

CONTENIDO

VI.	ACTUALIZACIÓN DE LA MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	1
VI.1.	División del cuerpo de agua en zonas y elementos diferenciales	2
VI.2.	Calidad del agua del río Santiago	11
VI.2.1.	Distribución de cargas en el río Santiago	11
VI.2.2.	Balance de caudales	58
VI.2.3.	Modelación de calidad del agua del río Santiago, condiciones actuales	61
VI.2.4.	Simulación de escenarios de regulación de las descargas	84
VI.2.5.	Resultados de modelaciones en el Río Santiago	87
VI.2.6.	Límites Máximos de Descarga (LMD), metas de calidad del agua y capacidad de asimilación en el río Santiago	106
VI.3.	Calidad del agua del río Verde.....	124
VI.3.1.	Distribución de cargas en el río Verde	124
VI.3.2.	Balance de caudales	142
VI.3.3.	Resultados de modelaciones en el Río Verde	145
VI.3.4.	Límites Máximos de Descarga (LMD), metas de calidad del agua y capacidad de asimilación en el río Verde	164
VI.4.	Calidad del agua del río Zula	173
VI.4.1.	Distribución de cargas en el río Zula	173
VI.4.2.	Balance de caudales	187
VI.4.3.	Resultados de modelaciones en el Río Zula.....	189
VI.4.4.	Límites Máximos de Descarga (LMD), metas de calidad del agua y capacidad de asimilación en el río Zula.....	208
VI.5.	Escenario de cargas en los ríos Santiago, Verde y Zula.....	217

LISTADO DE FIGURAS Y TABLAS

Figura VI.1. Esquema unifilar del río Santiago.....	7
Figura VI.2. Esquema unifilar del río Santiago, continuación	8
Figura VI.3. Esquema unifilar del río Verde	9
Figura VI.4. Esquema unifilar del río Zula.....	10
Figura VI.5. Carga de Sólidos Disueltos Totales	18
Figura VI.6. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	19
Figura VI.7. Carga de Nitrógeno Orgánico	19
Figura VI.8. Carga de Nitrógeno Amoniacal	20
Figura VI.9. Carga de Nitratos + Nitritos	20
Figura VI.10. Carga de Nitrógeno Total	21
Figura VI.11. Carga de Fósforo Orgánico.....	21
Figura VI.12. Carga de Fósforo Inorgánico.....	22
Figura VI.13. Carga de Fósforo Total	22
Figura VI.14. Carga de Demanda Química de Oxígeno	23
Figura VI.15. Carga de Sólidos Suspendidos Totales	23
Figura VI.16. Carga de Grasas y Aceites	24
Figura VI.17. Carga de Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM).....	24
Figura VI.18. Carga de Arsénico.....	25
Figura VI.19. Carga de Níquel	25
Figura VI.20. Carga de Cloruros	26
Figura VI.21. Carga de Sulfatos.....	26
Figura VI.22. Carga de Fenoles.....	27
Figura VI.23. Carga Zinc.....	27
Figura VI.24. Carga de Cadmio	28
Figura VI.25. Carga de Cianuros	28
Figura VI.26. Carga de Cromo.....	29
Figura VI.27. Carga de Plomo	29
Figura VI.28. Carga de M y P Cresol	30
Figura VI.29. Carga de Fenol.....	30
Figura VI.30. Carga Dibutilftalato.....	31
Figura VI.31. Carga de Bis 2(Etil Hexil)ftalato.....	31
Figura VI.32. Dietilftalato.....	32
Figura VI.33. Cloroformo.....	32
Figura VI.34. Carga de Tolueno.....	33
Figura VI.35. Carga de Sólidos Disueltos Totales	34
Figura VI.36. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	34
Figura VI.37. Carga de Nitrógeno Orgánico.....	35

Figura VI.38. Carga de Nitrógeno Amoniaca	35
Figura VI.39. Carga de Nitritos + Nitratos	36
Figura VI.40. Carga de Nitrógeno Total	36
Figura VI.41. Carga de Fósforo Orgánico	37
Figura VI.42. Carga de Fósforo Inorgánico	37
Figura VI.43. Carga de Fósforo Total	38
Figura VI.44. Carga de Demanda Química de Oxígeno	38
Figura VI.45. Carga de Sólidos Suspendidos Totales	39
Figura VI.46. Carga de Grasas y Aceites	39
Figura VI.47. Carga de Sustancias Activas al Azul de Metileno	40
Figura VI.48. Carga de Arsénico	40
Figura VI.49. Carga de Cobre	41
Figura VI.50. Carga de Níquel	41
Figura VI.51. Carga de Cloruros	42
Figura VI.52. Carga de Sulfatos	42
Figura VI.53. Carga de Fenoles	43
Figura VI.54. Carga de Zinc	43
Figura VI.55. Carga de Cadmio	44
Figura VI.56. Carga de Cianuros	44
Figura VI.57. Carga de Cromo	45
Figura VI.58. Carga de Mercurio	45
Figura VI.59. Carga de Plomo	46
Figura VI.60. Carga de M y P Cresol	46
Figura VI.61. Carga de Fenol	47
Figura VI.62. Carga de Dibutilftalato	47
Figura VI.63. Carga de Bis 2(Etil Hexil)ftalato	48
Figura VI.64. Carga de Dimetilftalato	48
Figura VI.65. Carga de Dietilftalato	49
Figura VI.66. Carga de Acetona	49
Figura VI.67. Carga de Cloroformo	50
Figura VI.68. Carga de Diclorobencenos	50
Figura VI.69. Carga de 2, 4, 6 Triclorofenol	51
Figura VI.70. Carga de Benceno	51
Figura VI.71. Carga de Isoforona	52
Figura VI.72. Carga de Naftaleno	52
Figura VI.73. Carga de Nitrobenceno	53
Figura VI.74. Carga de Tetracloroetileno	53
Figura VI.75. Carga de Tetracloruro de Carbono	54
Figura VI.76. Carga de Tolueno	54

Figura VI.77. Caudales en el río Santiago	63
Figura VI.78. Oxígeno Disuelto	63
Figura VI.79. Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	64
Figura VI.80. Nitrógeno Orgánico	64
Figura VI.81. Nitrógeno Amoniacal	65
Figura VI.82. Nitratos + Nitritos.....	65
Figura VI.83. Fósforo Orgánico.....	66
Figura VI.84. Fósforo Inorgánico	66
Figura VI.85. Coliformes Fecales.....	67
Figura VI.86. Demanda Química de Oxígeno.....	67
Figura VI.87. Sólidos Suspendidos Totales	68
Figura VI.88. Grasas y Aceites	68
Figura VI.89. Nitrógeno Total.....	69
Figura VI.90. Fósforo Total	69
Figura VI.91. Sustancias Activas al Azul de Metileno.....	70
Figura VI.92. Arsénico	70
Figura VI.93. Cobre.....	71
Figura VI.94. Níquel.....	71
Figura VI.95. Cloruro.....	72
Figura VI.96. Sulfato	72
Figura VI.97. Zinc.....	73
Figura VI.98. Cadmio	73
Figura VI.99. Cianuro.....	74
Figura VI.100. Cromo.....	74
Figura VI.101. Mercurio	75
Figura VI.102. Plomo	75
Figura VI.103. Color.....	76
Figura VI.104. Fenol	76
Figura VI.105. Bis 2(Etil Hexil)ftalato	77
Figura VI.106. Dimetilftalato.....	77
Figura VI.107. Dietilftalato.....	78
Figura VI.108. Cloroformo.....	78
Figura VI.109. Diclorobencenos.....	79
Figura VI.110. 2, 4, 6 Triclorofenol.....	79
Figura VI.111. Benceno	80
Figura VI.112. Etilbenceno.....	80
Figura VI.113. Isoforona	81
Figura VI.114. Naftaleno.....	81
Figura VI.115. Nitrobenceno	82

Figura VI.116. Tetracloroetileno.....	82
Figura VI.117. Tetracloruro de Carbono	83
Figura VI.118. Tolueno	83
Figura VI.119. Resultado para Oxígeno Disuelto en el río Santiago	87
Figura VI.120. Resultado para Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Santiago	88
Figura VI.121. Resultado para Nitrógeno Amoniacal en el río Santiago.....	88
Figura VI.122. Resultado para Demanda Química de Oxígeno en el río Santiago.....	89
Figura VI.123. Resultado para Coliformes Fecales en el río Santiago	89
Figura VI.124. Resultado para Grasas y Aceites en el río Santiago.....	90
Figura VI.125. Resultado para Nitrógeno Total en el río Santiago	90
Figura VI.126. Resultado para Fósforo Total en el río Santiago.....	91
Figura VI.127. Resultado para Sólidos Suspendidos Totales en el río Santiago.....	91
Figura VI.128. Resultado para Sustancias Activas al Azul de Metileno en el río Santiago.....	92
Figura VI.129. Resultado para Arsénico en el río Santiago	92
Figura VI.130. Resultado para Cobre en el río Santiago	93
Figura VI.131. Resultado para Níquel en el río Santiago.....	93
Figura VI.132. Resultado para Zinc en el río Santiago	94
Figura VI.133. Resultado para Cianuros en el río Santiago.....	94
Figura VI.134. Resultado para Cadmio en el río Santiago.....	95
Figura VI.135. Resultado para Cromo en el río Santiago	95
Figura VI.136. Resultado para Mercurio en el río Santiago	96
Figura VI.137. Resultado para Plomo en el río Santiago.....	96
Figura VI.138. Resultado para Cloruros en el río Santiago	97
Figura VI.139. Resultado para Sulfatos en el río Santiago	97
Figura VI.140. Resultado para Fenoles en el río Santiago	98
Figura VI.141. Resultado para Color en el río Santiago	98
Figura VI.142. Resultado para Bis 2(Etil Hexil)ftalato en el río Santiago	99
Figura VI.143. Resultado para Dimetilftalato en el río Santiago	99
Figura VI.144. Resultado para Dietilftalato en el río Santiago	100
Figura VI.145. Resultado para Cloroformo en el río Santiago	100
Figura VI.146. Resultado para Diclorobencenos en el río Santiago	101
Figura VI.147. Resultado para 2, 4, 6 Triclorofenol en el río Santiago	101
Figura VI.148. Resultado para Benceno en el río Santiago.....	102
Figura VI.149. Resultado Etilbenceno para en el río Santiago	102
Figura VI.150. Resultado para Isoforona en el río Santiago	103
Figura VI.151. Resultado para Naftaleno en el río Santiago.....	103
Figura VI.152. Resultado para Tetracloroetileno en el río Santiago	104
Figura VI.153. Resultado para Tetracloruro de Carbono en el río Santiago.....	105
Figura VI.154. Resultado para Tolueno en el río Santiago	105

Figura VI.155. Carga de Sólidos Disueltos Totales	124
Figura VI.156. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno	125
Figura VI.157. Carga de Nitrógeno Orgánico.....	125
Figura VI.158. Carga de Nitrógeno Amoniacal	126
Figura VI.159. Carga de Nitratos + Nitritos	126
Figura VI.160. Carga de Demanda Química de Oxígeno	127
Figura VI.161. Carga de Nitrógeno Total	127
Figura VI.162. Carga de Fósforo Orgánico	128
Figura VI.163. Carga de Fósforo Inorgánico.....	128
Figura VI.164. Carga de Fósforo Total	129
Figura VI.165. Carga de Grasas y Aceites.....	129
Figura VI.166. Carga de Sólidos Suspendidos Totales	130
Figura VI.167. Carga de Sustancias Activas al Azul de Metileno	130
Figura VI.168. Carga de Arsénico.....	131
Figura VI.169. Carga de Cobre	131
Figura VI.170. Carga de Níquel	132
Figura VI.171. Carga de Zinc.....	132
Figura VI.172. Carga de Cianuros	133
Figura VI.173. Carga de Cadmio	133
Figura VI.174. Carga de Cromo.....	134
Figura VI.175. Carga de Mercurio.....	134
Figura VI.176. Carga de Plomo	135
Figura VI.177. Carga de Cloruro	135
Figura VI.178. Carga de Sulfato	136
Figura VI.179. Carga de Fenoles.....	136
Figura VI.180. Carga de Bis 2(Etil Hexil)ftalato.....	137
Figura VI.181. Carga de Dietilftalato.....	137
Figura VI.182. Carga de Diclorobencenos.....	138
Figura VI.183. Carga de 2,4,6 Triclorofenol.....	138
Figura VI.184. Carga de Benceno	139
Figura VI.185. Carga de Etilbenceno.....	139
Figura VI.186. Carga de Isoforona.....	140
Figura VI.187. Carga de Naftaleno	140
Figura VI.188. Carga de Tetracloruroetileno.....	141
Figura VI.189. Carga de Tolueno.....	141
Figura VI.190. Resultado para Oxígeno Disuelto en el río Verde	146
Figura VI.191. Resultado para Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Verde.....	146
Figura VI.192. Resultado para Nitrógeno Amoniacal en el río Verde	147
Figura VI.193. Resultado para Demanda Química de Oxígeno en el río Verde	147

Figura VI.194. Resultado para Coliformes Fecales en el río Verde.....	148
Figura VI.195. Resultado para Grasas y Aceites en el río Verde	148
Figura VI.196. Resultado para Nitrógeno Total en el río Verde	149
Figura VI.197. Resultado para Fósforo Total en el río Verde	149
Figura VI.198. Resultado para Sólidos Suspendidos Totales en el río Verde	150
Figura VI.199. Resultado para Sustancias Activas al Azul de Metileno en el río Verde	150
Figura VI.200. Resultado para Arsénico en el río Verde.....	151
Figura VI.201. Resultado para Cobre en el río Verde.....	151
Figura VI.202. Resultado para Níquel en el río Verde	152
Figura VI.203. Resultado para Zinc en el río Verde.....	152
Figura VI.204. Resultado para Cianuros en el río Verde	153
Figura VI.205. Resultado para Cadmio en el río Verde	153
Figura VI.206. Resultado para Cromo en el río Verde.....	154
Figura VI.207. Resultado para Mercurio en el río Verde.....	154
Figura VI.208. Resultado para Plomo en el río Verde	155
Figura VI.209. Resultado para Cloruros en el río Verde.....	155
Figura VI.210. Resultado para Sulfatos en el río Verde.....	156
Figura VI.211. Resultado para Fenoles en el río Verde.....	157
Figura VI.212. Resultado para Color en el río Verde.....	157
Figura VI.213. Resultado para Bis 2(Etil Hexil)ftalato en el río Verde.....	157
Figura VI.214. Resultado para Dimetilftalato en el río Verde.....	158
Figura VI.215. Resultado para Dietilftalato en el río Verde.....	158
Figura VI.216. Resultado para Cloroformo en el río Verde.....	159
Figura VI.217. Resultado para Diclorobencenos en el río Verde	159
Figura VI.218. Resultado para 2,4,6 Triclorofenol en el río Verde.....	160
Figura VI.219. Resultado para Benceno en el río Verde	160
Figura VI.220. Resultado Etilbenceno para en el río Verde.....	161
Figura VI.221. Resultado para Isoforona en el río Verde.....	161
Figura VI.222. Resultado para Naftaleno en el río Verde	162
Figura VI.223. Resultado para Nitrobenceno en el río Verde	162
Figura VI.224. Resultado para Tetracloroetileno en el río Verde	163
Figura VI.225. Resultado para Tetracloruro de Carbono en el río Verde.....	163
Figura VI.226. Resultado para Tolueno en el río Verde.....	164
Figura VI.227. Carga de Sólidos Disueltos Totales	174
Figura VI.228. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	174
Figura VI.229. Carga de Nitrógeno Orgánico.....	175
Figura VI.230. Carga de Nitrógeno Amoniacal	175
Figura VI.231. Carga de Nitratos + Nitritos	176
Figura VI.232. Carga de Nitrógeno Total	176

Figura VI.233 . Carga de Fósforo Orgánico	177
Figura VI.234. Carga de Fósforo Inorgánico	177
Figura VI.235. Carga de Fósforo Total	178
Figura VI.236 . Carga de Demanda Química de Oxígeno	178
Figura VI.237. Carga de Sólidos Suspendidos Totales	179
Figura VI.238. Carga de Grasas y Aceites	179
Figura VI.239. Carga de Sustancias Activas al Azul de Metileno	180
Figura VI.240. Carga de Arsénico	180
Figura VI.241 . Carga de Cobre	181
Figura VI.242 . Carga de Níquel	181
Figura VI.243 . Carga de Zinc	182
Figura VI.244 .Carga de Cadmio	182
Figura VI.245. Carga de Cianuros	183
Figura VI.246. Carga de Cromo	183
Figura VI.247. Carga de Mercurio	184
Figura VI.248. Carga de Plomo	184
Figura VI.249. Carga de Cloruros	185
Figura VI.250. Carga de Sulfatos	185
Figura VI.251. Carga de Fenoles	186
Figura VI.252. Resultado para Oxígeno Disuelto en el río Zula	189
Figura VI.253. Resultado para Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Zula	190
Figura VI.254. Resultado para Nitrógeno Amoniacal en el río Zula	190
Figura VI.255. Resultado para Demanda Química de Oxígeno en el río Zula	191
Figura VI.256. Resultado para Coliformes Fecales en el río Zula	191
Figura VI.257. Resultado para Grasas y Aceites en el río Zula	192
Figura VI.258. Resultado para Nitrógeno Total en el río Zula	192
Figura VI.259. Resultado para Fósforo Total en el río Zula	193
Figura VI.260. Resultado para Sólidos Suspendidos Totales en el río Zula	193
Figura VI.261. Resultado para Sustancias Activas al Azul de Metileno en el río Zula	194
Figura VI.262. Resultado para Arsénico en el río Zula	194
Figura VI.263. Resultado para Cobre en el río Zula	195
Figura VI.264. Resultado para Níquel en el río Zula	195
Figura VI.265. Resultado para Zinc en el río Zula	196
Figura VI.266. Resultado para Cianuros en el río Zula	196
Figura VI.267. Resultado para Cadmio en el río Zula	197
Figura VI.268. Resultado para Cromo en el río Zula	197
Figura VI.269. Resultado para Mercurio en el río Zula	198
Figura VI.270. Resultado para Plomo en el río Zula	198
Figura VI.271. Resultado para Cloruros en el río Zula	199

Figura VI.272. Resultado para Sulfatos en el río Zula	199
Figura VI.273. Resultado para Fenoles en el río Zula	200
Figura VI.274. Resultado para Color en el río Zula.....	200
Figura VI.275. Resultado para Bis 2(Etil Hexil)ftalato en el río Zula	201
Figura VI.276. Resultado para Dimetilftalato en el río Zula	201
Figura VI.277. Resultado para Dietilftalato en el río Zula	202
Figura VI.278. Resultado para Cloroformo en el río Zula	202
Figura VI.279. Resultado para Diclorobencenos en el río Zula	203
Figura VI.280. Resultado para 2, 4, 6 Triclorofenol en el río Zula	203
Figura VI.281. Resultado para Benceno en el río Zula	204
Figura VI.282. Resultado para Etilbenceno en el río Zula	204
Figura VI.283. Resultado para Isoforona en el río Zula	205
Figura VI.284. Resultado para Naftaleno en el río Zula.....	205
Figura VI.285. Resultado para Nitrobenceno en el río Zula.....	206
Figura VI.286 Resultado para Tetracloroetileno en el río Zula	206
Figura VI.287 Resultado para Tetracloruro de Carbono en el río Zula.....	207
Figura VI.288. Resultado para Tolueno en el río Zula	207
Figura VI.289. Carga de contaminantes actual, plazo inicial, intermedio y final. Río Santiago.	217
Figura VI.290. Carga de contaminantes actual, plazo inicial, intermedio y final. Río Santiago (continuación)	218
Figura VI.291. Carga de contaminantes actual, plazo inicial, intermedio y final. Río Verde.	218
Figura VI.292. Carga de contaminantes actual, plazo inicial, intermedio y final. Río Verde (continuación)....	219
Figura VI.293. Carga de contaminantes actual, plazo inicial, intermedio y final. Río Zula.....	219
Figura VI.294. Carga de contaminantes actual, plazo inicial, intermedio y final. Río Zula (continuación)	220
Figura VI.295. Niveles de reducción de las cargas por plazo en el río Santiago	221
Figura VI.296. Niveles de reducción de las cargas por plazo en el río Verde.....	222
Figura VI.297 Niveles de reducción de las cargas por plazo en el río Zula	223
Tabla VI.1. Descripción de zonas en el primer tramo del río Santiago.....	3
Tabla VI.2.Coordenadas de inicio y fin de las zonas clasificadas del río Santiago.....	5
Tabla VI.3.Descargas de aguas residuales en las zonas clasificadas	5
Tabla VI.4. Cargas de contaminantes por campaña de muestreo (en kg/d)	11
Tabla VI.5. Cargas de contaminantes en industrias y pecuarias segunda campaña (en kg/d)	11
Tabla VI.6. Cargas de contaminantes en industrias y pecuarias segunda campaña (en kg/d)	12
Tabla VI.7. Cargas de contaminantes en industrias y pecuarias segunda campaña (en kg/d)	13
Tabla VI.8. Cargas de contaminantes en descargas municipales segunda campaña (en kg/d)	14
Tabla VI.9. Cargas de contaminantes en municipales segunda campaña (en kg/d)	15
Tabla VI.10. Cargas de contaminantes en municipales segunda campaña (en kg/d).....	16

Tabla VI.11. Distribución de cargas por zona expresada en kg/d	55
Tabla VI.12. Distribución de caudales en el río Santiago	58
Tabla VI.13. Coeficientes de decaimiento	62
Tabla VI.14. Metas de calidad del agua las zonas clasificadas del río Santiago.....	84
Tabla VI.15. Límites de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996 para protección de vida acuática y para el plazo 1	85
Tabla VI.16. Límites de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996 para riego agrícola y para el plazo 1.....	85
Tabla VI.17. Criterios de calidad del agua para el plazo 3, para protección de vida acuática	86
Tabla VI.18. Criterios de calidad del agua para el plazo 3, para riego agrícola	86
Tabla VI.19. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 1.....	106
Tabla VI.20. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 2.....	107
Tabla VI.21. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 3.....	111
Tabla VI.22. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 1.	114
Tabla VI.23. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 2.	115
Tabla VI.24. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 3.	118
Tabla VI.25. Capacidad de asimilación del río Santiago y afluentes por zonas clasificadas.	121
Tabla VI.26. Distribución de caudales en el río Verde	143
Tabla VI.27. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 1.....	164
Tabla VI.28. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 2.....	165
Tabla VI.29. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 3.....	167
Tabla VI.30. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 1.	168
Tabla VI.31. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 2.	169
Tabla VI.32. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 3.	170
Tabla VI.33. Capacidad de asimilación del río Verde y afluentes por zonas clasificadas.....	171
Tabla VI.34. Distribución de caudales en el río Santiago	187
Tabla VI.35. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 1.....	208
Tabla VI.36. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 2.....	209
Tabla VI.37. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 3.....	210
Tabla VI.38. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 1.	211
Tabla VI.39. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 2.	212
Tabla VI.40. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 3.	213
Tabla VI.41. Capacidad de asimilación del río Zula y afluentes por zonas clasificadas.....	215
Tabla VI.42. Reducción de las cargas (ton/d) por etapa y por zonas, río Santiago	220
Tabla VI.43. Reducción de las cargas (ton/d) por etapa y por zonas, río Verde	221
Tabla VI.44. Reducción de las cargas (ton/d) por etapa y por zonas, río Zula.....	222
Tabla VI.45. Aumento de caudal (m ³ /s) por etapa. Ríos Santiago, Verde y Zula	223



Actualización del estudio de calidad del agua del río Santiago (desde su nacimiento en el lago de Chapala, hasta la presa Santa Rosa)



VI. ACTUALIZACIÓN DE LA MODELACIÓN Y SIMULACIÓN 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 la 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 real 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.

Los resultados del uso de un modelo proporcionan solo una representación aproximada de las condiciones reales y mientras mayor precisión se requiera, mayor deberá ser el detalle del número de elementos que deben considerarse en el modelo, y deberán de tomarse en cuenta las principales descargas y extracciones al río, con las consiguientes complicaciones en tiempo y costo de recopilar la mayor cantidad de información requerida.

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.

Para efectuar el balance de oxígeno, algunos modelos consideran solamente las principales entradas y salidas, como la reaeración a través de la superficie del cuerpo de agua, la solubilidad en función de la temperatura y la remoción debida a la actividad microbiana sobre la materia orgánica carbonosa. Otros modelos incluyen la producción de oxígeno por la actividad fotosintética de las algas, la solubilidad en función de la presión barométrica y la remoción por oxidación del nitrógeno amoniacal en el proceso de

nitrificación, así como la demanda de oxígeno de los sedimentos, y el consumo de oxígeno por la respiración de las algas.

Otros han sido diseñados para simular parámetros distintos al oxígeno disuelto que pueden o no estar relacionados con él, por ejemplo, la demanda bioquímica de oxígeno, temperatura; nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitritos y nitratos, fósforo orgánico y soluble, algas (como clorofila), coliformes fecales y componentes conservativos.

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.

VI.1. División del cuerpo de agua en zonas y elementos diferenciales

La zona clasificada del río Santiago se dividió en dos tramos; El primer tramo empieza en el municipio de Ocotlán (Jalisco) terminando en el sitio donde cruza el acueducto Calderón el río Santiago, con un recorrido de 89.6 km. El segundo tramo inicia inmediatamente después de la presa de generación hidroeléctrica "La Intermedia" hasta antes de la presa Santa Rosa, con un recorrido de 82.3 km. El tramo intermedio entre estos dos segmentos ubica a las presas de generación hidroeléctrica que la CFE opera en este río. Para fines de modelación, estas presas se omitieron ya que el QUAL2K no permite simular el comportamiento de este tipo de cuerpos. De igual manera se clasificaron de forma separada los ríos Verde y Zula; el río Verde para fines de estudio, inicia en la estación Chilarillo en los límites con el Estado de Aguascalientes, y termina en la confluencia con el río Santiago. El río Zula para fines del estudio inicia aguas arriba de la población de Arandas y termina en la confluencia con el río Santiago en Ocotlán.

Río Santiago

Para su clasificación el río Santiago se dividió en ocho zonas, las cuales se describen en la Tabla VI.1

Tabla VI.1. Descripción de zonas en el primer tramo del río Santiago.

No.	ZONA	DELIMITACIÓN	CARACTERÍSTICAS
1	Ocotlán	Inicia antes de la confluencia del río Zula, a 3.6 km aguas abajo del lago de Chapala, y termina en la presa de Poncitlán, en el puente que comunica las localidades de Poncitlán y Santiago Totolimixpan.	Longitud de la zona 17.10 km. Recibe principalmente 18.8 ton/día de DQO, 12.6 ton/día de SST y 3.2 ton/día de DBO5, con un caudal al inicio de 8,540 l/s.
2	Poncitlán	Inicia en la presa de Poncitlán, en el puente que comunica las localidades de Poncitlán y Santiago Totolimixpan, y termina antes de la confluencia del arroyo Santiaguito.	Longitud de la zona 30.51 km. Recibe las descargas municipales de Poncitlán y Atequiza-Atotonilco, ambas por el margen izquierdo del río Santiago. Recibe 0.63 ton/día de DQO, 0.25 ton/día de DBO5 y 0.20 ton/día de SST, con un caudal al inicio de 6,720 l/s.
3	Santiaguito	Antes de la confluencia del río Santiaguito, hasta después de la confluencia del Arroyo Ahogado.	Longitud de la zona 11.84 km. Confluencia por la margen izquierda de los arroyos Santiaguito y Ahogado Recibe 4.08 ton/día de DQO, 1.33 ton/día de DBO5 y 0.83 ton/día de SST, con un caudal al inicio de 2,520 l/s. Por parte del Arroyo El Ahogado recibe un caudal de 202.5 l/s.
4	El Salto	Inicia después de la confluencia del Arroyo Ahogado hasta la localidad de Puente Grande.	Longitud de la zona 11.1 km. Recibe las descargas municipales de Juanacatlán y Puente Grande. Recibe 4.22 ton/día de DQO, 1.87 ton/día de DBO5 y 4.44 ton/día de SST, con un caudal al inicio de 2,800 l/s.
5	Puente Grande	Inicia en el puente de la carretera libre Guadalajara-Zapotlanejo y termina en el Puente Grande.	Longitud de la zona 18.28 km. En esta zona el río Santiago recibe por la margen derecha los afluentes del río La Laja y del río Zapotlanejo. Recibe 8.53 ton/día de DQO, 8.28 ton/día de DBO5 y 1.81 ton/día de SST, con un caudal al inicio de 2,200 l/s.
6	La Intermedia	Inicia después de la presa La Intermedia y termina 300 metros aguas abajo del puente Arcediano.	Longitud de la zona 4.64 km. Recibe por la margen izquierda dos descargas municipales de Guadalajara y por la margen derecha recibe el flujo del río Verde. Recibe 234.38 ton/día de DQO, 37.74 ton/día de DBO5 y 70.74 ton/día de

No.	ZONA	DELIMITACIÓN	CARACTERÍSTICAS
			SST, con un caudal al inicio de 1,761 l/s.
7	Arcediano	Inicia 300 metros aguas abajo del puente Arcediano y termina antes de la confluencia del río Juchipila.	Longitud de la zona 39.67 km. Recibe dos descargas municipales de Guadalajara y al río Verde. Recibe 136.64 ton/día de DQO, 62.15 ton/día de DBO5 y 56.71 ton/día de SST, con un caudal al inicio de 6,081 l/s.
8	San Cristóbal de la Barranca	Inicia antes de la confluencia del río Juchipila y termina en la presa Santa Rosa.	Longitud de la zona 38.00 km. Confluencia por la margen derecha del río Juchipila. Recibe 54.64 ton/día de DQO, 11.24 ton/día de DBO5 y 13.52 ton/día de SST, con un caudal al inicio de 8,240 l/s..

Al inicio de la zona 1 se presenta una descarga de aguas residuales proveniente de la localidad de Ocotlán, además de las descargas industriales de Nestlé y Celanese, y más adelante la descarga municipal de Cuitzeo. En la zona 2 descargan las aguas residuales municipales provenientes de las plantas de tratamiento de Poncitlán y Atequiza - Atotonilco, y las industriales plásticos Rex Cydsa y CIBA. En la zona 3 descargan dos importantes arroyos; el arroyo Santiaguito y el arroyo El Ahogado, este último es colector de las descargas de la zona industrial y de zonas habitacionales. La zona 4 recibe las descargas municipales El Salto, Juanacatlán y Puente Grande, así como también las granjas porcícolas de El Gran Chaparral y El Caballo Bayo . La zona 5 recibe los afluentes de los ríos La Laja y Zapotlanejo. En la zona 6 se presentan dos descargas de aguas residuales por la margen izquierda provenientes de la ciudad de Guadalajara, incorporándose más adelante el río Verde por la margen derecha. En la zona 7 se incorporan al río Santiago otras dos descargas residuales municipales de la ciudad de Guadalajara por la margen izquierda. En la zona 8, en la localidad de San Cristóbal de la Barranca descarga al río Santiago por la margen derecha el río Juchipila y el río Huixtla, siguiendo un tramo sin descargas hasta el inicio de la presa Santa Rosa.

Las coordenadas de inicio y final de cada zona, sobre el río Santiago, así como los afluentes incluidos en las zonas clasificadas, se muestran en la Tabla VI.2.

Tabla VI.2.Coordenadas de inicio y fin de las zonas clasificadas del río Santiago.

Zona	Inicio		Final		Afluentes incluidos en la zona
	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	
1. Ocotlán	102.8183	20.3853	102.9342	20.3877	
2. Poncitlán	102.9342	20.3877	103.1450	20.4342	
3. Santiaguito	103.1450	20.4342	103.2044	20.4952	Arroyo Santiaguito Arroyo El Ahogado
3. Arroyo El Ahogado	103.2044	20.4952	103.1650	20.5400	
4. El Salto	103.1650	20.5400	103.1449	20.5931	
5. Puente Grande	103.1449	20.5931	103.1871	20.6681	Río La Laja Río Zapotlanejo
6. La intermedia	103.2648	20.7050	103.2890	20.7384	Río Verde
7. Arcediano	103.2890	20.7384	103.4139	21.0218	
8. San Cristóbal de la Barranca	103.4139	21.0218	103.5927	20.9630	Río Juchipila Río Huixtla

En la Tabla VI.3 se muestran las descargas de aguas residuales en cada zona clasificada del primer tramo del río Santiago, el cuerpo receptor, gasto aportado por cada descarga, el porcentaje relativo del volumen descargado y el tipo de descarga, indicando el giro industrial, en su caso.

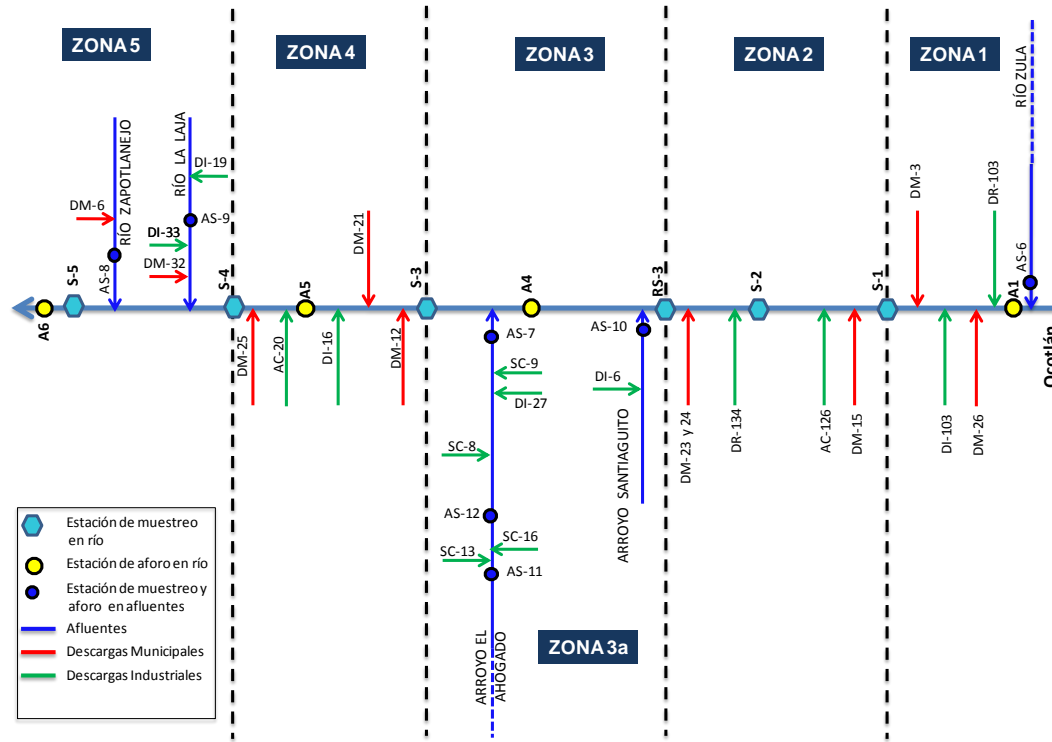
Tabla VI.3.Descargas de aguas residuales en las zonas clasificadas

Zona	Cuerpo Receptor	Tipo o giro	Descarga	Caudal (l/s)	%
1	Río Santiago	PTAR	PTAR Cuitzeo	12.00	0.28
		Industrial	Nestlé	22.10	0.51
		Industrial	Celanese Mexicana	86.80	2.01
		PTAR	PTAR Ocotlán	164.00	3.80
2	Río Santiago	PTAR	PTAR Poncitlán	31.80	0.74
		Industrial	Plásticos Rex Cydsa	5.00	0.12
		PIndustrial	CIBA	2.80	0.06
		PTAR	PTAR Atequiza-Atotonilco	23.10	0.54
3	Río Santiaguito	Industrial	Aceitera AGyDSA	4.30	0.10
3a	Arroyo Ahogado	Industrial	Zona Industrial El Salto	2.50	0.06
		Ind./Municipal	La Alameda	13.30	0.31
		Ind./Municipal	Antes puente El Muelle	14.00	0.32
		Industrial	Colector en El Muelle	1.20	0.03
		Industrial	Colector aguas abajo El Muelle	0.50	0.01
4	Río Santiago	PTAR	PTAR El Salto	23.40	0.54

Zona	Cuerpo Receptor	Tipo o giro	Descarga	Caudal (l/s)	%
		PTAR	PTAR Juanacatlán	20.00	0.46
		Porcícola	Venagen	4.70	0.11
		Porcícola	Caballo Bayo	4.00	0.09
		Municipal	Puente Grande	9.00	0.21
5	Río La Laja	Tequilera	Cuervo Camachines	2.40	0.06
		Porcícola	El Colorín	0.50	0.01
		Municipal	La Laja	40.00	0.93
5	Río Zapotlanejo	PTAR	PTAR Zapotlanejo	66.00	1.53
6	Río Santiago	Municipal	ZMG (Osorio)	1,085.00	25.17
		Municipal	ZMG (San Andrés)	895.00	20.76
7	Río Santiago	Municipal	ZMG (Huntitán)	268.00	6.22
		Municipal	ZMG (El Vado y Coyula)	1,510.00	35.02
			Total	4,311.40	100.00

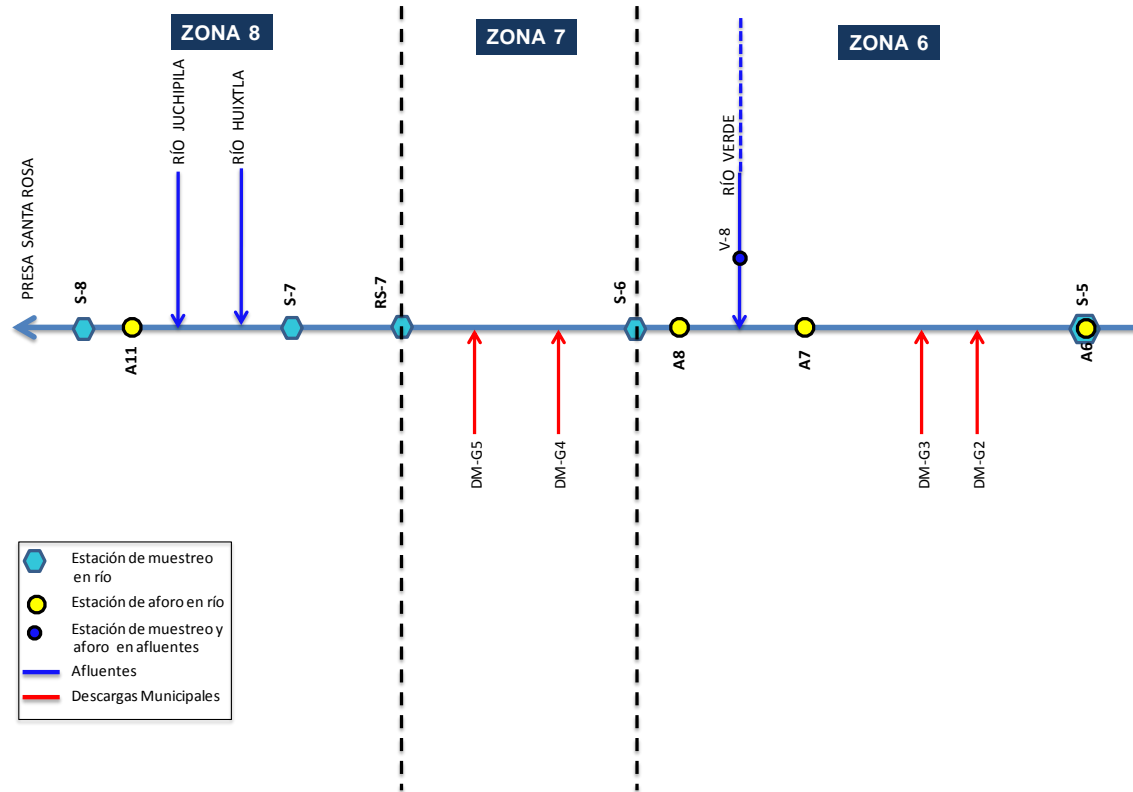
Las principales descargas por magnitud de caudal son; las descargas municipales de Guadalajara El Vado y Coyula con el 35.0%, Osorio con el 25.2%, San Andrés con el 20.8% y Huentitán con el 6.2% (no se considera la primera descarga ya que sus escurrimientos llegan a la presa La Intermedia); le sigue a estas descargas municipales la PTAR de Ocotlán con el 3.8%, la descarga industrial Celanese Mexicana con el 2.0%, la PTAR de Zapotlanejo con el 1.5 %, la descarga municipal de la localidad La Laja con el 0.9 %, la PTAR de Poncitlán con el 0.7 %, la PTAR de Atequiza-Atotonilco con el 0.5 %, La PTAR El Salto con el 0.5 %, la industria Nestlé con el 0.5 %, La PTAR Juanacatlán con el 0.5%, la descarga industrial antes puente El Muelle con el 0.3 %, La descarga en la localidad La Alameda con el 0.3 % y La PTAR de Cuitzeo con el 0.3. El conjunto de descargas anteriores contabiliza el 99.0 % del caudal aportado al río Santiago.

En la figura VI.1 y VI.2 se muestra el diagrama unifilar del río Santiago, en donde se indica la ubicación de afluentes, descargas de aguas residuales, aprovechamientos, estaciones de monitoreo y aforo, por zonas clasificadas. La zona del Arroyo El Ahogado que fue incluida en el modelo, desde aguas abajo del vaso del mismo nombre (estación AS-11), hasta la confluencia con el río Santiago (estación AS-7), la cual se denominó como zona 3a.



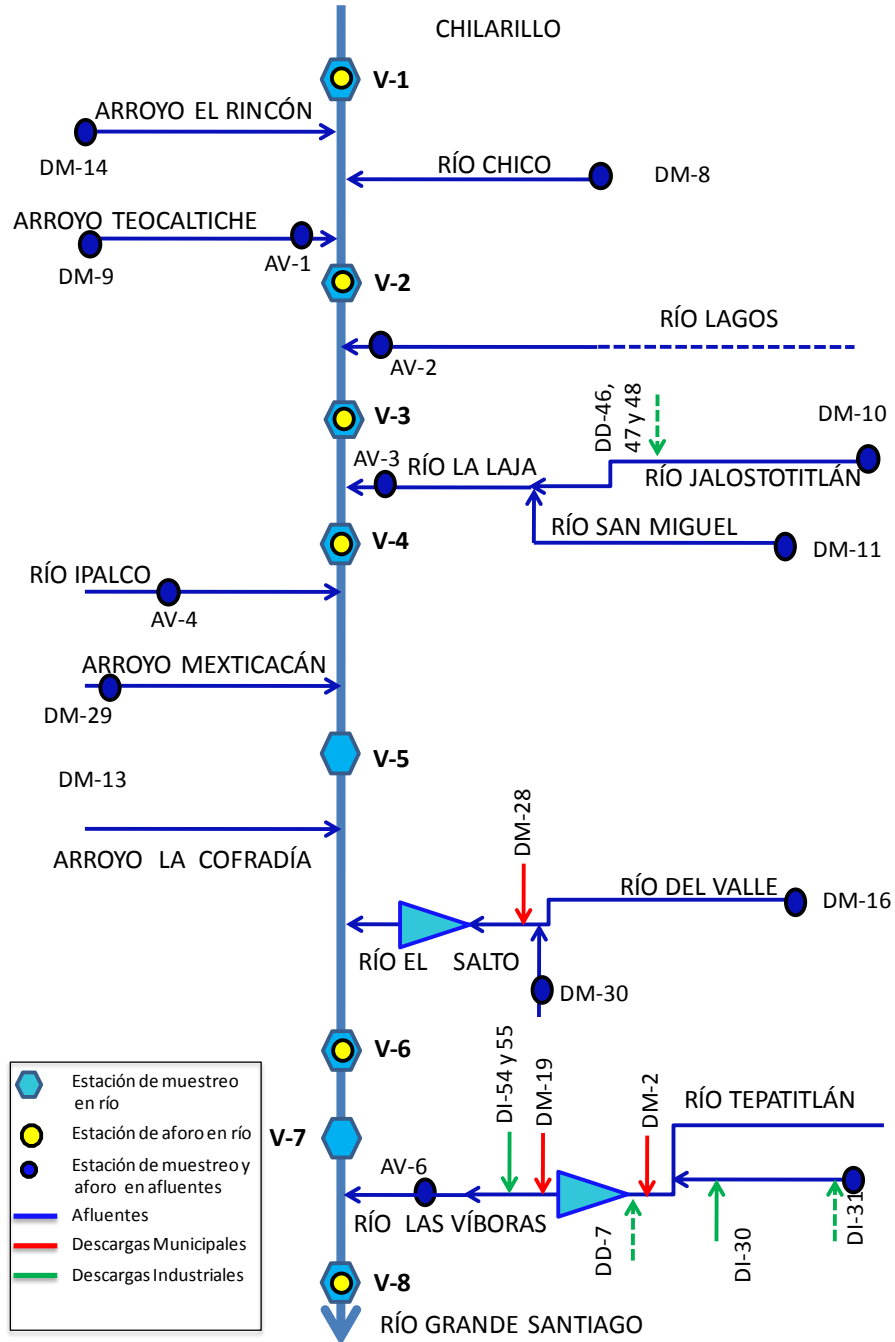
Clave: S, RS.- Río; AS- Afluente Santiago; DM.- Descargas municipales, DI, SC, AC, DR.- Descargas industriales; A.- Aforo.

Figura VI.1. Esquema unifilar del río Santiago



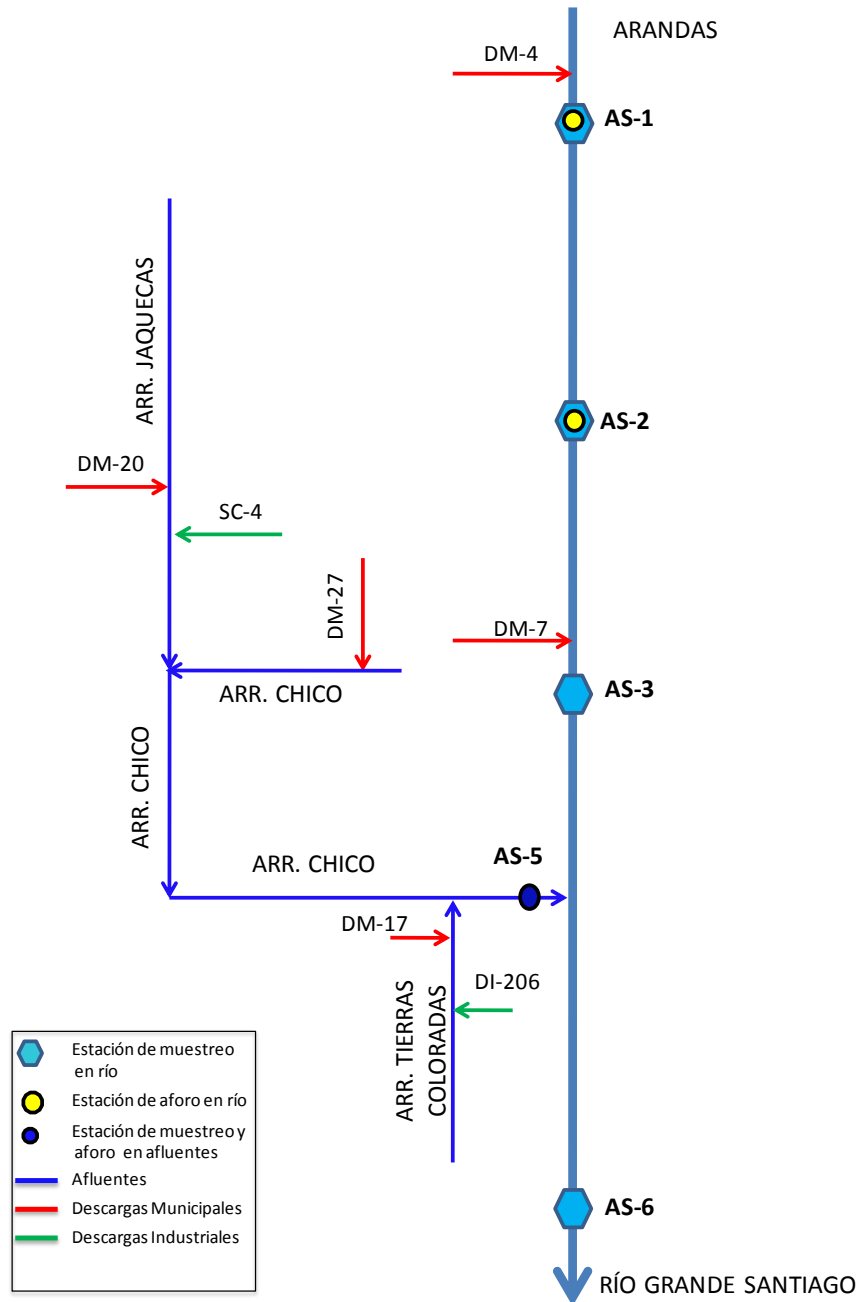
Clave: S, RS.- Río; AS- Afluente Santiago; DM.- Descargas municipales, DI, SC, AC, DR.- Descargas industriales; A.- Aforo.

Figura VI.2. Esquema unifilar del río Santiago, continuación



Clave: S, RS.- Río; AS- Afluente Santiago; DM.- Descargas municipales, DI, SC, AC, DR.- Descargas industriales; A.- Aforo

Figura VI.3. Esquema unifilar del río Verde



Clave: S, RS.- Río; AS.- Afluente Santiago; DM.- Descargas municipales, DI, SC, AC, DR.- Descargas industriales; A.- Aforo

Figura VI.4. Esquema unifilar del río Zula

VI.2. Calidad del agua del río Santiago

VI.2.1. Distribución de cargas en el río Santiago

Para definir en cuál de los muestreos se presentaron las condiciones más críticas en cuanto al aporte de contaminantes, se procedió a sumar las cargas de los contaminantes señalados en la NOM-001-SEMARNAT-1996, para cada uno de los tres muestreos, ver tabla VI.4.

Tabla VI.4. Cargas de contaminantes por campaña de muestreo (en kg/d)

Descargas	1er muestreo	2o muestreo	3er muestreo
Industriales y pecuarias	41,164	147,383	103,374
Municipales	299,838 ⁽¹⁾	360,107	266,884
Suma	341,002	507,491	370,258

(1) se consideró el promedio de las campañas 2 y 3 de la ZM de Guadalajara

En la tabla VI.5 se presentan las cargas de contaminantes convencionales al río Santiago aportados por las principales descargas para la segunda campaña de muestreo, expresadas en kilogramos por día, resultado del producto de la concentración por el caudal. Esta condición define la carga más desfavorable encontrada durante los tres muestreos, misma que se aplica para los ríos Verde y Zula.

Tabla VI.5. Cargas de contaminantes en industrias y pecuarias segunda campaña (en kg/d)

Descarga	Caudal (lps)	DBO	SST	NT	PT	GyA
AC-126 (Plásticos Rex Cydsa)	0.26	0.45	0.88	0.84	0.27	0.22
AC-20 (Granja Caballo Bayo)	17.0	210	749	788	91.2	73.3
AC-4 (Sanchs Suspensiones)	4.00	4.49	1.80	2.89	0.17	0.00
DD-46, 47 y 48 (Granja EL Mayoral)	0.82	372	390	53.7	15.9	4.36
DD-59 (Granja Sanfandila)	23.8	16,012	13,508	2,434	273	222
DI-301 (Granja Texas)	4.94	6,288	3,064	429	113	60.6
DI-103 (Celanese Mexicana)	75.0	551	471	116	166	39.3
DI-14 (Granja Gen Pro)	58.0	400	70	26.6	3.01	2.44
DI-16 (Granja Venagen)	1.25	8.13	21.9	5.00	1.35	5.58
DI-18 (CEFERESO)	8.84	435	165	21.7	2.88	75.2
DI-19 (Tequilera Cuervo Camichines)	16.9	611	654	5.61	0.87	7.88
DI-206 (Tequilera La Madrileña)	63.0	78,202	6,477	656	456	0.00
DI-27 (Industria Quimicao)	1.89	67.4	28.4	53.3	0.47	0.00
DI-30 (Anvases y Plásticos Titán)	5.18	241	43.9	24.7	0.13	4.38
DI-31 (Rastro y Penitenciaria)	0.48	18.0	11.4	3.33	0.13	2.31

Descarga	Caudal (lps)	DBO	SST	NT	PT	GyA
DI-1A (Gatorade)	7.00	6.11	114	1.69	1.58	0.00
DI-84 (PI Lagos de Moreno)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DI-92 (Industria LM)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DI-93 (Sigma Alimentos)	9.42	34.0	33.4	5.85	46.4	6.40
DI-94 (Industria Bachoco)	1.81	133	144	16.3	2.79	48.9
DR-103 (Nestle)	11.1	2,211	448	125.9	91.8	40.3
DR-134 (Ciba)	4.70	2.84	10.6	26.6	0.42	2.75
SC-10 (Pepsi Santorini)	50.0	3,871	916	64.0	12.4	66.5
SC-11 (Hilasal)	32.0	60.8	107.8	32.3	2.66	23.3
SC-12 (Hershey)	0.05	0.01	0.05	0.02	0.05	0.00
SC-13 (PI El Salto)	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00
SC-14 (Empaques Modernos)	58.0	882	267	148	18.1	54.6
SC-3 (Empaques Universales)	4.00	124	309	9.14	0.67	58.4
SC-4 (Tequilera El Campanario)	0.11	14.5	1.00	0.17	0.05	0.05
SC-8 (Arroyo aguas arriba El Muelle)	4.00	7.29	9.33	8.12	2.19	0.00
SC-9 (Descarga aguas debajo de El)	0.47	0.83	1.46	1.12	0.10	0.00
SC-16 (Descarga en La Alameda)	28.0	733	435	98	14.0	138

Tabla VI.6. Cargas de contaminantes en industrias y pecuarias segunda campaña (en kg/d)

Descarga	Caudal (lps)	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
AC-126 (Plasticos Rex Cydsa)	0.26	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
AC-20 (Granja Caballo Bayo)	17.0	0.00	0.00	0.00	0.00	1.77
AC-4 (Sanchs Suspensiones)	4.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.04
DD-46, 47 y 48 (Granja EL Mayoral)	0.82	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04
DD-59 (Granja Sanfandila)	28.8	0.00	0.47	0.23	0.00	4.07
DI-301 (Granja Texas)	4.94	0.00	0.05	0.09	0.06	0.84
DI-103 (Celanese Mexicana)	75.0	0.00	0.00	0.56	0.94	1.22
DI-14 (Granja Gen Pro)	58.0	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03
DI-16 (Granja Venagen)	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
DI-18 (CEFRESO)	8.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
DI-19 (Tequilera Cuervo Camichines)	16.9	0.00	0.00	0.05	0.08	0.20
DI-206 (Tequilera La Madrileña)	63.0	0.00	0.74	0.79	0.80	0.66
DI-27 (Industria Quimicao)	1.89	0.00	0.00	0.06	0.00	0.03
DI-30 (Anvases y Plásticos Titán)	5.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03

Descarga	Caudal (lps)	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
DI-31 (Rastro y Penitenciaria)	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DI-1A (Gatorade)	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
DI-84 (PI Lagos de Moreno)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DI-92 (Industria LM)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DI-93 (Sigma Alimentos)	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
DI-94 (Industria Bachoco)	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
DR-103 (Nestle)	11.1	0.03	0.00	0.10	0.13	0.05
DR-134 (Ciba)	4.70	0.02	0.00	0.07	0.08	0.09
SC-10 (Pepsi Santorini)	50.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78
SC-11 (Hilasal)	32.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
SC-12 (Hershey)	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SC-13 (PI El Salto)	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SC-14 (Empaques Modernos)	58.0	0.00	0.44	0.00	0.00	0.42
SC-3 (Empaques Universales)	4.00	0.01	0.00	0.04	0.05	0.05
SC-4 (Tequilera El Campanario)	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SC-8 (Arroyo aguas arriba El Muelle)	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
SC-9 (Descarga aguas debajo de El)	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
SC-16 (Descarga en La Alameda)	28.0	0.00	0.00	0.17	0.00	0.51

Tabla VI.7. Cargas de contaminantes en industrias y pecuarias segunda campaña (en kg/d)

Descarga	Caudal (lps)	Cr T	Cn	As	Total
AC-126 (Plasticos Rex Cydsa)	0.26	0.00	0.00	0.00	2.66
AC-20 (Granja Caballo Bayo)	17.00	0.00	0.00	0.00	1,913
AC-4 (Sanchs Suspensiones)	4.00	0.00	0.00	0.00	9.46
DD-46, 47 y 48 (Granja EL Mayoral)	0.82	0.00	0.00	0.00	836
DD-59 (Granja Sanfandila)	23.8	0.00	0.00	0.00	32,454
DI-301 (Granja Texas)	4.94	0.03	0.00	0.00	9,957
DI-103 (Celanese Mexicana)	75.0	0.00	0.00	0.00	1,346
DI-14 (Granja Gen Pro)	58.0	0.00	0.00	0.00	502
DI-16 (Granja Venagen)	1.25	0.00	0.00	0.00	42.1
DI-18 (CEFERESO)	8.84	0.00	0.00	0.00	700
DI-19 (Tequilera Cuervo Camichines)	16.9	0.00	0.00	0.00	1,279
DI-206 (Tequilera La Madrileña)	63.0	0.00	0.00	0.00	85,795
DI-27 (Industria Quimicao)	1.89	0.00	0.00	0.00	150

Descarga	Caudal (lps)	Cr T	Cn	As	Total
DI-30 (Anvases y Plásticos Titán)	5.18	0.00	0.00	0.00	314
DI-31 (Rastro y Penitenciaria)	0.48	0.00	0.00	0.00	35.3
DI-1A (Gatorade)	7.00	0.00	0.00	0.00	123
DI-84 (PI Lagos de Moreno)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DI-92 (Industria LM)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DI-93 (Sigma Alimentos)	9.42	0.00	0.00	0.00	126
DI-94 (Industria Bachoco)	1.81	0.00	0.00	0.00	344
DR-103 (Nestle)	11.10	0.00	0.00	0.00	2,918
DR-134 (Ciba)	4.70	0.00	0.00	0.00	43.5
SC-10 (Pepsi Santorini)	50.0	0.00	0.00	0.00	4,930
SC-11 (Hilasal)	32.0	0.00	0.00	0.00	227
SC-12 (Hershey)	0.05	0.00	0.00	0.00	0.13
SC-13 (PI El Salto)	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05
SC-14 (Empaques Modernos)	58.0	0.00	0.00	0.00	1,370
SC-3 (Empaques Universales)	4.00	0.04	0.00	0.00	501
SC-4 (Tequilera El Campanario)	0.11	0.00	0.00	0.00	15.8
SC-8 (Arroyo aguas arriba El Muelle)	4.00	0.00	0.00	0.00	26.9
SC-9 (Descarga aguas debajo de El)	0.47	0.00	0.00	0.00	3.56
SC-16 (Descarga en La Alameda)	28.0	0.00	0.00	0.00	1,419
Suma					147,383

Tabla VI.8. Cargas de contaminantes en descargas municipales segunda campaña (en kg/d)

Descarga	Caudal (lps)	DBO	SST	NT	PT	GyA
DM-1 (Lagos de Moreno)	219	2,702	2,223	471	73.4	963
DM-10 (Jalostotitlán)	28.0	273	224	117	22.6	97.8
DM-11 (San Miguel El Alto)	173	4,406	581	256	46.7	452
DM-12 (El Salto)	10.5	0.00	9.57	43.9	14.1	13.2
DM-13 (Yahualica)	4.35	875	372	271	30.9	127
DM-14 (Villa Hidalgo)	45.2	375	360	53.0	8.69	111
DM-15 (Poncitlán)	31.8	216	93.4	76.7	21.8	45.3
DM-16 (Capilla de Guadalupe)	43.8	296	292	35.0	4.90	88.8
DM-17 (Tototlán)	11.2	292	146	26.6	6.94	3.92
DM-19 (Acatío)	16.9	28.9	39.8	37.2	1.62	18.7
DM-2 (Tepatitlán)	63.9	3,511	2,098	356	33.3	0.00

Descarga	Caudal (lps)	DBO	SST	NT	PT	GyA
DM-20 (San Ignacio Cerro Gordo)	56.98	4,751	1,939	205	60.2	267
DM-21 (Junacatlán)	8.53	0.00	4,432	36.9	7.21	14.4
DM-22 (Unión de San Antonio)	50.2	3,731	4,420	345	66.7	1,111
DM-23 y 24 (Atequiza - Atotonilquillo)	15.7	26.2	120	55.1	11.5	0.00
DM-25 (Puente Grande)	9.0	1,138	1,139	69.3	12.7	767
DM-26 (Cuitzeo)	12.0	16.9	22.8	10.4	6.00	8.90
DM-27 (San Fco de Asís)	26.6	564	84.2	106	23.7	386
DM-28 (Valle de Guadalupe)	27.29	3.69	5.40	3.17	1.86	8.91
DM-29 (Mexticacán)	37.0	272	319	38.7	8.10	107
DM-3 (Ocotlán)	255.0	0.00	0.00	403	28.6	0.00
DM-30 (Pegueros)	24.31	445	106	33.9	3.05	23.0
DM-31 (Zapotlán del Rey)	1.90	454	192	16.4	5.14	66.2
DM-32 (La Laja)	5.00	1,628	1,144	138	49.1	342
DM-4 (Arandas)	27.4	27.9	36.1	164	21.0	61.8
DM-5 (San Juan de los Lagos)	155	473	287	231	42.3	68.5
DM-6 (Zapotlanejo)	66.00	73.4	28.0	14.9	14.8	29.1
DM-7 (Atotonilco El Alto)	33.47	4.81	57.8	9.60	3.49	0.00
DM-8 (Encarnación de Díaz)	100.30	1,664	659	254	57.0	227
DM-9 (Teocaltiche)	23.60	1,521	379	30.2	44.1	48.4
DM-G5 (ZM Guadalajara)	1,510.0	60,927	49,576	6,158	597	13,007
DM-G4 (ZM Guadalajara)	268.00	14,171	10,651	1,013	344	4,654
DM-G1 (ZM Guadalajara)	333	2,935	2,244	1,258	89.8	572
DM-G2 (ZM Guadalajara)	1,085	33,185	24,186	6,266	882	7,846
DM-G3 (ZM Guadalajara)	895	27,683	18,559	5,494	721	5,289

Tabla VI.9. Cargas de contaminantes en municipales segunda campaña (en kg/d)

Descarga	Caudal (lps)	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
DM-1 (Lagos de Moreno)	219.50	0.00	1.18	0.00	0.00	0.00
DM-10 (Jalostotitlán)	28.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27
DM-11 (San Miguel El Alto)	173.22	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91
DM-12 (El Salto)	10.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DM-13 (Yahualica)	4.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47
DM-14 (Villa Hidalgo)	45.25	0.00	0.06	0.00	0.00	0.17
DM-15 (Poncitlán)	31.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Descarga	Caudal (lps)	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
DM-16 (Capilla de Guadalupe)	43.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
DM-17 (Tototlán)	11.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DM-19 (Acatlán)	16.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DM-2 (Tepatitlán)	63.90	0.00	0.00	2.49	0.00	1.35
DM-20 (San Ignacio Cerro Gordo)	56.98	0.00	0.18	0.00	0.00	0.80
DM-21 (Junacatlán)	8.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
DM-22 (Unión de San Antonio)	50.20	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00
DM-23 y 24 (Atequiza - Atotonilquillo)	15.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35
DM-25 (Puente Grande)	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40
DM-26 (Cuitzeo)	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DM-27 (San Fco de Asís)	26.56	0.00	0.69	0.00	0.00	0.66
DM-28 (Valle de Guadalupe)	27.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DM-29 (Mexicacán)	37.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
DM-3 (Ocotlán)	255.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DM-30 (Pegueros)	24.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
DM-31 (Zapotlán del Rey)	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
DM-32 (La Laja)	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88
DM-4 (Arandas)	27.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71
DM-5 (San Juan de los Lagos)	154.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53
DM-6 (Zapotlanejo)	66.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41
DM-7 (Atotonilco El Alto)	33.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
DM-8 (Encarnación de Díaz)	100.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52
DM-9 (Teocaltiche)	23.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60
DM-G5 (ZM Guadalajara)	1,510.00	0.00	0.00	6.65	0.00	41.49
DM-G4 (ZM Guadalajara)	268.00	0.00	1.20	0.00	0.00	9.68
DM-G1 (ZM Guadalajara)	333.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.42
DM-G2 (ZM Guadalajara)	1,085.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.06
DM-G3 (ZM Guadalajara)	895.00	0.00	2.09	0.00	0.00	17.79

Tabla VI.10. Cargas de contaminantes en municipales segunda campaña (en kg/d)

Descarga	Caudal (lps)	Cr T	Cn	As	Total
DM-1 (Lagos de Moreno)	219.50	0.00	0.00	0.00	2.66
DM-10 (Jalostotitlán)	28.03	0.00	0.00	0.00	1,913
DM-11 (San Miguel El Alto)	173.22	0.00	0.00	0.00	9.46

Descarga	Caudal (lps)	Cr T	Cn	As	Total
DM-12 (El Salto)	10.54	0.00	0.00	0.00	6,434
DM-13 (Yahualica)	4.35	0.00	0.00	0.00	734
DM-14 (Villa Hidalgo)	45.25	0.00	0.00	0.00	5,743
DM-15 (Poncitlán)	31.80	0.00	0.00	0.00	80.8
DM-16 (Capilla de Guadalupe)	43.79	0.00	0.00	0.00	1,677
DM-17 (Tototlán)	11.20	0.00	0.00	0.00	908
DM-19 (Acatíc)	16.91	0.00	0.08	0.07	453
DM-2 (Tepatitlán)	63.90	0.00	0.00	0.00	716
DM-20 (San Ignacio Cerro Gordo)	56.98	0.00	0.00	0.00	475
DM-21 (Junacatlán)	8.53	0.00	0.00	0.00	126
DM-22 (Unión de San Antonio)	50.20	0.00	0.00	0.00	6,002
DM-23 y 24 (Atequiza - Atotonilquillo)	15.73	0.00	0.00	0.00	7,223
DM-25 (Puente Grande)	9.00	0.00	0.00	0.00	4,491
DM-26 (Cuitzeo)	12.00	0.00	0.00	0.00	9,674
DM-27 (San Fco de Asís)	26.56	0.00	0.00	0.00	213
DM-28 (Valle de Guadalupe)	27.29	0.00	0.00	0.00	3,127
DM-29 (Mexicacán)	37.00	0.00	0.00	0.00	65.0
DM-3 (Ocotlán)	255.00	0.00	0.00	0.00	1,165
DM-30 (Pegueros)	24.31	0.00	0.00	0.00	23.0
DM-31 (Zapotlán del Rey)	1.90	0.00	0.00	0.00	745
DM-32 (La Laja)	5.00	0.00	0.00	0.00	432
DM-4 (Arandas)	27.40	0.00	0.00	0.00	611
DM-5 (San Juan de los Lagos)	154.91	0.00	0.00	0.00	734
DM-6 (Zapotlanejo)	66.00	0.00	0.00	0.00	3,302
DM-7 (Atotonilco El Alto)	33.47	0.00	0.00	0.00	311
DM-8 (Encarnación de Díaz)	100.30	0.00	0.00	0.00	1,102
DM-9 (Teocaltiche)	23.60	0.00	0.00	0.00	161
DM-G5 (ZM Guadalajara)	1,510.00	0.00	0.00	0.00	75.8
DM-G4 (ZM Guadalajara)	268.00	0.00	0.00	0.00	2,862
DM-G1 (ZM Guadalajara)	333.00	0.00	0.00	0.00	2,023
DM-G2 (ZM Guadalajara)	1,085.00	0.00	0.00	0.00	130,314
DM-G3 (ZM Guadalajara)	895.00	0.00	0.00	0.00	30,844
Suma					360,107

En resumen se vierten para las condiciones más críticas encontradas, un total de 507.5 toneladas de contaminantes convencionales diariamente, distribuidos de la siguiente forma: 155.5 ton/día de Sólidos Suspendidos, 280.2 ton/día como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO), 29.2 ton/día de Nitrógeno Total, 4.7 ton/día de Fósforo Total, 37.8 ton/día de Grasas y Aceites, 7.5 kg/día de Cobre, 11.4 kg/día de Níquel, 118 kg/día de Zinc y 2.1 kg/día de Plomo. Adicionalmente hubo presencia de otros contaminantes no convencionales los cuales son se incluyeron en el análisis anterior de cargas pero se señalan más adelante.

En las figuras VI.5 a la VI.34 se muestran las cargas de contaminantes de los afluentes directos al río Santiago (AS10 Arroyo Santiaguito, AS7 El Ahogado, AS9 La Laja, AS8 Zapotlanejo y V8 río Verde).

