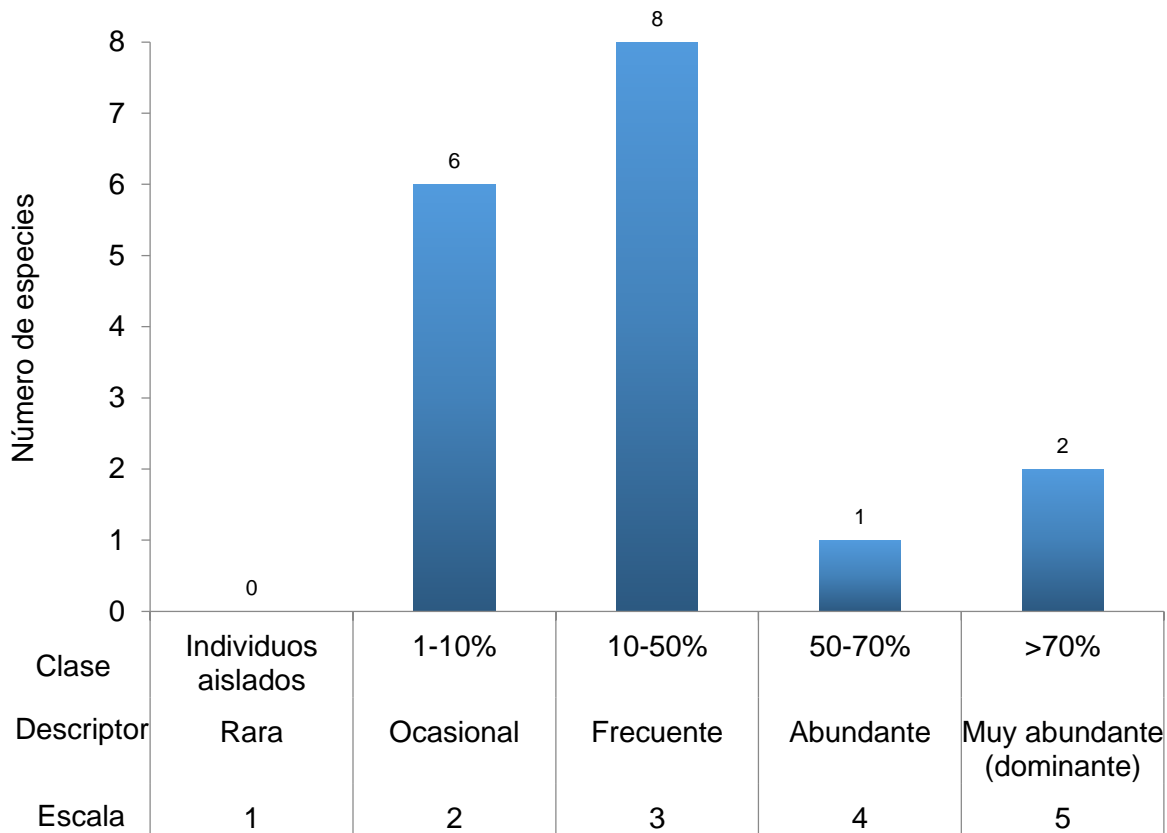


Figura 4.15. Resultado de cuantificación, distribución y abundancia de especies subacuáticas en la subcuenca del río Cuautla.

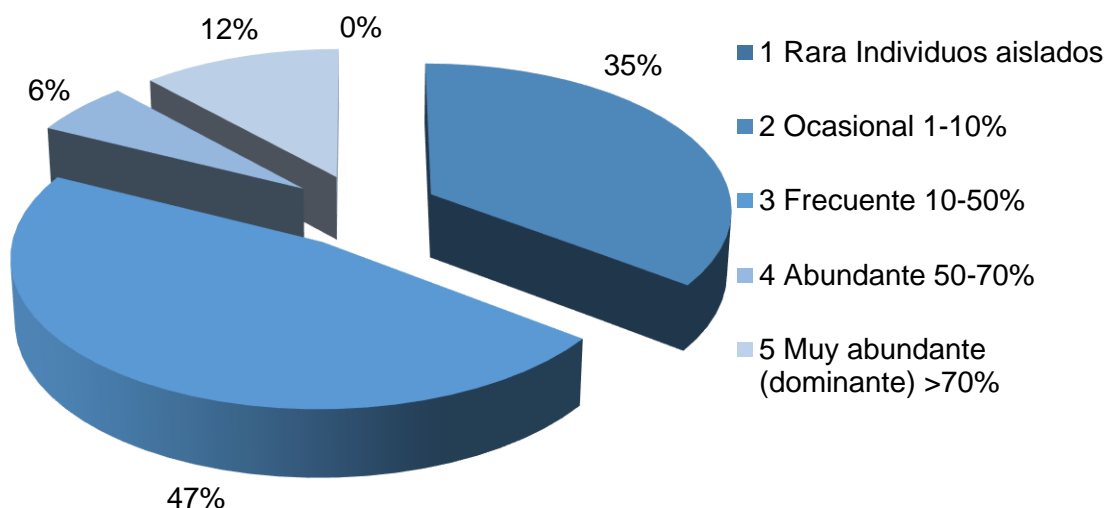


Figura 4.16. Porcentaje de cuantificación, distribución y abundancia de especies de macrófitas subacuáticas en la subcuenca del río Cuautla.

Tabla 4.11. Listado florístico de macrófitas subacuáticas 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

Familia	Genero	Especie	Autor
LYTHRACEAE	<i>Cuphea</i>	<i>micropetala</i>	Kunth
ONAGRACEAE	<i>Ludwigia</i>	<i>octovalvis</i>	(Jacq.) Raven
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 4.12. Formato de cuantificación de las características de distribución y abundancia de macrófitas subacuáticas.

Escala	Abundancia de cada especie	Porcentaje cobertura (%)	de Variable Base de datos
	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 4.13. Cuantificación de las características de distribución y abundancia de macrófitas subacuáticas en la subcuenca del río Yauteppec.

Familia	Genero	Especie	Forma	Abundancia	PC(%)
			de vida		Clase
ASTERACEAE	<i>Eclipta</i>	<i>prostrata</i>	HEE	Regular	10-50%

Familia	Genero	Especie	Forma		PC(%)
			de vida	Abundancia	
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>montevicensis</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%
	<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%
SCROPHULARIACEAE	<i>Bacopa</i>	<i>monnieri</i>	HEE	Abundante	50-70%
TAXODIACEAE	<i>Taxodium</i>	<i>mucronatum</i>	HEE	Abundante	50-70%

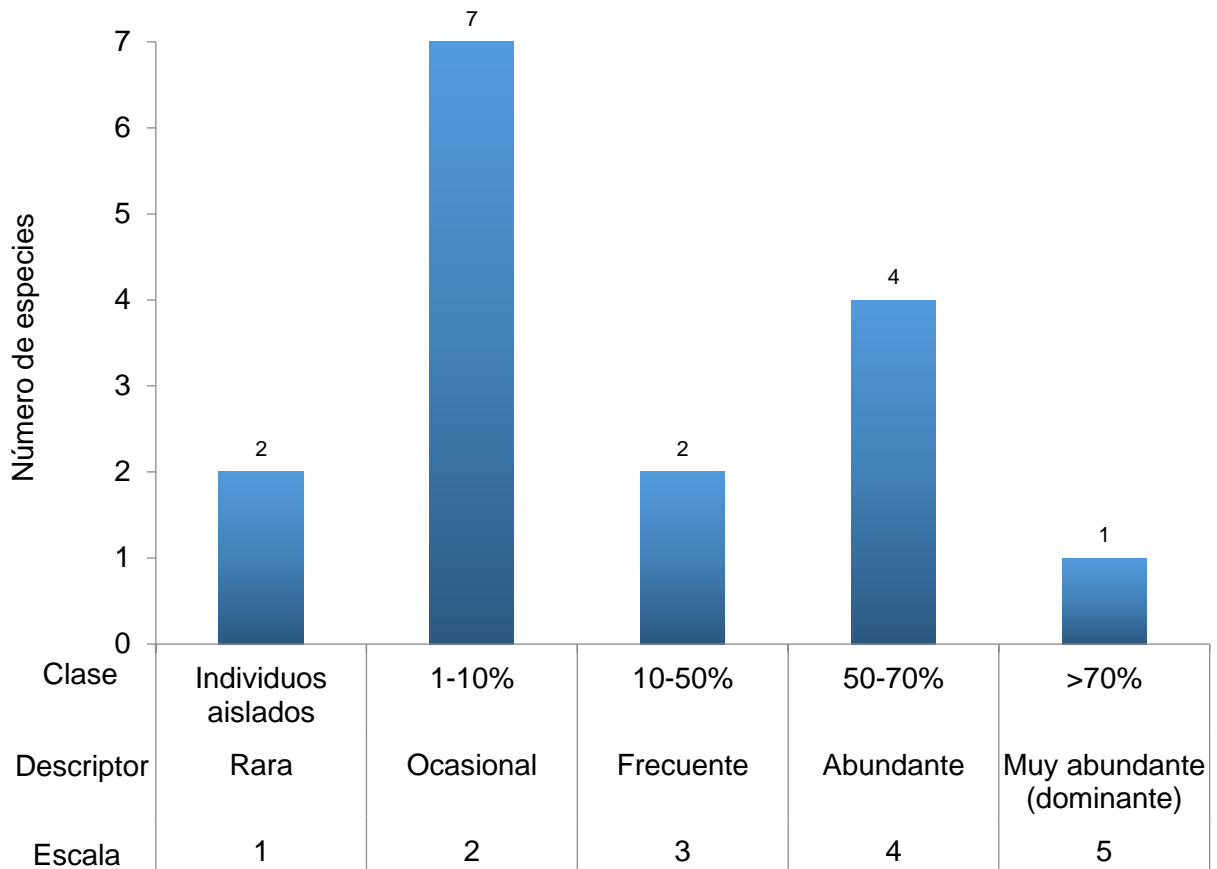


Figura 4.17. Resultado de cuantificación, distribución y abundancia de especies subacuáticas en la subcuenca del río Yautepec.

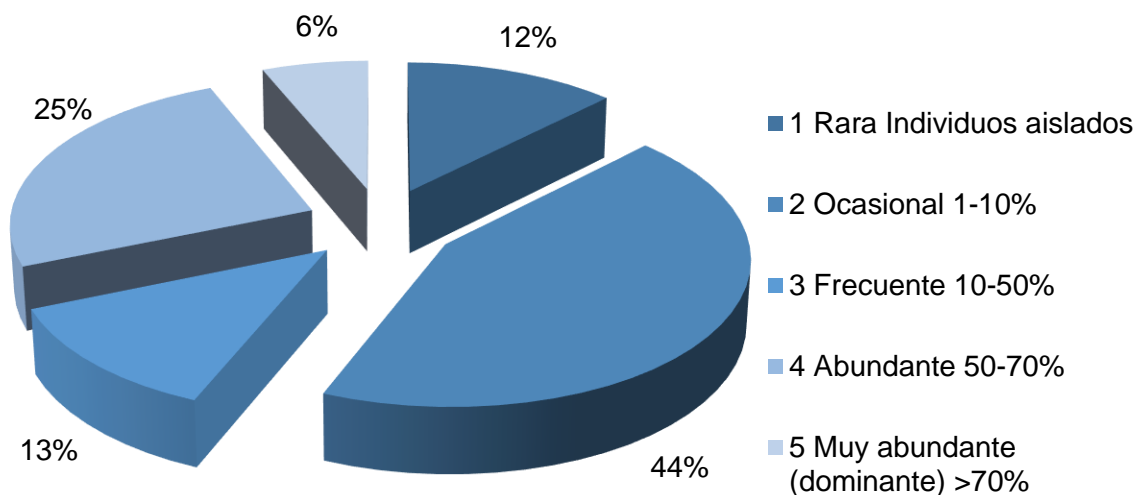


Figura 4.18. Porcentaje de cuantificación, distribución y abundancia de especies de macrófitas subacuáticas en la subcuenca del río Yautepec.

#### 4.5. Conclusiones

Las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepec están constituidas por macrófitas acuáticas y subacuáticas diversastanto de elementos herbáceos como arbóreos, constituidas por 31 familias, 51 géneros y 81 especies, incluidas en tres grupos, helechos y plantas afines, gimnospermas y angiospermas (monocotiledóneas y dicotiledóneas) tanto acuáticas como subacuáticas.

Las macrófitas 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 (59).

La cuantificación, distribución y abundancia de las especies de macrófitas acuáticas estrictas en ambas subcuenca estuvieron de la siguiente manera: 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 15 especies; la escala tres, el descriptor especie frecuente, clase 10-50%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 47 especies; la escala cuatro, el descriptor especie abundante, clase 50-70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 19 especies; y la escala cinco, el descriptor especie muy abundante o dominante, clase >70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de seis especies.

La cuantificación, distribución y abundancia de las especies de macrófitas subacuáticas en ambas subcuenca 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.

Y de forma general el total de cuantificación, distribución y abundancia de las especies de macrófitas acuáticas y subacuáticas para ambas subcuenca estuvieron de la siguiente condición: la escala uno, el descriptor especie rara, clase individuo aislado, el resultado de cuantificación y distribución fue de cuatro especies; la escala dos, el descriptor especie ocasional, clase 1-10%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 28 especies; la escala tres, el descriptor especie frecuente, clase 10-50%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 57 especies; la escala cuatro, el descriptor especie abundante, clase 50-70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de 24 especies; y la escala cinco, el descriptor especie muy abundante o dominante, clase >70%, el resultado de cuantificación y distribución fue de nueve especies.

#### 4.6. Literatura citada

- Bonilla-Barbosa, J., Viana-Lases, J. y Salazar-Villegas, F. 2000. Listado florístico de México. XX. Flora acuática de Morelos. Instituto de Biología. Universidad Nacional de México. México, D.F. 29 p.
- Bonilla-Barbosa, J. y Santamaría A.B. 2014. Plantas acuáticas exóticas y traslocadas invasoras. *In*: R. Mendoza y P. Koleff (coord.). Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 223-247 p.
- Bonilla-Barbosa, J. y Villaseñor J.L. 2003. Catálogo de la flora del estado de Morelos. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado del Estado de Morelos. Morelos, México 129 p.
- Comunidad de Madrid. 2000. Estudio Marco de la demanda ambiental en la red fluvial de la Comunidad de Madrid. Consejería de Medio Ambiente y Ordenamiento del Territorio. Madrid, España. 87 p.
- Cook, C.D.K. 1990. Aquatic plant book. Junk Publisher. The Hague. 228 p.
- Correll, D.S. y Correll, H.B. 1972. Aquatic and wetland plants of Southwestern United States. Environmental Protection Agency, Stanford, California, USA. 1777 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.
- Directiva Hidrográfica de Guadalquivir. 2008. Evaluación del estado ecológico y químico en ríos. Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente. Andalucía, España. 72 p.
- Durán, L.C. 2008. Investigación del estado de las masas de agua superficiales de la cuenca del Ebro utilizando indicadores biológicos y físico-químicos: Primera aproximación de la Directiva Marco del Agua. Tesis de Doctorado. Departamento Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España. 168 p.
- Espinosa-Gutiérrez, 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.
- Ferrer, P.J. y Hernández, T. J.M. 2009. El régimen de caudales mínimos en el nuevo ciclo de la planificación hidrológica. Aspectos metodológicos y procesos de concertación social. I.T. No. 85. España. 45-55 p.
- Lot, A., Medina, L.R. y Chiang, F. 2013, Plantas acuáticas mexicanas una contribución a la Flora de México. Volumen I. Monocotiledóneas. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 398 p.



- Lot, A., Novelo, R. A., Olvera, G.M. y Ramírez-García.1999. Catálogo de angiospermas acuáticas de México. Hidrófitas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes, Cuadernos 33. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 161 p.
- Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. 2013. Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para Indicadores Hidromorfológicos. Confederación Hidrográfica del Ebro. 42 p.
- Ministerio de Medio Ambiente. 2005. Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en aguas superficiales. Secretaria General para el Territorio y la Biodiversidad. Dirección General del Agua. Madrid, España. 75 p.
- Ministerio de Medio Ambiente. 2007. Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro.Madrid, España. 234 p.
- Ministerio de Medio Ambiente. 2012. Valoración del estado ecológico en las lagunas de la confederación hidrográfica del Tajo [2007-2010]. Madrid, España. 98 p.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2009. Estado ecológico de las masas de agua de la Confederación Hidrográfica del Guadiana (2005-2006). Confederación Hidrográfica del Guadiana. 84 p.
- Munné, A. Solá, C. y Prat, N. 2006. Estado ecológico de los ríos en Cataluña. Diagnósis del riesgo de incumplimiento de los objetivos de la Directiva Marco del Agua. Calidad de aguas y biodiversidad. 11. La biodiversidad en los ecosistemas fluviales. En: Foro joven ríos para vivirlos. Zaragoza, España. 30-46 p.
- Munné, A. y Prat, N. 2006. Aspectos ecológicos de la Directiva Marco del Agua. Capítulo 3. La Directiva Marco del Agua de Catalunya. Zaragoza, España.56-78 p.
- Pachés, G. M.A.V. 2010. PHYMED: Un Sistema de indicadores ecológicos oara la Directiva Marco del Agua basado en la composición de la comunidad fitoplactonica. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 198 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.

## **5 Indicadores de integridad ecológica y salud ambiental para las cuencas de los ríos Yautepec y Cuautla, Morelos.**

### **5.1 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 especializados 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 poseén 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 multiespecie 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.

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 su grado de recuperación aguas abajo de los impactos y cargas orgánicas generadas por los municipios de Morelos. En el anexo B se muestran los mapas con las fotos para cada sitio de las cuencas de estudio.

## 5.2 Área de estudio

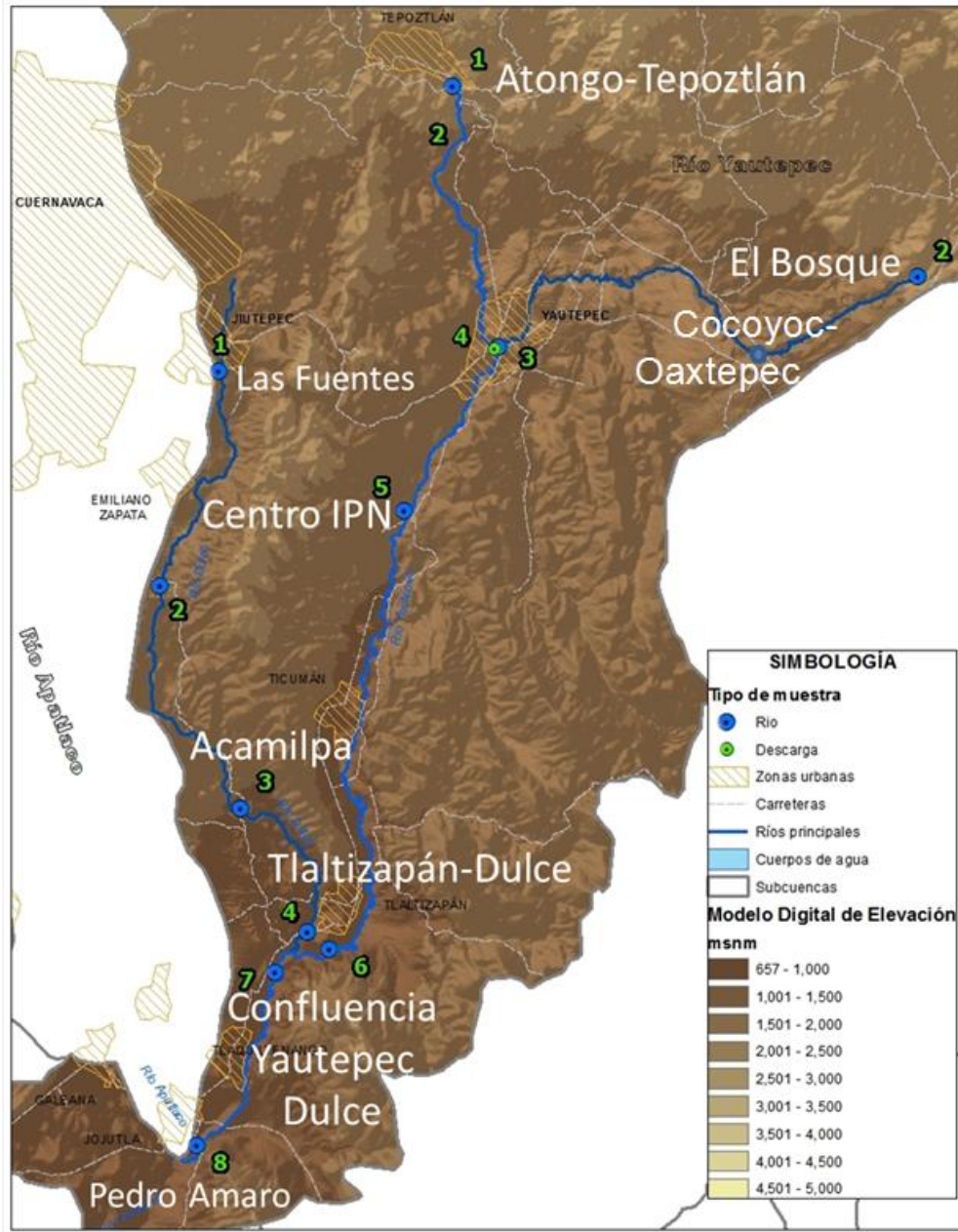


Figura 5.1 Área de estudio y ubicación de los sitios de muestreo de la cuenca Yautepéc

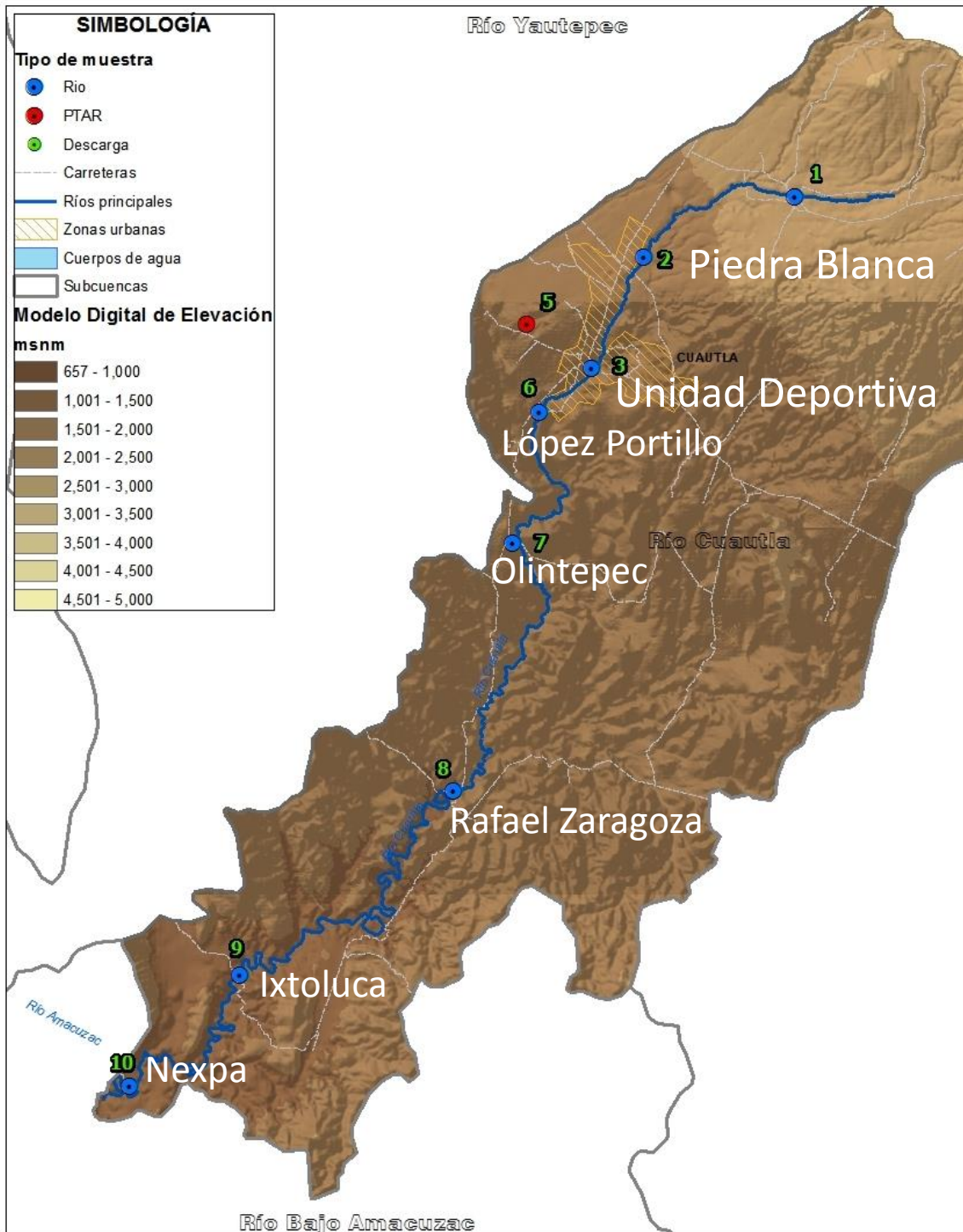


Figura 5.2. Área de estudio y ubicación de sitios de muestreo de la cuenca Cuautla.

### 5.3 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 1m<sup>2</sup>. 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 (Merritt 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 Efemerópteros + 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, (Cuadro 5.1). Los valores de sensibilidad fueron tomados de (Barbour *et al.* 1999).

Cuadro 5.1. 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-estanque.

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

## **5.4 Resultados**

### **5.4.1 Análisis general integrado de la cuenca Yautepec y Cuautla.**

Se realizaron tres campañas de muestreo durante las cuales se obtuvieron muestras de diferentes sitios de las cuencas Yautepec y Cuautla, los cuales se muestran en el anexo A. Se llevaron a cabo a partir de abril a noviembre del 2014, durante las cuales, se colectaron un total de 31, 516 organismos, incluidos en 4 filos, 8 clases, 21 ordenes, 49 familias y 58 géneros para los sitios de la cuenca Yautepec y para la cuenca Cuautla se distribuyeron en 4 filos, 7 clases, 18 ordenes, 37 familias y 48 géneros.

En el Cuadro 5.2 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, un manantial que fluye hacia el río, los cuales se ubican dentro de un balneario, en la localidad de Cocoyoc y que se encuentra en la parte alta de la cuenca Yautepec. En cambio los sitios de la cuenca del río Cuautla se representan con calidad del agua “Regular” y “Pobre”, (contaminación muy significativa), principalmente, sin embargo hacia la parte baja de la cuenca, la calidad llega a tener un valor que le confiere calidad del agua “Muy buena”.

Cuadro 5.2 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.

Cuenca	Identificación	(S)	(N)	H'	HB	E'	IBH	Calidad del Agua
Yautepec	1 Tepoztlán	6	328	0.50	0.47	0.27	9.57	Muy pobre
	2 El Bosque	38	2780	1.13	1.11	0.31	5.96	Regular
	El Bosque- Manantial	16	777	1.98	1.93	0.71	2.04	Excelente
	Oaxtepec	20	4423	0.68	0.67	0.23	5.76	Regular
	Las Fuentes	21	3240	0.73	0.71	0.24	6.00	Regular
	5 Centro IPN	11	481	1.60	1.55	0.66	5.57	Regular
	3 Acamilpa	25	392	2.20	2.10	0.68	4.54	Buena
	4 Tlaltizapán-Dulce	29	526	2.46	2.36	0.73	4.77	Buena
	7 Confluencia Yautepec-Dulce	41	1577	2.32	2.28	0.62	4.80	Buena
Pedro Amaro	20	143	2.47	2.26	0.82	5.54	Regular	
Cuautla	Piedra Blanca	14	823	1.08	1.05	0.41	6.47	Regular
	Unidad Deportiva	10	6309	1.00	1.00	0.44	7.68	Pobre
	López Portillo	9	5569	0.12	0.12	0.06	7.96	Pobre
	San Rafael	35	1415	2.33	2.29	0.66	4.67	Buena
	Ixtoluca	37	1451	2.63	2.58	0.75	4.00	Muy buena
	Nexpa	36	1282	2.43	2.38	0.68	3.71	Muy buena

Para el análisis de EPT, se observa que los sitios que presentar mayor porcentaje de efemerópteros, tricópteros y plecópteros se presenta en la parte alta de la cuenca de Yautepec, en el manantial del sitio El Bosque, con un valor de EPT, (80%) y corresponde con un sitio sin contaminación aparente, de acuerdo a Hilsenhoff; cuenta con la presencia de 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). (Fig. 5.3). También Acamilpa y Tlaltizapan-Dulce tienen valores elevados de EPT (más del 50%), representados por familias de valores de tolerancia bajos como son Hydropsychidae, Leptohiphidae, Baetidae y Leptoceridae y Confluencia Yautepec-Dulce con 50% representados por Baetidae, Leptohiphidae e Hydropsychidae.

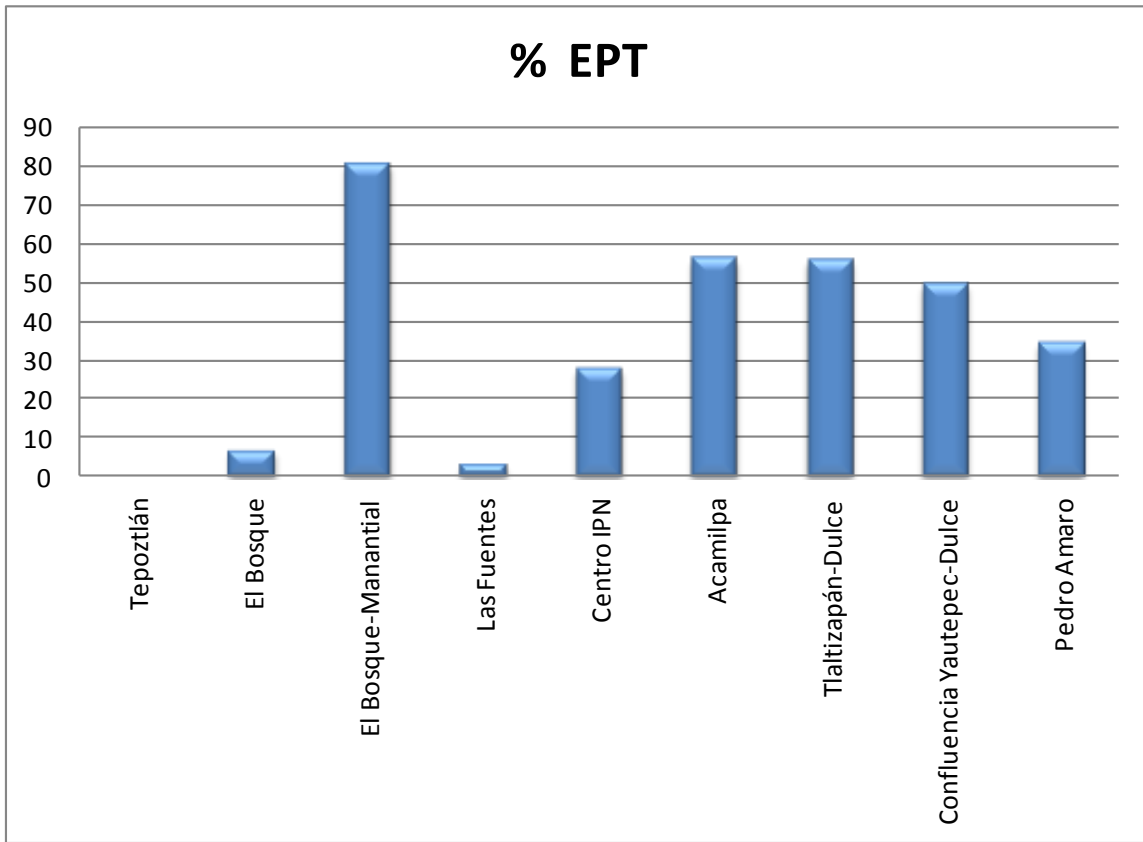


Figura 5.3 Análisis relación Efemeróptera, Plecóptera, Tricóptera por sitio.

En cambio para la cuenca Cuautla los valores de EPT son bajos para la parte alta de la cuenca, (Fig. 5.4), ya que, a pesar de que se colectaron efemerópteros, son dominantes otros grupos de organismos, que además se clasifican como tolerantes a ambientes degradados y es hacia la parte baja de la cuenca que se encontró la presencia de estos ordenes con más del 50%.

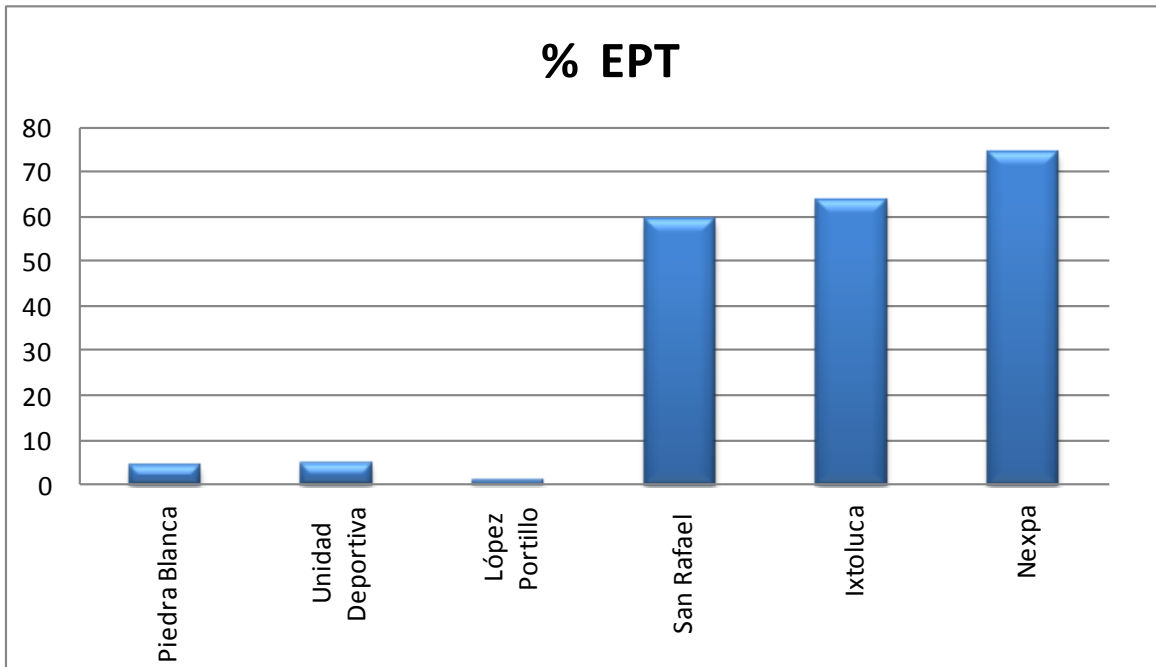


Figura 5.4 Análisis relación Efemeróptera, Plecóptera, Tricóptera por sitio.

Para observar el comportamiento de los atributos ecológicos, se observa que en la fig. 5.5, los sitios con mayor riqueza de taxa fueron, el sitio después de la Confluencia del río Yautepec con el río Dulce con un valor de  $S=41$  taxa, El Bosque  $S=38$ , Tlaltizapán-Dulce  $S=29$ , Acamilpa con  $S=25$ ; los cuales corresponden con valores del índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) mayores a 2, y responden al índice biótico de Hilsenhoff con valores menores de 5.50, que les confieren calidad del agua “Buena” a excepción del sitio El Bosque, el cual se ve mermado por la dominancia de un orden de la clase insecta. Aun así, se observa que hay una tendencia en la cual, sitios con valores de equitatividad ( $E'$ ) altos, y valores mayores del índice de Shannon ( $H'$ ), coinciden con valores de calidad del agua que tienden a disminuir, lo que significa mejor calidad del agua y valores bajos de equitatividad e índice de Shannon, coinciden con valores de calidad del agua que tienden a aumentar, como el caso de Tepoztlán, cuyo valor de equitatividad fue 0.27 y corresponde con valores de diversidad de 0.5 y calidad del agua “Muy pobre” (Contaminación severa), ya que obtuvo valores mayores a 8.50, de acuerdo al índice biótico de Hilsenhoff.

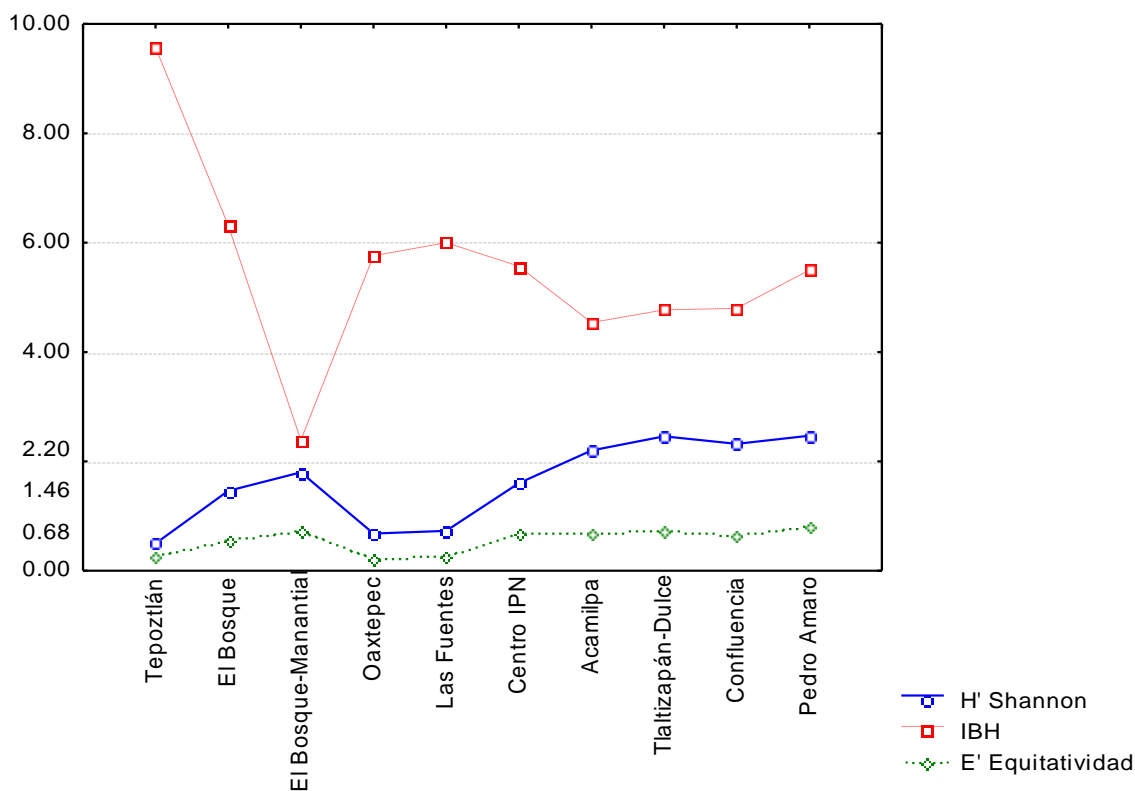


Figura. 5.5. Índice biótico de Hilsenhoff (IBH), Índice de Shannon (H') y Equitatividad, para la cuenca Yautepec.

Así también, para la cuenca del río Cuautla, se observa marcadamente el comportamiento de los atributos ecológicos en los sitios de muestreo. Por un lado, se observa que aquellos sitios con valores bajos de equitatividad y del índice de Shannon se corresponden con valores altos del índice de Hilsenhoff, lo que nos habla de calidad del agua con cierto grado de contaminación y por el otro lado todos aquellos sitios que presentaron la mayor riqueza también presentaron valores altos de equitatividad y por ende se reflejo en los valores del índice de Shannon, lo cual corresponde con valores del índice de Hilsenhoff bajos, es decir, buena calidad del agua. Fig. 5.6.

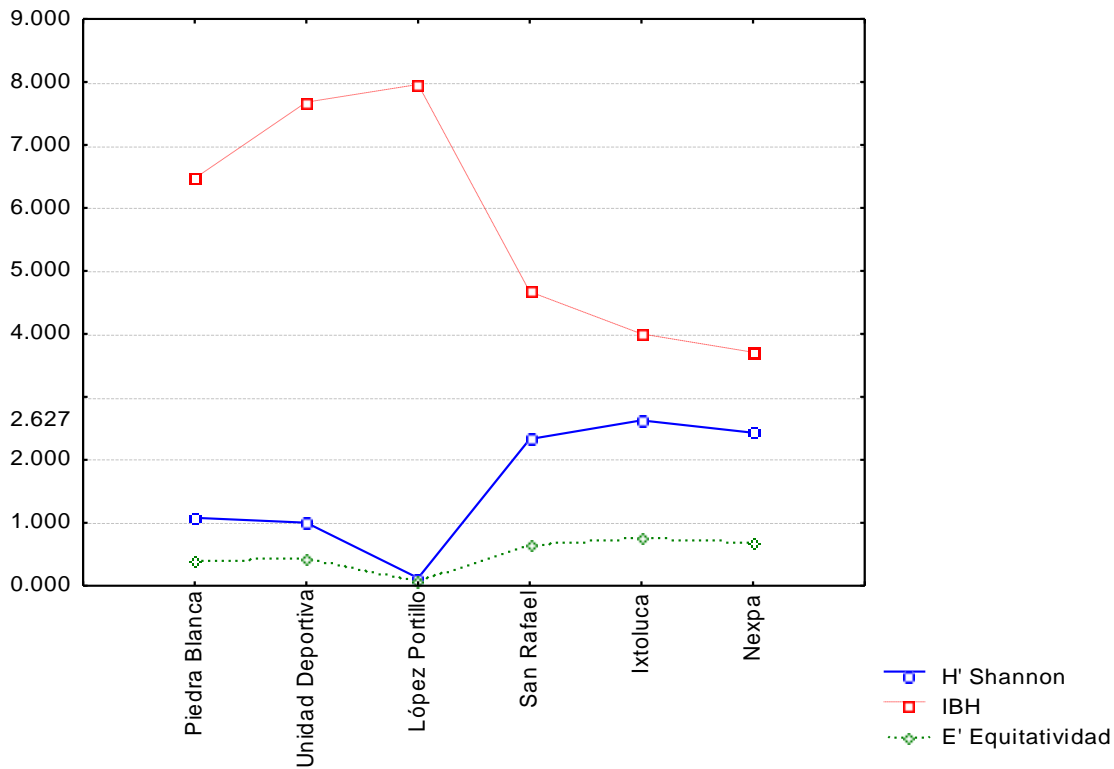


Figura. 5.6 Índice biótico de Hilsenhoff (IBH), Índice de Shannon (H') y Equitatividad, para la cuenca Cuautla.

#### 5.4.2 Análisis por localidad de la cuenca Yautepec

El análisis de Coeficiente de similitud de Jaccard se realizó para observar la similitud entre las localidades, de la cuenca Yautepec, utilizando la presencia-ausencia de los organismos observados en ellas, a pesar de que el valor de mayor similitud es bajo, de 0.46, entre Acamilpa y Confluencia se observa, que se encuentran muy cercanos con el sitio de Tlaltzapán-Dulce, (fig.5.7), formando un grupo, compuesto por aquellos sitios más conservados. Dentro de esos grupos, la relación se da principalmente por características como son la calidad del agua (IBH) y que los tres tienen características similares, puesto que se encuentran en el río Dulce o tiene influencia de este sobre el río Yautepec, además se encuentran muy cercanos entre sí. El segundo grupo que se observa incluye sitios que comparten calidad del agua "Regular", aun así la similitud entre ellos es

muy baja. Y también se presentan sitios que se separan totalmente de los grupos, los cuales coinciden con calidad del agua y atributos ecológicos que no comparten con ningún otro sitio.

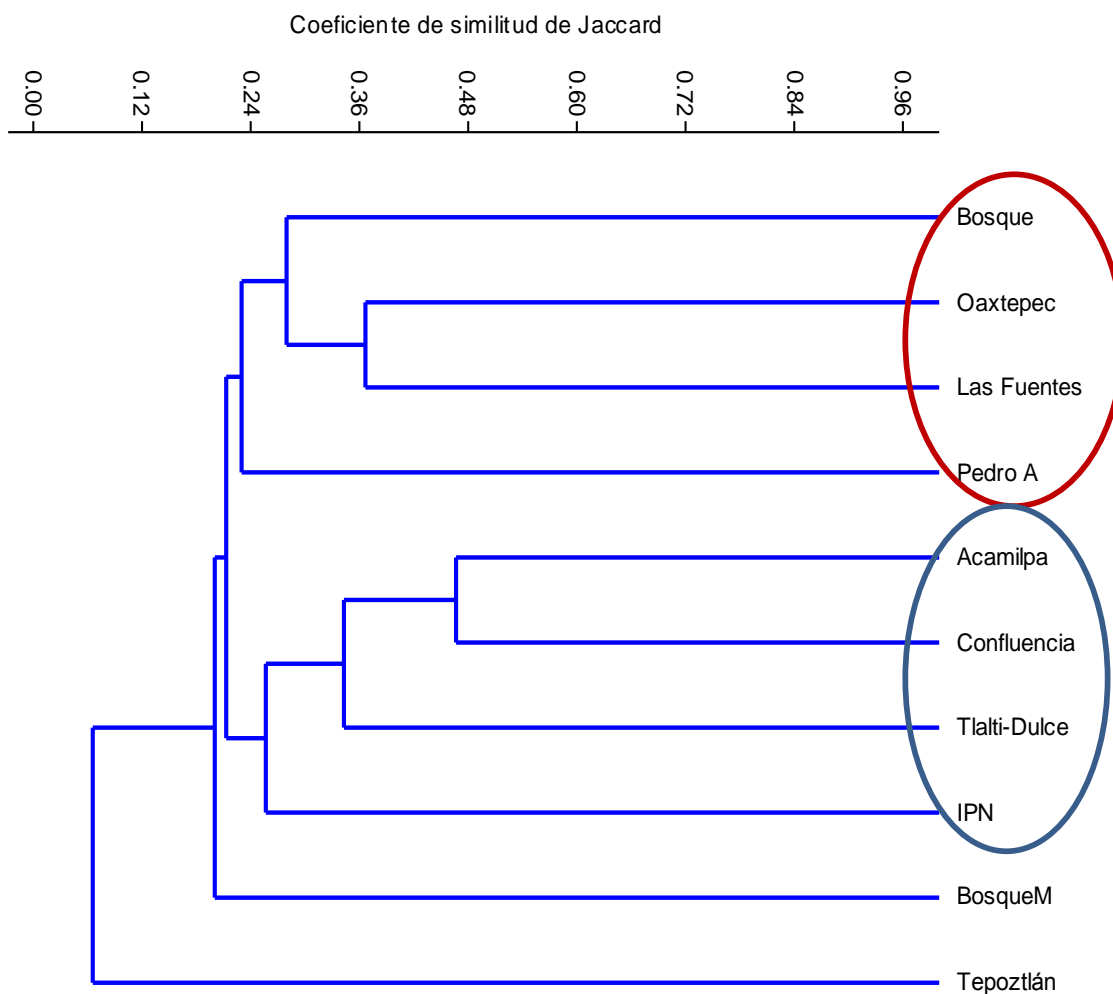


Figura 5.7 Análisis de similitud sitios de muestreo para la cuenca Yautepec.

Para la cuenca del río Cuautla, el análisis de Coeficiente de similitud de Jaccard, (Fig. 5.8) 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 con se agrupan los sitios de la parte alta y que nos muestran los valores más bajos de calidad del agua y riqueza.



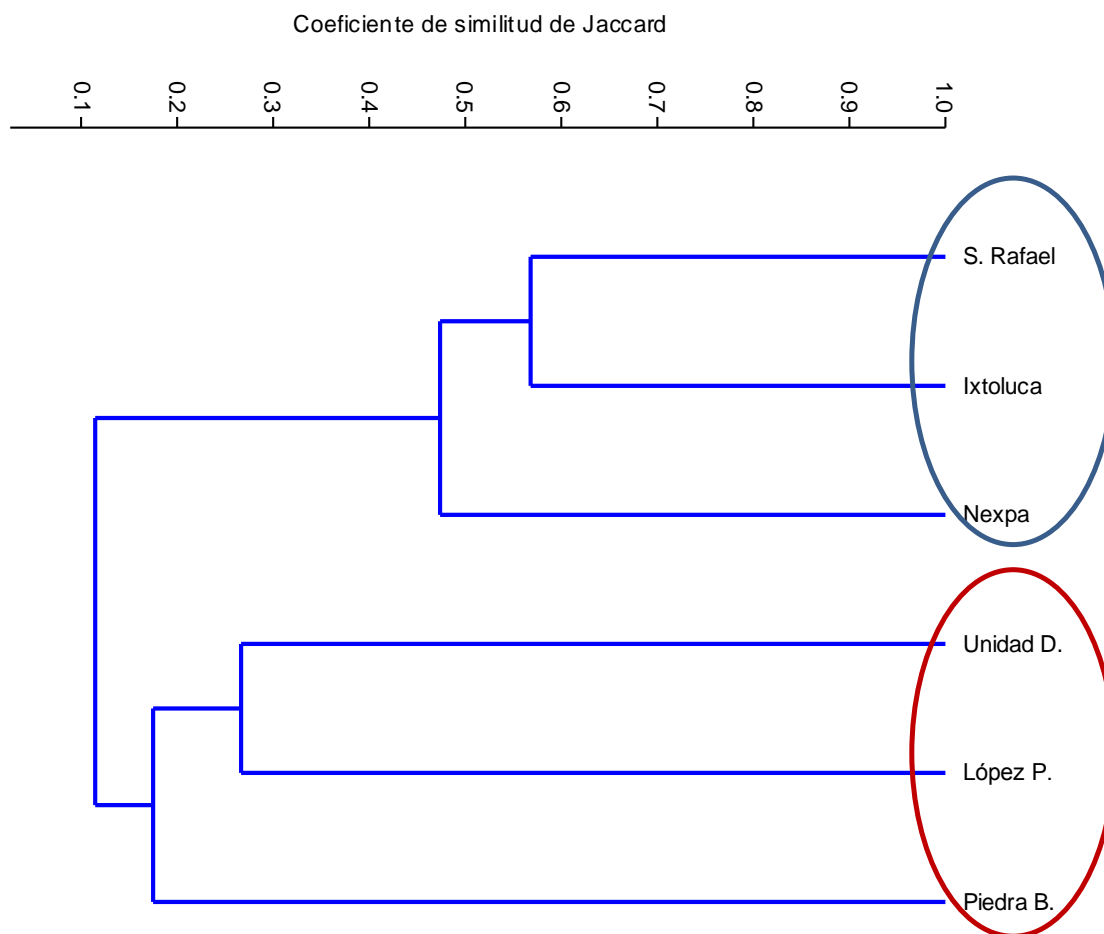


Figura 5.8. Análisis de similitud sitios de muestreo para la cuenca Cautla.

Se observa que la riqueza es baja en el sitio cercano a Tepoztlán, y Centro IPN, los cuales se encuentran 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 cuenca, 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 41 taxa, Fig. 5.9. Y de nuevo el sitio cercano a los municipios de Tlatiltenango y Jojutla presentan una disminución de riqueza.

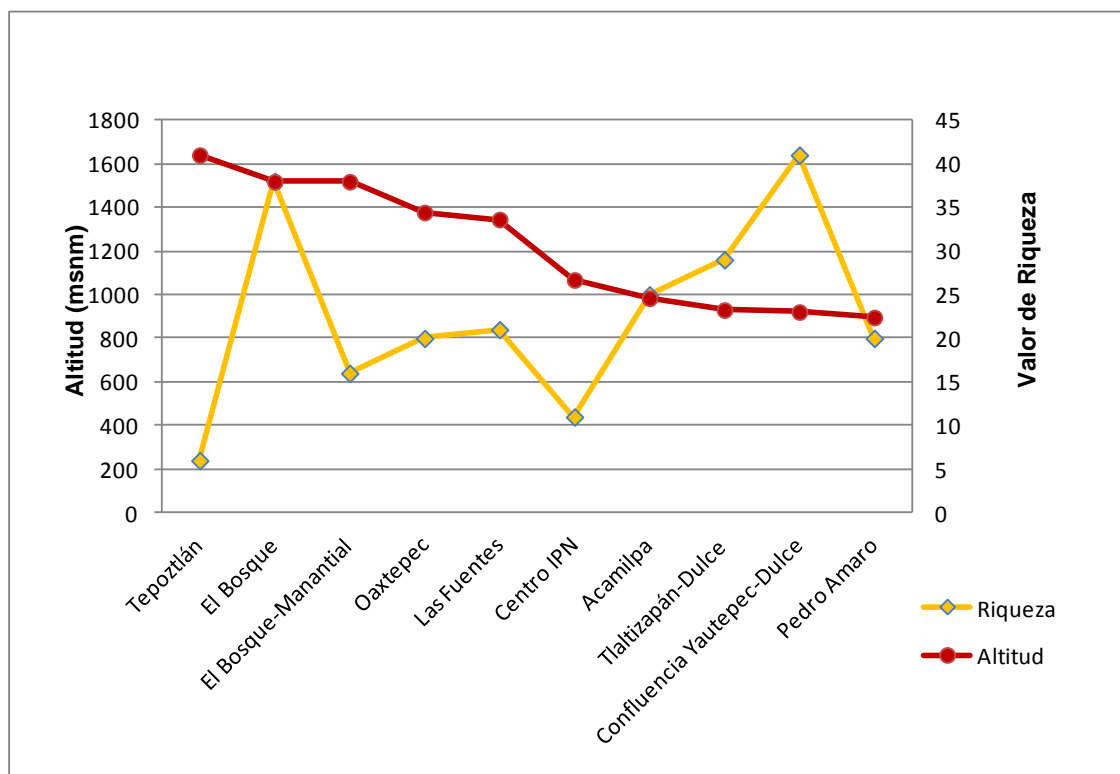


Fig. 5.9. Valor de riqueza para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran.

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, aquellos que forman parte del río Dulce presentan mejor calidad del agua y al llegar a la confluencia con el río Yautepec le confieren de igual manera una recuperación de la calidad del agua, comparando con los resultados que viene presentando sitios de la parte alta, como Las Fuentes, Oaxtepec, Centro IPN y Tepoztlán, sitios muy cercanos a poblaciones y de las cuales reciben descargas directas al río, fig. 5.10. Además se observa un sitio con calidad del agua excelente, que sobresale de todos los sitios, pero que corresponde a un manantial, en el cual los organismos que habitan ahí le confieren características propias y exclusivas comparando con los demás sitios.

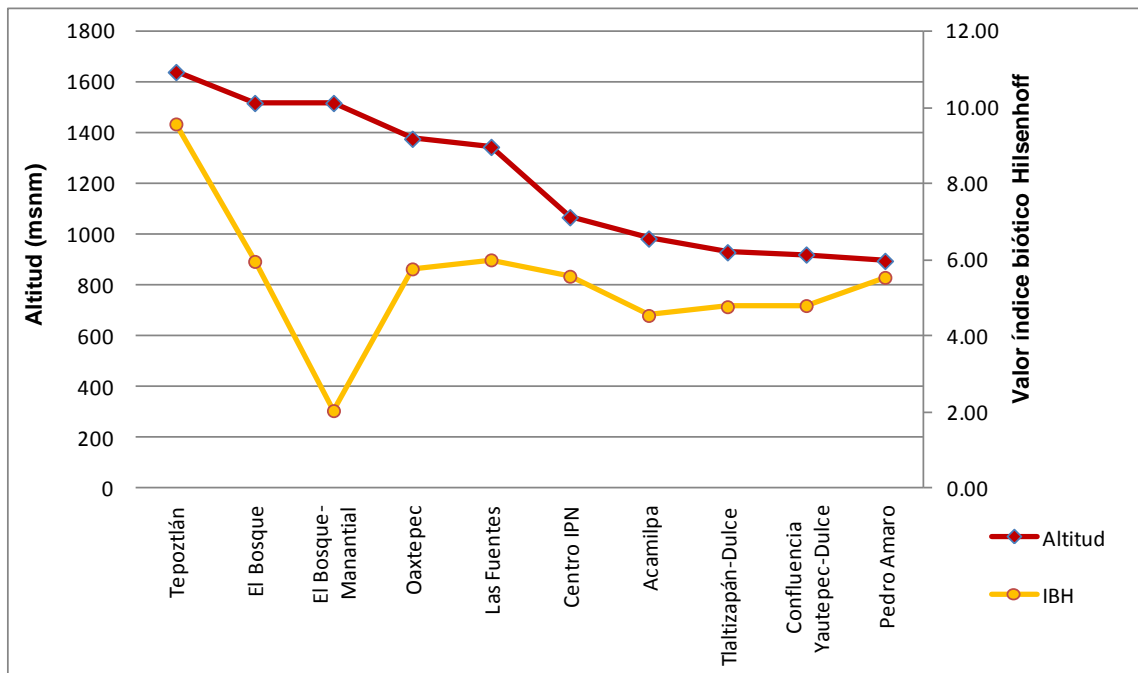


Fig. 5.10 Valor de índice Biótico de Hilsenhoff para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran.

La riqueza para la cuenca del río Yautepec, se observa que cambia drásticamente conforme el río fluye hacia las partes bajas, con valores casi iguales entre estos tres sitios, en cambio en la parte alta, los tres sitios presentan valores muy bajos de riqueza. (Fig. 5.11).

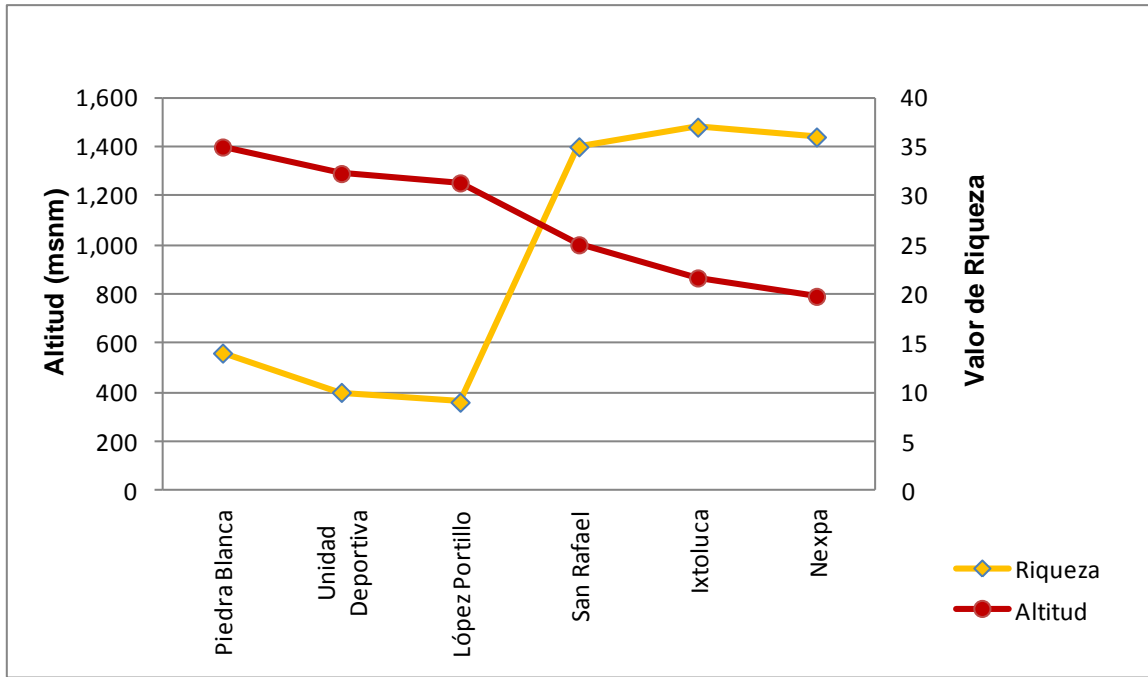


Fig. 5.11 Valor de riqueza para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran.

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, con denominaciones de “Buena” a “Muy buena” calidad, detallando una recuperación de la calidad del agua, comparado con los resultados que vienen presentando sitios de la parte alta, como Piedra Blanca, Unidad Deportiva y López Portillo, que son de calidad “Regular”. Fig. 5.12.