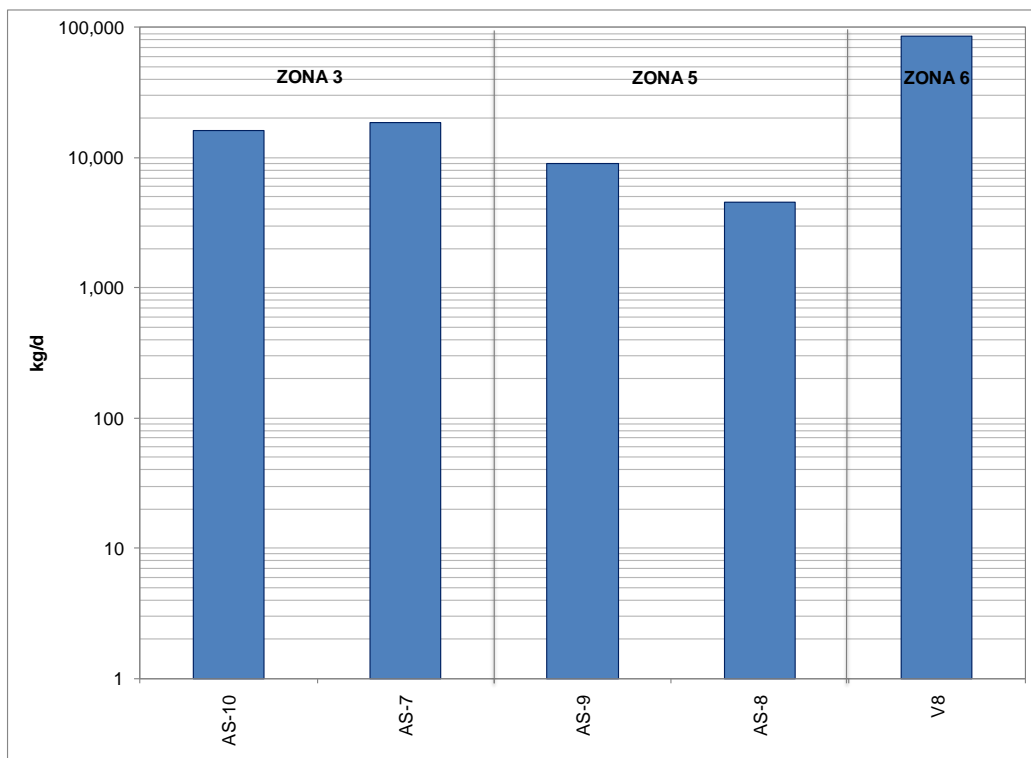


Figura VI.5. Carga de Sólidos Disueltos Totales

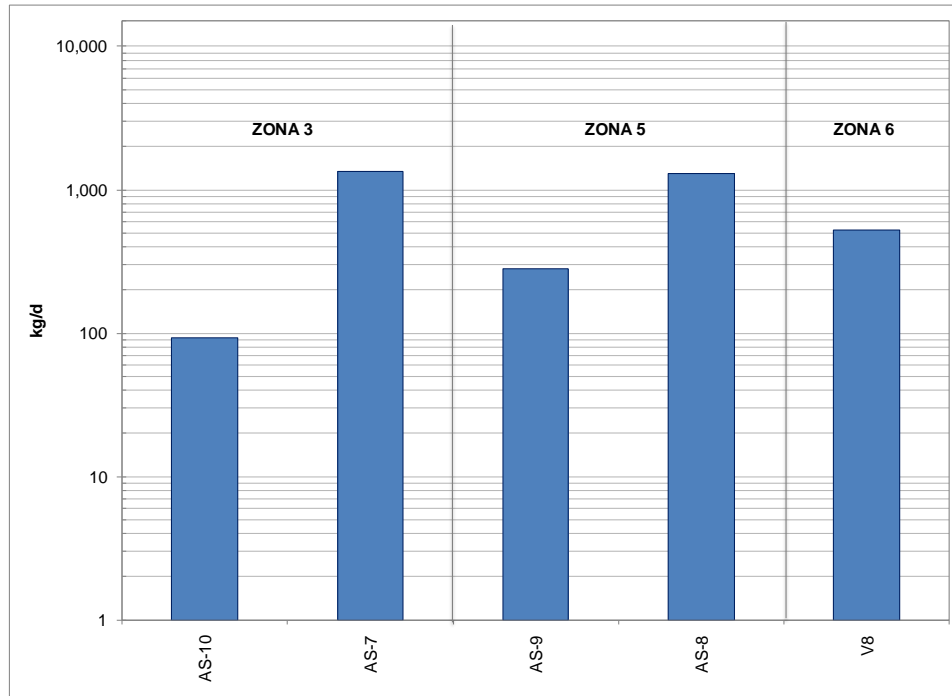


Figura VI.6. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno

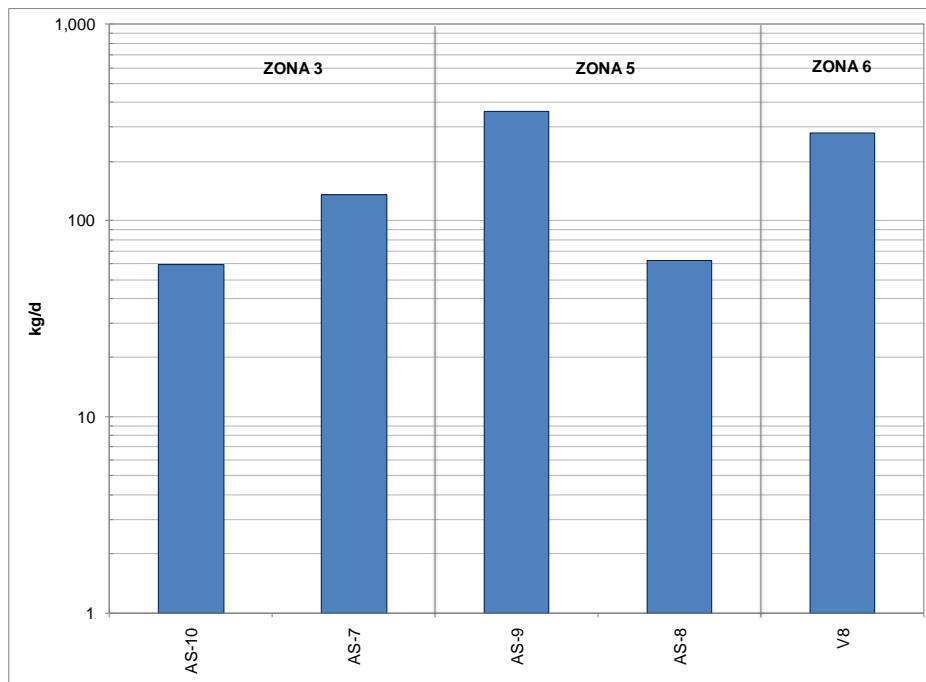


Figura VI.7. Carga de Nitrógeno Orgánico

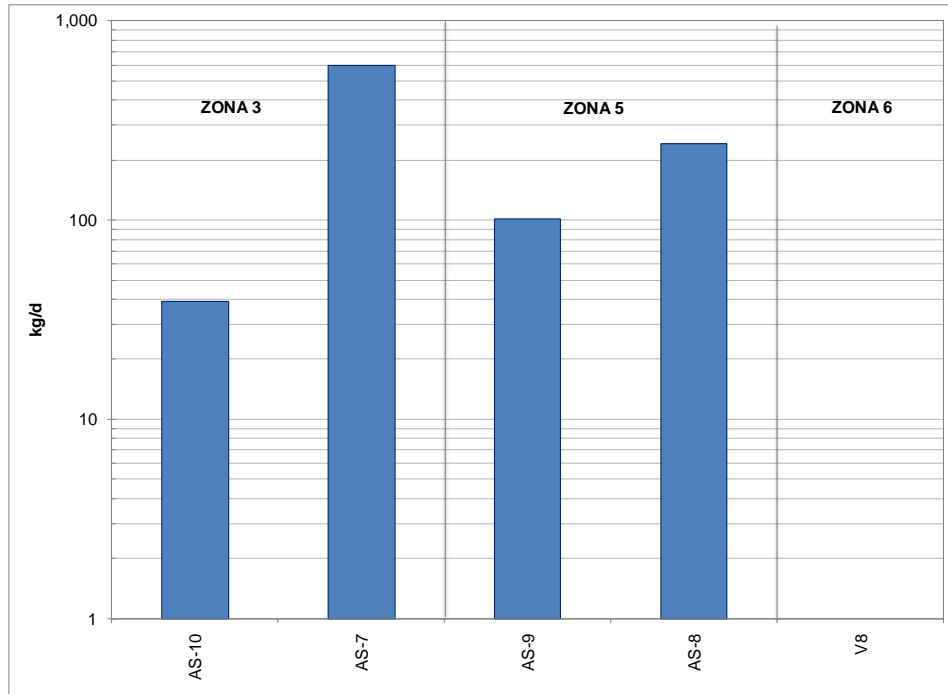


Figura VI.8. Carga de Nitrógeno Amoniacal

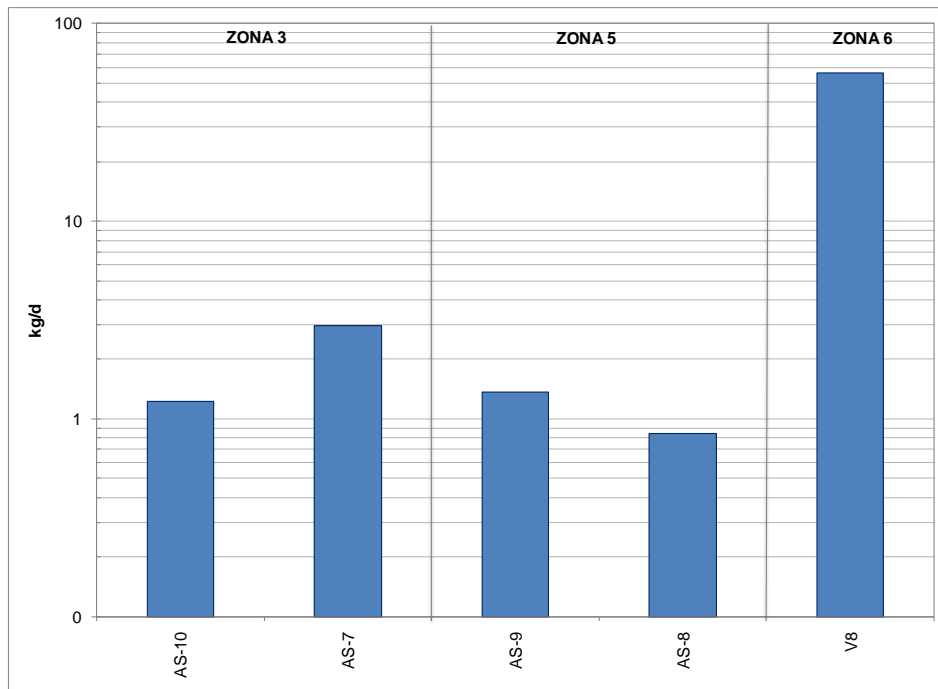


Figura VI.9. Carga de Nitratos + Nitritos

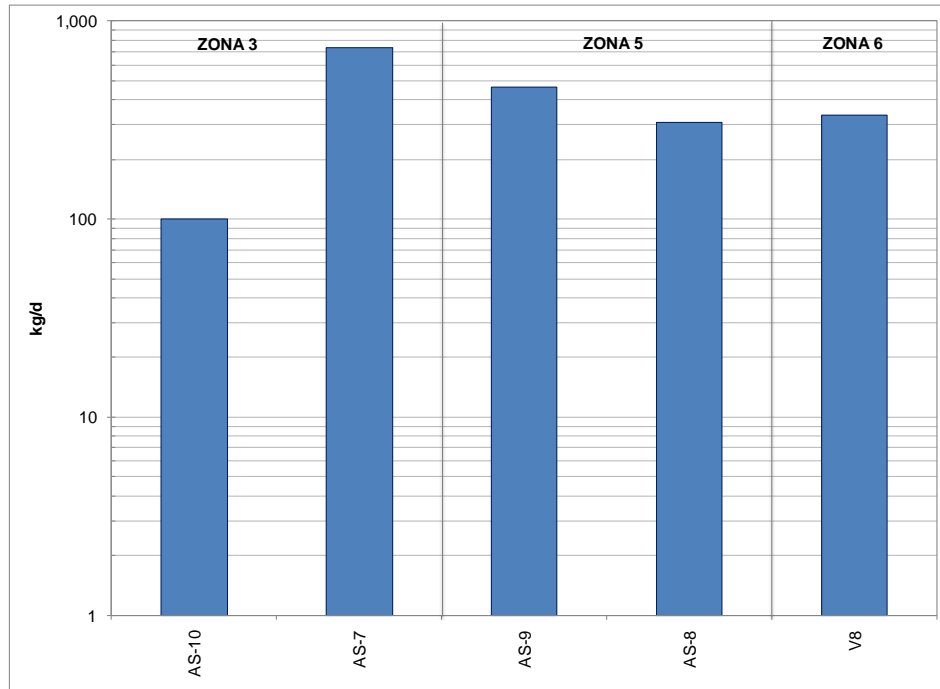


Figura VI.10. Carga de Nitrógeno Total

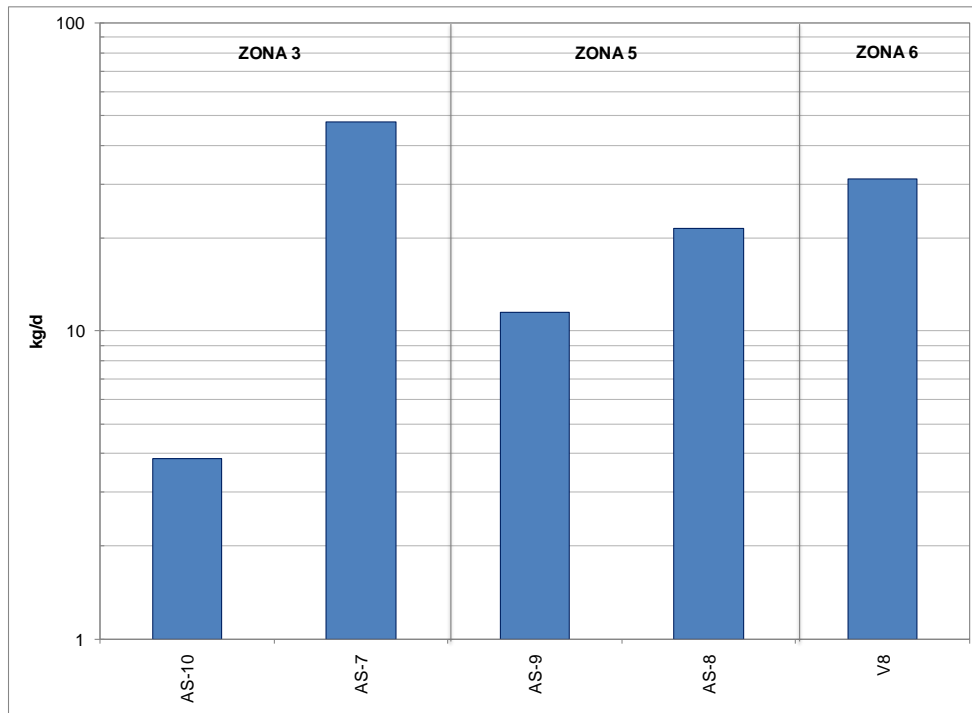


Figura VI.11. Carga de Fósforo Orgánico

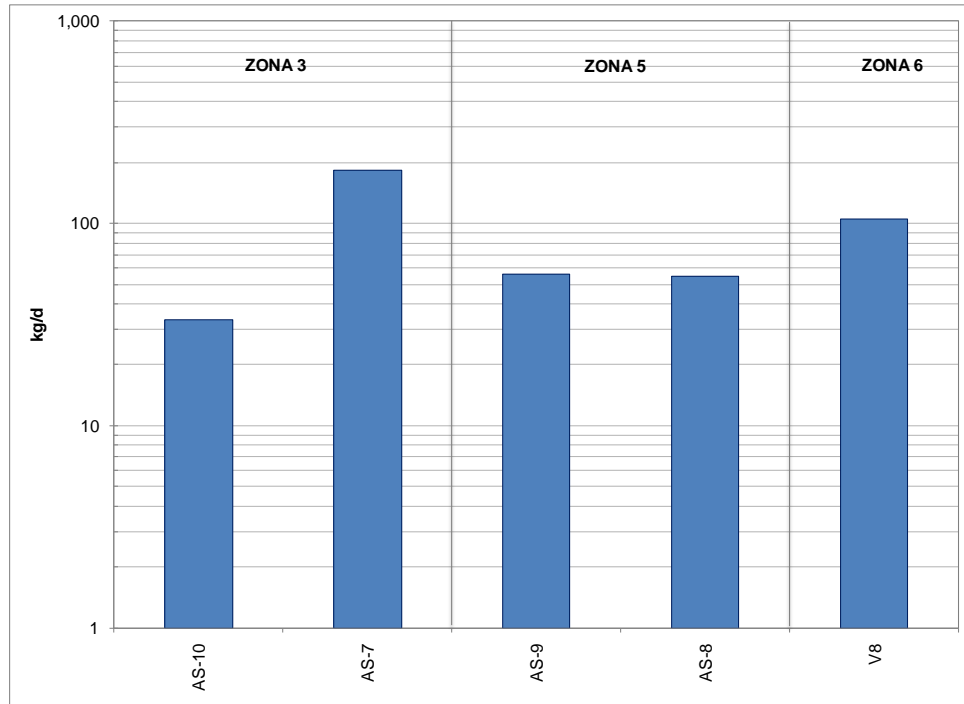


Figura VI.12. Carga de Fósforo Inorgánico

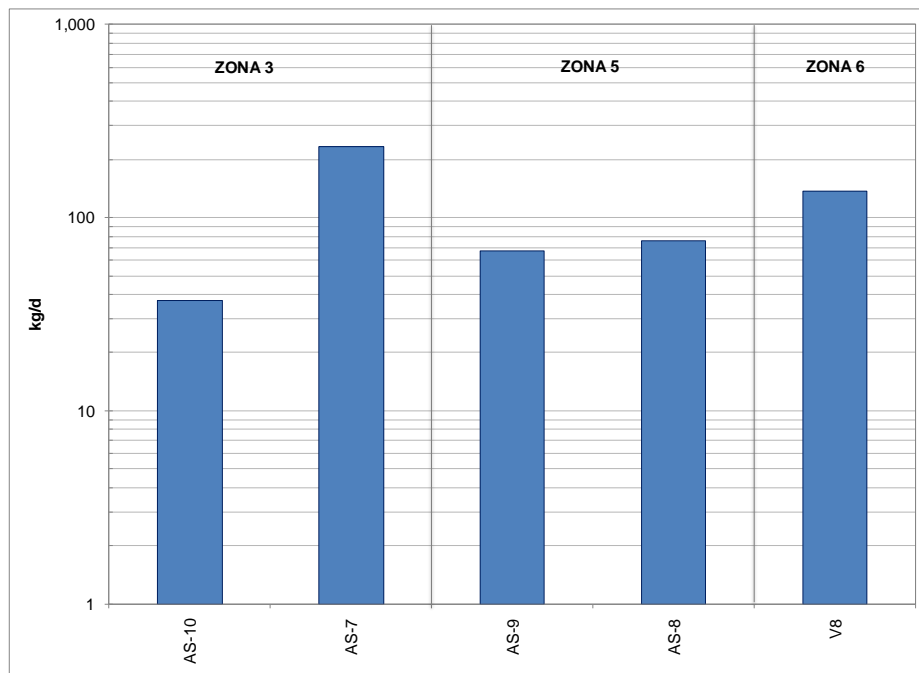


Figura VI.13. Carga de Fósforo Total

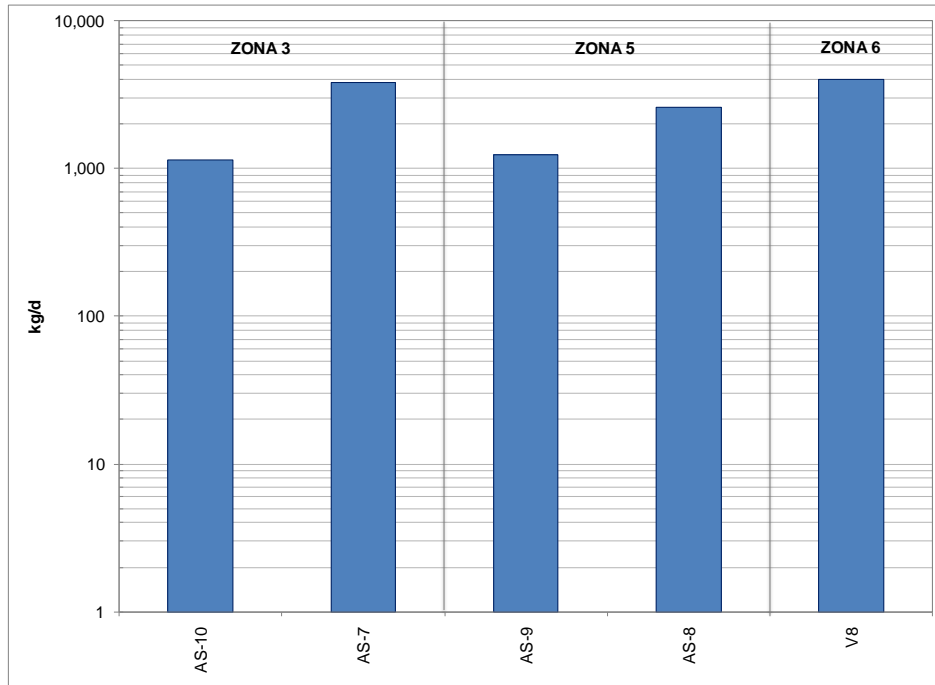


Figura VI.14. Carga de Demanda Química de Oxígeno

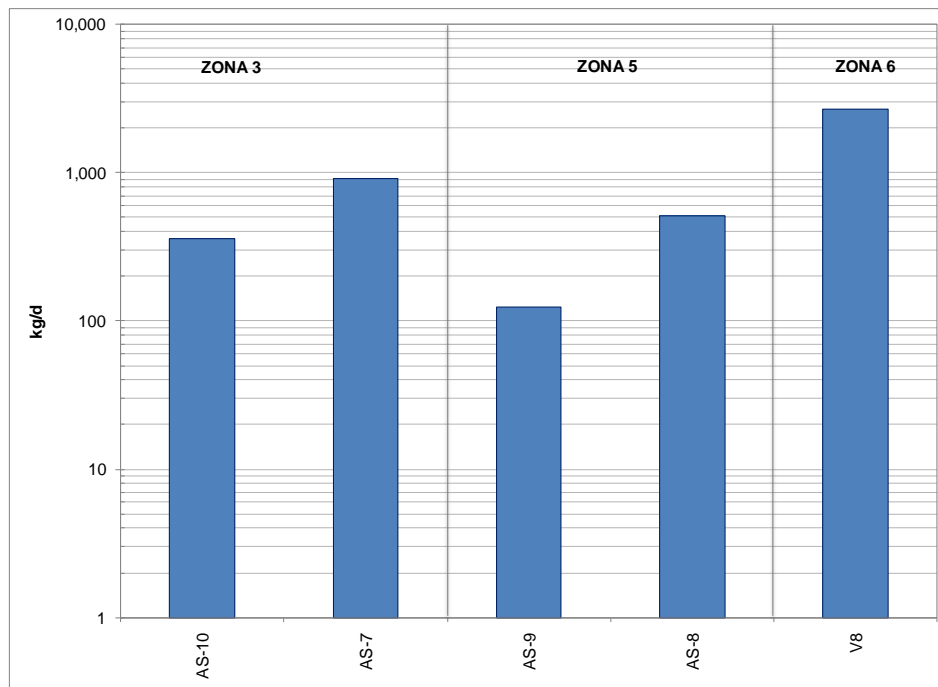


Figura VI.15. Carga de Sólidos Suspendidos Totales

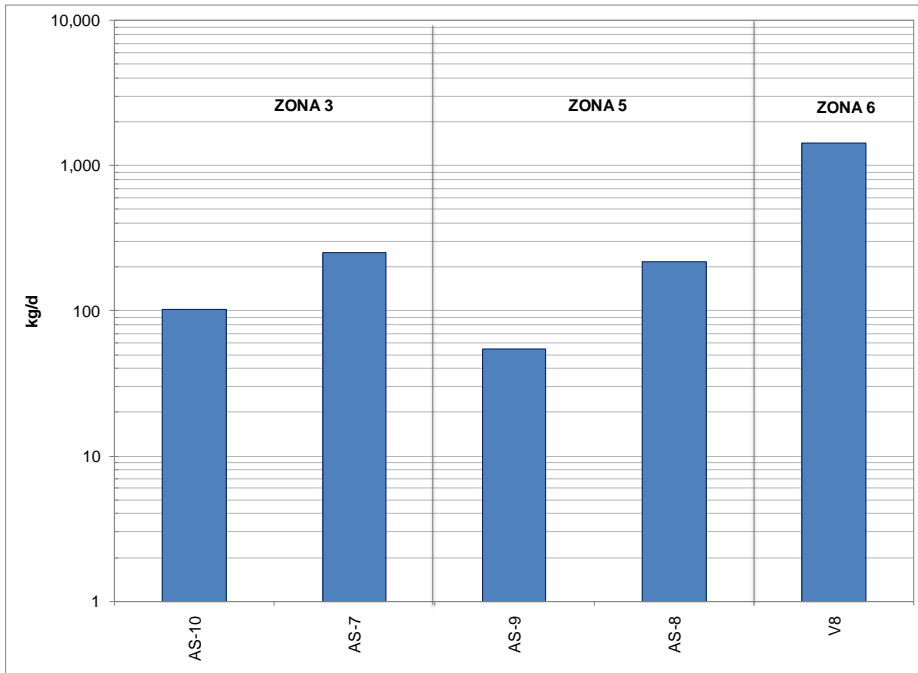


Figura VI.16. Carga de Grasas y Aceites

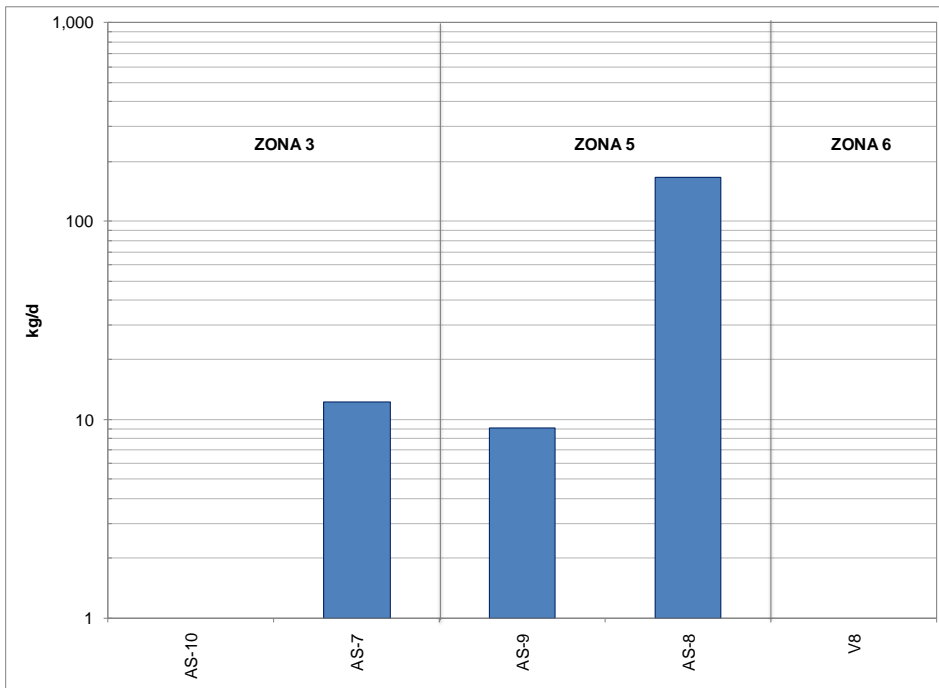


Figura VI.17. Carga de Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)

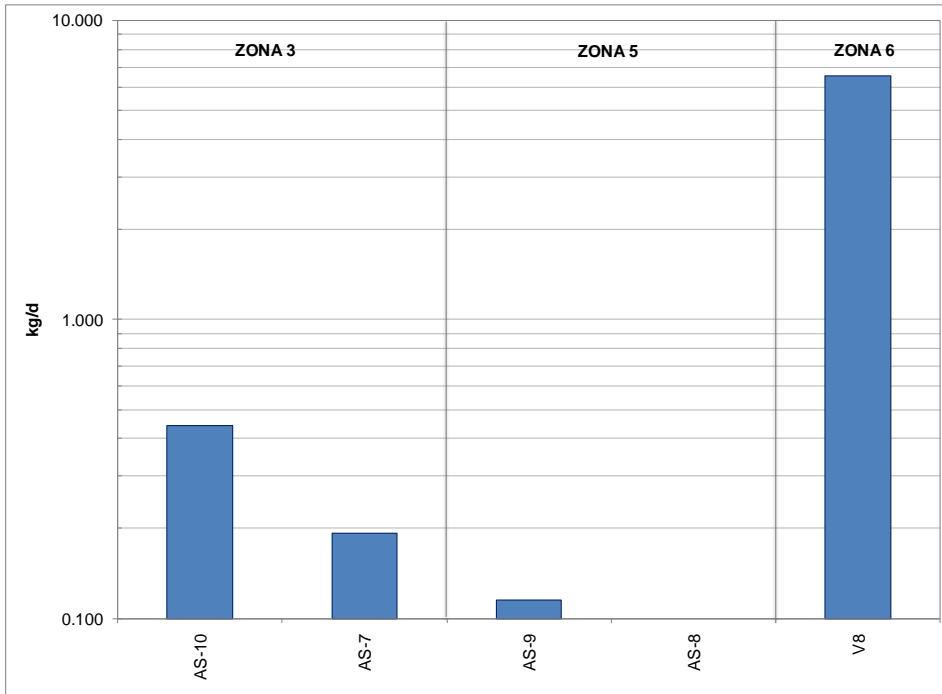


Figura VI.18. Carga de Arsénico

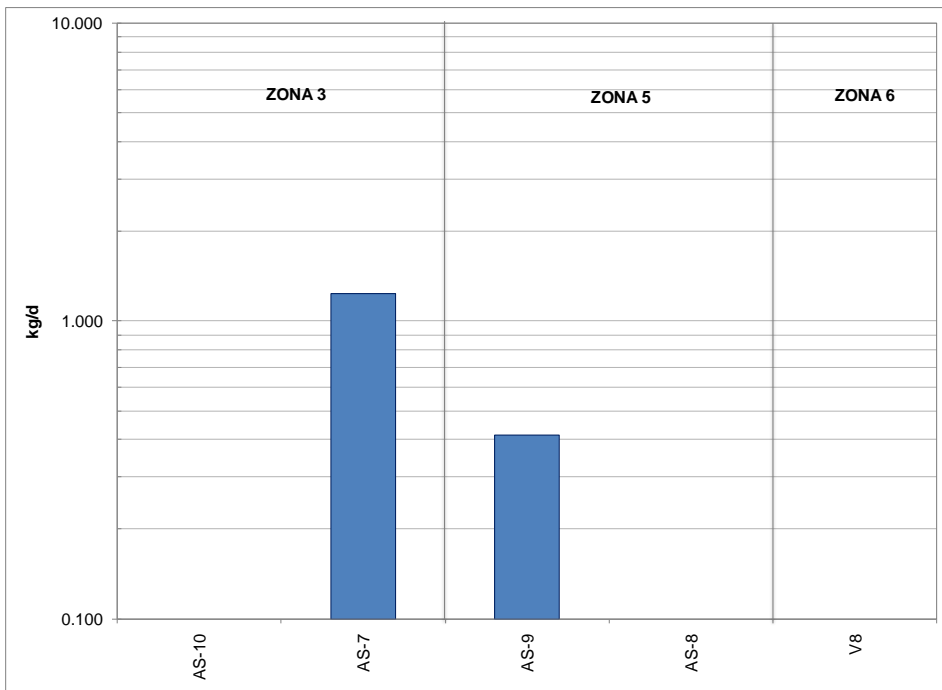


Figura VI.19. Carga de Níquel

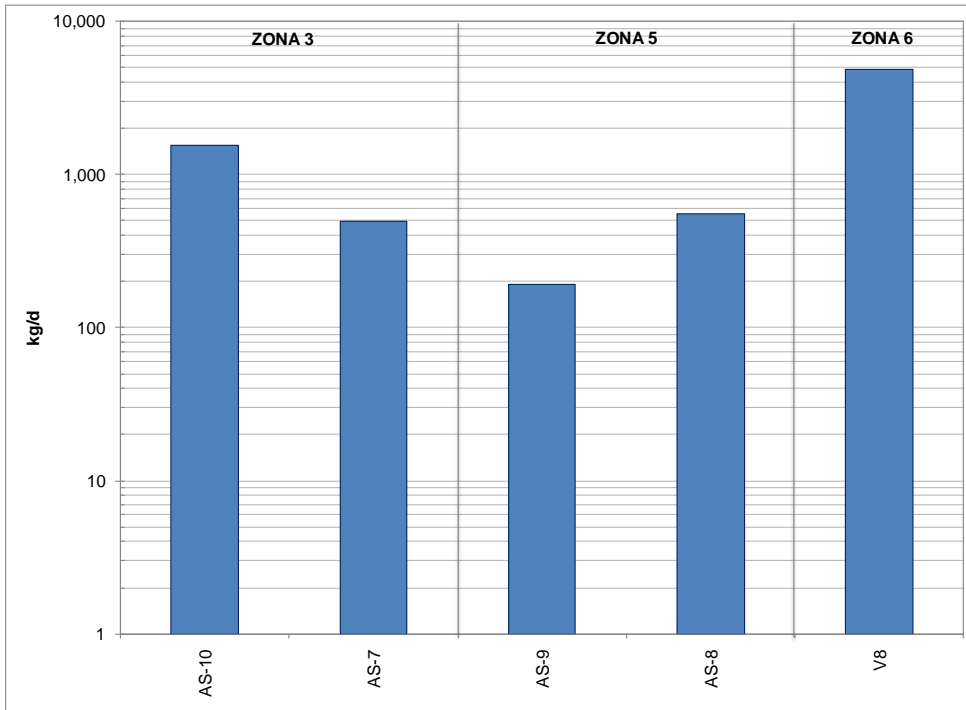


Figura VI.20. Carga de Cloruros

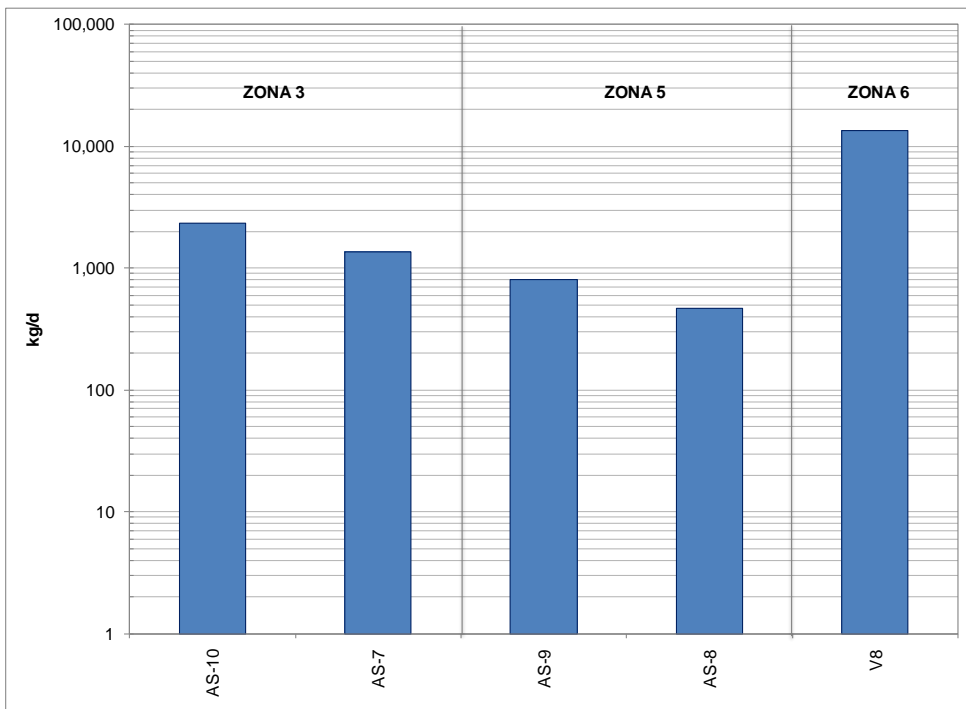


Figura VI.21. Carga de Sulfatos

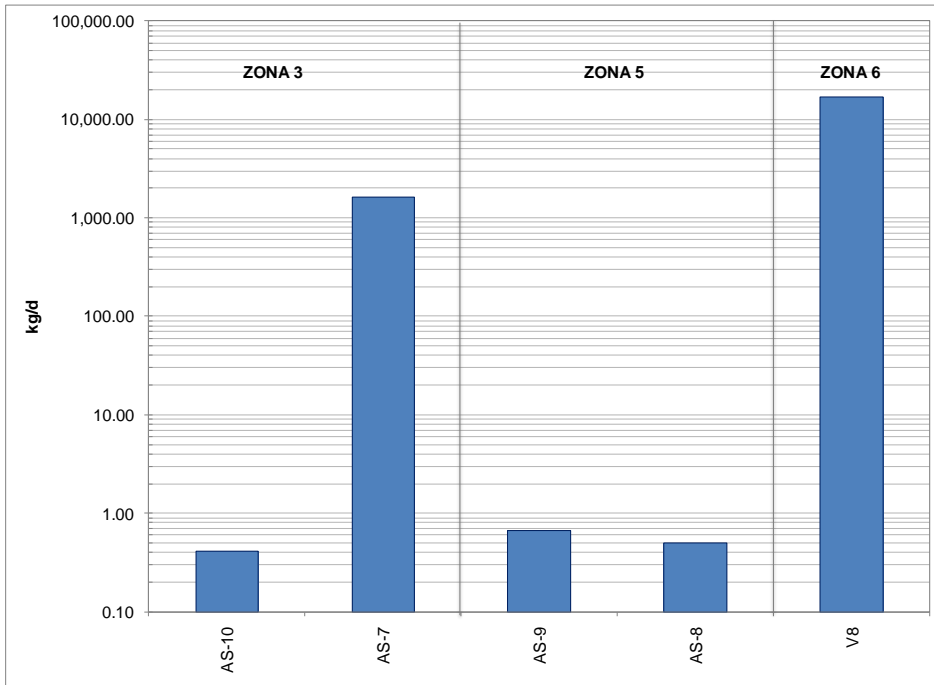


Figura VI.22. Carga de Fenoles

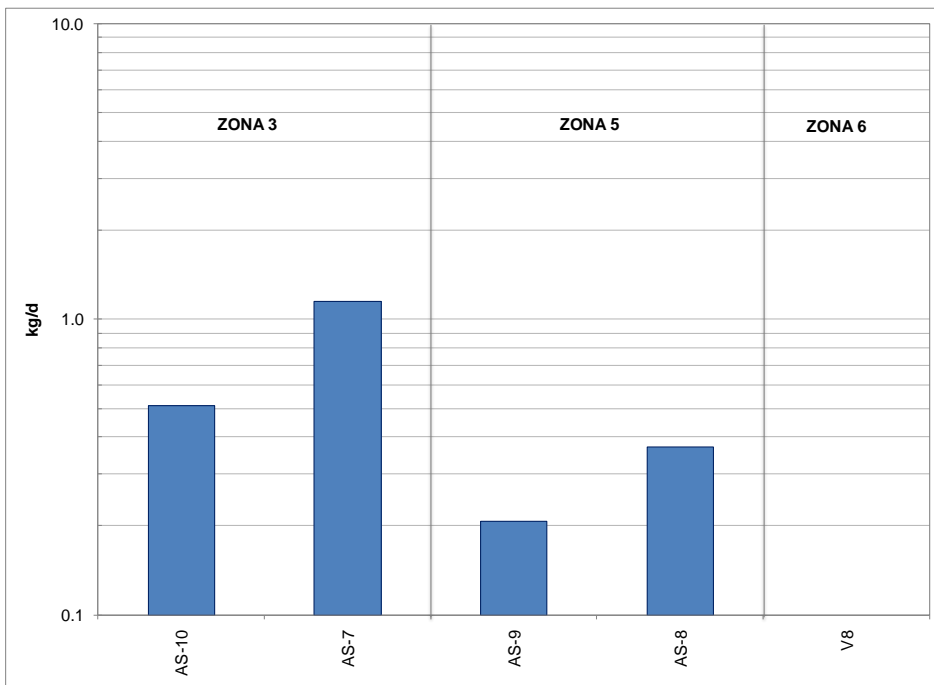


Figura VI.23. Carga Zinc

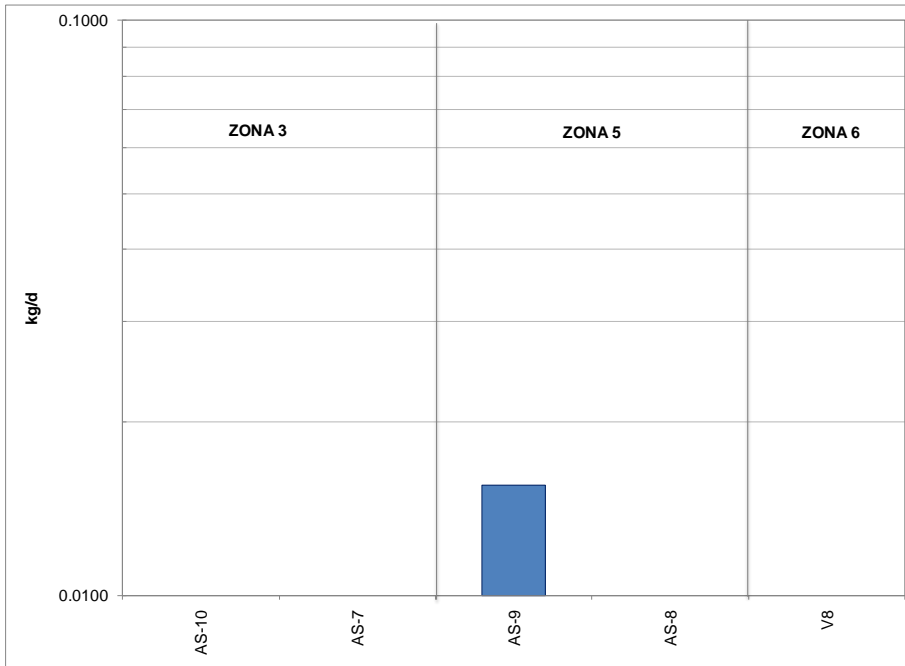


Figura VI.24. Carga de Cadmio

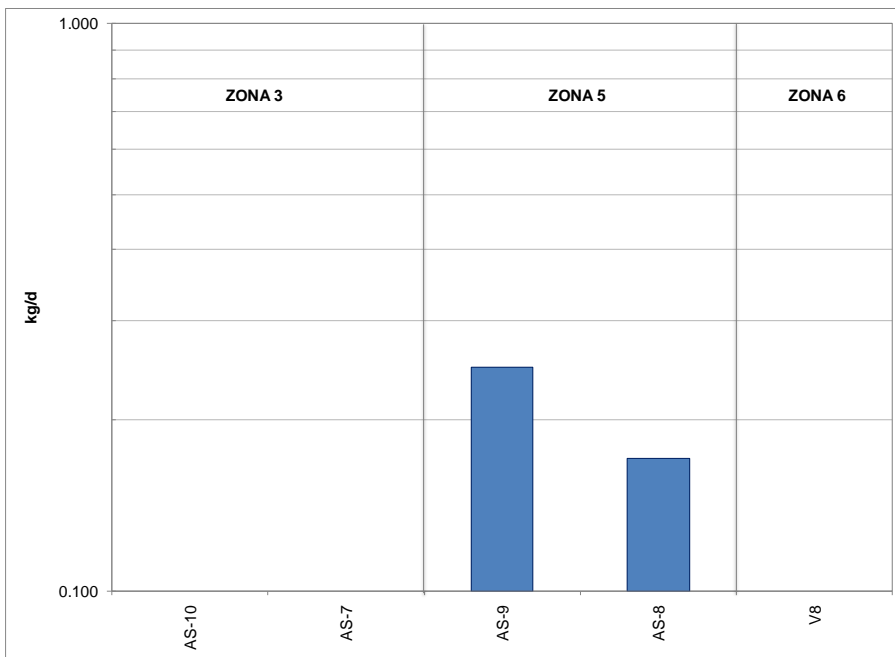


Figura VI.25. Carga de Cianuros

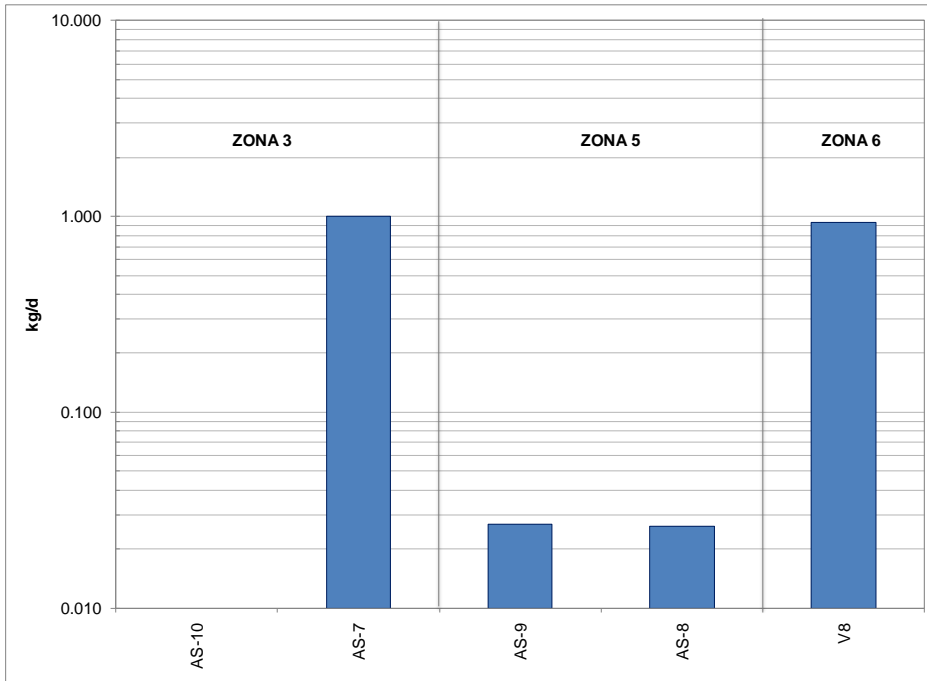


Figura VI.26. Carga de Cromo

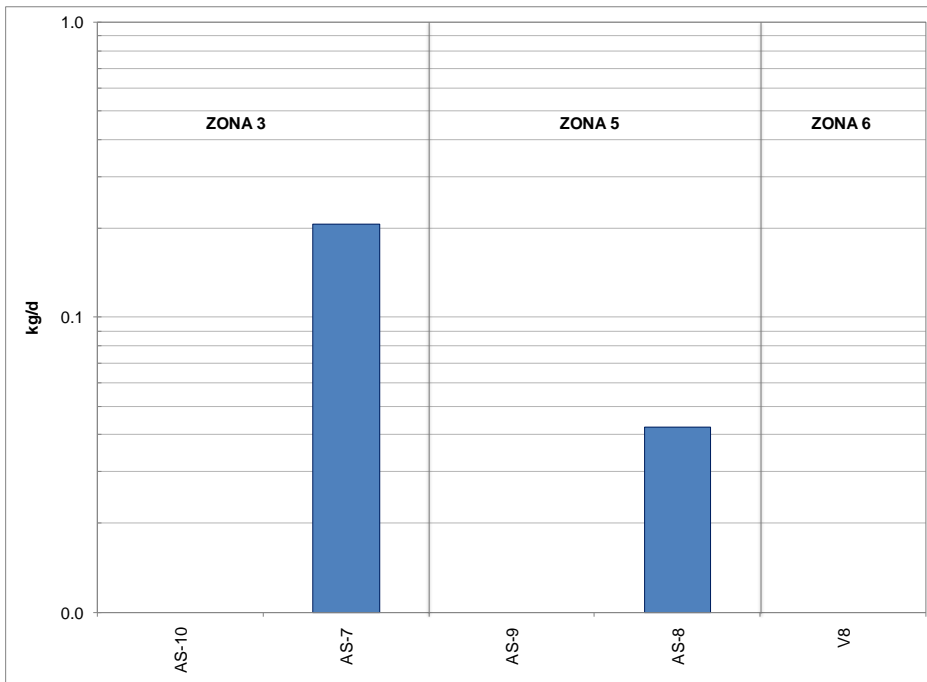


Figura VI.27. Carga de Plomo

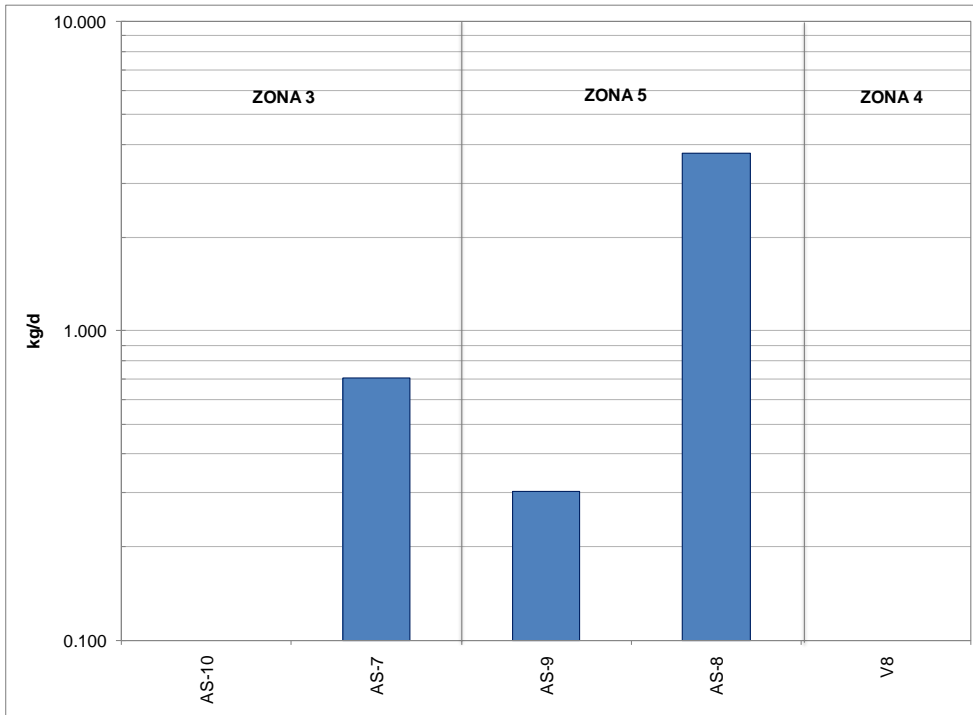


Figura VI.28. Carga de M y P Cresol

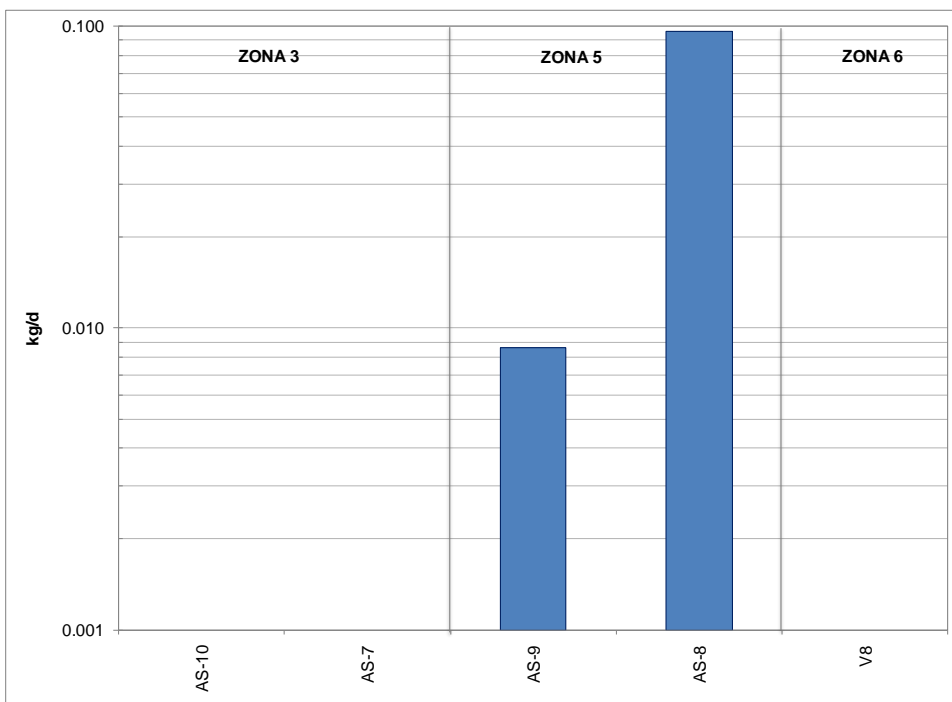


Figura VI.29. Carga de Fenol

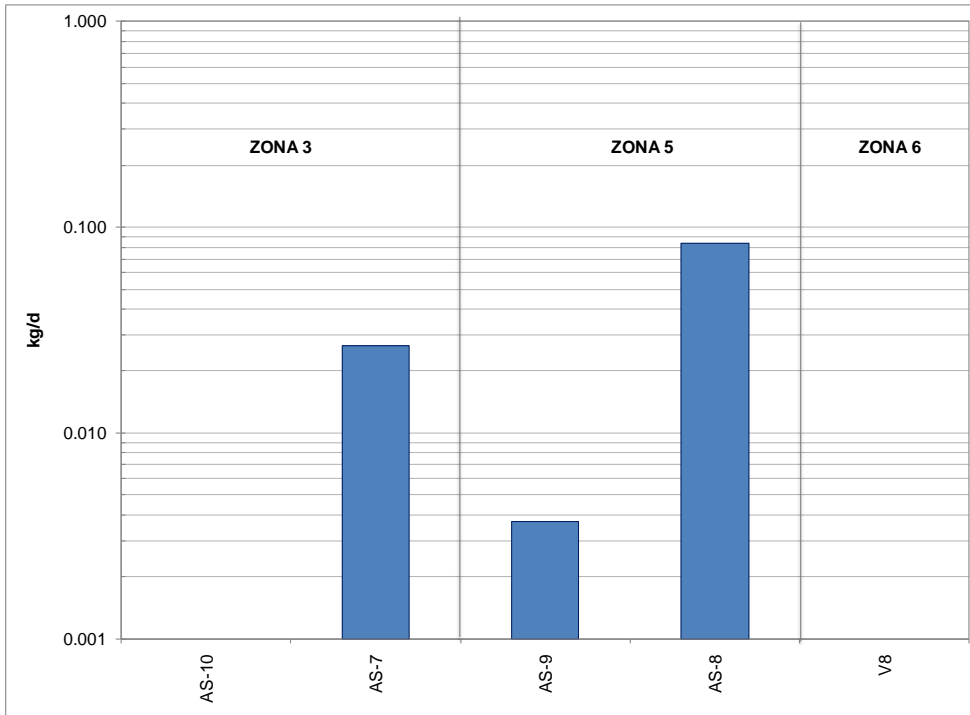


Figura VI.30. Carga Dibutilftalato

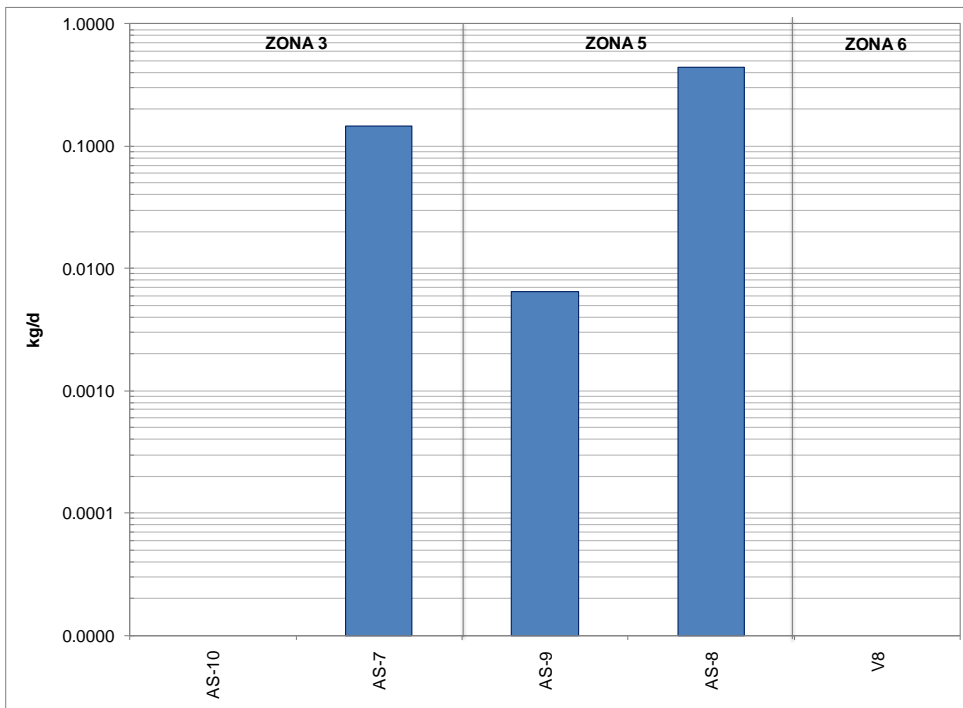


Figura VI.31. Carga de Bis 2(Etil Hexil)ftalato

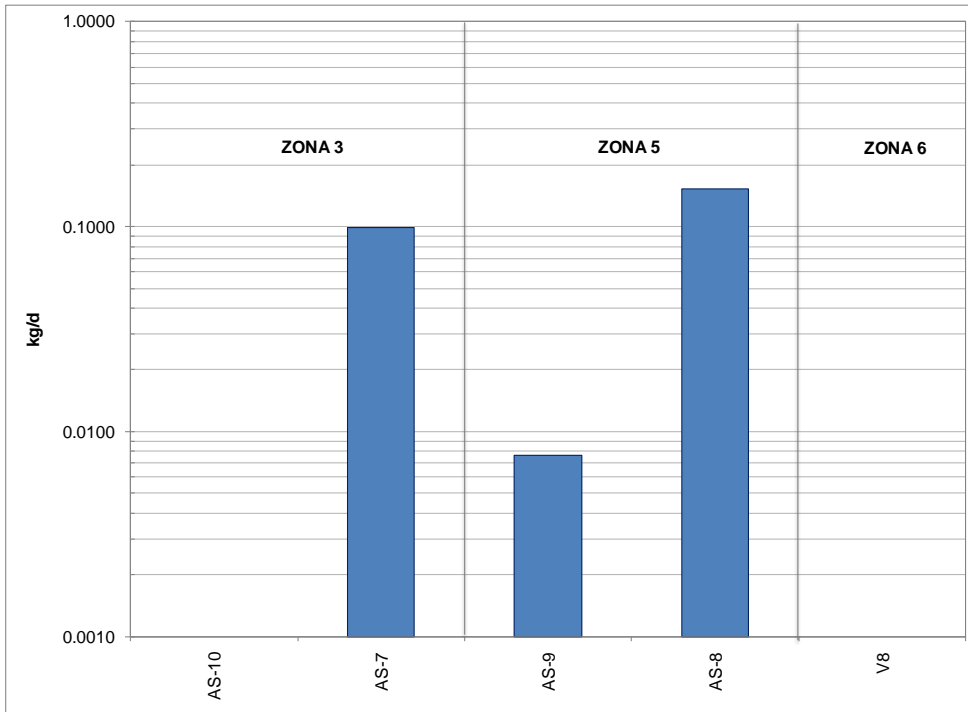


Figura VI.32. Dietilftalato

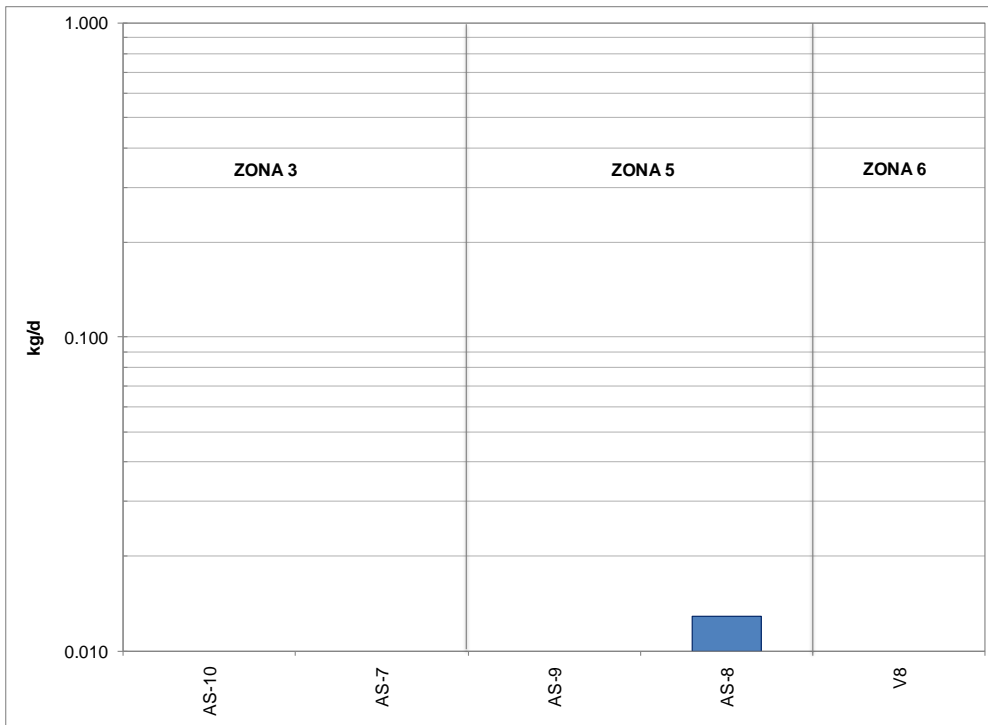


Figura VI.33. Cloroformo

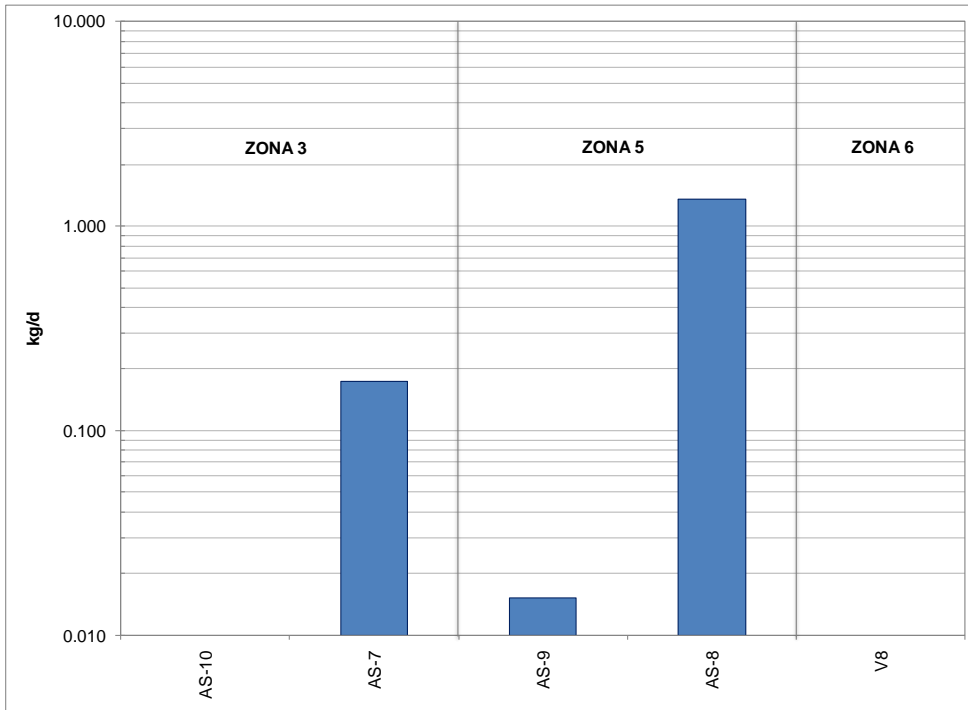


Figura VI.34. Carga de Tolueno

En las figuras VI.35 a VI.76, se muestran gráficamente las cargas de los principales contaminantes aportadas por las descargas de aguas residuales, para visualizar la importancia relativa de cada fuente de contaminación.