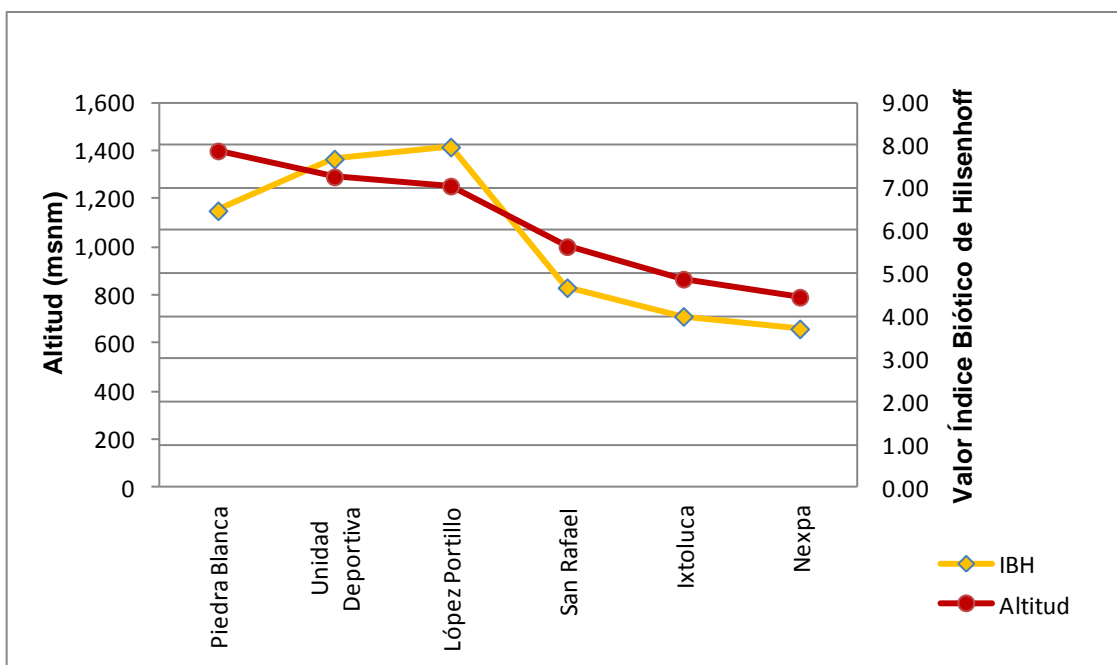


Fig. 5.12. Valor de índice Biótico de Hilsenhoff para cada sitio tomando en consideración la altitud (msnm) a la que se encuentran.

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 más representativas en cuanto a densidad se refiere, (valor >1.0% densidad), puesto que hubo sitios que se vieron dominados por algún grupo en particular, que ocasiona valores poco significativos para los demás grupos, además, en algunos casos se presentan también los géneros encontrados para cada sitio.

### 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, (fig. 5.13); 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 encuentra como “Muy pobre”.

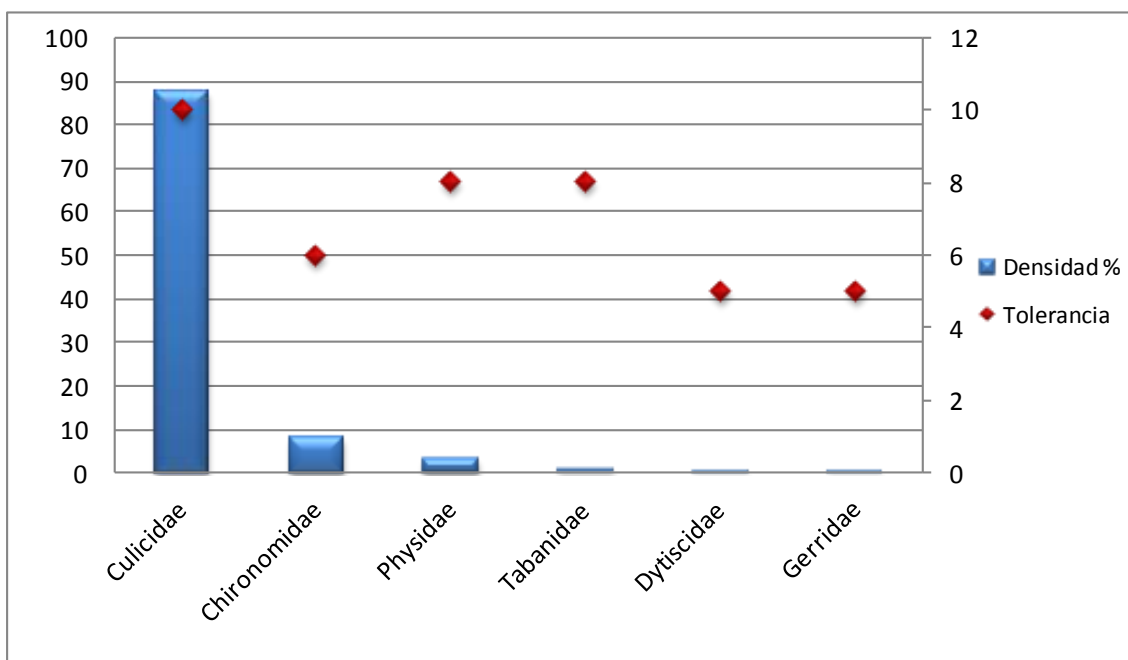


Figura 5.13. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Tepoztlán.

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, (cuadro 5.3).

Cuadro 5.3. Descriptores ecológicos de la comunidad macrobéntica de Tepoztlán.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
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, (fig. 5.14).

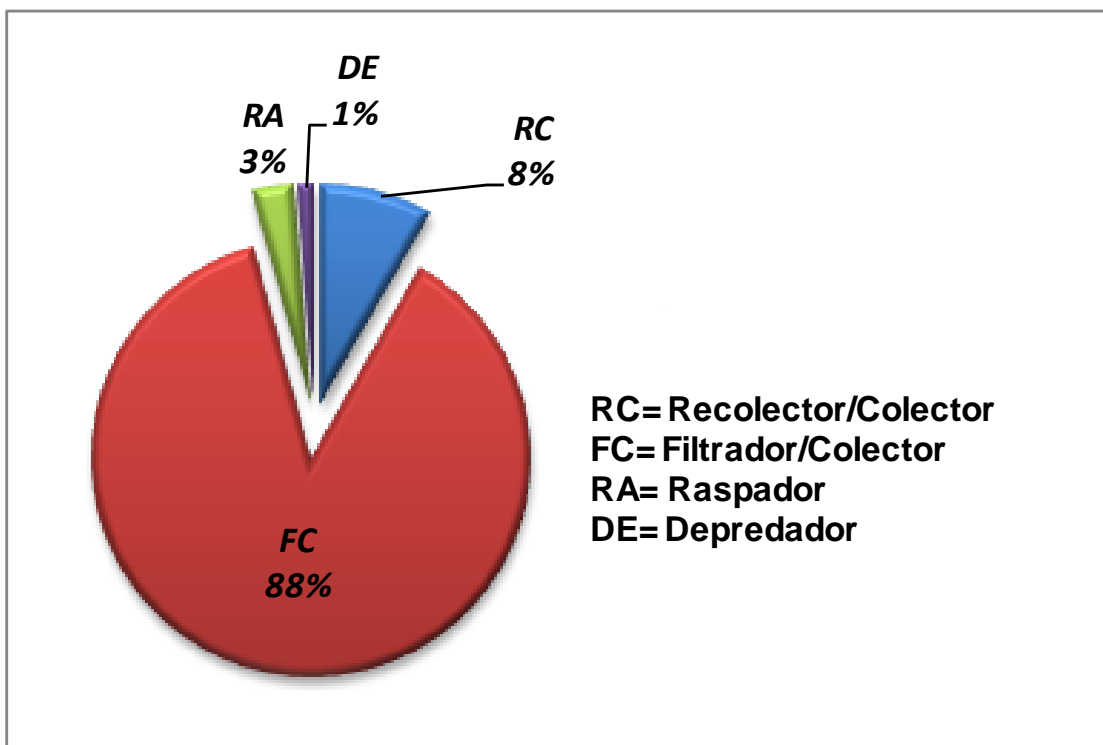


Figura 5.14. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Tepoztlán.

### El Bosque

Para el sitio El Bosque a 1518 msnm, la estructura de la comunidad se encuentra conformada por un total de 2,780 organismos, representados en 3 filos, 4 clases, 10 ordenes, 24 familias y 24 géneros. La familia más abundante corresponde a la familia Chironomidae, (orden Díptera), (fig. 5.15), que forma parte de los grupos tolerantes a la contaminación orgánica, además de que se representan como dominantes por sobre las demás familias y cuya abundancia determina la calidad del agua.

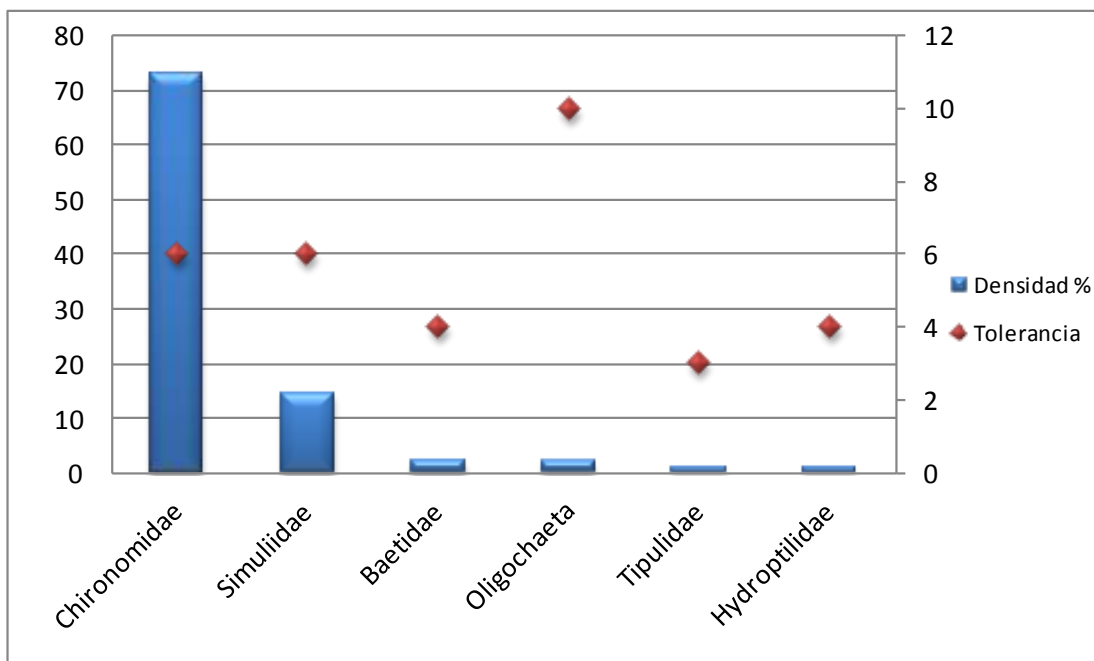


Figura 5.15. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de El Bosque.

De acuerdo al Índice de Hilsenhoff este sitio tiene calidad “Regular” (contaminación poco significativa), con valor de equitatividad 0.31, valor que le confiere una diversidad de acuerdo al índice de Shannon de 1.13, compartiendo valores muy cercanos con el índice de Brillouin, (Cuadro 5.4).

Cuadro 5.1. Descriptores ecológicos de El Boque.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
38	2780	1.13	1.11	0.31	5.96	Regular

El análisis de los grupos funcionales alimenticios, indica dominancia por los colectores/recolectores (80%), representados la familia Chironomidae, mientras que los filtradores son los segundos con 15% y los desmenuzadores presentan solamente el 2% de representatividad y depredadores y filtradores 1%. (Fig. 5.16).



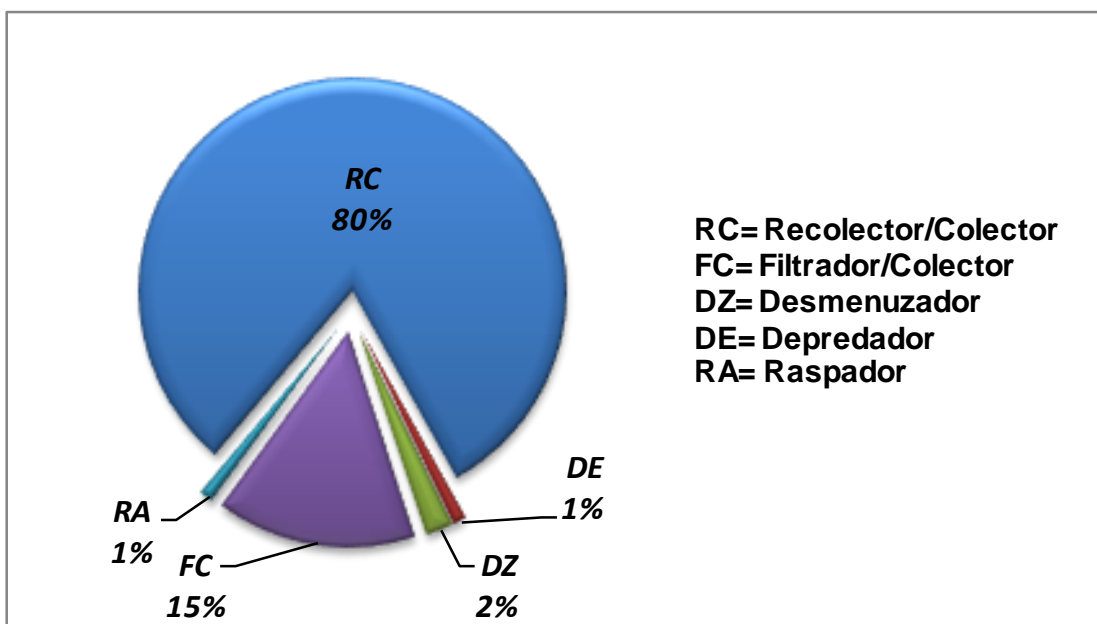


Figura 5.16. Grupo funcional alimenticio de El Bosque.

### Bosque-Manantial

Este manantial es aporte importante del río, nos muestra una estructura de la comunidad conformada por un total de 777 organismos, representados en 3 filos, 4 clases, 11 ordenes, 13 familias y 12 géneros. La familia más abundante corresponde a la familia Glossosomatidae, (orden Trichoptera), (fig. 5.17), que forma parte de los grupos muy intolerantes ya que prefieren cuerpos de agua, con agua fría y bien oxigenada, así también se encontraron otras familias sensibles a la contaminación, las cuales también presentan valores de abundancia representativos.

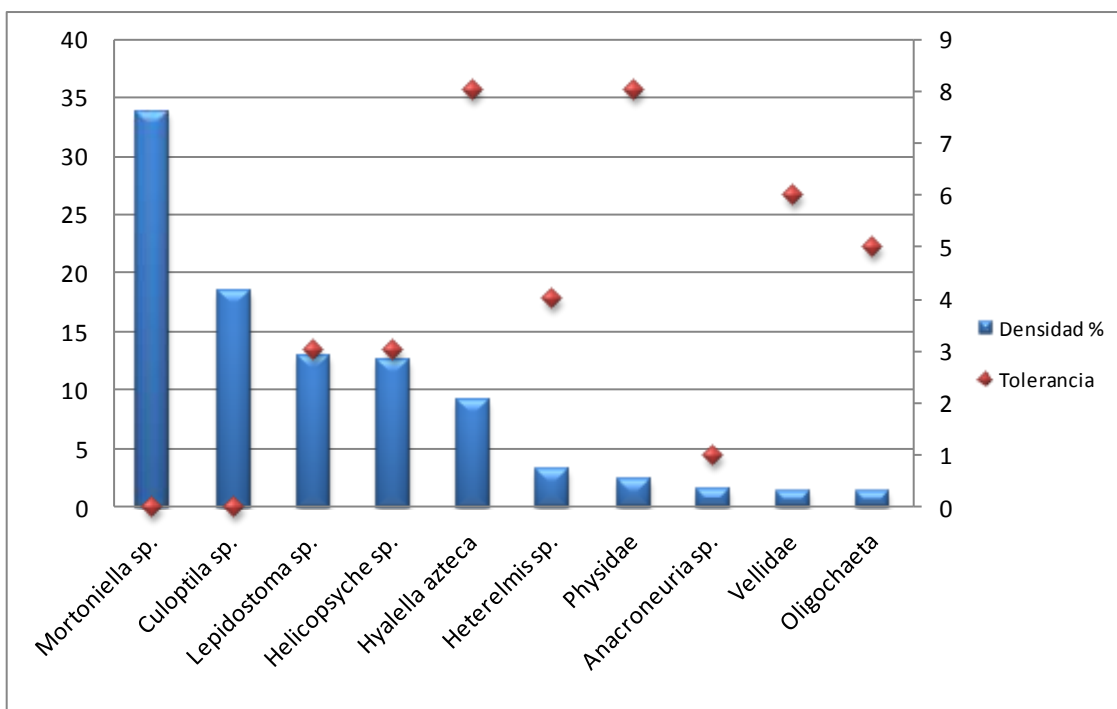


Figura 5.17. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de El Bosque-Manantial.

De acuerdo al Índice de Hilsenhoff este sitio tiene calidad “Excelente” (sin contaminación aparente), con valor de equitatividad 0.71, valor que le confiere una diversidad de acuerdo al índice de Shannon de 1.98, compartiendo valores muy cercanos con el índice de Brillouin, (Cuadro 5.5).

Cuadro 5.5. Descriptores ecológicos de El Boque-Manantial.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
16	777	1.98	1.93	0.71	2.04	Excelente

Para el análisis de grupos funcionales alimenticios, indica dominancia por los raspadores (67%), representados Por los géneros *Culoptila*, *Mortoniella* y *Helicopsyche*, mientras que los recolectores/colectores son los segundos con 38% y los desmenuzadores presentan solamente el 13% de representatividad y depredadores 3%. (Fig. 5.18).

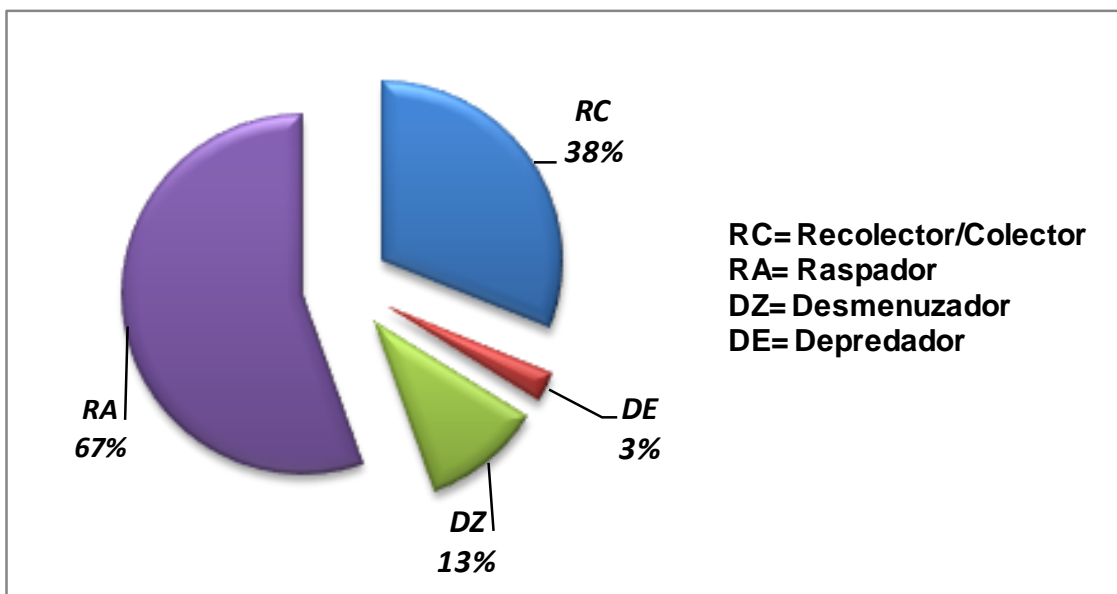


Figura 5.18. Grupo funcional alimenticio de El Bosque-Manantial.

#### Cocoyoc-Oaxtepec

Se encuentra a 1350 msnm, se encontraron 4, 423 organismos en total, que pertenecen a 3 filos, 4 clases, 9 ordenes, 14 familias y 11 géneros, (fig. 5.19). La familia dominante fue Chironomidae, cuyo valor de tolerancia le confiere la capacidad de habitar mayor cantidad de hábitats sin importar las adversidades que puedan presentársele.

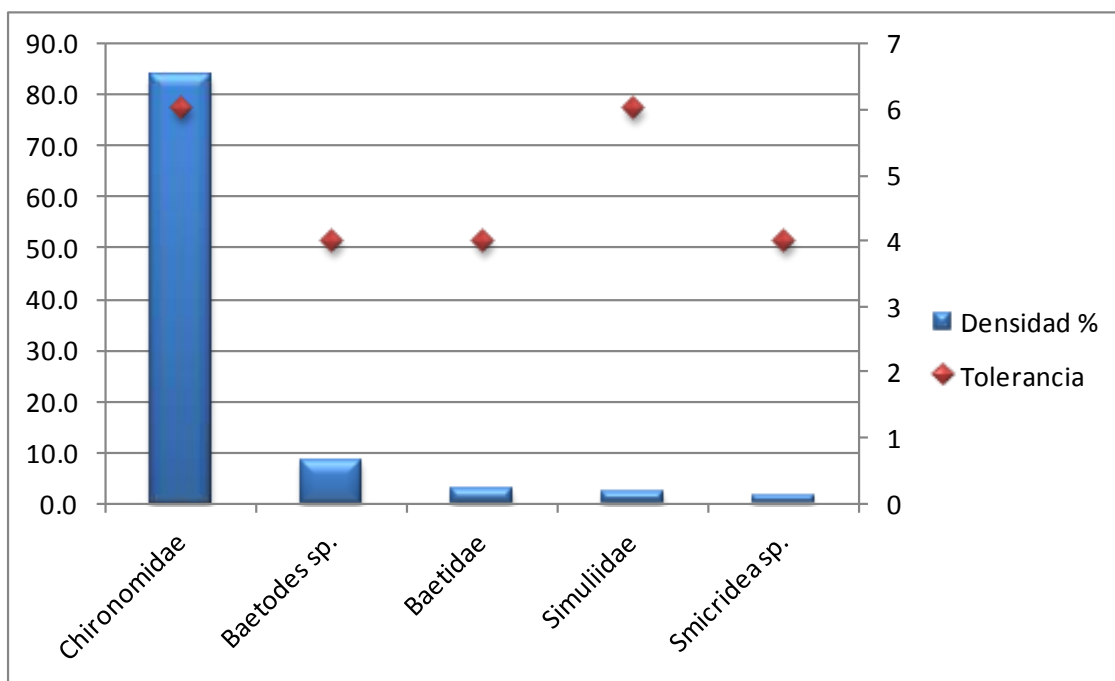


Figura 5.19. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Oaxtepec.

Este sitio resulta con una calidad “Regular” (contaminación poco significativa) de acuerdo al índice de Hilsenhoff, los descriptores ecológicos son 0.68 de acuerdo a Shannon y el índice de Brillouin es 0.23 con equitatividad de 0.23, (Cuadro 5.6).

Cuadro 5.6. Descriptores ecológicos de Oaxtepec.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
20	4423	0.68	0.67	0.23	5.76	Regular

La estructura trófica asociada a este microambiente está conformada por un grupo funcional dominante, los recolectores/colectores con 95%, debido a la elevada densidad de la familia Chironomidae y el resto se distribuye entre filtradores, (4%) y depredadores (1%), (fig. 5.20)

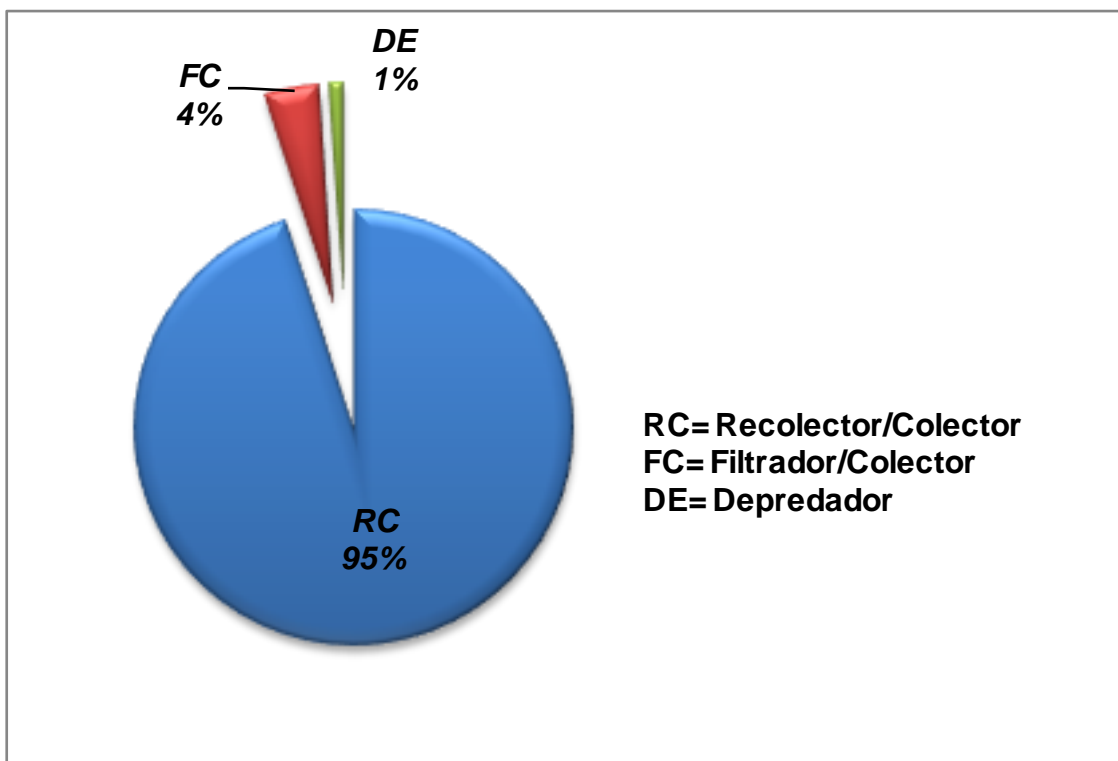


Figura 5.20. Grupo funcional alimenticio de Oaxtepec.

### Las Fuentes

Se encuentra a 1350 msnm, se encontraron 3, 240 organismos en total, que pertenecen a 2 filos, 4 clases, 11 ordenes, 16 familias y 9 géneros, (fig. 5.21). La familia dominante fue Chironomidae, cuyo valor de tolerancia le confiere la capacidad de habitar mayor cantidad de hábitats sin importar las adversidades que puedan presentársele.

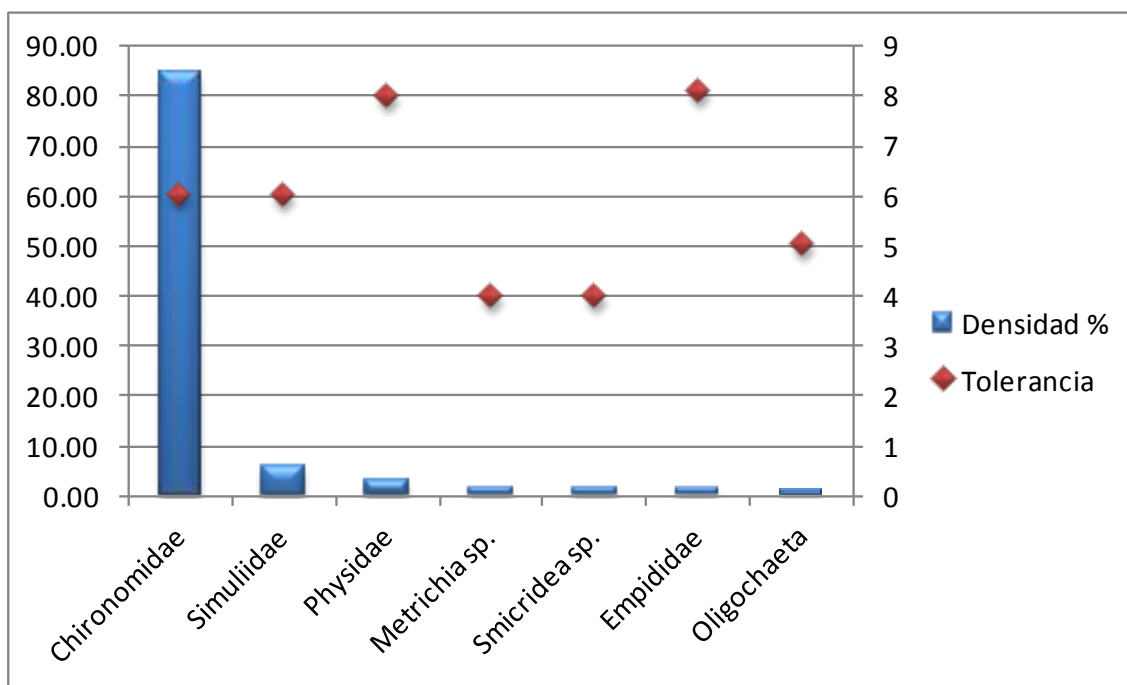


Figura 5.21. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Las Fuentes.

Este sitio resulta con una calidad “Regular” (contaminación poco significativa) de acuerdo al índice de Hilsenhoff, los descriptores ecológicos son valores muy bajos, 0.73 de acuerdo a Shannon y el índice de Brillouin es 0.71 con equitatividad de 0.24, (Cuadro 5.7).

Cuadro 5.7. Descriptores ecológicos de Las Fuentes.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
21	3240	0.73	0.71	0.24	6.00	Regular

La estructura trófica asociada a este microambiente está conformada por un grupo funcional dominante, los recolectores/colectores con 86%, debido a la elevada densidad de la familia Chironomidae y el resto se distribuye entre filtradores, (7%), raspadores (3%) y depredadores (2%), (fig. 5.22).

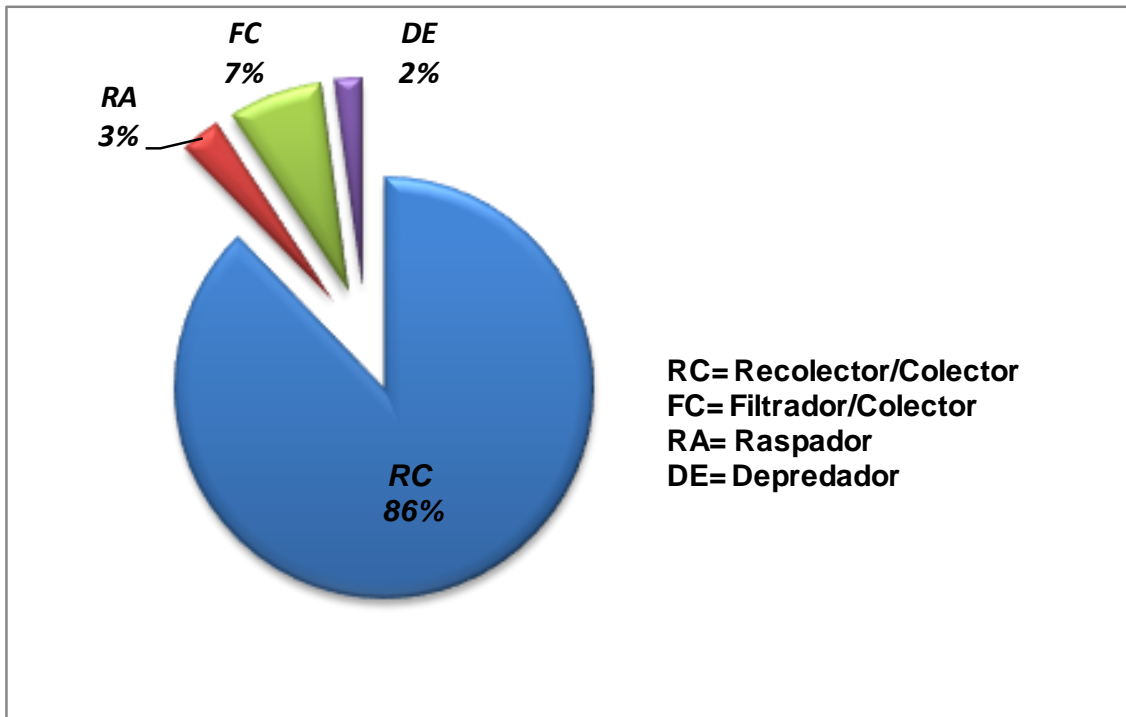


Figura 5.22. Grupo funcional alimenticio de Oaxtepec.