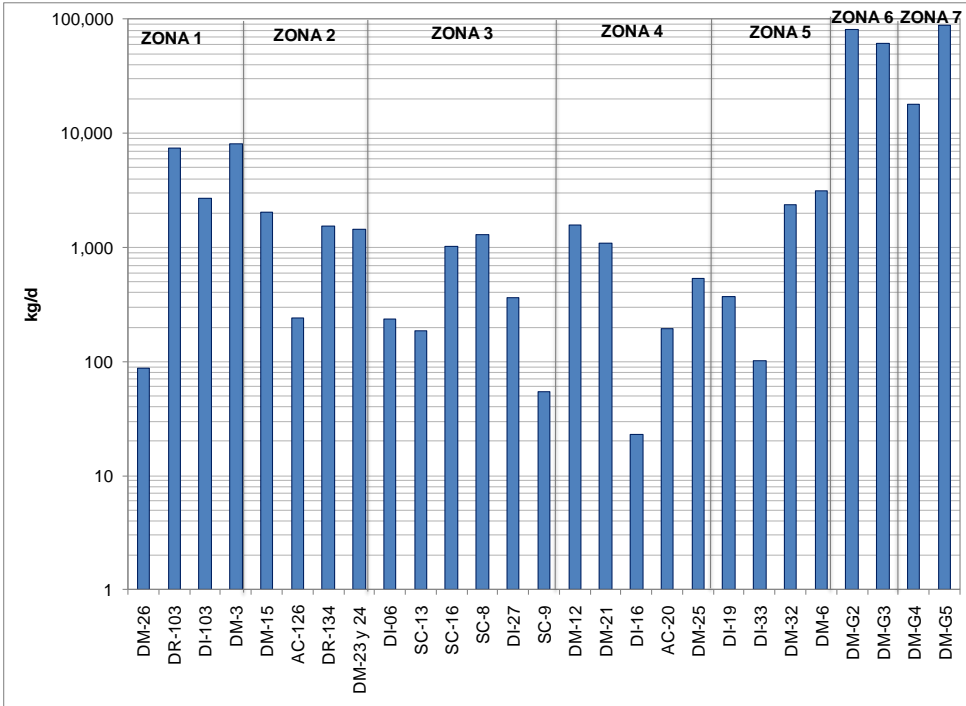


Figura VI.35. Carga de Sólidos Disueltos Totales

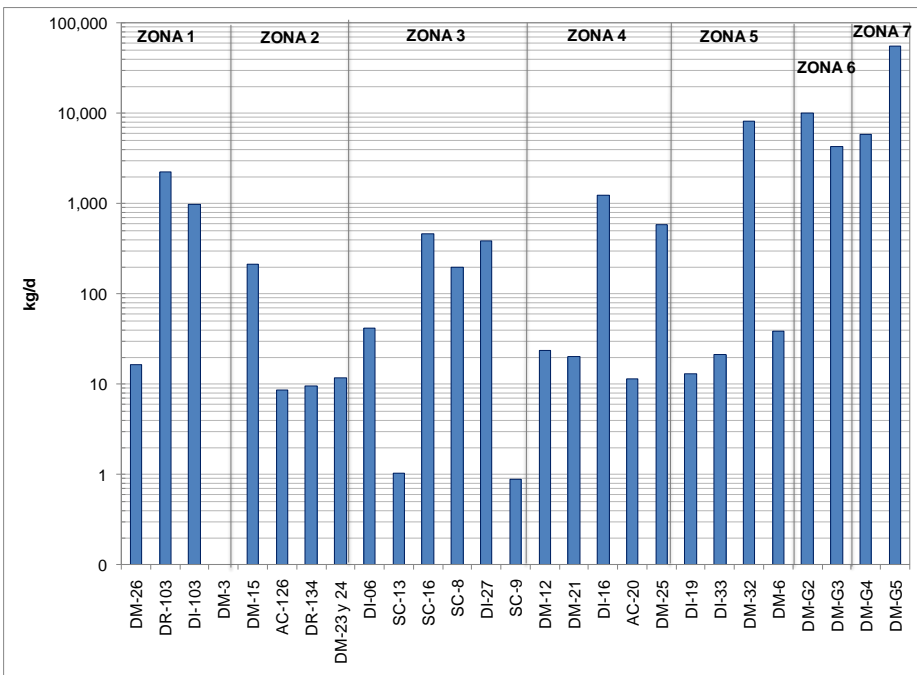


Figura VI.36. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno

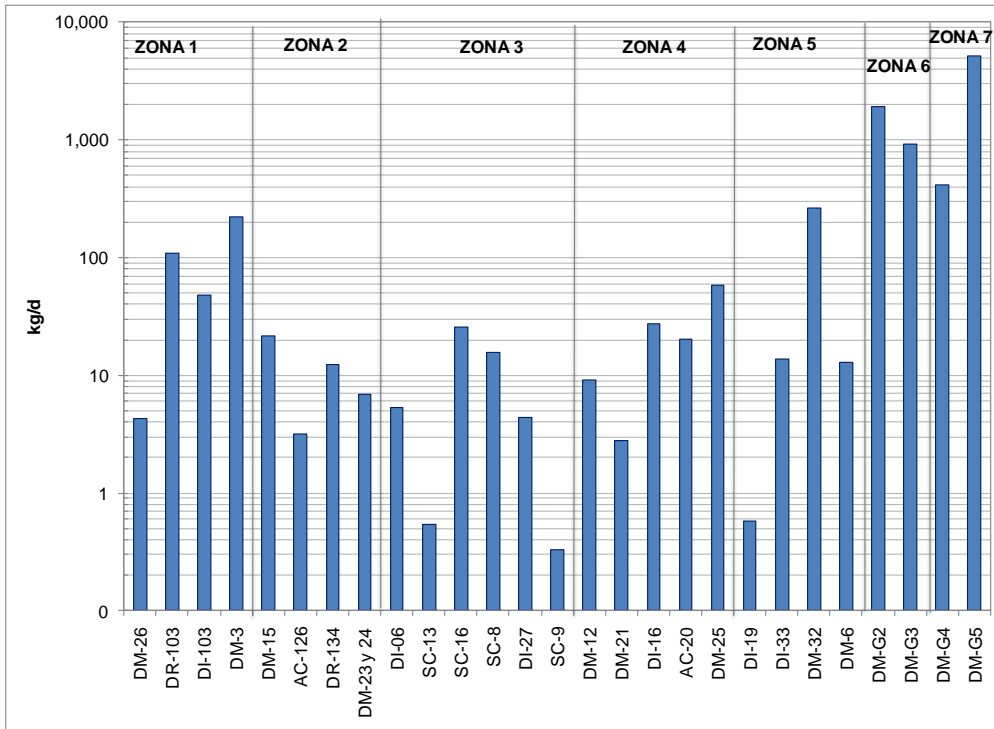


Figura VI.37. Carga de Nitrógeno Orgánico

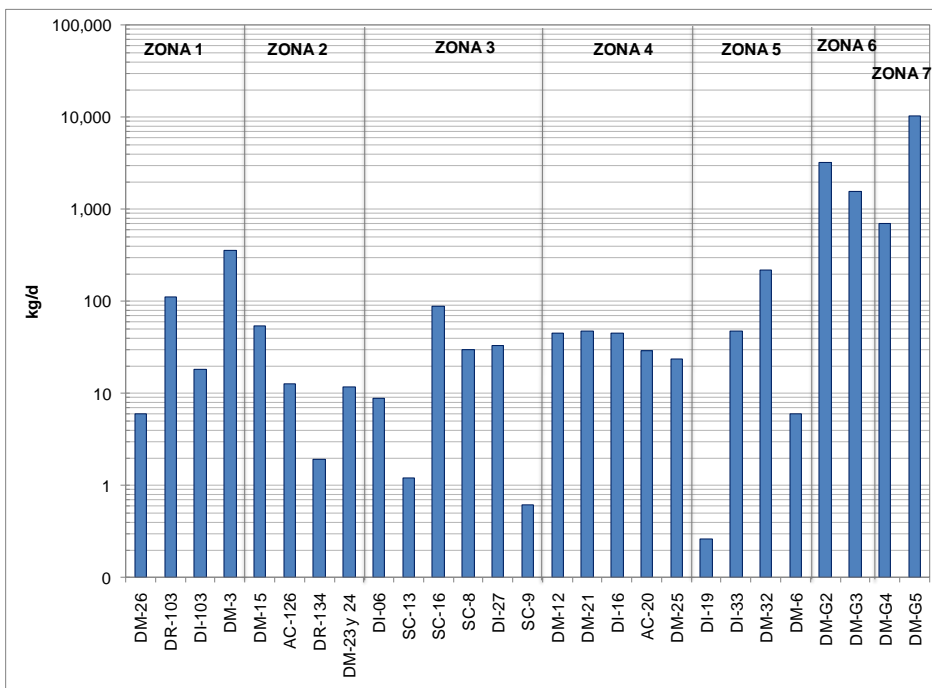


Figura VI.38. Carga de Nitrógeno Amoniacal

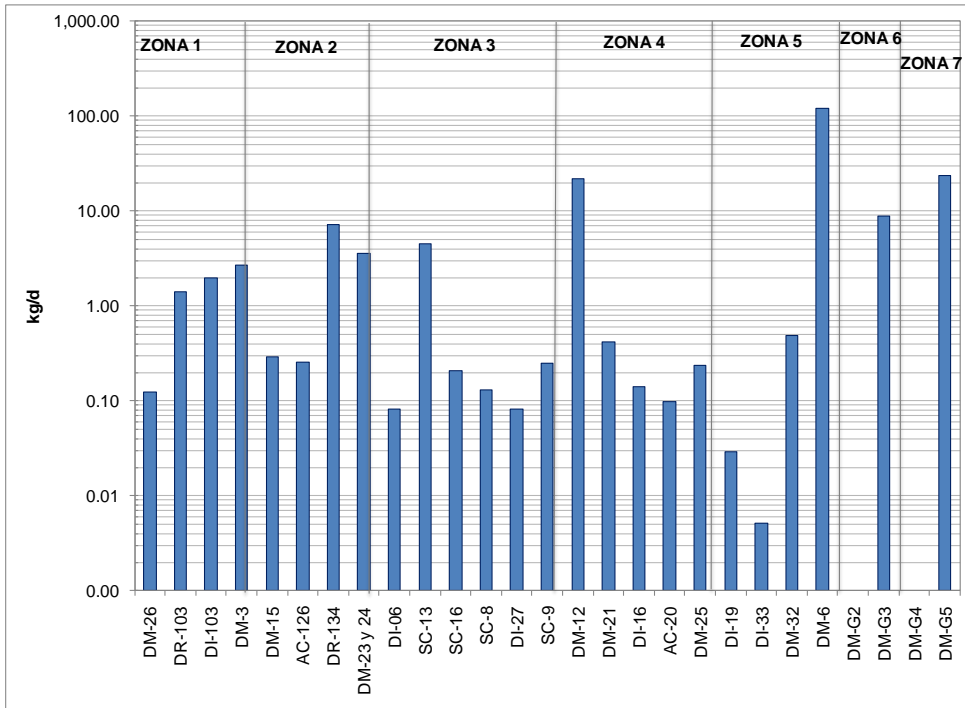


Figura VI.39. Carga de Nitritos + Nitratos

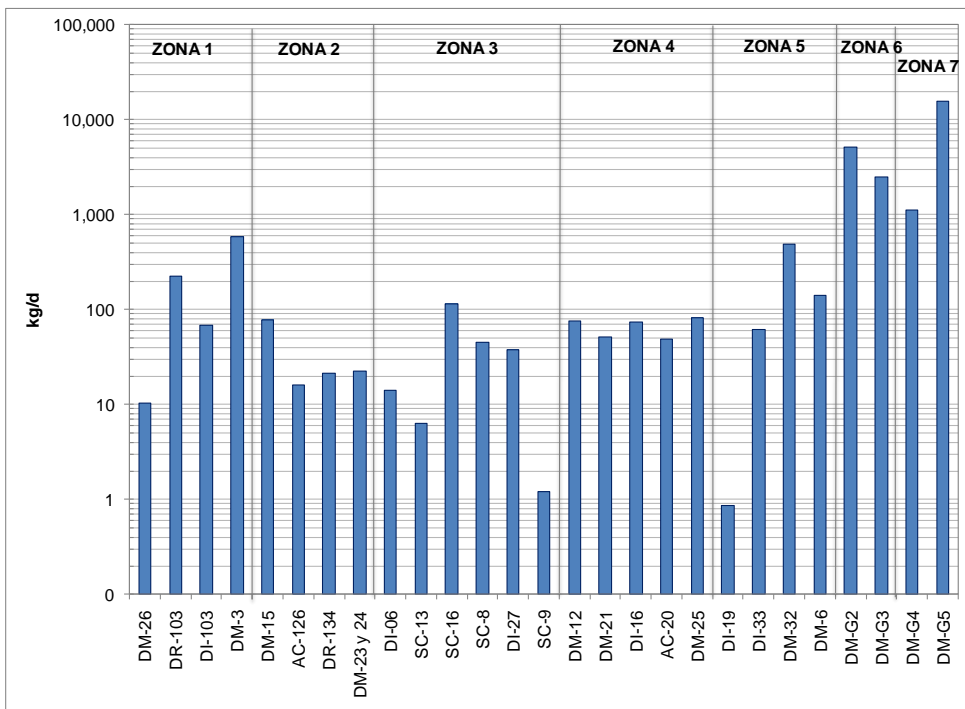


Figura VI.40. Carga de Nitrógeno Total

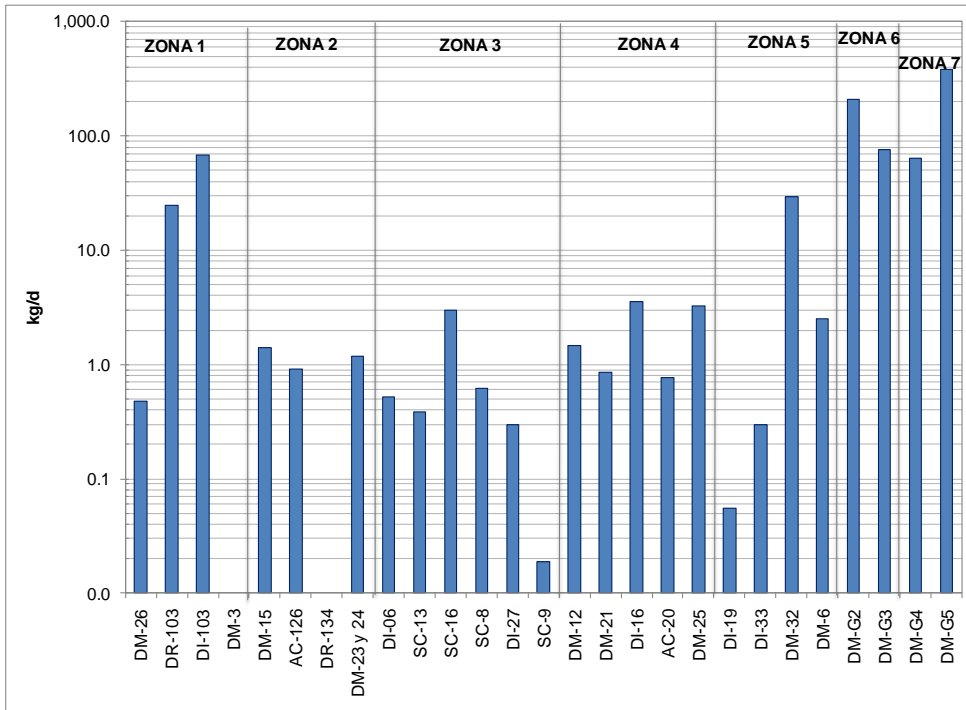


Figura VI.41. Carga de Fósforo Orgánico

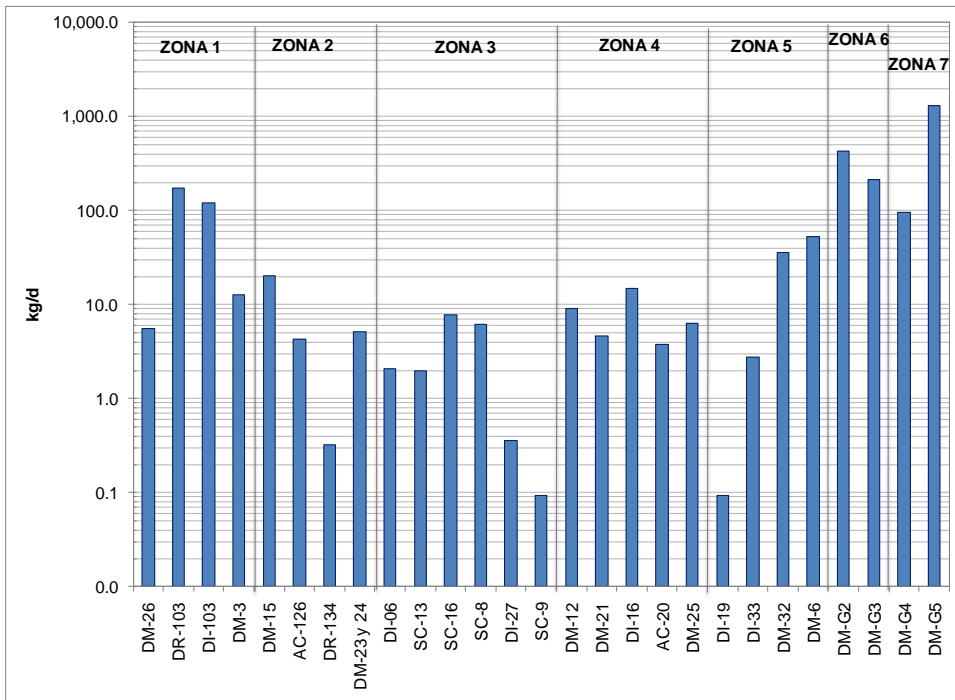


Figura VI.42. Carga de Fósforo Inorgánico

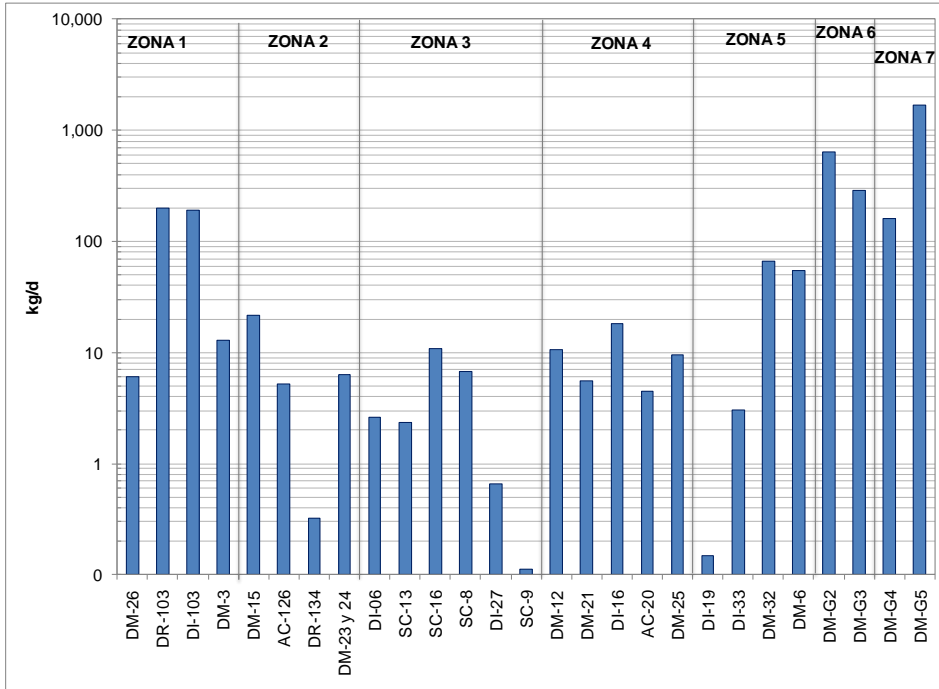


Figura VI.43. Carga de Fósforo Total

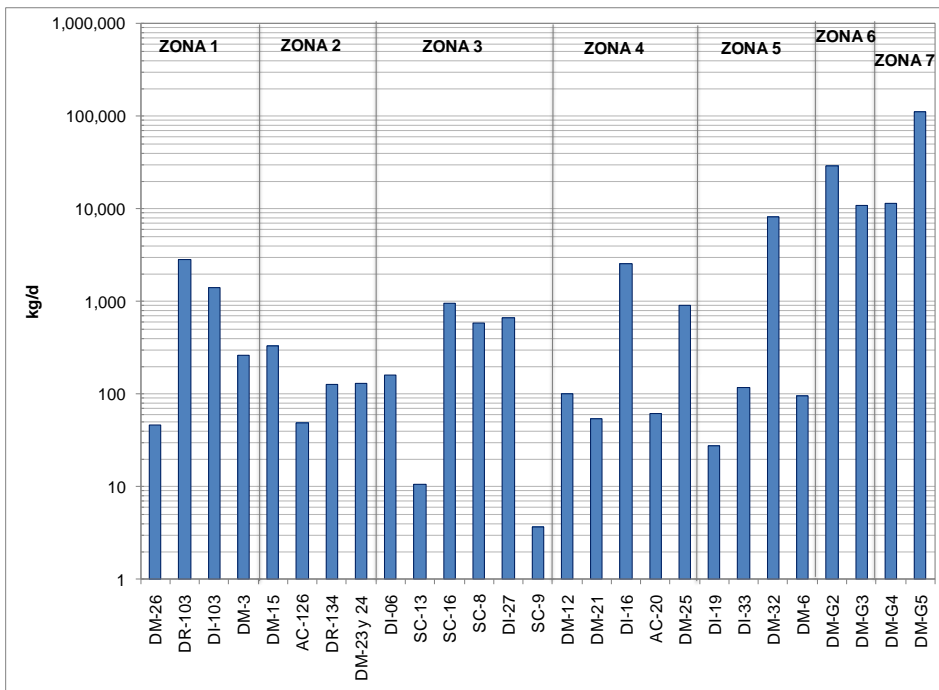


Figura VI.44. Carga de Demanda Química de Oxígeno

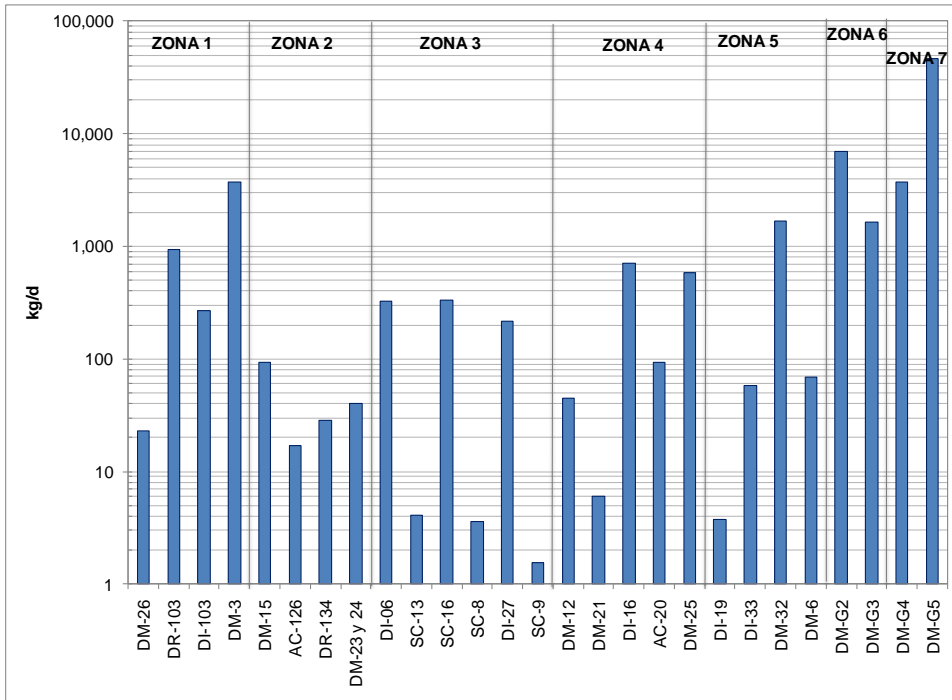


Figura VI.45. Carga de Sólidos Suspendedos Totales

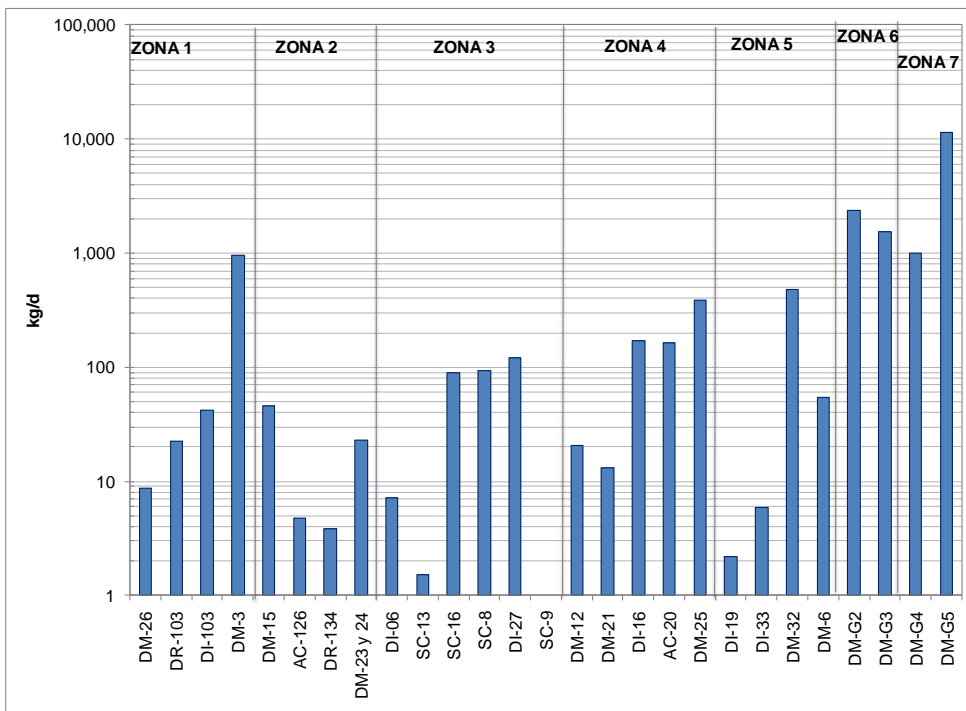


Figura VI.46. Carga de Grasas y Aceites

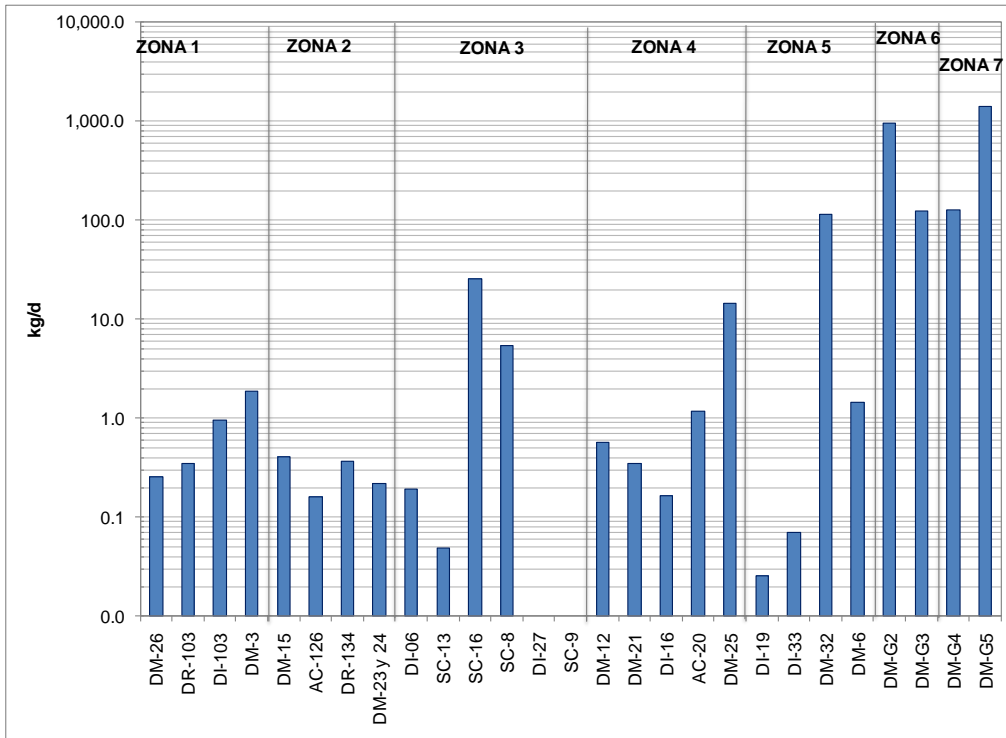


Figura VI.47. Carga de Sustancias Activas al Azul de Metileno

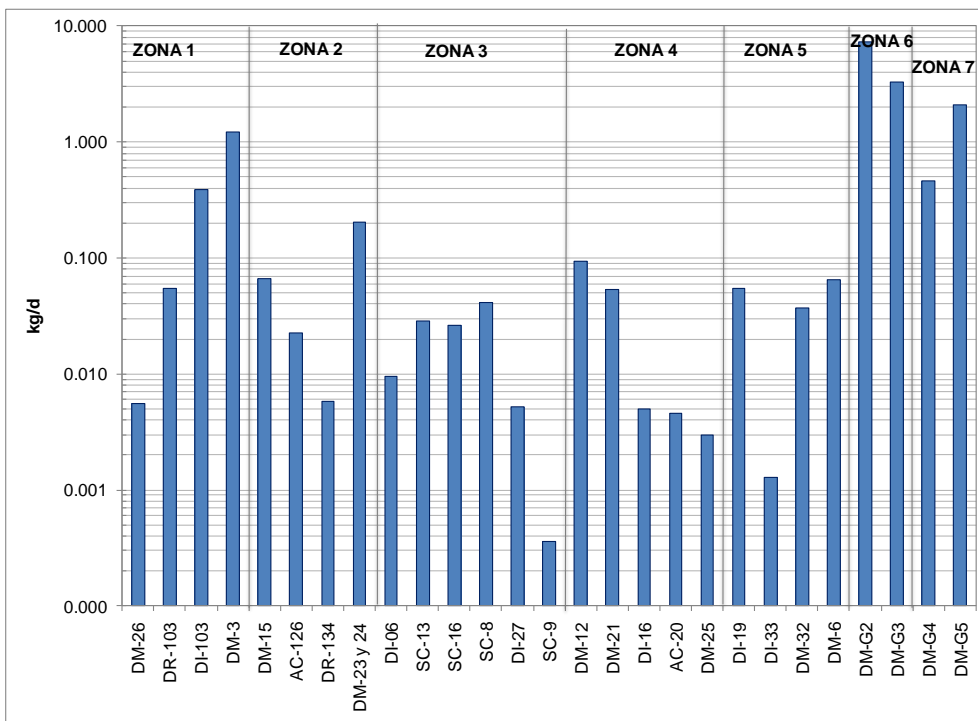


Figura VI.48. Carga de Arsénico

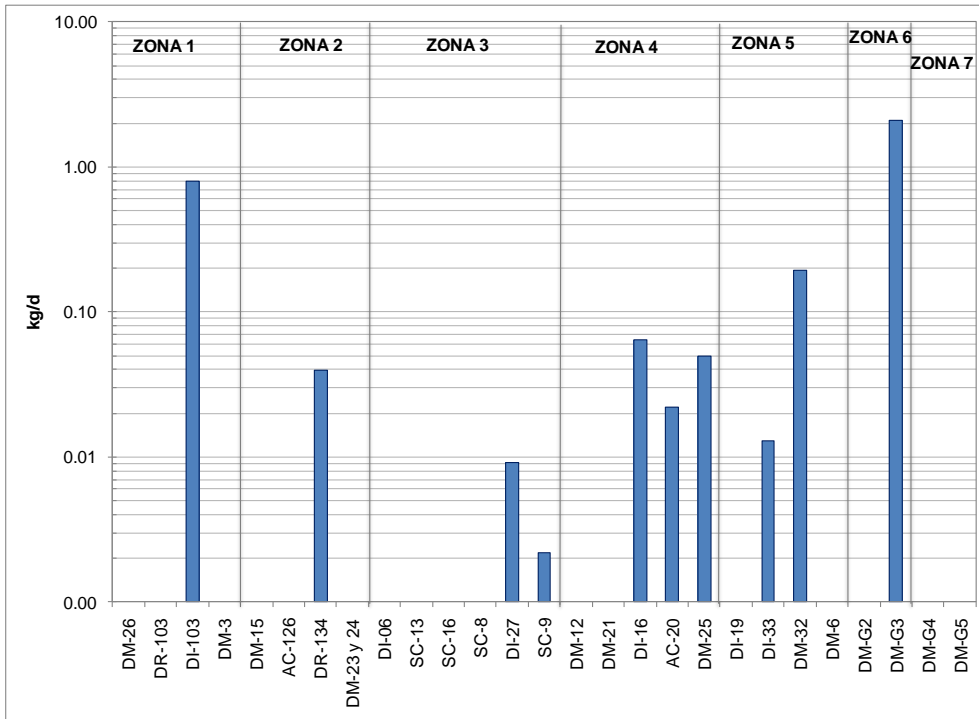


Figura VI.49. Carga de Cobre

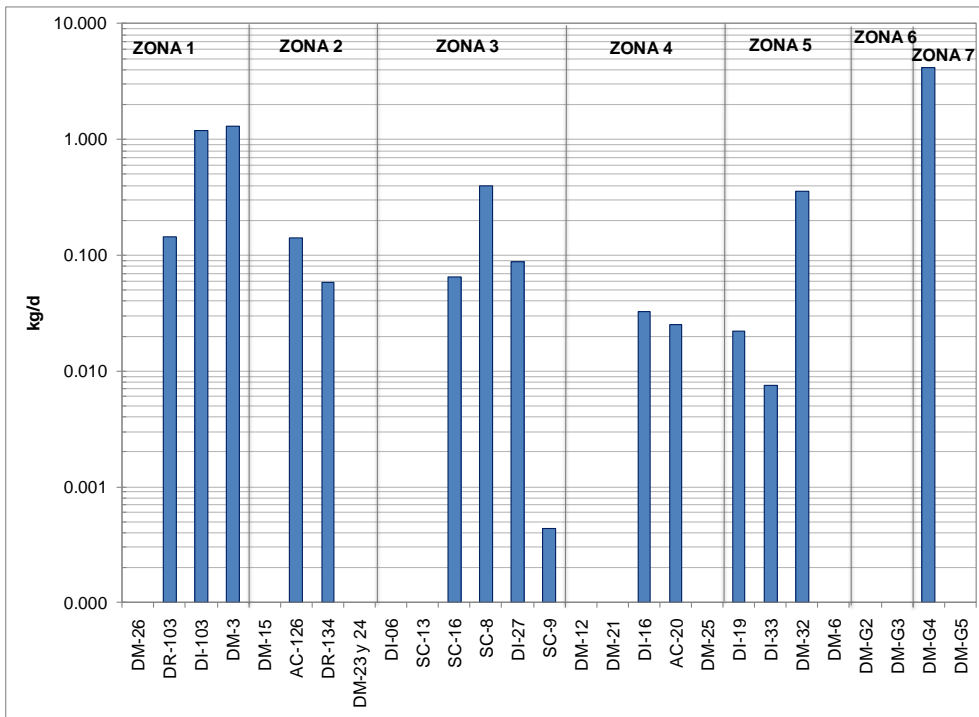


Figura VI.50. Carga de Níquel

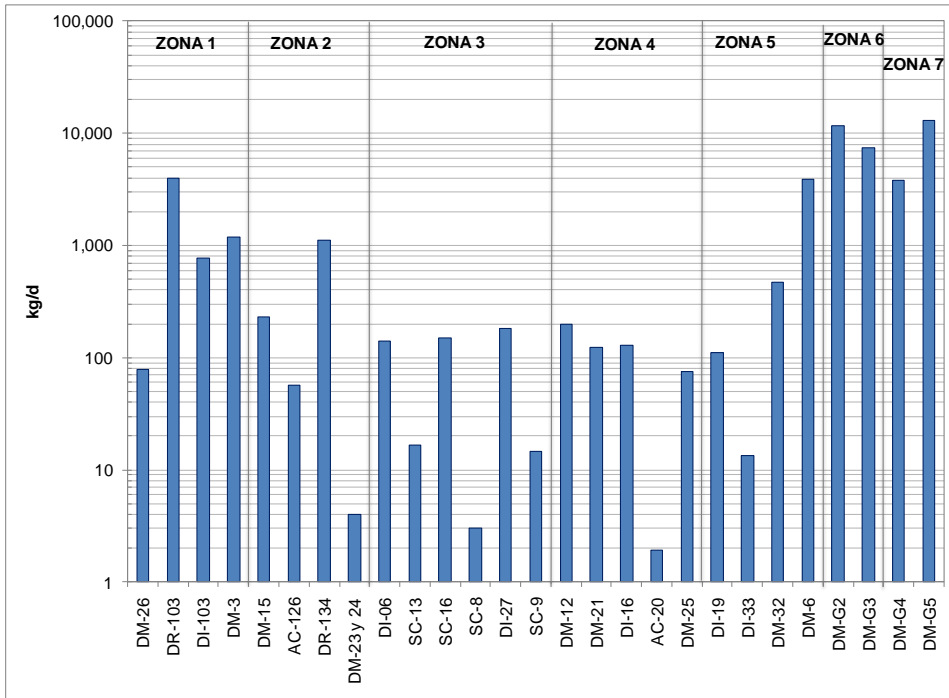


Figura VI.51. Carga de Cloruros

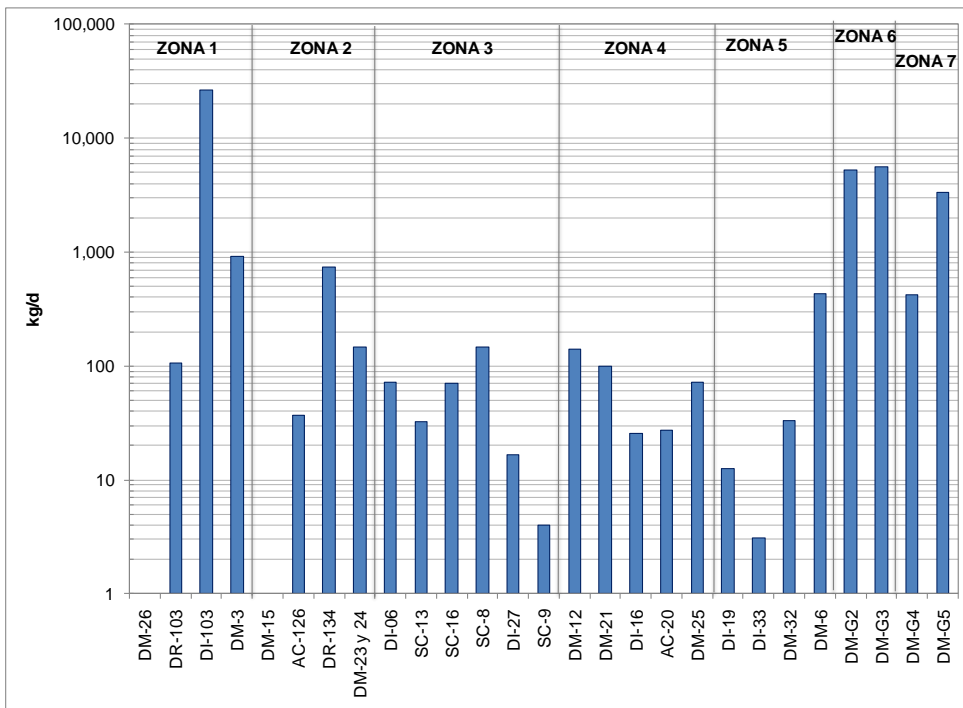


Figura VI.52. Carga de Sulfatos

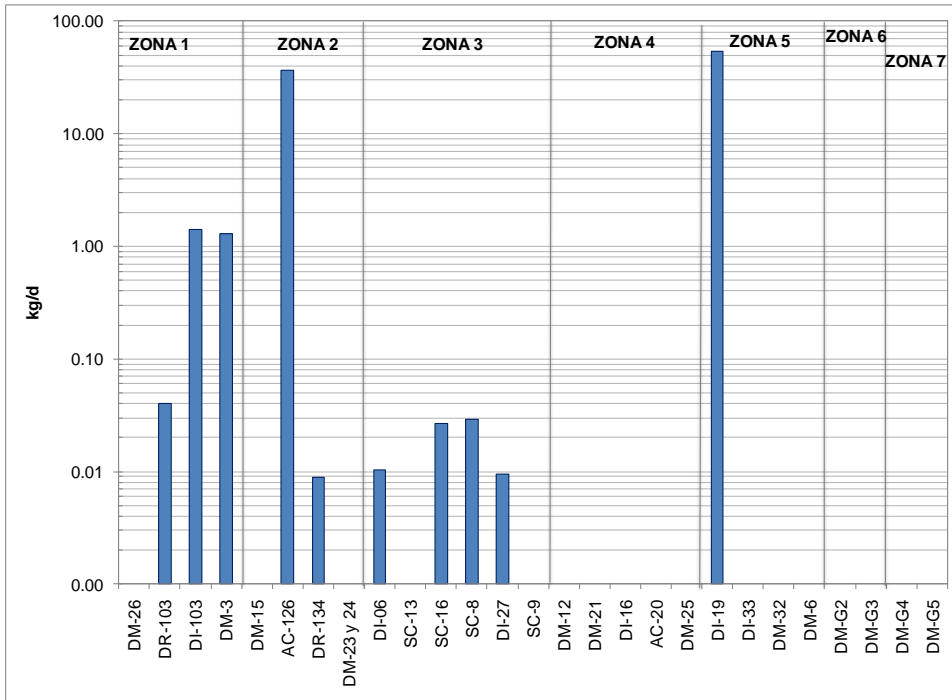


Figura VI.53. Carga de Fenoles

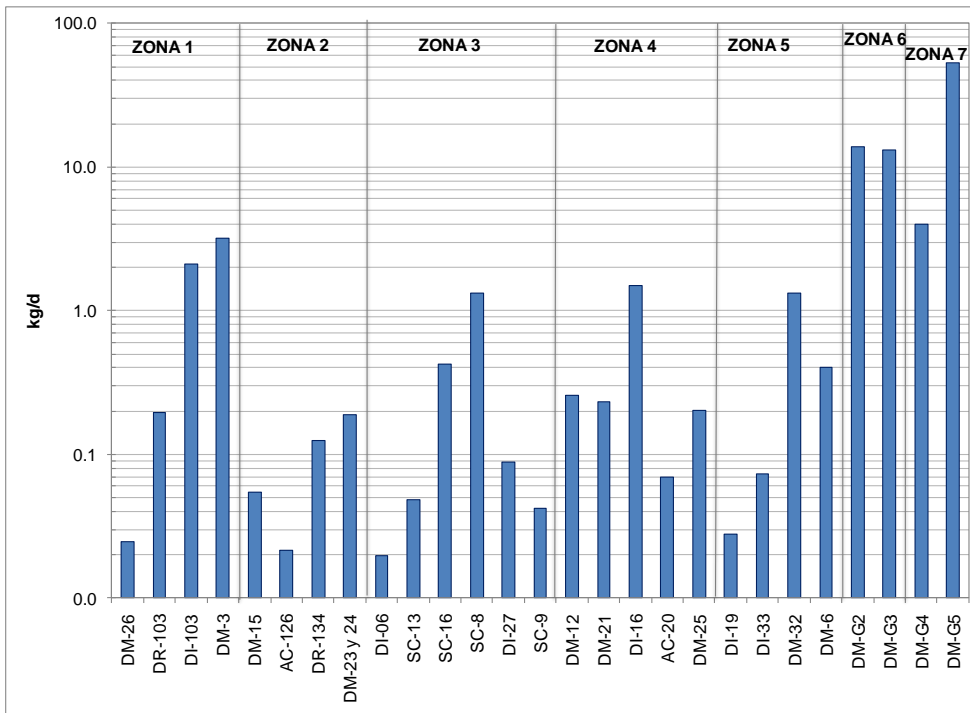


Figura VI.54. Carga de Zinc

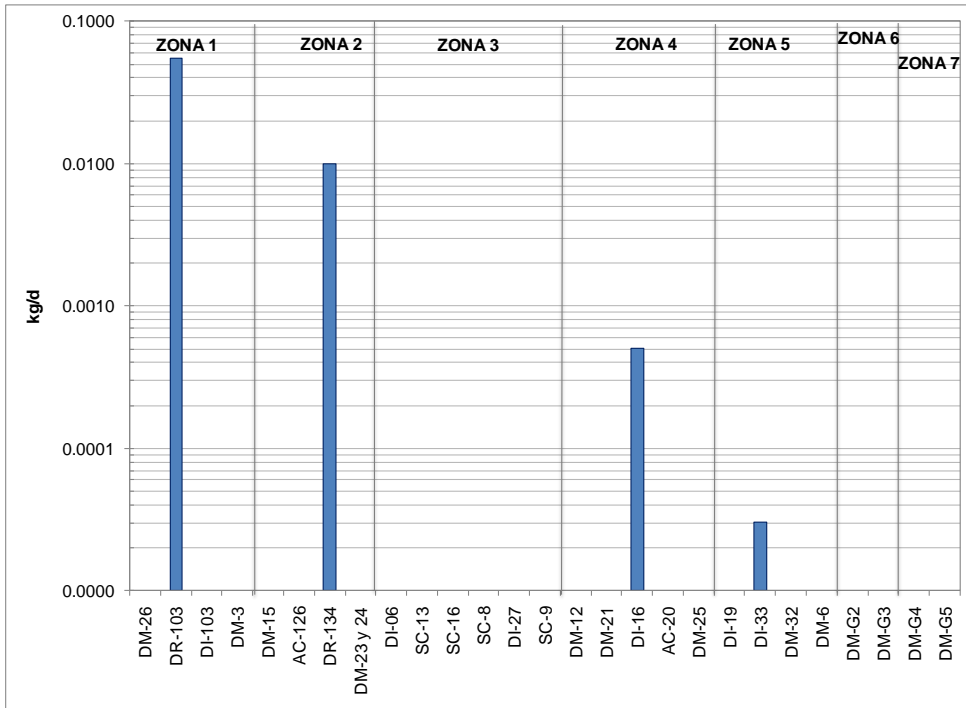


Figura VI.55. Carga de Cadmio

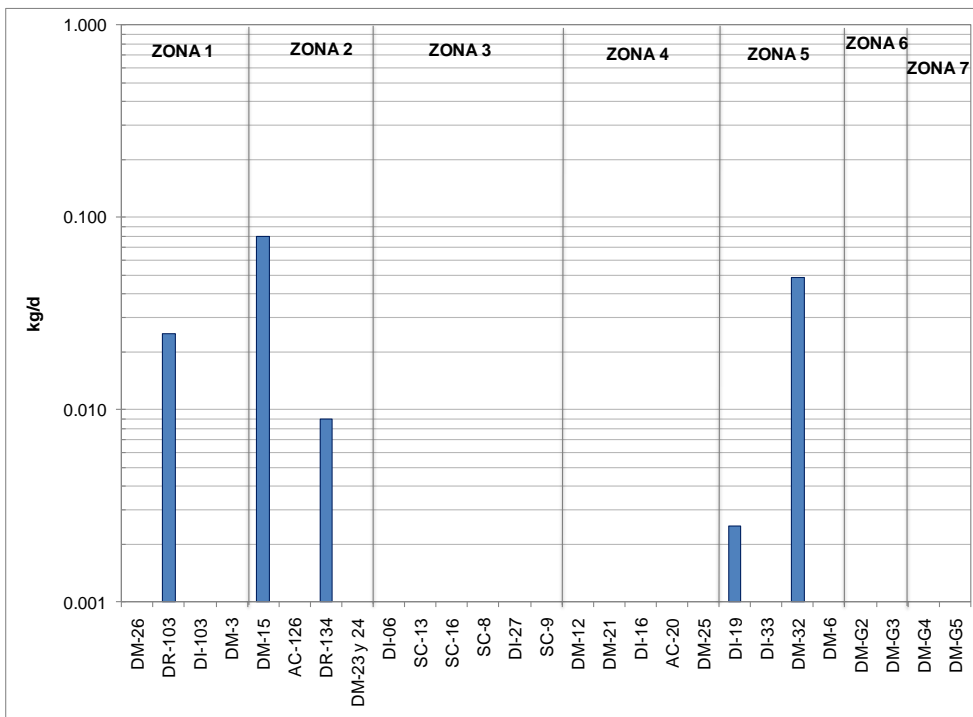


Figura VI.56. Carga de Cianuros

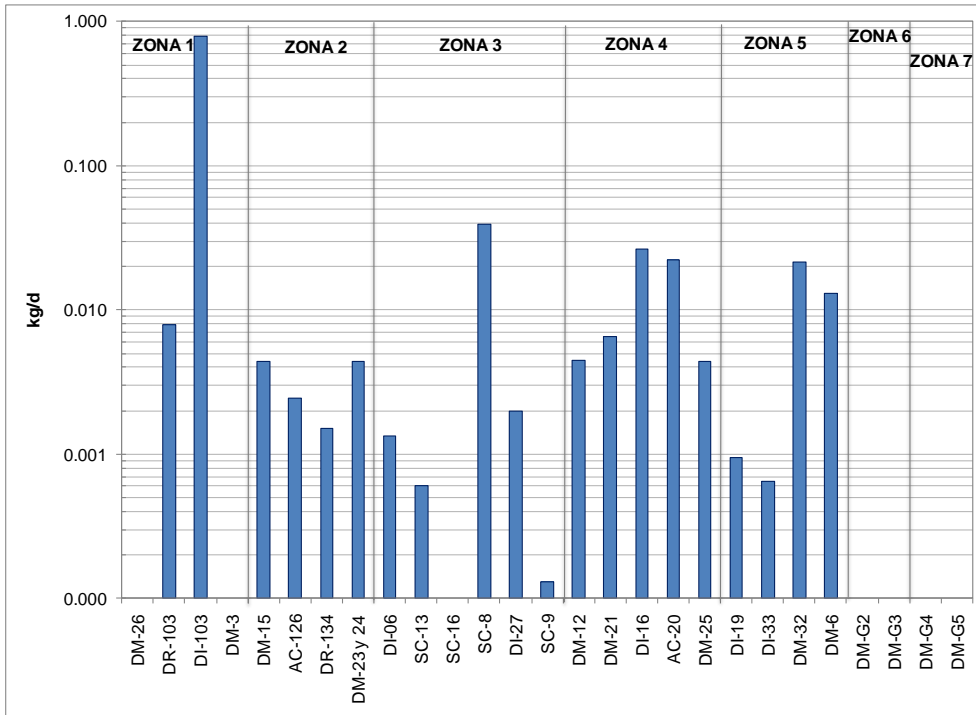


Figura VI.57. Carga de Cromo

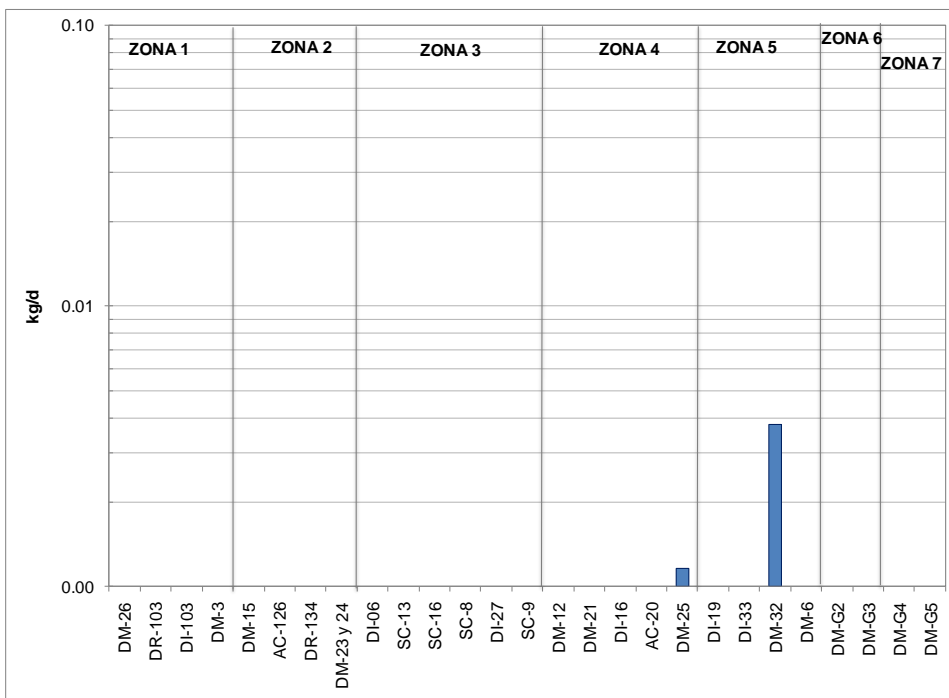


Figura VI.58. Carga de Mercurio

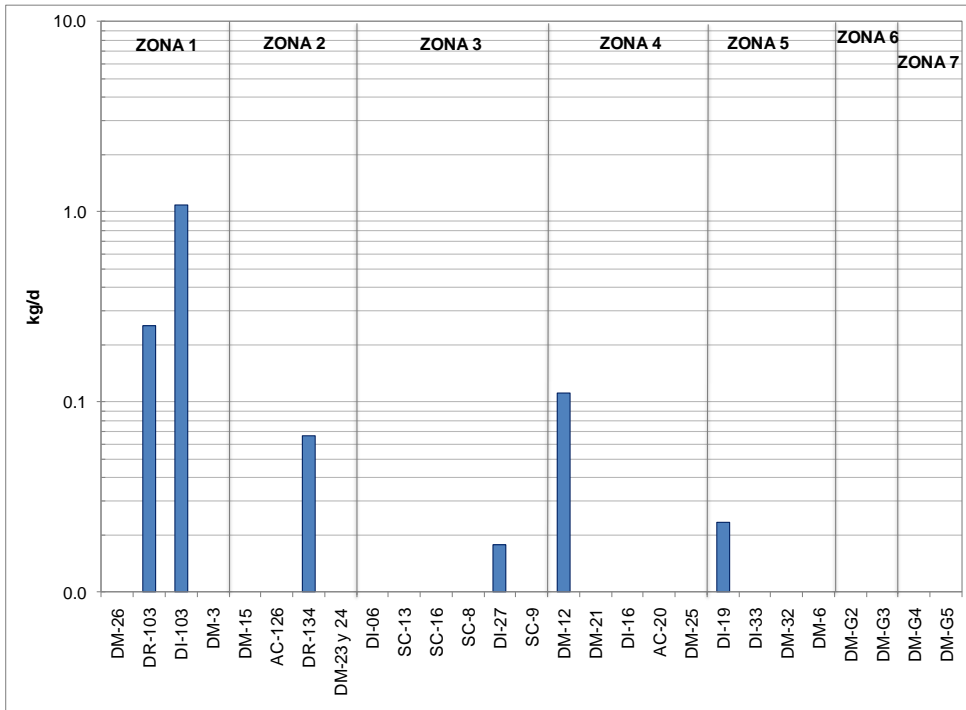


Figura VI.59. Carga de Plomo

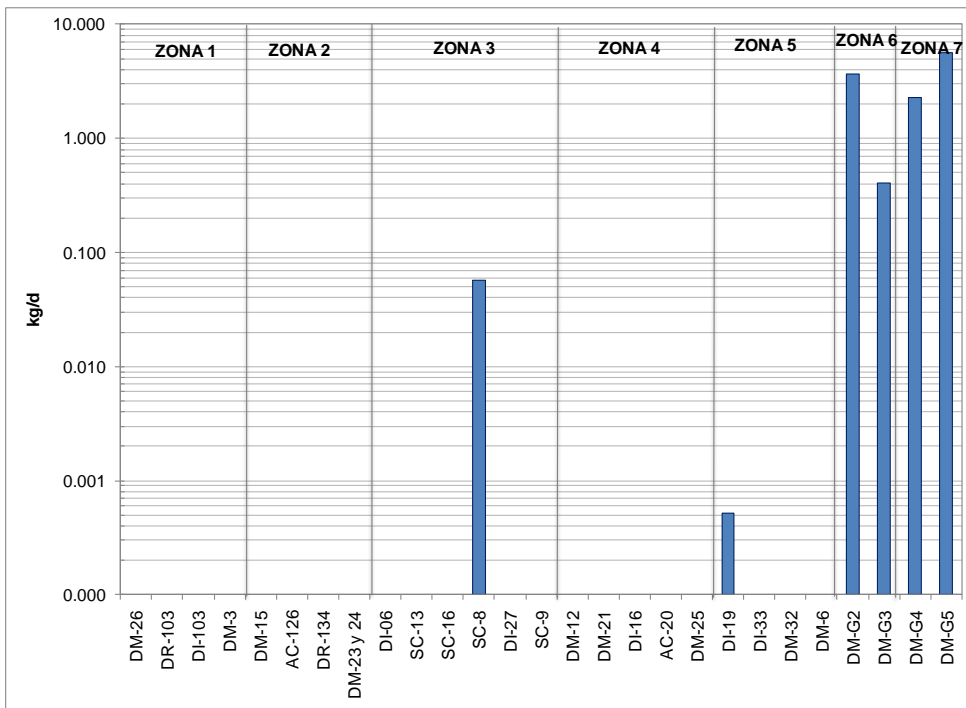


Figura VI.60. Carga de M y P Cresol

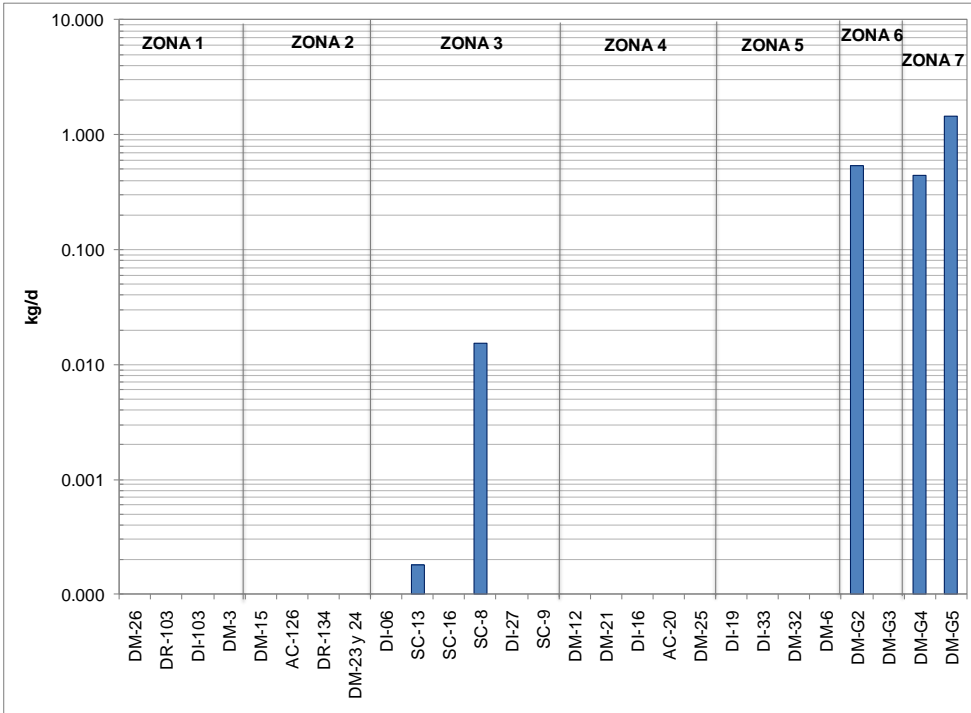


Figura VI.61. Carga de Fenol

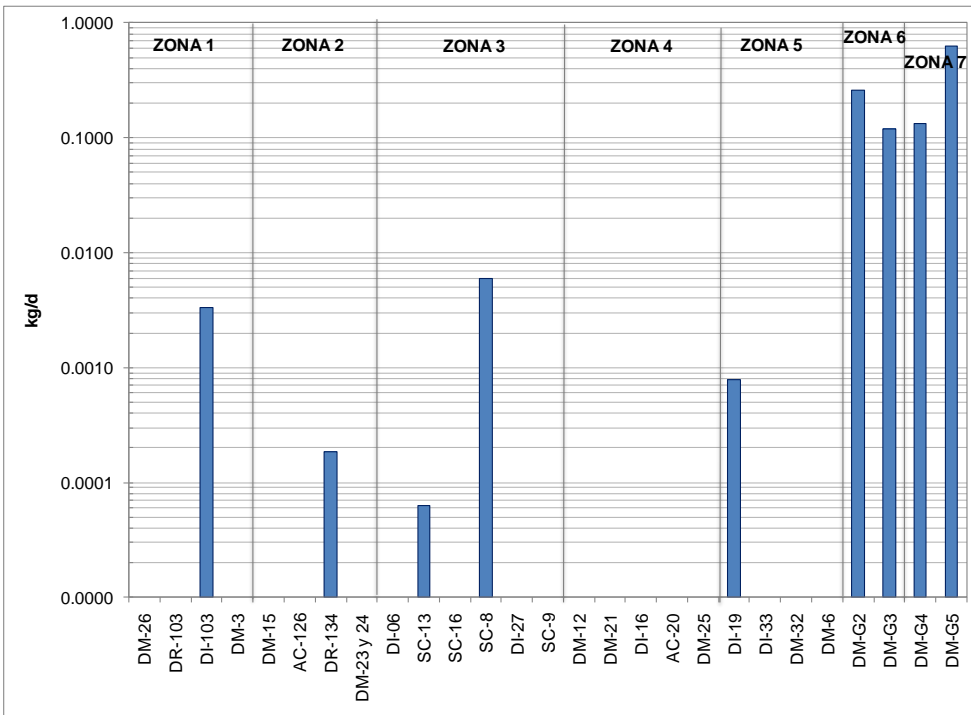


Figura VI.62. Carga de Dibutilftalato

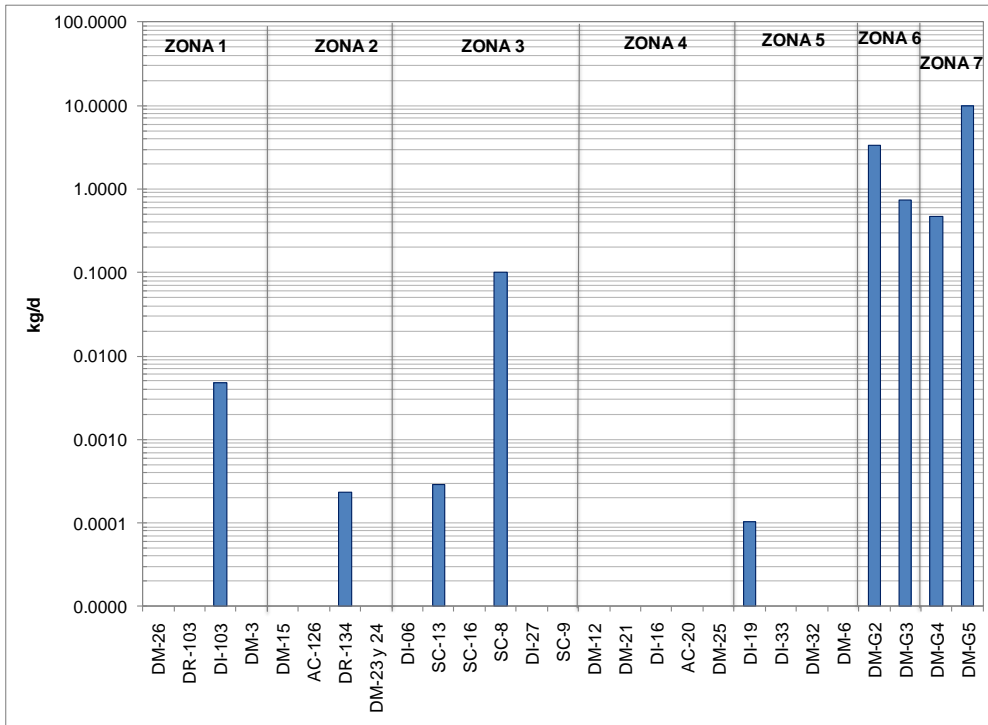


Figura VI.63. Carga de Bis 2(Etil Hexil)ftalato

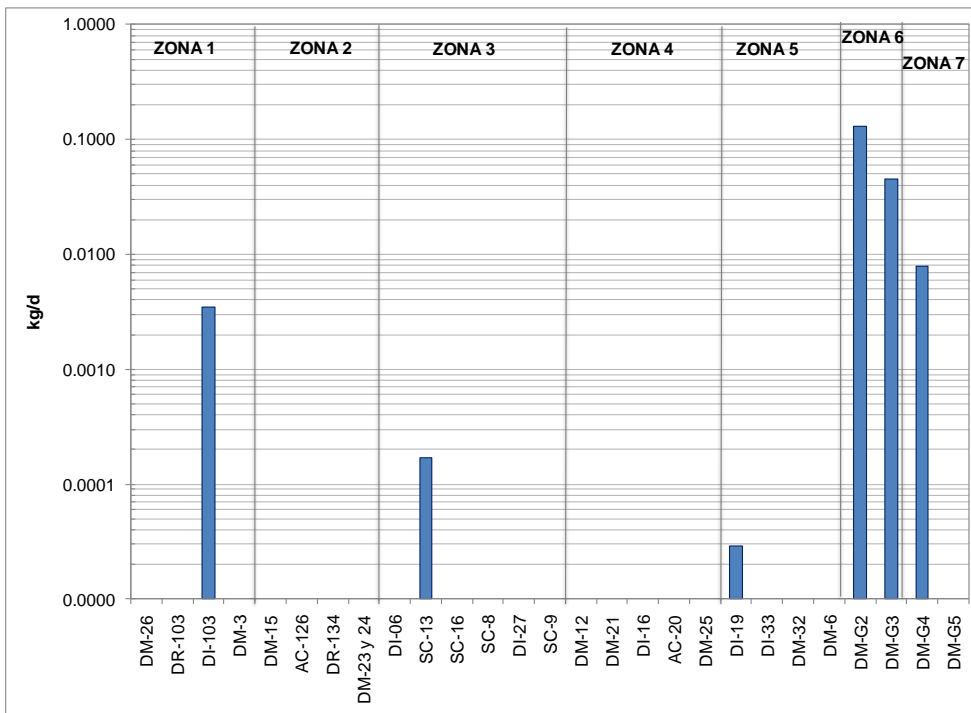


Figura VI.64. Carga de Dimetilftalato

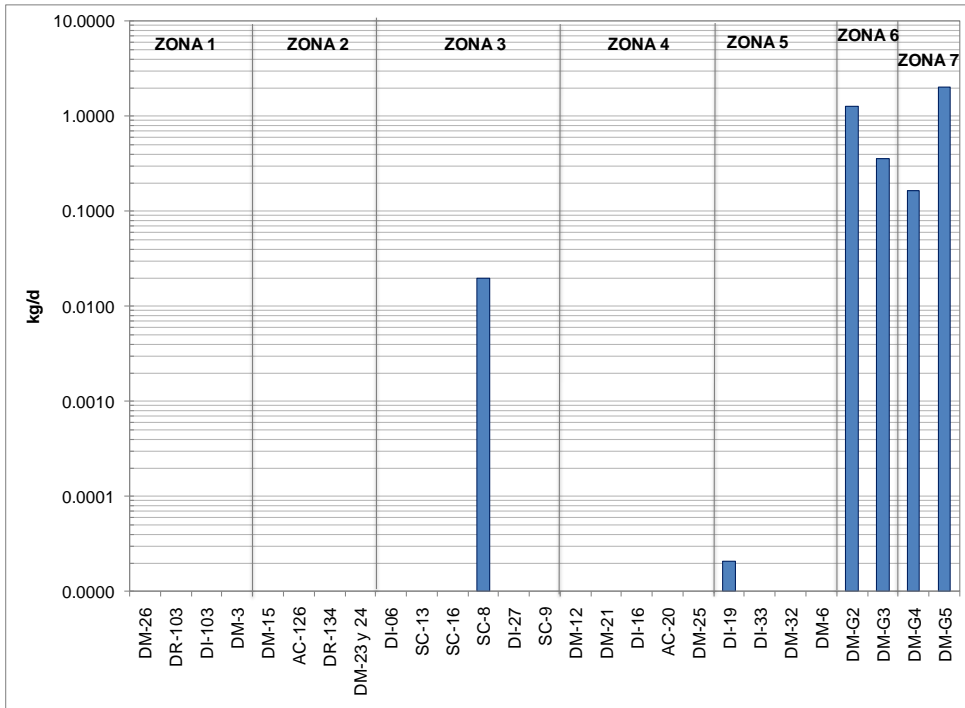


Figura VI.65. Carga de Dietilftalato

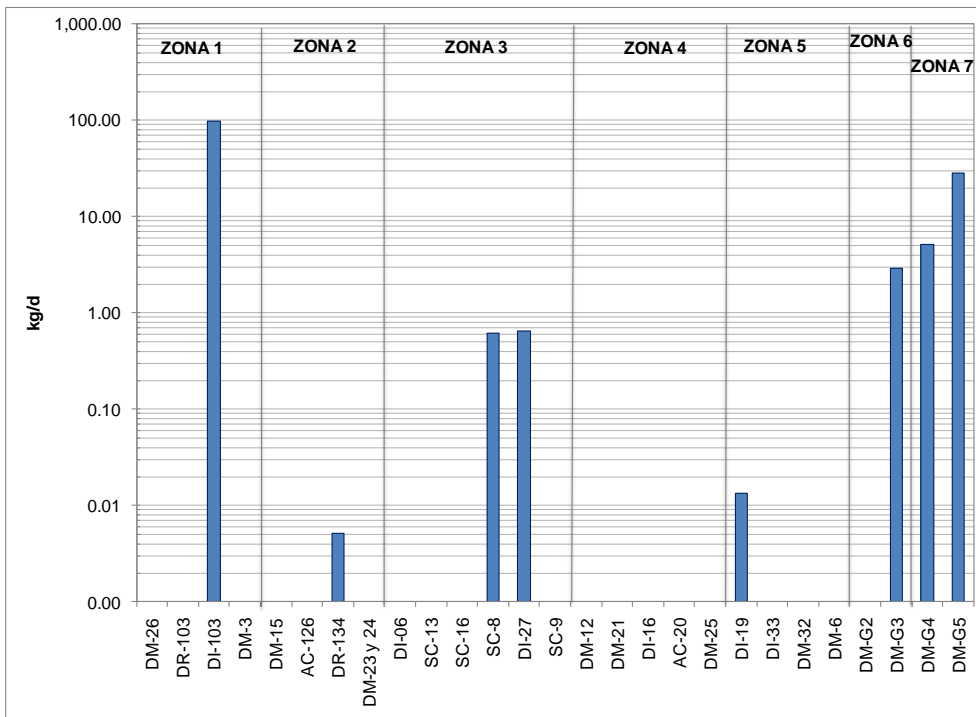


Figura VI.66. Carga de Acetona

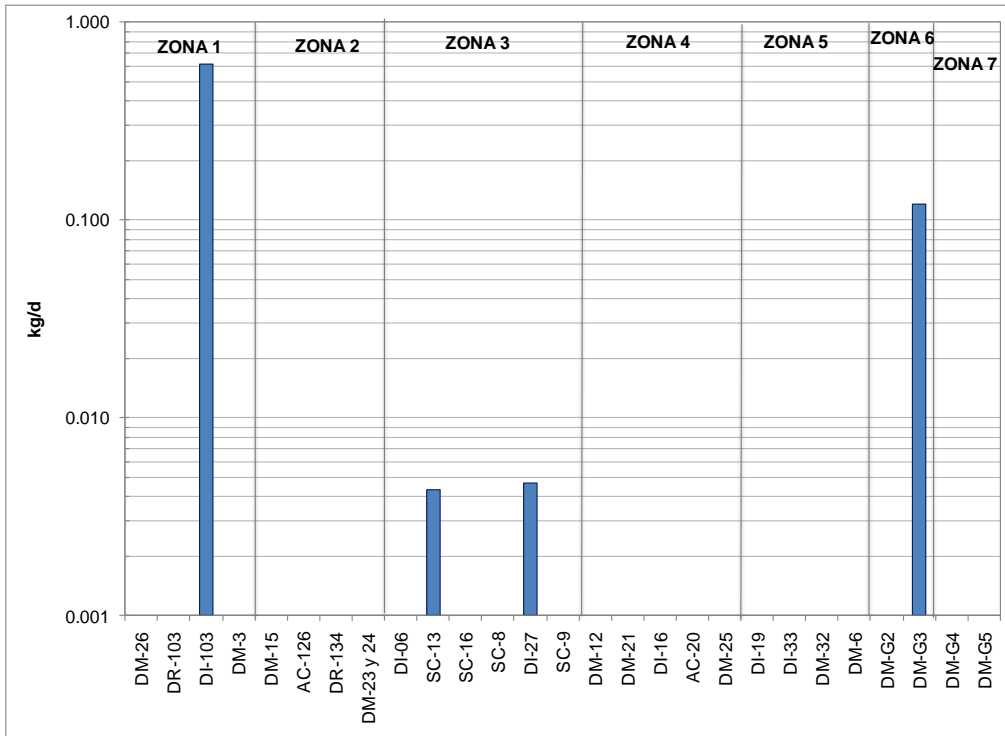


Figura VI.67. Carga de Cloroformo

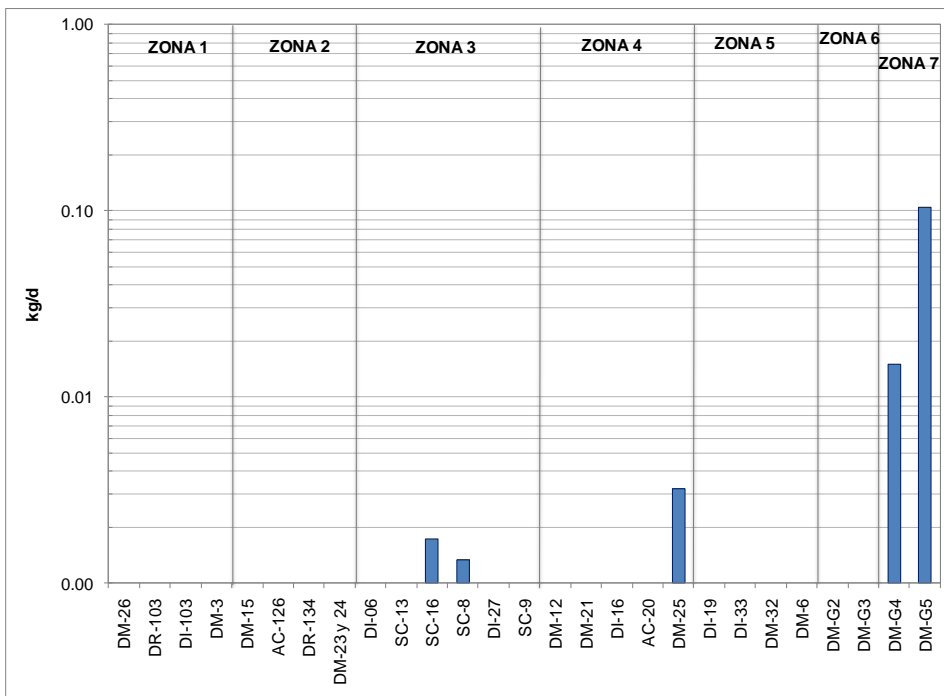


Figura VI.68. Carga de Diclorobencenos

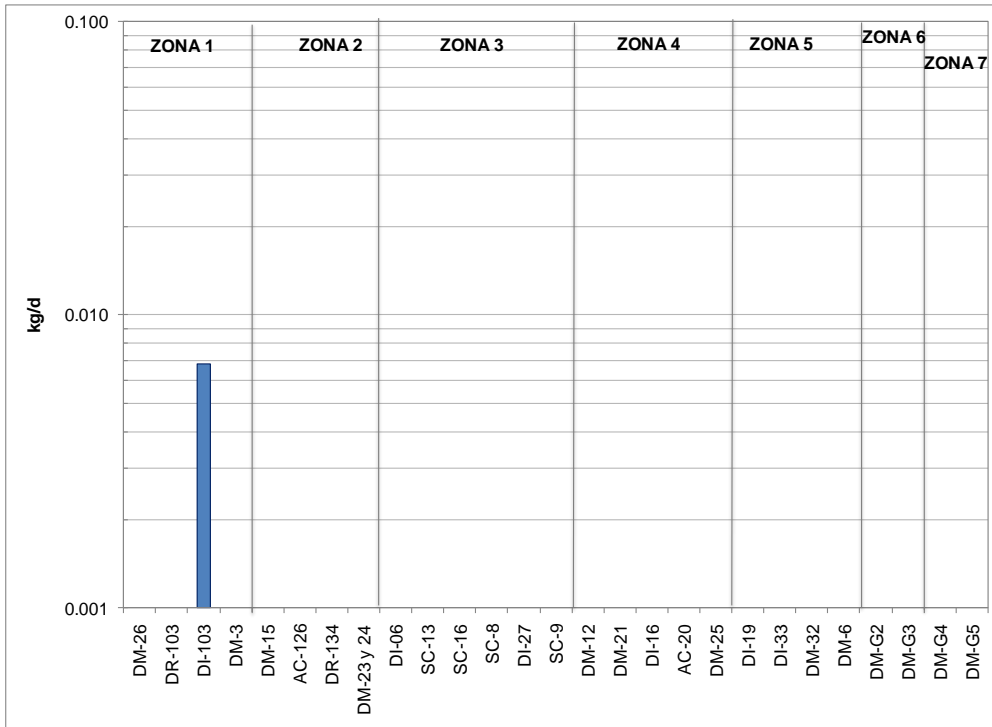


Figura VI.69. Carga de 2, 4, 6 Triclorofenol

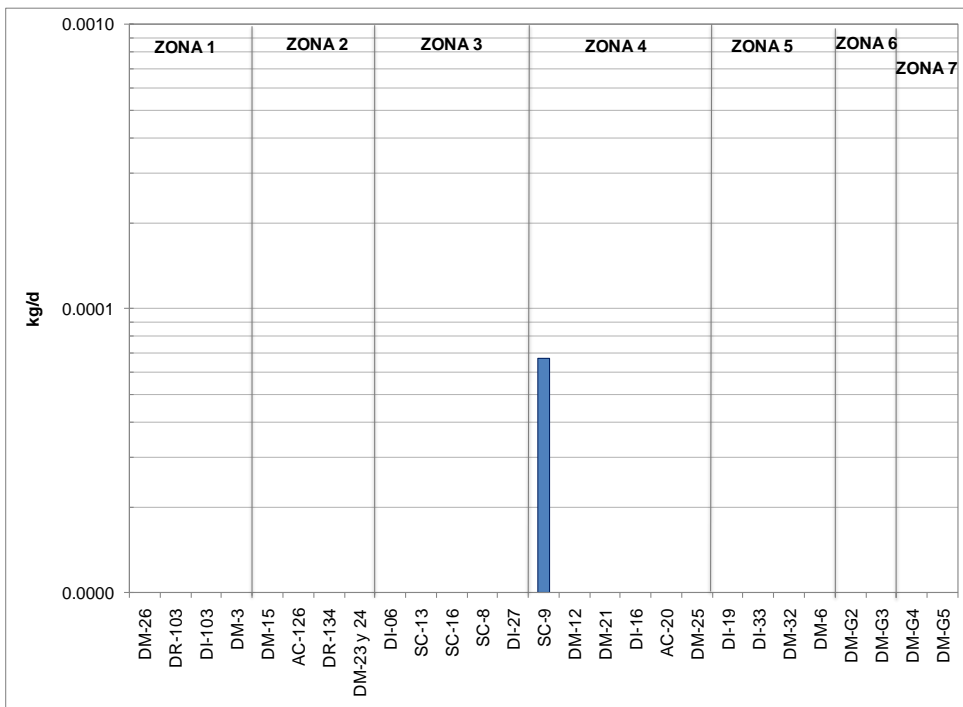


Figura VI.70. Carga de Benceno

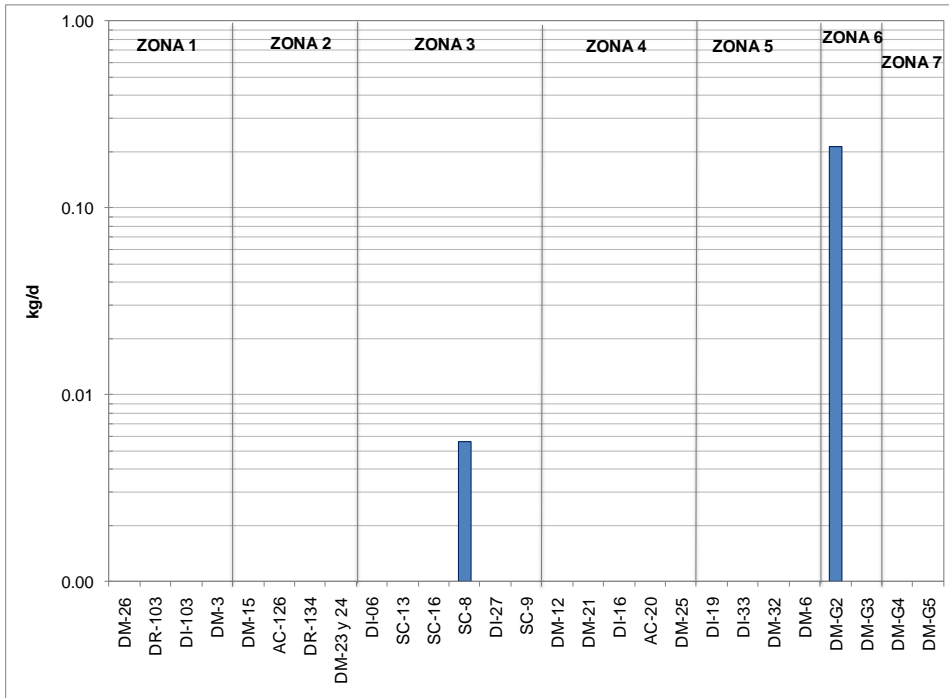


Figura VI.71. Carga de Isoforona

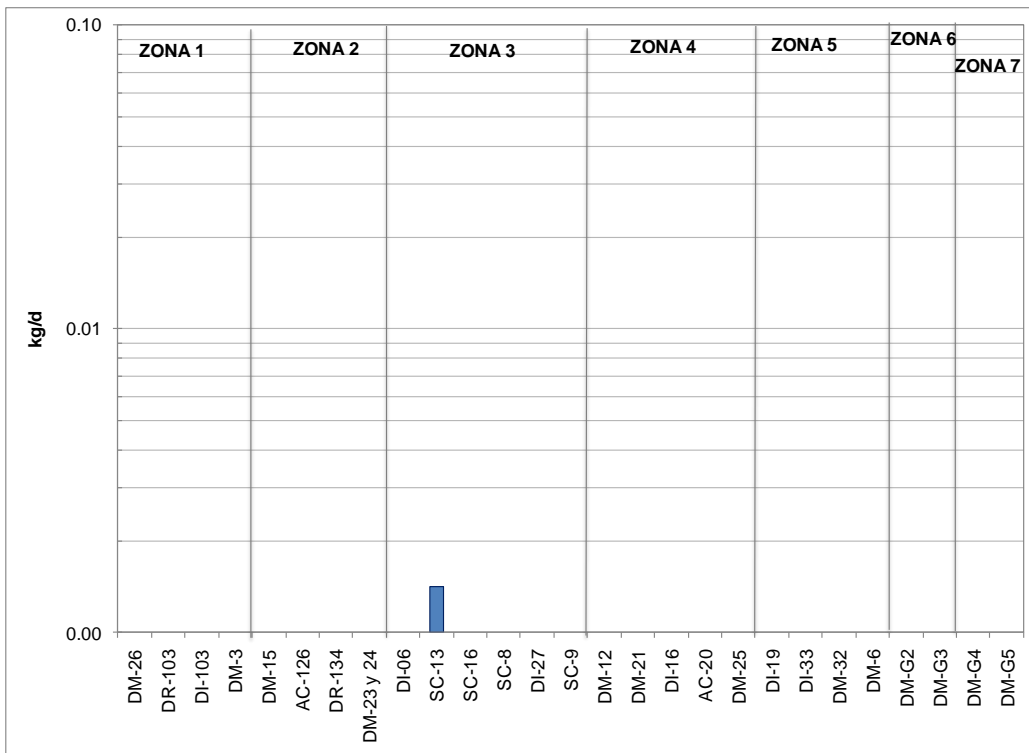


Figura VI.72. Carga de Naftaleno

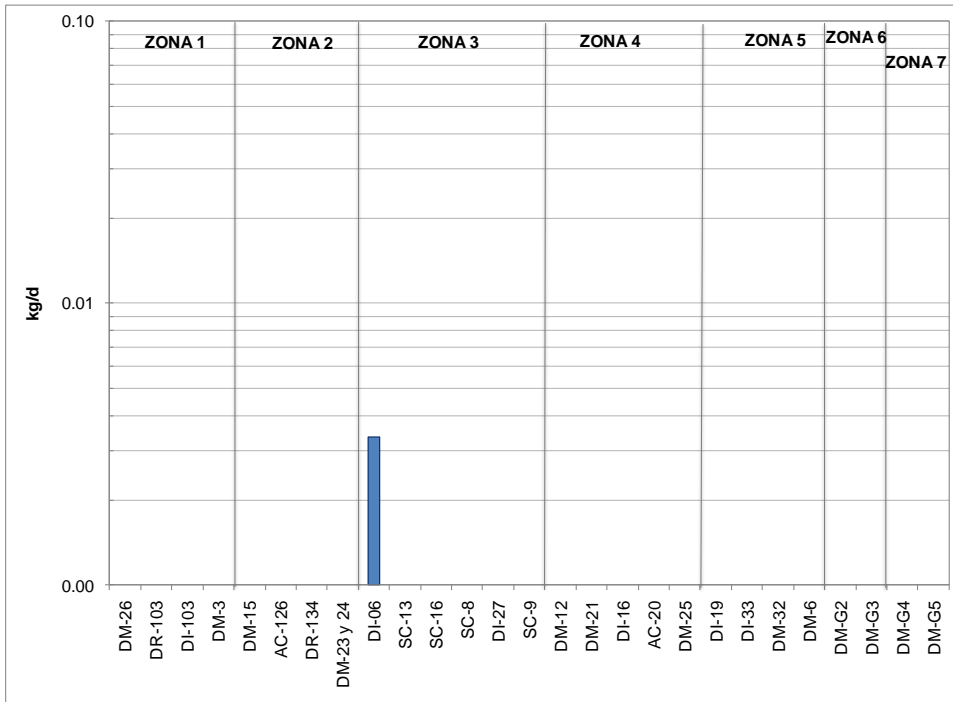


Figura VI.73. Carga de Nitrobenzeno

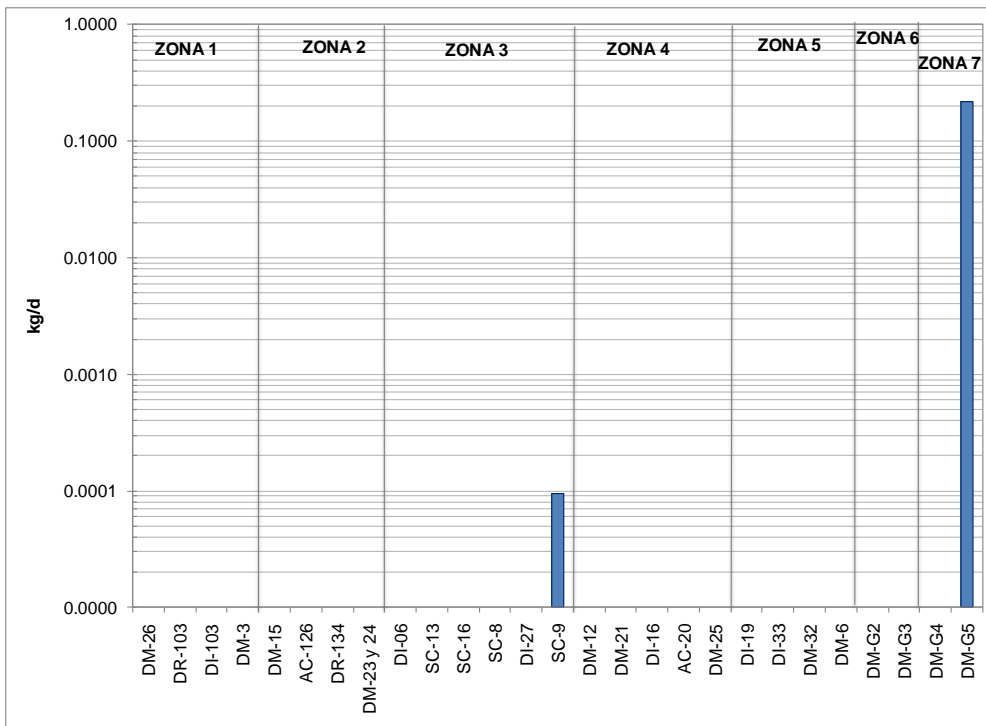


Figura VI.74. Carga de Tetracloroetileno

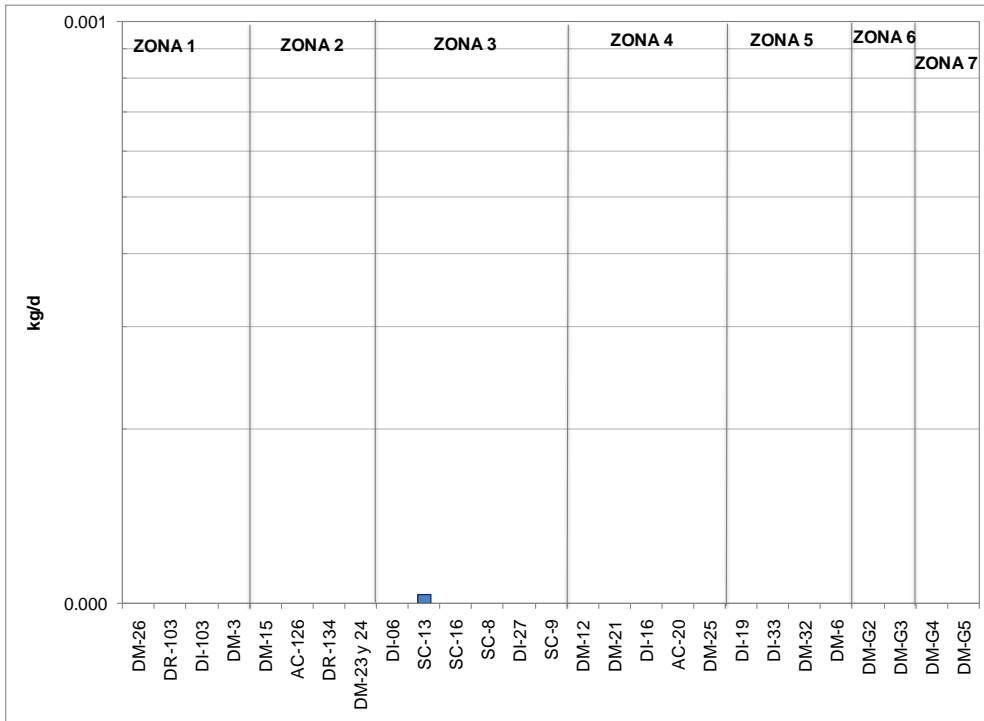


Figura VI.75. Carga de Tetracloruro de Carbono

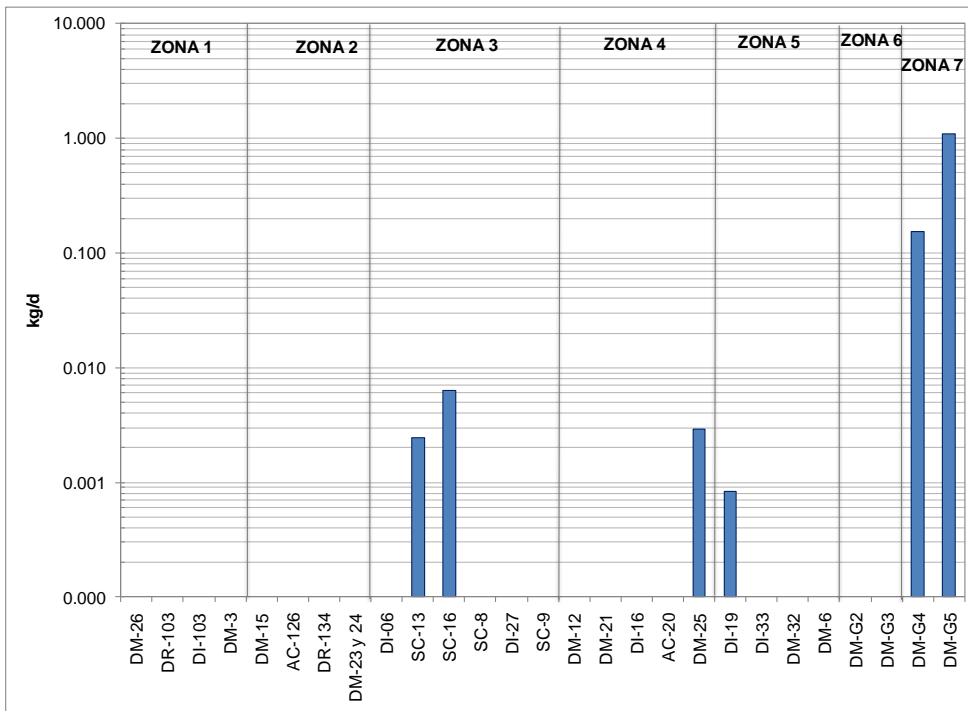


Figura VI.76. Carga de Tolueno

Como se observa en la tabla VI.10 y en las figuras VI.35 a la VI.76, las descargas que aportan las cargas más altas en casi todos los parámetros, son las descargas de la Zona Metropolitana de Guadalajara. De igual manera, las descargas con alta presencia de contaminantes son las siguientes; en Nitrato + Nitritos con 122.3 kg/d la planta de tratamiento de Zapotlanejo, en Sulfatos con 26,263 kg/d la descarga industrial Celanese Mexicana, en Fenoles con 54.3 kg/d la empresa tequilera Cuervo Camichines, en Acetona con 98.7 kg/d la descarga industrial de Celanese Mexicana, en Cloroformo con 0.6 kg/d Celanese Mexicana, en Cadmio con 0.06 kg/d la descarga industrial de Nestlé, en Cianuro con 0.08 kg/d el efluente de la planta de tratamiento de Poncitlán, y en Plomo con 1.09 kg/d Celanese Mexicana (aunque no supera la concentración dada en la NOM-SEMARNAT-001-1996).

La localidad de Ocotlán es la que más Sólidos Disueltos Totales aporta con 8,176 kg/d, seguido por la descarga industrial Nestlé con 7,486 kg/d, Celanese Mexicana con 2,715 kg/d y por la descarga municipal de la Laja con 2,388 kg/d; en cuanto a Nitrógeno Amoniacal Ocotlán descarga 354 kg/d, la descarga municipal de La Laja con 218 kg/d, la descarga industrial de Nestlé con 112 kg/d y la descarga industrial/municipal al El ahogado "La Alameda" con 88 kg/d; con respecto al Nitrógeno Total, Ocotlán descarga al río Santiago 581 kg/d, seguido por descarga municipal de La Laja con 484 kg/d, la descarga industrial de Nestlé con 223 kg/d y por la descarga industrial/municipal al El Ahogado "La Alameda" con 114 kg/d; en Sólidos Suspendidos Totales Ocotlán aporta al río Santiago 3,684 kg/d, seguido por la descarga municipal de la localidad de La Laja con 1,683 kg/d, la descarga industrial de Nestlé con 933 kg/d y la descarga porcícola Venagen con 703 kg/d; en Arsénico Ocotlán descarga 1.2 kg/d, seguido por la descarga industrial Celanese Mexicana con 0.39 kg/d, por la planta de tratamiento Atequiza-Atotonilco con 0.21 kg/d, y por la planta de tratamiento de Poncitlán con 0.07 kg/d; en Níquel con Ocotlán descarga 1.3 kg/d, seguido por la descarga industrial Celanese Mexicana con 1.2 kg/d, el colector ubicado en "El Muelle" a El Ahogado con 0.39 kg/d, la descarga municipal de La Laja con 0.36 kg/d, y en cuanto a Zinc, Ocotlán descarga 3.2 kg/d, seguido por la descarga industrial Celanese Mexicana con 2.1 kg/d, la descarga porcícola Venagen con 1.5 kg/d y el colector ubicado en "El Muelle" a El Ahogado con 1.3 kg/d.

A continuación se presenta la distribución de cargas (como la suma de todos los parámetros) para cada una de las ocho zonas en que se dividió el río Santiago, ver tabla VI.11.

Tabla VI.11. Distribución de cargas por zona expresada en kg/d

Zona	DBO	N-org	NH3	NO2+NO3	NT	P-org	P-inorg	PT	DQO
1	3,243	385	491	6.2	882	93	313	406	18,769
2	246	44	82	11	137	3.5	30	34	633
3	1,368	138	598	3.0	740	48	184	232	3,958
3a	1,049	47	154	5.2	205	4.3	16	21	1,796
4	1,867	118	191	23	333	9.9	39	49	4,218
5	8,281	293	271	123	688	32	92	124	8,533
6	14,998	3,104	4,817	65	7,986	317	743	1,060	125,230
7	62,149	5,594	11,054	24	16,672	442	1,414	1,856	136,641
8									

Tabla VI.11. Distribución de cargas por zona expresada en kg/d (Continuación)

Zona	SST	GyA	SAAM	As	Cu	Ni	Cloruro	Sulfato	Fenoles
1	12,573	1,151	3.5	1.5	0.79	2.5	5,703	27,291	2.7
2	200	76	1.1	0.11	0.04	0.20	1,289	1,322	0.01
3	1,234	256	12	0.20		1.2	635	1,425	0.01
3a	656	235	24	0.07	0.01	0.49	410	609	0.06
4	4,443	609	17	0.09	0.48	0.06	610	348	0.01
5	1,814	544	116	0.16	0.21	0.39	4,501	483	0.01
6	45,434	14,563	1,051	17	2.1		26,968	36,489	
7	56,705	16,057	1,942	2.5	1.2	10.8	14,436	6,545	
8									

Tabla VI.11. Distribución de cargas por zona expresada en kg/d (Continuación)

Zona	Zn	Cd	Cn	Cr	Hg	Pb	M y P Cresol	Fenol	Dibutil-ftalato	Bis 2 (Etil Hexil) Ftalato
1	6.3	0.06	0.02	1.8		1.3	0.07		0.003	0.005
2	0.15	0.01	0.08	0.01		0.07			0.0002	0.0002
3	1.2			0.98		0.20	0.72	0.05	0.03	0.15
3a	0.76			0.25		0.02	0.21	0.03	0.01	0.18
4	2.4	0.001		0.08	0.001	0.11	0.19	0.05	0.01	0.06
5	1.8		0.05	0.04	0.004	0.02	0.001		0.001	0.0001
6	41			0.93			4.0	2.0	0.38	4.07
7	63						7.9	2.0	0.77	10.5
8										

Tabla VI.11. Distribución de cargas por zona expresado en kg/d (Continuación)

Zona	Dimetil-ftalato	Dietil-ftalato	Ace-tona	Cloro-formo	Dicloro-bencenos	2,4,6 Tricloro-fenol	Ben-ceno	Etil-benceno	Iso-forona
1	0.0034		99	0.61		0.007			
2			0.01	0.001					
3		0.10	0.56	0.002					
3a	0.0002	0.03	1.3	0.01	0.003		0.0001		0.01
4		0.01		0.01	0.003				
5	0.00003	0.00002	0.01	0.001					
6	0.18	1.6	2.9	0.12					0.21
7	0.01	2.2		0.36	0.12				
8									

Tabla VI.11. Distribución de cargas por zona expresada en kg/d (Continuación)

Zona	Naftaleno	Nitro benceno	Tetra cloruro etileno	Tetra cloruro de Carbono	Tolueno
1					
2					
3		0.003			0.17
3a	0.001		0.0001	0.0001	0.01
4					0.003
5					0.001
6					
7			0.22		1.2
8					

Como puede apreciarse son las zonas 5 y 6 del río Santiago las que reciben las mayores cargas de contaminantes por efecto de las descargas de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Después de estas dos zonas, y en orden de importancia, es la zona 1 al inicio del río Santiago, la que recibe las cargas de contaminantes más altas por efecto de las localidades Ocotlán y Cuitzeo, y las descargas industriales que se ubican en esta zona (Celanese, Nestle y CIBA). La siguiente zona afectada es la 5, por efecto de las descargas de los ríos La Laja y Zapotlanejo los cuales conducen tanto descargas municipales como industriales. Enseguida la zona 4, la cual recibe las descargas sin tratamiento de Puente Grande, las descargas de las plantas de tratamiento de Juancatlán y El Salto y las aportaciones de El Ahogado. La parte del río Santiago que tiene el menor impacto en cuanto a descarga de contaminantes, es la zona comprendida entre Poncitlán y hasta antes de la descarga del El Ahogado (Zonas 2 y 3). Respecto a los compuestos orgánicos se detectan las cargas más elevadas en las zonas 5 y 6 por efecto de las cinco descargas de la Zona Metropolitana de Guadalajara y en la Zona 1, la descarga de Celanese Mexicana presenta valores altos en Cloroformo y Acetona. Con respecto a los compuestos orgánicos en río, se detectó el incumplimiento de la concentración límite dada por la Ley Federal de Derechos en El Ahogado, en el sitio denominado "El Muelle", en donde se superan los valores permisibles para Bis-2-(etilhexil) ftalato y Dimetilftalato, en el afluente a El Ahogado AS-12 (Alameda) se incumple en Bis-2-(etilhexil) ftalato y en la estación S3 sobre el río Santiago (después de El Ahogado), se incumple de igual manera la concentración para Bis-2-(etilhexil) ftalato. Otro afluente que presentó valores por arriba de los marcados en la LFD fue el río Zapotlanejo, para Bis-2-(etilhexil) ftalato, Dimetilftalato y Tolueno.