### Centro IPN

En el sitio Centro IPN a 1068 msnm, se encontraron 481 organismos, que pertenecen a 2 filos, 3 clases, 6 ordenes, 8 familias y 5 géneros, (fig. 5.23). La familia más abundante fue Physidae, seguida de Helicopsychidae, que se encuentran presentes debido a la alta cantidad de partículas finas en el sustrato y de las cuales obtienen su alimento, al haber una gran cantidad de estas disponibles, el número de estos organismos se dispara dominando sobre otros que no tienen estos requerimientos alimenticios.

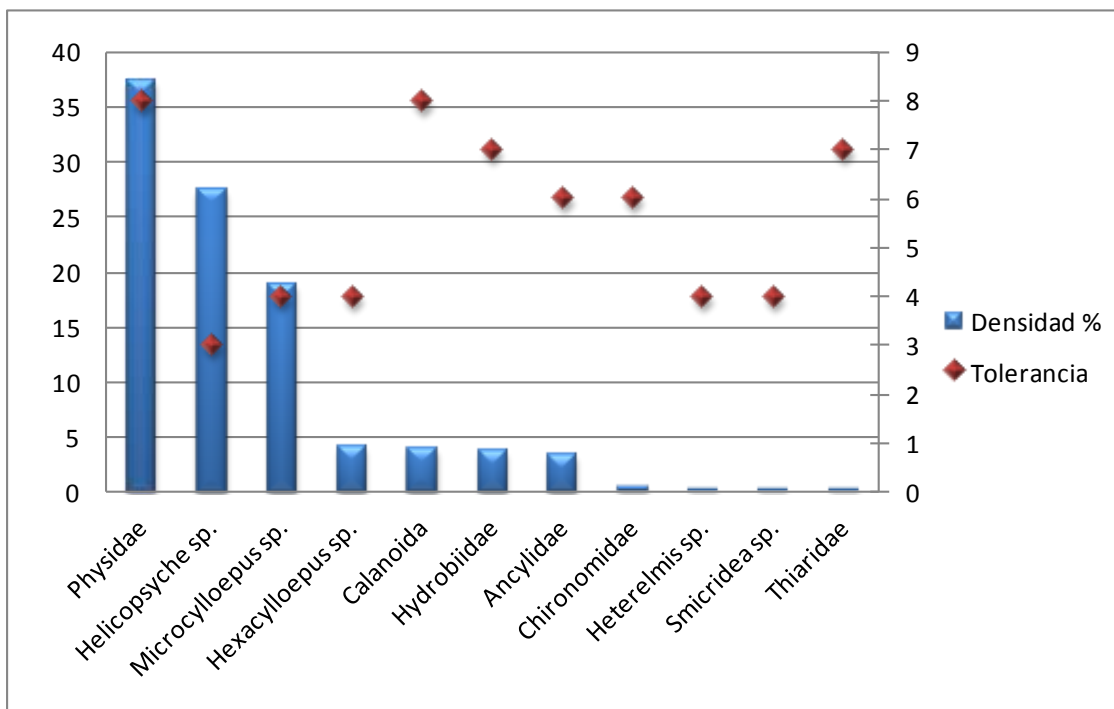


Figura 5.23. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Centro IPN.

Este sitio resulta con una calidad “Regular” (contaminación poco significativa) de acuerdo al índice de Hilsenhoff, los descriptores ecológicos son 1.60 de acuerdo a Shannon y el índice de Brillouin es 1.55 con equitatividad de 0.66, (Cuadro 5.8).

Cuadro 5.8. Descriptores ecológicos de Centro IPN.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
11	481	1.60	1.55	0.66	5.57	Regular



La estructura trófica asociada a este microambiente está conformada por dos grupos funcionales, los raspadores con un 72%, lo cual se explica por la elevada presencia de las familias Helicopsychidae y Physidae y en segundo lugar se encuentra a los recolectores/colectores con el 28%, (fig. 5.24)

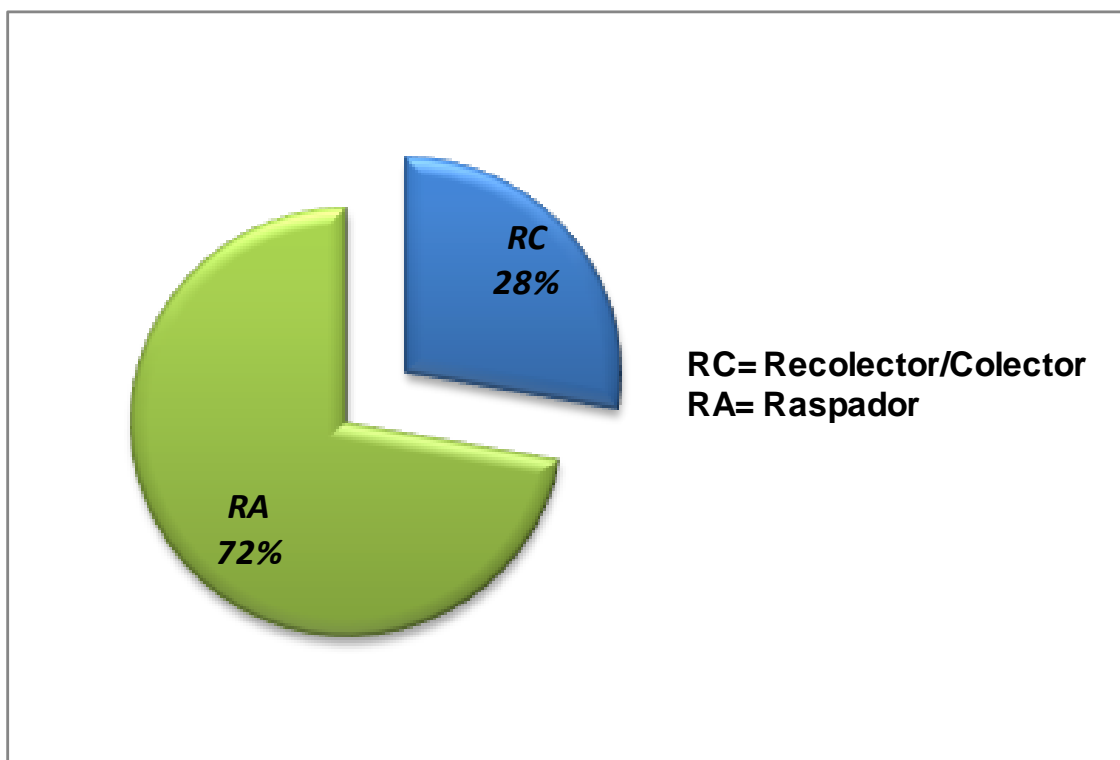


Figura 5.24. Grupo funcional alimenticio de Centro IPN.

### Acamilpa

Se encuentra a una altitud de 984 msnm en el río Dulce, en este sitio se colectaron un total de 392 organismos, distribuidos en 2 filos, 3 clases, 9 ordenes, 19 familias y 16 géneros . La mayor densidad la presenta el orden Tricóptera con la familia Hydropsychidae, (fig. 5.25). La mayoría de los organismos encontrados para este sitio se encuentran clasificados como sensibles a la contaminación, por lo que de acuerdo al índice biótico de Hilsenhoff se clasificó como un sitio de calidad "Buena". Además se encontró la familia Pseudothelphusidae, del orden Decapoda, la cual es una familia de las siete existentes que integran los cuerpos dulceacuícolas de México, (Villalobos y Álvarez, 2008), su importancia recae en que son procesadores eficientes de materia orgánica,

depredadores de pequeños invertebrados y peces y a su vez alimento de gran variedad de vertebrados, (Álvarez y Villalobos, 1997b).

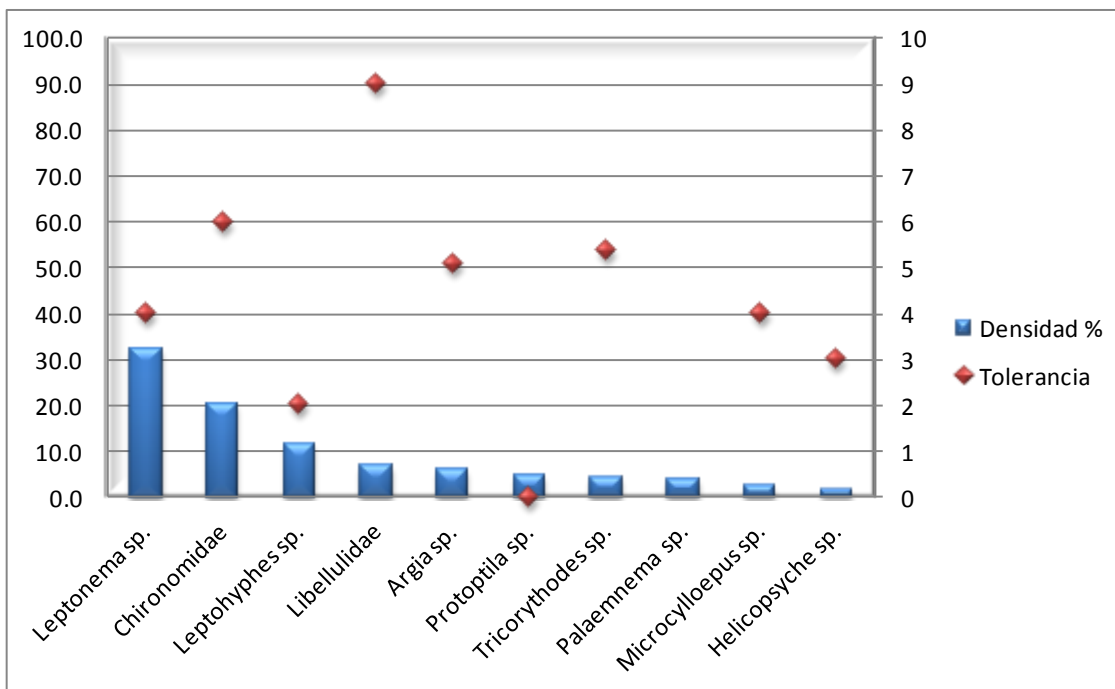


Figura 5.25. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Acamilpa.

Este sitio obtuvo un valor de diversidad de 2.20 de acuerdo al índice de Shannon Wiener y de 2.10 según el índice de Brillouin, con equitatividad de 0.68. (Cuadro 5.9).

Cuadro 5.9. Descriptores ecológicos de Acamilpa.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
25	392	2.20	2.10	0.68	4.54	Buena

En este sitio se encuentran representados los cinco tipos de grupos funcionales alimenticios, el más abundante fueron los llamados recolectores/colectores (40%), los filtradores son el otro grupo que se encuentra representado con un 32%, resultado de la presencia de Tricóptera, los depredadores con 19%, los raspadores se encontraron con un 8% y desmenuzadores solamente el 1%, (Fig. 5.26).

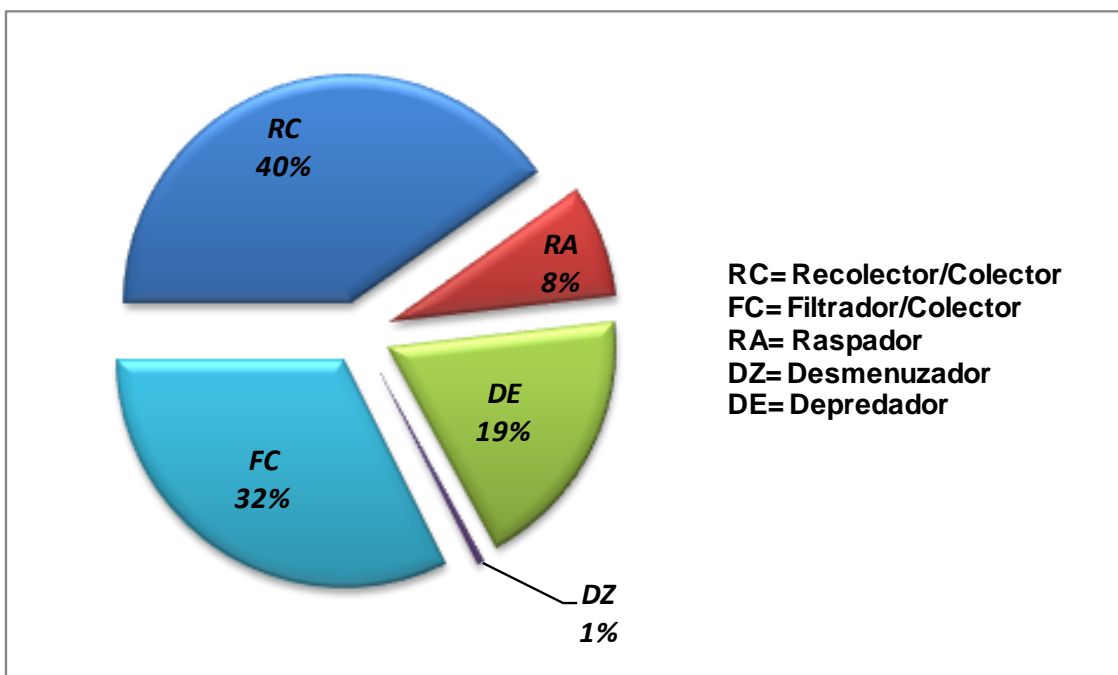


Figura 5.26. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Acamilpa.

### Tlaltizapán-Dulce

A una altitud de 930 este sitio, forma parte del río Dulce, cuenta con un total de 526 organismos, representados por 3 filos, 5 clases, 11 ordenes, 19 familias y 19 géneros. Destaca en densidad la familia Leptohyphidae y en menor magnitud Leptoceridae, (fig. 5.27), estas familias forman parte del orden Efemeróptera y Tricóptera, los cuales se denominan como sensibles a las alteraciones y a la contaminación orgánica, ya que requieren hábitats con corriente y bien oxigenados.

Es importante mencionar que estuvo presente, aunque en una cantidad tan baja, que no se refleja en la gráfica de resultados, un molusco dulceacuícola, que actualmente para México se ha registrado como especie introducida e invasora, (Naranjo y Carrasco, 2014), pertenece a la familia Corbiculidae y el género es *Corbicula fluminea*.

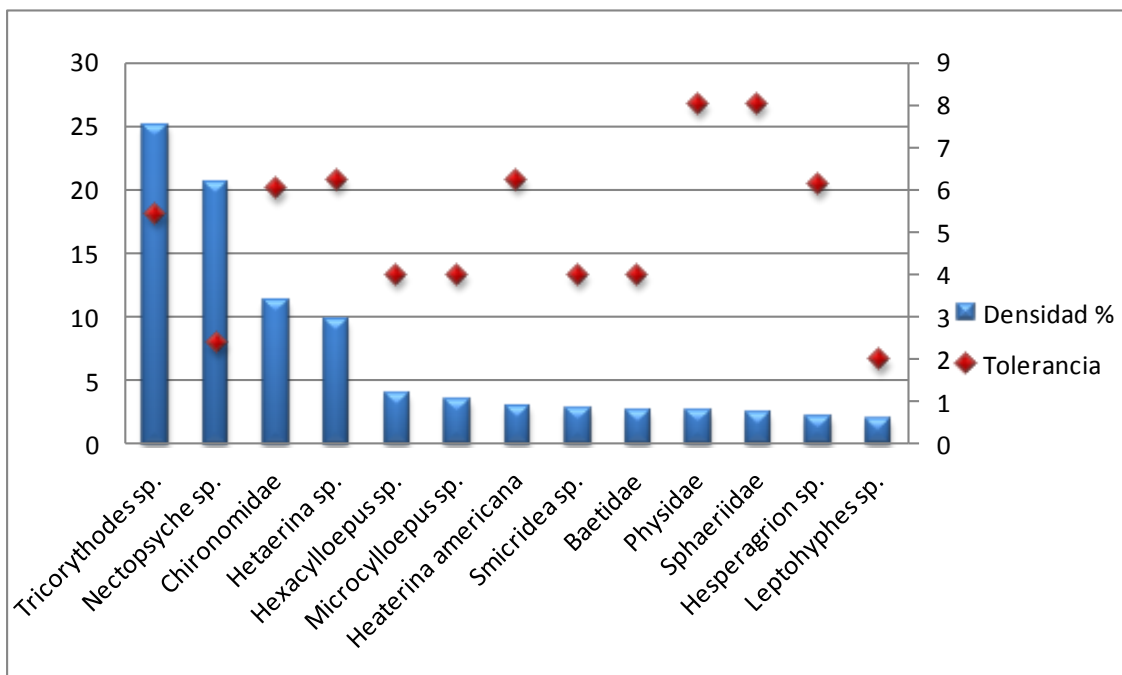


Figura 5.27. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Tlaltizapán-Dulce.

Este sitio obtuvo una calidad “Buena” (contaminación poco aparente), (cuadro 5.10), es uno de los sitios que presenta valores de índice de diversidad de los más altos del muestreo, de 2.46 de acuerdo al índice de Shannon Wiener y de 2.36 según el índice de Brillouin, resultado de su alta equitatividad (0.73).

Cuadro 5.10. Descriptores ecológicos de Tlaltizapán-Dulce

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
29	526	2.46	2.36	0.73	4.77	Buena

En cuanto a la estructura trófica, esta comunidad está representada nuevamente por los llamados recolectores/colectores (51%) explicado por la abundancia de la familia Leptohyphidae, los desmenuzadores son los segundos mayor representados (21%), depredadores (17%) y ya en menor proporción se encuentran los filtradores y raspadores con el 6%, (fig. 5.28).

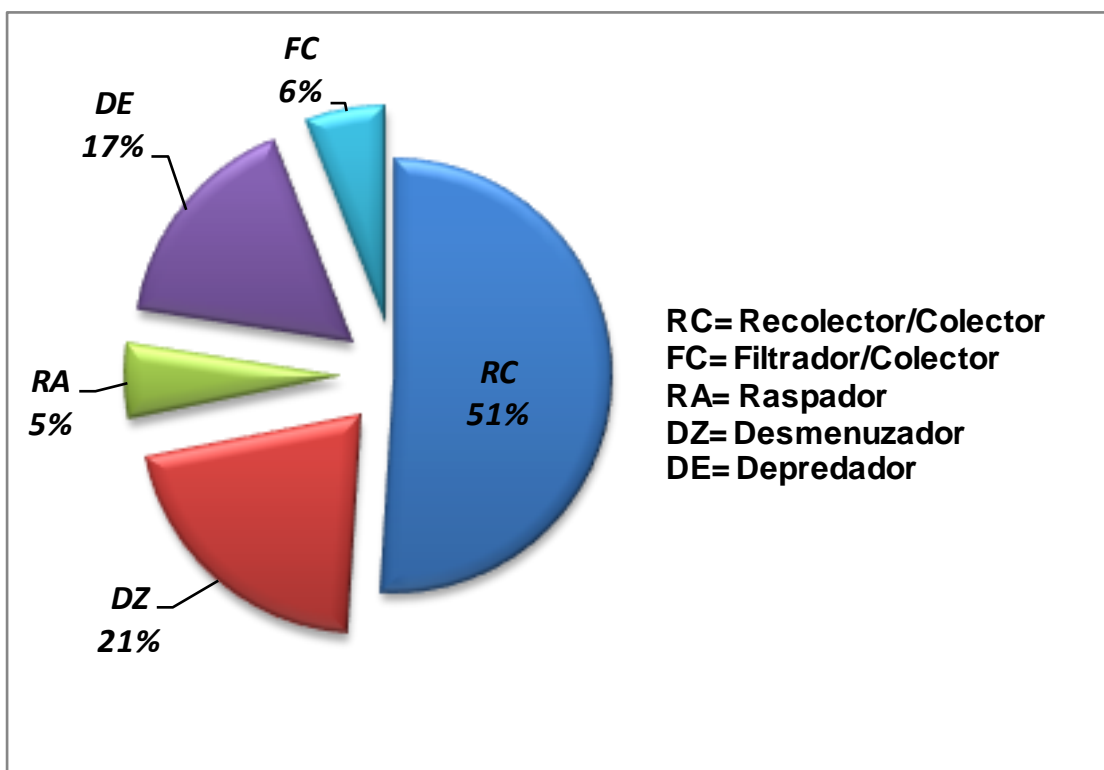


Figura 5.28. Estructura de la comunidad por grupo funcional alimenticio en Tlaltizapán-Dulce

### 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 1577 organismos, distribuidos en 4 filos, 5 clases, 13 ordenes, 26 familias y 23 géneros. La mayor abundancia la presenta la familia Chironomidae, (fig. 5.29), cuya presencia es común en los cuerpos acuáticos. Para este sitio también encontramos ejemplares de la familia Pseudothelphusidae. De esta manera, la presencia de familias con valores de tolerancia 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).

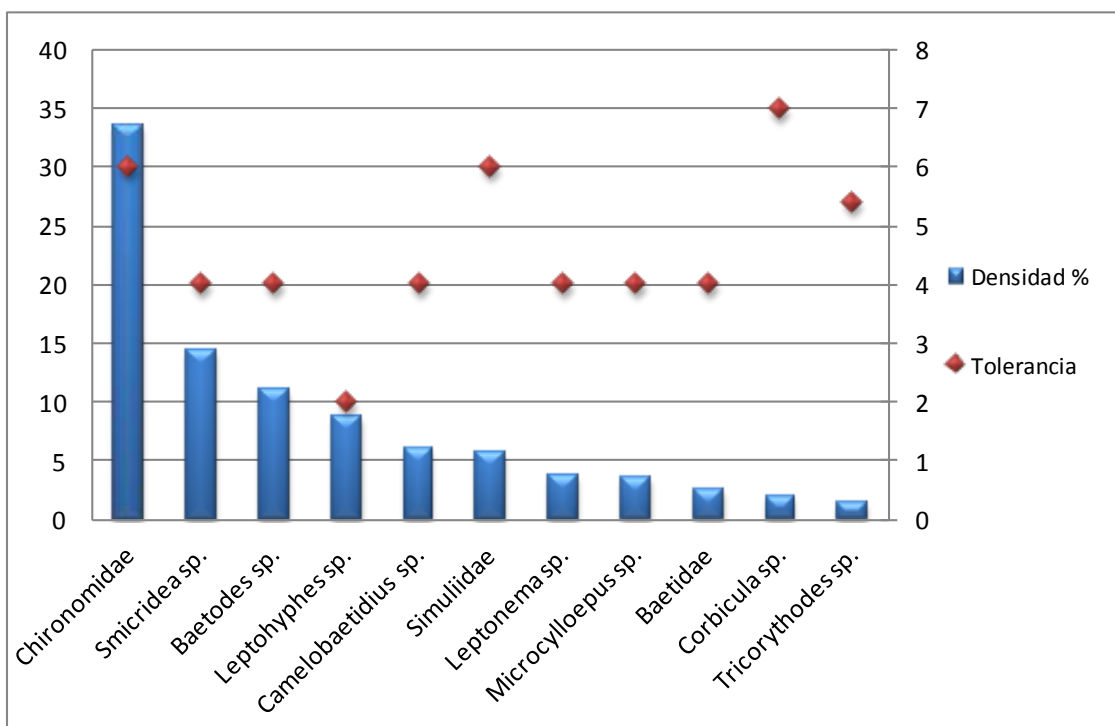


Figura 5.29. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia del Confluencia río Yautepec y río Dulce.

Este sitio presenta una riqueza de 41, la más alta, valor de diversidad de 2.28 de acuerdo al índice de Brillouin y 2.32 de acuerdo a Shannon, presentando una equitatividad de 0.62, (Cuadro 5.11).

Cuadro 5.11. 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
41	1577	2.32	2.28	0.62	4.80	Buena

La estructura trófica está dominada por recolector/colector con el 68%, a los que le siguen los filtradores 26%, los raspadores, 4% y depredadores con un 2%, (fig. 5.30).

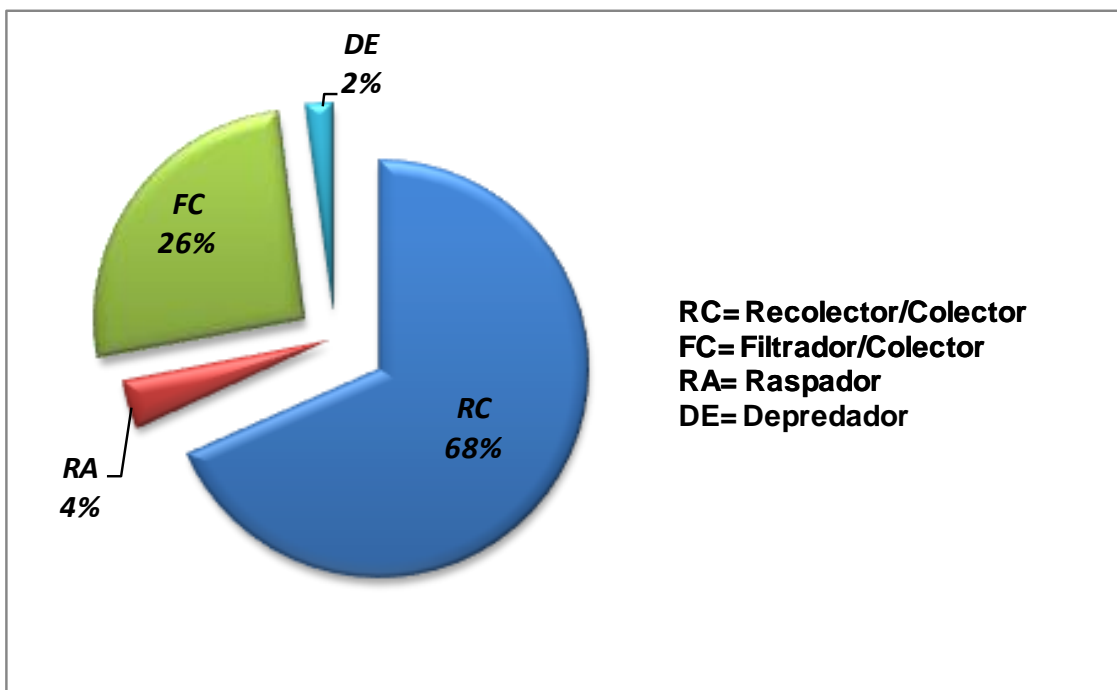


Figura 5.30. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Confluencia río Yautepec y río Dulce.

### Pedro Amaro

Este sitio a una altitud de 896 msnm, obtuvo un total de 143 taxa, representados en 2 filos, 6 clases, 12 órdenes, 15 familias y 10 géneros. La mayor abundancia está representada por la familia Leptohyphidae con el género *Tricorythodes*, los valores de tolerancia para los organismos encontrados, tienden a ser valores de organismos tolerantes, (fig. 5.31). Además se encontraron cuatro familias de moluscos, dentro de las cuales se encuentra Corbiculidae.

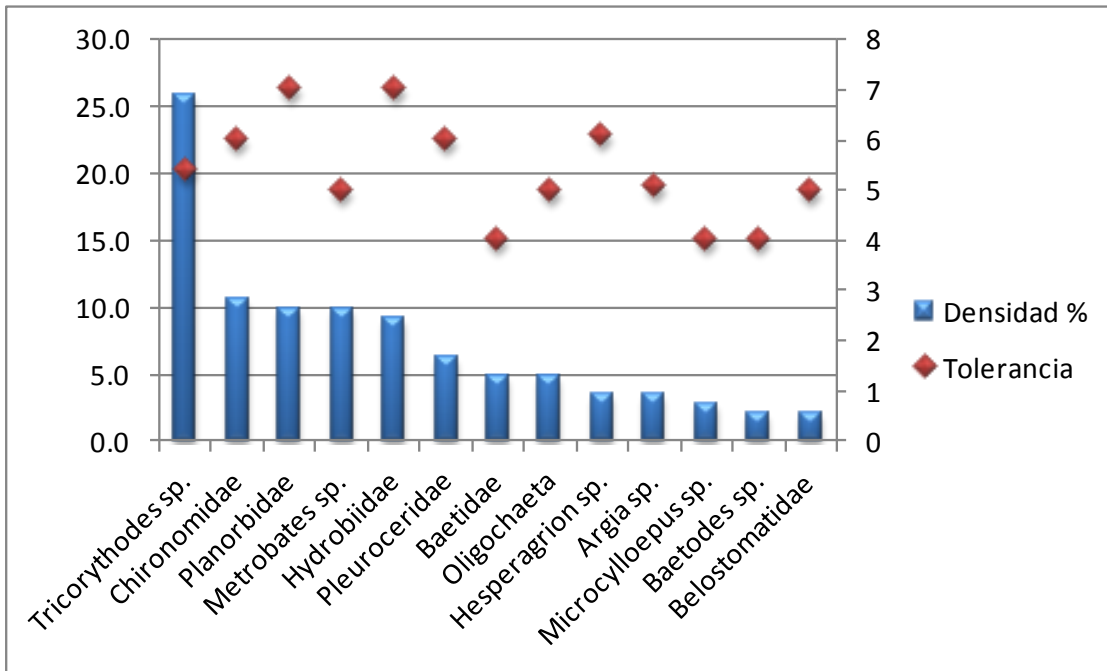


Figura 5.31. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Pedro Amaro.

De acuerdo a Hilsenhoff la calidad del agua se denomino “Regular” con un valor de 5.54, valor más cercano a la calidad de agua Buena y debido a que se presento una equitatividad de 0.82, los índices de diversidad nos mostraron valores de 2.47 para el índice de Shannon y 2.26 para el índice de Brillouin. (Cuadro 5.12).