A las cargas de contaminantes se le debe de asociar el cumplimiento de las concentraciones máximas permisibles dadas en la NOM-001-SEMARNAT-1996, y el hecho de que si estas cargas permiten alcanzar los criterios de calidad del agua en el río, este es objetivo que se persigue en este capítulo.

VI.2.2. Balance de caudales

Los caudales en las estaciones sobre el río Santiago y sobre los afluentes se obtuvieron de las campañas de aforo efectuadas durante el estudio, tabla VI.12.

Tabla VI.12. Distribución de caudales en el río Santiago

Estación	Nombre de descarga	Caudal (L/s)
OCOTLÁN	Río Santiago (Inicio)	8,540.0
DM-26	PTAR Cuitzeo	12.0
DR-103	Nestlé	22.1
DI-103	Celanese Mexicana	86.8
DM-3	PTAR Ocotlán	164.0
U. S.	Unidad Santiago	-2,108.4
S-1	Río Santiago en presa Poncitlán	6,720.0
DM-15	PTAR Poncitlán	31.8
AC-126	Plásticos Rex Cydsa	5.0
U. Z.	Unidad Zapotlanejo	-662.64
U. A.	Unidad Atequiza	-3,600
DR-134	CIBA	2.8
DM-23 y 24	PTAR Atequiza-Atotonilco	23.1
RS-3	Río Santiago en Exhacienda Zapotlanejo	2,520.0
DI-06	Aceitera AGyDSA	4.3
AS-11	Arroyo Ahogado después del lago	171.0
SC-13	Zona Industrial El Salto	2.5
SC-16	Descarga en la Alameda	13.3
SC-8	Des. Aguas arriba puente Quimikao	14.0
DI-27	Industria Quimikao	1.2
SC-9	Des. Aguas abajo de El Muelle	0.5
S-3	Río Santiago después de la confluencia del arroyo Ahogado	2,800.0
DM-12	PTAR El Salto	23.4
U. Ar	Unidad Aurora	-1,500
DM-21	PTAR Juanacatlán	20.0
DI-16	Granja Porcícola Venagen "El Gran Chaparral"	4.7
AC-20	Granja Porcícola El Caballo Bayo	4.0
DM-25	Puente Grande	9.0
S-4	Río Santiago en Puente Grande	2,200.0
DI-19	Tequilera Cuervo Camachines	2.4
DI-33	Granja Porcícola El Colorín	0.5
DM-32	La Laja	40.0

Estación	Nombre de descarga	Caudal (L/s)
DM-6	PTAR Zapotlanejo	66.0
Después de presa La Intermedia	Río Santiago, después de la presa La Intermedia	1,761.0
DM-G2	ZMG (Osorio)	1,085.0
DM-G3	ZMG (San Andrés)	895.0
V8	Río Verde en el Purgatorio	2,340.0
S-6	Río Santiago en el Arcediano	6,081.0
DM-G4	ZMG (Huntitán)	268.0
DM-G5	ZMG (El Vado y Coyula)	1,510.0
S-7	Río Santiago antes de San Cristóbal de la Barranca	8,240.0
A9	Río Huixtla en San Cristóbal de la Barranca	380.0
A9b	Río Juchipila después de San Cristóbal de la Barranca	750.0
S-8	Río Santiago en Presa Santa Rosa	9,370.0

valores negativos indican extracción

Con el fin de estimar las diferencias de caudales en cada zona, se efectúa un balance, de tal manera que conociendo los caudales al inicio y al final de cada zona y conociendo las aportaciones y/o extracciones a lo largo de la zona, se puede estimar el caudal no cuantificado, definido como ΔQ , y dado por la siguiente expresión:

$$\Delta Q = Q_f - Q_i - Q_a + Q_d$$

Dónde: ΔQ = Incremento o decremento de caudal (L/s)

Q_f = Caudal al final de la zona (L/s)

Q_i = Caudal al inicio de la zona (L/s)

Q_a = Caudal de afluentes y/o descargas (L/s)

Q_d = Caudal de derivaciones y/o aprovechamientos (L/s)

De esta manera el balance por zonas se describe como sigue:

Zona 1

OCOTLÁN	8,540.0
DM-26	12.0
DR-103	22.1
DI-103	86.8
DM-3	164.0
U. S.	-2,108.4
S-1	6,720.0
ΔQ	$6,720 - (8,540 + 12.00 + 22.1 + 86.8 + 164) + 2,108.4$
	= 3.5 L/s.

Zona 2

S-1	6,720.0
DM-15	31.8
AC-126	5.0
U. Z.	-662.64
U. A.	-3,600
DR-134	2.8
DM-23 y 24	23.1
RS-3	2,520.0
ΔQ	$2,520 - (6,720 + 31.8 + 5.0 + 2.8 + 23.1) + 662.64$ 3,600
	= -0.06 L/s.

Zona 3

RS-3	2,520.0
DI-06	4.3
AS-11	171.0
SC-13	2.5
SC-16	13.3
SC-8	14.0
DI-27	1.2
SC-9	0.5
S-3	2,800.0
ΔQ	$2,800 - (2,520 + 4.3 + 171.0 + 2.5 + 13.3 + 14.0 + 1.2 + 0.5)$
	= 73,2 L/s.

Zona 4

S-3	2,800.0
DM-12	23.4
U. Ar.	-1,500
DM-21	20.0
DI-16	4.7
AC-20	4.0
DM-25	9.0
S-4	2,200.0
ΔQ	$2,200 - (2,800 + 23.4 + 20.0 + 4.7 + 4.0 + 9.0) + 1,500$
	= 838.9 L/s.

Zona 5

S-4	2,200.0
DI-19	2.4
DI-33	0.5
DM-32	40.0
DM-6	66.0
A6	1,761.0

ΔQ	$= 1,761 - (2,200 + 2.4 + 0.5 + 40 + 66.0)$
	$= -547.9 \text{ L/s.}$

Zona 6

Después de presa La Intermedia	1,761.0
DM-G2	1,085.0
DM-G3	895.0
V8	2,340.0
S-6	6,081.0
ΔQ	$= 6,081 - (1,761 + 1,085 + 895 + 2,340)$
	$= 0 \text{ L/s.}$

Zona 7

S-6	6,081.0
DM-G4	268.0
DM-G5	1,510.0
S-7	8,240.0
ΔQ	$= 8,240 - (6,081 + 268 + 1,510)$
	$= 381 \text{ L/s.}$

Zona 8

S-7	8,240.0
A9	380.0
A9b	750.0
S-8	9,370.0
ΔQ	$= 9,370 - (8,240 + 380 + 750)$
	$= 0.0 \text{ L/s.}$

VI.2.3. Modelación de calidad del agua del río Santiago, condiciones actuales

Las condiciones que se modelaron fueron las correspondientes al muestreo que presento las cargas más altas de los tres. El modelo representó adecuadamente el comportamiento de los parámetros de calidad del agua en el río Santiago, y permitió tener la base para simular los escenarios para los tres plazos definidos en la declaratoria, y en las ocho zonas en las cuales se dividió el río.

En las figuras VI.77 a la VI.118, se muestran los datos observados y el resultado de la modelación en QUAL2K para la condición de calidad del agua señalada anteriormente. En el kilómetro 0 se indica la presa Santa Rosa, es decir el flujo del río es de derecha a izquierda en las gráficas.

En las siguientes tablas se muestra los coeficientes de decaimiento para cada uno de los tramos de los ríos Santiago, Verde y Zula. Estos coeficientes fueron introducidos al modelo QUAL2K, en la

hoja que lleva como nombre "REACH RATES". Estos coeficientes fueron utilizados para ajustar los valores observados con los resultados del modelo.

Tabla VI.13. Coeficientes de decaimiento

Río	OD	DBO	N Org	NH3	NO3 + NO2	NT	P Org
Santiago	0.01 - 0.75	0.54 - 3.47	0.13 - 0.47	0.12 - 3.47	0.13 - 8.22	0.10 - 1.55	0.29 - 2.55
Verde	0.05 - 0.99	0.14 - 0.75	0.35 - 0.36	1.65	0.01	0.06 - 0.36	0.11 - 0.39
Zula	0.01 - 0.36	0.93 - 2.06	0.73 - 2.79	0.18 - 1.54	1.15 - 1.16	0.19 - 0.85	2.05 - 2.06

Tabla VI.13 Coeficientes de decaimiento (Continuación)

Río	P Inorg	PT	Coliformes Fecales	DQO	SST	Grasas y Aceites	Enterococos Fecales
Santiago	0.04 - 1.03	0.13 - 0.56	2.4	0.08 - 3.07	0.33 - 2.17	0.70 - 4.05	2.4
Verde	0.17 - 0.61	0.21 - 0.54	2.66 - 4.76	0.07 - 0.73	0.14 - 0.53	0.80 - 0.81	0.64 - 2.52
Zula	0.15 - 0.16	0.40 - 0.41	4.73 - 14.75	1.25 - 2.26	1.43 - 1.44	0.35 - 0.36	1.70 - 1.71

Tabla VI.13. Coeficientes de decaimiento (Continuación)

Río	SAAM	As	Cu	Ni	Cl	Sulfato	Zn
Santiago	0.03 - 4.96	0.03 - 1.82	0.10 - 0.11	0.77 - 4.58	0.01 - 3.23	0.02 - 0.66	2.28 - 2.29
Verde	0.14 - 0.15	0.26 - 0.42	0.1 0	0.10	0.09 - 0.35	0.06 - 0.23	0.1 0
Zula	2.65 - 2.66	0.01	1.00	1.00	0.39 - 0.40	0.13 - 0.14	0.01

Tabla VI.10. Coeficientes de decaimiento (Continuación)

Río	Cd	Cr	Color	Bis2 (Etil Hexil) ftalato	Dietilftalato	Cloroformo
Santiago	3.85 - 3.86	0.13 - 0.67	0.04 - 0.75	1.21 - 2.24	1.63 - 1.64	0.10
Verde	0.1	0.64 - 0.65	0.29 - 0.88	0.10	0.10	0.01
Zula	0.30	0.30	0.30 - 1.58	0.10	0.01	0.10 - 0.81