Cuadro 5.12. Descriptores ecológicos de Pedro Amaro.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
20	143	2.47	2.26	0.82	5.54	Regular

La estructura trófica está dominada por recolector/colector con el 52%, a los que le siguen los raspadores 26%, pues se encontraron tres familias de moluscos, (Planorbidae, Hydrobiidae y Pleuroceridae), depredadores con un 20%, y filtradores y desmenuzadores con solamente el 1%. (fig. 5.32).



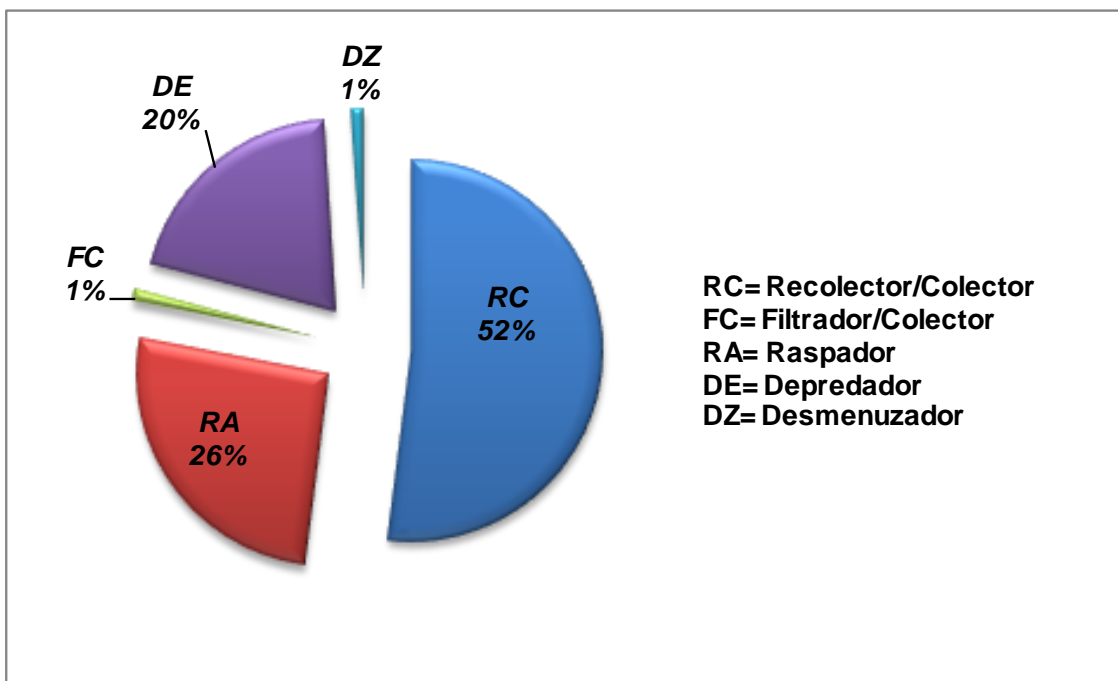
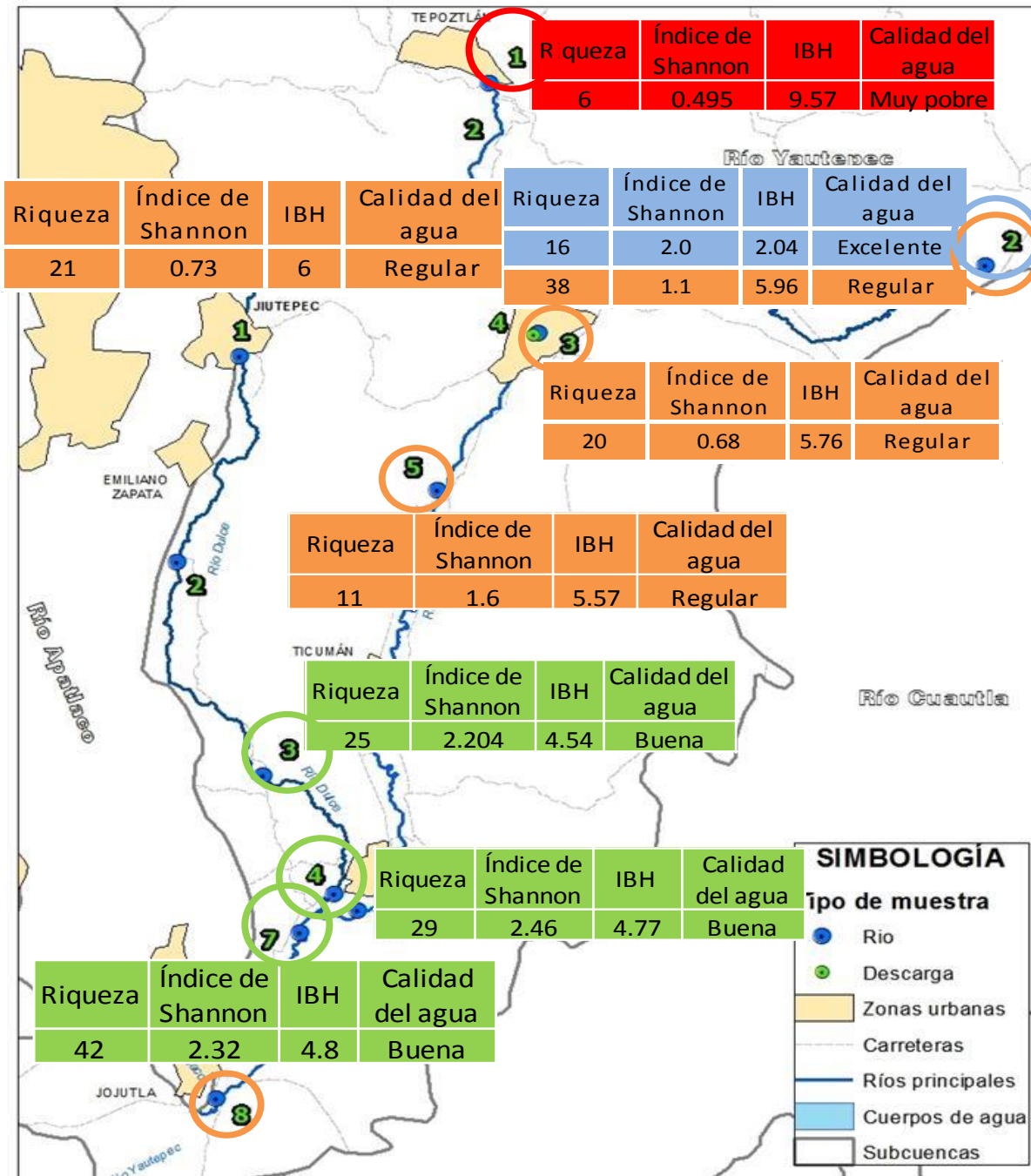


Figura 5.32. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Pedro Amaro.

La figura 5.33, muestra los valores de riqueza, índice de Shannon, índice biótico de Hilsenhoff y calidad del agua para cada sitio, ubicándolos en la cuenca Yautepec.

Figura 5.33. Descriptores ecológicos de acuerdo a la ubicación de los sitios, en la cuenca Yautepec.



### 5.4.3 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, cuadro 5.13.

Cuadro 5.13. Calificación visual por cada sitio, calificación y categoría a la que pertenecen.

C. Yautepec		
<i>Calidad Visual</i>	<i>Calificación</i>	<i>Categoría</i>
Tepoztlán	79	Marginal
El Bosque	208	Óptimo
Las Fuentes	166	Subóptimo
Centro IPN	64	Marginal
Acamilpa	127	Subóptimo
Tlaltizapán-Dulce	126	Subóptimo
Confluencia	177	Óptimo
Pedro Amaro	149	Subóptimo

#### 5.4.4 Análisis por localidad de la cuenca Cuautla

##### Piedra Blanca

Se colectó un total de 823 organismos distribuidos en 3 filos, 3 clases, 6 órdenes, 10 familias y 8 géneros. La mayor abundancia la presenta la familia Chironomidae, (fig. 5.34), 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).

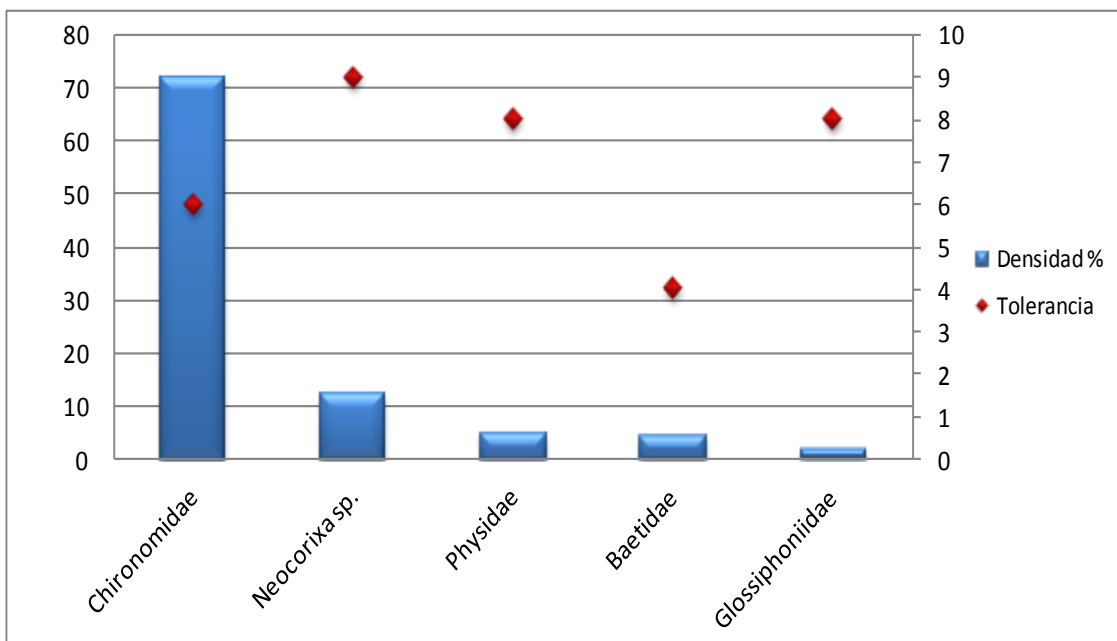


Figura 5.34. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Piedra Blanca.

Este sitio presenta una riqueza de 14, valor de diversidad de 1.08 de acuerdo al índice de Brillouin y 1.05 de acuerdo a Shannon, presentando una equitatividad de 0.41, (Cuadro 5.14).

Cuadro 5.14. Descriptores ecológicos de Piedra Blanca.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
14	823	1.08	1.05	0.41	6.47	Regular

La estructura trófica está dominada por el grupo funcional alimenticio, recolector/colector con el 77%, lo cual está dado por la elevada densidad de la familia de dípteros, Chironomidae, a los que le siguen los depredadores 18%, y en un porcentaje más bajo los raspadores, 5%, (fig. 5.35).

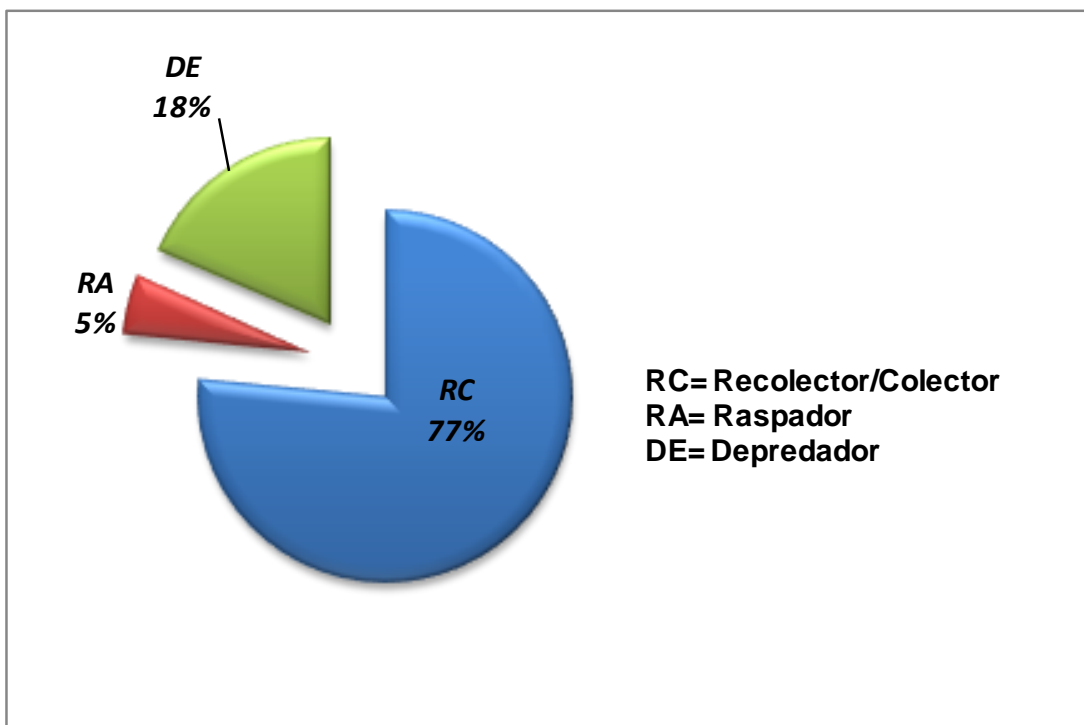


Figura 5.35. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Piedra Blanca

### Unidad Deportiva

Este sitio se encuentra a una altitud de 1068 msnm, en el río Cuautla, se encontró una densidad total de 6309 organismos, de los cuales, domina por su presencia, un anfípodo de la familia Hyalellidae, (fig. 5.36), 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). Se encuentran distribuidos en 4 filos, 6 clases, 8 ordenes, 8 familias y 2 géneros. Al ser *Hyalella azteca*, 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 filo Mollusca, (Physidae), que de igual manera le confieren valores de tolerancia elevados, lo que resulta en un alto valor de la calidad del agua de 7.68 y con lo cual se determinó como “Muy pobre”, de acuerdo al índice biótico de Hilsenhoff,

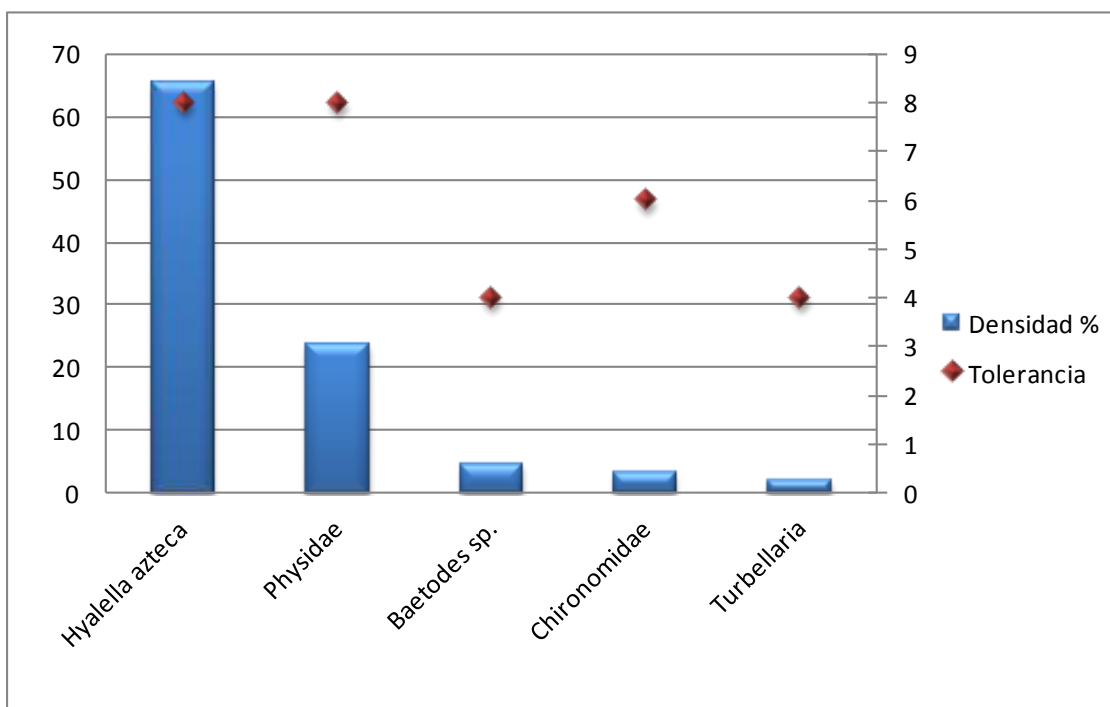


Figura 5.36. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Unidad Deportiva.

Este sitio presenta una riqueza de 10, valor de diversidad de 1.00 de acuerdo al índice de Brillouin y de Shannon, presentando una equitatividad de 0.44, (Cuadro 5.15).

Cuadro 5.15. Descriptores ecológicos de Unidad Deportiva.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
10	6309	1.00	0.44	1.00	0.44	7.68

La estructura trófica está dominada por el grupo funcional alimenticio, recolector/colector con el 74%, lo cual está dado por la elevada densidad de la familia de anfípodos, Hyalellidae, a los que le siguen los raspadores 24%, y en un porcentaje más bajo los depredadores, 2%, (fig. 5.37).

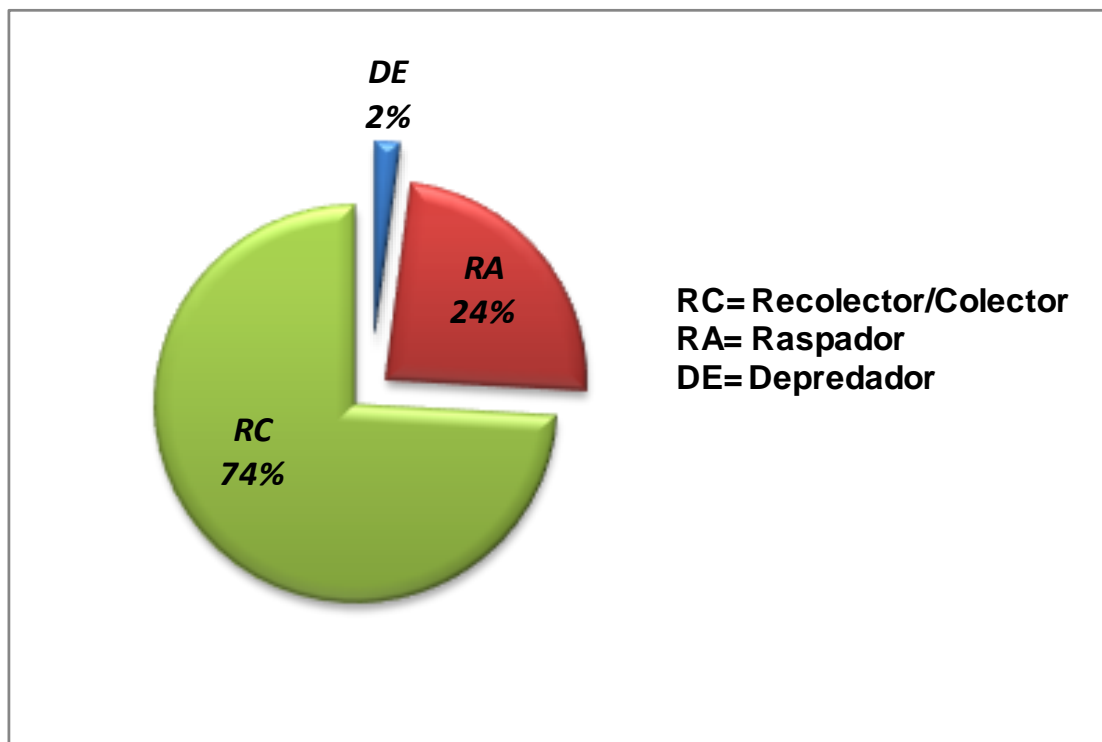


Figura 5.37. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Unidad Deportiva.

### López Portillo

Este sitio se encuentra a una altitud de 1253 msnm, en el río Cuautla, en la ciudad de Cuautla. Se encontró una densidad total de 5,569 organismos, distribuidos en 2 filos, 3 clases, 5 ordenes, 6 familias y 4 géneros, de los cuales, domina por su presencia la familia Chironomidae, los cuales se consideran con tolerancia a las alteraciones del sistema, lo que confiere una calidad del agua "Pobre", (contaminación muy significativa), (cuadro 5.16), para este sitio, de acuerdo a Hilsenhoff. Cabe mencionar que esta familia del orden Díptera, son conocidos como (Chironomidae rojos), ya que presentan hemoglobina en su sistema circulatorio, lo que les permite vivir en lugares en donde la concentración de oxígeno es baja, y en donde difícilmente pueden habitar otro tipo de organismos, de ahí su elevada densidad. En la figura 5.38 observamos las familias encontradas

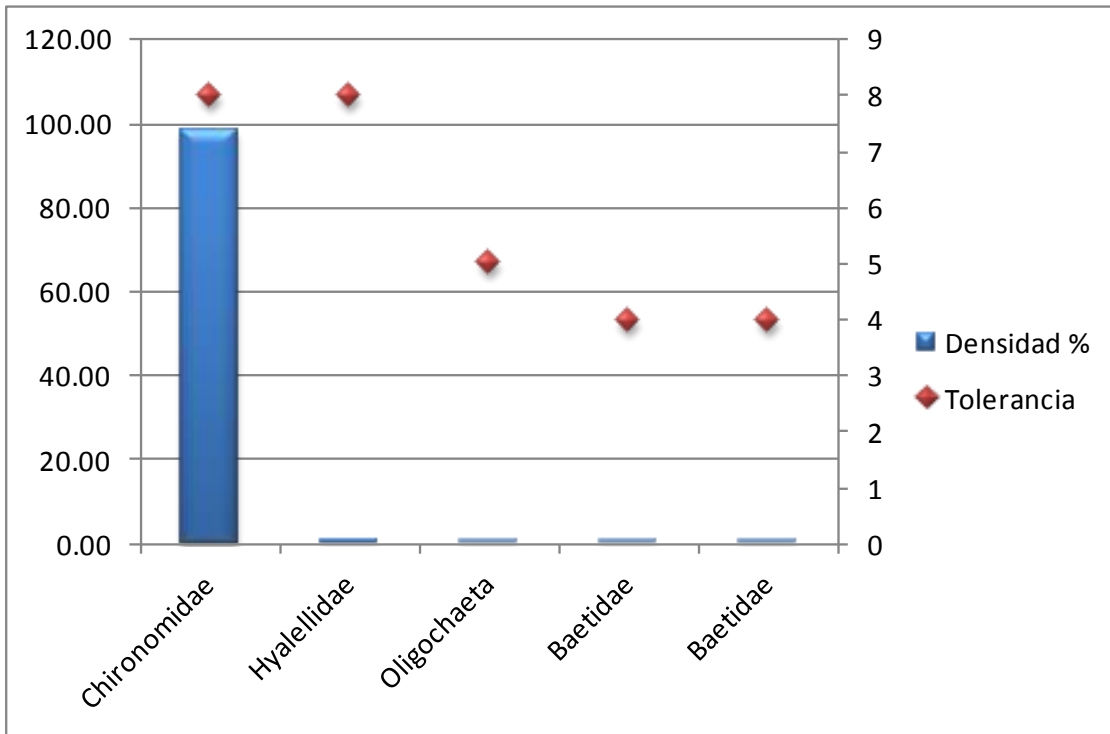


Figura5. 38. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de López Portillo.

Debido a su baja riqueza y elevada dominancia por una taxa, los valores de diversidad son de 0.012 es decir no hay diversidad en este sitio.

Cuadro 5.16. Descriptores ecológicos de López Portillo.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
9	5569	0.12	0.12	0.06	7.96	Pobre

El análisis de la estructura trófica indica que esta comunidad también se encuentra dominada por los recolectores/colectores, grupo al que pertenece la familia dominante del sitio, siendo además, que los pocos organismos que se encontraron, aparte de Díptera, de igual manera forman parte de este grupo funcional alimenticio. (Fig. 5.39).



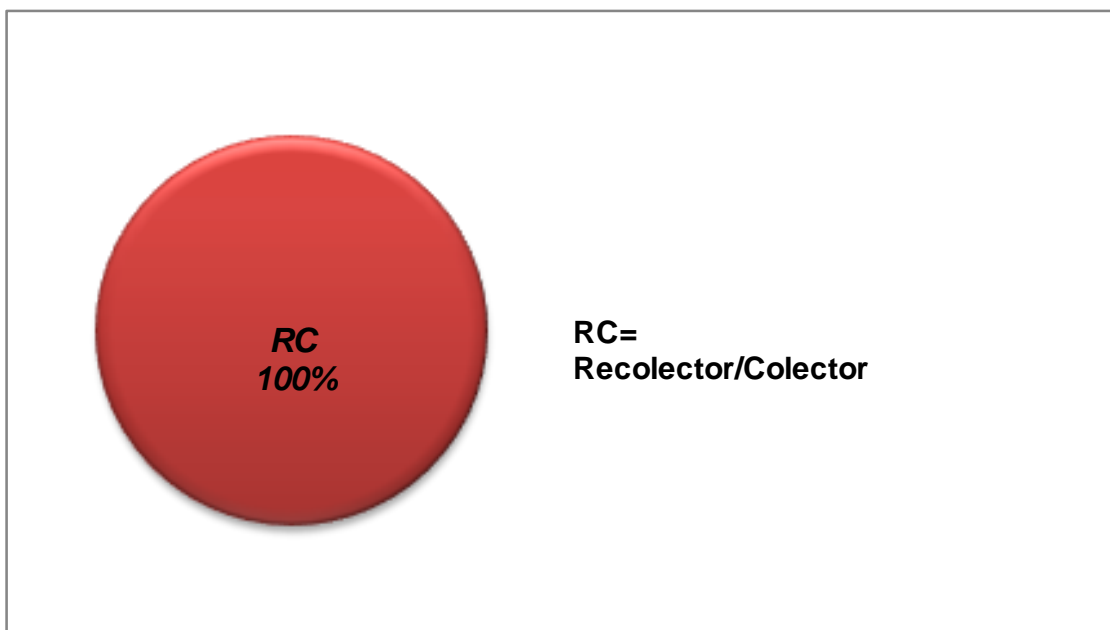


Figura 5.39. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de López Portillo.

### San Rafael

Este sitio se encuentra a una altitud de 1001 msnm. Cuenta con un total de 1415 organismos, representados en 2 filos, 3 clases, 9 ordenes, 20 familias y 25 géneros. Destaca en densidad la familia Hydropsychidae, Baetidae con el género *Baetodes sp*, Simuliidae y Chironomidae, en menor magnitud. También en este sitio encontramos 2 ejemplares de la familia Pseudothelphusidae. Los organismos presentes poseen valores de tolerancia más bien intermedios entre intolerantes y tolerantes, (Fig. 5.40).

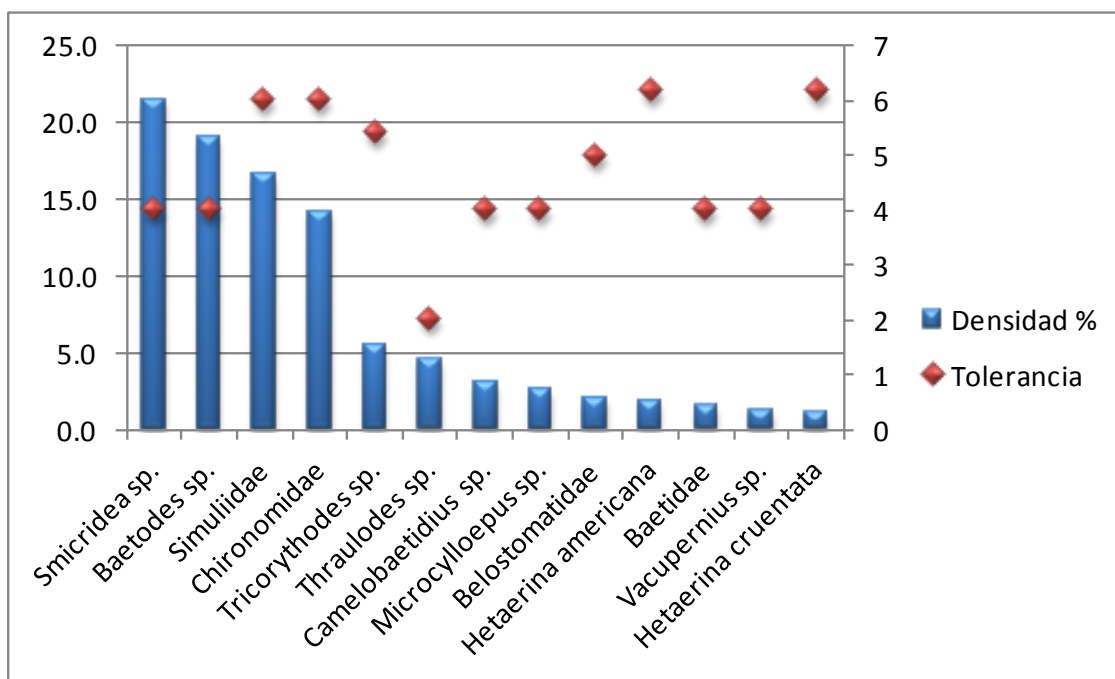


Figura 5.40. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de San Rafael.

Este sitio obtuvo una calidad “Buena” (contaminación poco aparente), es uno de los sitios que presenta valores de índice de diversidad de los más altos del muestreo, de 2.33 de acuerdo al índice de Shannon Wiener y de 2.29 según el índice de Brillouin, resultado de su equitatividad (0.66). (Cuadro 5.17).

Cuadro 5.17. Descriptores ecológicos de San Rafael.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
35	1415	2.33	2.29	0.66	4.67	Buena

En cuanto a la estructura trófica, esta comunidad está representada nuevamente por los llamados recolectores/colectores (54%), los filtradores son los segundos mayor representado (38%), y los menos presentes son los depredadores (7%) y desmenuzadores (1%). (Fig. 5.41).

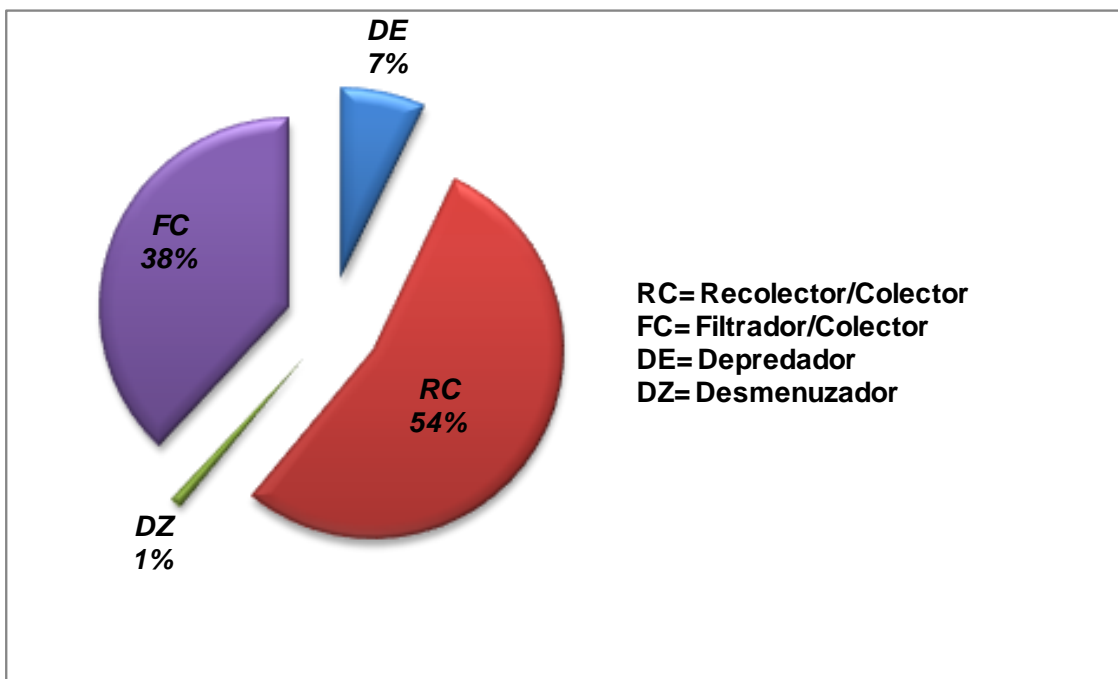


Figura 5.41. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de San Rafael.

### Ixtoluca

Ixtoluca se encuentra en la parte baja de la cuenca a una altitud de 866 msnm. Se colectó un total de 1451 organismos distribuidos en 3 filos, 3 clases, 10 ordenes, 22 familias y 25 géneros. Se observa que la familia más abundante es Leptohiphidae, con el género *Leptohiphes*, el cual es sensible a la contaminación orgánica de acuerdo a su valor de tolerancia, además también se encuentran bien representados otras familias con valores de tolerancia bajos, (fig.5.42), como son los géneros representados por las familias del orden Ephemeroptera, Baetidae y Leptophlebiidae, del orden Trichoptera, Hydropsychidae y coleópteros de la familia Elmidae, además de Chironomidae la única familia tolerante cuya presencia es común en los cuerpos acuáticos.

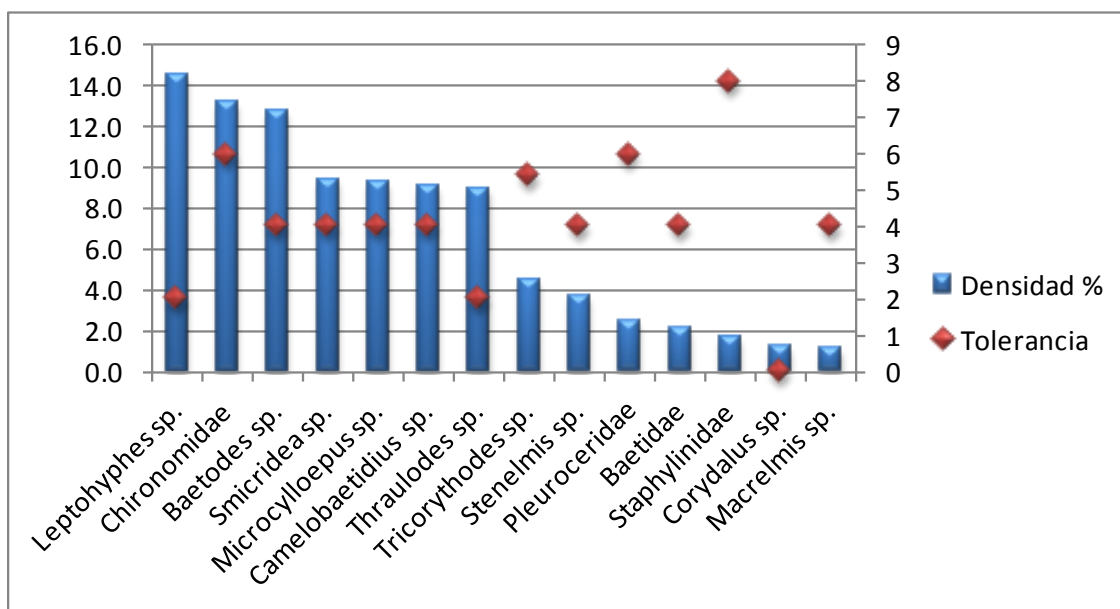


Figura 5.42. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Ixtoluca.

Ixtoluca es el tercer sitio con el mejor valor de índice biótico de Hilsenhoff, el cual le confiere un denominación de la calidad del agua de “Muy buena”, además de los valores elevados de riqueza con 37, valor de diversidad de 2.58 de acuerdo al índice de Brillouin y 2.63 de acuerdo a Shannon, presentando una equitatividad de 0.75, (Cuadro 5.18).

Cuadro 5.18. Descriptores ecológicos de Ixtoluca.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
37	1451	2.63	2.58	0.75	4.00	Muy buena

La estructura trófica está dominada por recolector/colector con el 80%, a los que le siguen los filtradores 12%, dentro de los organismos filtradores encontrados para este sitio se encuentra el bivalvo invasor *Corbicula fluminea*, para los depredadores se encontró un 5%, y los raspadores 3%, se encuentran presentes casi todos los grupos funcionales alimenticios, aun así dominan los recolectores/colectores, lo cual parece ser de esperar para este tipo de río. (Fig. 5.43).

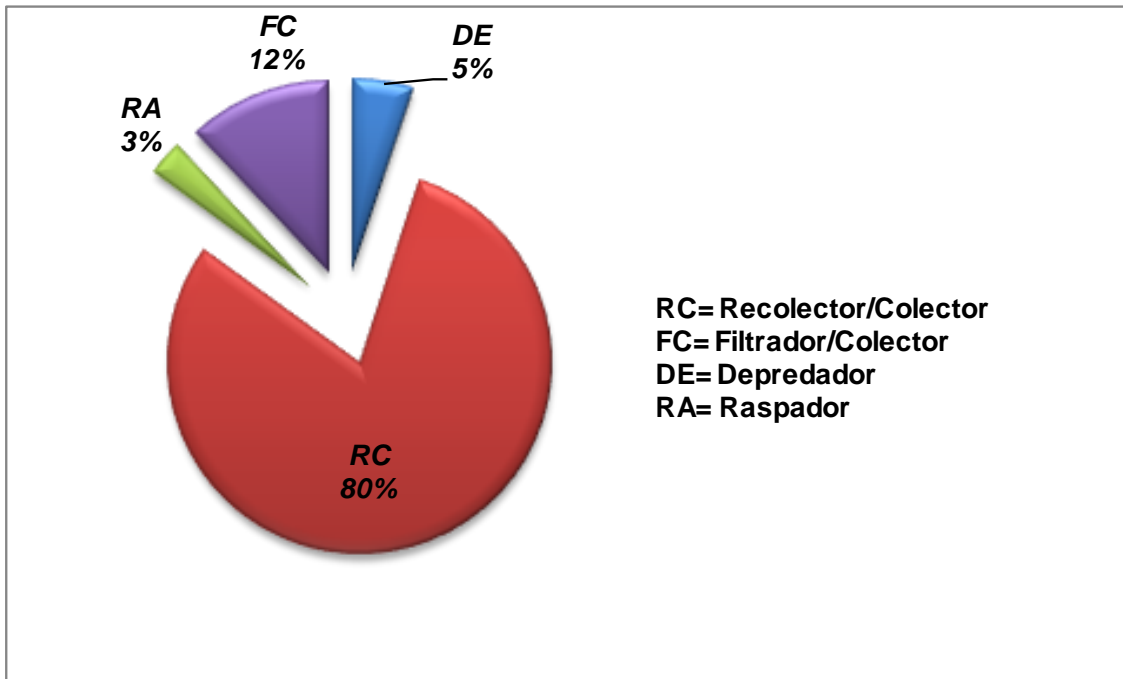


Figura 5.43. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Ixtoluca.

**Nexpa**

Es el sitio en la parte más baja de la cuenca, a una altura de 791 msnm en el cual se colectó un total de 1282 organismos distribuidos en 2 filos, 3 clases, 12 ordenes, 20 familias y 28 géneros. Se observa que la familia más abundante es Baetidae, con el género *Baetodes*. (Fig. 5.44).

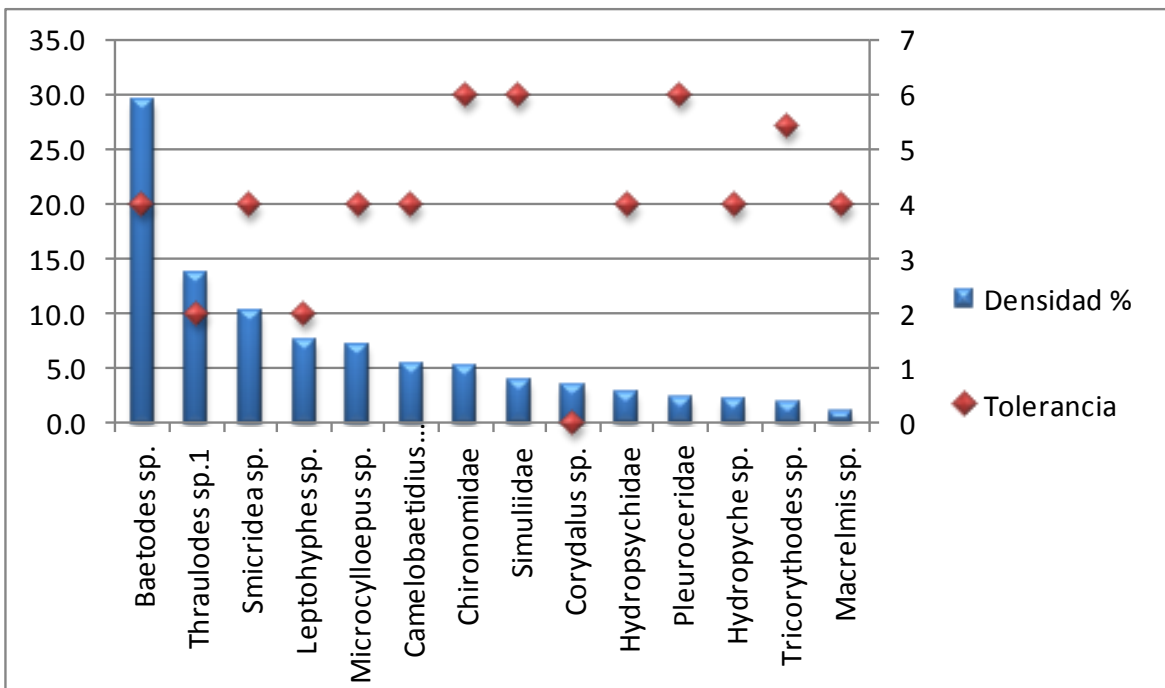


Figura 5.44. Comunidad de macroinvertebrados y valores de tolerancia de Nexpa.

Nexpa es el segundo sitio con el mejor valor de índice biótico de Hilsenhoff, el cual le confiere un denominación de la calidad del agua de “Muy buena”, además de los valores elevados de riqueza con 36, valor de diversidad de 2.38 de acuerdo al índice de Brillouin y 2.43 de acuerdo a Shannon, presentando una equitatividad de 0.68, (Cuadro 5.19).

Cuadro 5.19. Descriptores ecológicos de Nexpa.

Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Índice de Brillouin	Equitatividad Brillouin	Índice Biótico de Hilsenhoff	Calidad del Agua
36	1282	2.43	2.38	0.68	3.71	Muy buena

La estructura trófica está dominada por recolector/colector con el 73%, a los que le siguen los filtradores 19%, dentro de los cuales se encuentra el bivalvo introducido de la familia Corbiculidae, los depredadores 5%, y los raspadores 2%, se encuentran presentes casi todos los grupos funcionales alimenticios, aun así dominan los recolectores/colectores, lo cual también parece ser de esperar para este tipo de río. (Fig. 5.45).

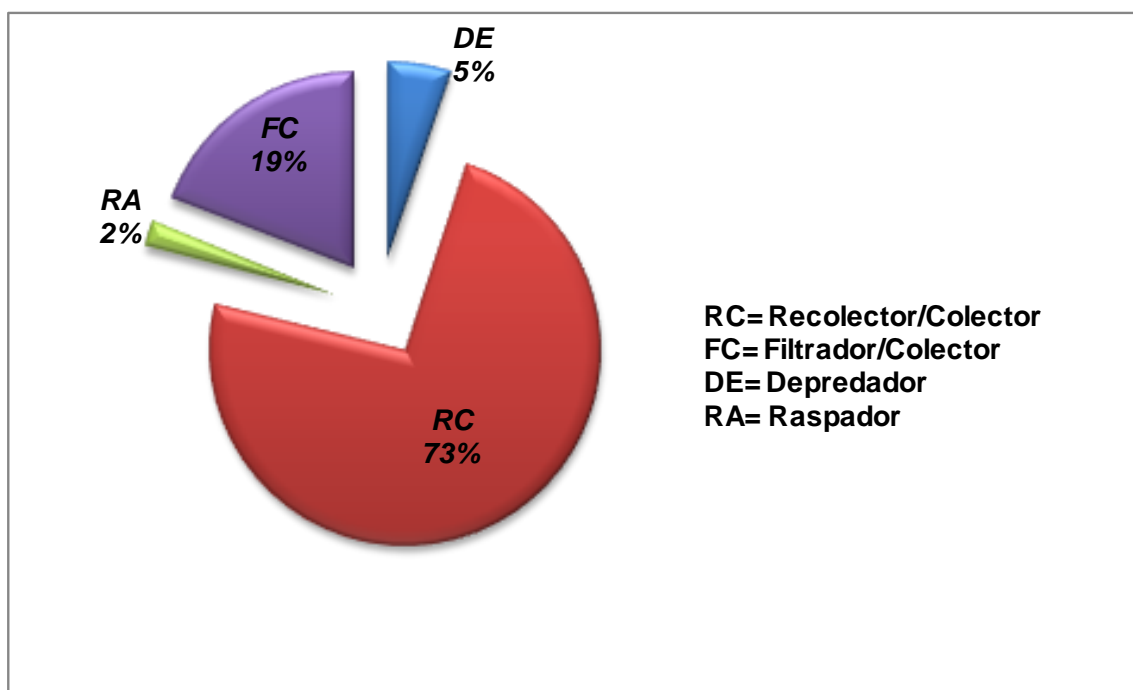


Figura 5.45. Estructura de la comunidad por Grupo funcional alimenticio de Nexpa.

#### 5.4.5 Valoración de la calidad ambiental visual para la cuenca Cuautla:

En el cuadro 5.20, 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.

Cuadro 5.20. 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

La figura 46 muestra los valores de riqueza, índice de Shannon, índice biótico de Hilsenhoff y calidad del agua para cada sitio, ubicándolos en la cuenca Cuautla.

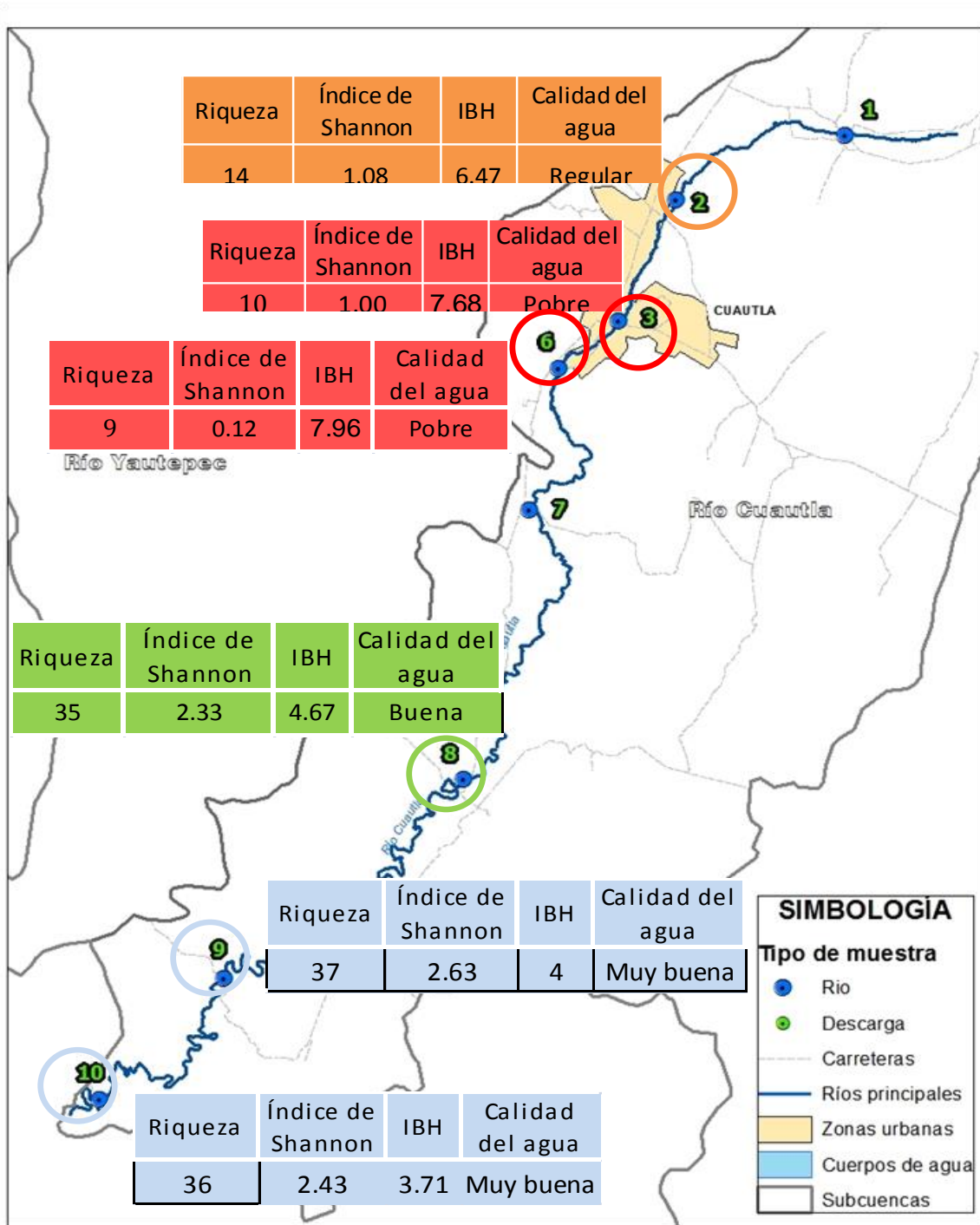


Figura. 5.46. Descriptores ecológicos de acuerdo a la ubicación de los sitios, en la cuenca Cuautla.



## 5.5 Discusión

### 5.5.1 Cuenca Yautepec

En el arroyo Apaquentzalco, a una altitud de 1640 msnm se encuentra el primer sitio de muestreo para la cuenca, 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 adaptadas para obtener oxígeno del exterior del cuerpo de agua.

Los sitios entre la altitud de 1345-1518 msnm, ubicados en el río Yautepec y río Dulce, son sitios en los cuales, a simple vista, se observan buenas condiciones del hábitat, puesto que estos se alimentan de manantiales muy cercanos al río, que les confieren características diferentes a otros sitios de la cuenca y por las cuales se encuentra y se espera mayor diversidad de organismos, los cuales poseen requerimientos más específicos y exclusivos; como fue para el caso de el sitio El Bosque, en donde se tomaron muestras de un manantial que fluye directamente hacia el río y para el cual, encontramos que tenía un valor de calidad del agua “Excelente”, con organismos que no se encontraron en otros sitios y que además son altamente sensibles a la contaminación y alteración de su hábitat.

Sin embargo, en todos los sitios, existe dominancia de un solo grupo y precisamente de un orden que se considera tolerante a los cambios de su hábitat, lo que le da ventaja sobre otros y motivo por el cual podríamos señalar que existe algún tipo evidente de alteración al cauce, reflejado en esta elevada densidad de organismos, que por ende, no debería presentarse para estos tipos de ríos.

El siguiente sitio, hacia la parte baja (a 1068 msnm), en el río Yautepec, es Centro IPN, se encuentra después de haber pasado por la población de Yautepec, presenta calidad del agua “Regular”, y los valores de riqueza son bajos, así como los gremios tróficos incluyen solamente a los recolectores/colectores y raspadores, haciendo notar la presencia de alguna presión que modifica

las condiciones y que favorece la presencia de organismos tolerantes en su mayoría y que han desplazado a aquellos más estrictos en sus requerimientos.

En la parte baja a una altitud entre 921-984 msnm, se encontró, que los sitios, Acamilpa y Tlaltzapán-Dulce, ubicados en el río Dulce, tributario del Yautepec, obtuvieron calidad del agua “Buena”, es decir, se encontraron tanto organismos sensibles, como tolerantes a la contaminación, indicando que la contaminación es poco aparente; con valores de riqueza y diversidad altos, 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. 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.

Por consecuencia, los resultados obtenidos en el río Yautepec después de 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 y de organismos sensibles. Así como la presencia de especies de gran importancia, como es el crustáceo de la familia Pseudothelphusidae, el cual, se sabe que representan un componente importante en los ecosistemas dulceacuícolas, pues se encargan del procesamiento de la materia orgánica, y forman parte importante de la cadena trófica.

### **5.5.2 Cuenca Cuautla**

Para esta cuenca no hay duda que aquellos sitios cercanos a las poblaciones están recibiendo una fuerte presión, ya que aquellos sitios que se encuentran desde los 1253-1399, todos presentan resultados de contaminación evidente, además, el cauce se ve afectado debido a la derivación del agua, destinada para el riego, razón por la cual se presentó un sitio en el cual no se pudieron tomar muestras puesto que no llevaba nada de agua al momento del muestreo, además de que se observó la presencia de descargas directas hacia el cauce. Los resultados de la estructura

de la comunidad también indican alteración en este punto, al dominar la presencia de organismos considerados muy tolerantes a la contaminación orgánica. En los sitios que fluyen hacia la parte baja de la cuenca entre los 791 y 1000 msnm, observamos que todos los sitios, presentan una clara mejoría en cuanto al estado de los cuerpos de agua y estructura de la comunidad, ya que presentan altos valores de riqueza, de índice de diversidad e índice de calidad del agua favorables, además de presentar una estructura de la comunidad más o menos adecuada para el tipo de río, aun así, también se observa que existen factores que están afectando de manera importante al cauce, y así la presencia y distribución de organismos, pues podemos observar que a pesar de ser ríos con alta velocidad en la corriente, se encuentran presentes cantidades anómalas de partículas finas.

Para el análisis de EPT, encontramos que, del total de sitios en ambas cuencas, seis de ellos cuentan con más del 50% de estos tres órdenes, lo que 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 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.

Es importante mencionar también que, en cuanto a la frecuencia de especies, encontramos que las que se presentaron en la mayoría de los sitios muestreados fueron las siguientes familias, Chironomidae, (100%) y Ceratopogonidae (70%) del orden Díptera, Physidae, (100%), Elmidae, (70%) del orden Coleóptera, Baetidae (70%) y Leptohyphidae (70%), del orden efemeróptera. El que familias como Physidae, Chironomidae y Ceratopogonidae, se encuentren de manera frecuente, podría ser indicio de inestabilidad dentro del cuerpo de agua, por tener rangos de tolerancia relativamente amplios, al contrario familias como Leptohyphidae, Baetidae, Hydropsychidae y Elmidae son característicos de aguas limpias, sin embargo, ya que las identificaciones taxonómicas no se hicieron en algunos casos hasta el nivel de género podríamos encontrar dentro de estas, organismos, igualmente, con un amplio rango de tolerancia en cuanto a perturbaciones del hábitat se refiere.

## 5.6 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 cauce, 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. Sin embargo podemos hablar nuevamente del poder de resiliencia del río, en el cual se debe evitar a toda costa la alteración de riberas y vegetación riparia.

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, como la encontrada, (*Corbicula flaminea*), pues representan un problema tanto en aguas lóxicas 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.

## 5.7 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
- Álvarez, F. and Villalobos, J.L. 1997b. Decápoda. p. 433-438. 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.
- 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.
- Britton, J. C., y Fuller, L. H. 1980. The freshwater bivalve mollusca (Unionidae, Sphaeriidae, Corbiculidae) of the Savannah river plant, South Carolina. The Savannah River Ecology Laboratory, A Publication of the Savannah River Plant National Environmental Research Park Program. United States Department of Energy. 37 pp.
- 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.
- López, E., Sedeño, J.E., Tapia P. y Oliveros, E. 2009. Invasive mollusks *Tarebia granifera* Lamarck, 1822, and *Corbicula fluminea* Müller, 1774, in the Tuxpam and Tecolutla rivers, Mexico: Spatial and seasonal distribution patterns. *Aq. Inv.* 4(3):435-450.
- 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.
- Naranjo-García, E. y M.T. Olivera-Carrasco. 2014. Moluscos dulceacuícolas introducidos e invasores. En Mendoza R. y Koleff P. (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 337-345.
- 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): 97–107.
- 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.



## **6. Sistema de información geográfica para estudio de los indicadores de integridad ecológica y salud ambiental en las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepac**

### **6.1. Introducción**

El presente documento describe la implementación del software *OpenGeo Suite* (conjunto de herramientas para dar soporte a la creación de aplicaciones web geográficas y a la publicación de datos geoespaciales, ver anexo A) (*Boundless*). Entre las herramientas se encuentra *GeoServer* encargado de proveer acceso a las fuentes geoespaciales mediante estándares *OGC* (*Open Geospatial Consortium*) (*OSGeo-Live*), base de datos *PostGIS* que brinda soporte al manejo de datos espaciales, *Boundless SDK* (basado en el framework *GeoExt* y la librería *OpenLayers*) para el desarrollo de aplicaciones web map y *OpenGeo suite Explorer* es un plugin para la configuración de los componentes de *OpenGeo suite* a través de *QGIS desktop*.

Los sistemas de información vienen a formar un fuerte instrumento para la toma de decisiones hoy en día, ya que ofrecen aspectos acerca de cómo se está comportando un objeto en el espacio geográfico, ahora bien con la ayuda de herramientas de software libre o mejor conocidos como “*Open Source*”, que brindan la posibilidad de realizar o crear un sistema de información que puede ser de fácil acceso para más usuarios, se tiene la ventaja de obtener buenos resultados a un menor costo.

### **6.2. Objetivo**

Desarrollar un visor de información geográfica para la consulta de información de las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepac.

### **6.3. Planteamiento del proyecto**

Se requiere de una aplicación que permita visualizar datos geográficos temáticos (hidrología, topografía, vegetación y uso del suelo, climatología, biodiversidad, geología, edafología, etc.) correspondientes a las subcuencas de los ríos Yautepec y Cuautla. Dicha aplicación deberá proporcionar acceso a consulta de datos geográficos a los usuarios que se encuentren involucrados en el proyecto. Con base a lo anterior es necesario implementar o desarrollar una aplicación web, donde los usuarios puedan visualizar los datos espaciales y consigan una toma de decisiones efectiva.

Para ello es necesaria la implementación de tecnologías web, en nuestro caso *OpenGeo Suite (Boundless)*, que proporciona herramientas libres, con soporte para manejo de información geográfica.

### **6.4. Metodología**

La metodología utilizada para el desarrollo del sistema de información geográfica incluye las etapas de análisis, diseño, implantación, programación y pruebas (ver figura 6.1), este tipo de modelo de desarrollo, también es conocido como lineal secuencial.

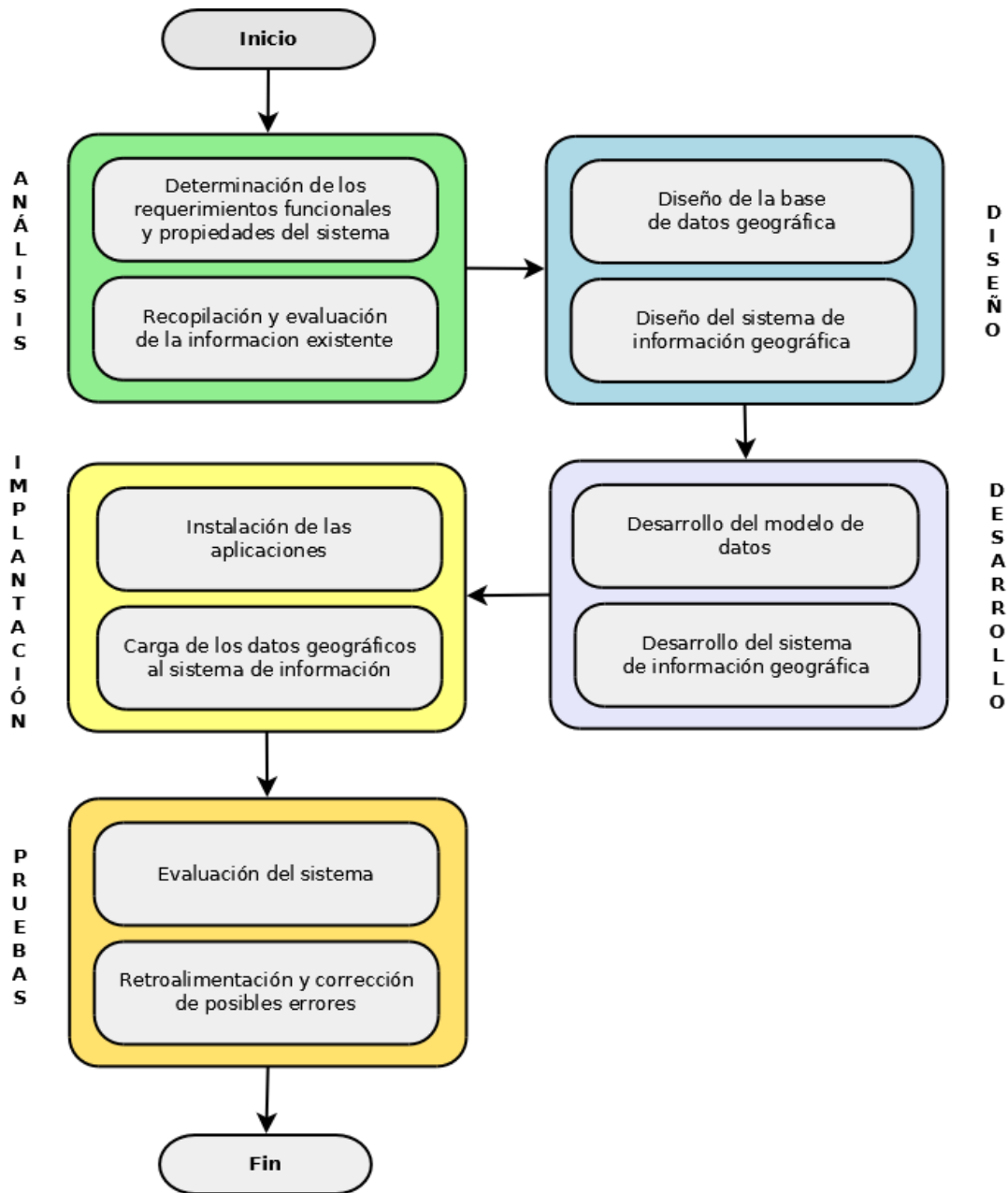


Figura 6.1. Metodología de desarrollo.