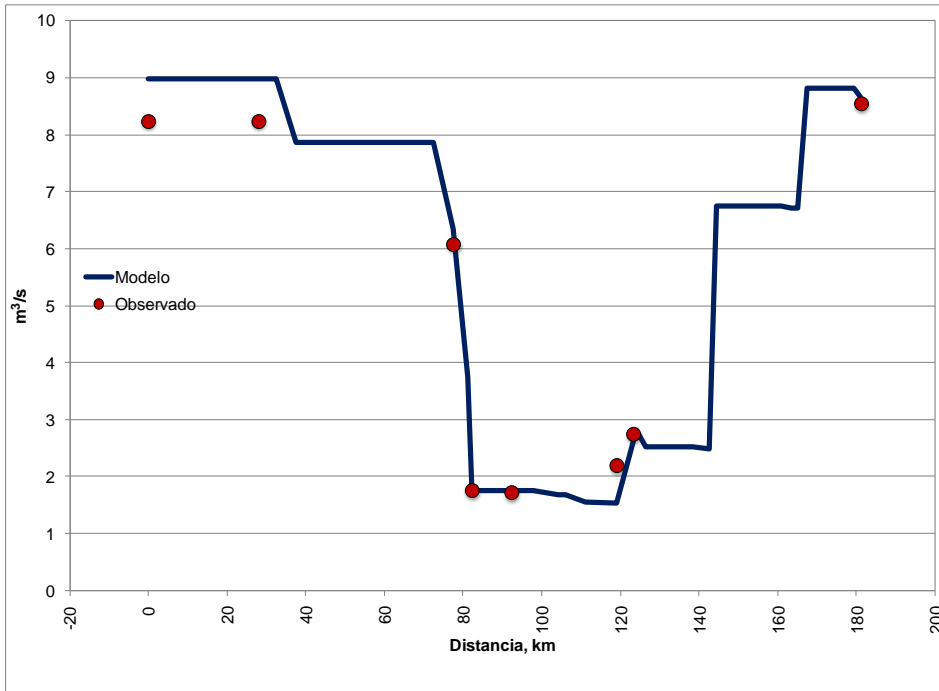


Figura VI.77. Caudales en el río Santiago

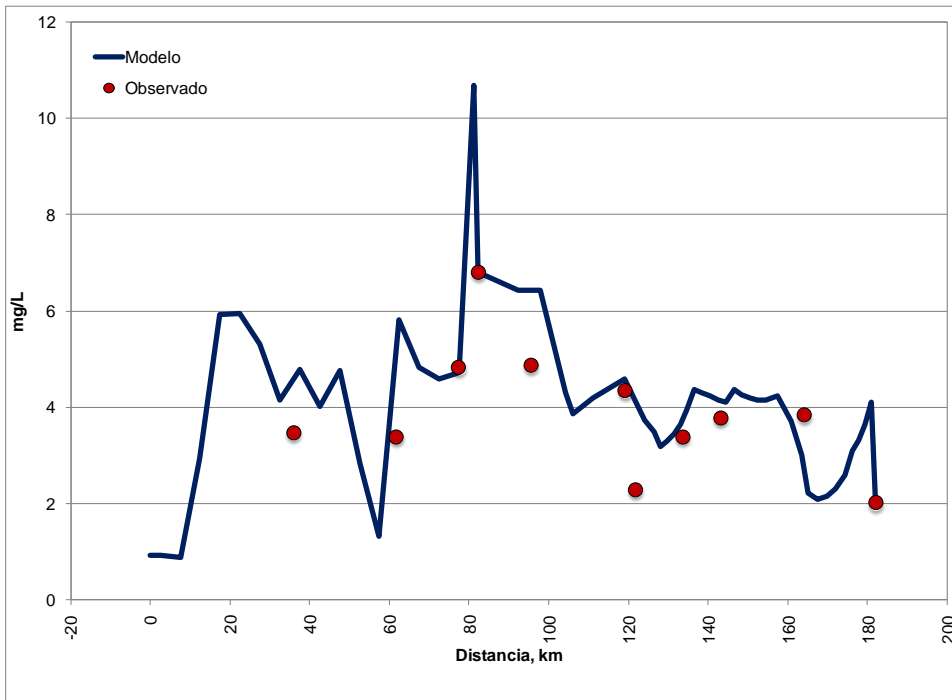


Figura VI.78. Oxígeno Disuelto

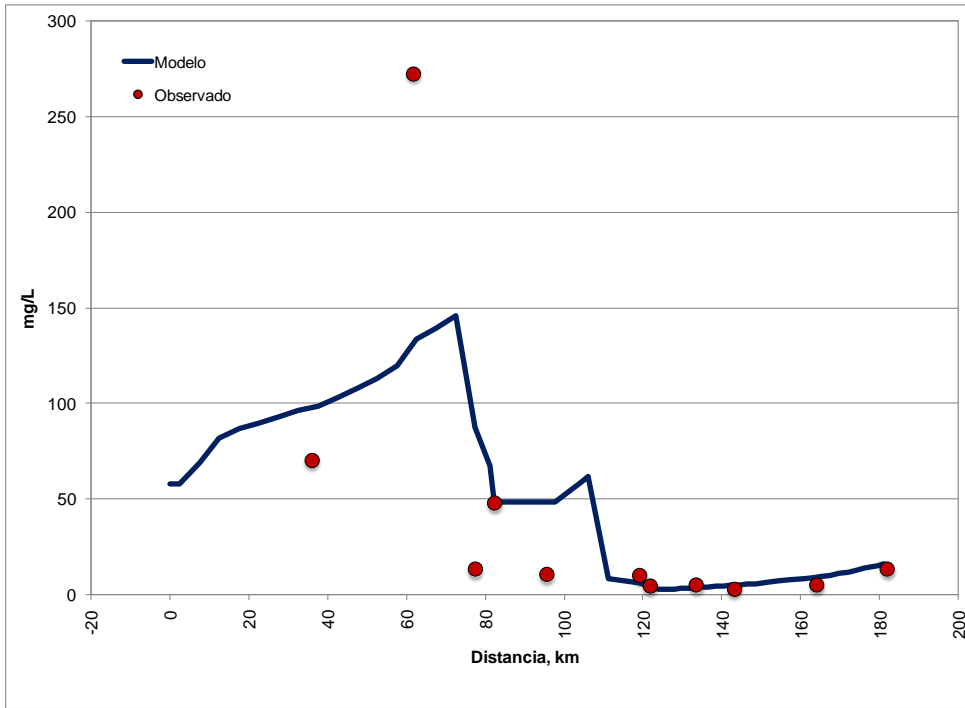


Figura VI.79. Demanda Bioquímica de Oxígeno

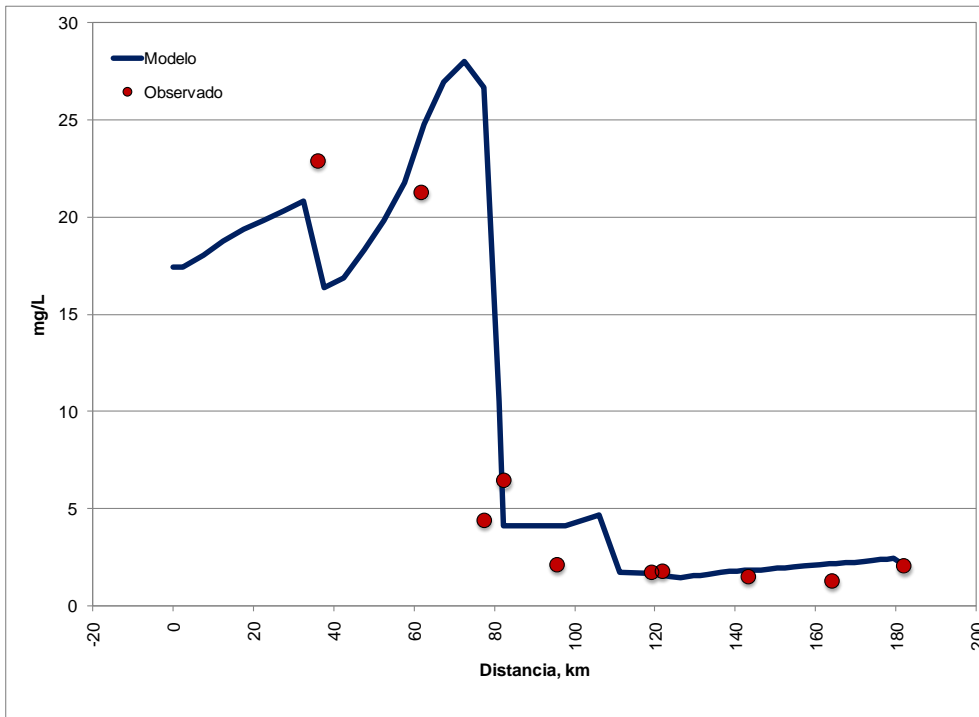


Figura VI.80. Nitrógeno Orgánico

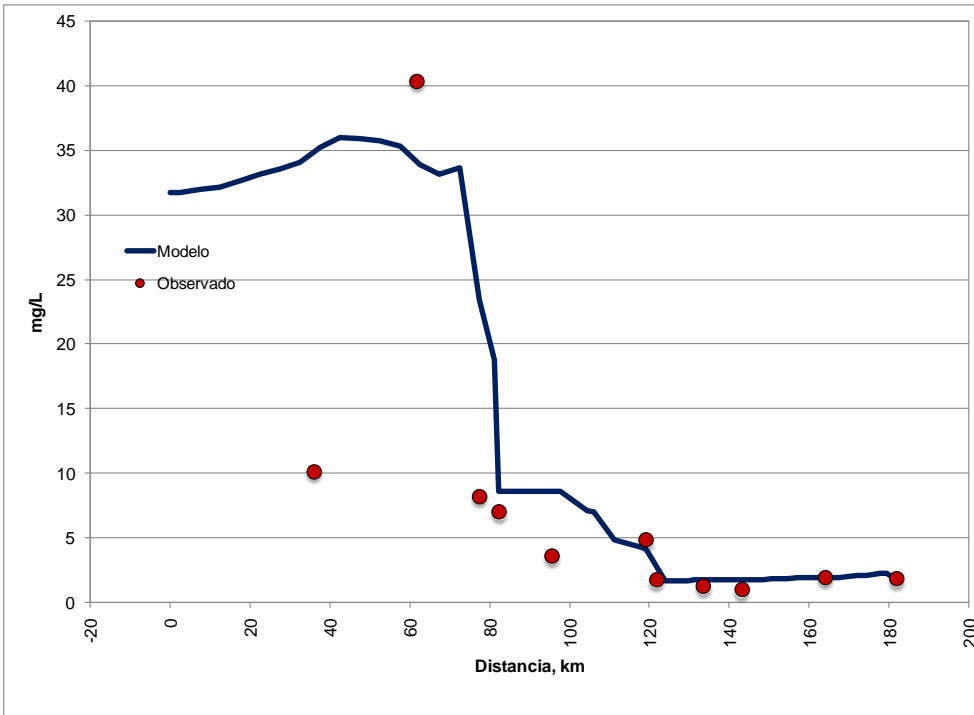


Figura VI.81. Nitrógeno Amoniacal

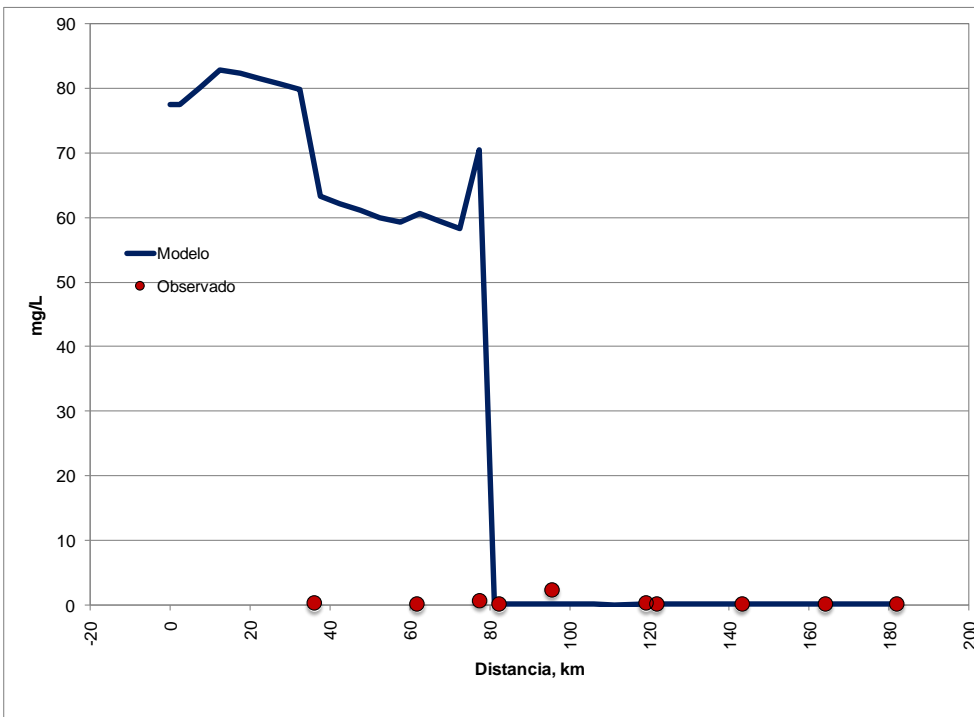


Figura VI.82. Nitratos + Nitritos

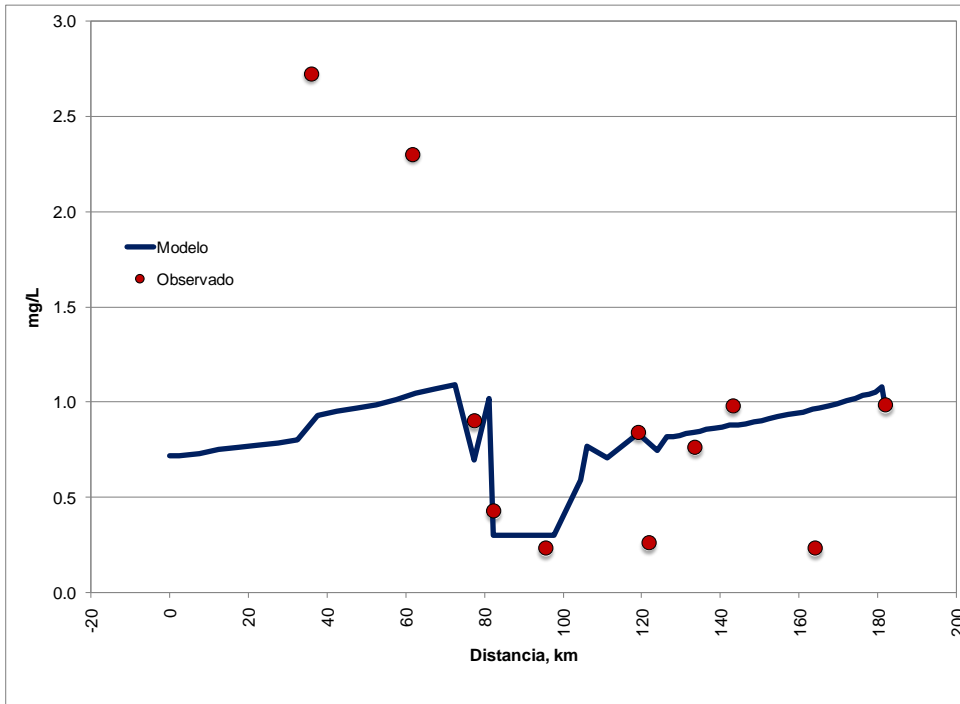


Figura VI.83. Fósforo Orgánico

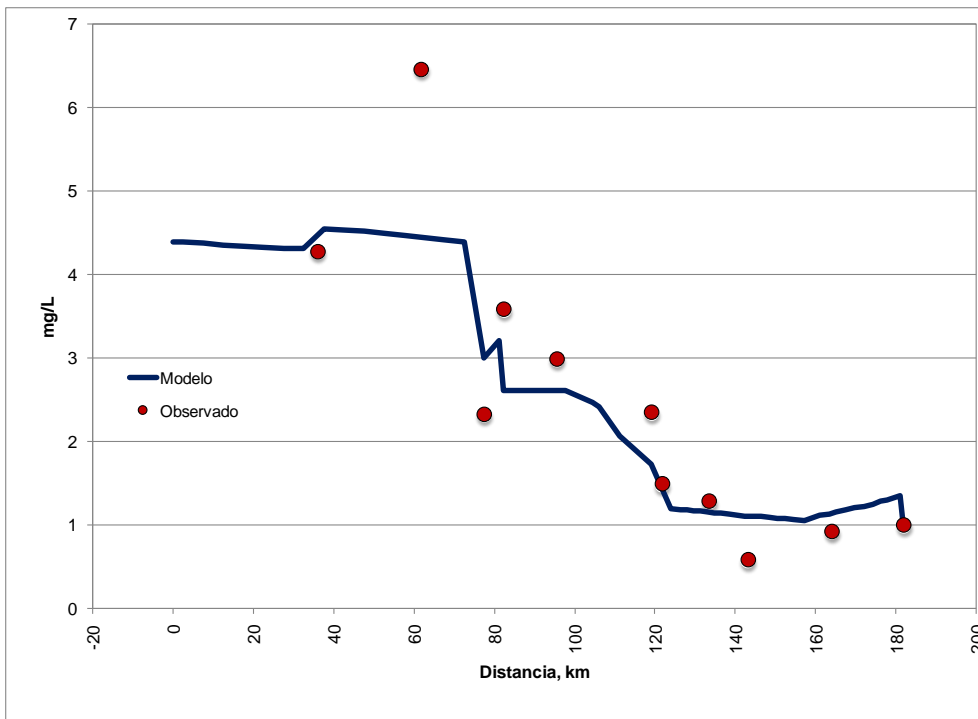


Figura VI.84. Fósforo Inorgánico

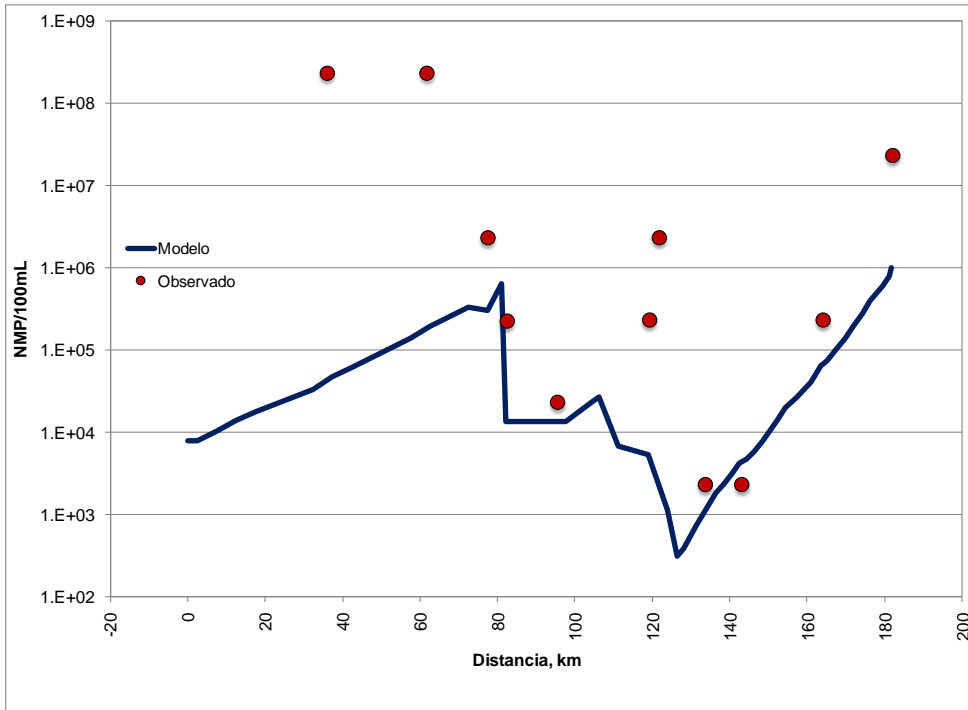


Figura VI.85. Coliformes Fecales

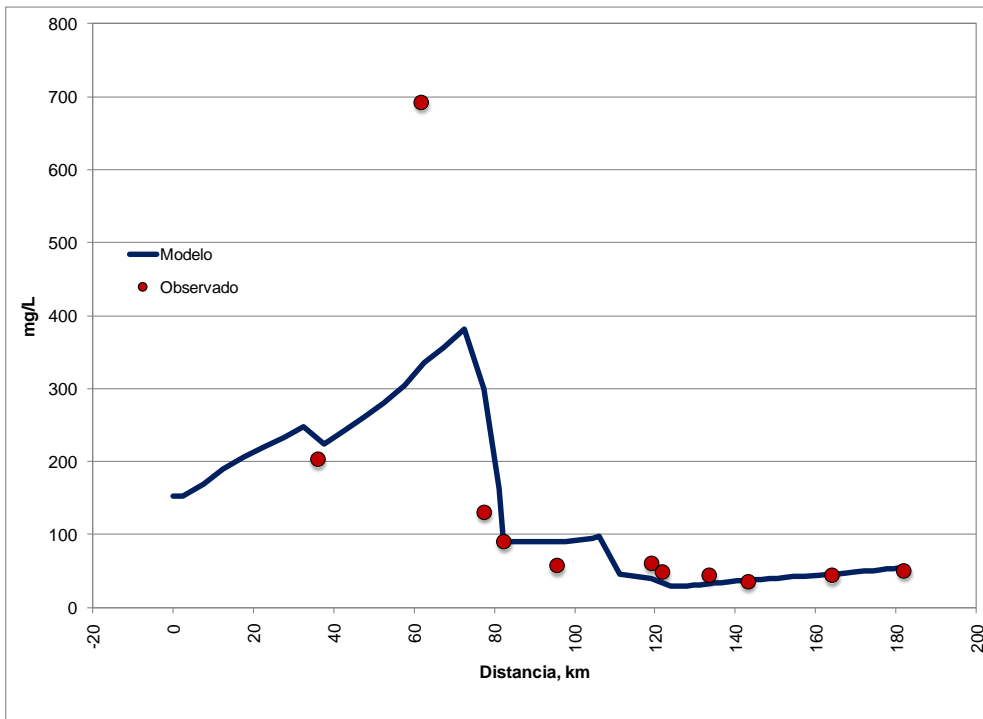


Figura VI.86. Demanda Química de Oxígeno

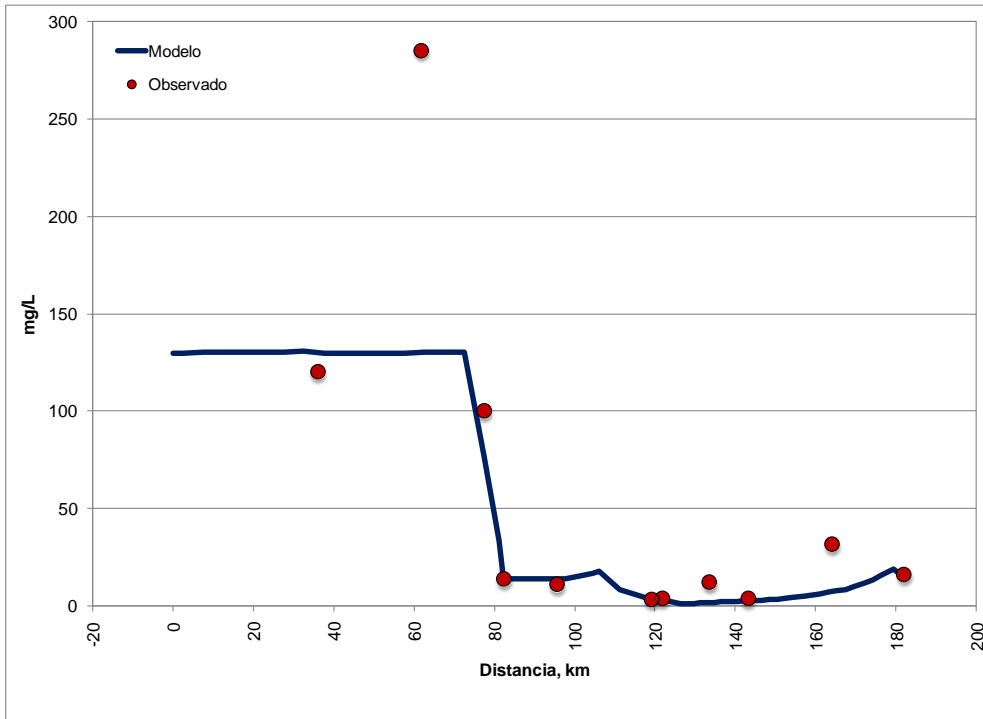


Figura VI.87. Sólidos Suspendedos Totales

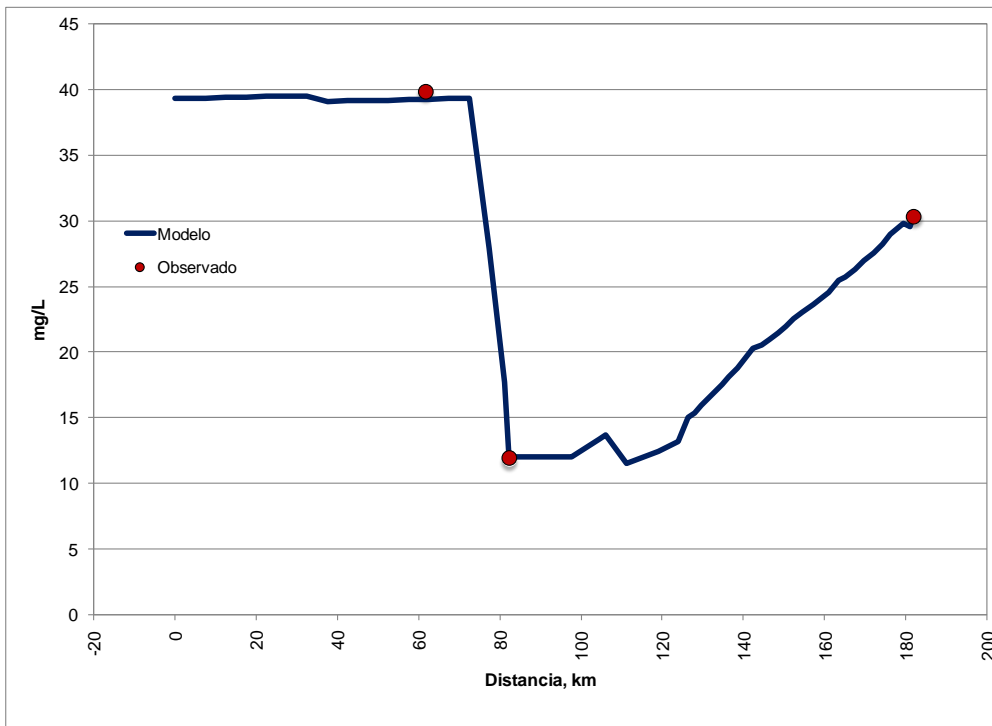


Figura VI.88. Grasas y Aceites

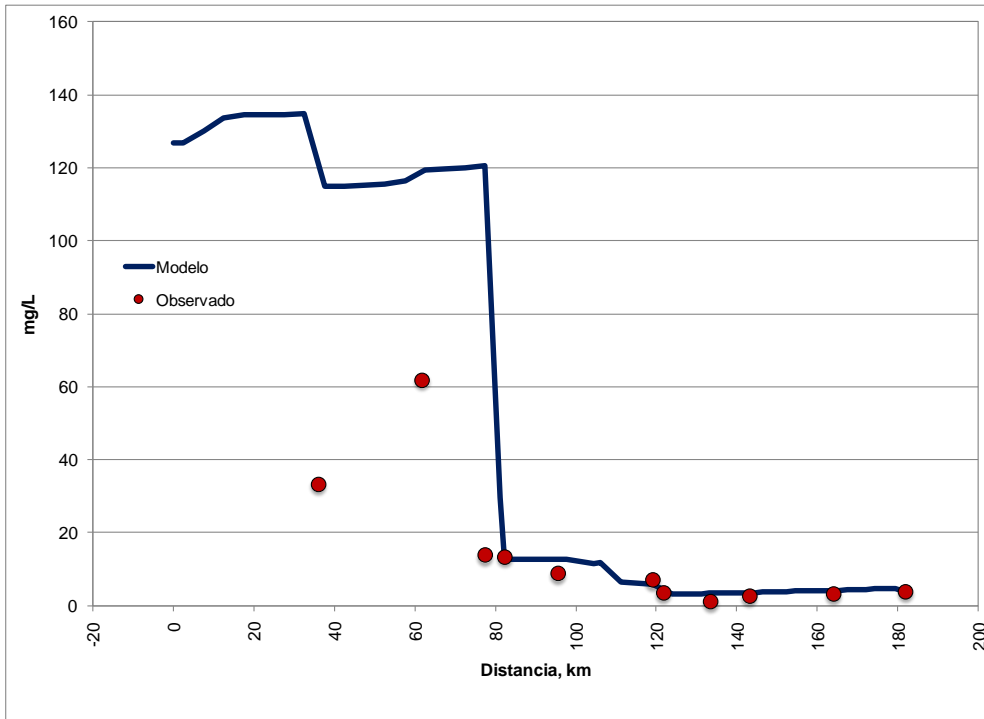


Figura VI.89. Nitrógeno Total

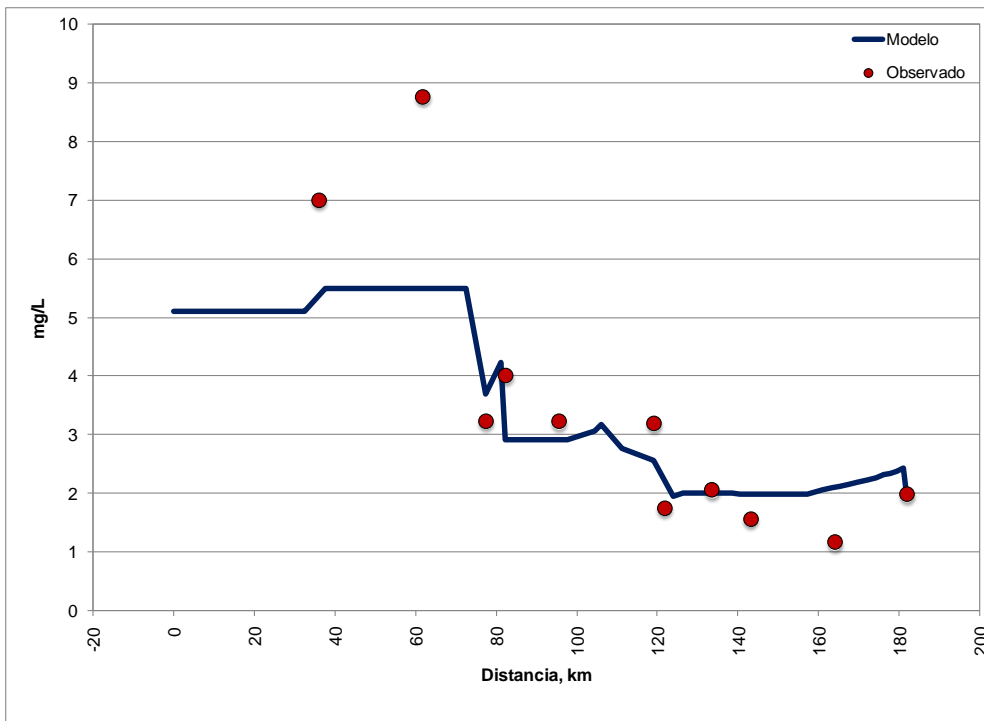


Figura VI.90. Fósforo Total

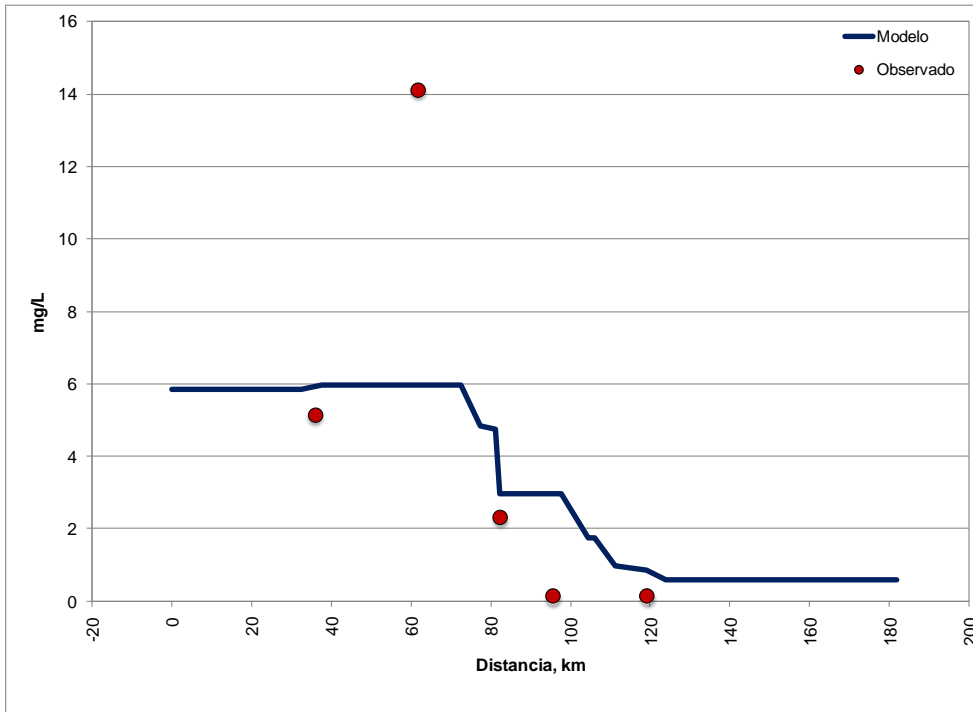


Figura VI.91. Sustancias Activas al Azul de Metileno

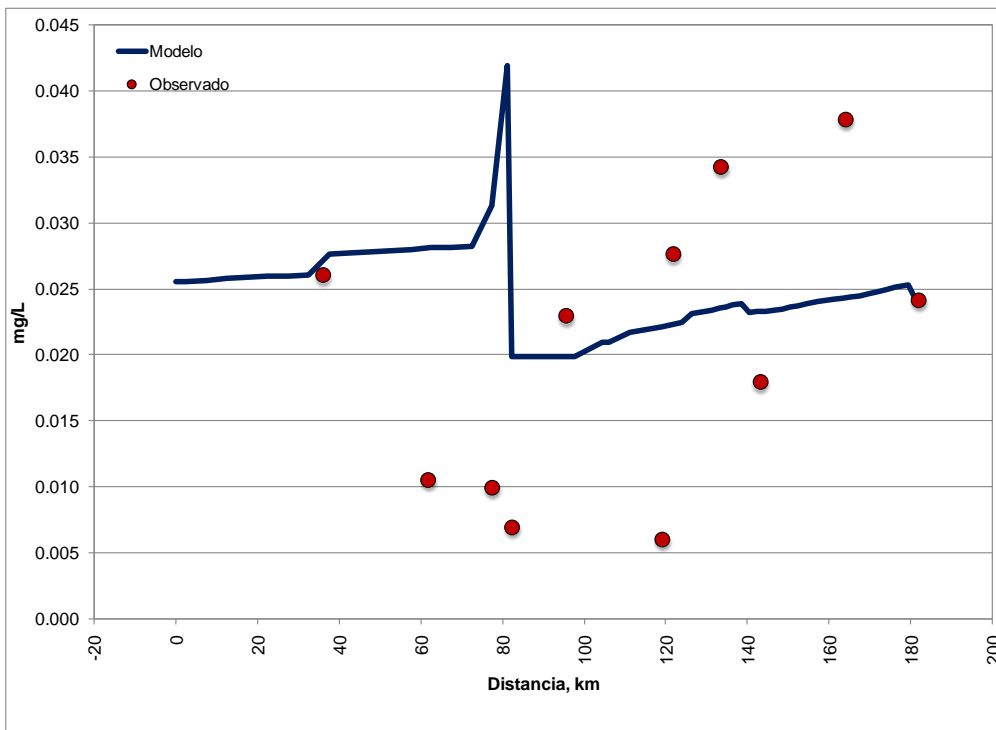


Figura VI.92. Arsénico

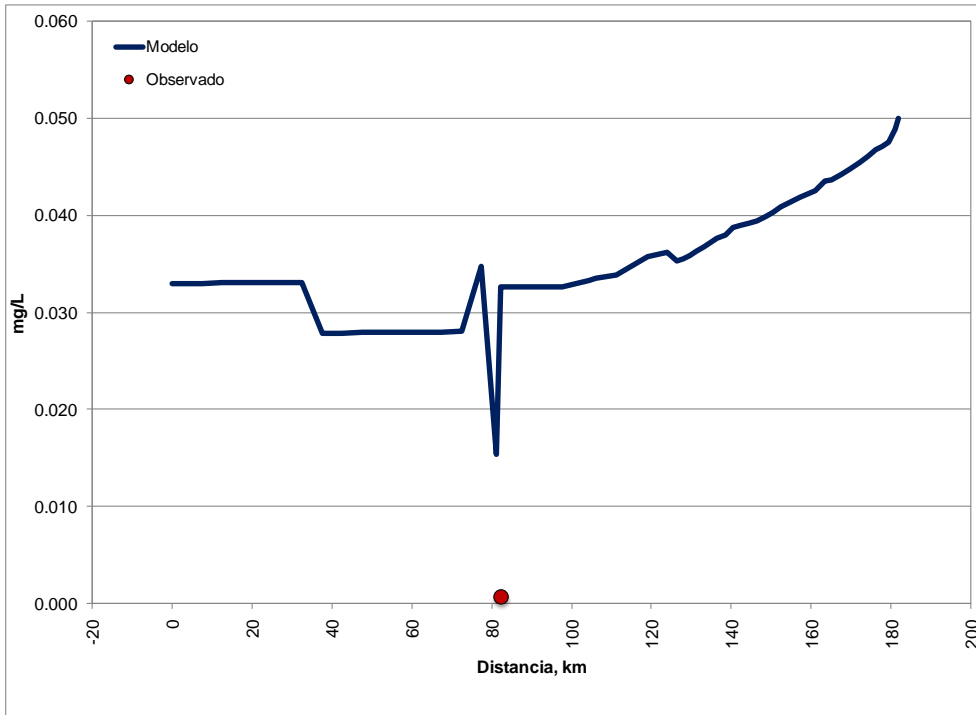


Figura VI.93. Cobre

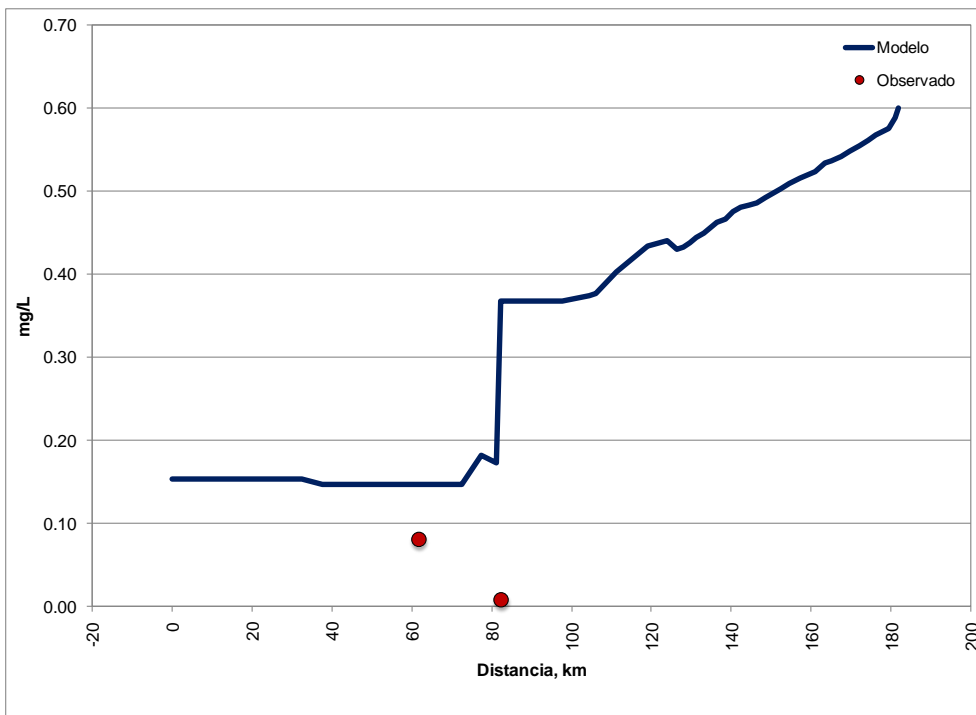


Figura VI.94. Níquel

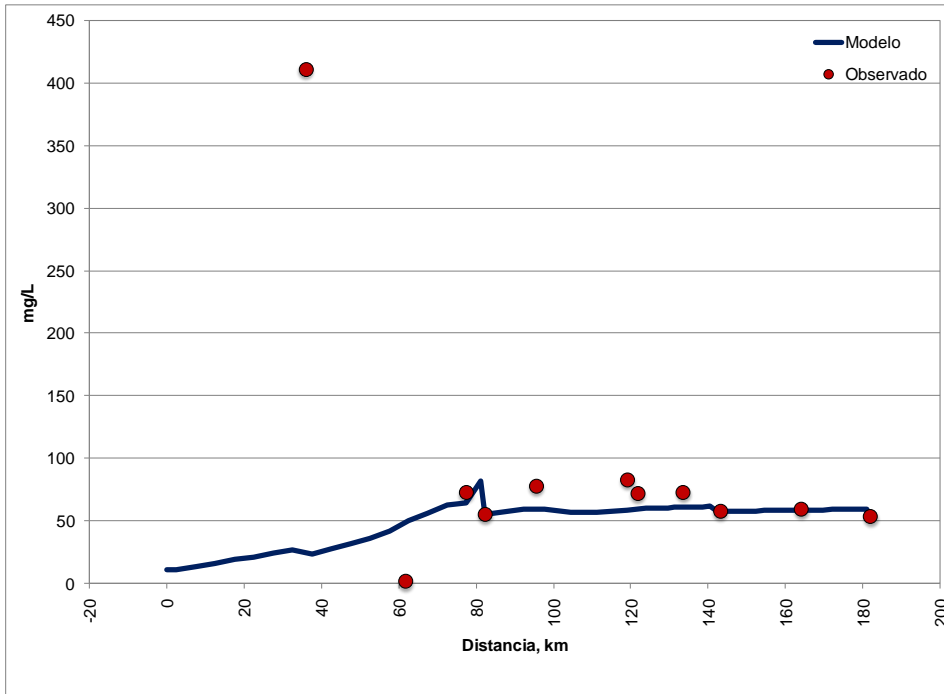


Figura VI.95. Cloruro

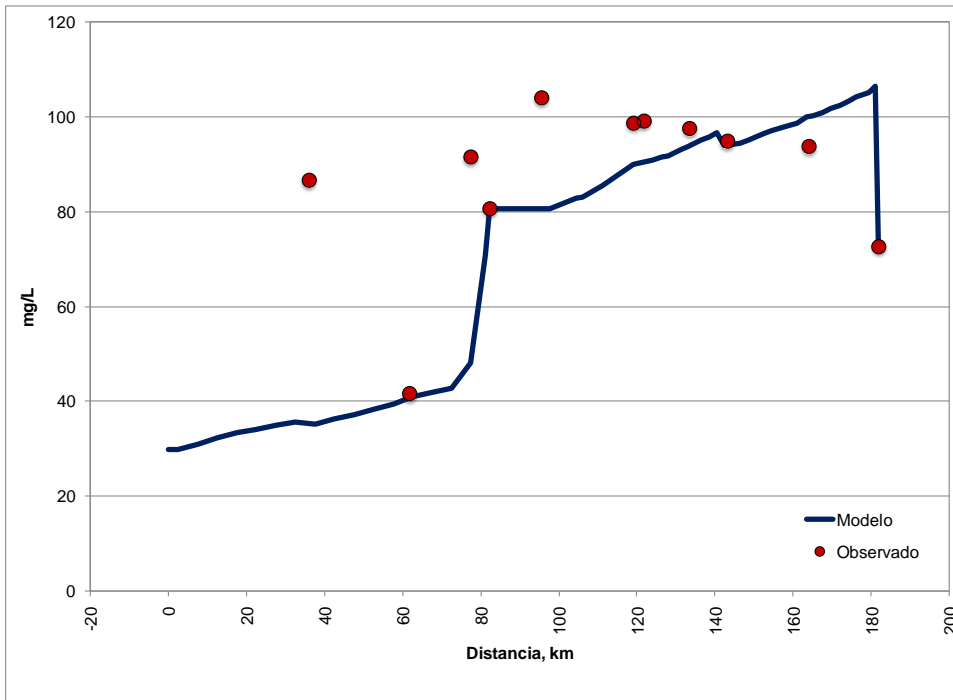


Figura VI.96. Sulfato

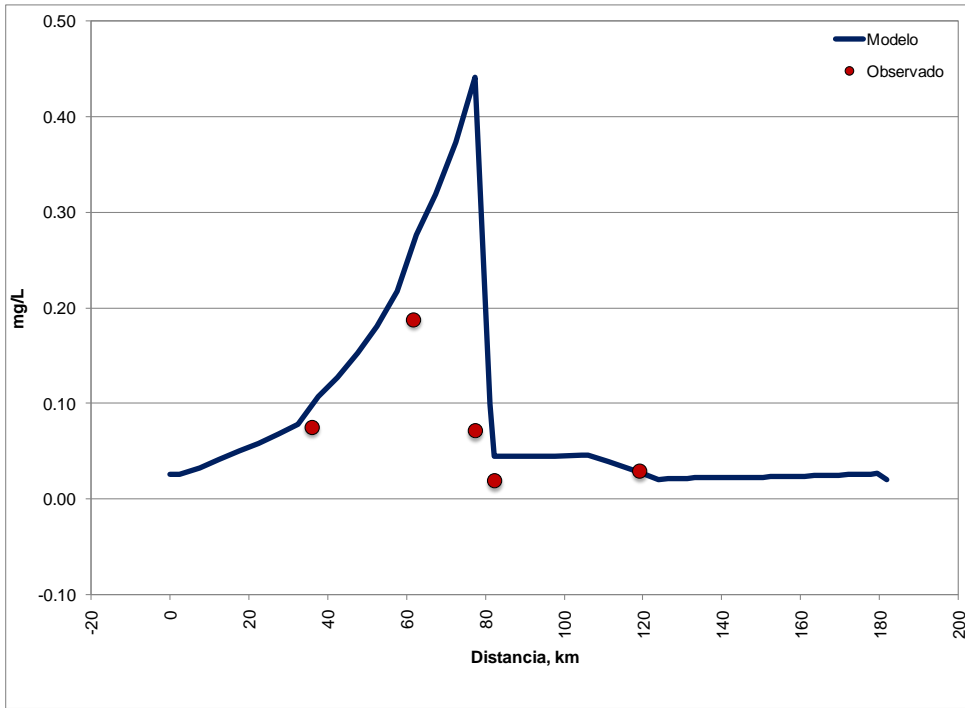


Figura VI.97. Zinc

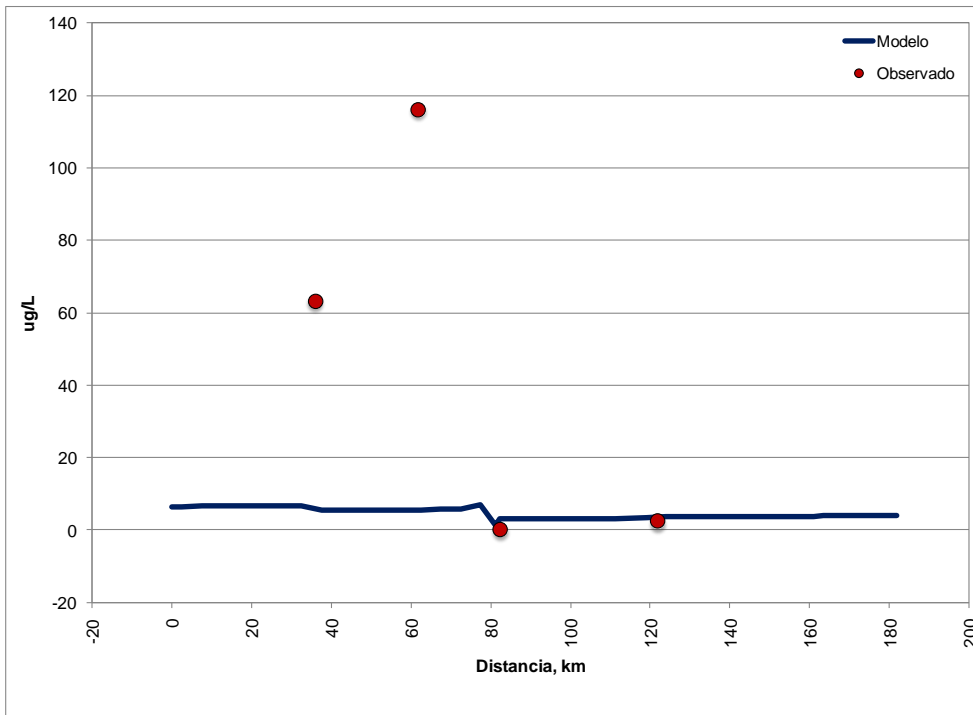


Figura VI.98. Cadmio

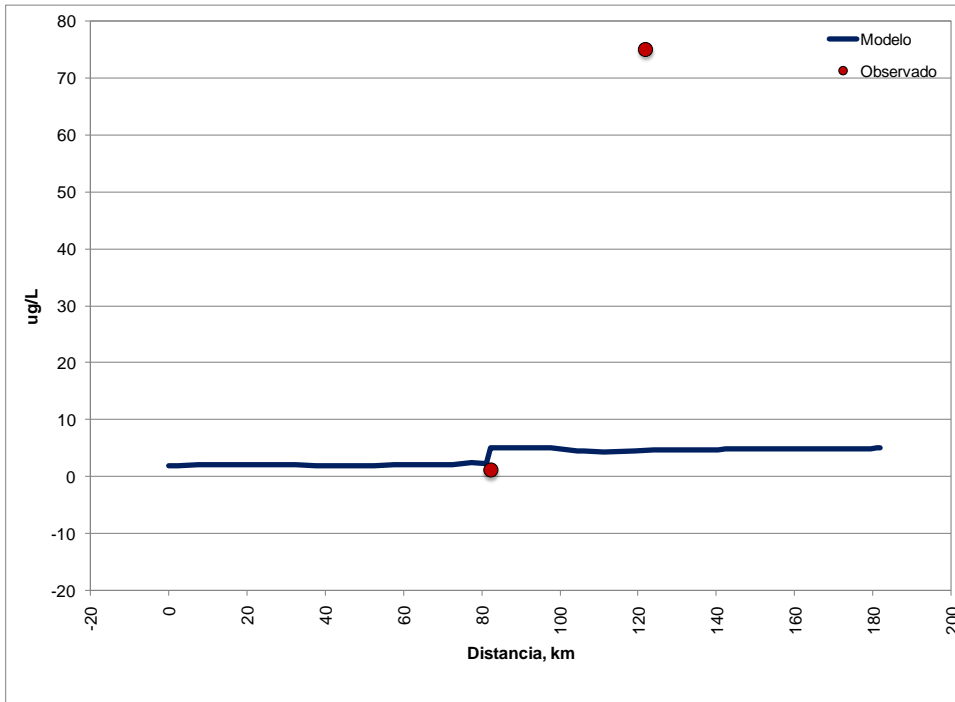


Figura VI.99. Cianuro

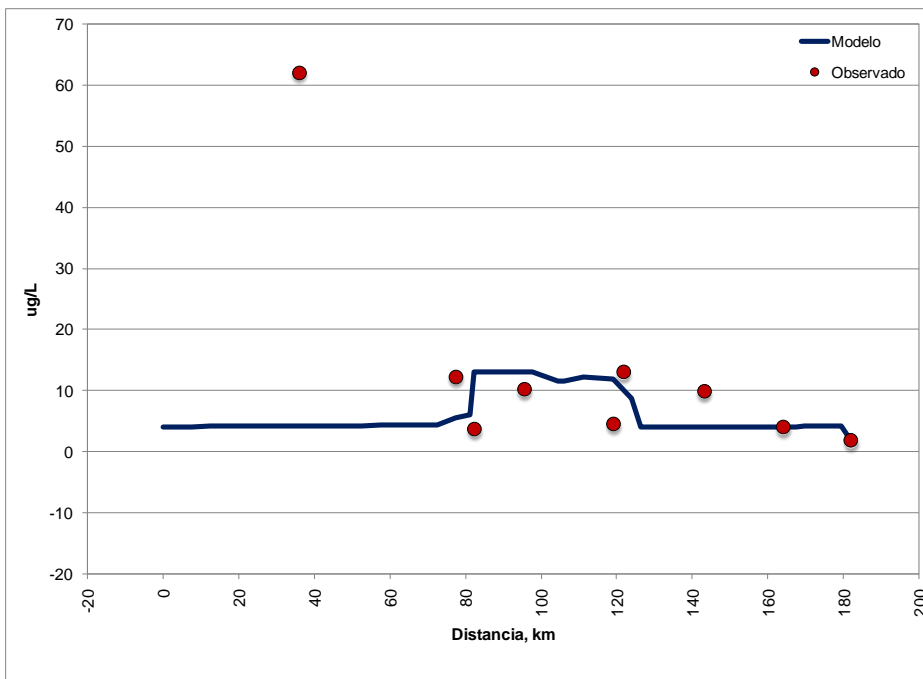


Figura VI.100. Cromo

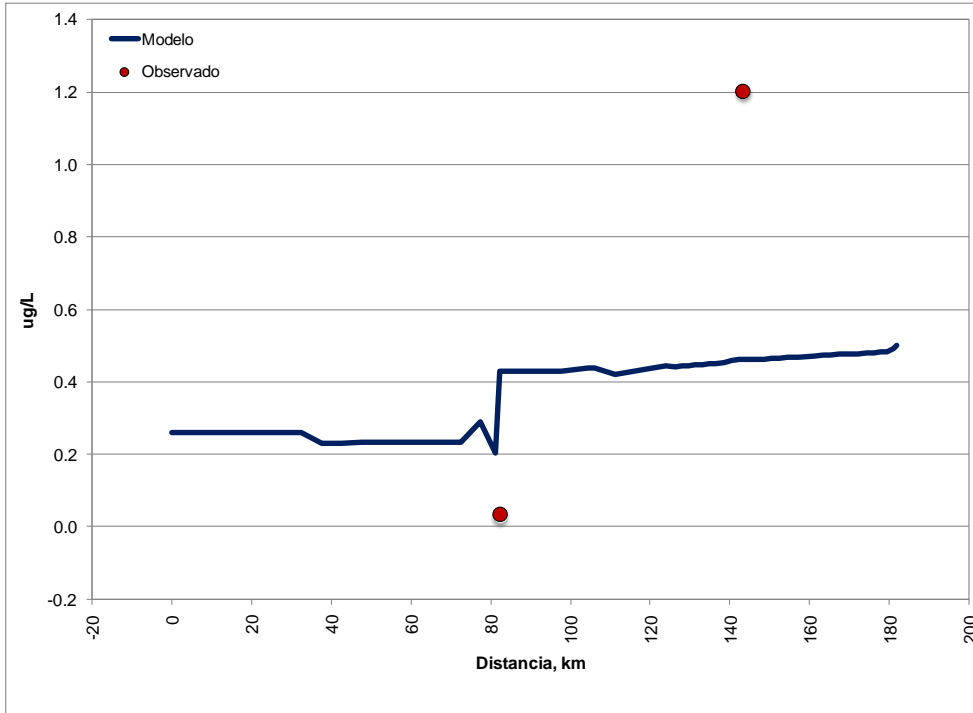


Figura VI.101. Mercurio

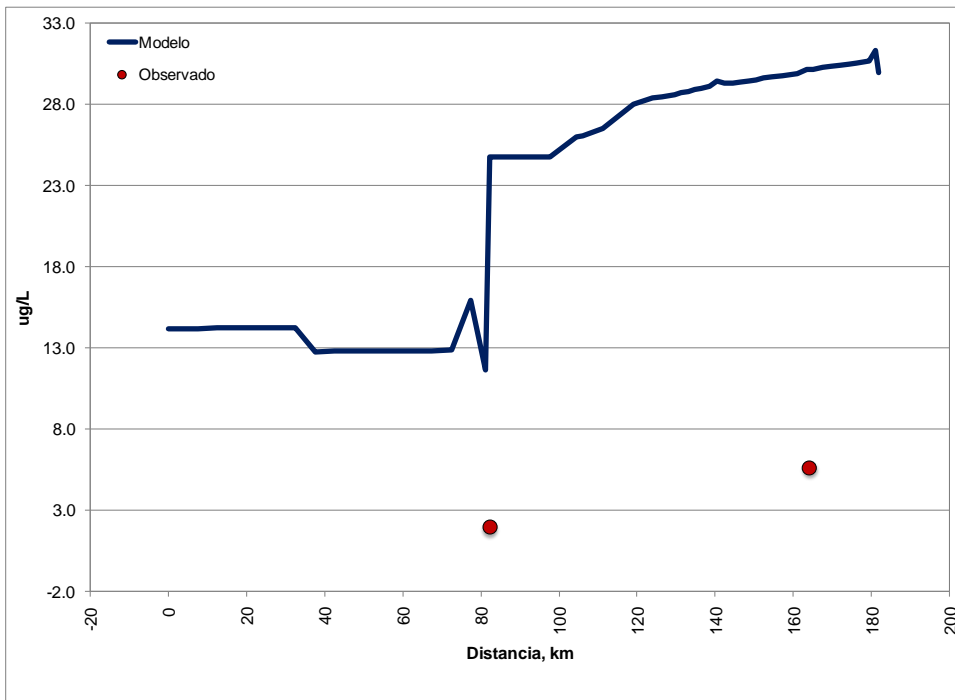


Figura VI.102. Plomo

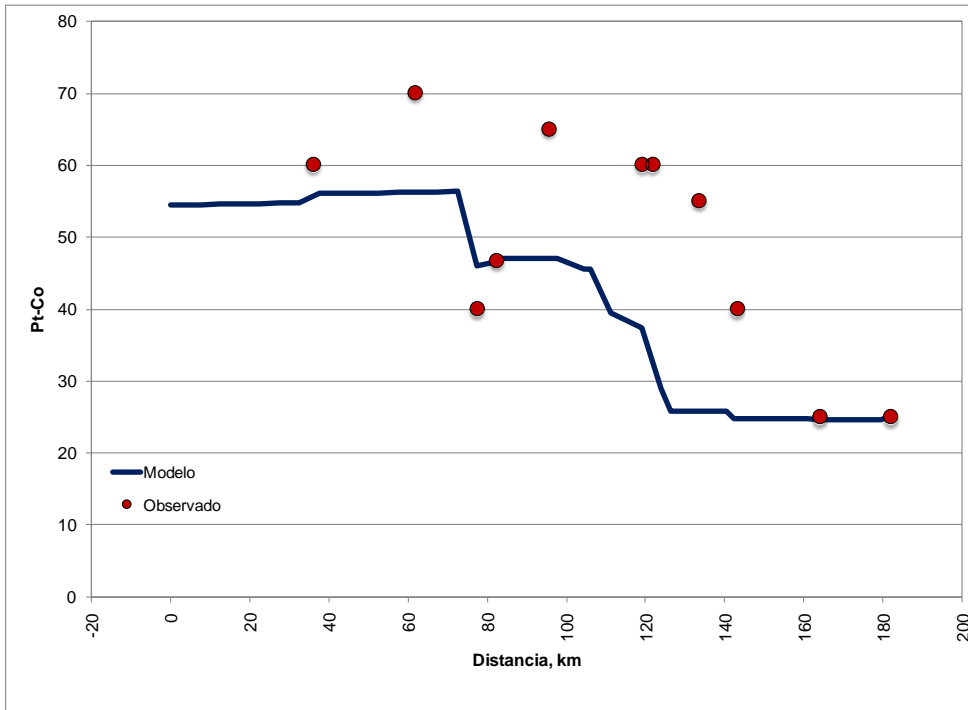


Figura VI.103. Color

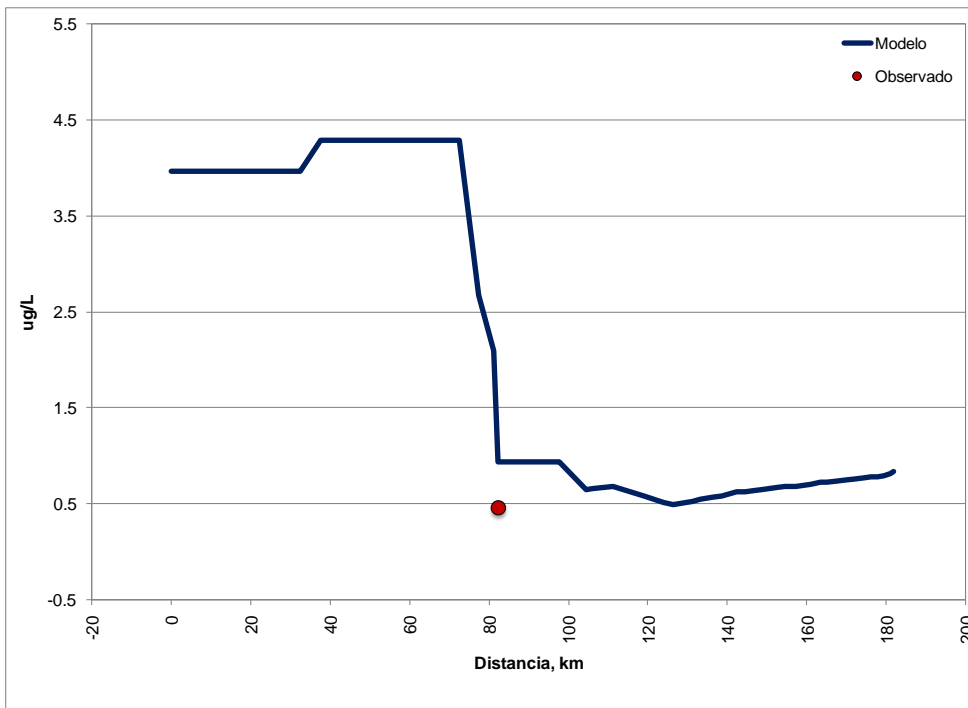


Figura VI.104. Fenol

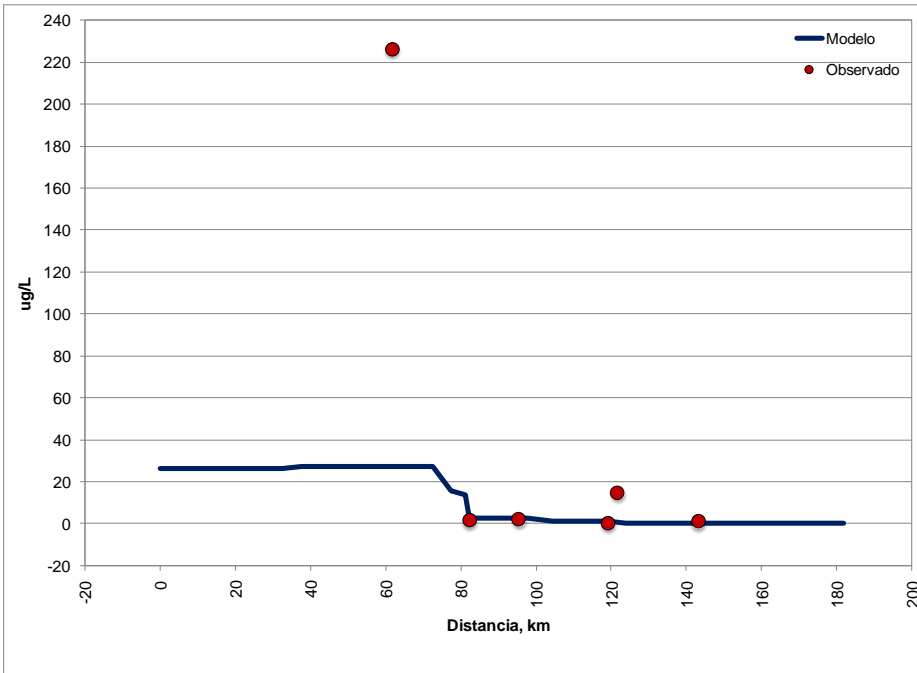


Figura VI.105. Bis 2(Etil Hexil)ftalato

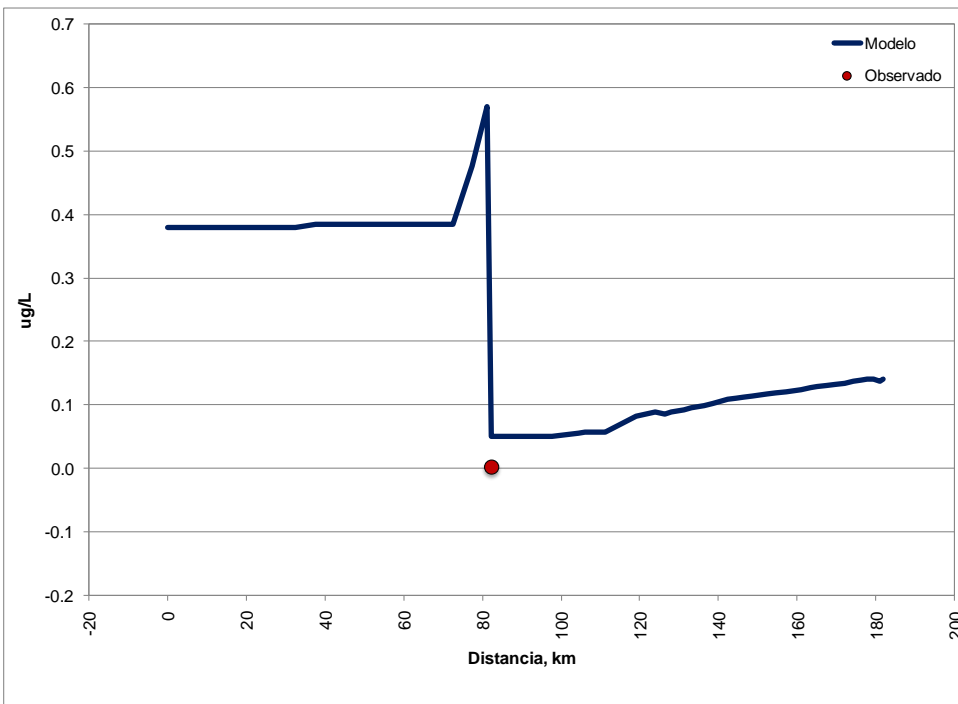


Figura VI.106. Dimetilftalato

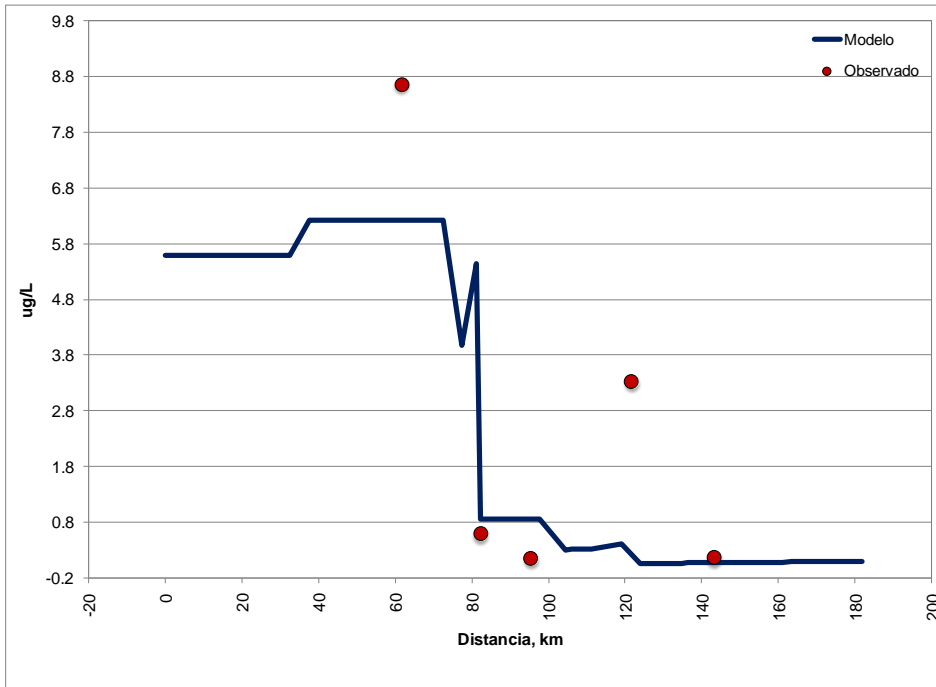


Figura VI.107. Dietilftalato

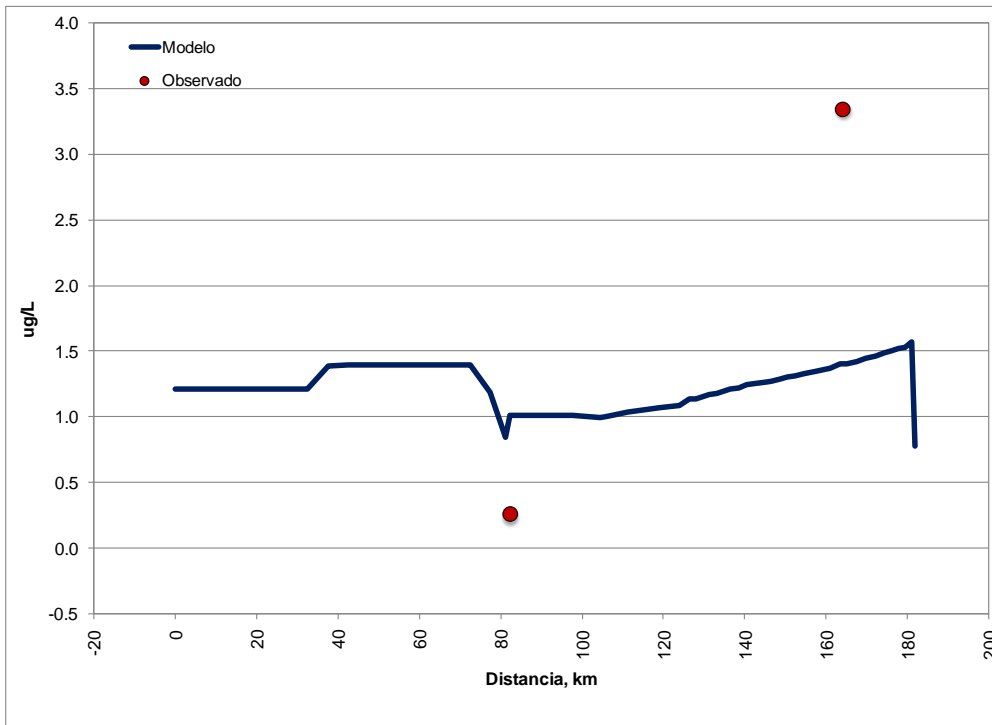


Figura VI.108. Cloroformo

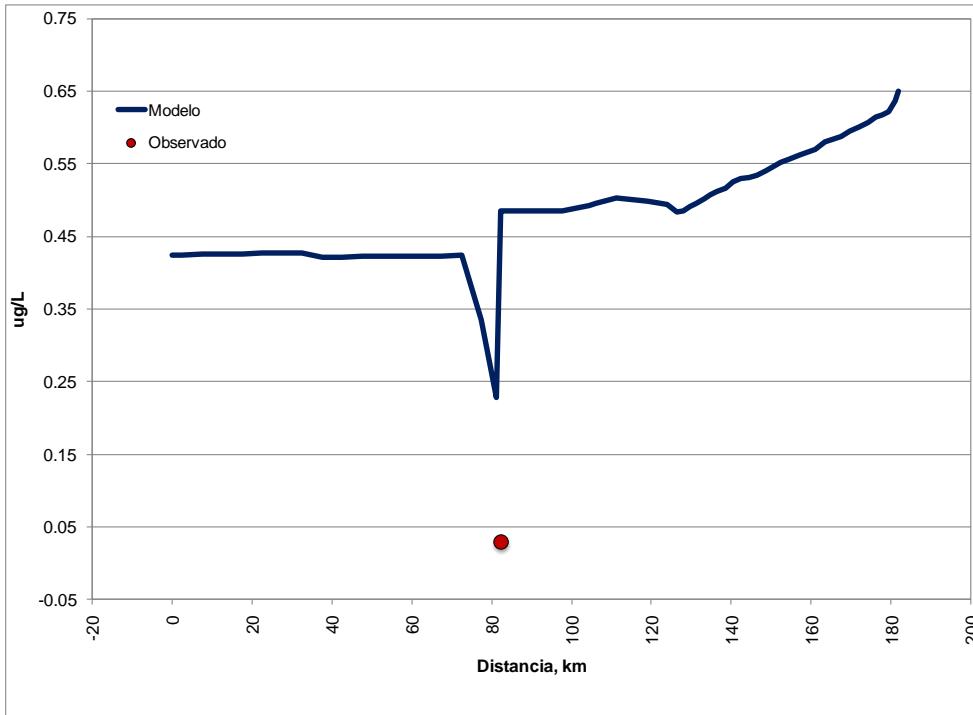


Figura VI.109. Diclorobencenos

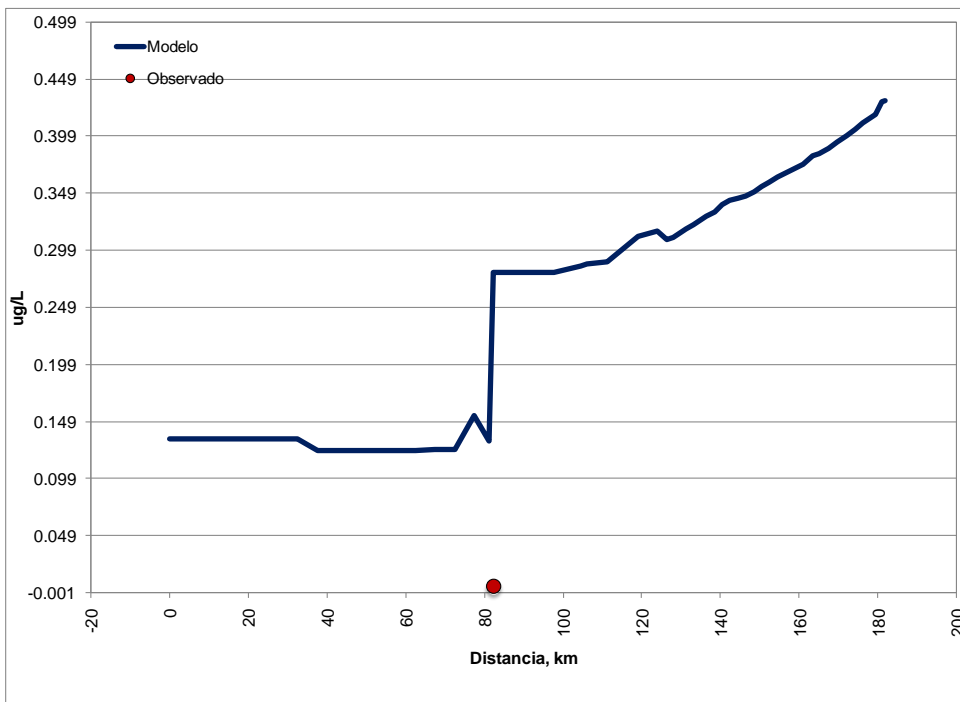


Figura VI.110. 2, 4, 6 Triclorofenol

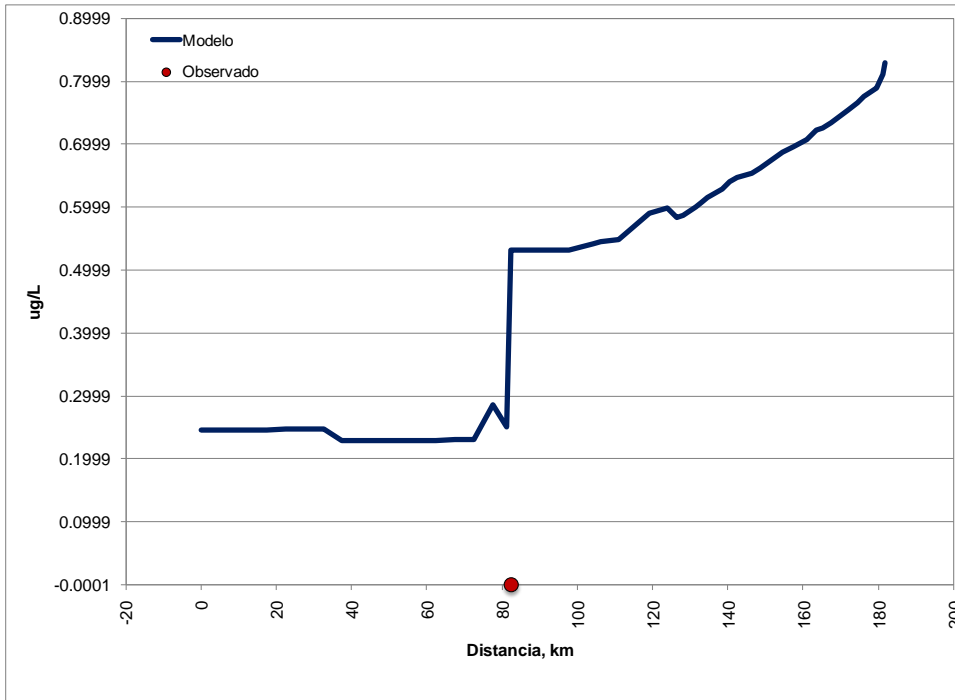


Figura VI.111. Benceno

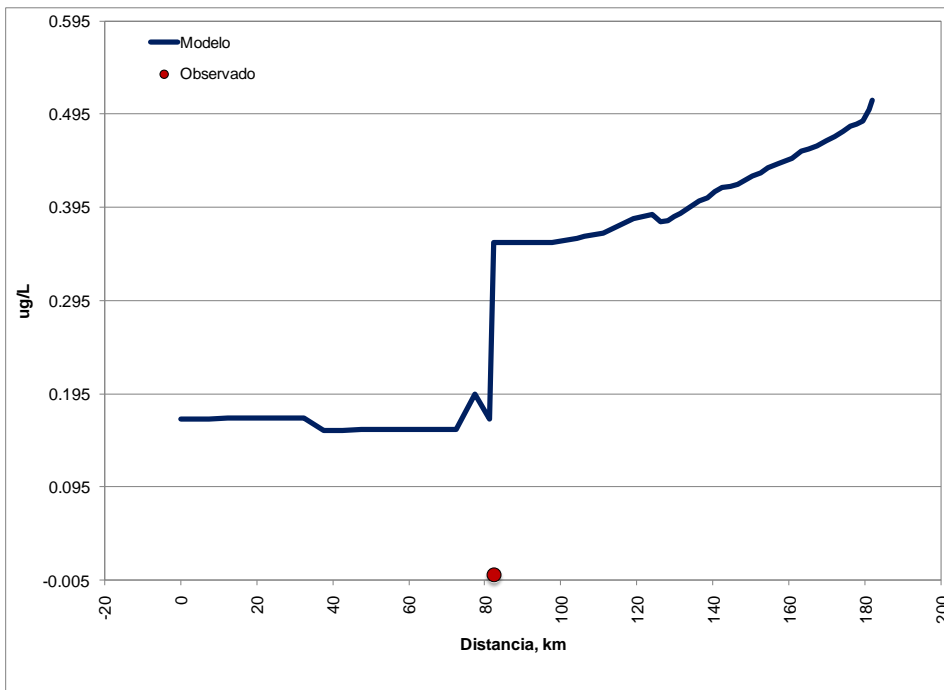


Figura VI.112. Etilbenceno

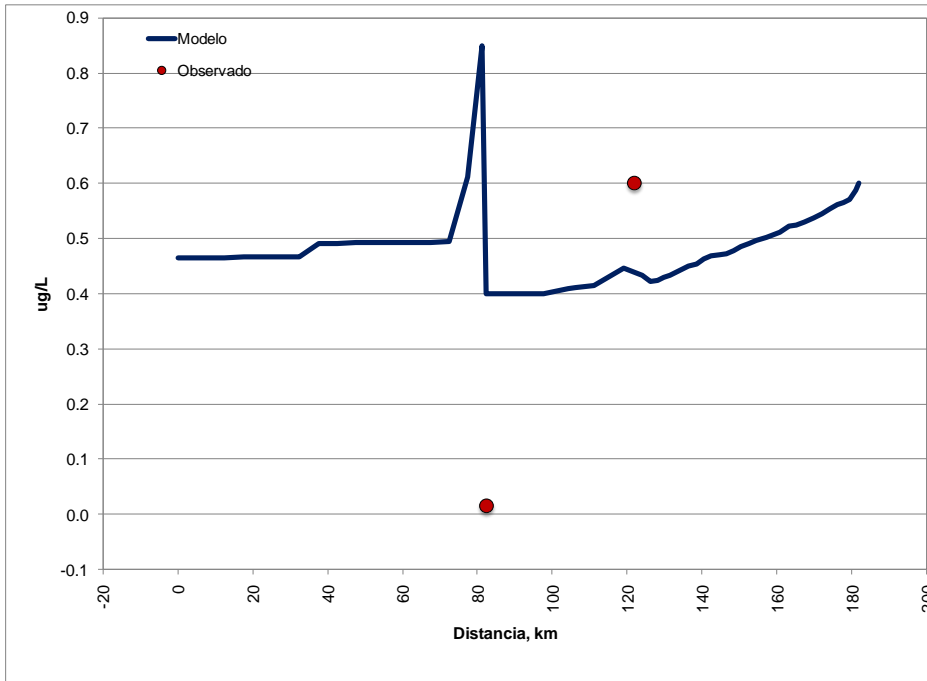


Figura VI.113. Isoforona

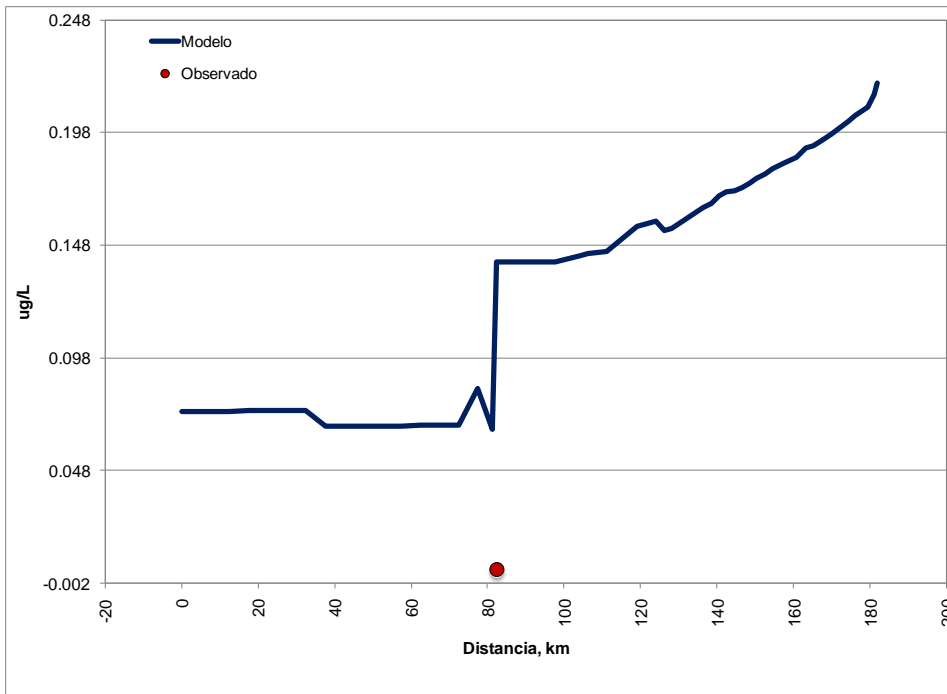


Figura VI.114. Naftaleno

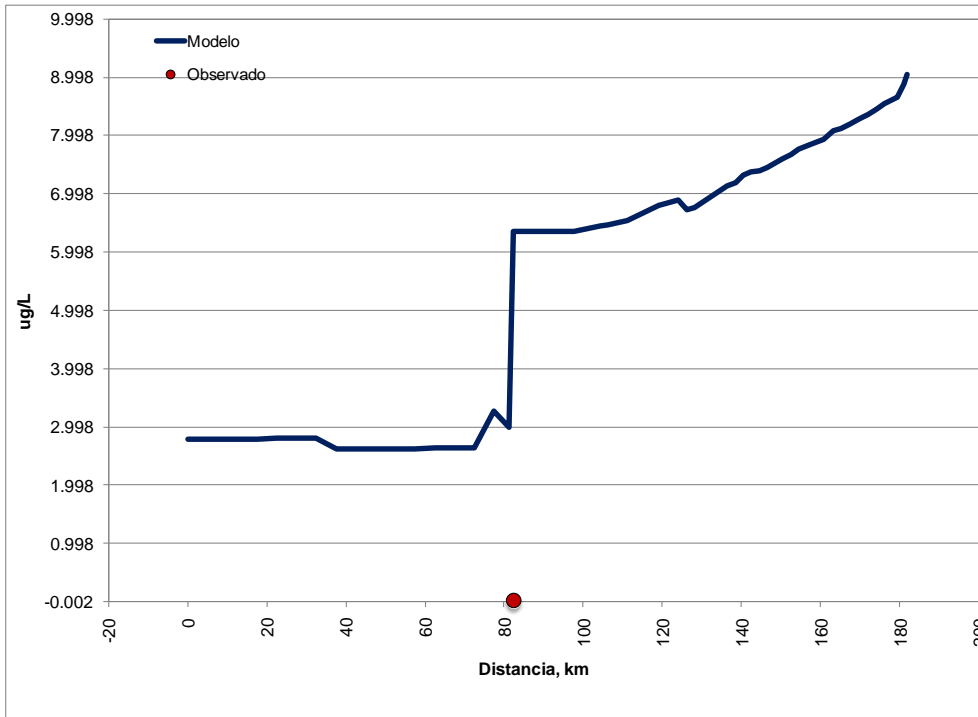


Figura VI.115. Nitrobenzeno

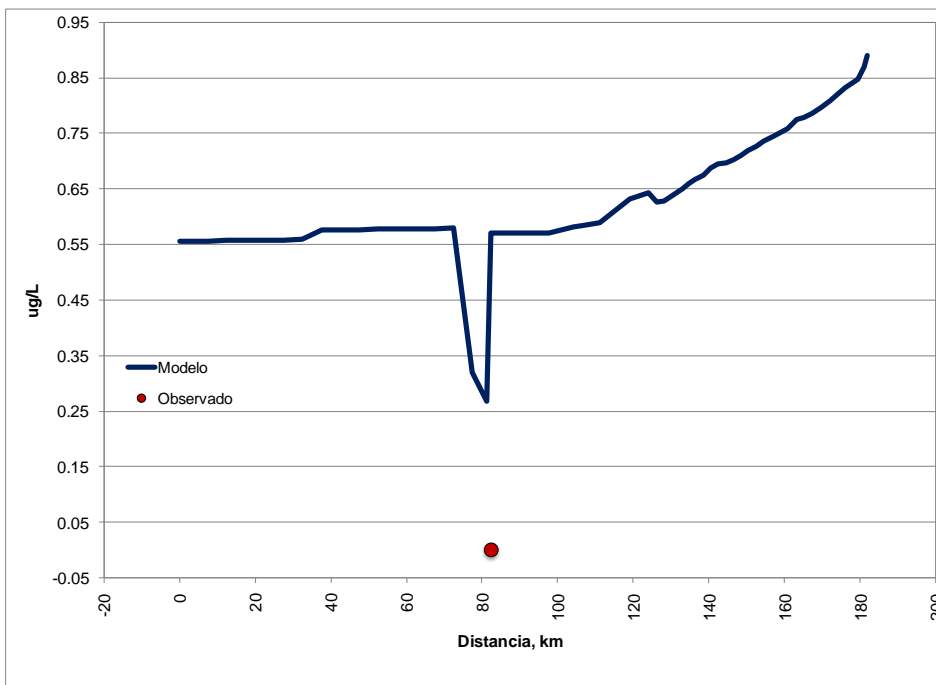


Figura VI.116. Tetracloroetileno

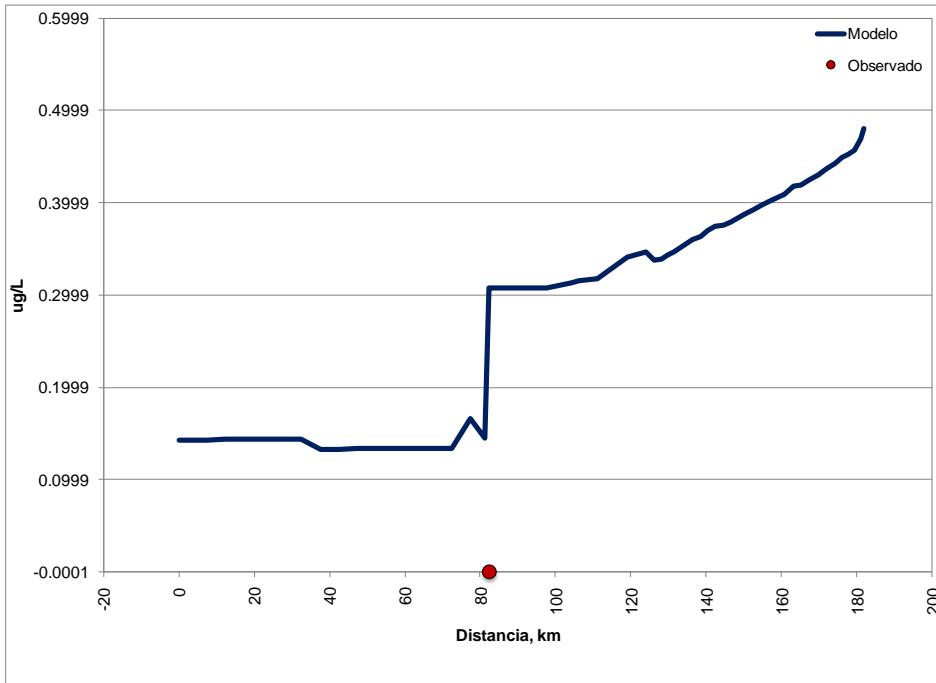


Figura VI.117. Tetracloruro de Carbono

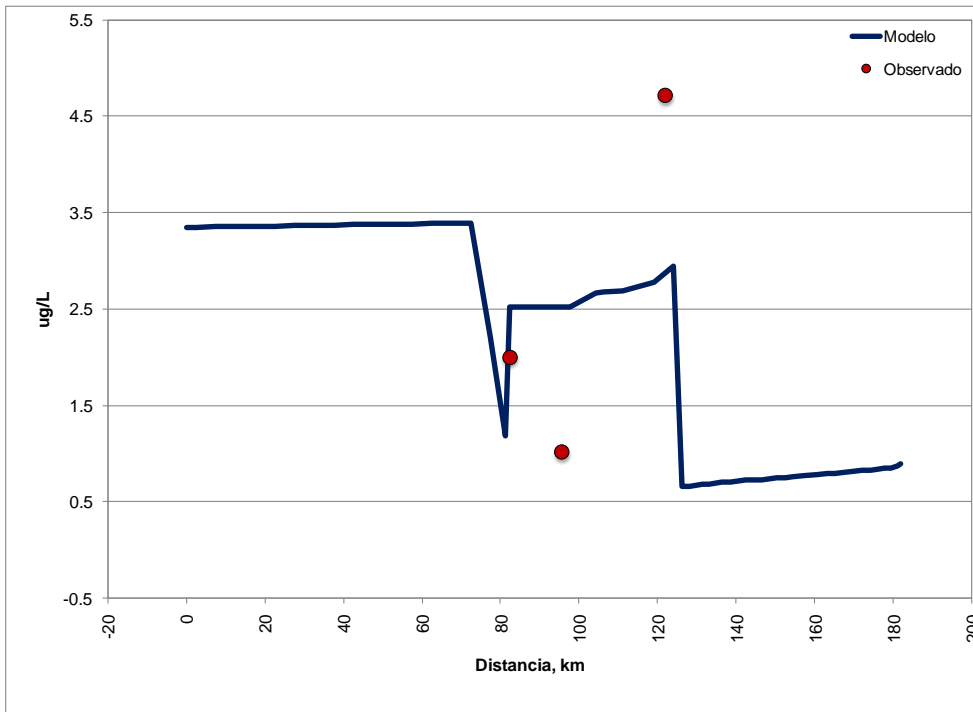


Figura VI.118. Tolueno

VI.2.4. Simulación de escenarios de regulación de las descargas

Se proponen tres escenarios o plazos para la regulación de las descargas de aguas residuales en el río Santiago. El río Santiago desde Chapala en Ocotlán hasta Arcediano deberá cumplir con los límites para ríos tipo 3, es decir *Protección de Vida Acuática* de acuerdo a la declaratoria publicada en el Diario Oficial de la Nación en 2009. El segundo tramo desde Arcediano hasta la presa Santa Rosa se clasifica como “A” es decir Riego Agrícola y aplican los criterios para este uso. En el plazo inicial las descargas deberán cumplir con la NOM-001-SEMARNAT-1996 para cuerpo “A” y “C”. En el plazo intermedio se deberán cumplir con un valor intermedio entre la NOM y los valores que resulten de aplicar los criterios de calidad para protección de riego o vida acuática en el río según correspondan. En la tabla VI.14 se muestran estos escenarios o plazos de regulación de las descargas.

Tabla VI.14. Metas de calidad del agua las zonas clasificadas del río Santiago

Cuerpo de agua	Caudal inicial (m ³ /s)	Metas de calidad		
		Plazo 1	Plazo 2	Plazo 3
Zona 1 Río Santiago	8.54	Descargas cumplen NOM-001 (ríos tipo C)	Meta intermedia	Meta de uso para la Protección de la vida acuática
Zona 2 Río Santiago	6.72	Descargas cumplen NOM-001 (ríos tipo C)	Meta intermedia	Meta de uso para la Protección de la vida acuática
Zona 3 Río Santiago Arroyo Santiaguito Arroyo Ahogado	2.52	Descargas cumplen NOM-001 (ríos tipo C)	Meta intermedia	Meta de uso para la Protección de la vida acuática
Zona 3 Arroyo Ahogado	0.17	Descargas cumplen NOM-001 (ríos tipo C)	Meta intermedia	Meta de uso para la Protección de la vida acuática
Zona 4 Río Santiago	2.80	Descargas cumplen NOM-001 (ríos tipo C)	Meta intermedia	Meta de uso para la Protección de la vida acuática
Zona 5 Río Santiago Río La Laja Río Zapotlanejo	2.20	Descargas cumplen NOM-001 (ríos tipo C)	Meta intermedia	Meta de uso para la Protección de la vida acuática
Zona 6 Río Santiago Río Verde	1.76	Descargas cumplen NOM-001 (ríos tipo C)	Meta intermedia	Meta de uso para la Protección de la vida acuática
Zona 7 Río Santiago	6.08	Descargas cumplen NOM-001 (ríos tipo A)	Meta intermedia	Meta de uso para Riego Agrícola

Cuerpo de agua	Caudal inicial (m ³ /s)	Metas de calidad		
		Plazo 1	Plazo 2	Plazo 3
Zona 8 Río Santiago Río Juchipila Río Huixtla	8.24	Descargas cumplen NOM-001 (ríos tipo A)	Meta intermedia	Meta de uso para Riego Agrícola

En la tabla VI.15 y VI.16, se presentan los límites de calidad del agua en descargas para el plazo de regulación 1 (NOM-001-SEMARNAT-1996).

Tabla VI.15. Límites de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996 para protección de vida acuática y para el plazo 1

Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	DBO (mg/l)	N Total (mg/l)	P Total (mg/l)	Grasas y Aceites (mg/l)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Arsénico (mg/l)	Cadmio (mg/l)
60	60	25	10	25	2,000	0.20	0.20
Cobre (mg/l)	Cromo (mg/l)	Mercurio (mg/l)	Níquel (mg/l)	Plomo (mg/l)	Zinc (mg/l)	Cianuros (mg/l)	
6.0	1.0	0.01	4.0	0.40	20	2.0	

Tabla VI.16. Límites de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996 para riego agrícola y para el plazo 1

Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	DBO (mg/l)	N Total (mg/l)	P Total (mg/l)	Grasas y Aceites (mg/l)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Arsénico (mg/l)	Cadmio (mg/l)
200	200	60	30	25	2,000	0.40	0.40
Cobre (mg/l)	Cromo (mg/l)	Mercurio (mg/l)	Níquel (mg/l)	Plomo (mg/l)	Zinc (mg/l)	Cianuros (mg/l)	
6.0	1.5	0.02	4.0	1.0	20	3.0	

A continuación se señalan también los criterios de calidad en río para protección de vida acuática y riego agrícola considerados para el plazo 3, de acuerdo a la Ley Federal de Derechos.

Tabla VI.17. Criterios de calidad del agua para el plazo 3, para protección de vida acuática

Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	DBO (mg/l)	NH3 (mg/l)	P Total (mg/l)	Grasas y Aceites (mg/l)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	DQO (mg/l)	OD (mg/l)	SAAM (mg/l)	As (mg/l)
30	6.0	0.06	0.05	10	1,000	10	5.0	0.10	0.20
Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cromo (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Níquel (mg/L)	Plomo (mg/L)	Zinc (mg/L)	Cianuros (mg/L)	Color (Pt-Co)	pH
0.004	0.05	0.05	0.0005	0.60	0.03	0.02	0.005	15.00	6.5-8.5
Sulfatos (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Fenol (µg/L)	Bis2 (Etil Hexil) ftalato (µg/L)	Dimetil-ftalato (µg/L)	Dietil-ftalato (µg/L)	Cloro-formo (µg/L)	Dicloro-bencenos (µg/L)	2,4,6 Tricloro-fenol (µg/L)	Benceno (µg/L)
250	250	100	9.4	9.4	9.4	30	10	10	50
Etilben-ceno (µg/L)	Isoforona (µg/L)	Naftaleno (µg/L)	Nitro-benceno (µg/L)	Tetracloro-etileno (µg/L)	Tetra-cloruro de Carbono (µg/L)	Tolueno (µg/L)			
100	1,200	20	300	50	300	200			

Tabla VI.18. Criterios de calidad del agua para el plazo 3, para riego agrícola

Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	DBO (mg/l)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	DQO (mg/l)	As (mg/l)	Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cromo (mg/L)	Níquel (mg/L)	Plomo (mg/L)
50	30	1,000	40	0.10	0.01	0.2	0.10	0.2	0.5
Zinc (mg/L)	Cianuros (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Cloruros (mg/L)	pH					
2.0	0.02	250	150	6.0-9.0					

Con la información de las tablas anteriores se efectuaron las corridas para cada uno de los plazos, parámetros y zonas del río Santiago, utilizando el modelo QUAL2K.

VI.2.5. Resultados de modelaciones en el Río Santiago

Los resultados de las simulaciones con el QUAL2K para el río Santiago se presentan en las figuras VI.119 a VI.154, en donde se muestran las corridas de calibración para las condiciones actuales y las correspondientes a los tres plazos de cumplimiento para los principales parámetros modelados.

Los archivos generados por el QUAL2K, que contiene los datos de entrada, son *qual2ek_sant_obs_e1.xls*, *qual2ek_sant_nom_e1.xls*, *qual2ek_sant_int_e1.xls*, y *qual2ek_sant_lfd_e1.xls* y se encuentran dentro de los productos entregables en el disco óptico anexo.

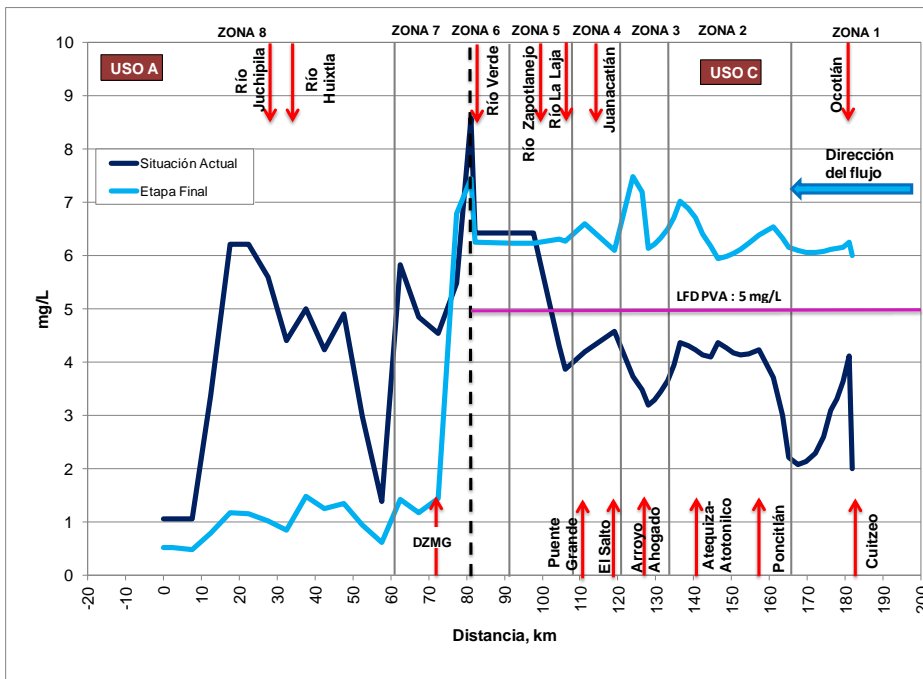


Figura VI.119. Resultado para Oxígeno Disuelto en el río Santiago

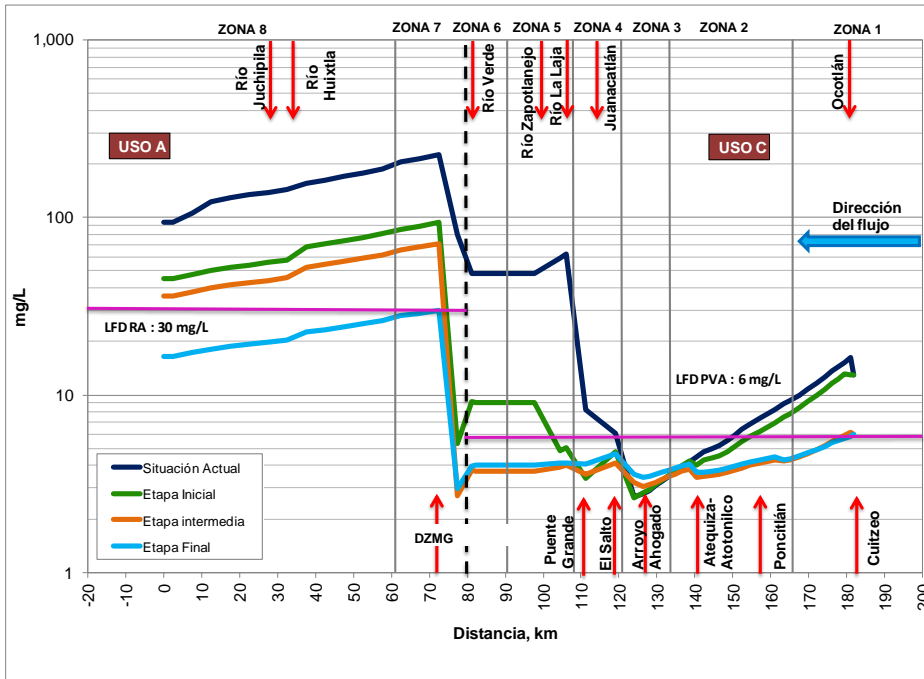


Figura VI.120. Resultado para Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Santiago

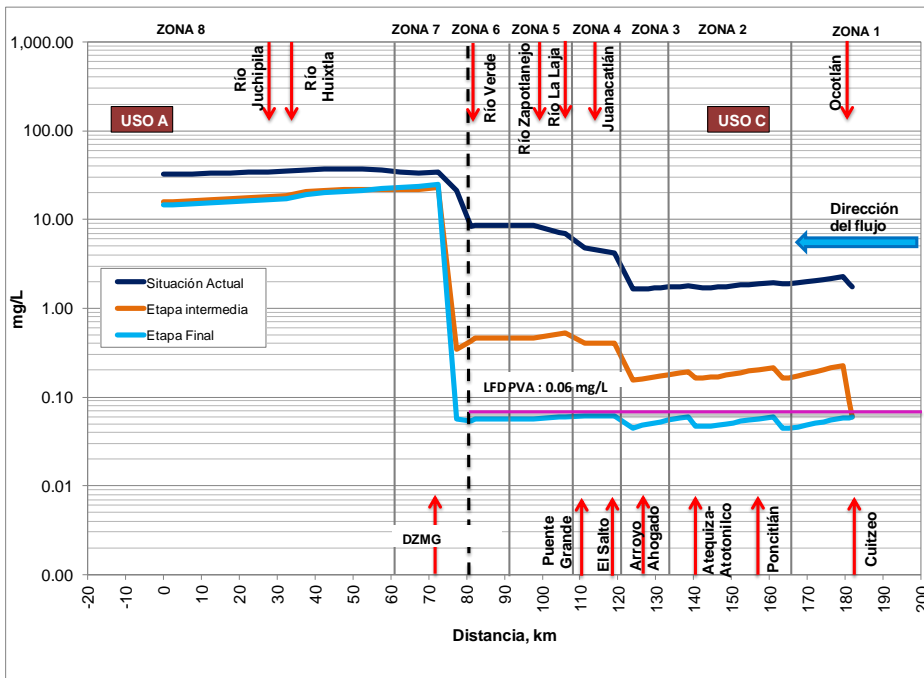


Figura VI.121. Resultado para Nitrógeno Amoniacal en el río Santiago

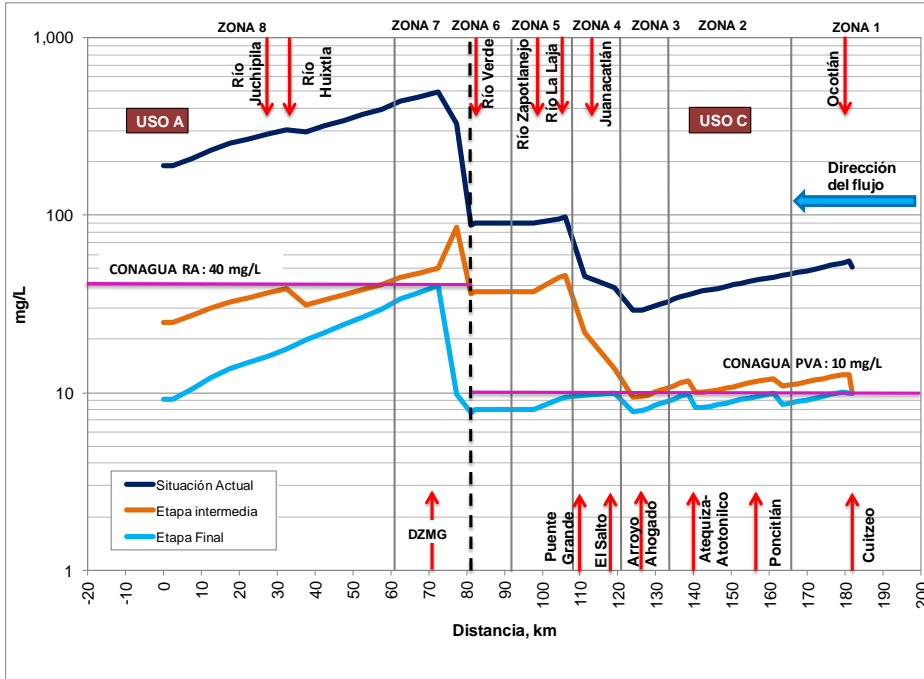


Figura VI.122. Resultado para Demanda Química de Oxígeno en el río Santiago

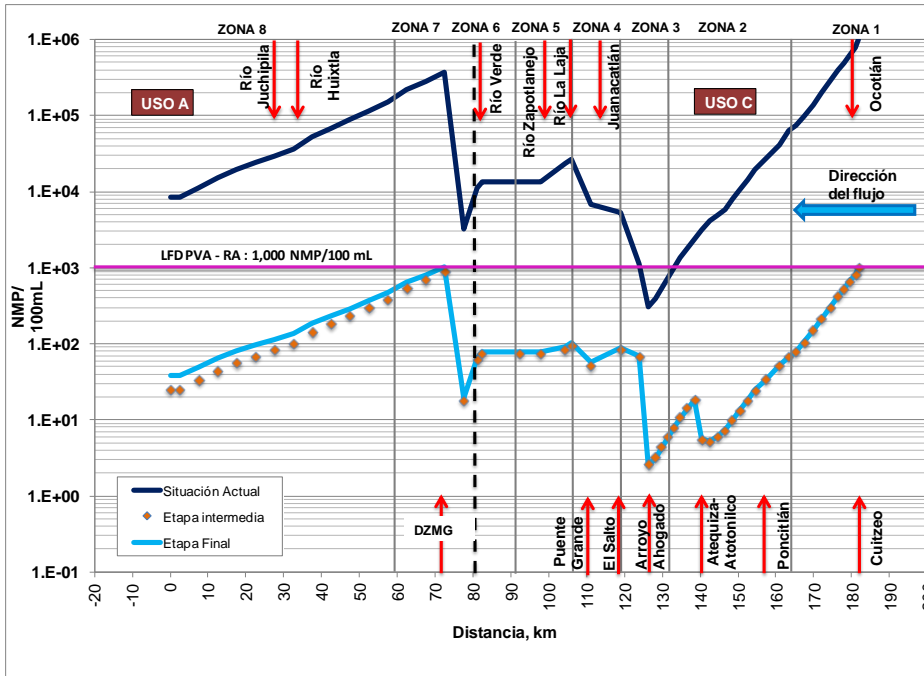


Figura VI.123. Resultado para Coliformes Fecales en el río Santiago

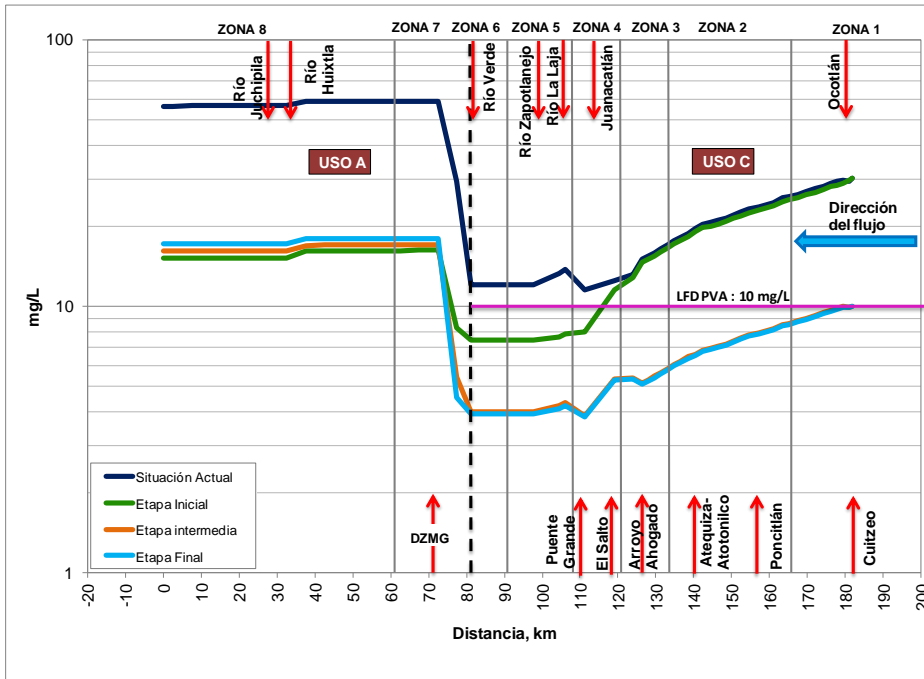


Figura VI.124. Resultado para Grasas y Aceites en el río Santiago

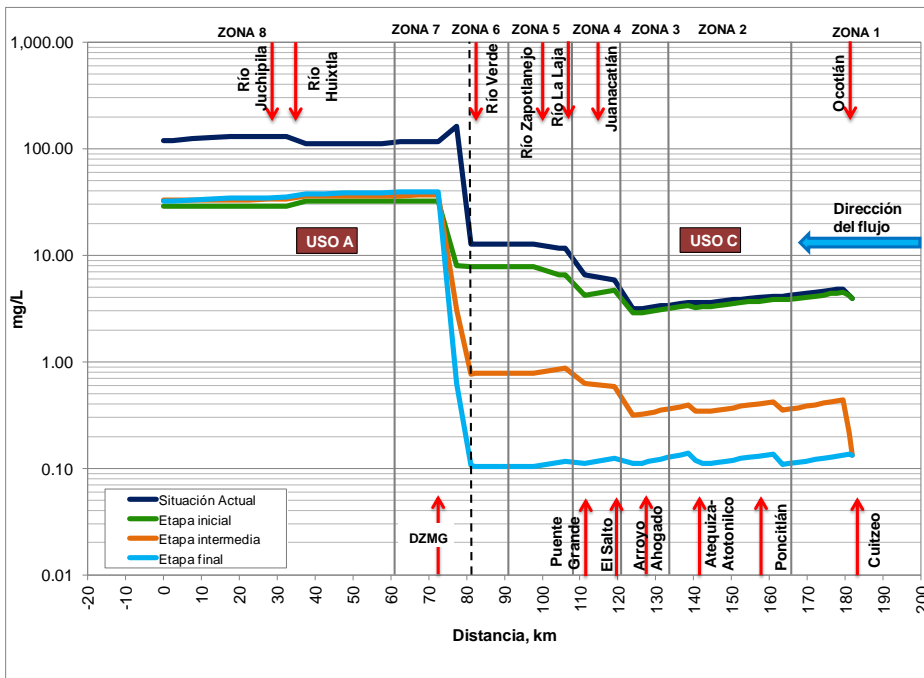


Figura VI.125. Resultado para Nitrógeno Total en el río Santiago

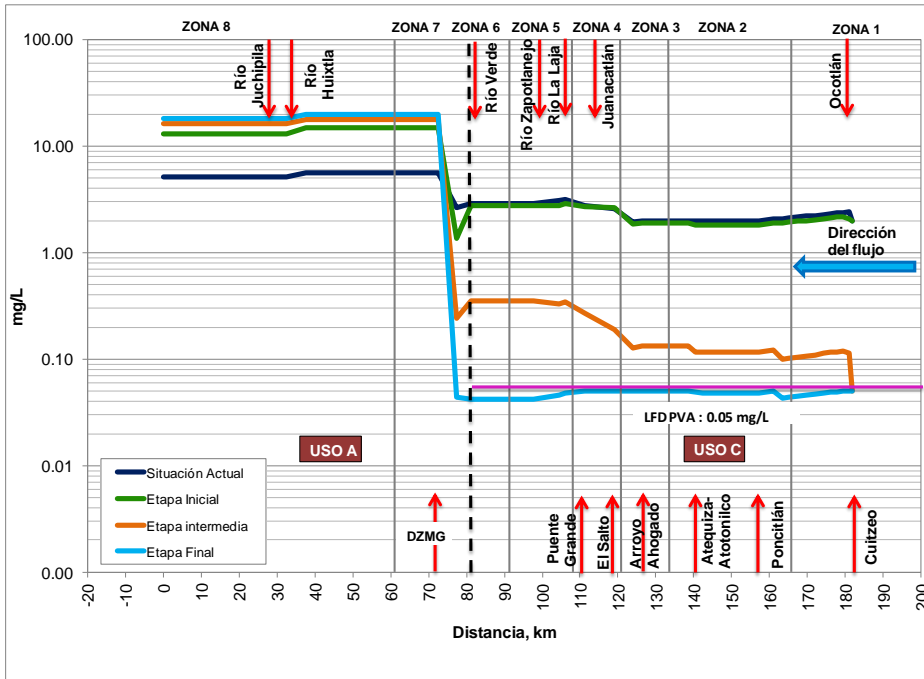


Figura VI.126. Resultado para Fósforo Total en el río Santiago

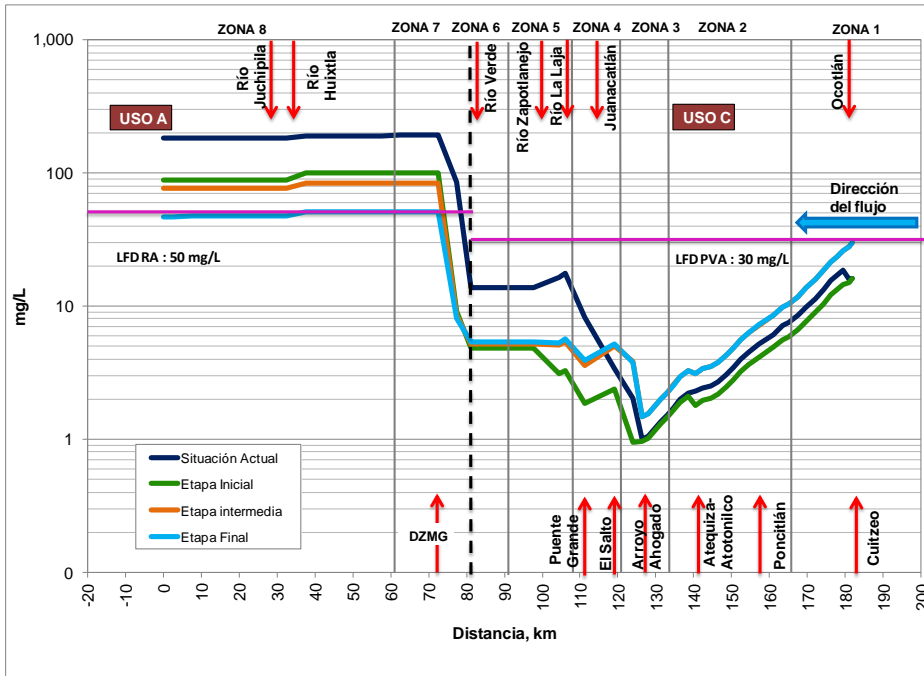


Figura VI.127. Resultado para Sólidos Suspendedos Totales en el río Santiago

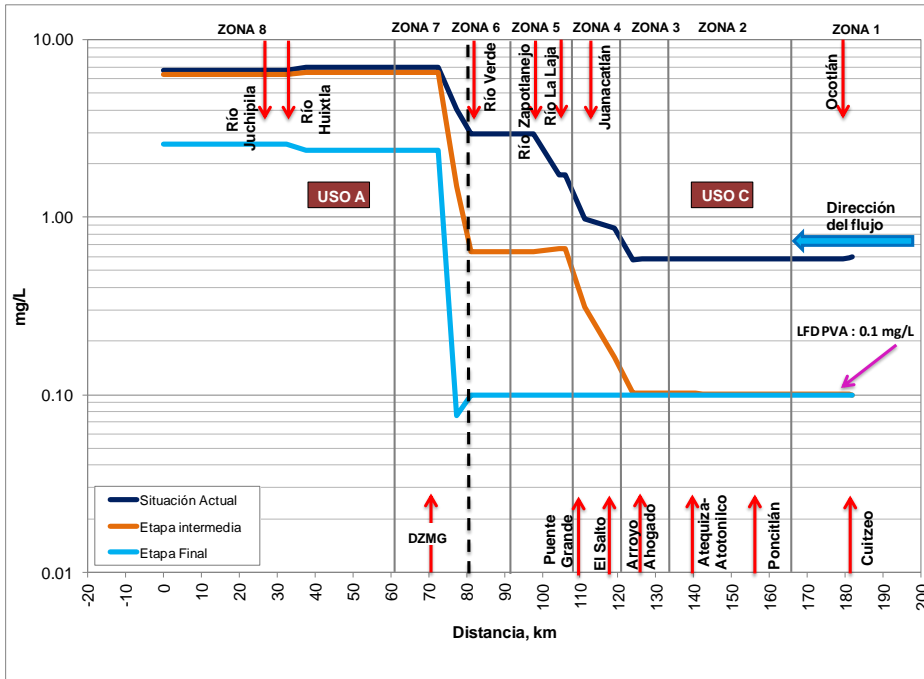


Figura VI.128. Resultado para Sustancias Activas al Azul de Metileno en el río Santiago

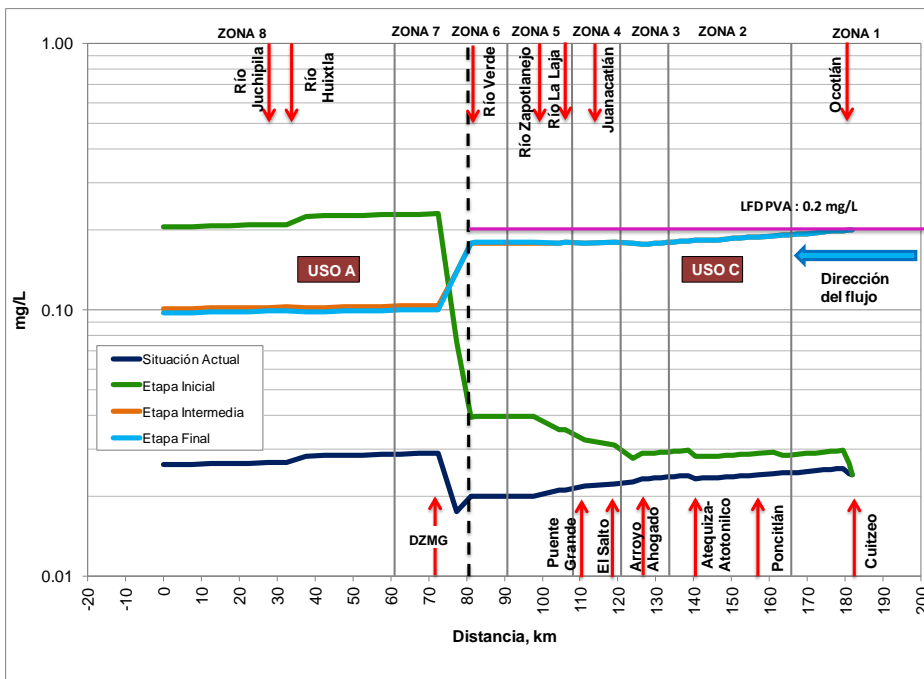


Figura VI.129. Resultado para Arsénico en el río Santiago

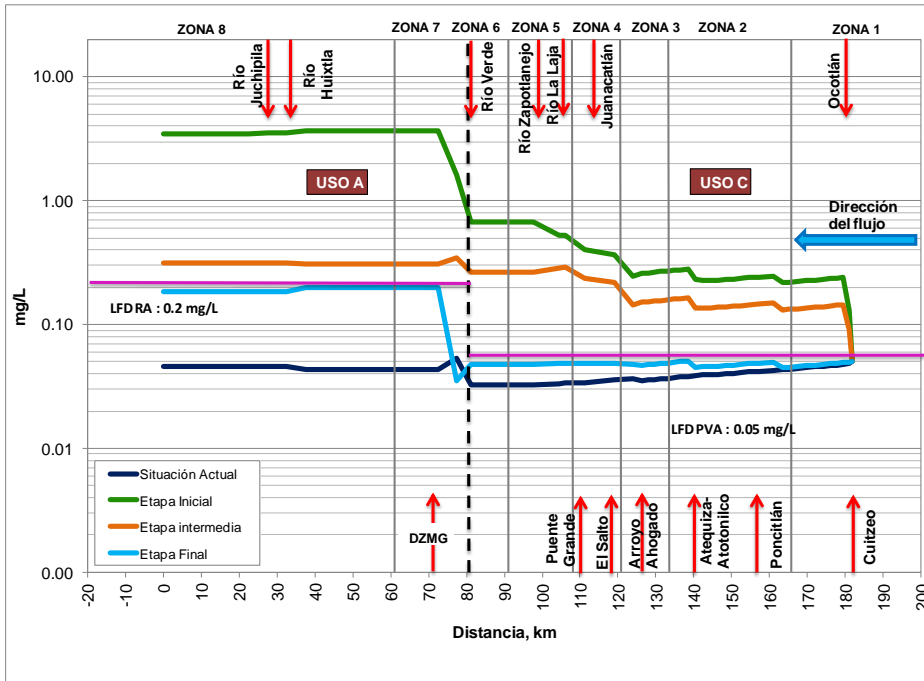


Figura VI.130. Resultado para Cobre en el río Santiago

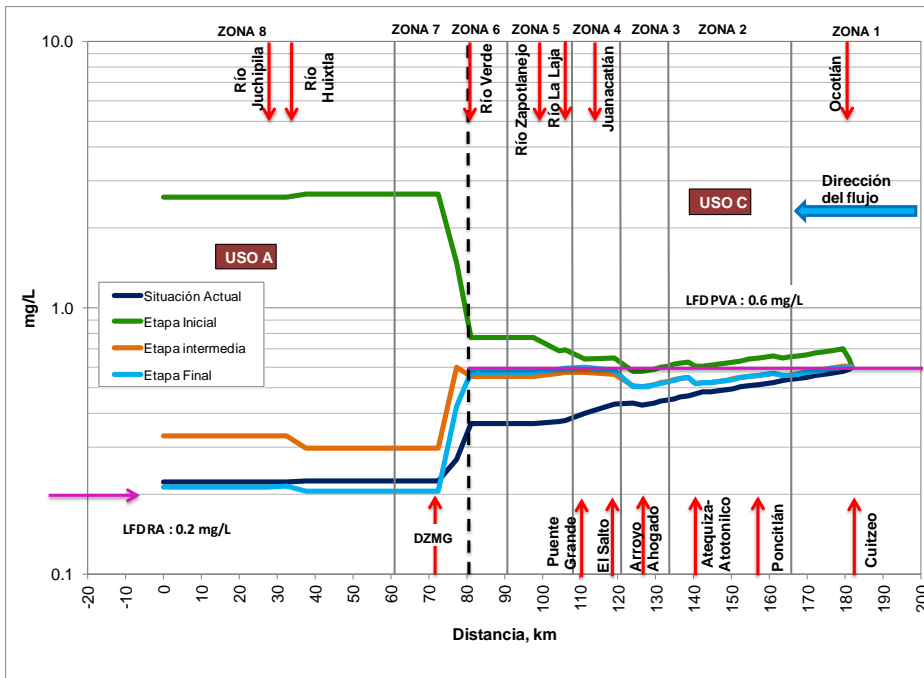


Figura VI.131. Resultado para Níquel en el río Santiago

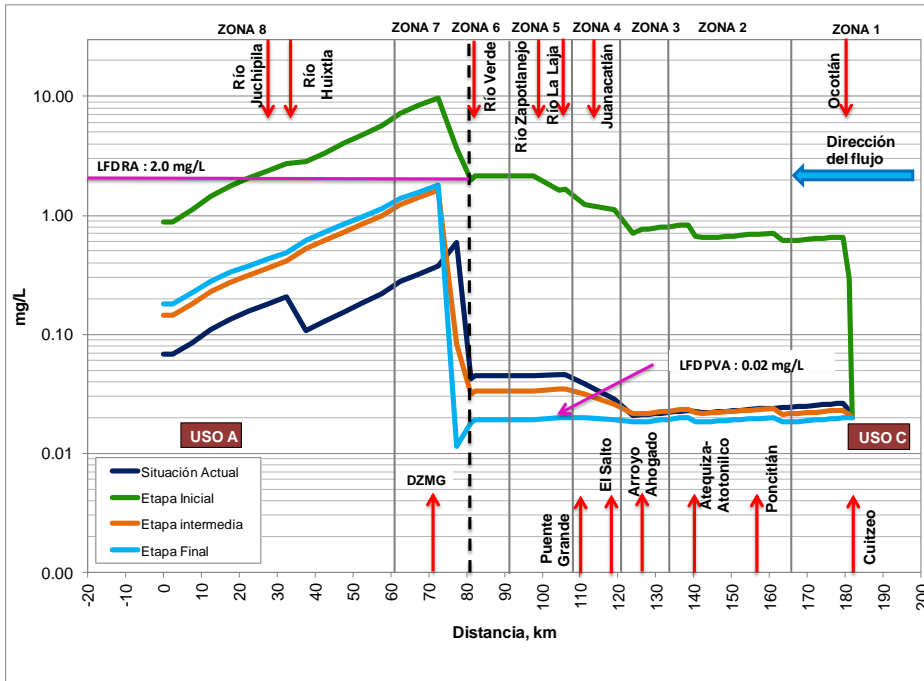


Figura VI.132. Resultado para Zinc en el río Santiago

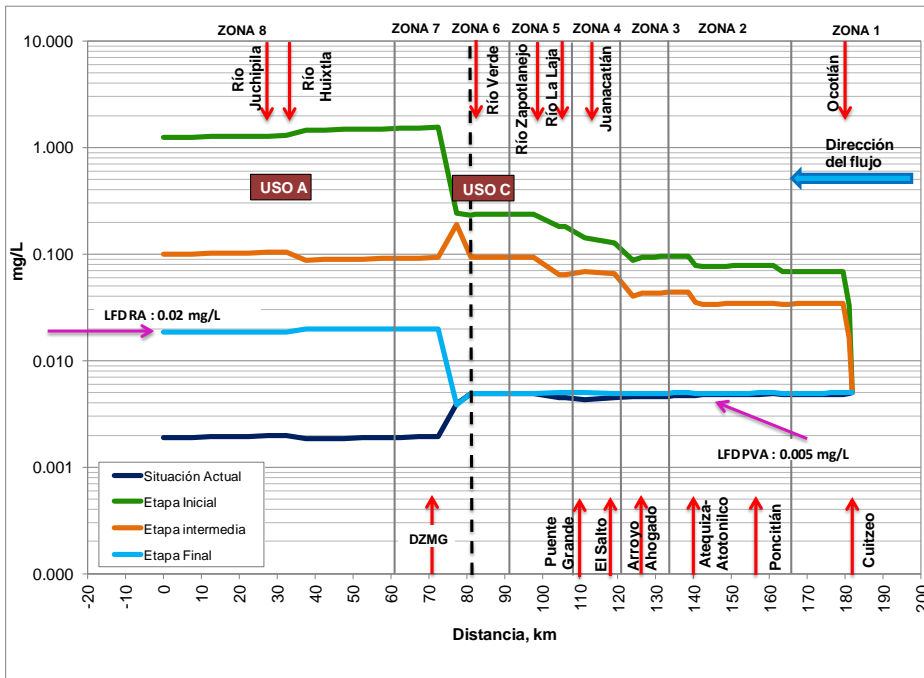


Figura VI.133. Resultado para Cianuros en el río Santiago

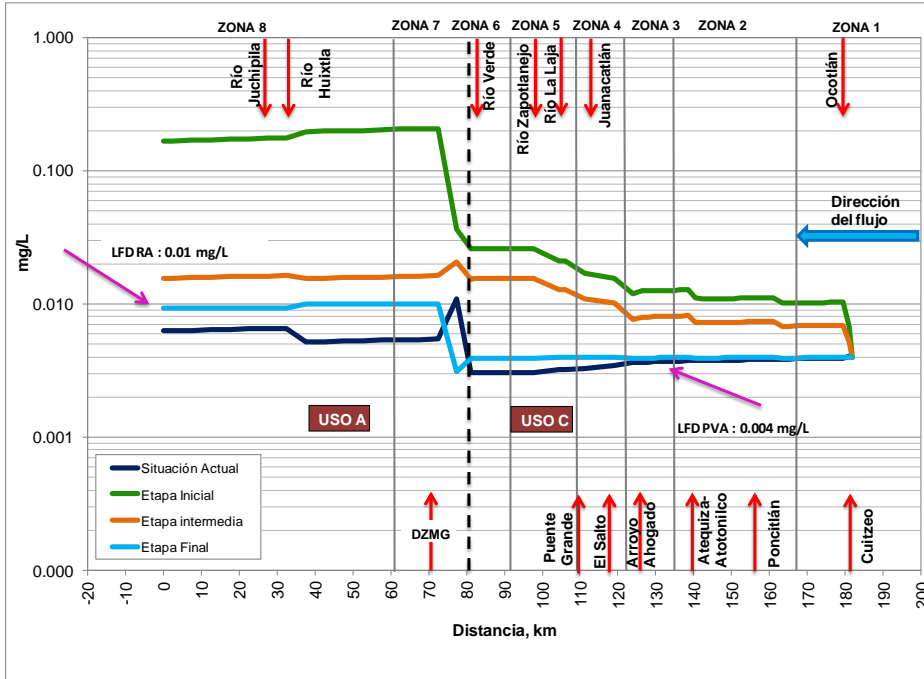


Figura VI.134. Resultado para Cadmio en el río Santiago

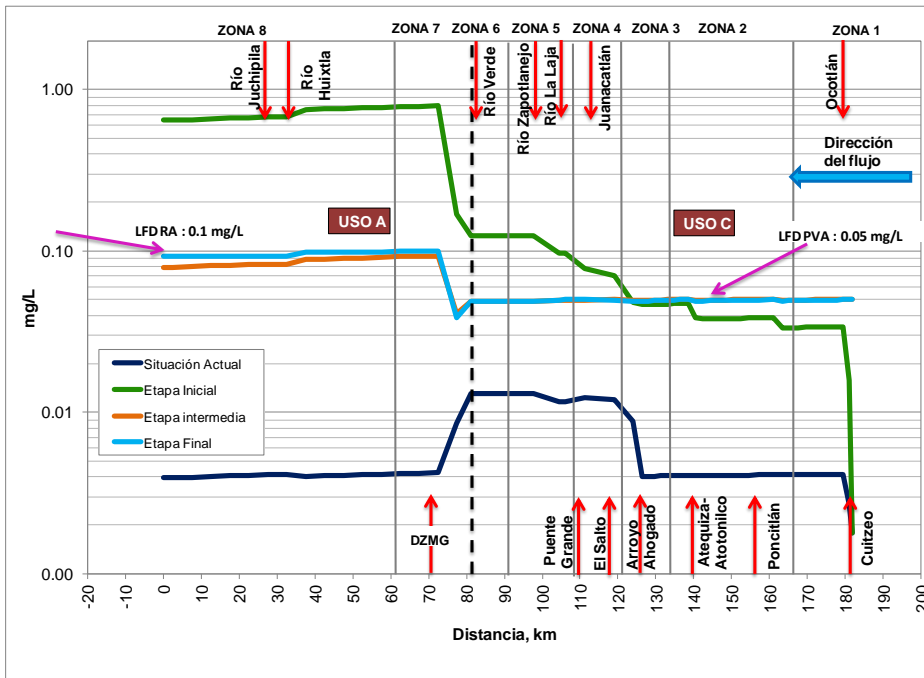


Figura VI.135. Resultado para Cromo en el río Santiago

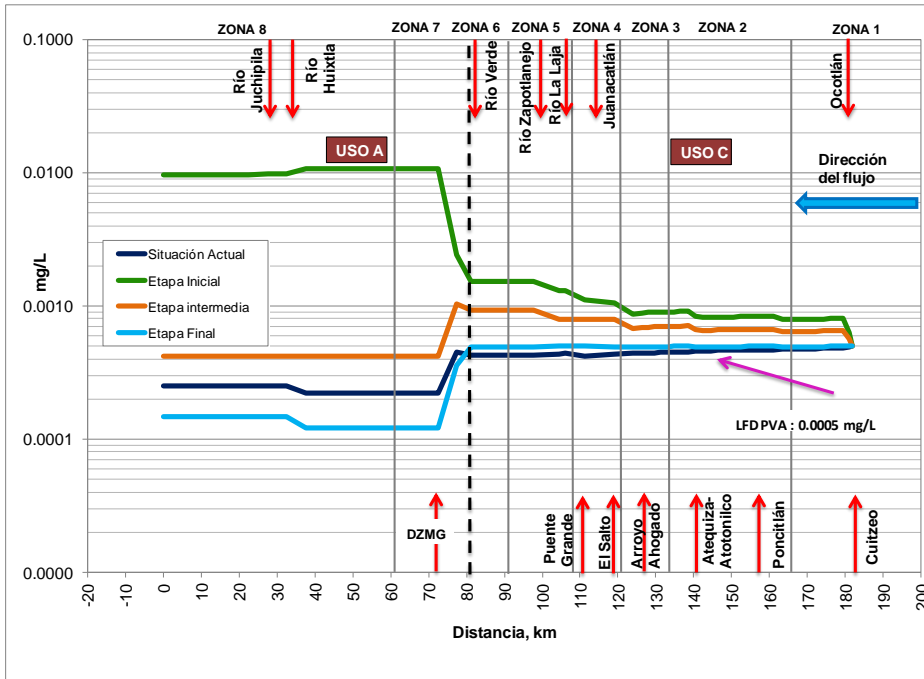


Figura VI.136. Resultado para Mercurio en el río Santiago

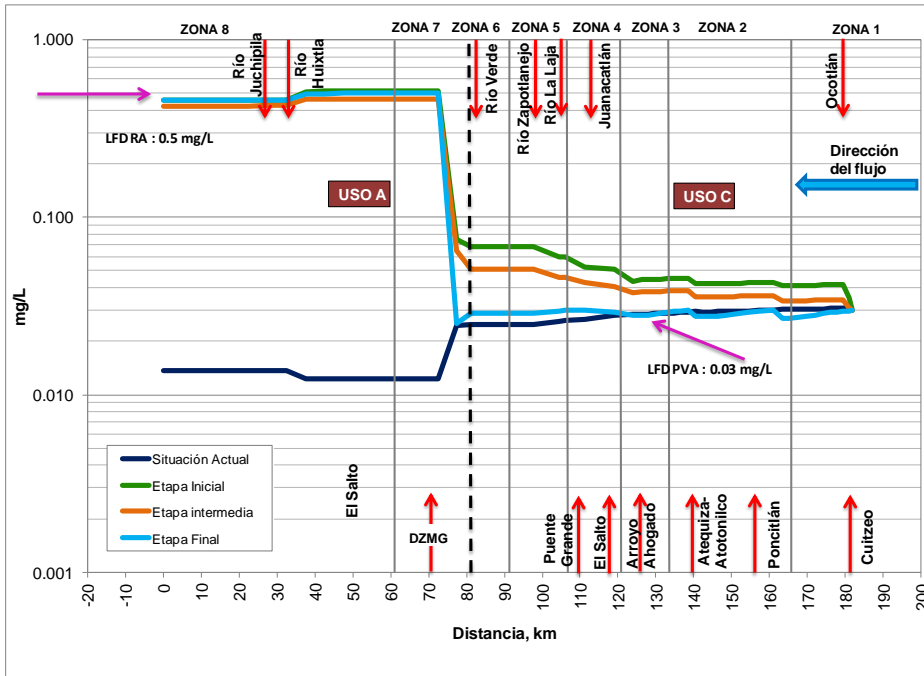


Figura VI.137. Resultado para Plomo en el río Santiago

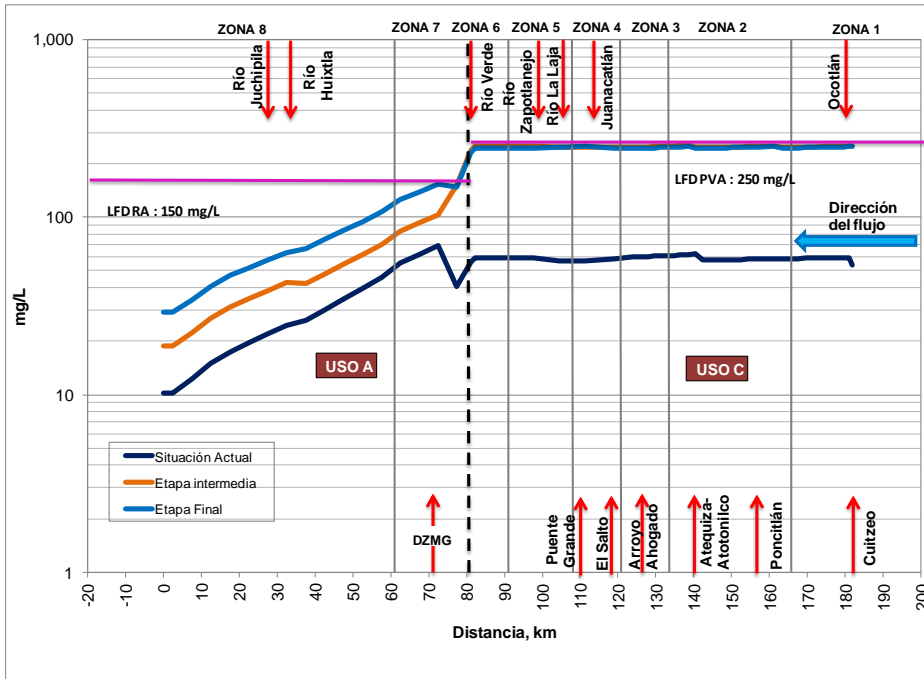


Figura VI.138. Resultado para Cloruros en el río Santiago

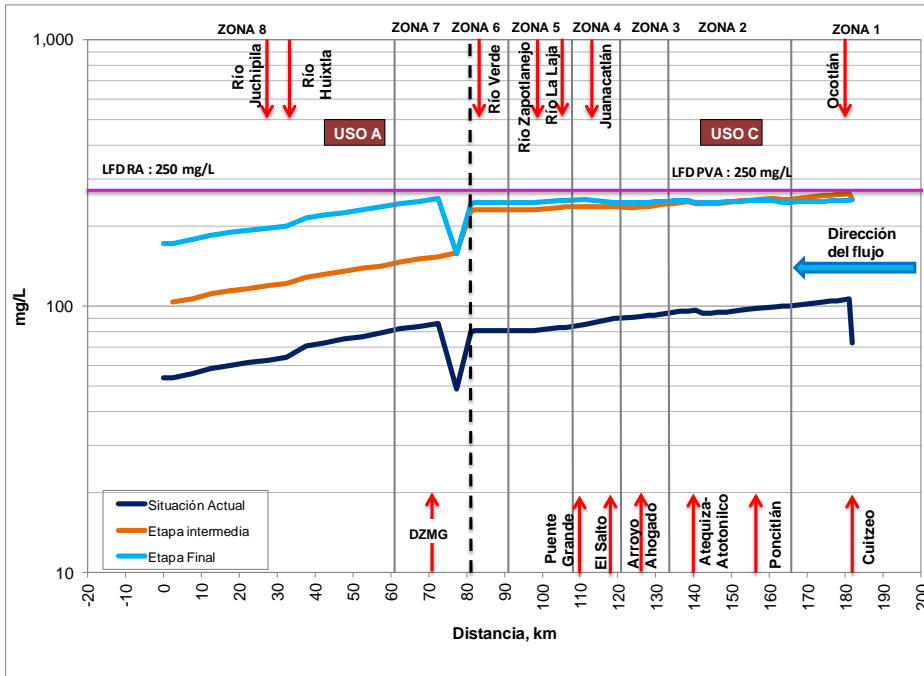


Figura VI.139. Resultado para Sulfatos en el río Santiago

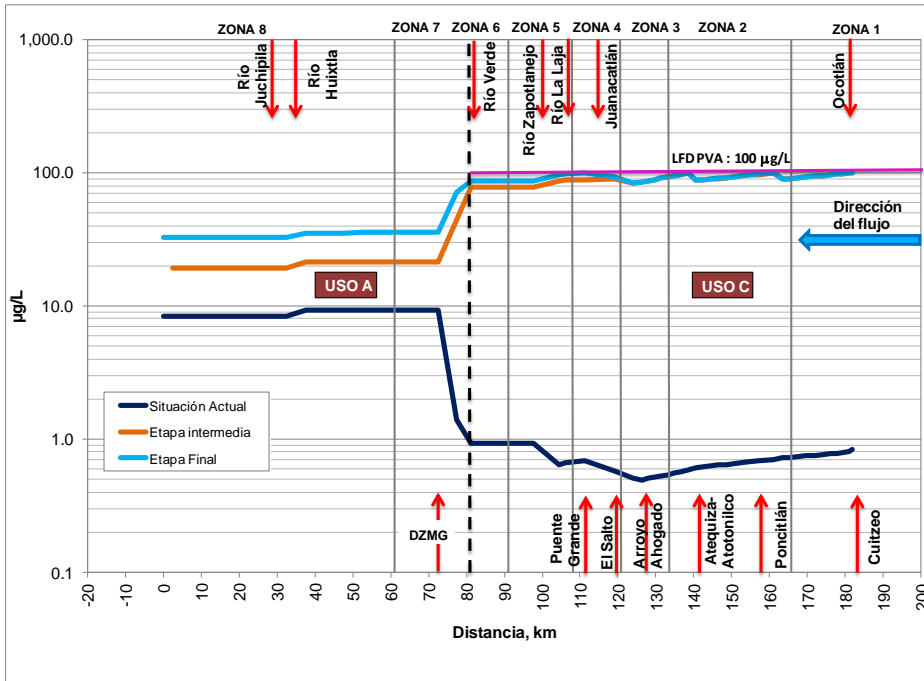


Figura VI.140. Resultado para Fenoles en el río Santiago

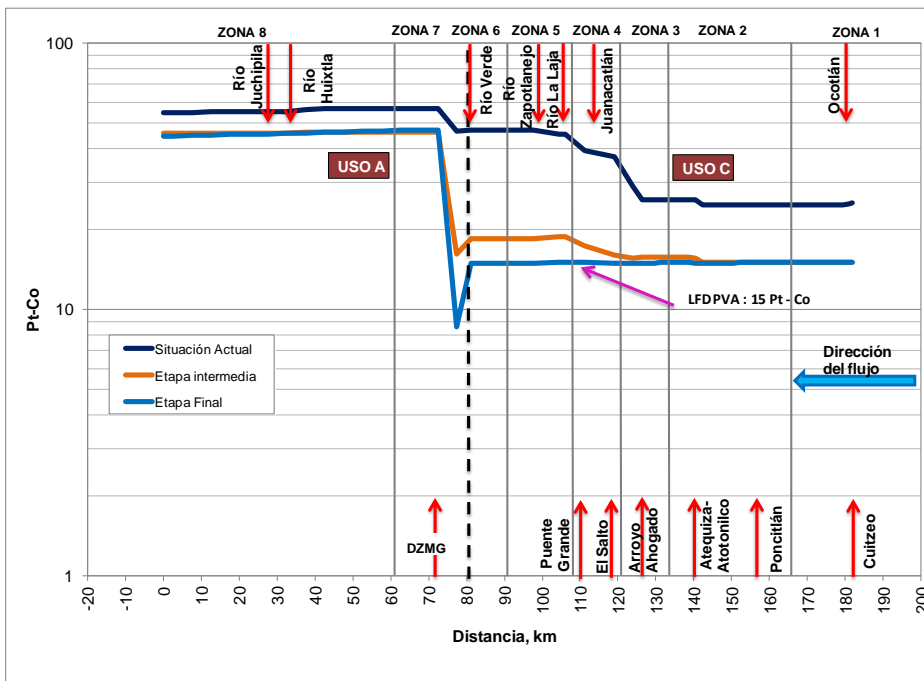


Figura VI.141. Resultado para Color en el río Santiago

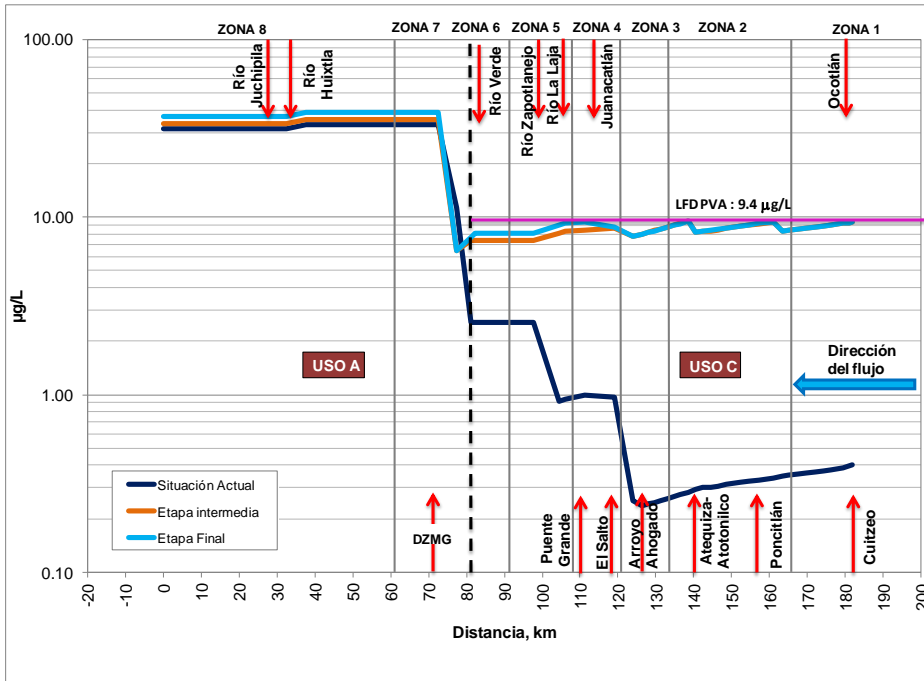


Figura VI.142. Resultado para Bis 2(Etil Hexil)ftalato en el río Santiago

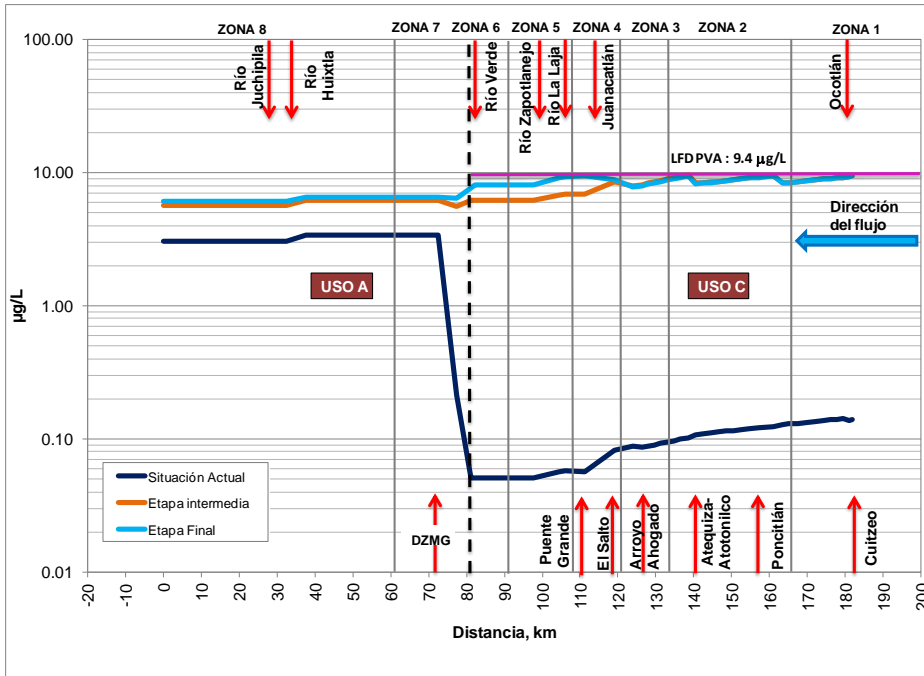


Figura VI.143. Resultado para Dimetilftalato en el río Santiago

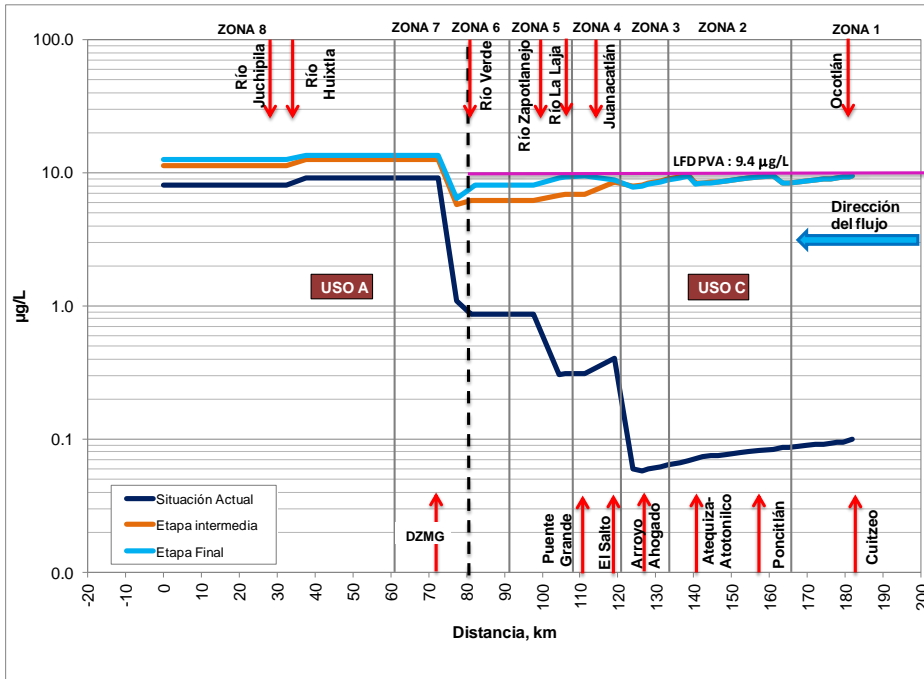


Figura VI.144. Resultado para Dietilftalato en el río Santiago

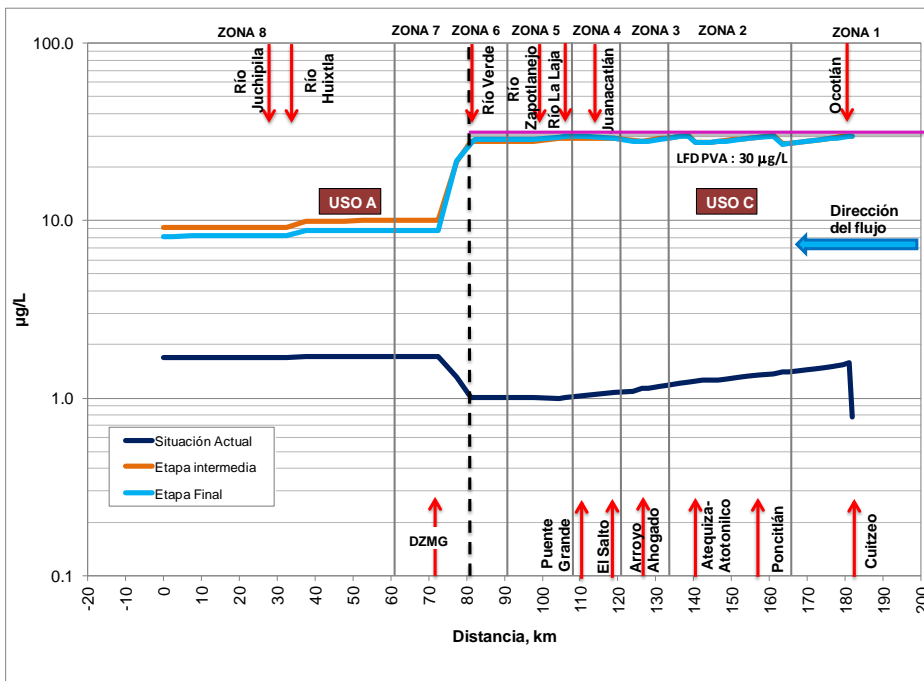


Figura VI.145. Resultado para Cloroformo en el río Santiago

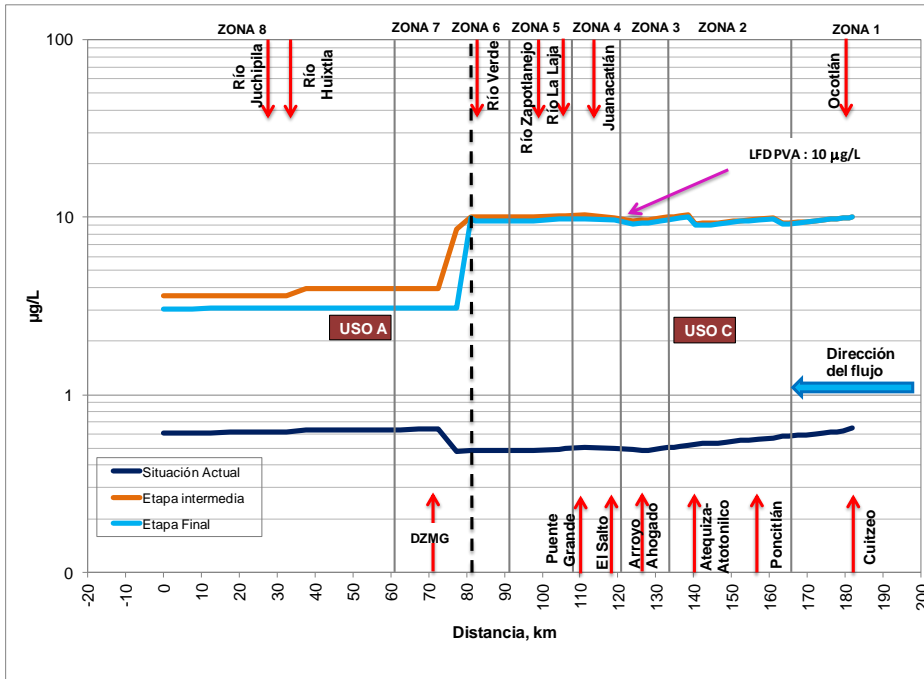


Figura VI.146. Resultado para Diclorobencenos en el río Santiago

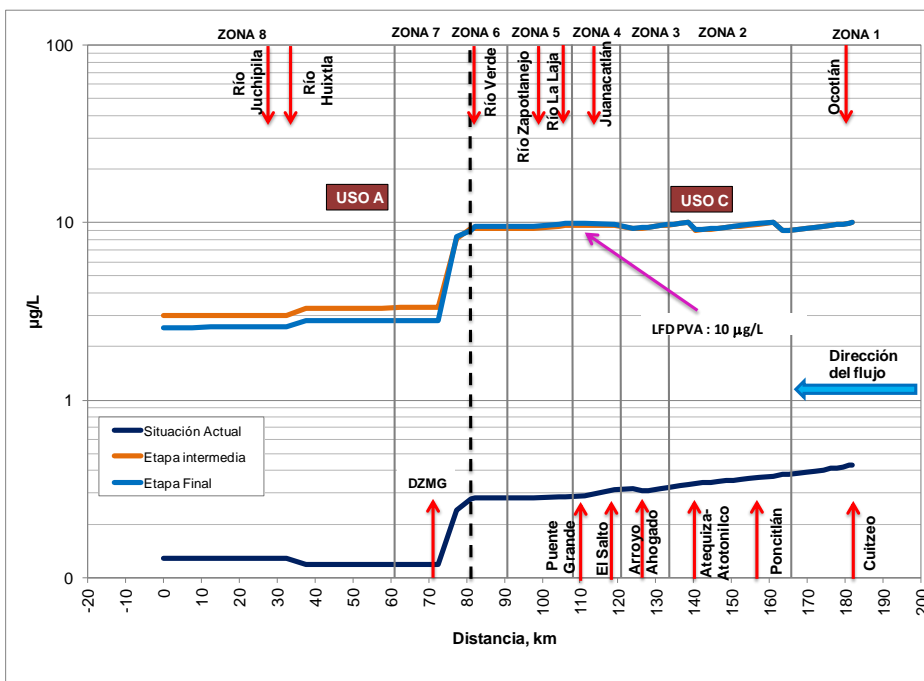


Figura VI.147. Resultado para 2, 4, 6 Triclorofenol en el río Santiago

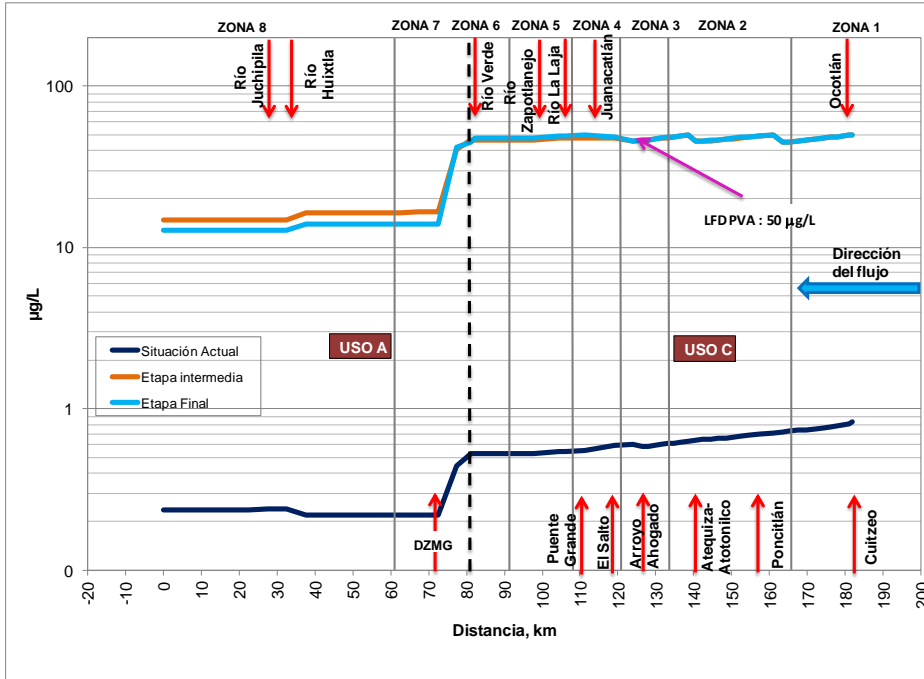


Figura VI.148. Resultado para Benceno en el río Santiago

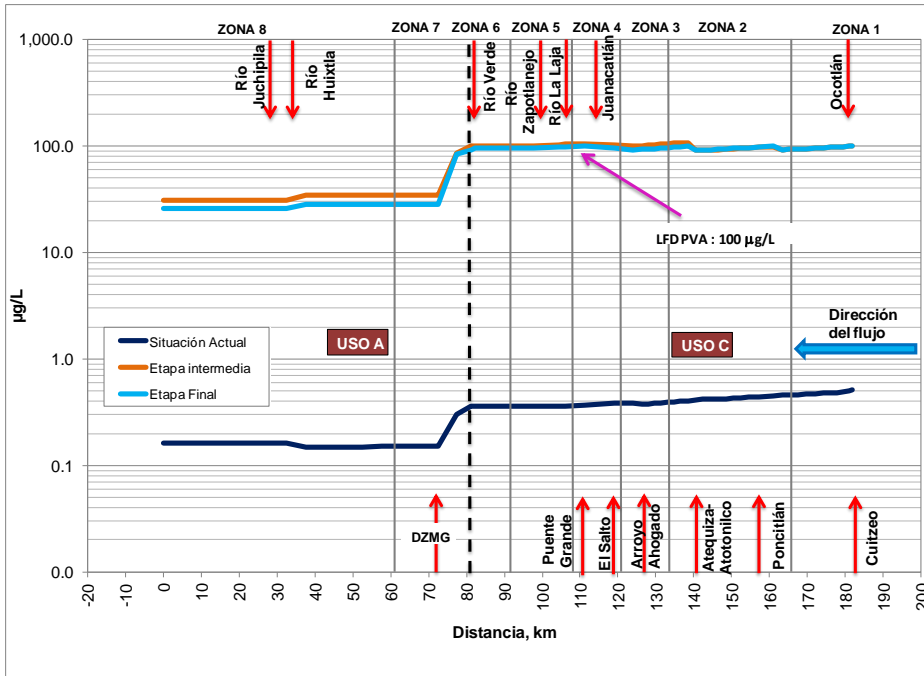


Figura VI.149. Resultado Etilbenceno para en el río Santiago

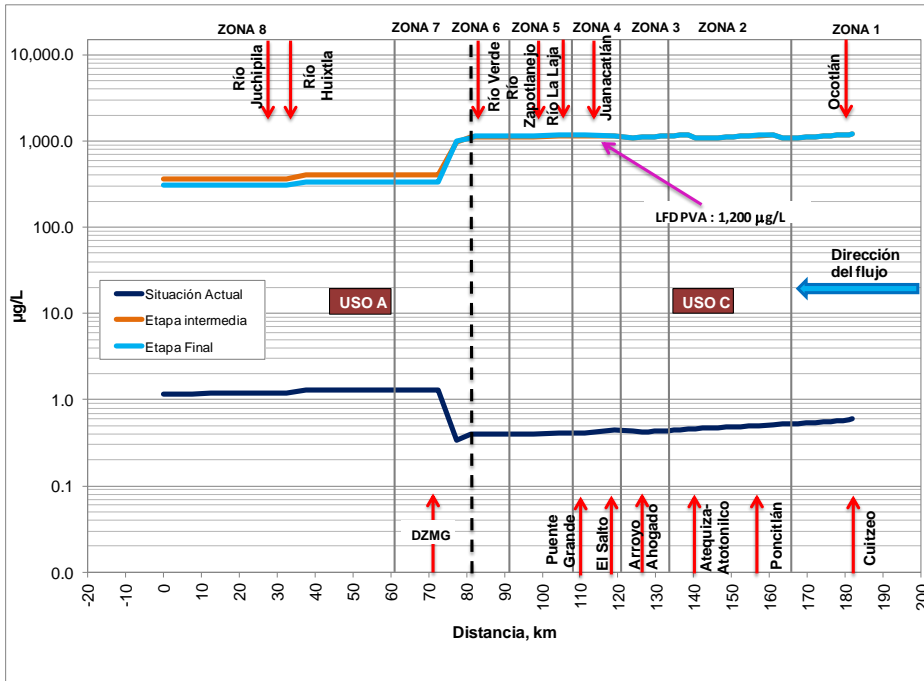


Figura VI.150. Resultado para Isoforona en el río Santiago

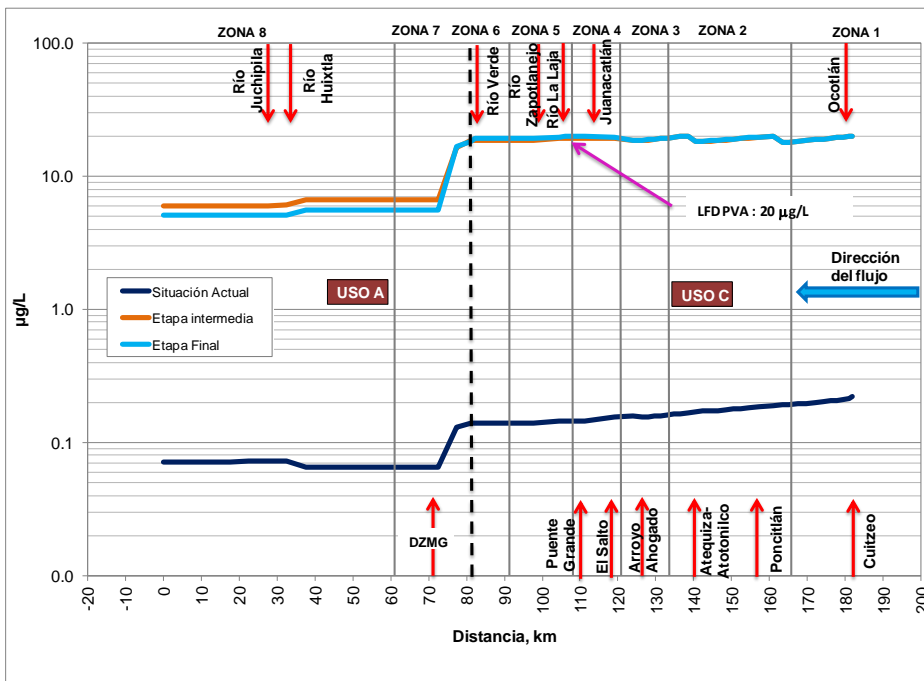


Figura VI.151. Resultado para Naftaleno en el río Santiago

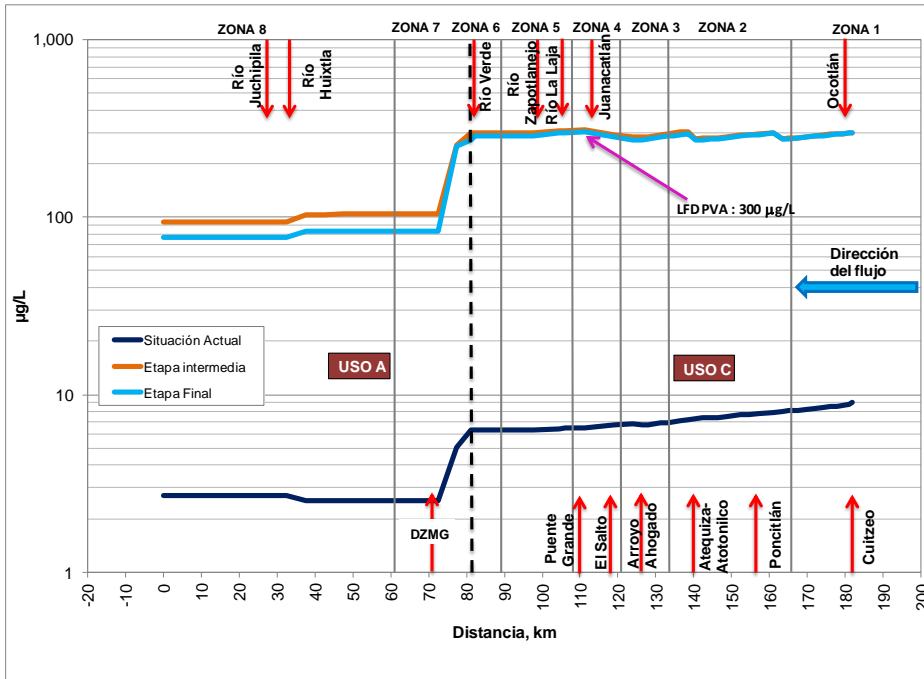


Figura 5. 1. Resultado para Nitrobenzeno en el río Santiago

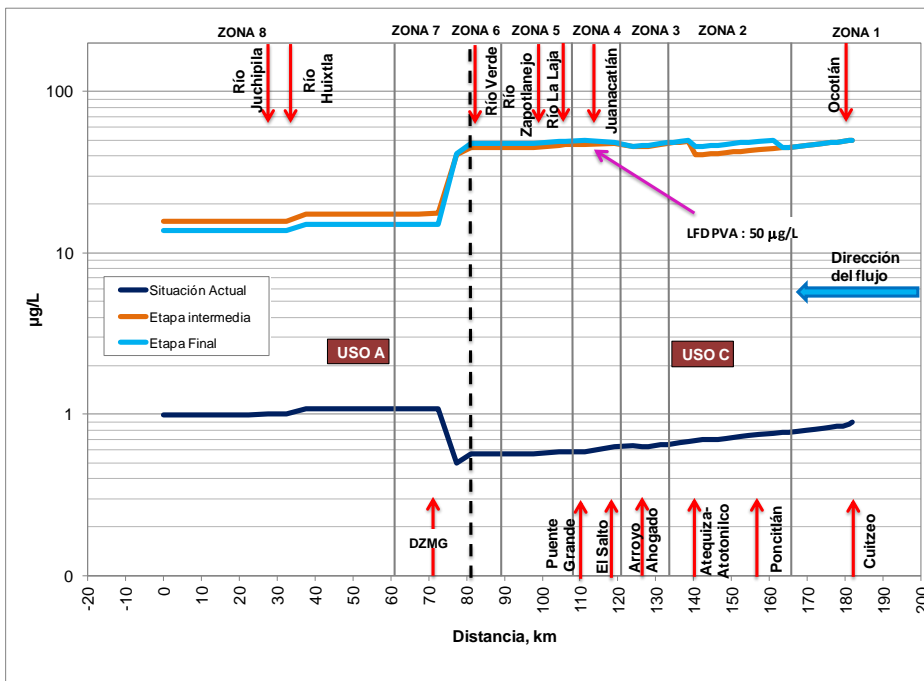


Figura VI.152. Resultado para Tetracloroetileno en el río Santiago

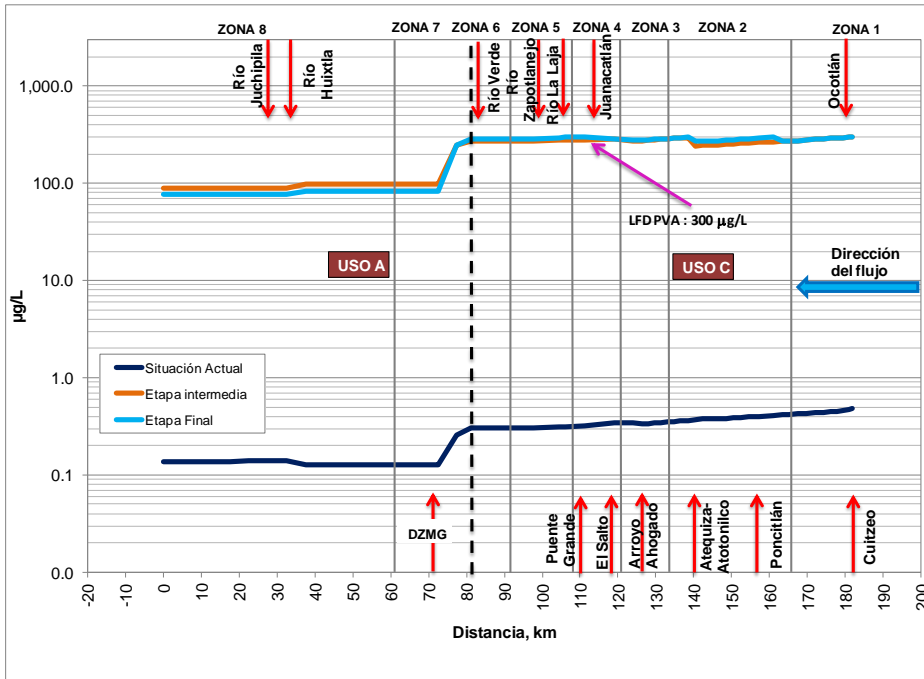


Figura VI.153. Resultado para Tetracloruro de Carbono en el río Santiago

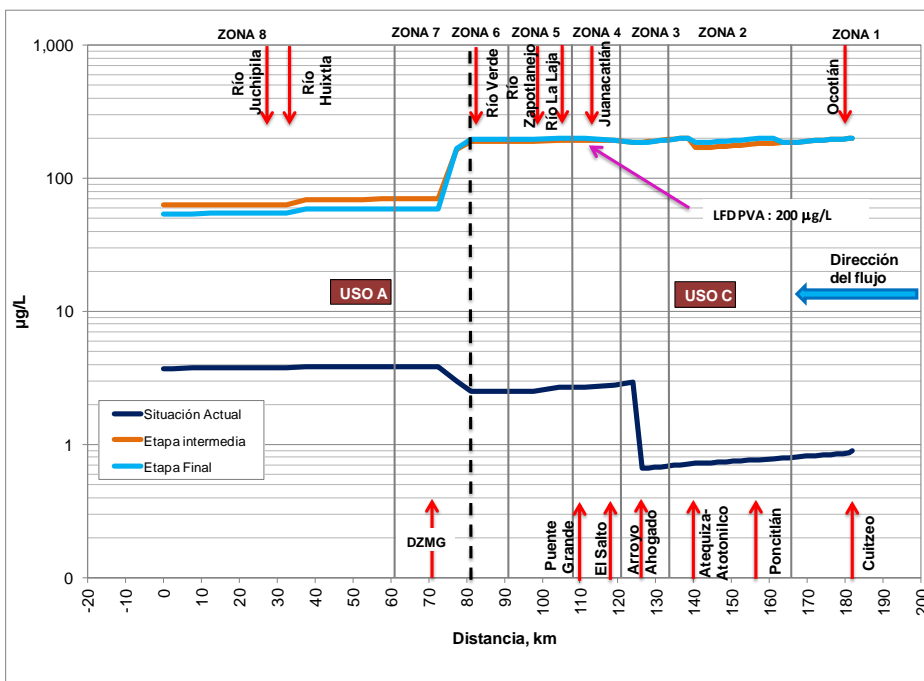


Figura VI.154. Resultado para Tolueno en el río Santiago

VI.2.6. Límites Máximos de Descarga (LMD), metas de calidad del agua y capacidad de asimilación en el río Santiago.

Los Límites Máximos de Descarga (LMD) para cada zona y parámetro de calidad del agua, para el cumplimiento en el primer, segundo y tercer plazo, obtenidos con el modelo QUAL2K, se muestran en las tablas VI.19, VI.20 y VI.21.

Tabla VI.19. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 1.

Parámetro	ZONA					
	1	2	3	3A	4	5
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago	Arroyo Ahogado	Río Santiago	Río Santiago
Temperatura (°C)	<40	<40	<40	<40	<40	<40
Grasas y Aceites	1,160	459	234	96	290	398
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	2,783	1,102	549	230	695	956
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2,783	1,102	1,040	230	695	956
Nitrógeno Total	1,160	459	841	96	290	398
Fósforo Total	464	184	318	38	116	159
pH (unidades de pH)	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5
Color (pt-co)	15	15	16	15	16	19
Arsénico	9.3	3.7	1.55	0.77	2.3	3.2
Cadmio	9.3	3.7	1.30	0.77	2.3	3.2
Cobre	278	110	39	23	69	96
Cromo	46	18.4	7.4	3.8	11.6	15.9
Mercurio	0.46	0.18	0.07	0.04	0.12	0.16
Níquel	186	73	37	15	46	64
Plomo	18.6	7.3	3.2	1.5	4.6	6.4
Zinc	928	367	60	77	232	319
Cianuros	93	37	13	8	23	32
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000

Los límites máximos de descarga están en kg/d, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.19. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 1 (Continuación)

Parámetro	ZONA		
	6	7	8
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago
Temperatura (°C)	<40	<40	<40
Grasas y Aceites	2,420	173	345
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	3,476	93,282	4,353
Demanda Bioquímica de Oxígeno	765	93,282	3,087
Nitrógeno Total	2,275	27,985	1,891
Fósforo Total	93	13,992	445
Ph (unidades de ph)	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5
Color (pt-co)	15		
Arsénico	28	187	19
Cadmio	12	184	5.8
Cobre	635	2,798	381
Cromo	54	689	26
Mercurio	0.8	9.2	0.39
Níquel	543	1,866	312
Plomo	21	460	10.3
Zinc	1,735	9,328	1,085
Cianuros	65	1,379	32
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000

Los límites máximos de descarga están en kg/d, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.20. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 2.

Parámetro	ZONA					
	1	2	3	3A	4	5
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago	Arroyo Ahogado	Río Santiago	Río Santiago
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35
Grasas y Aceites	763	255	223	66	193	240
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Parámetro	ZONA					
	1	2	3	3A	4	5
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago	Arroyo Ahogado	Río Santiago	Río Santiago
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	2,494	999	521	203	682	846
Demanda Bioquímica de Oxígeno	736	999	217	112	682	350
Nitrógeno Amoniacal	216	118	45	29	95	40
Nitrógeno Total	398	219	66	43	150	170
Fósforo Total	110	56	20	13	38	65
Demanda Química de Oxígeno	422	1,991	1,292	56	857	70
Sustancias Activas al Azul de Metileno	2.1	0.83	22	0.18	0.57	0.70
pH (unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Arsénico	8.3	3.3	4.8	0.68	2.3	2.8
Cadmio	0.23	0.32	0.42	0.01	0.11	0.06
Cobre	2.41	12.22	11.92	0.25	2.32	0.88
Cromo	2.62	3.47	1.27	0.26	1.33	0.70
Mercurio	0.02	0.04	0.03	0.00	0.01	0.01
Níquel	33	67	15	2.6	41	8.8
Plomo	1.21	0.39	1.25	0.01	0.11	0.06
Zinc	5.2	5.1	2.0	0.5	4.0	2.1
Cianuros	0.23	0.36	3.44	0.02	0.13	0.10
Cloruro	5,196	8,662	5,696	423	3,187	1,762
Sulfato	5,753	12,199	5,509	423	3,187	1,762
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000
Fenol	4.2	33	2.2	0.6	11.4	2.1
Bis 2 (Etil Hexil)ftalato	0.34	3.19	0.26	0.05	0.96	0.19
Dimetilftalato	0.34	3.58	0.21	0.07	0.85	0.19
Dietilftalato	0.39	3.58	0.21	0.06	0.78	0.19
Cloroformo	1.07	7.95	0.98	0.11	1.01	0.41
Diclorobencenos	0.42	1.82	0.24	0.03	0.38	0.16
2,4,6 Triclorofenol	0.39	2.16	0.24	0.05	0.43	0.14
Benceno	2.1	10.6	1.2	0.2	2.2	0.7
Etilbenceno	4.2	15.9	2.4	0.5	3.4	1.4
Isoforona	50	236	29	4.9	53	17
Naftaleno	0.83	4.3	0.48	0.09	0.85	0.28
Nitrobenceno	12.5	53	7.0	1.5	12.9	4.2

Parámetro	ZONA					
	1	2	3	3A	4	5
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago	Arroyo Ahogado	Río Santiago	Río Santiago
Tetracloroetileno	2.1	6.3	1.2	0.2	2.0	0.7
Tetracloruro de Carbono	12.5	37.8	7.2	1.4	11.9	4.2
Tolueno	8.3	22.7	4.9	0.8	5.7	2.7

Los límites máximos de descarga están en kg/d, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.20. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 2 (Continuación)

Parámetro	ZONA		
	6	7	8
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago
Temperatura (°C)	24	24	24
Grasas y Aceites	1,597	15,799	1,003
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5	5	5
Sólidos Suspendidos Totales	2,778	86,263	1,430
Demanda Bioquímica de Oxígeno	517	77,732	275
Nitrógeno Amoniacal	68	24,706	411
Nitrógeno Total	1,211	37,918	485
Fósforo Total	43	18,959	27
Demanda Química de Oxígeno	33,531	288,809	19,847
Sustancias Activas al Azul de Metileno	519	6294	546
pH (unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	<15	<15	<15
Arsénico	27	152	14
Cadmio	6.1	130.7	3.2
Cobre	100	1986	64
Cromo	9	515	5.9
Mercurio	0.27	0.32	0.05
Níquel	156	1,292	89
Plomo	18	549.81	9.3
Zinc	37	7,299	68
Cianuros	65	956.8	31
Cloruro	31,669	88,475	15,709
Sulfato	28,155	106,012	13,794
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000
Fenol	15	11	0.19
Bis 2 (Etil Hexil)ftalato	1.4	35	2.0
Dimetilftalato	1.3	4.2	0.04
Dietilftalato	1.3	11	0.14
Cloroformo	4.1	1.3	0.17
Diclorobencenos	1.9	0.51	0.05
2,4,6 Triclorofenol	1.8	6.3	0.02
Benceno	9	32	0.04

Parámetro	ZONA		
	6	7	8
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago
Etilbenceno	18	63	0.03
Isoforona	221	1.4	0.03
Naftaleno	3.7	13	0.01
Nitrobenceno	55	190	0.46
Tetracloroetileno	9	1.1	0.05
Tetracloruro de Carbono	55	190	0.02
Tolueno	36	3.0	0.38

Los límites máximos de descarga están en kg/d, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.21. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 3.

Parámetro	ZONA					
	1	2	3	3A	4	5
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago	Arroyo Ahogado	Río Santiago	Río Santiago
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35
Grasas y Aceites	543	219	179	44	161	184
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	2,173	878	453	177	644	736
Demanda Bioquímica de Oxígeno	217	878	117	33	644	162
Nitrógeno Amoniacal	4.2	31	1.12	0.58	9.5	0.74
Nitrógeno Total	9.5	79	1.5	1.3	14.0	9.8
Fósforo Total	3.4	13.8	1.1	0.54	0.54	1.81
Demanda Química de Oxígeno	696	3,506	199	97	1,572	123
Sustancias Activas al Azul de Metileno	3.6	1.46	2.1	0.29	1.07	1.2
pH (unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Arsénico	7.2	2.9	4.1	0.6	2.1	2.5
Cadmio	0.14	0.25	0.08	0.01	0.10	0.05
Cobre	1.81	10.63	2.34	0.21	1.69	0.67
Cromo	1.81	3.05	1.02	0.15	1.25	0.61
Mercurio	0.018	0.031	0.010	0.001	0.012	0.006

Parámetro	ZONA					
	1	2	3	3A	4	5
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago	Arroyo Ahogado	Río Santiago	Río Santiago
Níquel	29.0	58.5	12.4	2.29	38.9	7.7
Plomo	0.0011	0.0069	0.5481	0.0001	0.0011	0.0004
Zinc	0.72	4.28	0.77	0.07	0.77	0.25
Cianuros	0.18	0.31	0.10	0.01	0.12	0.06
Cloruro	9,055	15,237	5,120	736	5,874	3,065
Sulfato	9,055	15,237	5,120	736	5,874	3,065
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1000
Fenol	3.6	29	1.9	0.68	13	1.8
Bis 2 (Etil Hexil)ftalato	0.34	3.02	0.18	0.06	1.16	0.17
Dimetilftalato	0.34	3.15	0.18	0.06	0.81	0.17
Dietilftalato	0.34	3.15	0.18	0.06	0.81	0.17
Cloroformo	1.09	7.00	1.15	0.10	1.11	0.37
Diclorobencenos	0.36	1.61	0.21	0.04	0.40	0.13
2,4,6 Triclorofenol	0.36	1.91	0.21	0.04	0.40	0.12
Benceno	1.81	9.33	1.04	0.21	2.04	0.61
Etilbenceno	3.62	14.05	2.12	0.43	3.17	1.23
Isoforona	43	209	25	5.1	50	15
Naftaleno	0.72	3.8	0.41	0.09	0.81	0.25
Nitrobenceno	10.9	47	6.2	1.3	12.2	3.7
Tetracloroetileno	1.8	5.6	1.04	0.21	1.9	0.61
Tetracloruro de Carbono	10.9	33	6.2	1.3	11.3	3.7
Tolueno	7.2	20.0	4.2	0.9	5.9	2.5

Los límites máximos de descarga están en kg/d, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.21 Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 3(cont...).

Parámetro	ZONA		
	6	7	8
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago
Temperatura (°C)	35	35	35
Grasas y aceites	1,138	18,360	872
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (MI/L)	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	2,320	53,898	1,820

Parámetro	ZONA		
	6	7	8
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago
Demanda Bioquímica de Oxígeno	566	33,954	748
Nitrógeno Amoniacal	10	28,710	38
Nitrógeno Total	211	44,064	818
Fósforo Total	10	22,032	23.6
Demanda Química de Oxígeno	2,960	45,028	2,005
Sustancias Activas Al Azul de Metileno	16	7,315	474.5
pH (unidades de pH))	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	<15	<15	<15
Arsénico	25	59	13
Cadmio	0.57	10	0.42
Cobre	6.0	210	6.0
Cromo	7.1	96	4.8
Mercurio	0.06	0.37	0.04
Níquel	72	67	35
Plomo	5.0	546	11
Zinc	2.5	2,288	35
Cianuros	0.71	21	0.64
Cloruro	28,853	133,051	15,120
Sulfato	23,240	229,096	14,307
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<1,000	<1,000	<1,000
Fenol	13	13	0.17
Bis 2 (Etil Hexil)ftalato	1.2	41	1.8
Dimetilftalato	1.2	4.8	0.03
Dietilftalato	1.2	13	0.12
Cloroformo	3.7	1.6	0.2
Diclorobencenos	1.7	0.59	0.05
2,4,6 Triclorofenol	1.7	7.3	0.02
Benceno	8.4	37	0.04
Etilbenceno	17	73	0.03
Isoforona	200	2	0.03
Naftaleno	3	14.7	0.01
Nitrobenceno	50	220	0.40
Tetracloroetileno	8.3	1.2	0.04
Tetracloruro de Carbono	50	220	0.02
Tolueno	33	3.4	0.33

Los límites máximos de descarga están en kg/d, a menos que se especifiquen otras unidades.

Las metas de calidad alcanzadas en los cuerpos de agua en las zonas clasificadas, para los plazos establecidos, se muestran en las tablas VI.22, VI.23 y VI.24, respectivamente.

Tabla VI.22. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 1.

Parámetro	ZONA					
	1	2	3	3A	4	5
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago	Arroyo Ahogado	Río Santiago	Río Santiago
Temperatura (°C)	<40	<40	<40	<40	<40	<40
Grasas y Aceites	30	24	18	8.4	13	7.7
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Oxígeno disuelto	5	5	5	5	5	5
Sólidos Suspendidos Totales	16	4.9	2.1	26	0.9	3.1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	13	7.0	4.2	55	2.6	4.8
Nitrógeno Total	3.9	3.8	3.3	44	2.9	6.5
Fósforo Total	2.0	1.9	1.9	16	1.9	2.8
pH (unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	15	15	16	15	16	19
Arsénico	0.02	0.03	0.03	0.01	0.03	0.04
Cadmio	0.004	0.011	0.013	0.001	0.012	0.021
Cobre	0.05	0.25	0.28	0.05	0.24	0.52
Cromo	0.002	0.039	0.047	0.050	0.048	0.097
Mercurio	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Níquel	0.60	0.66	0.63	0.60	0.58	0.69
Plomo	0.03	0.04	0.05	0.03	0.04	0.06
Zinc	0.02	0.71	0.83	0.02	0.71	1.64
Cianuros	0.01	0.08	0.10	0.01	0.09	0.18
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000

Las metas de calidad del agua están en mg/l, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.22. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 1 (Continuación)

Parámetro	ZONA		
	6	7	8
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago
Temperatura (°C)	<40	<40	<40
Grasas y Aceites	7.5	8	16
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	4.8	9	99
Demanda Bioquímica de Oxígeno	9.1	5	81
Nitrógeno Total	7.9	8	32
Fósforo Total	2.8	1.3	14.9
pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color	15		
Arsénico	0.04	0.08	0.23
Cadmio	0.03	0.04	0.20
Cobre	0.67	1.61	3.68
Cromo	0.12	0.17	0.78
Mercurio	0.002	0.002	0.011
Níquel	0.77	1.47	2.67
Plomo	0.07	0.08	0.51
Zinc	2.1	3.6	5.7
Cianuros	0.23	0.24	1.50
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000

Las metas de calidad del agua están en mg/l, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.23. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 2.

Parámetro	ZONA					
	1	2	3	3A	4	5
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago	Arroyo Ahogado	Río Santiago	Río Santiago
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35
Grasas y Aceites	10	8.3	6.4	10	5.4	4.2
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Parámetro	ZONA					
	1	2	3	3A	4	5
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago	Arroyo Ahogado	Río Santiago	Río Santiago
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	30	8.5	3.3	30	3.8	5.1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	6.0	4.3	3.8	6.0	3.2	3.9
Nitrógeno Amoniacal	0.06	0.21	0.19	0.06	0.16	0.51
Nitrógeno Total	0.13	0.42	0.39	0.07	0.31	0.86
Fósforo Total	0.05	0.12	0.13	0.05	0.13	0.33
Demanda Química de Oxígeno	10	12	12	10	9.4	44
Sustancias Activas al Azul de Metileno	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.67
pH (unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	15	15	16	15	16	19
Arsénico	0.20	0.19	0.18	0.20	0.18	0.18
Cadmio	0.004	0.007	0.008	0.004	0.008	0.013
Cobre	0.05	0.15	0.16	0.05	0.14	0.29
Cromo	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Mercurio	0.0005	0.0007	0.0007	0.0005	0.0007	0.0008
Níquel	0.60	0.57	0.55	0.60	0.51	0.57
Plomo	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05
Zinc	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
Cianuros	0.005	0.035	0.044	0.005	0.040	0.064
Cloruro	250	251	254	250	247	248
Sulfato	250	254	247	250	235	234
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000
Fenol	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.09
Bis 2 (Etil Hexil)ftalato	0.009	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008
Dimetilftalato	0.009	0.009	0.010	0.009	0.008	0.007
Dietilftalato	0.009	0.010	0.010	0.009	0.008	0.007
Cloroformo	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Diclorobencenos	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2,4,6 Triclorofenol	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Parámetro	ZONA					
	1	2	3	3A	4	5
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago	Arroyo Ahogado	Río Santiago	Río Santiago
Benceno	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Etilbenceno	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10
Isoforona	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1
Naftaleno	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Nitrobenceno	0.30	0.30	0.30	0.30	0.28	0.31
Tetracloroetileno	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
Tetracloruro de Carbono	0.30	0.27	0.30	0.30	0.27	0.28
Tolueno	0.20	0.18	0.20	0.20	0.19	0.19

Las metas de calidad del agua están en mg/l, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.23. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 2 (Continuación)

Parámetro	ZONA		
	6	7	8
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago
Temperatura (°C)	35	35	35
Grasas y Aceites	10	5.4	17.0
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	30	8.6	84
Demanda Bioquímica de Oxígeno	3.7	2.7	62
Nitrógeno Amoniacal	0.46	0.3	22
Nitrógeno Total	0.78	3.1	36.3
Fósforo Total	0.35	0.24	17.9
Demanda Química de Oxígeno	10	86	41
Sustancias Activas al Azul de Metileno	0.10	1.5	6.5
pH (unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	15	16	46
Arsénico	0.20	0.14	0.10
Cadmio	0.004	0.021	0.016

Parámetro	ZONA		
	6	7	8
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago
Cobre	0.05	0.34	0.31
Cromo	0.05	0.04	0.09
Mercurio	0.0005	0.001	0.0004
Níquel	0.60	0.60	0.30
Plomo	0.03	0.06	0.46
Zinc	0.02	0.08	1.0
Cianuros	0.005	0.19	0.09
Cloruro	250	151	70
Sulfato	250	158	142
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000
Fenol	0.10	0.04	0.02
Bis 2 (Etil Hexil)ftalato	0.009	0.006	0.035
Dimetilftalato	0.009	0.006	0.006
Dietilftalato	0.009	0.006	0.012
Cloroformo	0.03	0.02	0.01
Diclorobencenos	0.01	0.01	0.004
2,4,6 Triclorofenol	0.01	0.01	0.003
Benceno	0.05	0.04	0.02
Etilbenceno	0.10	0.08	0.03
Isoforona	1.2	1.0	0.4
Naftaleno	0.02	0.02	0.01
Nitrobenceno	0.30	0.26	0.10
Tetracloroetileno	0.05	0.04	0.02
Tetracloruro de Carbono	0.30	0.24	0.10
Tolueno	0.20	0.16	0.07

Las metas de calidad del agua están en mg/l, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.24. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 3.

Parámetro	ZONA					
	1	2	3	3A	4	5
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago	Arroyo Ahogado	Río Santiago	Río Santiago
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35
Grasas y Aceites	10	8.2	6.4	10	5.3	4.1
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente

Parámetro	ZONA					
	1	2	3	3A	4	5
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago	Arroyo Ahogado	Río Santiago	Río Santiago
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5	5	5	5	5	5
Sólidos Suspendidos Totales	30	8.5	3.2	30	3.8	5.3
Demanda Bioquímica de Oxígeno	6.0	4.5	4.1	6.0	3.6	4.1
Nitrógeno Amoniacal	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06
Nitrógeno Total	0.13	0.13	0.14	0.07	0.11	0.11
Fósforo Total	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Demanda Química de Oxígeno	10	9.9	9.8	10	7.8	9.2
Sustancias Activas al Azul de Metileno	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
pH (unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	15	15	15	15	15	15
Arsénico	0.20	0.19	0.18	0.20	0.18	0.18
Cadmio	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Cobre	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cromo	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Mercurio	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Níquel	0.60	0.57	0.55	0.60	0.51	0.59
Plomo	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Zinc	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Cianuros	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Cloruro	250	249	250	250	244	249
Sulfato	250	249	250	250	244	249
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000
Fenol	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.10
Bis 2 (Etil Hexil)ftalato	0.009	0.009	0.009	0.009	0.008	0.009
Dimetilftalato	0.009	0.009	0.009	0.009	0.008	0.009
Dietilftalato	0.009	0.009	0.009	0.009	0.008	0.009
Cloroformo	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Diclorobencenos	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2,4,6 Triclorofenol	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Benceno	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Etilbenceno	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10
Isoforona	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2
Naftaleno	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Nitrobenceno	0.30	0.30	0.30	0.30	0.27	0.30
Tetracloroetileno	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Tetracloruro de Carbono	0.30	0.30	0.30	0.30	0.28	0.30
Tolueno	0.20	0.20	0.20	0.20	0.19	0.20

Las metas de calidad del agua están en mg/l, a menos que se especifiquen otras unidades

Tabla VI.24. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 3 (cont...)

Parámetro	ZONA		
	6	7	8
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago
Temperatura (°C)	35	35	35
Grasas y Aceites	3.9	4.5	18.0
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	5.4	8.1	51
Demanda Bioquímica de Oxígeno	4.0	3.0	26
Nitrógeno Amoniacal	0.06	0.06	22
Nitrógeno Total	0.10	0.62	39
Fósforo Total	0.04	0.04	20
Demanda Química de Oxígeno	8.0	10	34
Sustancias Activas al Azul de Metileno	0.10	0.08	2.37
pH (unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	15	8.6	47
Arsénico	0.18	0.14	0.10
Cadmio	0.004	0.003	0.01
Cobre	0.05	0.04	0.20
Cromo	0.05	0.04	0.10
Mercurio	0.0005	0.0004	0.0001
Níquel	0.57	0.43	0.20
Plomo	0.03	0.03	0.50
Zinc	0.02	0.01	1.13
Cianuros	0.005	0.004	0.02
Cloruro	245	148	107
Sulfato	245	156	235
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<1,000	<1,000	<1,000
Fenol	0.09	0.07	0.04
Bis 2 (Etil Hexil)ftalato	0.008	0.006	0.039
Dimetilftalato	0.008	0.006	0.007
Dietilftalato	0.008	0.006	0.013
Cloroformo	0.03	0.02	0.01

Parámetro	ZONA		
	6	7	8
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago
Diclorobencenos	0.01	0.003	0.003
2,4,6 Triclorofenol	0.01	0.01	0.003
Benceno	0.05	0.04	0.01
Etilbenceno	0.10	0.08	0.03
Isoforona	1.1	1.0	0.3
Naftaleno	0.02	0.02	0.01
Nitrobenceno	0.29	0.25	0.08
Tetracloroetileno	0.05	0.04	0.01
Tetracloruro de Carbono	0.29	0.25	0.08
Tolueno	0.19	0.17	0.06

Las metas de calidad del agua están en mg/l, a menos que se especifiquen otras unidades

La capacidad de asimilación del río Santiago y afluentes, en las zonas clasificadas se muestra en la tabla VI.25.

Tabla VI.25. Capacidad de asimilación del río Santiago y afluentes por zonas clasificadas.

Parámetro	ZONA					
	1	2	3	3A	4	5
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago	Arroyo Ahogado	Río Santiago	Río Santiago
Grasas y aceites	no admite	143	no admite	no admite	no admite	no admite
Sólidos Suspendidos Totales	no admite	678	no admite	no admite	no admite	no admite
Demanda Bioquímica de Oxígeno	no admite	632	no admite	no admite	no admite	no admite
Nitrógeno Amoniacal	no admite	3.0	0.04	no admite	1.2	0.58
Nitrógeno Total	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite
Fósforo Total	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite
Demanda Química de Oxígeno	no admite	2873	no admite	no admite	no admite	no admite
Sustancias Activas al Azul de	0.17	0.36	no	no	no	no

Parámetro	ZONA					
	1	2	3	3A	4	5
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago	Arroyo Ahogado	Río Santiago	Río Santiago
Metileno			admite	admite	admite	admite
Arsénico	5.8	2.8	3.8	0.52	2.1	2.3
Cadmio	0.09	0.24	0.06	0.01	0.10	0.05
Cobre	1.02	10.6	1.65	0.20	1.21	0.47
Cromo	no admite	3.0	0.04	no admite	1.2	0.58
Mercurio	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.002
Níquel	26	58	3.7	1.8	39	7.3
Plomo	no admite	no admite	0.10	no admite	no admite	no admite
Zinc	no admite	4.1	no admite	no admite	no admite	no admite
Cianuros	0.16	0.23	0.03	0.01	0.12	0.01
Cloruro	3,352	13,948	4,242	326	5,264	no admite
Sulfato	no admite	13,914	3,333	126	5,527	2,582
Fenol	3.6	29	1.9	0.66	13.1	1.8
Bis 2 (Etil Hexil)ftalato	0.34	3.0	no admite	no admite	1.1	0.17
Dimetilftalato	0.34	3.1	0.18	0.06	0.81	0.17
Dietilftalato	0.34	3.1	0.08	0.04	0.80	0.17
Cloroformo	0.47	7.0	1.13	0.09	1.1	0.37
Diclorobencenos	0.36	1.61	0.19	0.04	0.40	0.13
2,4,6 Triclorofenol	0.36	1.9	0.20	0.04	0.40	0.12
Benceno	1.8	9.3	1.03	0.21	2.0	0.61
Etilbenceno	3.6	14.0	2.1	0.43	3.2	1.2
Isoforona	43	209	25	5.1	50	15
Naftaleno	0.72	3.8	0.41	0.08	0.81	0.25
Nitrobenceno	10.9	47	6.1	1.3	12	3.7
Tetracloroetileno	1.8	5.6	1.02	0.21	1.9	0.61
Tetracloruro de Carbono	10.9	33	6.2	1.3	11.3	3.7
Tolueno	7.2	20.04	4.22	0.85	5.90	2.45

La capacidad de asimilación está en kg/d.

Tabla VI.25. Capacidad de asimilación del río Santiago y afluentes por zonas clasificadas (Continuación)

Parámetro	ZONA		
	6	7	8
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago
Grasas y Aceites	no admite	2,303	no admite
Sólidos Suspendedos Totales	no admite	no admite	no admite
Demanda Bioquímica de Oxígeno	no admite	no admite	no admite
Nitrógeno Amoniacal	no admite	17,656	no admite
Nitrógeno Total	no admite	27,392	no admite
Fósforo Total	no admite	20,176	no admite
Demanda Química de Oxígeno	no admite	no admite	no admite
Sustancias Activas al Azul de Metileno	no admite	5,373	no admite
Arsénico	11	57	11
Cadmio	no admite	10	no admite
Cobre	no admite	209	no admite
Cromo	6	96	4.3
Mercurio	no admite	0	no admite
Níquel	32	56	16
Plomo	0.05	546	8.2
Zinc	no admite	2,225	no admite
Cianuros	0.07	21	0.34
Cloruro	no admite	118,616	11,065
Sulfato	no admite	222,551	11,587
Fenol	13	11	0.0002
Bis 2 (Etil Hexil)ftalato	no admite	30	no admite
Dimetilftalato	0.9	4.8	0.00003
Dietilftalato	no admite	10	0.0005
Cloroformo	3.3	1.6	no admite
Diclorobencenos	1.6	0.47	0.0001
2,4,6 Triclorofenol	1.6	7.3	0.0002
Benceno	8.3	37	no admite
Etilbenceno	17	73	0.0001
Isoforona	200	1.7	no admite
Naftaleno	3.3	15	no admite

Parámetro	ZONA		
	6	7	8
	Río Santiago	Río Santiago	Río Santiago
Nitrobenceno	49	220	no admite
Tetracloroetileno	8.2	1.0	no admite
Tetracloruro de Carbono	50	220	no admite
Tolueno	33	2.2	0.0002

La capacidad de asimilación está en kg/d.

VI.3. Calidad del agua del río Verde

VI.3.1. Distribución de cargas en el río Verde

En las figuras VI.155 a VI.189, se muestran gráficamente las cargas de los principales contaminantes aportadas por las descargas de aguas residuales, para visualizar la importancia relativa de cada fuente de contaminación.