#### 6.4.1. Análisis.

**Análisis:** verificar que requerimientos debe cumplir el sistema de información geográfica (SIG) en lo que refiere a las funcionalidades, propiedades, comportamiento, rendimiento y seguridad.

De acuerdo a la metodología de desarrollo, surgen las siguientes actividades:

- ✚ Determinación de los requerimientos funcionales y propiedades del sistema.

Se analizan las funciones básicas que debe cumplir el sistema, así como los requerimientos funcionales y no funcionales, disponibilidad, rendimiento y seguridad.

- ✓ **Requerimientos funcionales:** las operaciones que ha de realizar el sistema (carga de datos vectoriales, consulta de información, simbología que representa las capas desplegadas en el visor, herramienta para medir cierta área o longitud en el mapa).
- ✓ **Requerimientos no funcionales:** es referirse a las herramientas de software que permiten se lleven a cabo los requerimientos funcionales sin que el usuario necesite tener conocimiento de estas.
- ✓ **Disponibilidad:** es cuando el sistema de información está disponible para todos los usuarios en el momento que lo necesiten.
- ✓ **Rendimiento:** que no importa cuántos usuarios necesiten usar la aplicación, esta debe dar soporte a todos.
- ✓ **Seguridad:** que la información que se despliega en el visor no pueda ser modificada por cualquier usuario, a menos que sea necesario.

- ✚ **Recopilación y evaluación de la información existente.** Se realizó una búsqueda de información temática (hidrología, topografía, vegetación y uso del suelo, climatología, biodiversidad, geología, edafología entre otros), para determinar qué datos hay en

existencia y cuáles serán los que se visualizarán en el sistema de información. Esto con la finalidad de tener información de fuentes confiables.

#### 6.4.2. Diseño.

**Diseño:** en esta etapa se presentan los modelos que definen la estructura del sistema de información y la base de datos.

- + Diseño de la base de datos geográfica. Se representan los componentes y sus relaciones, para conocer de forma general la estructura de la base de datos. A continuación se representa la estructura de la base de datos ordenada por temática (ver figura 6.2).

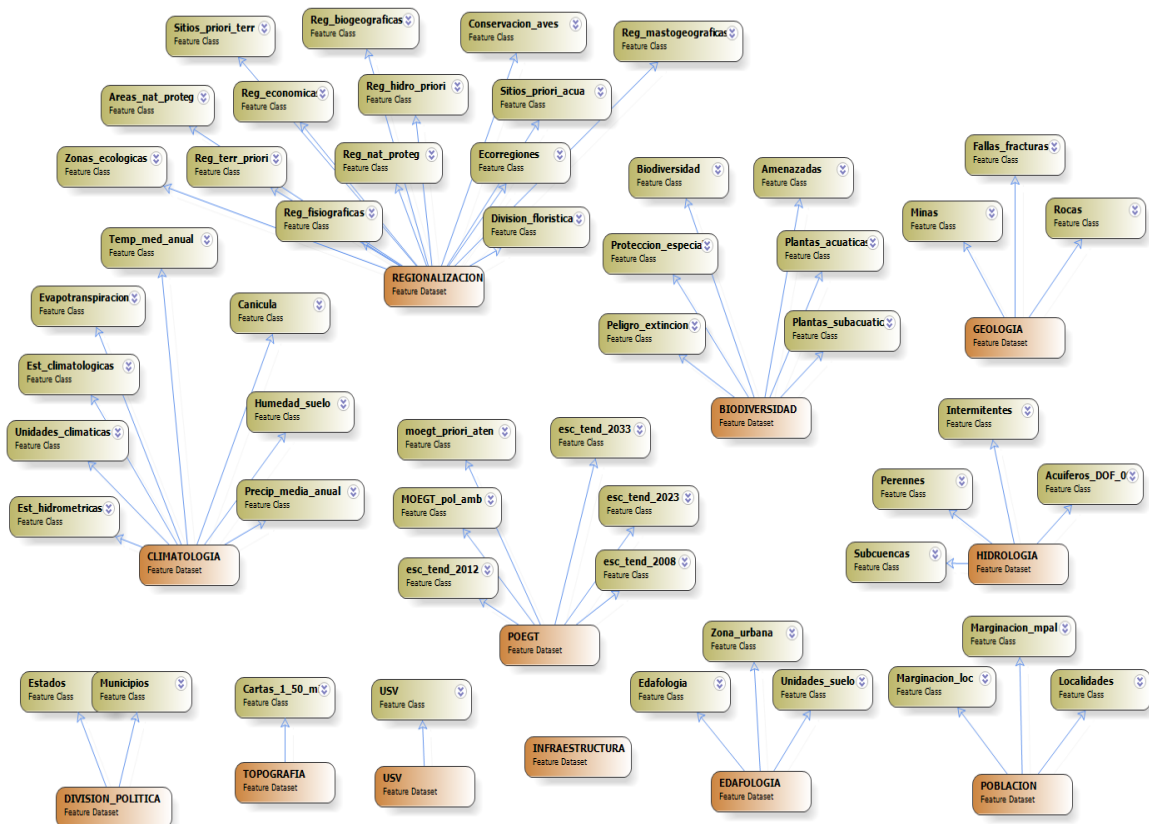


Figura 6.2. Estructura de la base de datos geográfica.

- + Diseño del sistema de información geográfica (interfaz de usuario, ver figura 6.3). El SIG debe presentar una interfaz que tenga herramientas necesarias para manipular la información, por ejemplo botones para cargar y eliminar capas vectoriales, además de herramientas para el desplazamiento, indicadores para la escala visible y la posición en la que se encuentra el cursor.

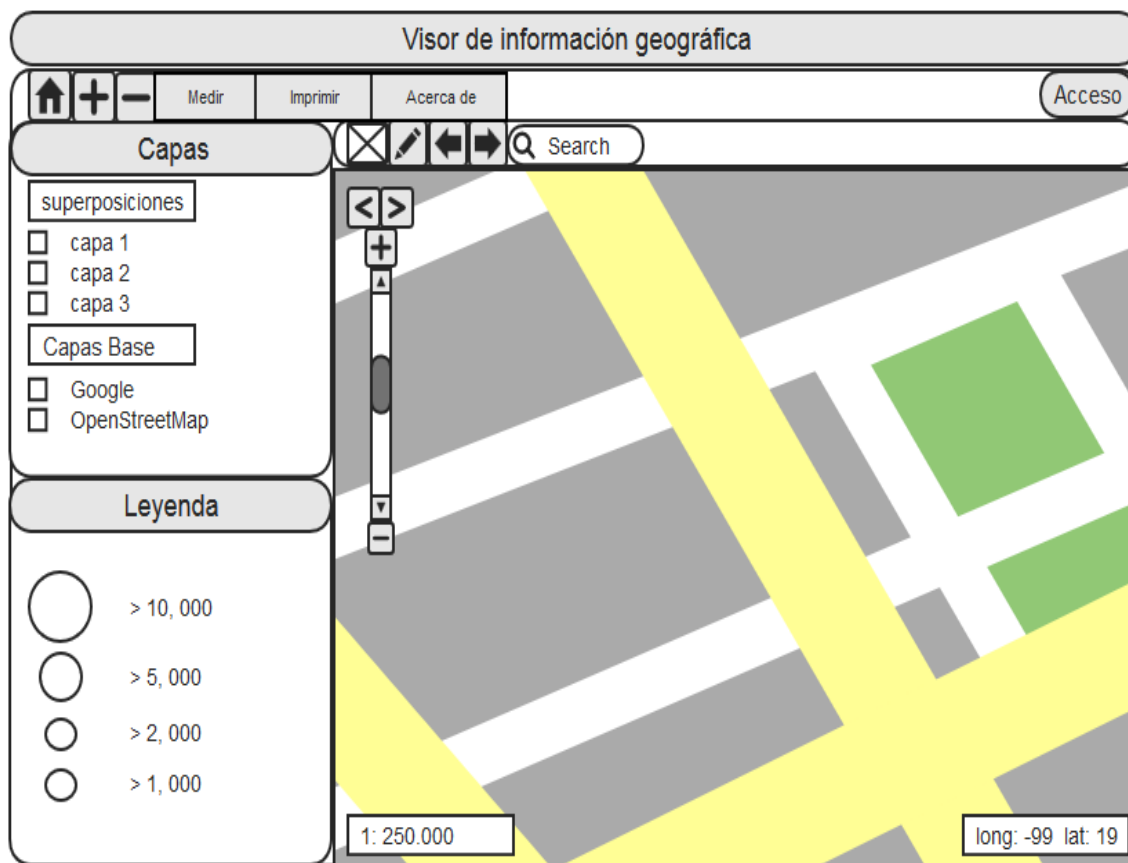


Figura 6.3. Diseño del SIG web.

### 6.4.3. Desarrollo.

**Desarrollo:** en esta fase se deben adecuar los diseños tanto el de la base de datos, como la interfaz del sistema, para llevarlos a la creación de estos. En el caso de la base de datos, se deberá crear en el gestor de base de datos PostgreSQL utilizando la extensión espacial PostGIS.

El desarrollo de la base de datos se representa en la figura 6.4, donde se puede observar las capas que esta contiene.



Figura 6.4. Capas dentro de la base de datos PostGIS.

El desarrollo del sistema está basado en *OpenGeo Suite* (conjunto de herramientas para la creación de SIG en entornos web). Una vez obtenido el diseño de la aplicación se procedió a crear la interfaz del sistema de información geográfica (ver figura 6.5) utilizando el *SDK* (ver anexo B) que proporciona *OpenGeo Suite*, utilizando el lenguaje de programación *JavaScript*.

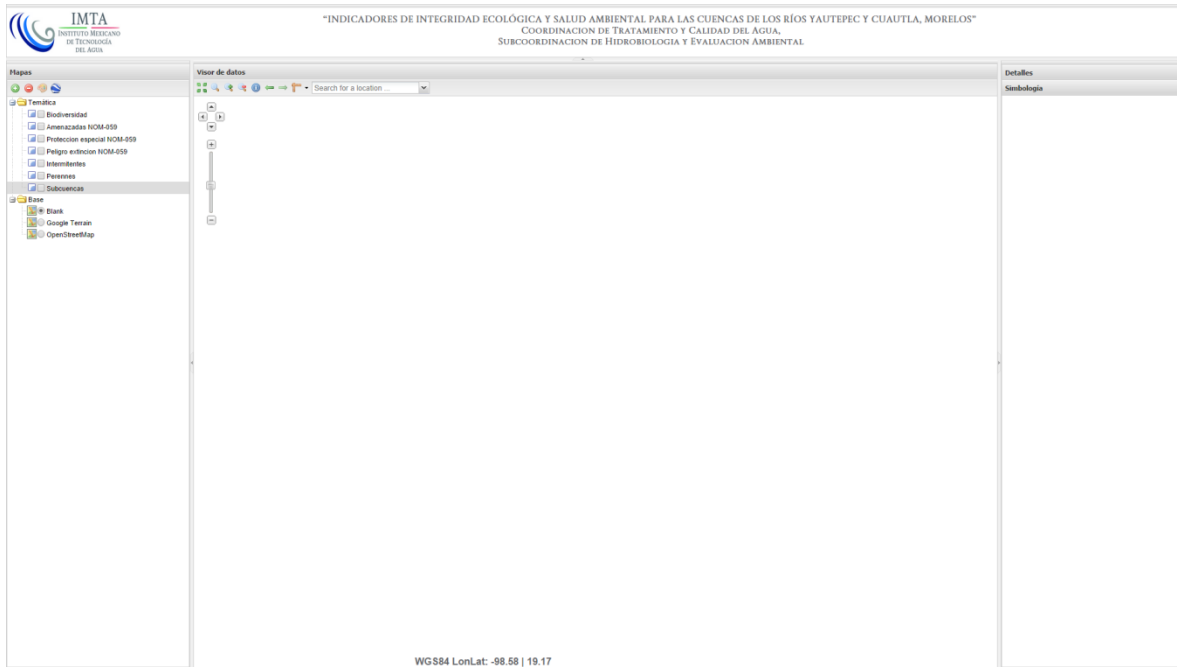


Figura 6.5. Desarrollo de la interfaz del SIG.



En la figura 6.6 se representa la sección o panel de los mapas.

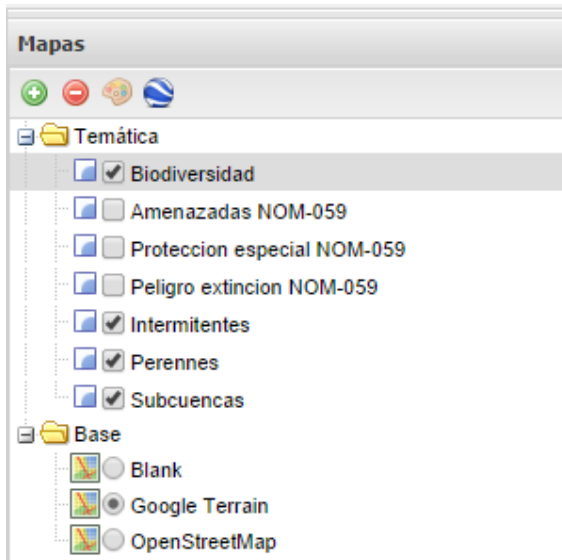


Figura 6.6. Panel de mapas.

Un panel para representar la simbología, ver figura 6.7.

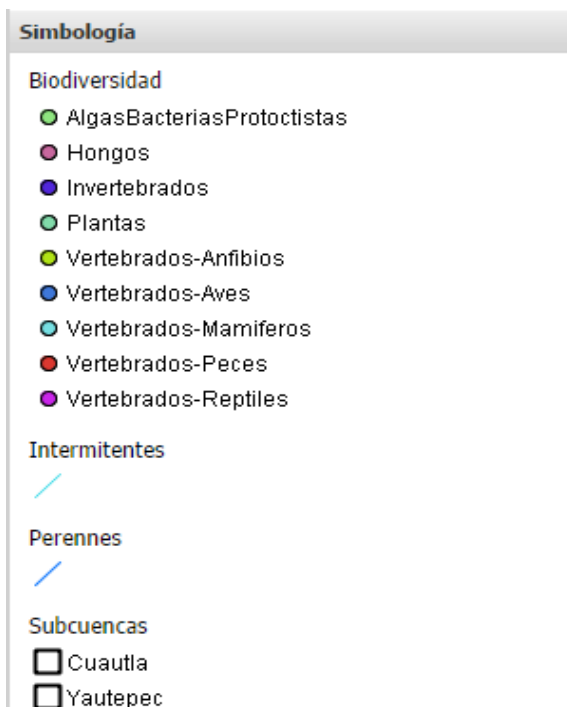


Figura 6.7. Panel de simbología.

Una barra de herramientas para el manejo de la información, ver figura 6.8.



- |    |                           |
|----|---------------------------|
| 1  | Agregar capa              |
| 2  | Remover capa              |
| 3  | Editar estilo             |
| 4  | Ver capas en Google Earth |
| 5  | Extender al máximo        |
| 6  | Extender una capa         |
| 7  | Acercar                   |
| 8  | Alejar                    |
| 9  | Consultar información     |
| 10 | Zoom anterior             |
| 11 | Zoom siguiente            |
| 12 | Medir área o longitud     |
| 13 | Búsqueda de ubicación     |

Figura 6.8. Barra de herramientas.

#### 6.4.4. Implantación.

**Implantación:** en esta etapa se instalan las aplicaciones que darán soporte al sistema, como es el manejador de base de datos, la extensión espacial PostGIS, servidor de mapas, navegador web y una herramienta de escritorio para organizar los datos geográficos.

El conjunto de herramientas OpenGeo Suite (ver figura 6.9, anexo A) se instalaron desde la etapa de desarrollo, ya que algunas eran necesarias para crear la base de datos y la interfaz del sistema de información geográfica.

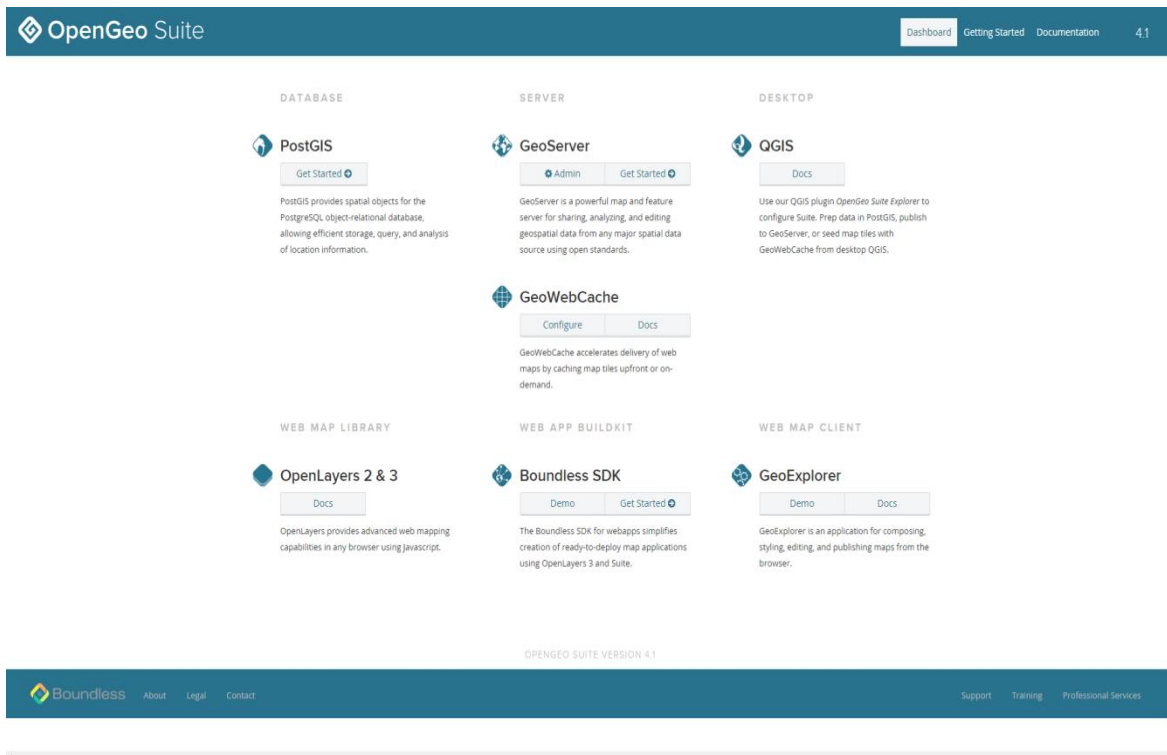


Figura 6.9. Interfaz de OpenGeo Suite.

Se realizó la carga de los datos geográficos al servidor de datos *GeoServer* (herramienta integrada en *OpenGeo Suite*, ver figura 6.10 y 6.11). A continuación se muestra su interfaz, donde se publican las capas vectoriales como un servicio *Web Map Service (WMS)*, definido por el *OGC (Open Geospatial Consortium)*.

La clasificación de la información se realizó en *QGIS Desktop* (ver anexo B) y para publicar los datos se utilizó el complemento *OpenGeo Explorer* que es un complemento para *QGIS Desktop*.

Identificado como admin. [Cerrar sesión](#)

## GeoServer

### Bienvenido

Este GeoServer pertenece a Boundless.

Capacidades del servicio	
CSW	2.0.2
WCS	1.0.0
	1.1.0
	1.1.1
	1.1
	2.0.1
WFS	1.0.0
	1.1.0
	2.0.0
WMS	1.1.1
	1.3.0
WPS	1.0.0
TMS	1.0.0
WMS-C	1.1.1
WMTS	1.0.0

48 Capas [Agregar capas](#)

49 Almacenes [Agregar almacenes](#)

13 Espacios de trabajo [Agregar espacios de trabajo](#)

Node 172.16.9.54:13701 in cluster gscluster.

The default user/group service should use digest password encoding.

No strong cryptography available, installation of the unrestricted policy jar files is recommended.

Esta instancia de GeoServer está ejecutando la versión **2.5-SNAPSHOT**. Para más información por favor contacte con el administrador.

Mapserver Error: Invalid API key.

Powered by [Boundless](#)

Figura 6.10. Servidor de mapas GeoServer.

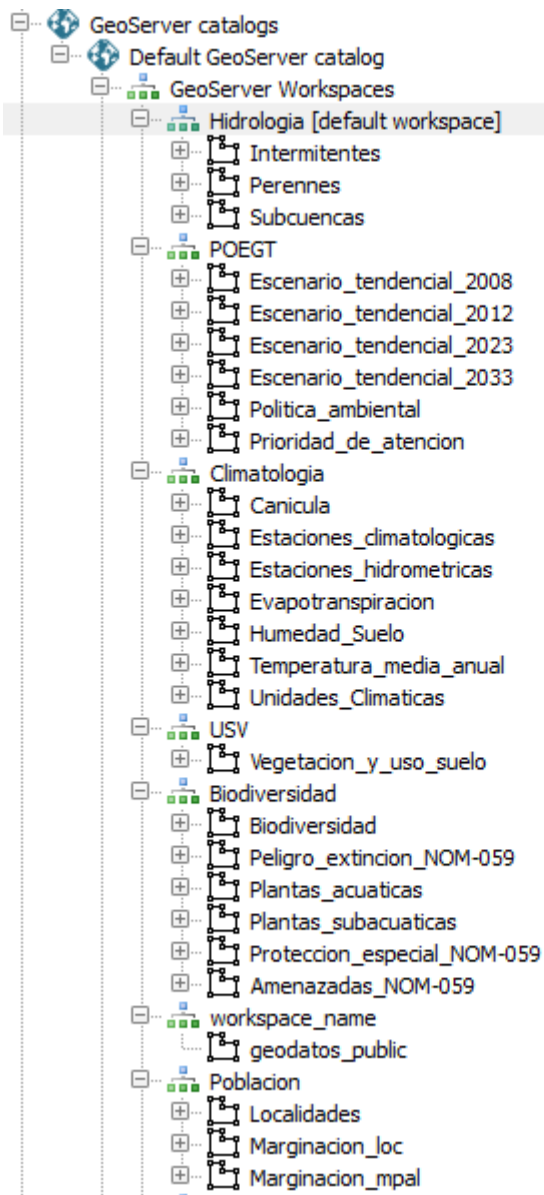


Figura 6.11-a. Carga de los datos geográficos en GeoServer.

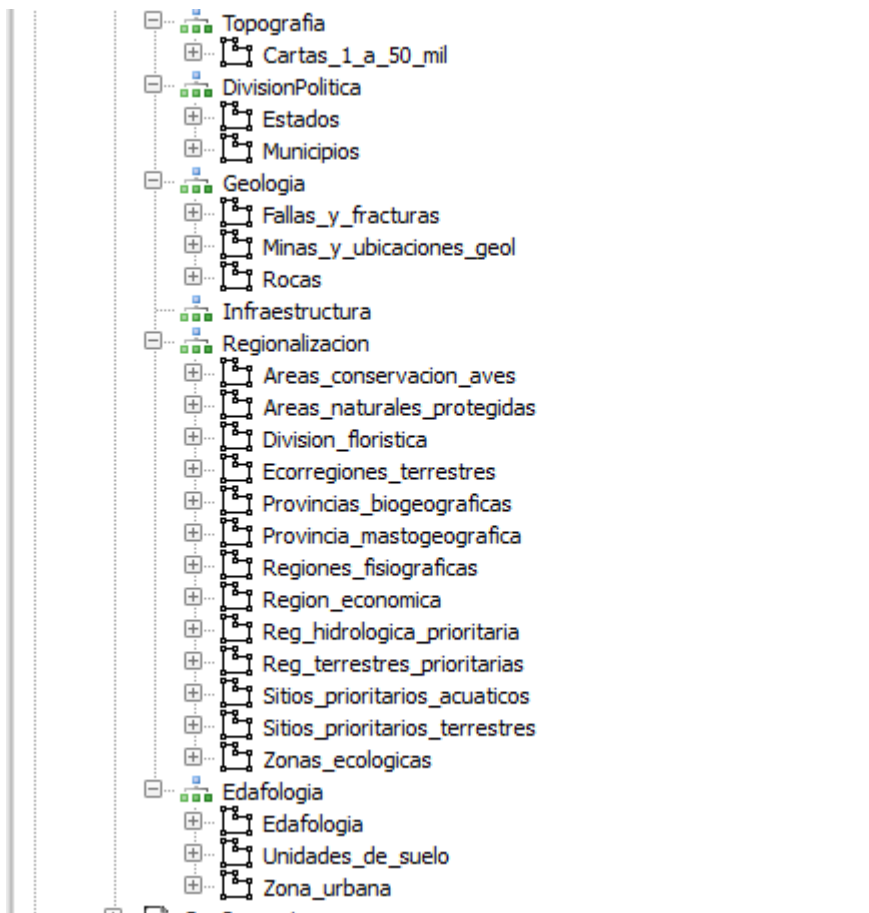


Figura 6.11-b. Carga de los datos geográficos en GeoServer (continuación).

#### 6.4.5. Pruebas.

**Pruebas:** Se comprueba que el SIG funcione correctamente de acuerdo a las etapas de análisis y diseño, que las operaciones de visualización y consulta se están realizando correctamente (ver figura 6.12) y en caso de existir errores, corregirlos lo antes posible para obtener un producto que cumpla con los requerimientos.

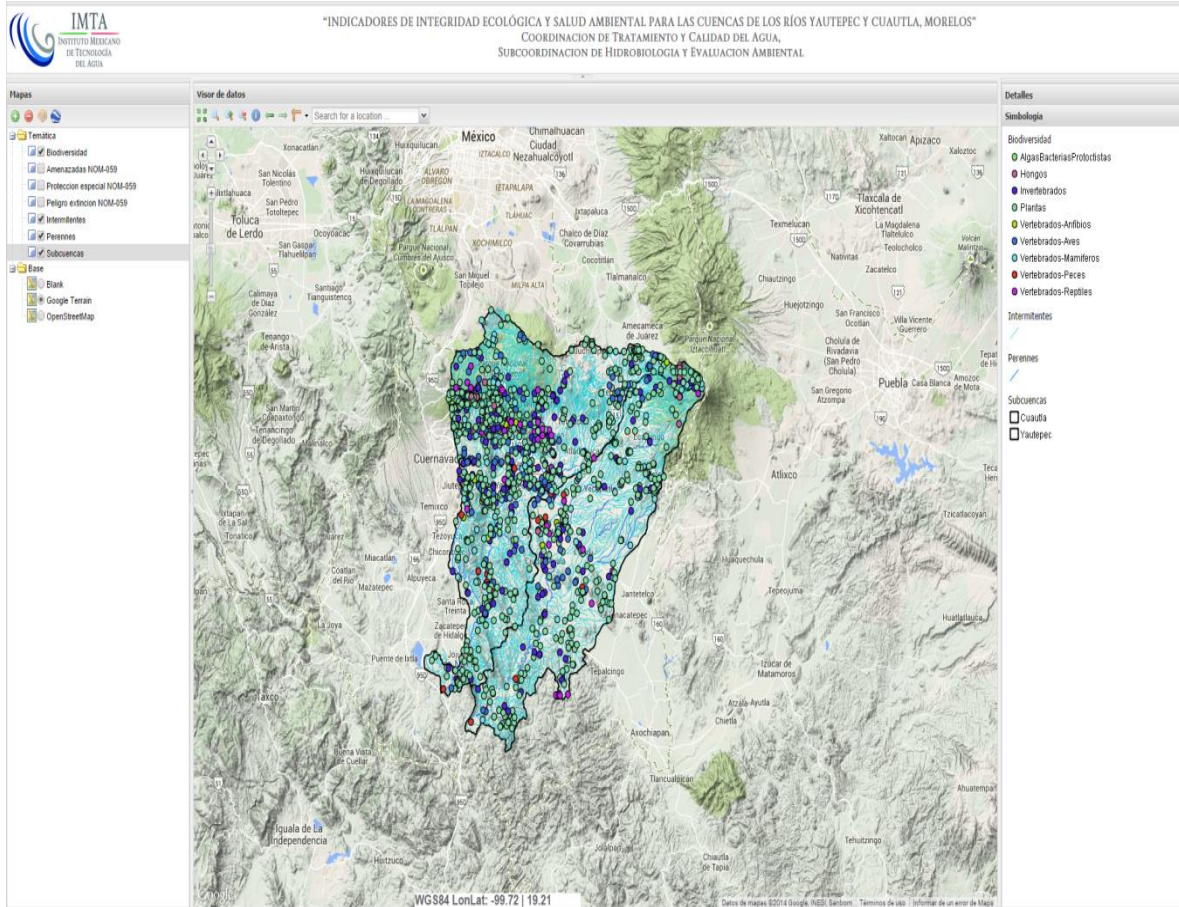


Figura 6.12. Inicio del SIG web.



La figura 6.13, muestra la carga de datos disponibles en el sistema de información, haciendo uso del botón  para realizar dicha operación.



Figura 6.13. Carga de datos en el SIG.



A continuación se utiliza el botón  para visualizar los datos en Google Earth (ver figura 6.14) para tener una visión más extendida de dichos datos.

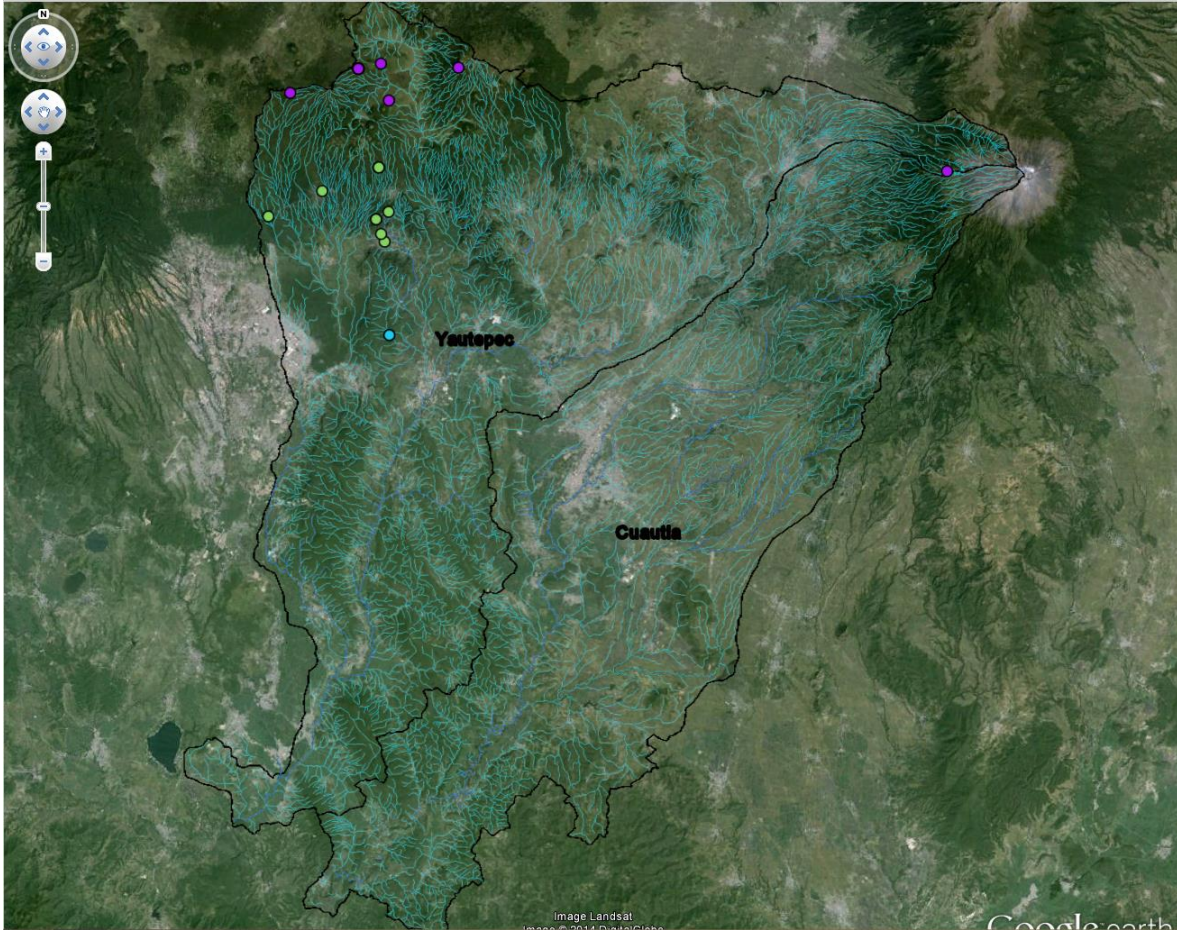


Figura 6.14. Visualizar datos en Google Earth.

Ademas es posible realizar la consulta de informacion al propio estilo de Google Earth, dando un clic en el elemento de interes (ver figura 6.15).

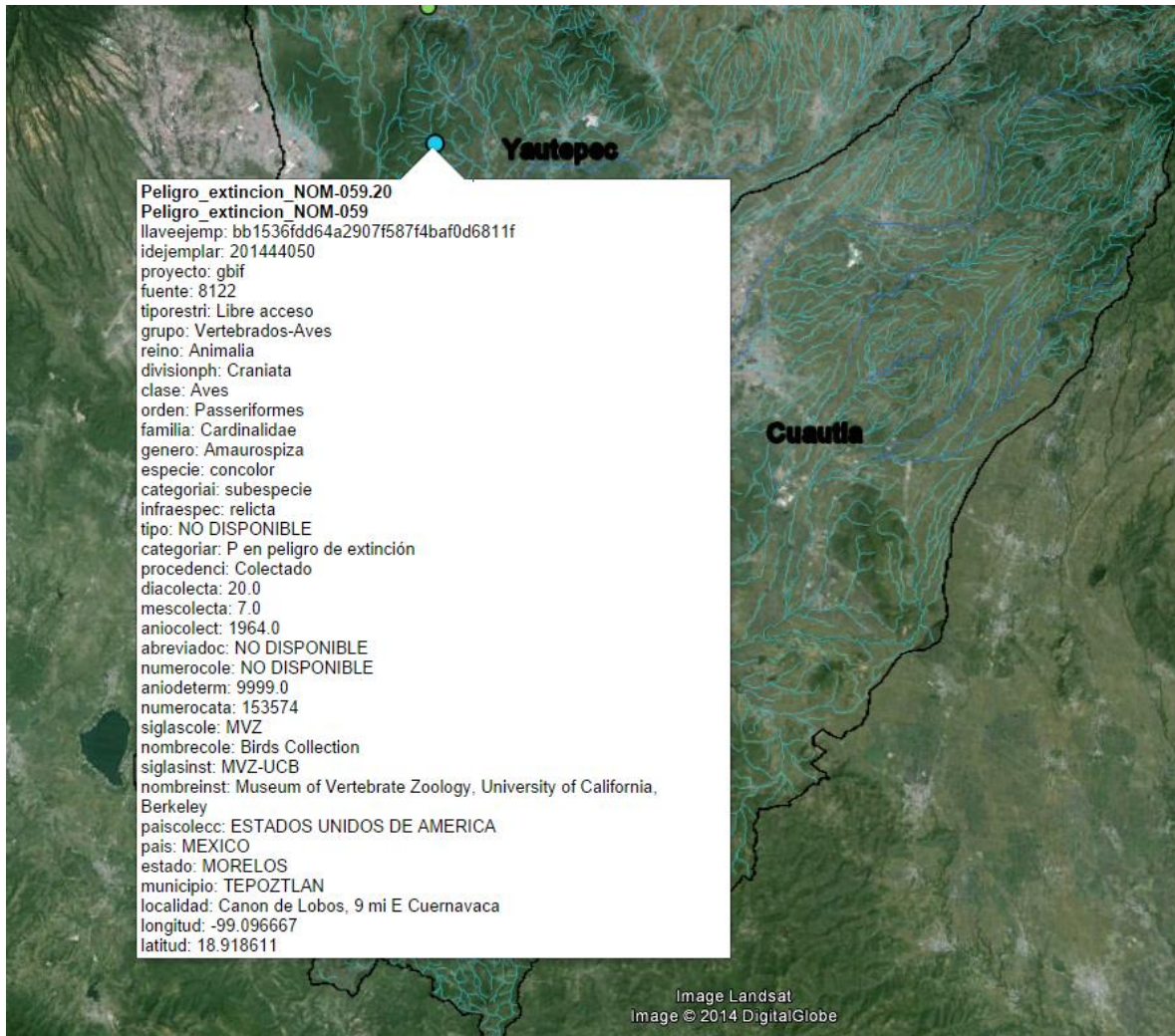



Figura 6.15. Visualizar información en Google Earth.

También se comprobó que la herramienta  para medir un área o longitud funcionara correctamente, en la figura 6.16 se realizó la operación de medir un área y en la figura 6.17 medir una longitud.

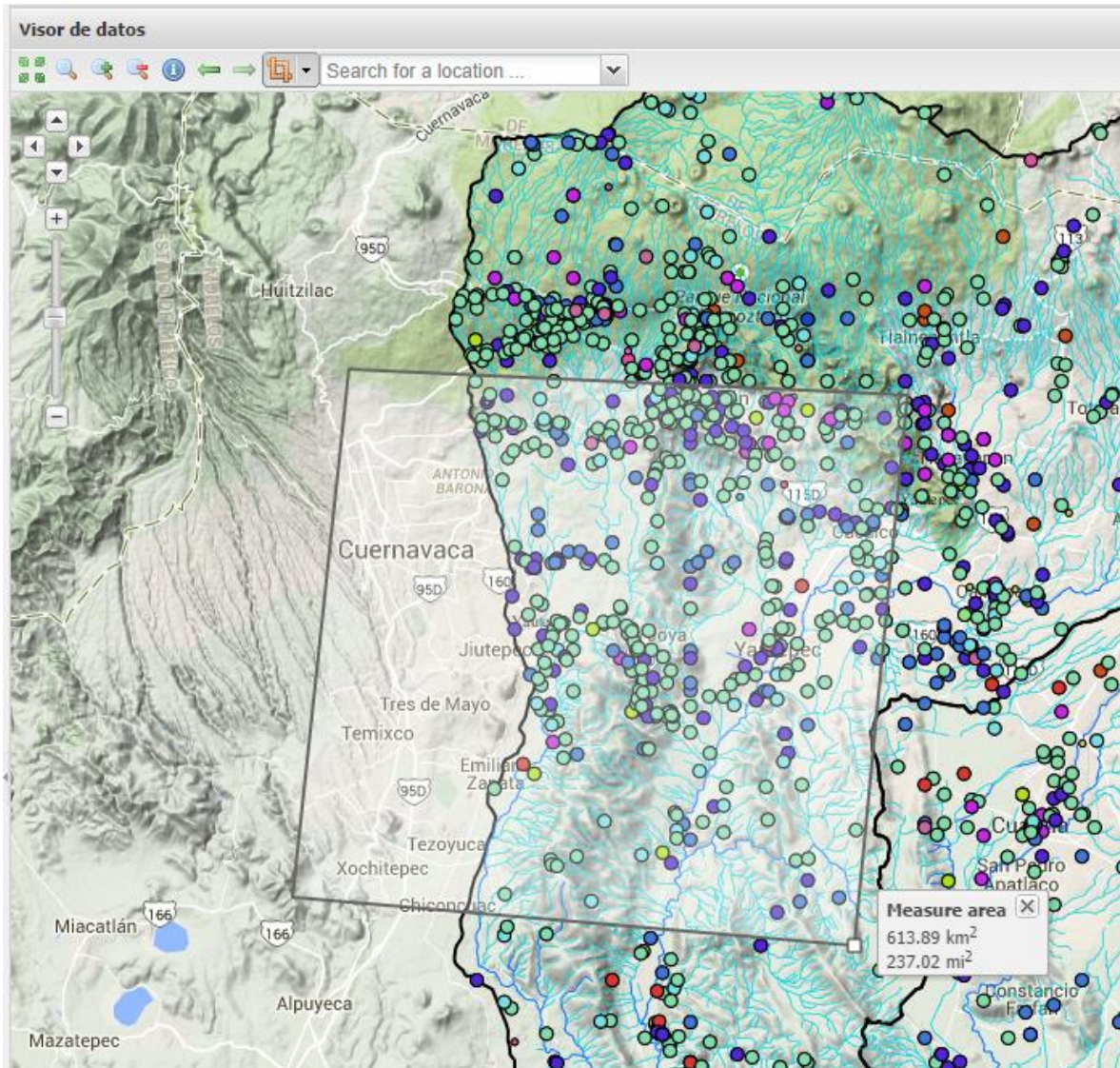


Figura 6.16. Medir área.

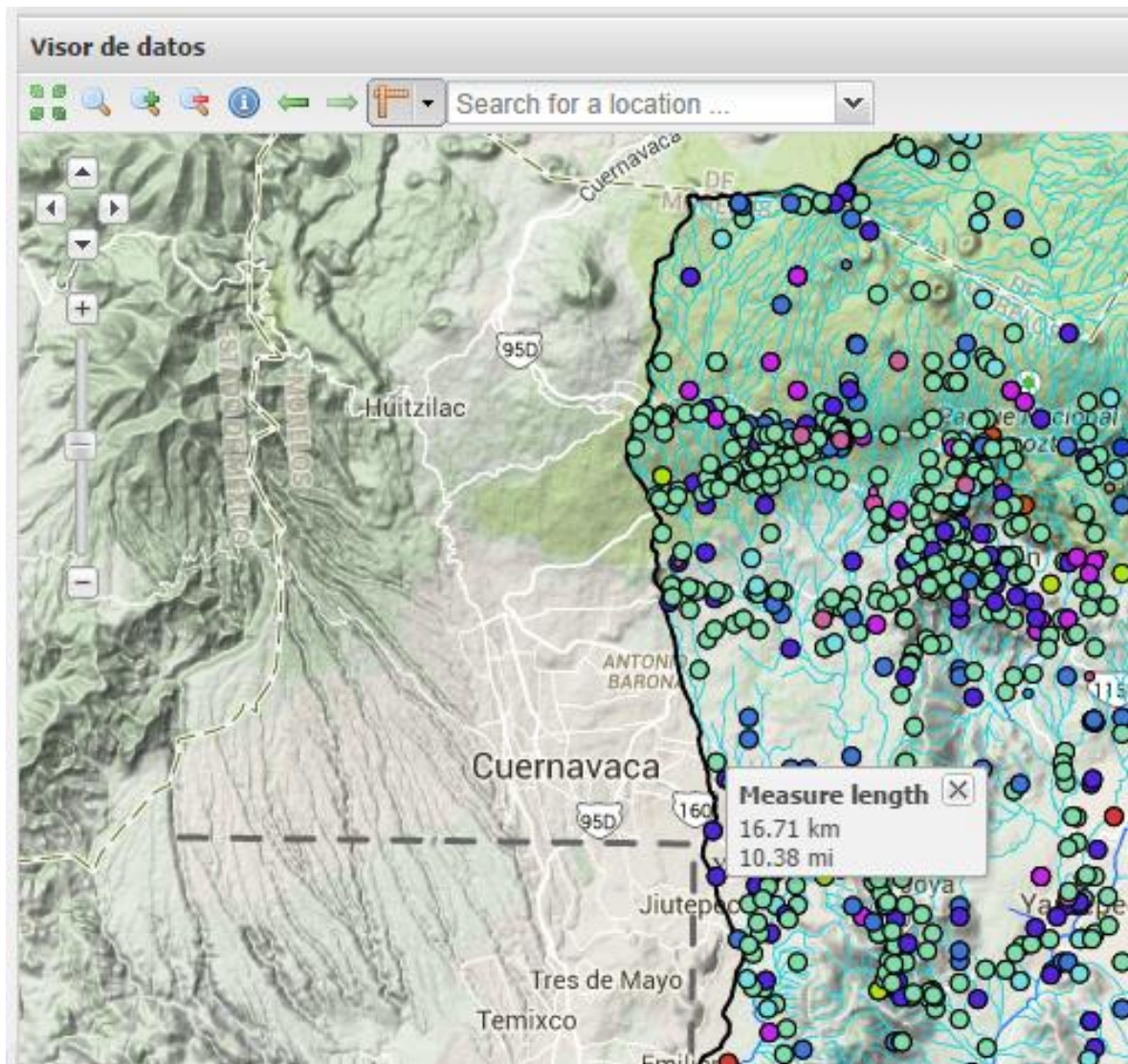


Figura 6.17. Medir longitud.

La figura 6.18 representa el panel de la simbología en funcionamiento.

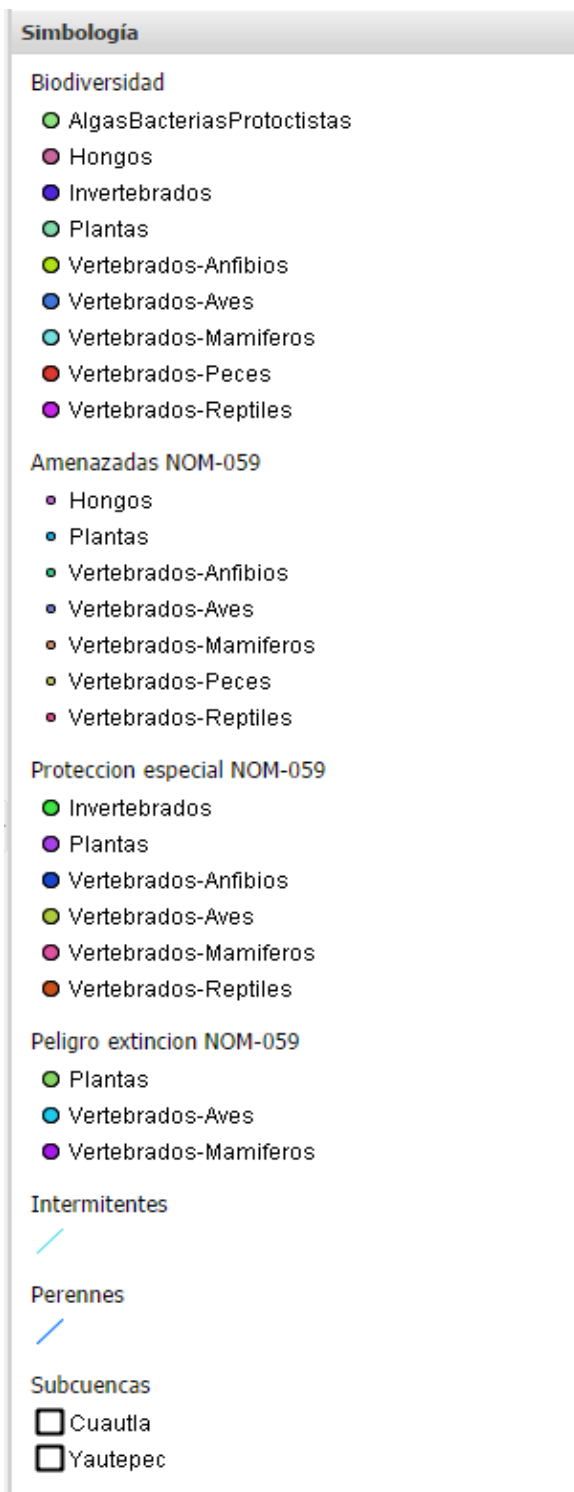


Figura 6.18. Panel de simbología en funcionamiento.

## 6.5. Resultados

Como resultados se obtuvo la clasificación y carga de los temáticos (hidrología, topografía, vegetación y uso del suelo, climatología, biodiversidad, geología, edafología, etc.), la creación del sistema de información geográfica para la consulta de datos vectoriales correspondientes a las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepec.

Se logró implementar las herramientas para cargar capas en el visor, consulta de información, ver su clasificación o simbología, también se agregó la función para visualizar los datos en Google Earth que permite tener un panorama más extenso de los datos al tener una vista en 3D.

Además se consiguió que el SIG esté disponible vía intranet o red local, facilitando la consulta de información a los usuarios involucrados en el proyecto denominado “Sistema de información geográfica para estudio de los indicadores de integridad ecológica y salud ambiental en las subcuencas de los ríos Cuautla y Yautepec.”

## 6.6. Conclusiones y Recomendaciones

En conclusión se puede decir que se obtuvo el producto o aplicación planteada en el objetivo y requerimientos en la etapa de análisis. Este sistema de información geográfica pretende servir como una herramienta de consulta, la cual se creó utilizando herramientas libres para que los usuarios no tengan que preocuparse por conseguir o adquirir licencias individuales y costosas. Los sistemas de información geográfica son hoy en día herramientas indispensables para la consulta de información espacial de algún sitio en particular o de interés, ya que al señalar ese lugar podemos obtener información, la cual puede ser clasificada por temas.

En el futuro sería recomendable extender las funcionalidades del sistema de información, por ejemplo el procesamiento y análisis espacial que permitiría obtener resultados más precisos, para llevar a cabo la toma de decisiones. Otra recomendación sería implementar la clasificación de la temática (hidrología, topografía, vegetación y uso del suelo, climatología, biodiversidad, geología, edafología, etc.) directamente en el visor de datos.

## 6.7. Literatura citada

Boundless, “OpenGeo Suite”, disponible en <http://boundlessgeo.com/solutions/opengeo-suite/>, Web en línea, consulta septiembre 2014.

OSGeo-Live, “Estándares del Open GeoSPatial Consortium”, disponible en <http://live.osgeo.org/es/standards/standards.html>, Web en línea, consultada noviembre 2014.

Open Geospatial Consortium, “Web Map Service”, disponible en <http://www.opengeospatial.org/>, Web en línea, consultada noviembre 2014

## Anexos

### Anexo A. Fotos de los sitios de muestreo de la cuenca del río Yautepec y la cuenca del río Cuautla.

#### Cuenca río Yautepec.



Sitio 1. Atongo-Tepoztlán en el río Yautepec.





**Sitio 2. El Bosque en el río Yautepec.**



**Sitio 3. Oaxtepec en el río Yautepec.**



**Sitio 5. Centro IPN en el río Yautepec.**



**Sitio 7. Confluencia, después de la confluencia del río Yautepec con río Dulce.**



**Sitio 8. Pedro Amaro en el río Yautepec.**



**Sitio 1. Las Fuentes en el río Dulce.**



**Sitio 3. Acamilpa en el río Dulce.**



**Sitio 4. Tlaltzapán-Dulce en el río Dulce.**

**Cuenca río Cuautla**



**Sitio 2. Piedra Blanca en el río Cuautla.**



**Sitio 3. Unidad Deportiva en el río Cuautla.**



**Sitio 6. López Portillo en el río Cuautla.**



**Sitio 8. Rafael Zaragoza en el río Cautla.**



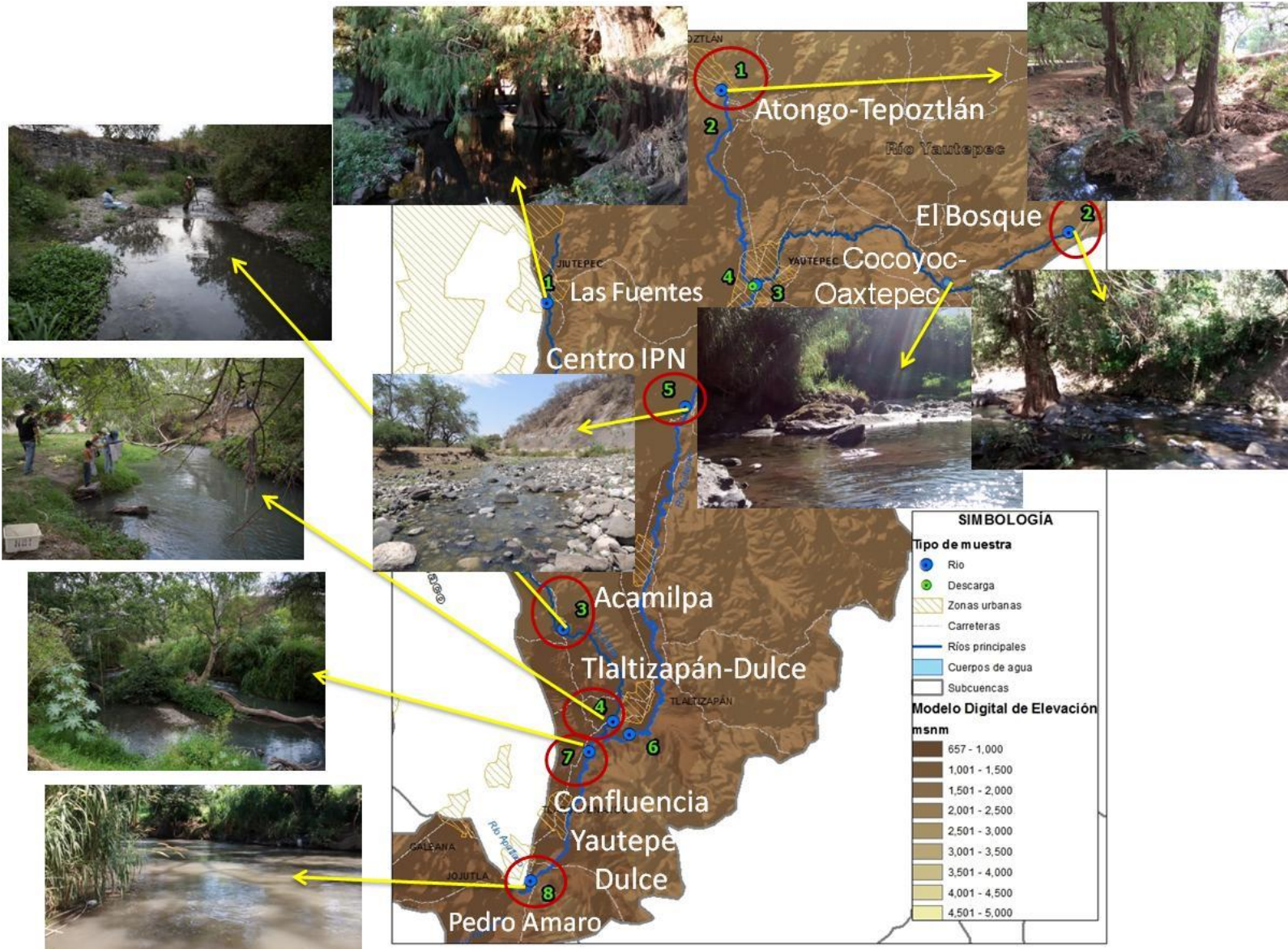
**Sitio 9. Ixtoluca en el río Cautla.**



**Sitio 10. Nexpa en el río Cautla.**



Anexo B. A continuación se muestran los sitios de muestreos ubicados en el mapa de la cuenca Yautepec y de la cuenca Cuautla respectivamente.



**SIMBOLOGÍA**

**Tipo de muestra**

- Río
- PTAR
- Descarga
- Carreteras
- Ríos principales
- ▨ Zonas urbanas
- ▨ Cuerpos de agua
- ▨ Subcuencas

**Modelo Digital de Elevación**  
msnm

- 657 - 1,000
- 1,001 - 1,500
- 1,501 - 2,000
- 2,001 - 2,500
- 2,501 - 3,000
- 3,001 - 3,500
- 3,501 - 4,000
- 4,001 - 4,500
- 4,501 - 5,000



## Anexo C. OpenGeo Suite.

OpenGeo Suite es una plataforma geoespacial completa (ver figura 6.19) para la gestión de datos y la construcción de aplicaciones mapa a través de navegadores web, de escritorio y dispositivos móviles. Construida en líder de software geoespacial de código abierto, *OpenGeo Suite* tiene una arquitectura robusta y flexible que permite a las organizaciones gestionar y publicar datos geoespaciales.

### OpenGeo Suite



Figura 6.19. Componentes de OpenGeo Suite.

**PostGIS:** es una extensión para el manejador de base de datos PostgreSQL, que habilita el soporte para almacenar datos espaciales, agregando la posibilidad de realizar consultas espaciales y alfanuméricas.

**GeoServer:** un servidor de mapas que provee acceso a fuentes de datos SIG y mapas cartográficos de calidad mediante estándares web.

**GeoWebCache:** almacena inteligentemente mapas teselados (mapas que se almacenan en la cache (tipo de memoria que almacena temporalmente la última información procesada) del servidor para agilizar los tiempos de respuesta) y los sirve a través de protocolos estándar.

**OpenLayers:** es una biblioteca del lenguaje de programación Javascript para mostrar mapas en la web, entre sus capacidades se encuentran la carga de servicios “web map”, capaz de consumir múltiples fuentes de mapas y de proveer herramientas para la edición y captura de datos.

**QGIS plugin:** habilita opciones para administrar la interfaz de *GeoServer* directamente desde QGIS Desktop.

#### **Anexo D. Boundless SDK.**

Kit de Desarrollo de Software proporcionado por la empresa *Boundless*, es un conjunto de herramientas para el desarrollo de software que le permite al programador de aplicaciones el desarrollo de software, en este caso la construcción de aplicaciones web map o mejor conocidas como Sistemas de Información Geográfica Web.

#### **Anexo E. QGIS Desktop.**

**QGIS:** es un SIG de escritorio de código fuente libre para las plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS y Microsoft Windows (ver figura 6.20). Permite el manejo de datos vectoriales y raster, tiene soporte para bases de datos PostgreSQL con extensión espacial PostGIS.

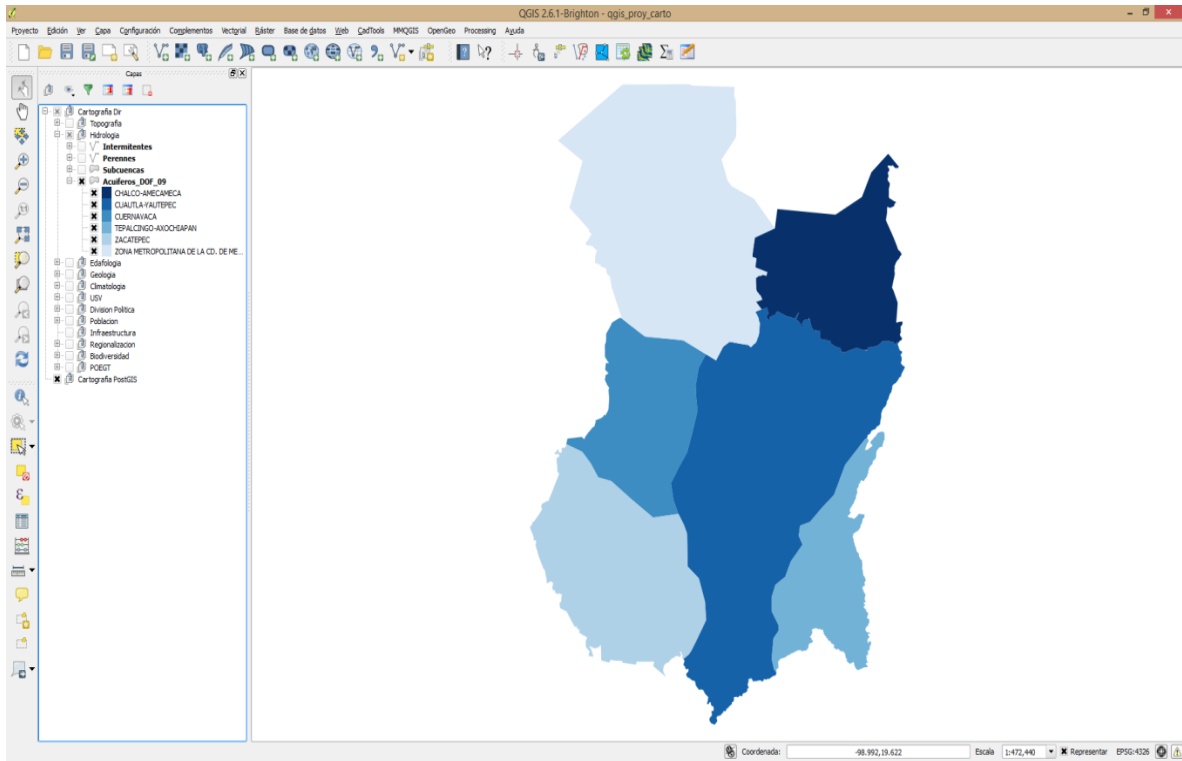


Figura 6.20. Interfaz QGIS Desktop.