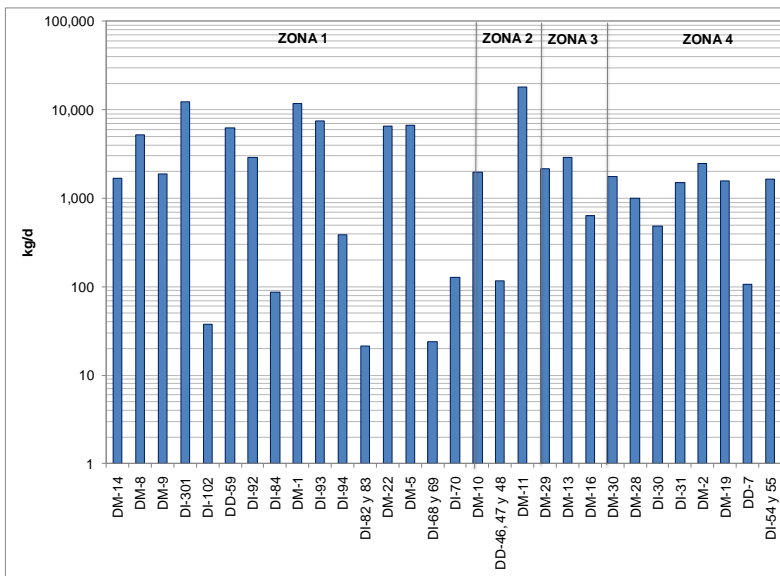


Figura VI.155. Carga de Sólidos Disueltos Totales

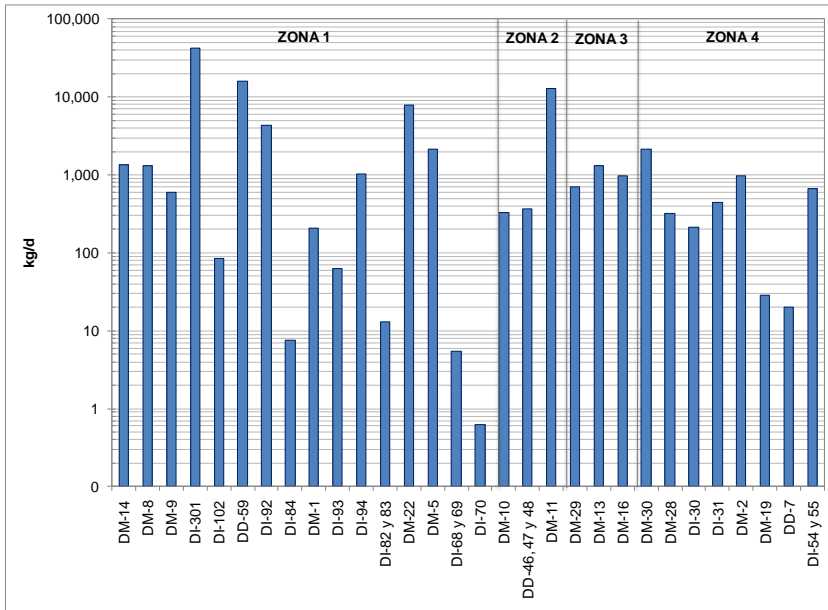


Figura VI.156. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno

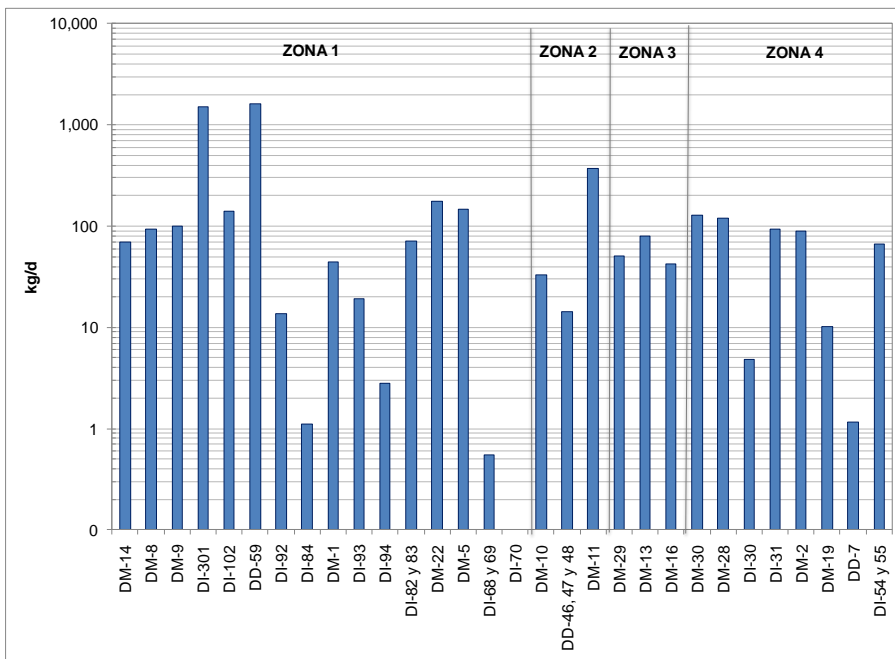


Figura VI.157. Carga de Nitrógeno Orgánico

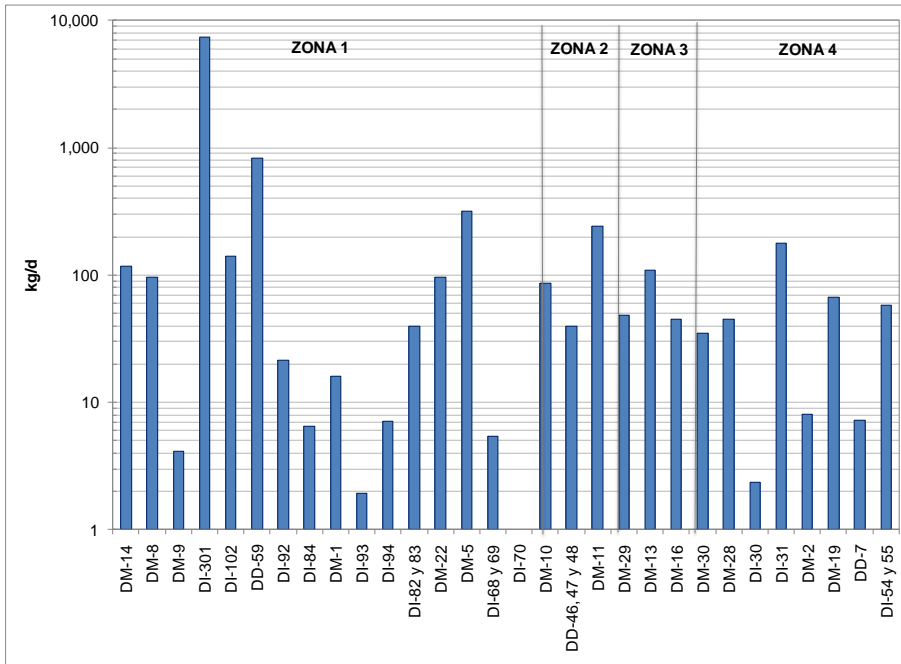


Figura VI.158. Carga de Nitrógeno Amoniacal

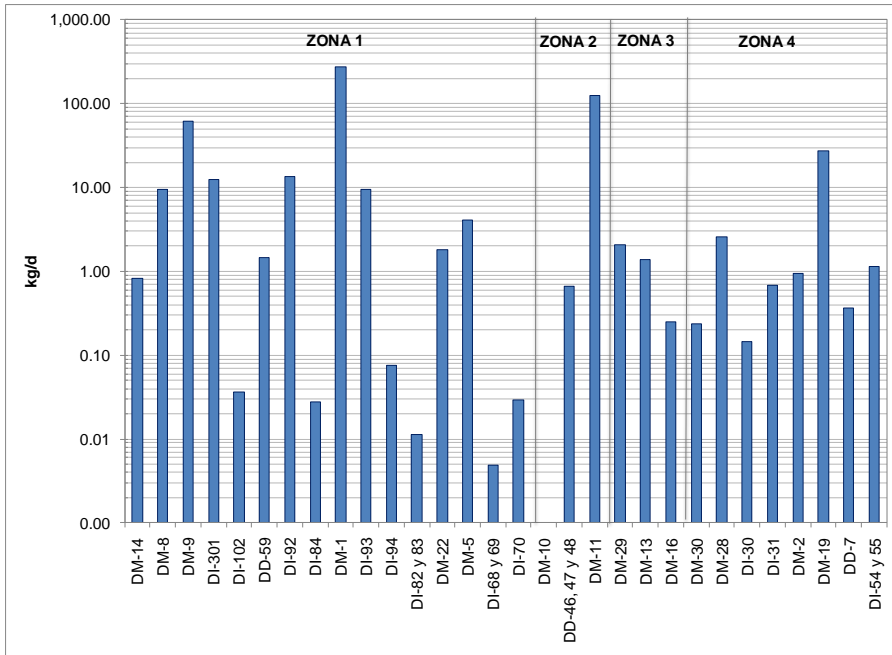


Figura VI.159. Carga de Nitratos + Nitritos

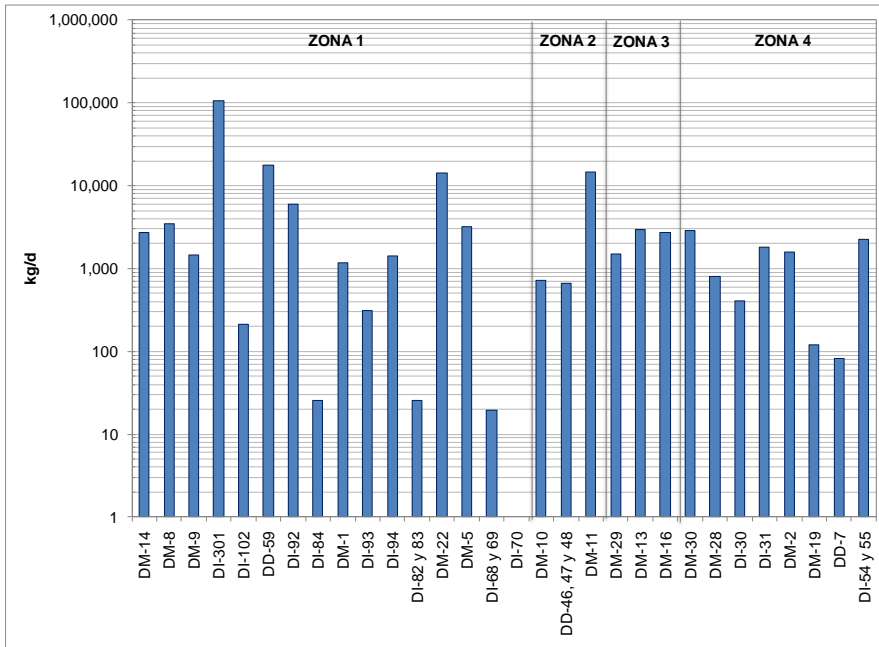


Figura VI.160. Carga de Demanda Química de Oxígeno

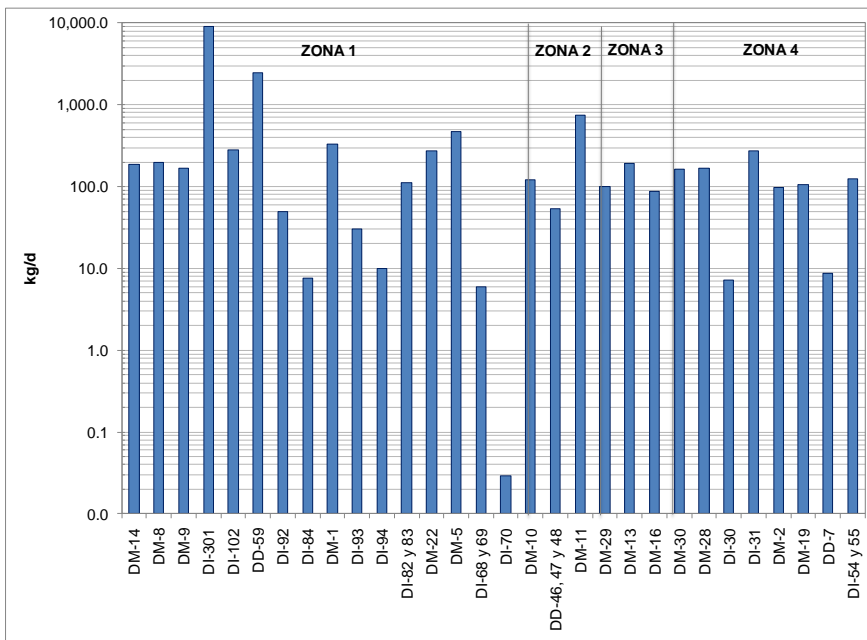


Figura VI.161. Carga de Nitrógeno Total

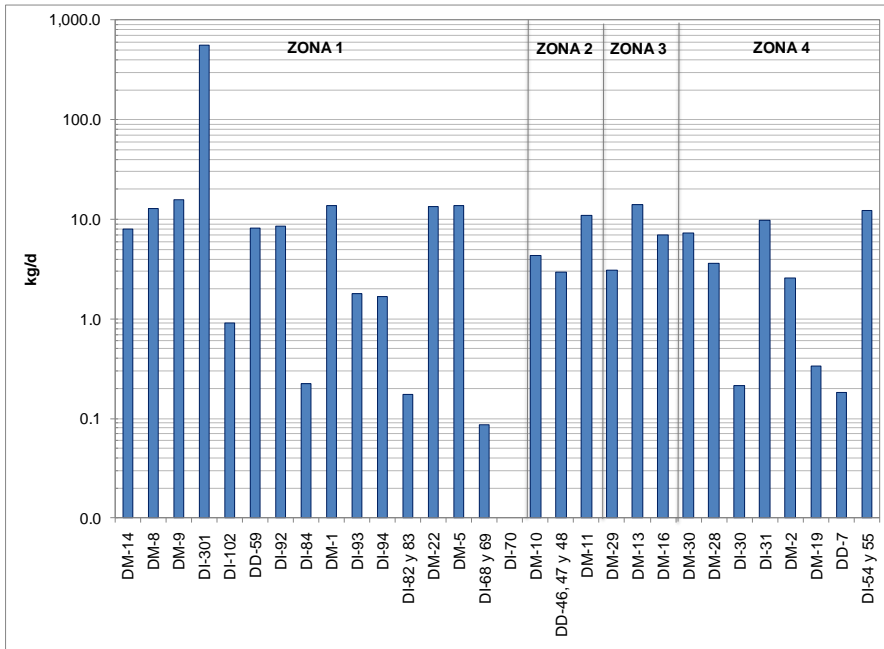


Figura VI.162. Carga de Fósforo Orgánico

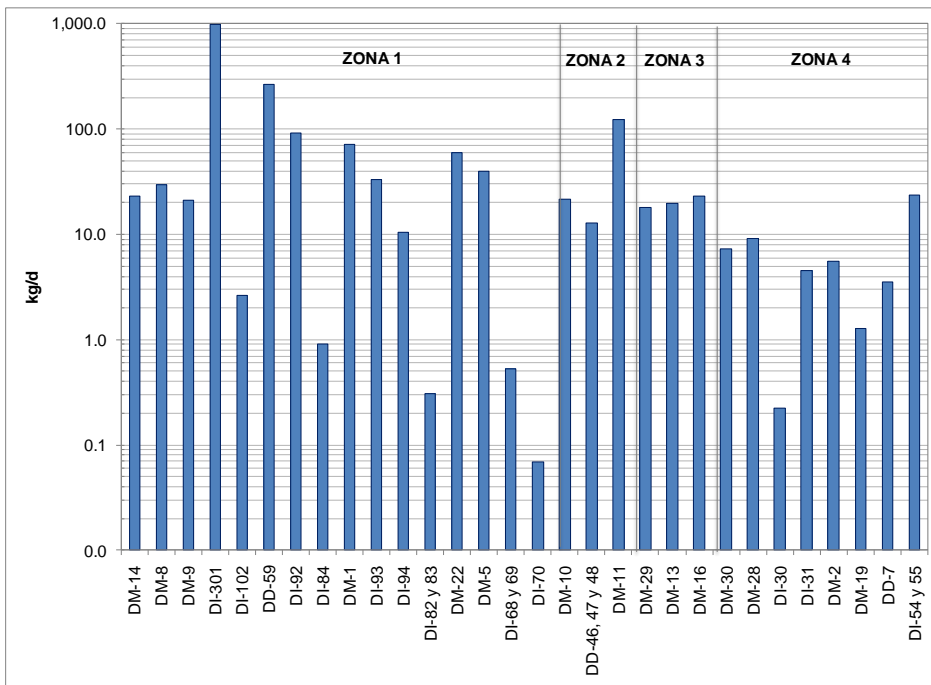


Figura VI.163. Carga de Fósforo Inorgánico

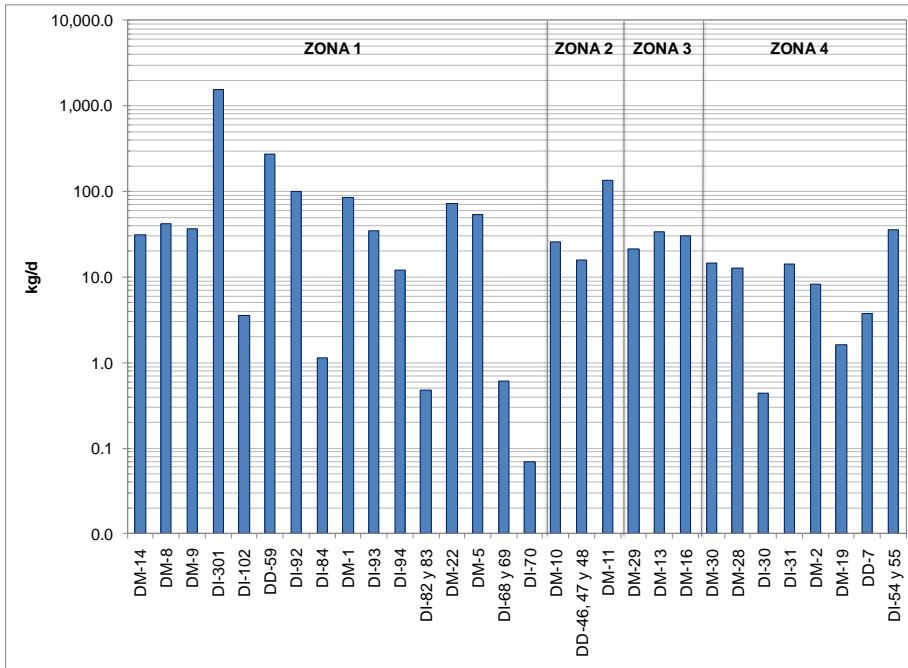


Figura VI.164. Carga de Fósforo Total

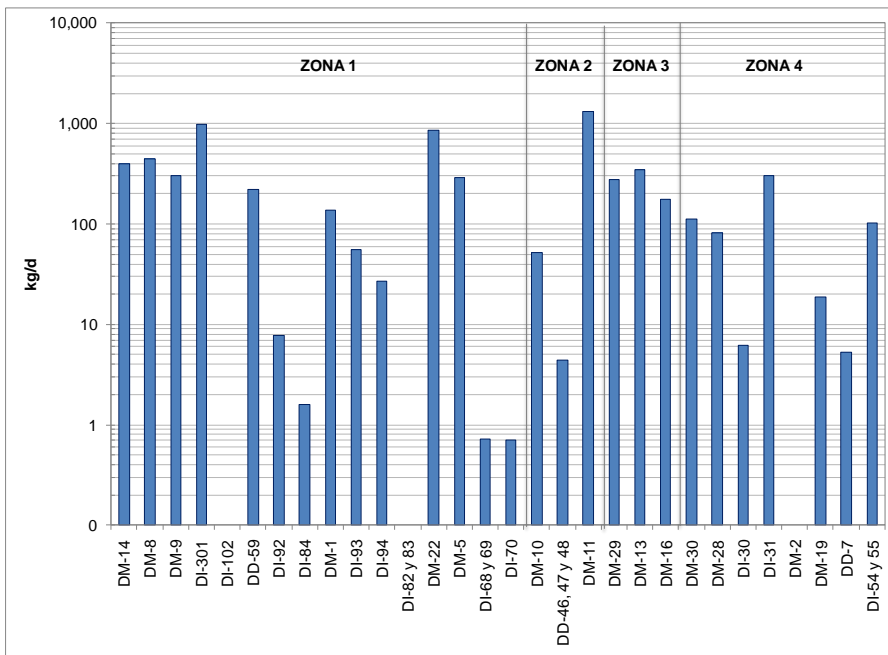


Figura VI.165. Carga de Grasas y Aceites

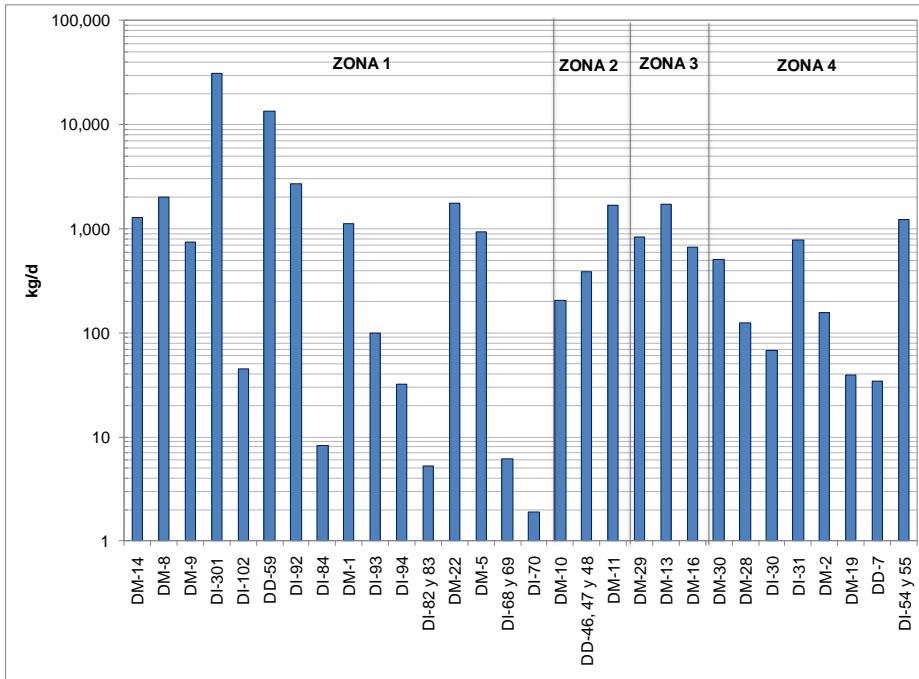


Figura VI.166. Carga de Sólidos Suspendedos Totales

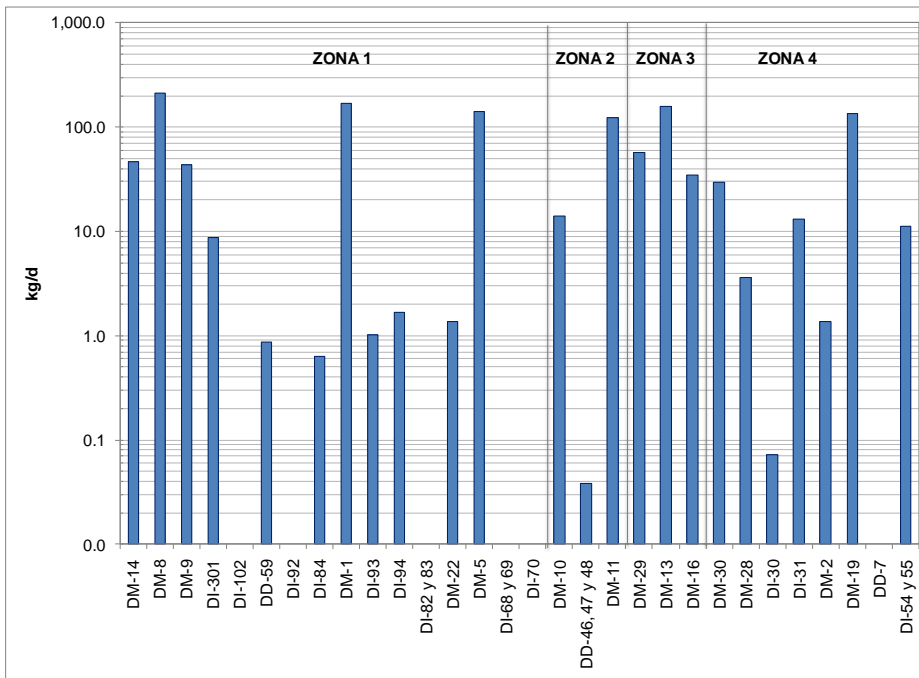


Figura VI.167. Carga de Sustancias Activas al Azul de Metileno

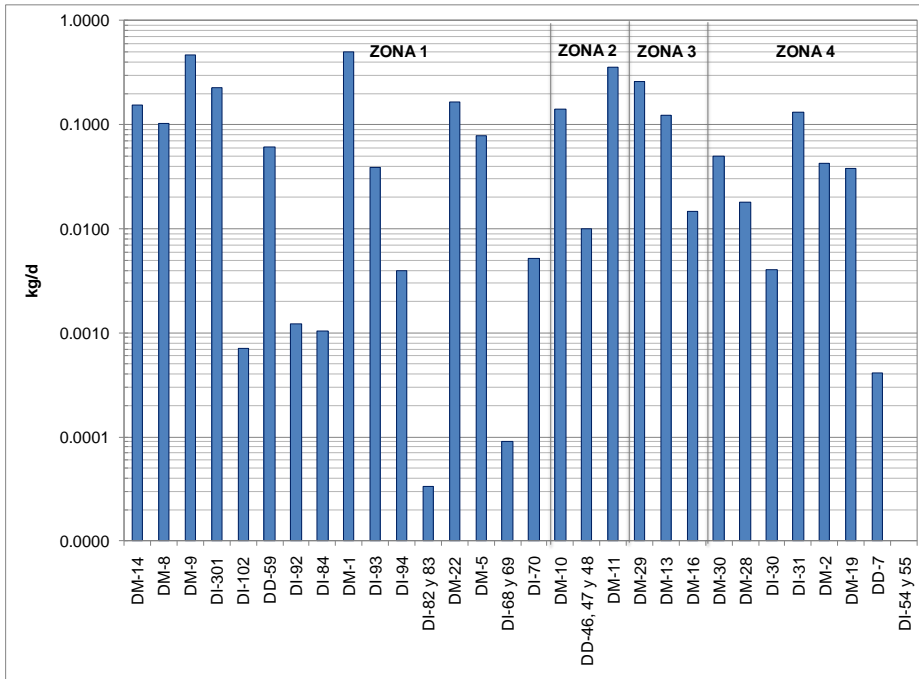


Figura VI.168. Carga de Arsénico

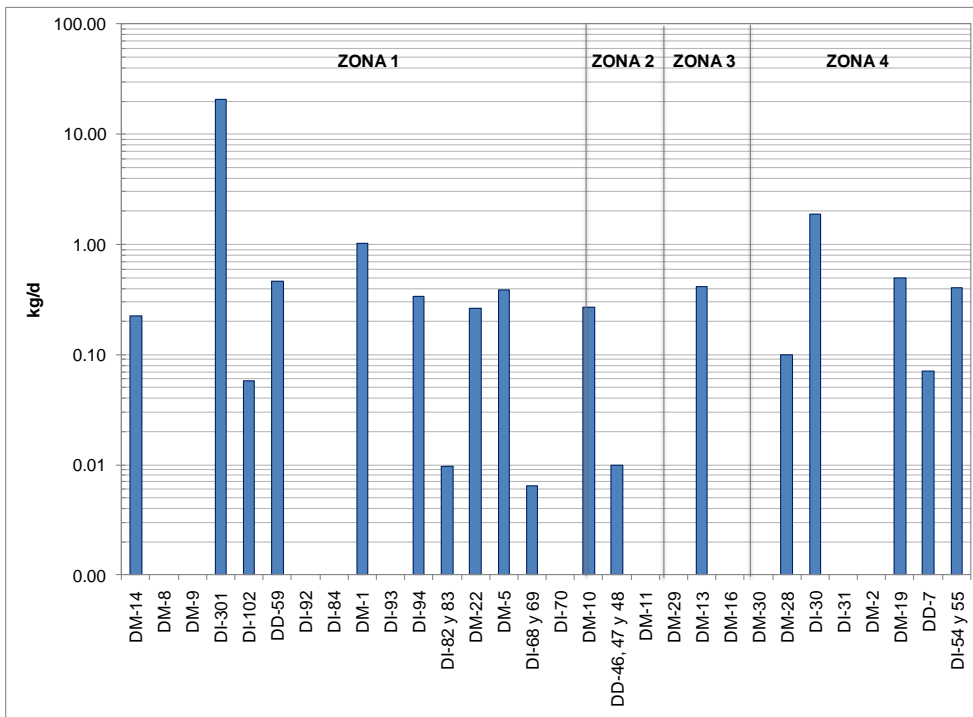


Figura VI.169. Carga de Cobre

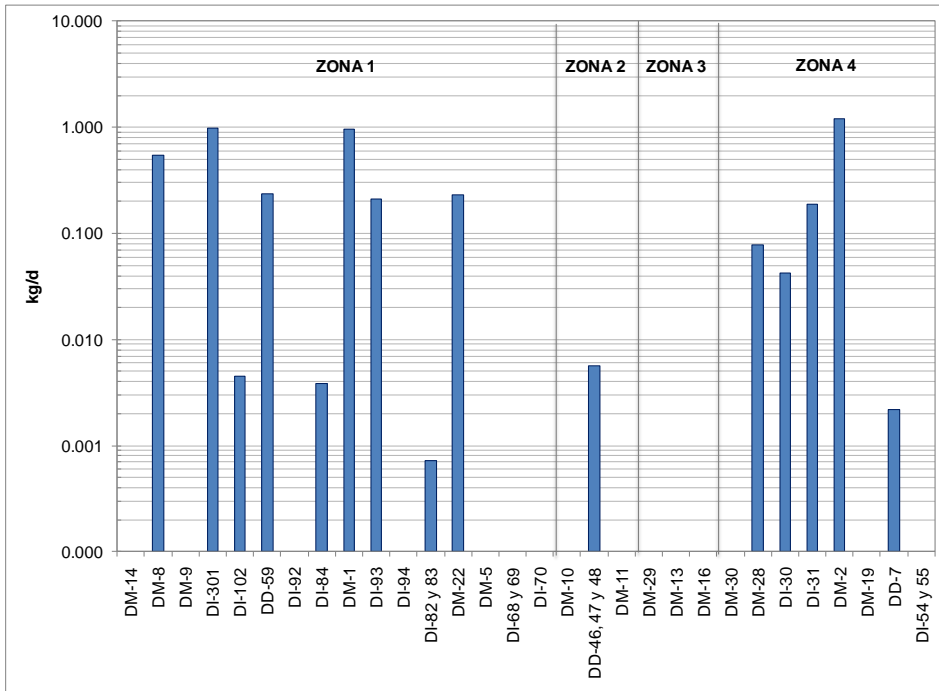


Figura VI.170. Carga de Níquel

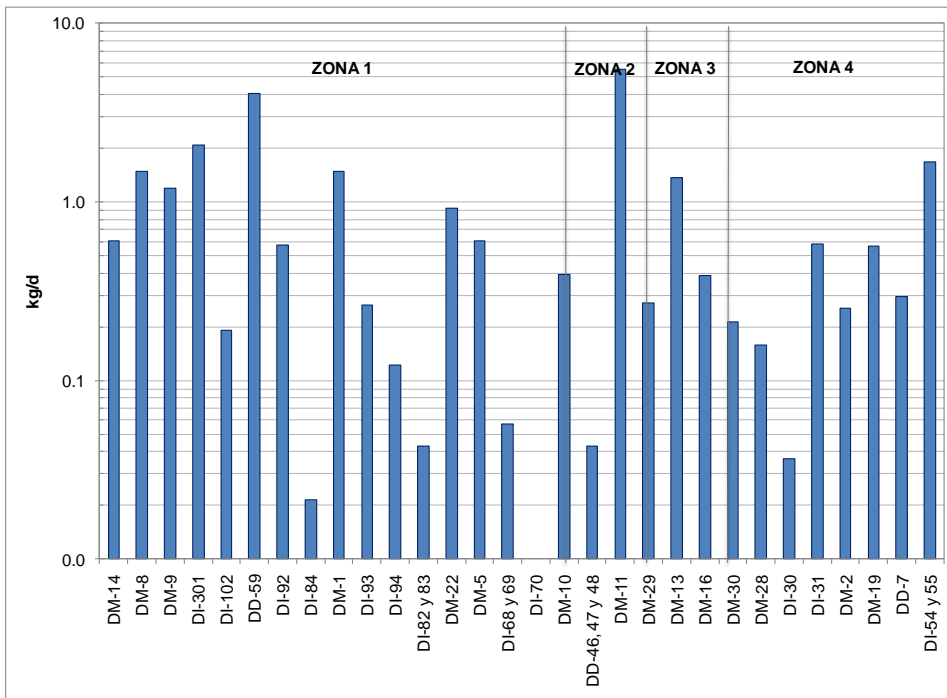


Figura VI.171. Carga de Zinc

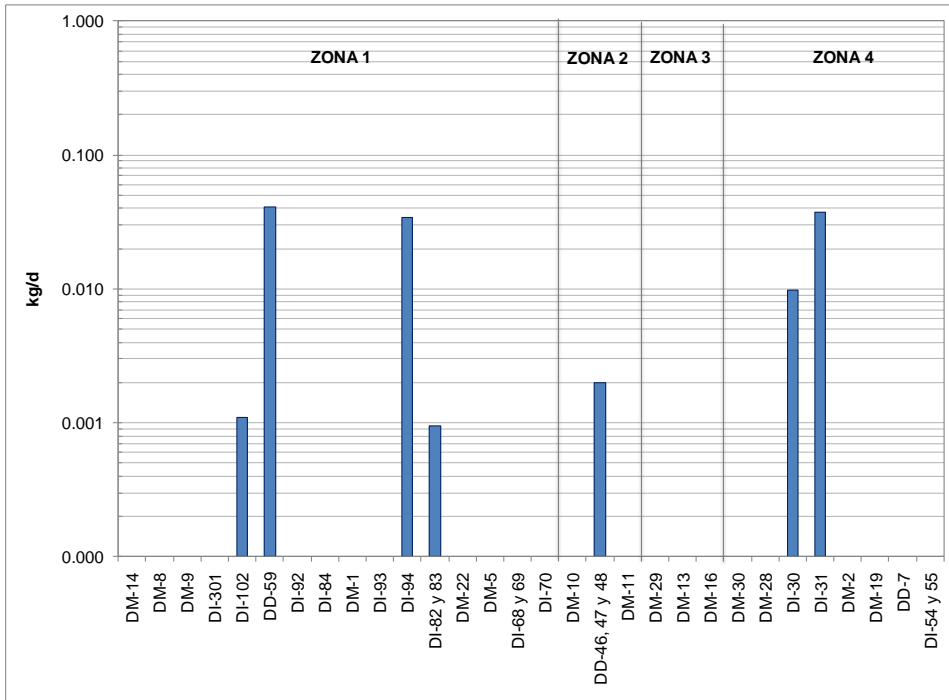


Figura VI.172. Carga de Cianuros

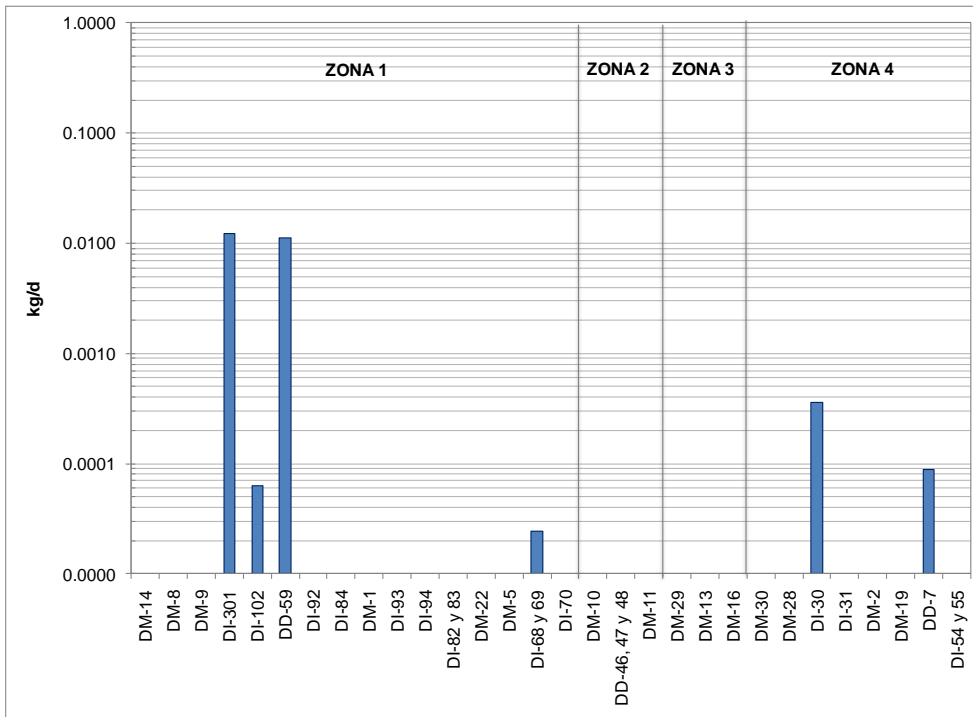


Figura VI.173. Carga de Cadmio

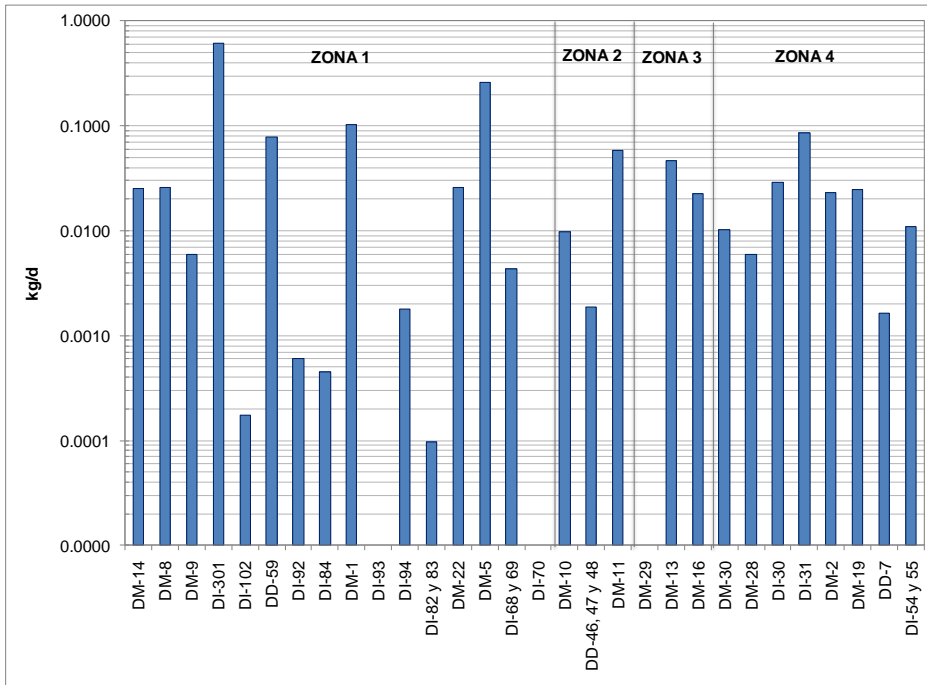


Figura VI.174. Carga de Cromo

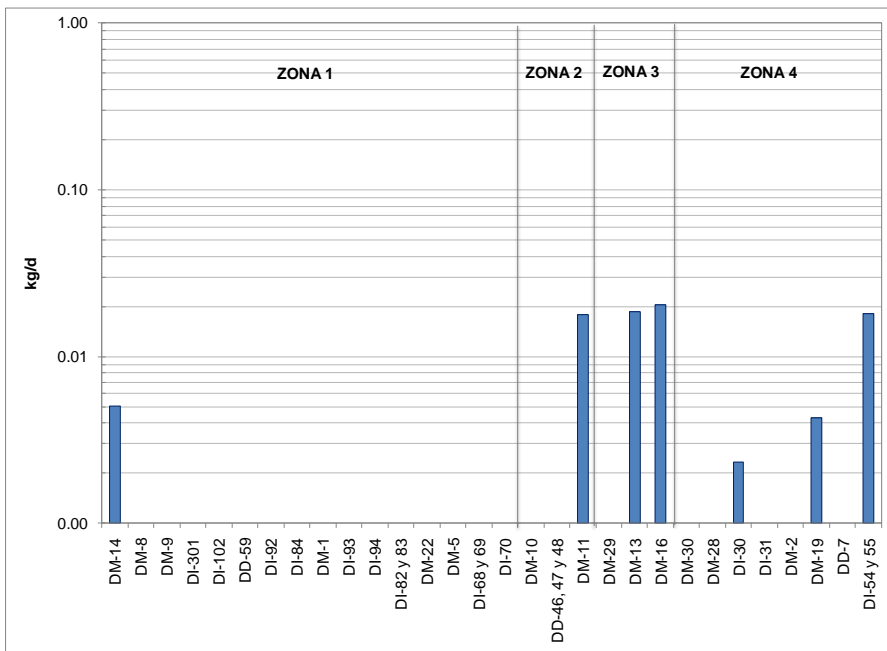


Figura VI.175. Carga de Mercurio

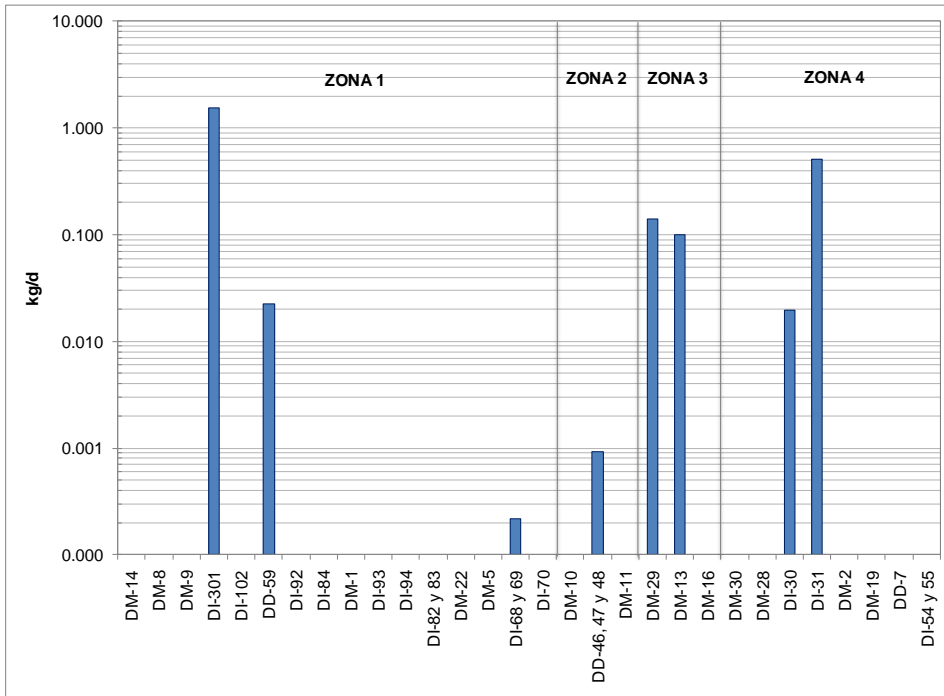


Figura VI.176. Carga de Plomo

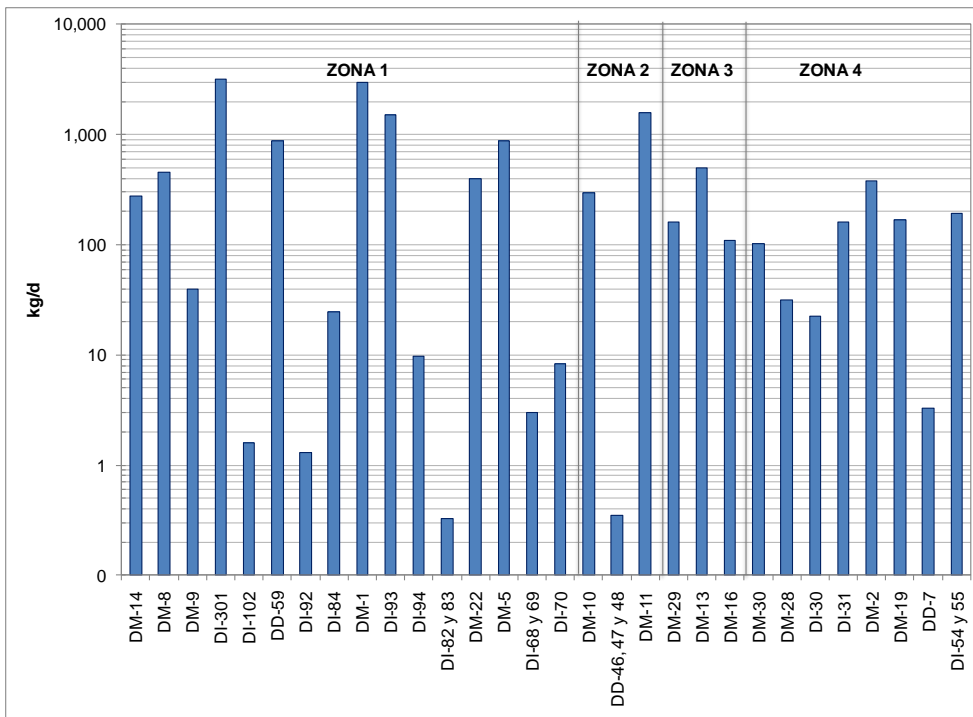


Figura VI.177. Carga de Cloruro

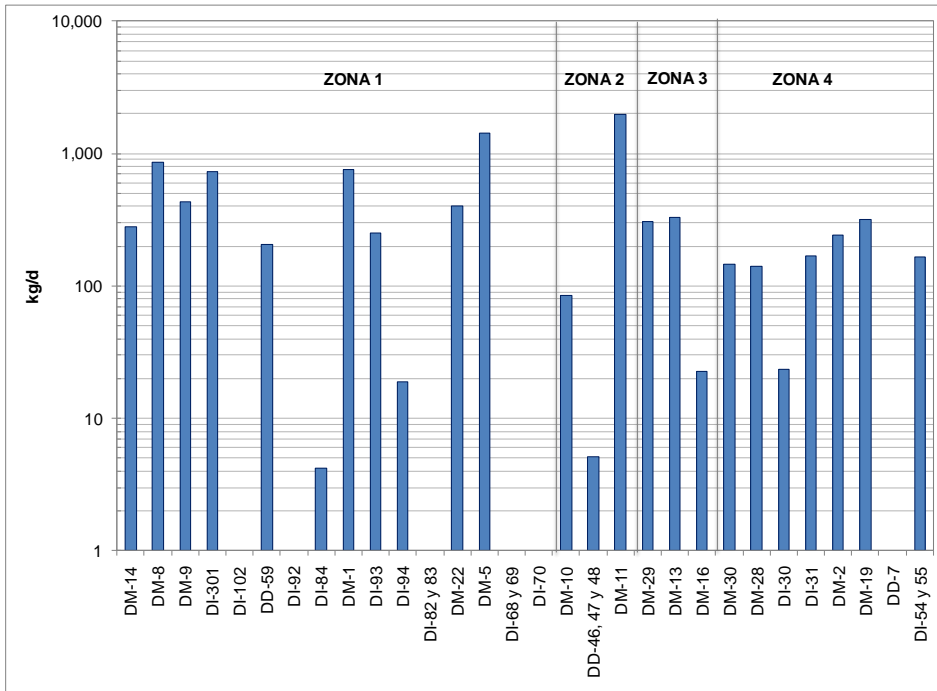


Figura VI.178. Carga de Sulfato

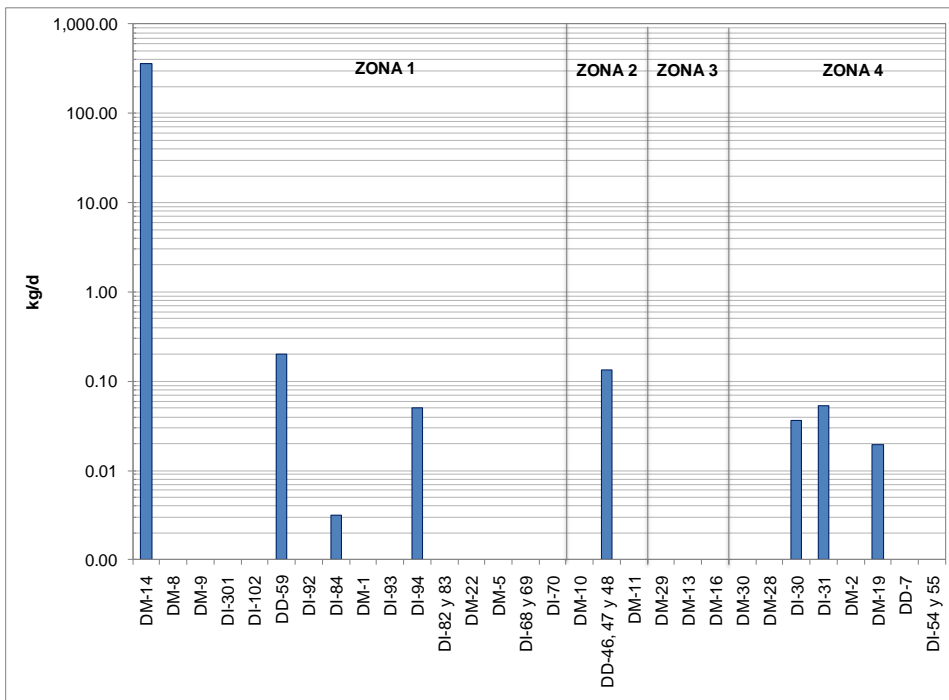


Figura VI.179. Carga de Fenoles

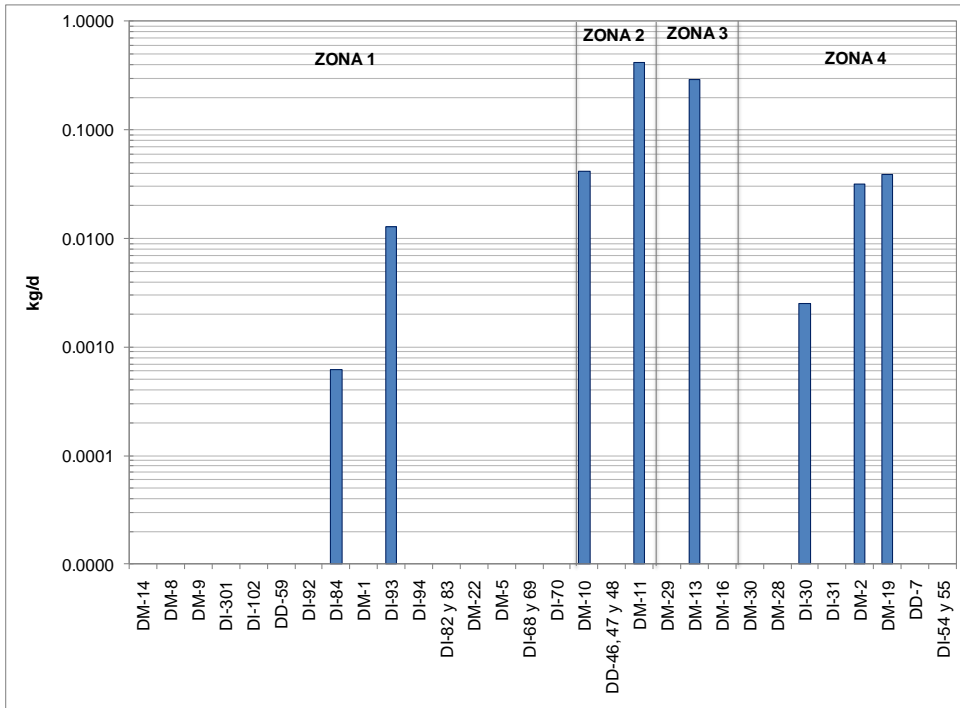


Figura VI.180. Carga de Bis(2(Etil Hexil)ftalato)

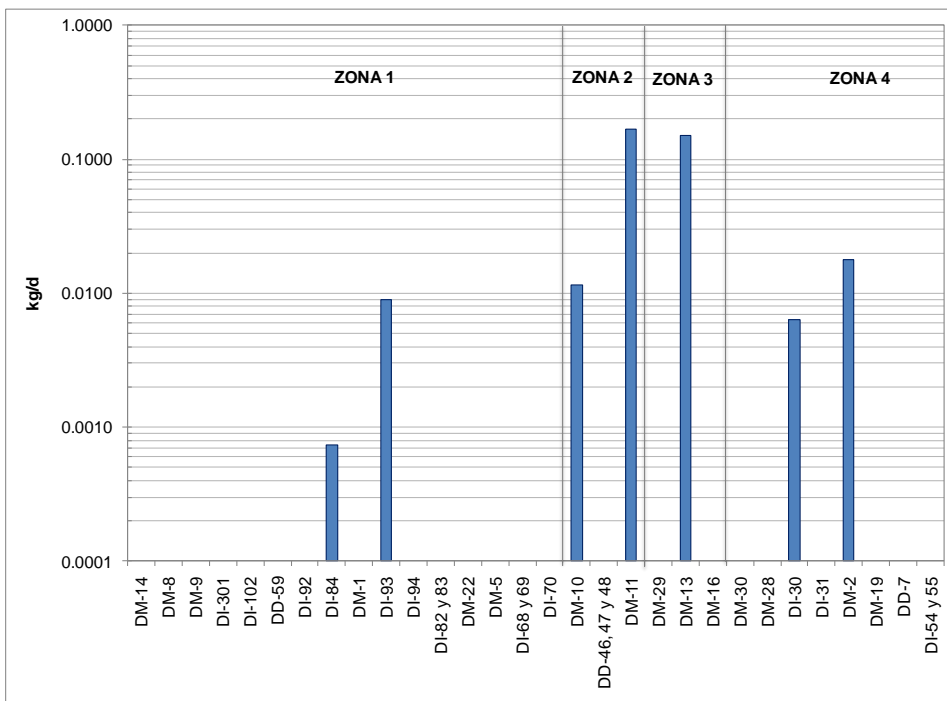


Figura VI.181. Carga de Dietilftalato

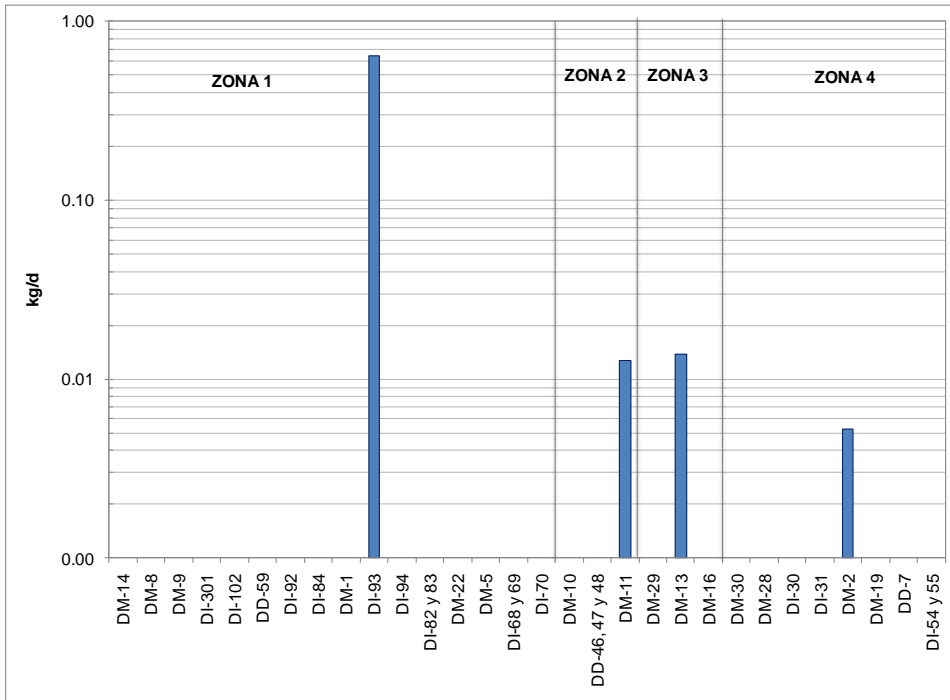


Figura VI.182. Carga de Diclorobencenos

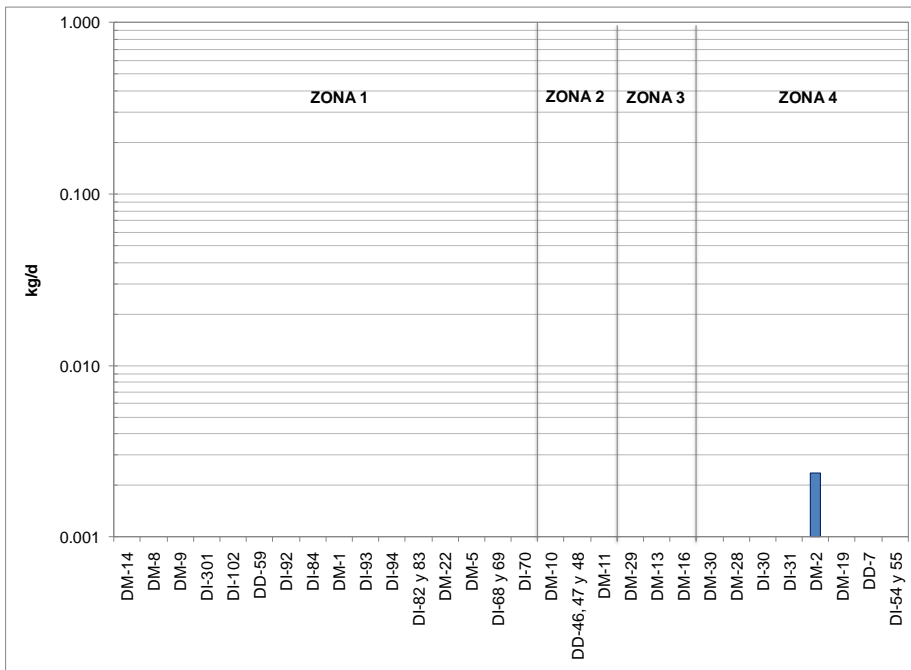


Figura VI.183. Carga de 2,4,6 Triclorofenol

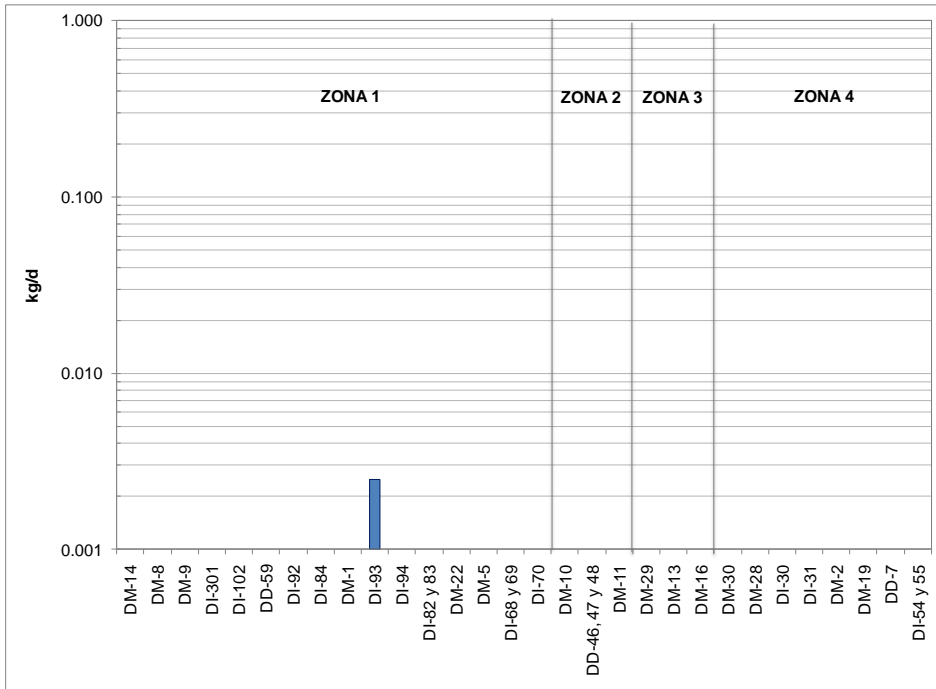


Figura VI.184. Carga de Benceno

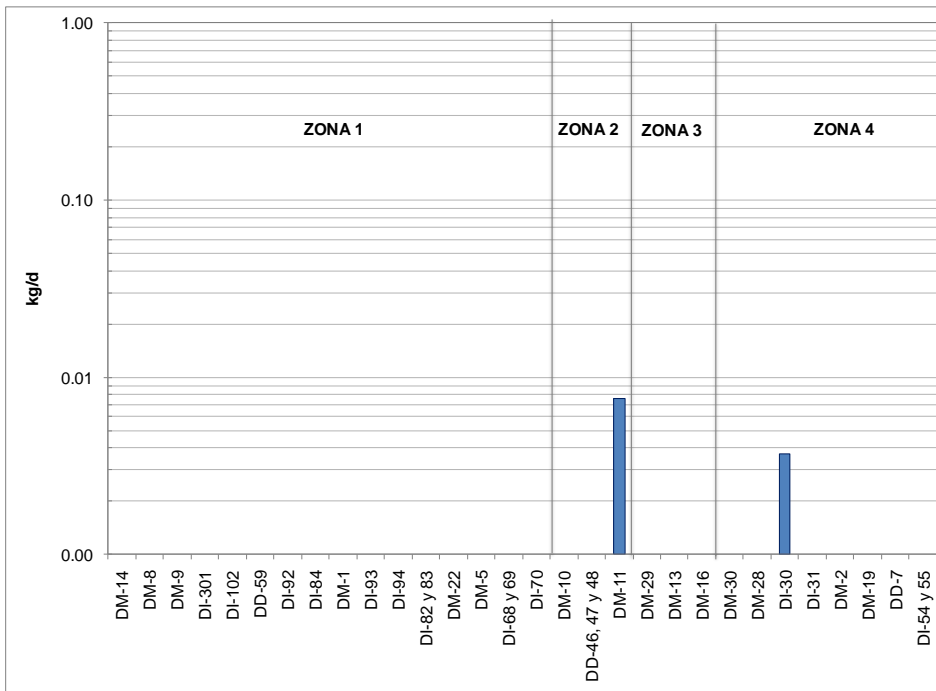


Figura VI.185. Carga de Etilbenceno

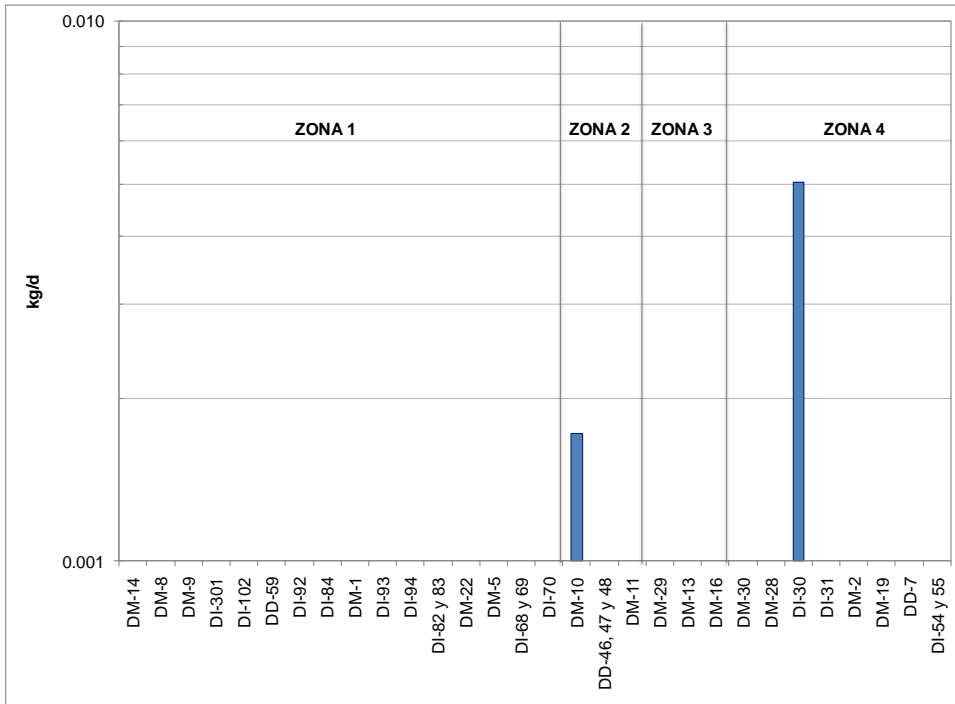


Figura VI.186. Carga de Isoforona

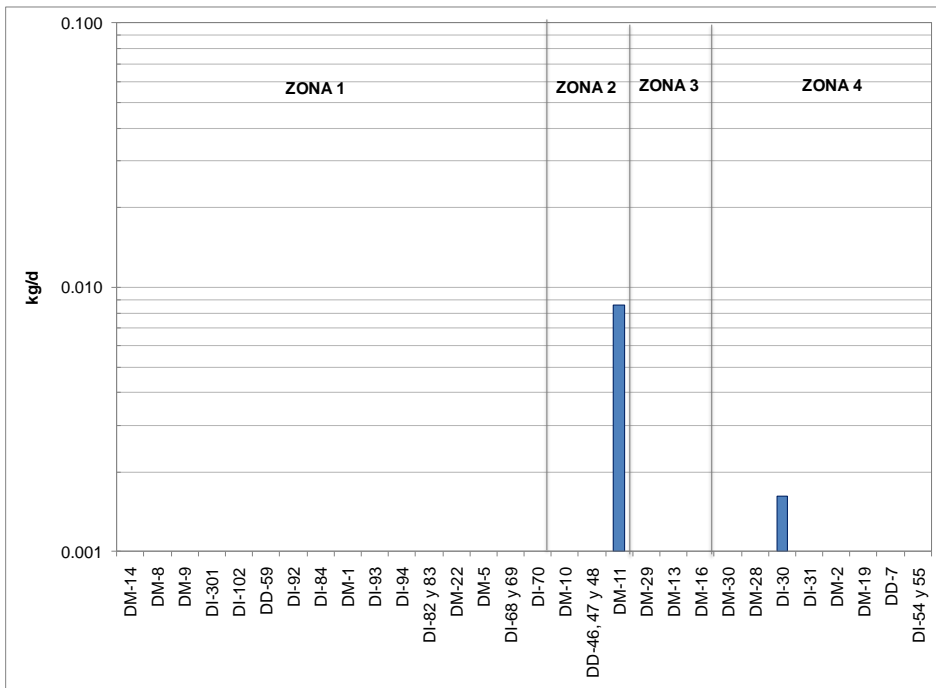


Figura VI.187. Carga de Naftaleno

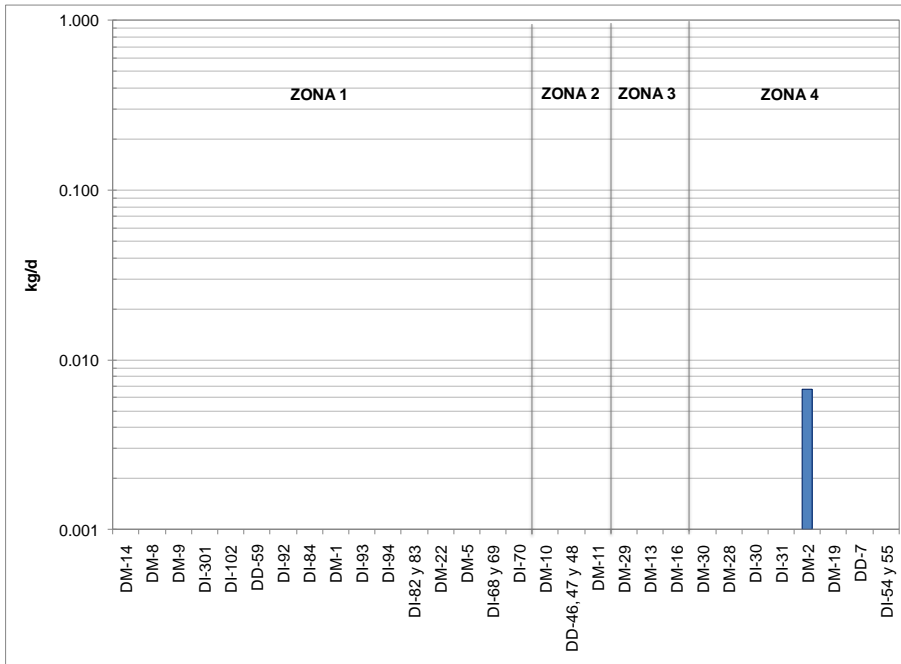


Figura VI.188. Carga de Tetracloruroetileno

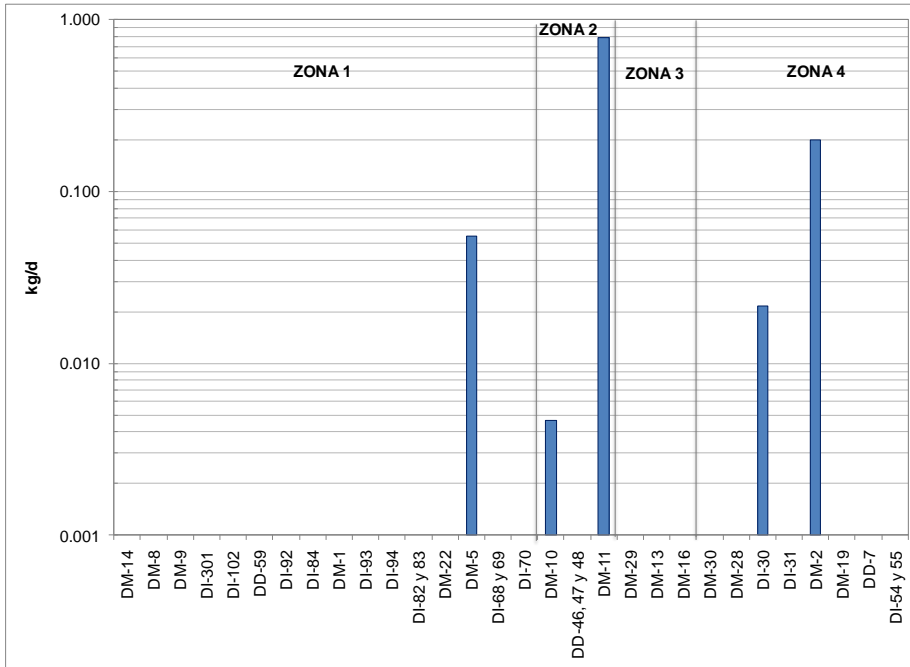


Figura VI.189. Carga de Tolueno

Como se observa en las figuras VI.227 a la VI.251, la descarga de la granja porcícola Texas (DI-301) es la que más carga aporta con los siguientes parámetros: DBO con 42,051 kg/d, Nitrógeno Amoniacal con 7,423 kg/d, Fósforo Orgánico con 563 kg/d, Fósforo Inorgánico con 993 kg/d, NT con 8,947 kg/d, PT con 1,557 kg/d, DQO con 106,415 kg/d, SST con 30,845 kg/d, Cobre con 20.7 kg/d, Cloruro con 3,208 kg/d, cadmio con 0.012 kg/g, Cromo con 0.62 kg/d y Plomo con 1.53 kg/d. En orden de magnitud, la descarga municipal San Miguel El Alto (DM-11) aporta las siguientes cargas, Sólidos Disueltos Totales con 18,167 kg/d, Grasas y Aceites con 1,305 kg/d, Sulfato con 1,975 kg/d, Bis 2 (Etil Hexil)ftalato con 0.41 kg/d, Dietilftalato con 0.17 kg/d, Zinc con 5.5 kg/d, Etilbenceno con 0.01 kg/d, Naftaleno con 0.01 kg/d y Tolueno con 0.78 kg/d. La descarga municipal de Villa Hidalgo (DM-14) aporta 362 kg/d como Fenol. La granja porcícola Safandila (DD-59) aporta 1,609 kg/d de Nitrógeno Orgánico y 0.04 kg/d de Cianuros. La descarga municipal de Encarnación Díaz aporta 212 kg/d de SAAM.

En cuanto a Sólidos Disueltos Totales, el río Verde recibe una carga total de 999,928 kg/d, de las cuales 63,390 kg/d son aportadas en la zona uno, 20,254 kg/d en la zona dos, 5,722 kg/d en la zona tres y 10,561 kg/d en la zona cuatro. La carga máxima la aporta la descarga municipal San Miguel con 18,167 kg/d, que descarga en la zona dos. El río Verde en cuanto a Demanda Bioquímica de Oxígeno, recibe un total de 98,398 kg/d, de las cuales 77,154 kg/d son aportadas en la zona uno, 13,420 kg/d en la zona dos, 2,994 kg/d en la zona tres y 4,830 kg/d en la zona cuatro. La carga máxima la aporta la granja porcícola Texas con 42,052 kg/d, que descarga en la zona uno. Con respecto al Nitrógeno Total, el río Verde recibe una carga total de 15,744 kg/d, de las cuales 13,503 kg/d son aportadas en la zona uno, 912 kg/d en la zona dos, 381 kg/d en la zona tres y 271 kg/d en la zona cuatro. La carga máxima la aporta la granja porcícola Texas con 8,947 kg/d, que descarga en la zona uno. En cuanto al Fósforo Total, el río Verde recibe una carga total de 2,657 kg/d, de las cuales 2,304 kg/d son aportadas en la zona uno, 177 kg/d en la zona dos, 85 kg/d en la zona tres y 92 kg/d en la zona cuatro. La carga máxima la aporta la granja porcícola Texas con 1,557 kg/d, que descarga en la zona uno. La Demanda Química de Oxígeno aportada al río Verde es de 191,625 kg/d, de las cuales 158,344 kg/d corresponden a la zona uno, 16,179 kg/d a la zona dos, 7,178 kg/d a la zona tres y 2,903 kg/d a la zona cuatro. La carga máxima la aporta la granja porcícola Texas con 106,415 kg/d, que descarga en la zona uno. Respecto a los Sólidos Suspendidos Totales, el río Verde recibe una carga total de 63,524 kg/d, de las cuales 55,107 kg/d son aportadas en la zona uno, 2,270 kg/d en la zona dos, 3,208 kg/d en la zona tres y 2,939 kg/d en la zona cuatro. La carga máxima la aporta la granja porcícola Texas con 30,845 kg/d, que descarga en la zona uno. En cuanto a Grasas y Aceites, el río Verde recibe una carga total de 6,512 kg/d, de las cuales 3,719 kg/d son aportadas en la zona uno, 1,361 kg/d en la zona dos, 801 kg/d en la zona tres y 631 kg/d en la zona cuatro. La carga máxima la aporta la descarga municipal San Miguel El Alto con 1,305 kg/d, que descarga en la zona dos.

VI.3.2. Balance de caudales

Los caudales en las estaciones sobre el río Verde y sobre los afluentes se obtuvieron de las campañas de aforo efectuadas durante el estudio, tabla VI.26.

Tabla VI.26. Distribución de caudales en el río Verde

Estación	Nombre de descarga	Caudal (L/s)
V1	Río Verde en Chilarillo (Inicio)	84.00
DM-14	Villa Hidalgo	38.98
DM-8	Encarnación Díaz	100.00
DM-9	Teocaltiche	68.50
DI-301	G. P. Texas	119.00
DI-102	G. P. Safandila en 18 de Marzo	0.33
DD-59	G. P. Safandila	23.80
DI-92	Industria Lagos de Moreno	2.72
DI-84	PTAR del Parque Industrial Lagos de Moreno	0.79
DM-1	Lagos de Moreno	219.50
DI-93	Sigma Alimentos	34.80
DI-94	Bachoco	7.20
DI-82 y 83	G. P. 1 y 2 en San José del Protero	0.10
DM-22	Unión de San Antonio	75.20
AL-1	San Julián	16.33
DM-5	San Juan de los Lagos	154.9
DI-70	G. P. 1, 2 y 3 aguas arriba de la Jara Santa Rosa	1.00
DI-68 y 69	G. P. 1 y 3 aguas arriba de la Jara Santa Rosa	0.14
V3	Río Verde aguas abajo del río Lagos	818
DM-10	PTAR Jalostitlán	40.57
DD-46, 47 y 48	G. P. El Mayoral	0.82
DM-11	PTAR San Miguel el Alto	60.00
V4	Río Verde aguas abajo del río La Laja	1,024
AV4	Río Ipalco	380
DM-29	PTAR Meticacán	14.20
DM-13	Yahualica de González Gallo	89.70
DM-16	PTAR Capilla de Guadalupe	28.00
DM-30	Pegueros	6.36
DM-28	Valle de Guadalupe	17.00
V6	Río Verde en La Cuña	1,710
DI-31	Tepatitlán	36.10
DI-30	Envases y plásticos Titán	5.18
DM-2	PTAR Tepatitlán de Morelos	63.90
DD-7	G. P. Sin nombre	1.50
DM-19	Acatic	35.40
DI-54 y 55	G. P. en la Cofradía	55.00
V8	Río Verde en el Purgatorio	2,340

Con el fin de estimar las diferencias de caudales en cada zona, se efectúa un balance, de tal manera que conociendo los caudales al inicio y al final de cada zona y conociendo las aportaciones y/o extracciones a lo largo de la zona, se puede estimar el caudal no cuantificado, definido como ΔQ , y dado por la siguiente expresión:

$$\Delta Q = Q_f - Q_i - Q_a + Q_d$$

Donde: ΔQ = Incremento o decremento de caudal (L/s)

Q_f = Caudal al final de la zona (L/s)

Q_i = Caudal al inicio de la zona (L/s)

Q_a = Caudal de afluentes y/o descargas (L/s)

Q_d = Caudal de derivaciones y/o aprovechamientos (L/s)

De esta manera el balance por zonas se describe como sigue:

Zona 1

V1	84.00
DM-14	38.98
DM-8	100.00
DM-9	68.50
DI-301	119.00
DI-102	0.33
DD-59	23.80
DI-92	2.72
DI-84	0.79
DM-1	219.50
DI-93	34.80
DI-94	7.20
DI-82 y 83	0.10
DM-22	75.20
AL-1	16.33
DM-5	154.9
DI-70	1.00
DI-68 y 69	0.14
V3	818
ΔQ	$818 - (84 + 38.98 + 100 + 68.5 + 119 + 0.33 + 23.8 + 2.72 + 0.79 + 219.5 + 34.8 + 7.2 + 0.1 + 75.2 + 16.33 + 154.9 + 1 + 0.14)$
	= -129.29 L/s.

Zona 2

V3	818
DM-10	40.57
DD-46, 47 y 48	0.82

DM-11	60.00
V4	1,024
ΔQ	1,024 – (818+40.57+0.82+60)
	= 104.61 L/s.

Zona 3

V4	1,024
AV4	380
DM-29	14.20
DM-13	89.70
DM-16	28.00
DM-30	6.36
DM-28	17.00
V6	1,710
ΔQ	1,710 – (1,024+380+14.2+89.7+28+6.36+17)
	= 150.74 L/s.

Zona 4

V6	1,710
DI-31	36.10
DI-30	5.18
DM-2	63.90
DD-7	1.50
DM-19	35.40
DI-54 y 55	55.00
V8	2,340
ΔQ	2,340 – (1,710+36.1+5.18+63.9+1.5+35.4+55)
	= 432.92 L/s.

VI.3.3. Resultados de modelaciones en el Río Verde

Los resultados de las simulaciones para el río Verde con el QUAL2K se presentan en las figuras VI.190 a VI.226, en donde se muestran las concentraciones actuales y los tres plazos de cumplimiento para los principales parámetros modelados.

Los archivos generados por el QUAL2K, que contiene los datos de entrada, son *qual2ek_verde_obs_e1.xls*, *qual2ek_verde_nom_e1.xls*, *qual2ek_verde_int_e1.xls*, y *qual2ek_verde_lfd_e1.xls* y se encuentran dentro de los productos entregables en el disco óptico anexo.

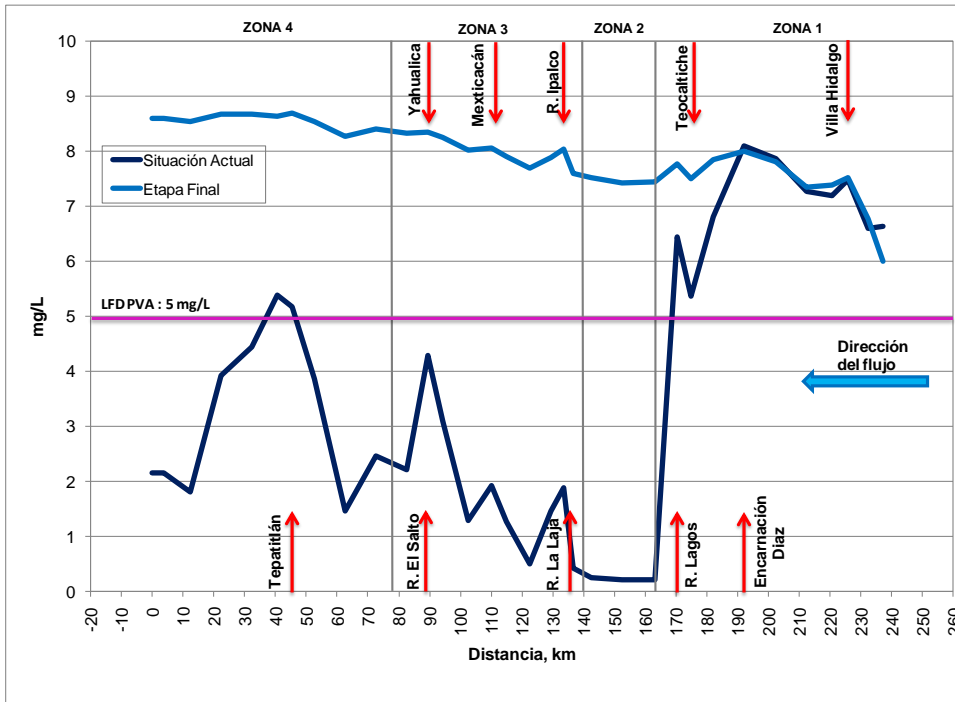


Figura VI.190. Resultado para Oxígeno Disuelto en el río Verde

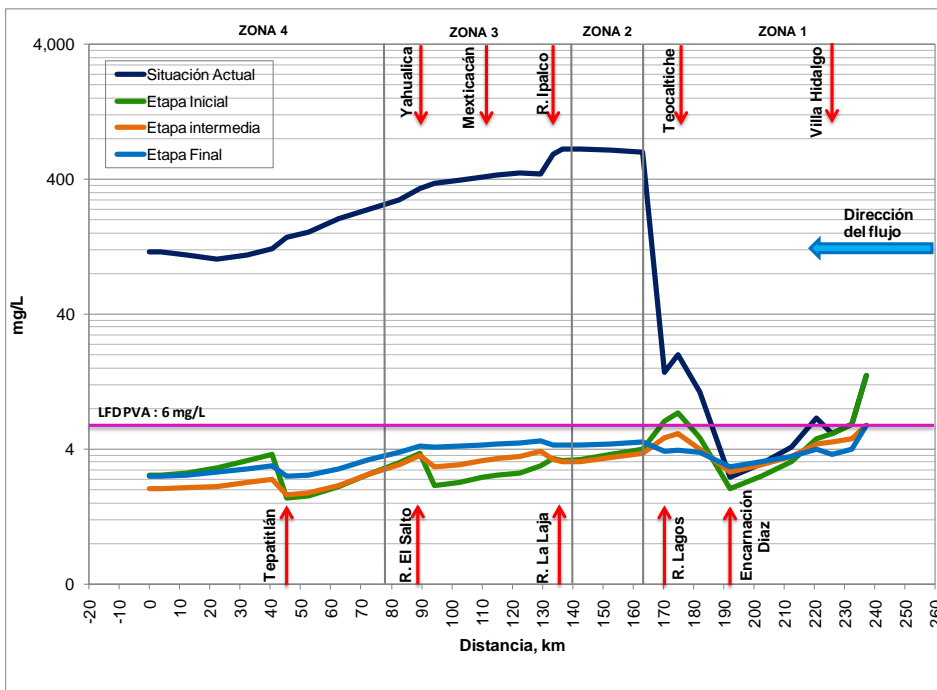


Figura VI.191. Resultado para Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Verde

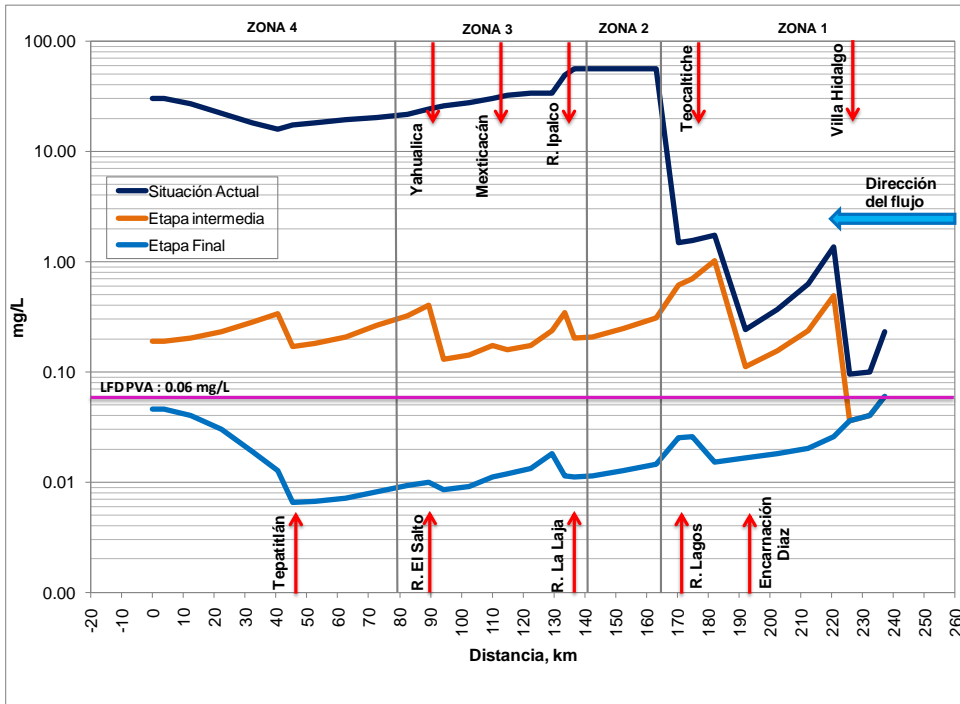


Figura VI.192. Resultado para Nitrógeno Amoniacal en el río Verde

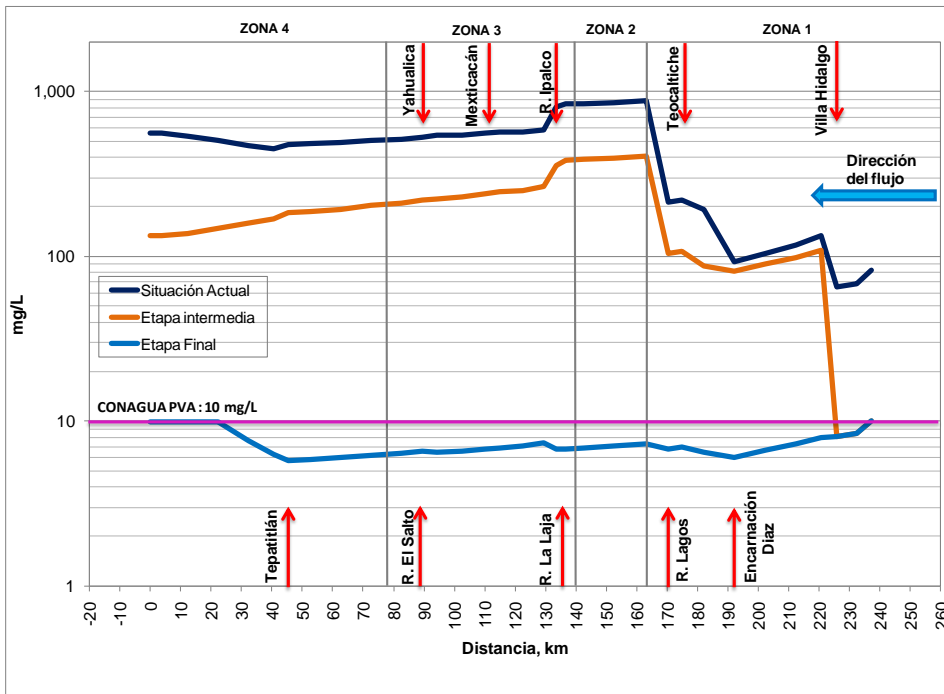


Figura VI.193. Resultado para Demanda Química de Oxígeno en el río Verde

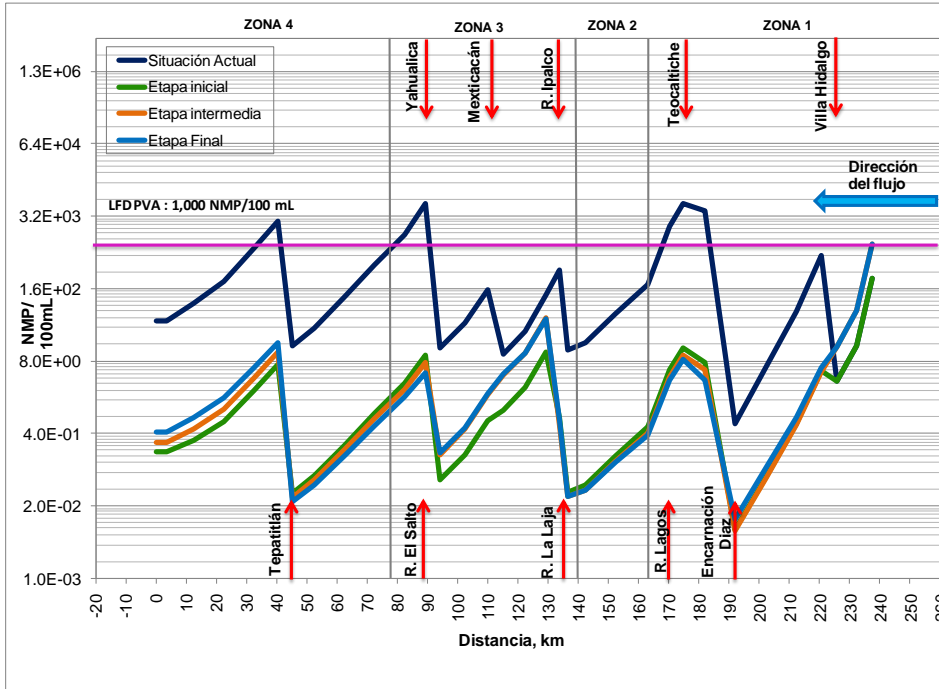


Figura VI.194. Resultado para Coliformes Fecales en el río Verde

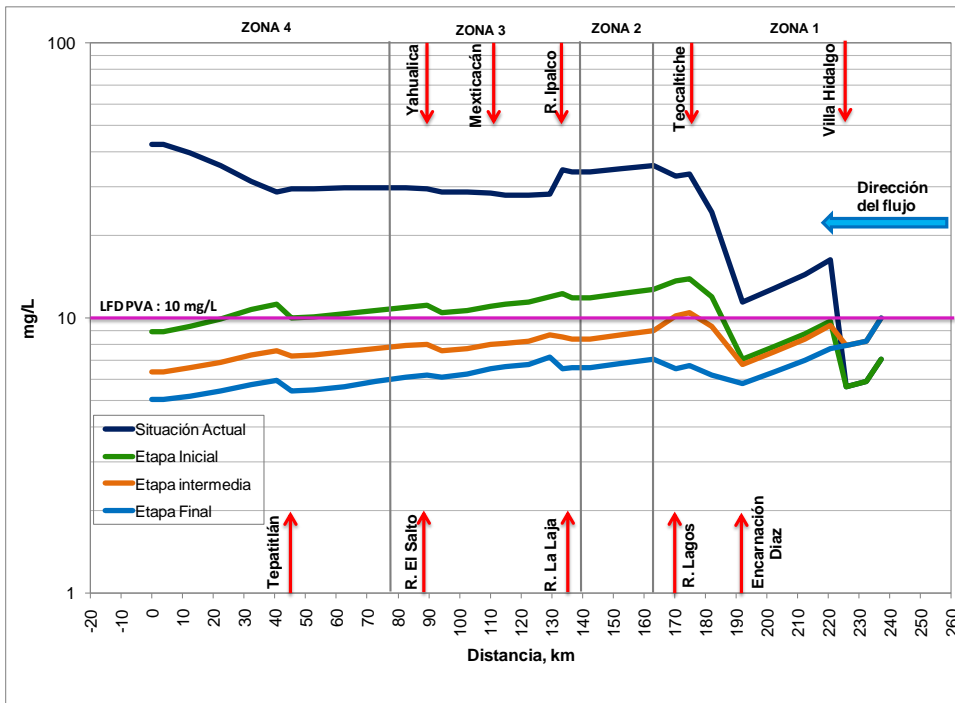


Figura VI.195. Resultado para Grasas y Aceites en el río Verde

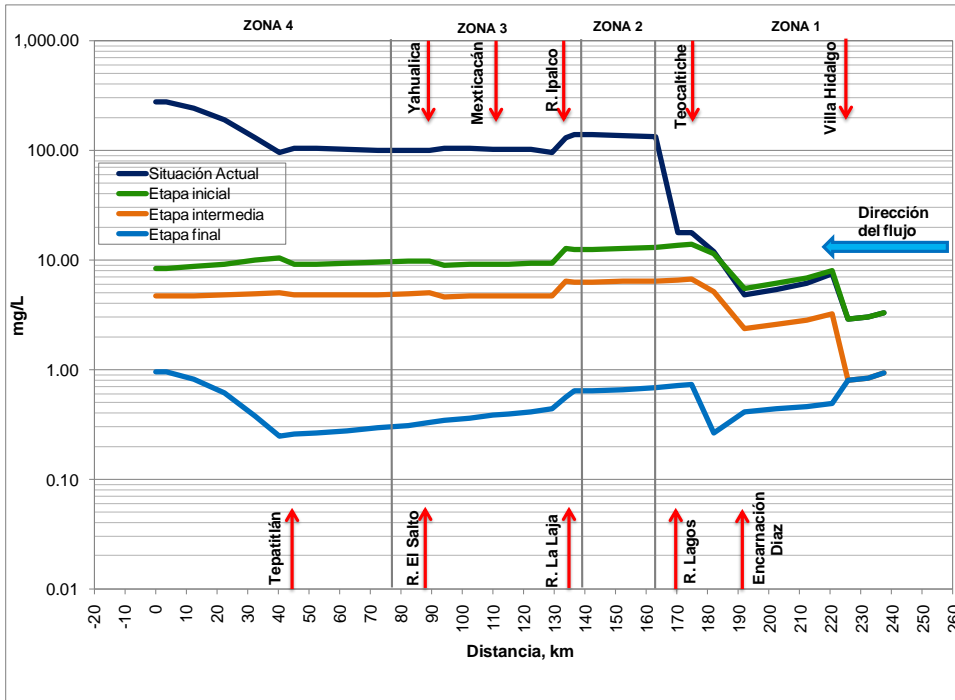


Figura VI.196. Resultado para Nitrógeno Total en el río Verde

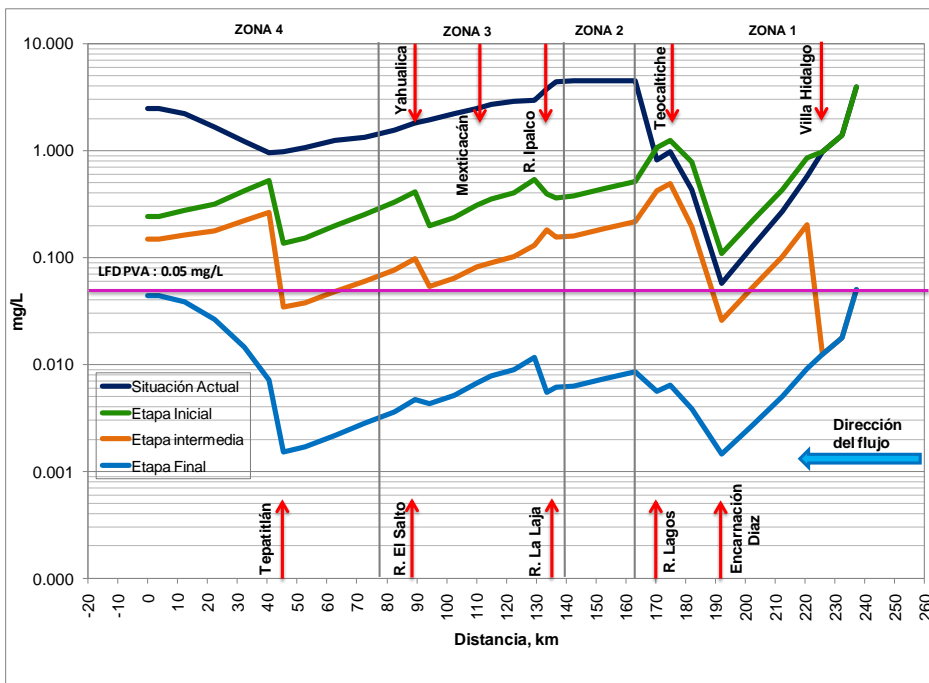


Figura VI.197. Resultado para Fósforo Total en el río Verde

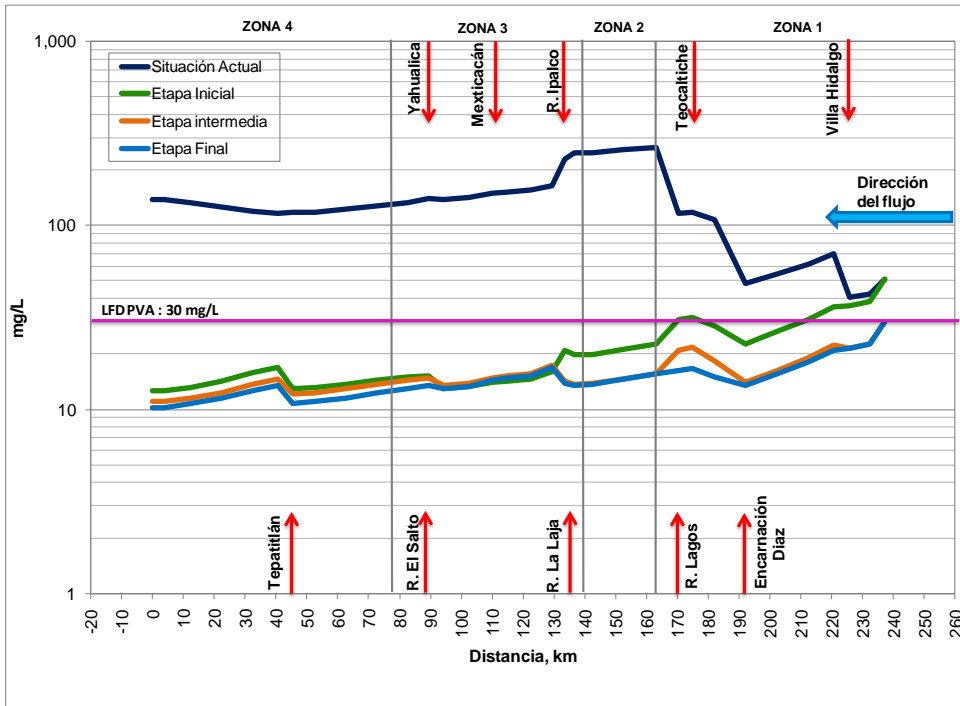


Figura VI.198. Resultado para Sólidos Suspensos Totales en el río Verde

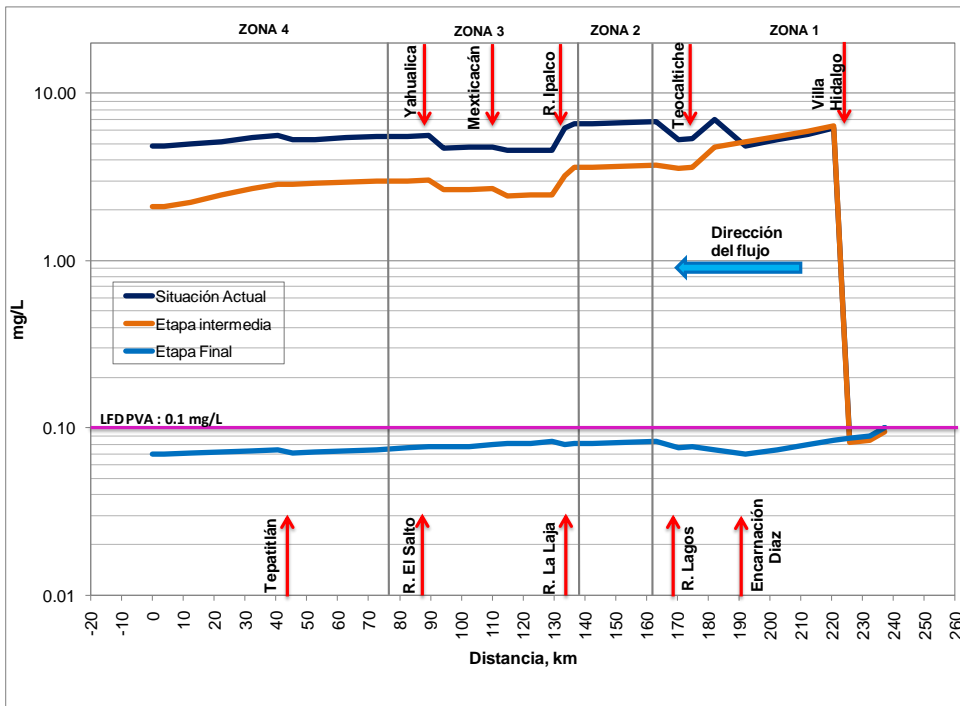


Figura VI.199. Resultado para Sustancias Activas al Azul de Metileno en el río Verde

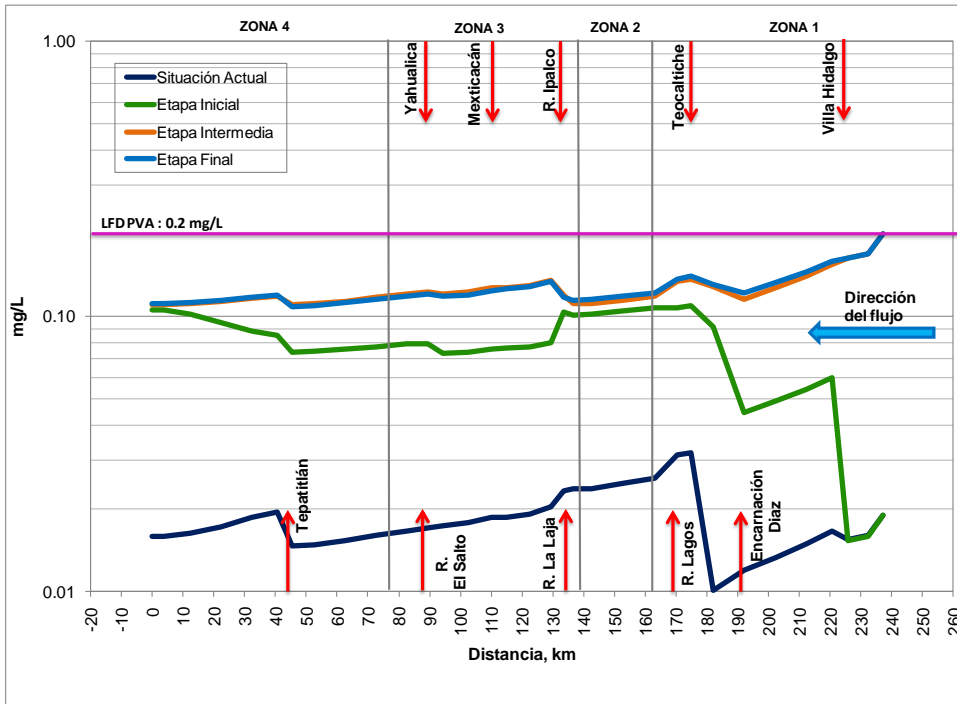


Figura VI.200. Resultado para Arsénico en el río Verde

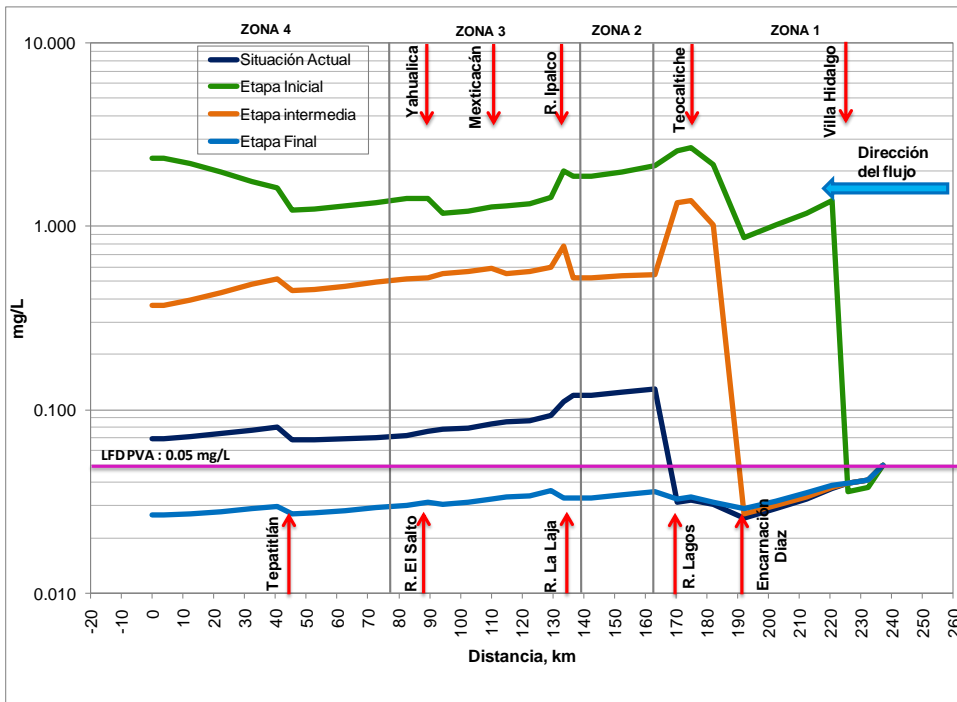


Figura VI.201. Resultado para Cobre en el río Verde

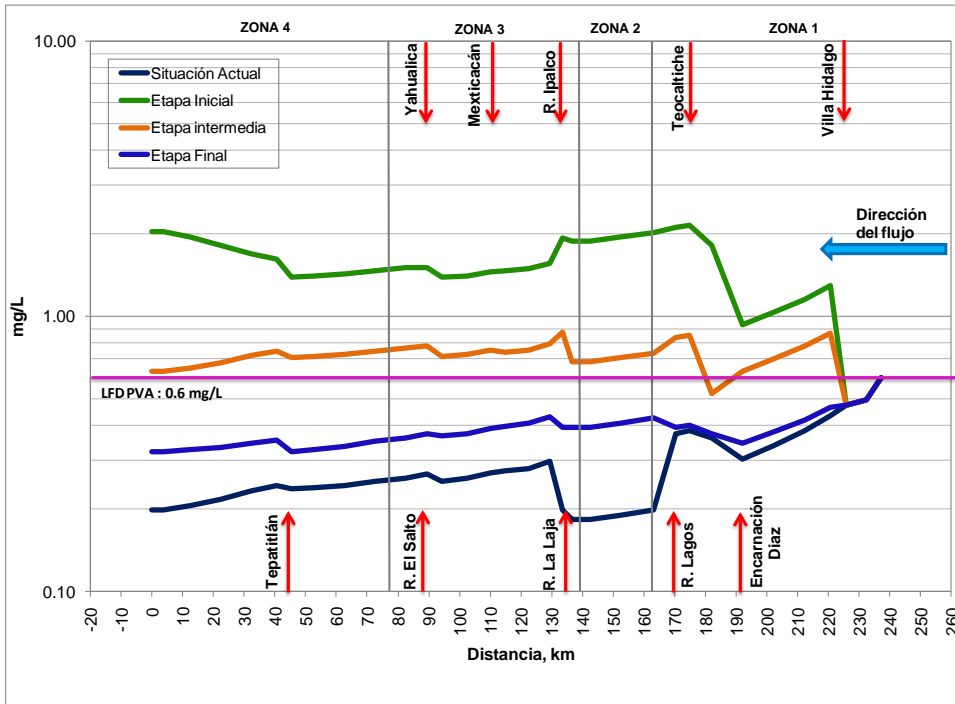


Figura VI.202. Resultado para Níquel en el río Verde

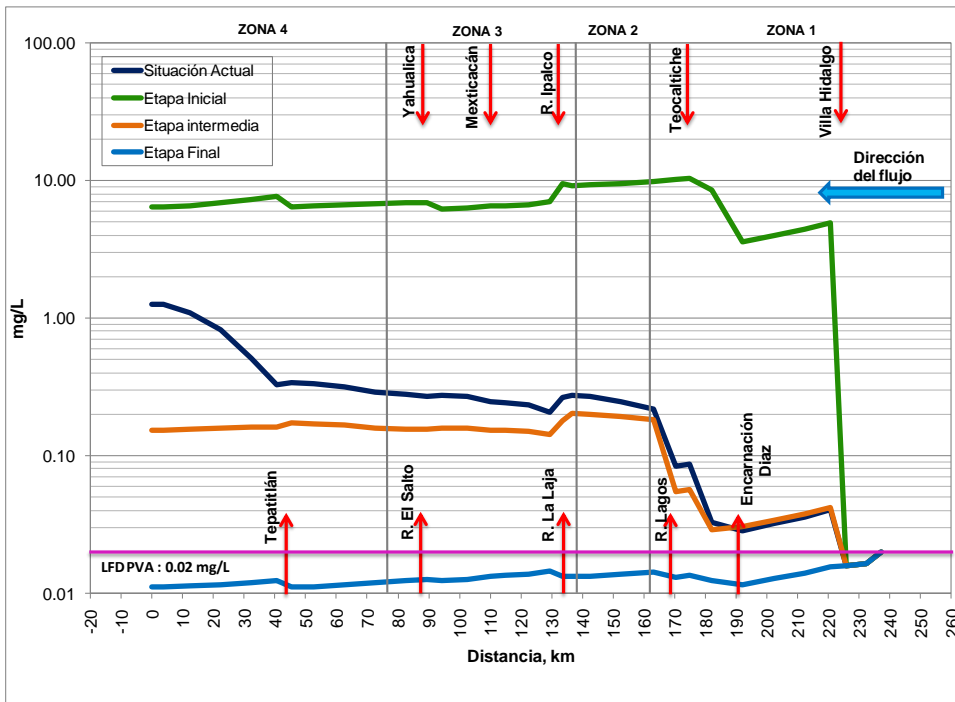


Figura VI.203. Resultado para Zinc en el río Verde

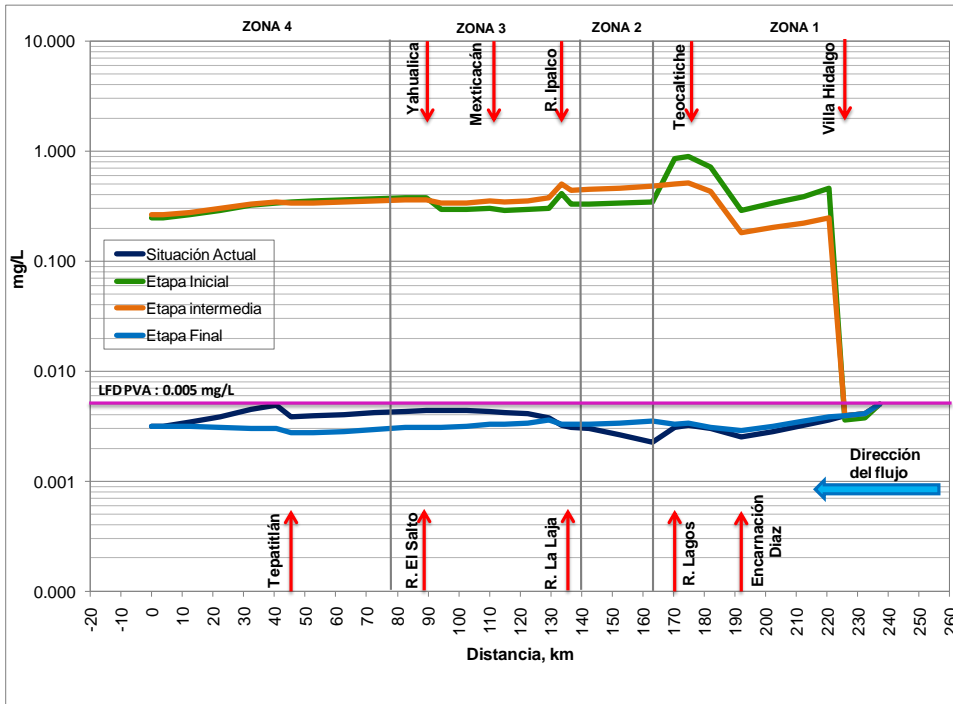


Figura VI.204. Resultado para Cianuros en el río Verde

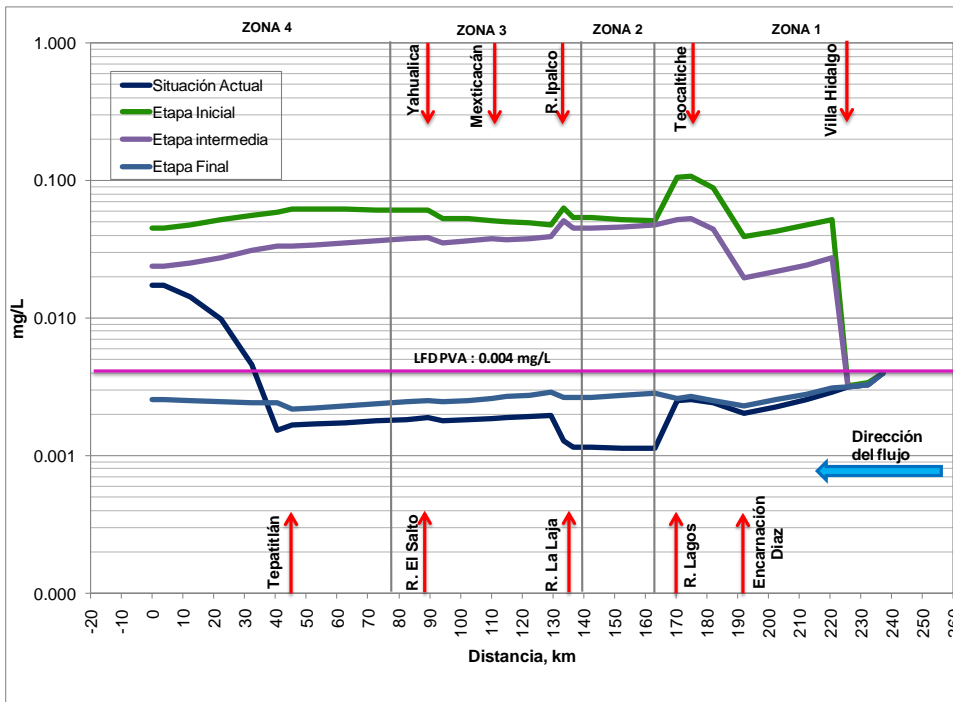


Figura VI.205. Resultado para Cadmio en el río Verde

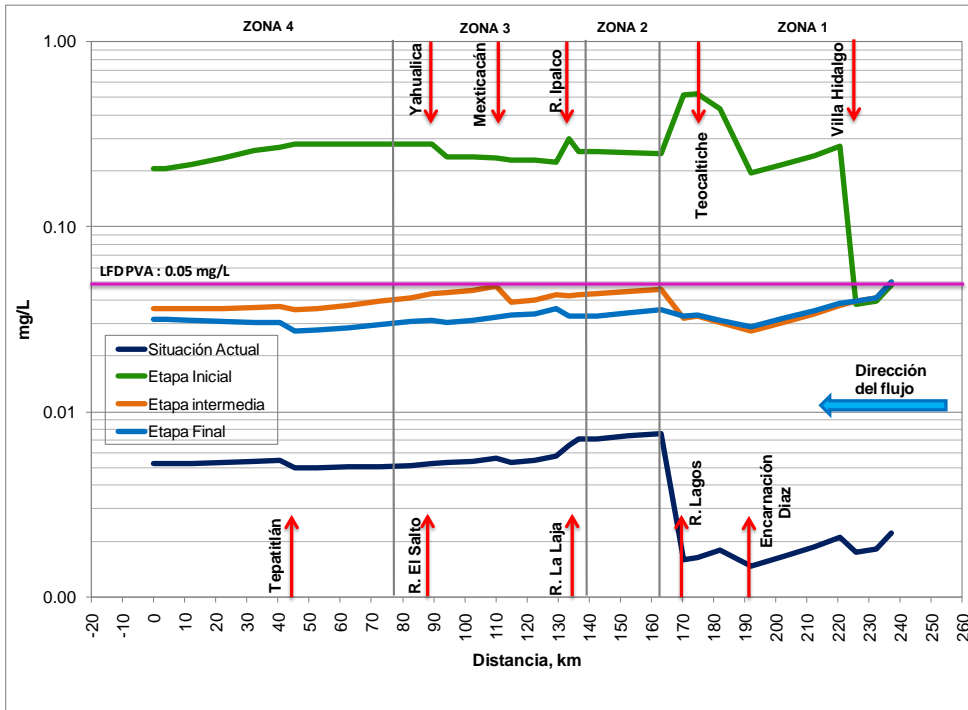


Figura VI.206. Resultado para Cromo en el río Verde

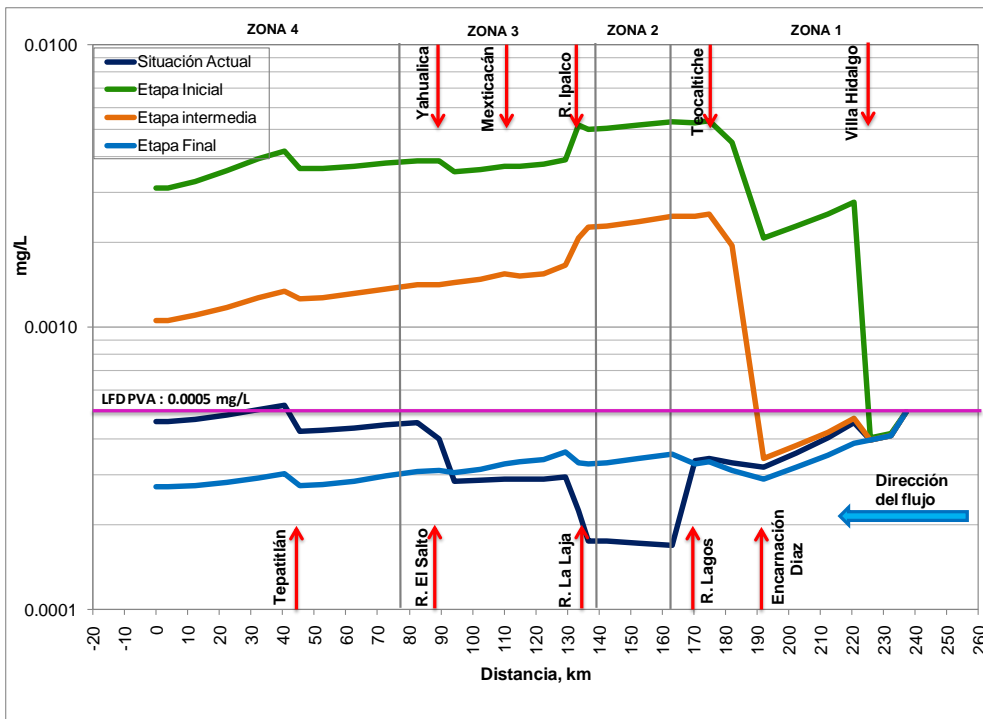


Figura VI.207. Resultado para Mercurio en el río Verde

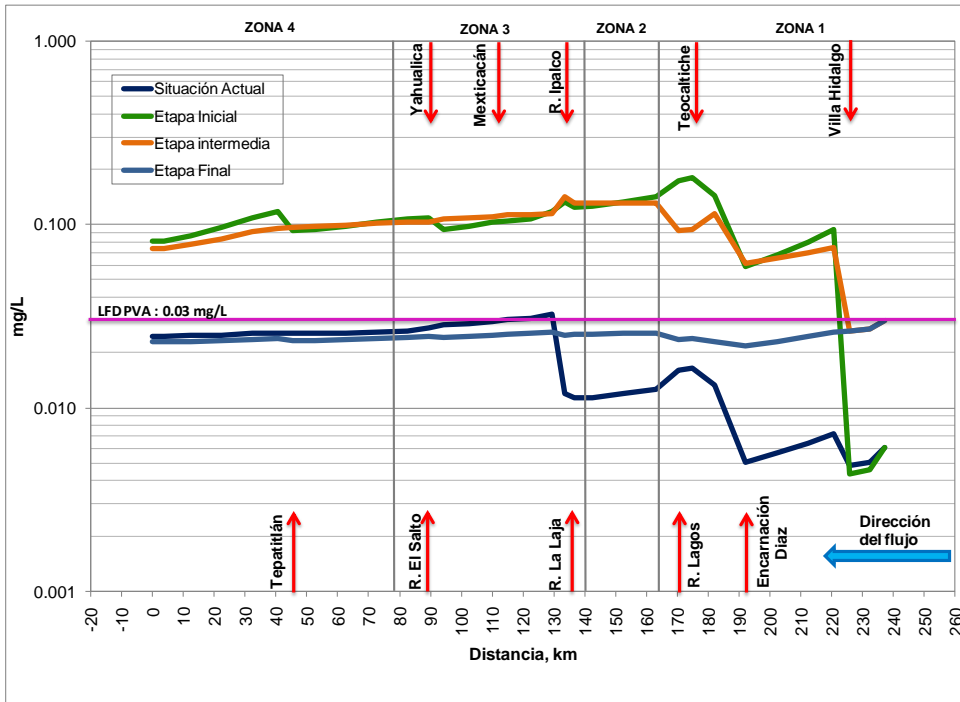


Figura VI.208. Resultado para Plomo en el río Verde

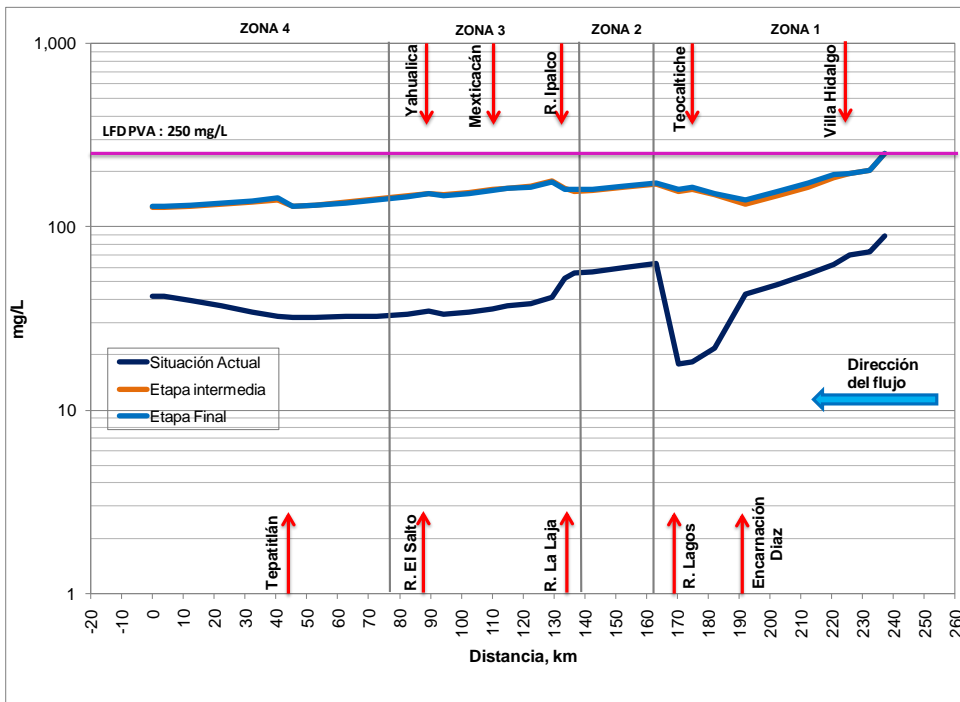


Figura VI.209. Resultado para Cloruros en el río Verde

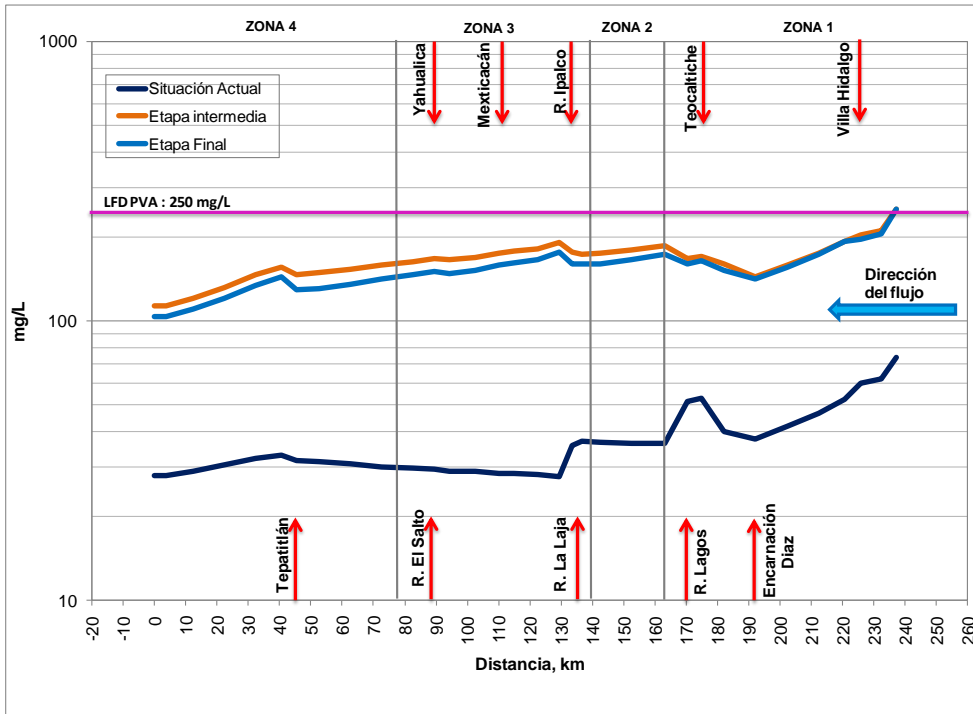


Figura VI.210. Resultado para Sulfatos en el río Verde

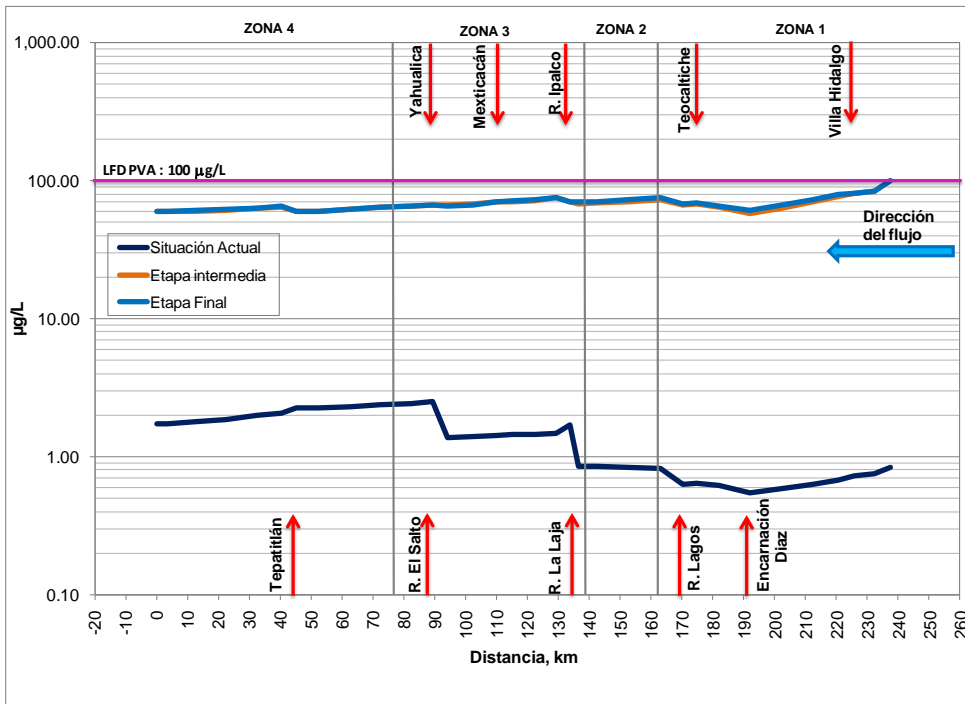


Figura VI.211. Resultado para Fenoles en el río Verde

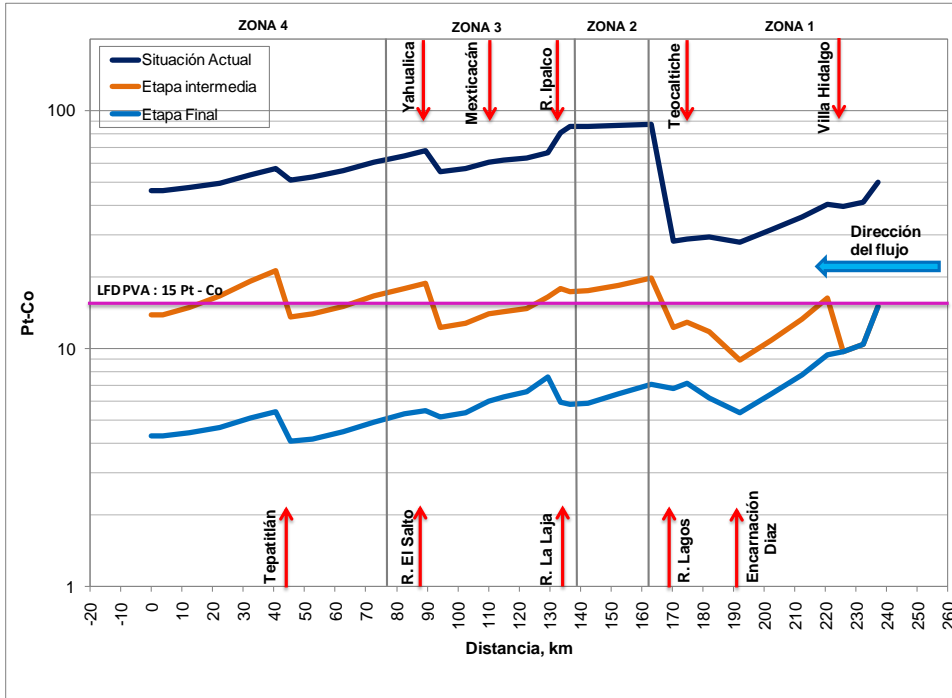


Figura VI.212. Resultado para Color en el río Verde

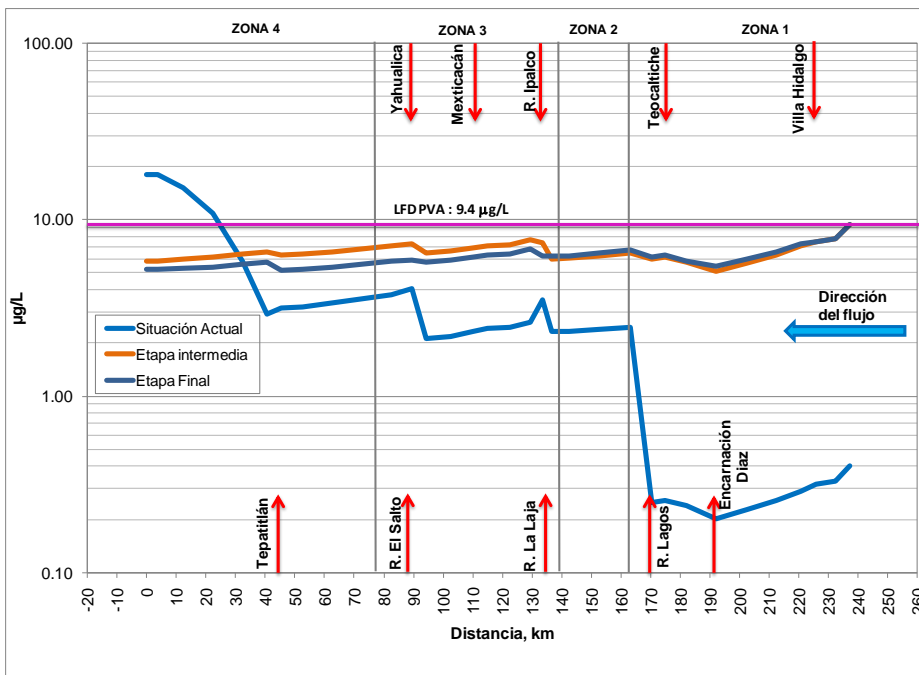


Figura VI.213. Resultado para Bis 2(Etil Hexil)ftalato en el río Verde

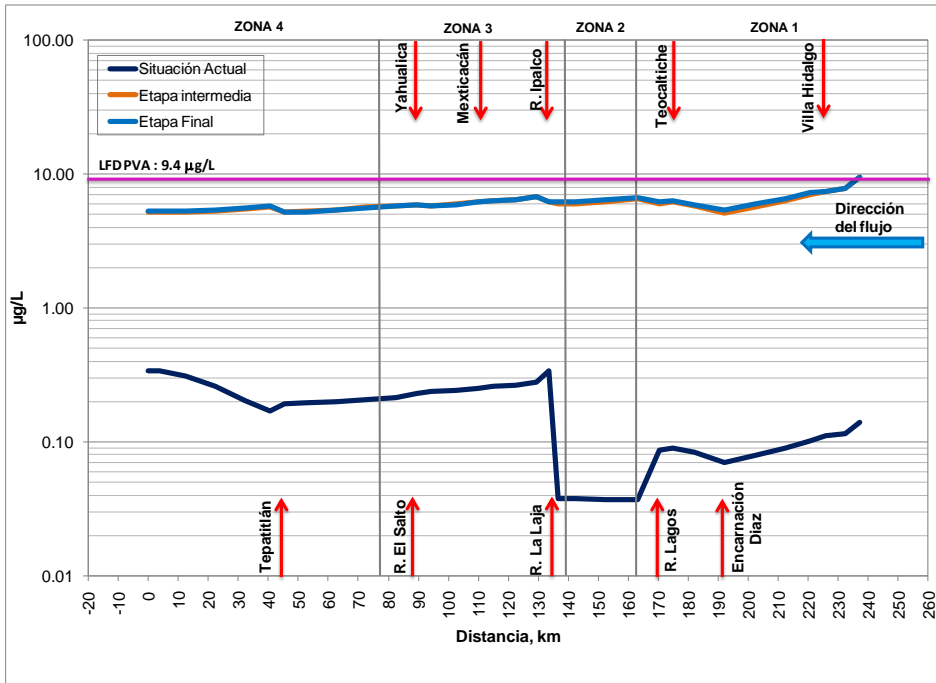


Figura VI.214. Resultado para Dimetilftalato en el río Verde

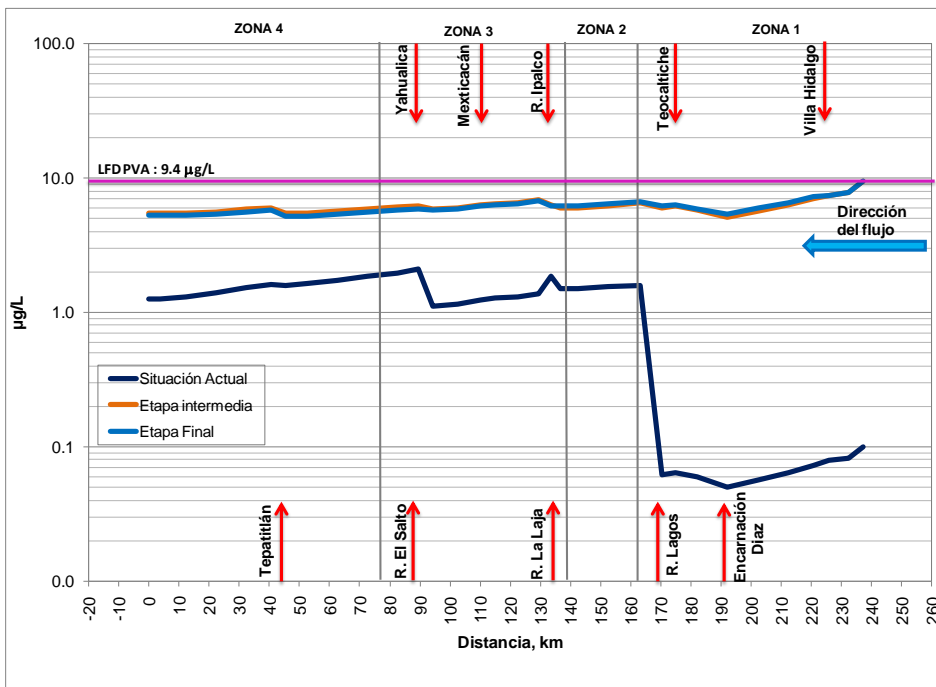


Figura VI.215. Resultado para Dietilftalato en el río Verde

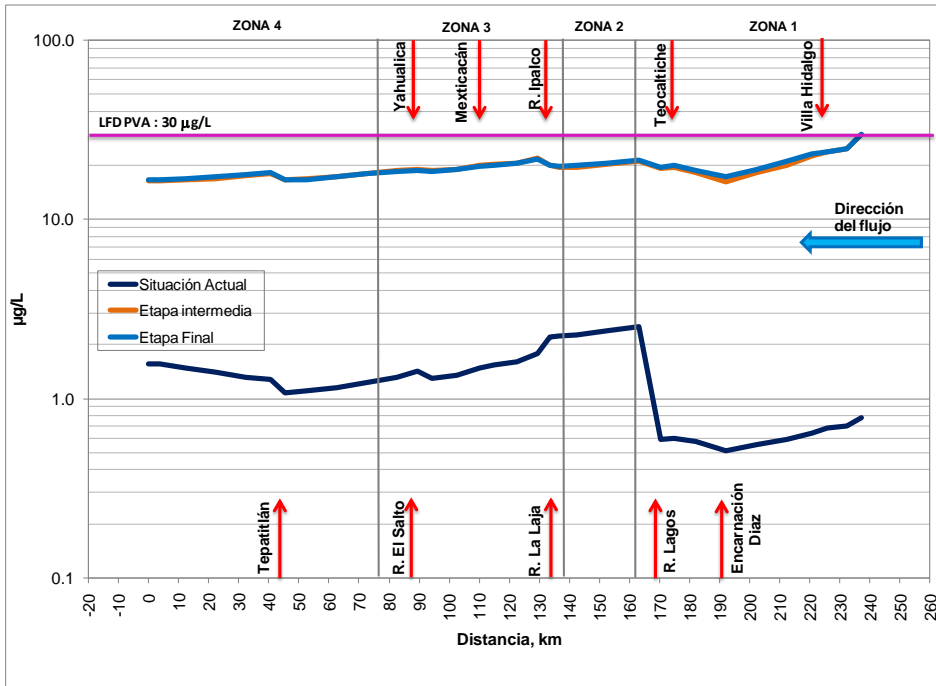


Figura VI.216. Resultado para Cloroformo en el río Verde

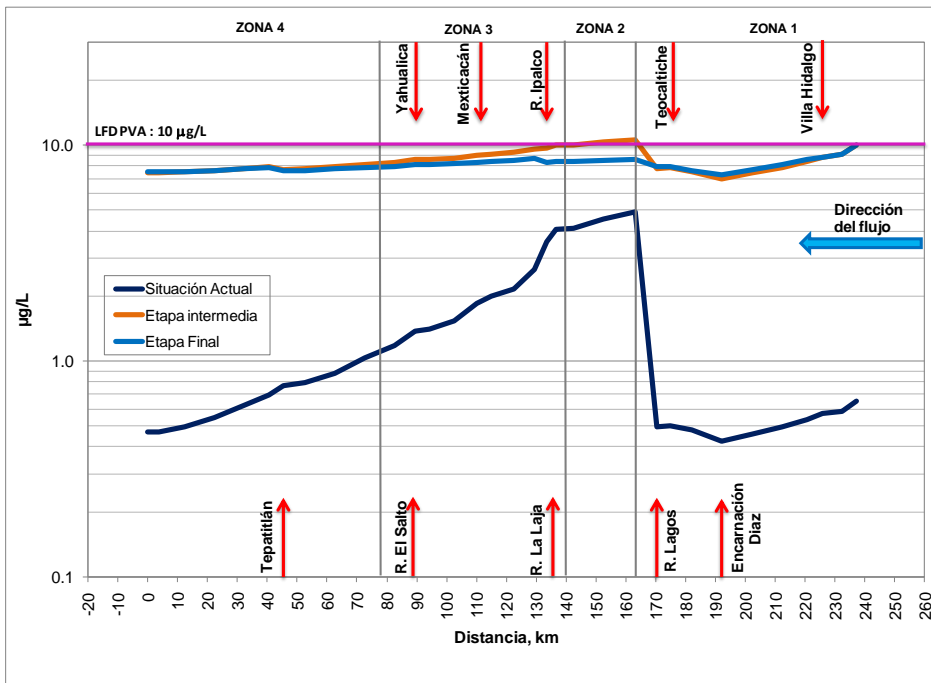


Figura VI.217. Resultado para Diclorobencenos en el río Verde

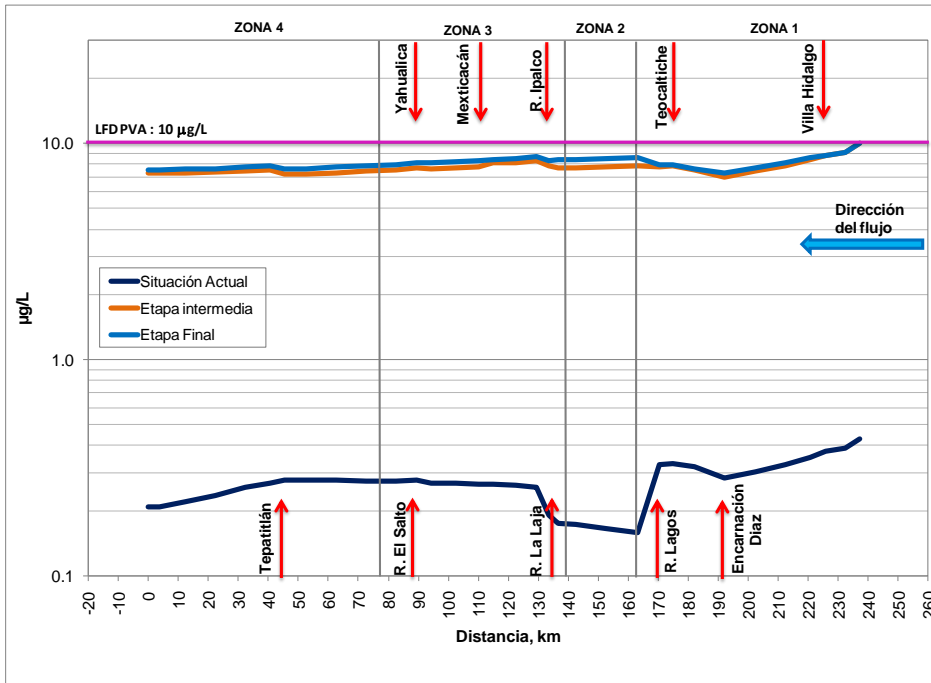


Figura VI.218. Resultado para 2,4,6 Triclorofenol en el río Verde

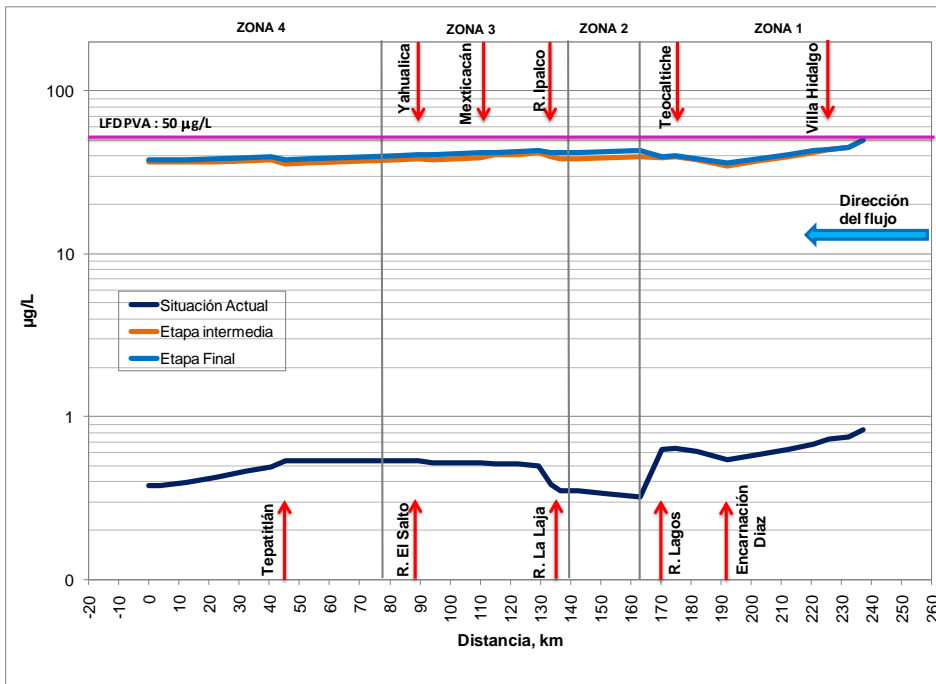


Figura VI.219. Resultado para Benceno en el río Verde

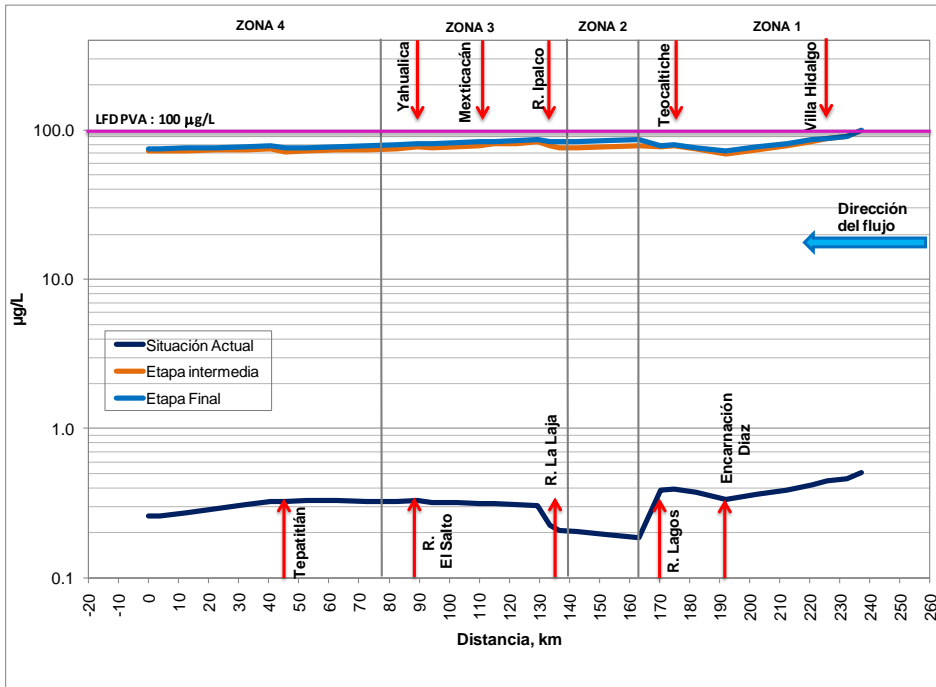


Figura VI.220. Resultado Etilbenceno para en el río Verde

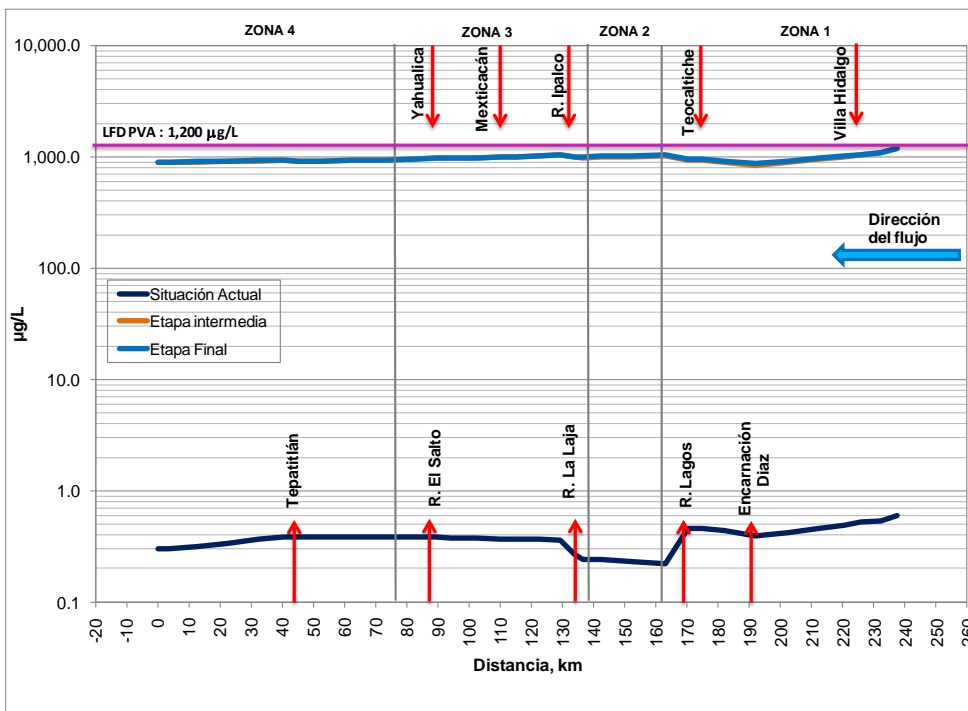


Figura VI.221. Resultado para Isoforona en el río Verde

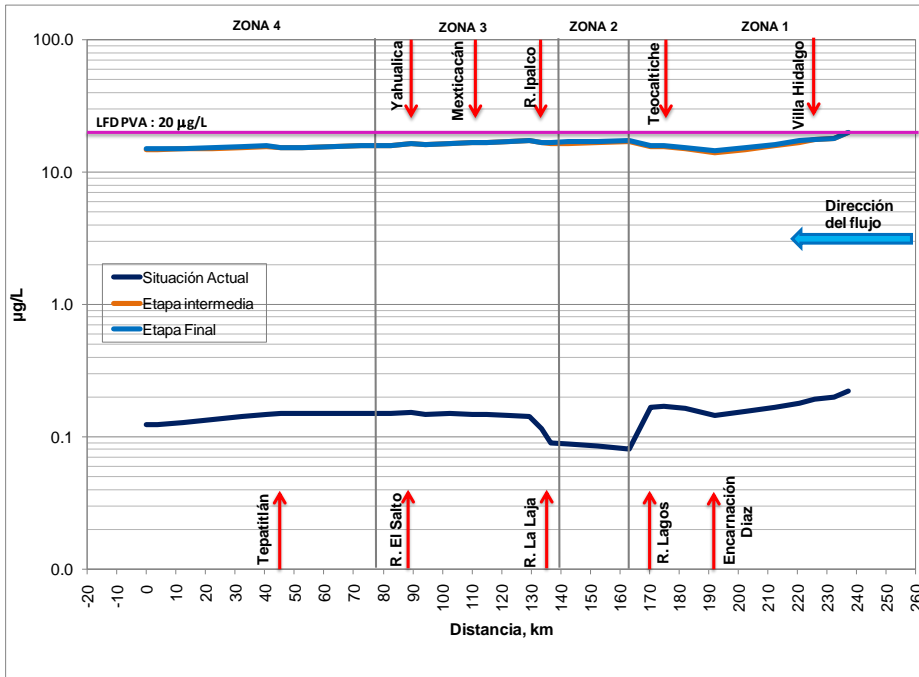


Figura VI.222. Resultado para Naftaleno en el río Verde

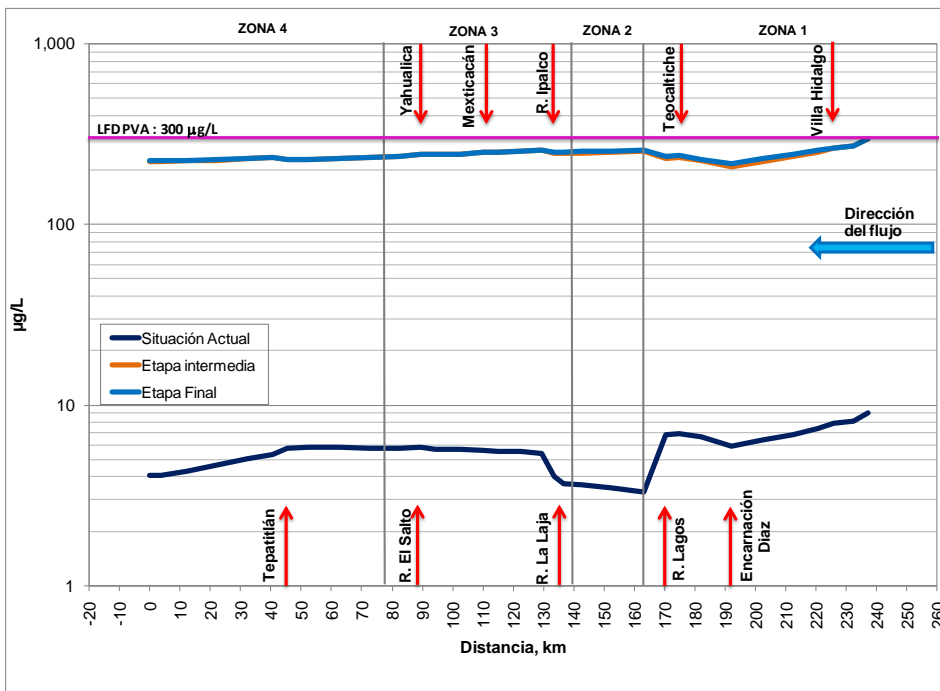


Figura VI.223. Resultado para Nitrobenceno en el río Verde

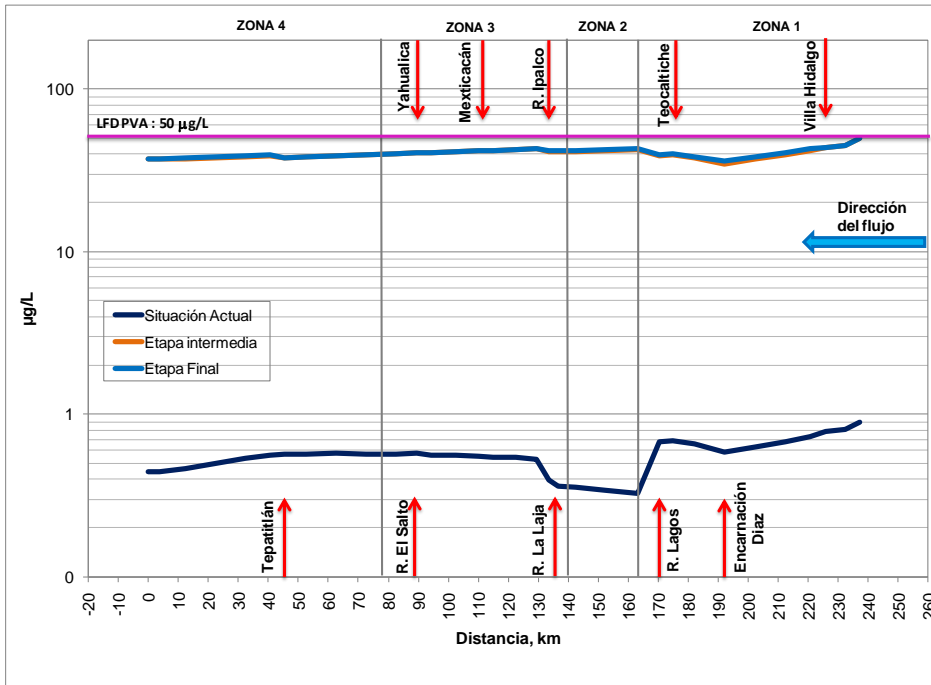


Figura VI.224. Resultado para Tetracloroetileno en el río Verde

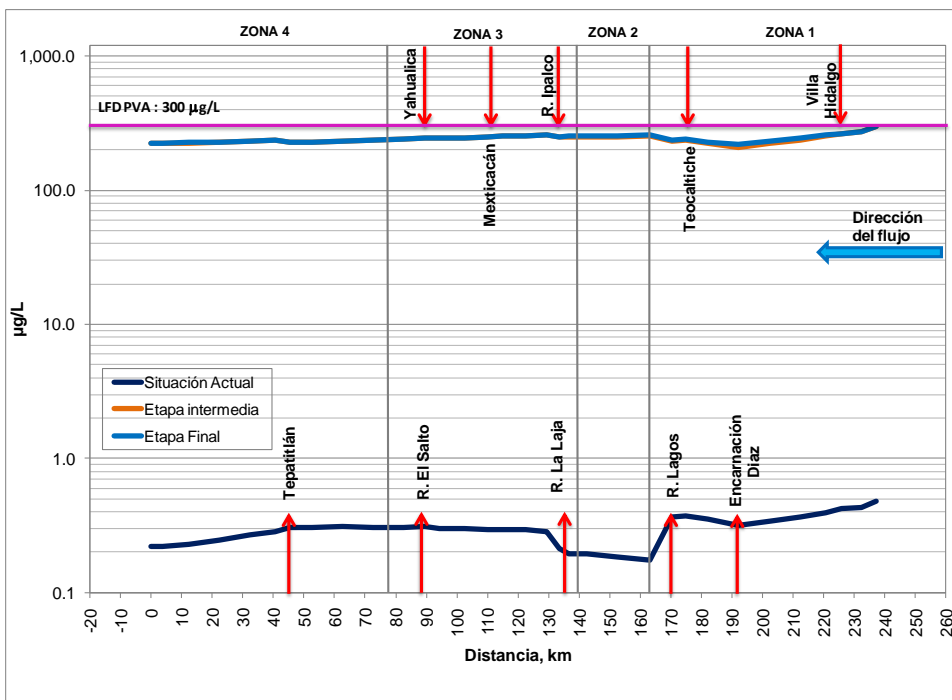


Figura VI.225. Resultado para Tetracloruro de Carbono en el río Verde

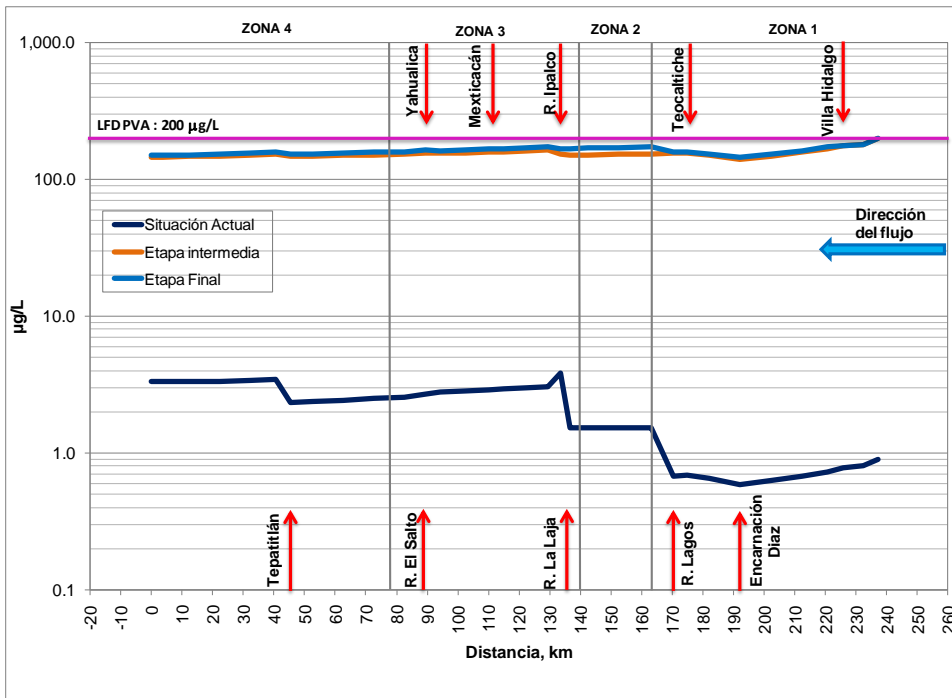


Figura VI.226. Resultado para Tolueno en el río Verde

VI.3.4. Límites Máximos de Descarga (LMD), metas de calidad del agua y capacidad de asimilación en el río Verde.

Los Límites Máximos de Descarga (LMD) para cada zona y parámetro de calidad del agua, para el cumplimiento en el primer, segundo y tercer plazo, obtenidos con el modelo QUAL2K, se muestran en las tablas VI.27, VI.28 y VI.29.

Tabla VI.27. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 1.

Parámetro	ZONA					
	1	1A	2	3	4	4A
	Río Verde	Río Lagos	Río Verde	Río Verde	Río Verde	Río Tepatitlán
Temperatura (°C)	<40	<40	<40	<40	<40	<40
Grasas y Aceites	1,501	2,074	479	1,041	560	555
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

Parámetro	ZONA					
	1	1A	2	3	4	4A
	Río Verde	Río Lagos	Río Verde	Río Verde	Río Verde	Río Tepatitlán
Sólidos Suspendidos Totales	2,860	4,976	1,098	1,422	1,282	1,332
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1,470	4,976	756	1,356	536	1,332
Nitrógeno Total	1,505	2,074	491	521	582	555
Fósforo Total	231	829	129	261	109	222
pH (unidades de pH)	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5
Color (Pt-Co)	15	15	20	18	19	15
Arsénico	12.6	17	3.9	4.9	4.5	4.4
Cadmio	6.0	17	3.9	4.3	0.9	4.4
Cobre	286	498	110	127	128	133
Cromo	30	83	19	21	5.0	22
Mercurio	0.63	0.83	0.19	0.23	0.23	0.22
Níquel	240	332	77	108	90	89
Plomo	19	33	7.3	12.2	8.5	8.9
Zinc	1,195	1,659	383	417	448	444
Cianuros	51	166	36	42	7.9	44
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000

Los límites máximos de descarga están en kg/d, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.28. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 2.

Parámetro	ZONA					
	1	1A	2	3	4	4A
	Río Verde	Río Lagos	Río Verde	Río Verde	Río Verde	Río Tepatitlán
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35
Grasas y Aceites	927	1,167	279	699	227	230
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	1,834	3,416	736	1,465	691	744
Demanda Bioquímica de Oxígeno	833	1,713	391	719	144	408
Nitrógeno Amoniacal	140	390	99	115	36	85
Nitrógeno Total	679	837	207	211	155	188
Fósforo Total	74	283	54	82	44	37

Parámetro	ZONA					
	1	1A	2	3	4	4A
	Río Verde	Río Lagos	Río Verde	Río Verde	Río Verde	Río Tepatitlán
Demanda Química de Oxígeno	36,981	443	1,022	283	1,766	116
Sustancias Activas al Azul de Metileno	264	4.2	15.0	2.8	68	1.2
pH (unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Arsénico	12	15	3.6	11.2	4.1	3.9
Cadmio	3.3	0.37	0.85	0.22	0.80	0.12
Cobre	17	18	20	2.8	23	2.4
Cromo	4.5	4.6	1.1	1.9	1.2	1.5
Mercurio	0.19	0.05	0.02	0.05	0.04	0.03
Níquel	61	55	24	33	24	12
Plomo	10.1	0.9	1.8	2.4	2.1	0.4
Zinc	17	7.7	2.3	2.3	1.6	1.9
Cianuros	34	0.5	7.8	0.3	9.9	0.3
Cloruro	16,290	11,615	3,164	6,952	5,013	2,904
Sulfato	17,284	12,463	3,224	6,952	5,081	2,924
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000
Fenol	7.2	9.1	1.8	3.9	2.2	1.9
Bis 2 (Etil Hexil)ftalato	0.65	0.82	0.23	0.33	0.20	0.17
Dimetilftalato	0.65	0.87	0.18	0.37	0.20	0.17
Dietilftalato	0.57	0.85	0.17	0.33	0.23	0.20
Cloroformo	2.1	2.7	0.54	1.18	0.64	0.64
Diclorobencenos	1.00	0.78	0.15	0.33	0.21	0.17
2,4,6 Triclorofenol	0.72	0.82	0.19	0.37	0.21	0.17
Benceno	3.6	3.9	0.9	1.9	1.1	1.0
Etilbenceno	7.2	8.2	1.5	3.7	2.1	2.0
Isoforona	93	99	20	45	25	23
Naftaleno	1.6	1.6	0.31	0.74	0.42	0.39
Nitrobenceno	23	25	5.6	11.2	6.3	5.9
Tetracloroetileno	3.9	4.1	0.9	1.9	1.1	0.8
Tetracloruro de Carbono	23.3	24.6	5.6	11.2	6.3	5.9
Tolueno	14	14	2.7	7.4	4.2	3.3

Los límites máximos de descarga están en kg/d, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.29. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 3.

Parámetro	ZONA					
	1	1A	2	3	4	4A
	Río Verde	Río Lagos	Río Verde	Río Verde	Río Verde	Río Tepatitlán
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35
Grasas y Aceites	649	801	150	493	179	171
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	1,553	2,411	436	1,458	562	590
Demanda Bioquímica de Oxígeno	413	453	104	296	114	131
Nitrógeno Amoniacal	1.9	8.1	0.70	2.7	1.0	1.9
Nitrógeno Total	57	51	1.5	4.2	4.1	4.2
Fósforo Total	1.5	8	0.5	2.1	0.9	2.1
Demanda Química de Oxígeno	653	769	152	494	180	171
Sustancias Activas al Azul de Metileno	7.2	7.4	1.6	4.9	1.8	1.7
pH (unidades de pH))	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Arsénico	11	13	3.0	9.7	3.6	3.4
Cadmio	0.26	0.32	0.08	0.19	0.08	0.10
Cobre	3.3	4.1	0.75	2.4	0.9	0.9
Cromo	3.2	4.0	1.0	2.4	1.0	1.3
Mercurio	0.03	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01
Níquel	39	48	9	29	11	10
Plomo	1.7	0.002	0.22	0.98	0.57	0.30
Zinc	1.3	1.6	0.39	1.02	0.38	0.38
Cianuros	0.32	0.40	0.10	0.24	0.10	0.13
Cloruro	15,996	20,200	3,745	12,121	4,455	4,269
Sulfato	15,996	20,200	3,745	12,121	4,455	4,269
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000
Fenol	6.7	7.9	2.0	5.1	1.9	1.9
Bis 2 (Etil Hexil)ftalato	0.61	0.76	0.18	0.48	0.18	0.18
Dimetilftalato	0.61	0.76	0.18	0.48	0.18	0.18
Dietilftalato	0.61	0.76	0.18	0.48	0.18	0.18
Cloroformo	2.0	2.4	0.59	1.5	0.56	0.56
Diclorobencenos	0.73	0.71	0.16	0.49	0.19	0.17

Parámetro	ZONA					
	1	1A	2	3	4	4A
	Río Verde	Río Lagos	Río Verde	Río Verde	Río Verde	Río Tepetitlán
2,4,6 Triclorofenol	0.73	0.71	0.16	0.49	0.19	0.17
Benceno	3.7	3.6	0.8	2.4	0.9	0.9
Etilbenceno	7.3	7.1	1.6	4.9	1.9	1.7
Isoforona	88	86	19	59	22	21
Naftaleno	1.5	1.4	0.31	0.98	0.37	0.34
Nitrobenceno	22	21	4.7	15	5.6	5.2
Tetracloroetileno	3.7	3.6	0.78	2.4	0.9	0.9
Tetracloruro de Carbono	22	21	4.7	15	5.6	5.2
Tolueno	15	14	3.1	9.8	3.7	3.4

Los límites máximos de descarga están en kg/d, a menos que se especifiquen otras unidades.

Las metas de calidad alcanzadas en los cuerpos de agua en las zonas clasificadas, para los plazos establecidos, se muestran en las tablas VI.30, VI.31 y VI.32, respectivamente.

Tabla VI.30. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 1.

Parámetro	ZONA					
	1	1A	2	3	4	4A
	Río Verde	Río Lagos	Río Verde	Río Verde	Río Verde	Río Tepetitlán
Temperatura (°C)	<40	<40	<40	<40	<40	<40
Grasas y Aceites	7.1	7.6	13	12	11	98
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendedos Totales	51	3.3	23	21	15	250
Demanda Bioquímica de Oxígeno	14	2.5	4.0	3.4	3.7	143
Nitrógeno Total	3.3	3.8	13	13	9.8	87
Fósforo Total	3.9	0.6	0.5	0.4	0.4	4.6
pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color	15	15	20	18	19	15
Arsénico	0.02	0.20	0.11	0.10	0.08	0.04
Cadmio	0.004	0.004	0.051	0.063	0.061	0.004
Cobre	0.05	0.05	2.13	2.00	1.41	0.05
Cromo	0.048	0.002	0.248	0.299	0.279	0.028
Mercurio	0.001	0.001	0.005	0.005	0.004	0.001
Níquel	0.60	0.60	2.01	1.93	1.51	0.06
Plomo	0.01	0.03	0.14	0.13	0.11	0.16

Parámetro	ZONA					
	1	1A	2	3	4	4A
	Río Verde	Río Lagos	Río Verde	Río Verde	Río Verde	Río Tepatitlán
Zinc	0.02	0.02	9.90	9.56	6.92	0.19
Cianuros	0.01	0.01	0.35	0.41	0.38	0.01
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000

Las metas de calidad del agua están en mg/l, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.31. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 2.

Parámetro	ZONA					
	1	1A	2	3	4	4A
	Río Verde	Río Lagos	Río Verde	Río Verde	Río Verde	Río Tepatitlán
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35
Grasas y Aceites	10	10	9.0	8.5	8.0	16
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (m/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	30	30	16	14	15	45
Demanda Bioquímica de Oxígeno	6.0	6.0	3.7	3.3	3.6	33
Nitrógeno Amoniacal	0.06	0.06	0.31	0.34	0.40	8.17
Nitrógeno Total	0.94	0.12	6.47	6.40	5.01	0.13
Fósforo Total	0.05	0.05	0.22	0.18	0.098	0.05
Demanda Química de Oxígeno	10	10	407	355	220	292
Sustancias Activas al Azul de Metileno	0.10	0.10	3.7	3.2	3.0	0.10
pH (unidades de pH))	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	15	15	20	18	19	15
Arsénico	0.20	0.20	0.12	0.12	0.12	0.20
Cadmio	0.004	0.004	0.05	0.05	0.04	0.00
Cobre	0.05	0.05	0.55	0.78	0.52	0.05
Cromo	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05
Mercurio	0.0005	0.0005	0.0025	0.0021	0.0014	0.0005
Níquel	0.60	0.60	0.74	0.88	0.78	0.60
Plomo	0.03	0.03	0.13	0.14	0.10	0.03
Zinc	0.02	0.02	0.18	0.18	0.16	0.02
Cianuros	0.005	0.005	0.483	0.500	0.363	0.005
Cloruro	250	250	171	161	152	250
Sulfato	250	250	186	176	168	250
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000	<2,000

Parámetro	ZONA					
	1	1A	2	3	4	4A
	Río Verde	Río Lagos	Río Verde	Río Verde	Río Verde	Río Tepatitlán
Fenol	0.10	0.10	0.07	0.07	0.07	0.10
Bis 2 (etil hexil)ftalato	0.009	0.009	0.006	0.007	0.007	0.009
Dimetilftalato	0.009	0.009	0.006	0.006	0.006	0.009
Dietilftalato	0.009	0.009	0.006	0.006	0.006	0.009
Cloroformo	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03
Diclorobencenos	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2,4,6 Triclorofenol	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Benceno	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05
Etilbenceno	0.10	0.10	0.08	0.08	0.08	0.10
Isoforona	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	1.2
Naftaleno	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Nitrobenceno	0.30	0.30	0.25	0.25	0.24	0.30
Tetracloroetileno	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05
Tetracloruro de Carbono	0.30	0.30	0.25	0.25	0.24	0.30
Tolueno	0.20	0.20	0.15	0.15	0.16	0.20

Las metas de calidad del agua están en mg/l, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.32. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 3.

Parámetro	ZONA					
	1	1A	2	3	4	4A
	Río Verde	Río Lagos	Río Verde	Río Verde	Río Verde	Río Tepatitlán
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35
Grasas y Aceites	10	10	7.1	6.6	6.2	10
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5	5	5	5	5	5
Sólidos Suspendidos Totales	30	30.0	16	14	13	30
Demanda Bioquímica de Oxígeno	6.0	6.0	4.5	4.3	4.2	6.0
Nitrógeno Amoniacal	0.06	0.06	0.01	0.01	0.01	0.06
Nitrógeno Total	0.94	0.12	0.68	0.57	0.33	0.09
Fósforo Total	0.05	0.05	0.01	0.01	0.005	0.05
Demanda Química de Oxígeno	10	10	7.3	6.8	6.5	10
Sustancias Activas al Azul de Metileno	0.10	0.10	0.08	0.08	0.08	0.10
pH (unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	15	15	7.1	5.9	5.5	15

Parámetro	ZONA					
	1	1A	2	3	4	4A
	Río Verde	Río Lagos	Río Verde	Río Verde	Río Verde	Río Tepatitlán
Arsénico	0.20	0.20	0.12	0.12	0.12	0.20
Cadmio	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002	0.004
Cobre	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.05
Cromo	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.05
Mercurio	0.0005	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003	0.0005
Níquel	0.60	0.59	0.43	0.39	0.37	0.60
Plomo	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03
Zinc	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
Cianuros	0.005	0.005	0.004	0.003	0.003	0.005
Cloruro	250	250	173	159	151	250
Sulfato	250	250	173	159	151	250
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000
Fenol	0.10	0.10	0.08	0.07	0.07	0.10
Bis 2 (Etil Hexil)ftalato	0.009	0.009	0.007	0.006	0.006	0.009
Dimetilftalato	0.009	0.009	0.007	0.006	0.006	0.009
Dietilftalato	0.009	0.009	0.007	0.006	0.006	0.009
Cloroformo	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03
Diclorobencenos	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2,4,6 Triclorofenol	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Benceno	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05
Etilbenceno	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.10
Isoforona	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	1.2
Naftaleno	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Nitrobenceno	0.30	0.30	0.26	0.25	0.24	0.30
Tetracloroetileno	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05
Tetracloruro de Carbono	0.30	0.30	0.26	0.25	0.24	0.30
Tolueno	0.20	0.20	0.17	0.17	0.16	0.20

Las metas de calidad del agua están en mg/l, a menos que se especifiquen otras unidades

La capacidad de asimilación del río Verde y afluentes, en las zonas clasificadas se muestra en la tabla VI.33.

Tabla VI.33. Capacidad de asimilación del río Verde y afluentes por zonas clasificadas.

Parámetro	ZONA					
	1	1A	2	3	4	4A
	Río Verde	Río Lagos	Río Verde	Río Verde	Río Verde	Río Tepatitlán
Grasas y aceites	no admite	no admite	no	no	41	38

Parámetro	ZONA					
	1	1A	2	3	4	4A
	Río Verde	Río Lagos	Río Verde	Río Verde	Río Verde	Río Tepatitlán
			admite	admite		
Sólidos suspendidos totales	no admite	no admite	no admite	no admite	164	no admite
Demanda bioquímica de oxígeno	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite
Nitrógeno amoniacal	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite
Nitrógeno Total	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite
Fósforo Total	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite
Demanda química de oxígeno	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite
Sustancias activas al azul de metileno	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite
Arsénico	8.5	11.5	2.6	8.8	2.6	3.3
Cadmio	0.25	0.30	0.08	0.07	0.08	0.10
Cobre	no admite	no admite	no admite	0.31	no admite	no admite
Cromo	2.8	3.0	0.92	2.2	0.8	1.2
Mercurio	no admite	0.03	no admite	no admite	no admite	no admite
Níquel	30	45	7.9	9.7	5	9
Plomo	1.45	no admite	0.19	no admite	0.34	0.28
Zinc	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite	no admite
Cianuros	0.24	0.34	0.09	0.08	no admite	no admite
Cloruro	10,765	8,973	2,666	3,298	3,856	3,498
Sulfato	13,532	14,568	2,754	10,849	3,723	3,520
Fenol	6.7	7.9	1.8	5.0	1.9	1.9
Bis 2 (Etil Hexil)ftalato	0.41	0.72	no admite	0.17	0.15	0.14
Dimetilftalato	0.61	0.76	0.12	0.47	0.18	0.15

Parámetro	ZONA					
	1	1A	2	3	4	4A
	Río Verde	Río Lagos	Río Verde	Río Verde	Río Verde	Río Tepetitlán
Dietilftalato	0.48	0.75	0.07	0.32	0.14	0.18
Cloroformo	1.76	2.21	0.54	1.49	0.51	0.56
Diclorobencenos	0.31	0.15	0.15	0.45	0.18	0.17
2,4,6 Triclorofenol	0.73	0.71	0.15	0.48	0.18	0.17
Benceno	3.6	3.6	0.77	2.4	0.9	0.9
Etilbenceno	7.3	7.1	1.6	4.9	1.9	1.7
Isoforona	88	86	19	59	22	21
Naftaleno	1.5	1.4	0.31	0.97	0.37	0.34
Nitrobenceno	22	21	4.6	14.4	5.6	5.2
Tetracloroetileno	3.6	3.6	0.77	2.4	0.9	0.9
Tetracloruro de Carbono	21	21	4.5	12	5.1	5.2
Tolueno	8.1	14	2.5	8.8	1.7	3.2

La capacidad de asimilación está en kg/d.

VI.4. Calidad del agua del río Zula

VI.4.1. Distribución de cargas en el río Zula

En las figuras VI.227 a VI.251, se muestran gráficamente las cargas de los principales contaminantes aportadas por las descargas de aguas residuales, para visualizar la importancia relativa de cada fuente de contaminación.

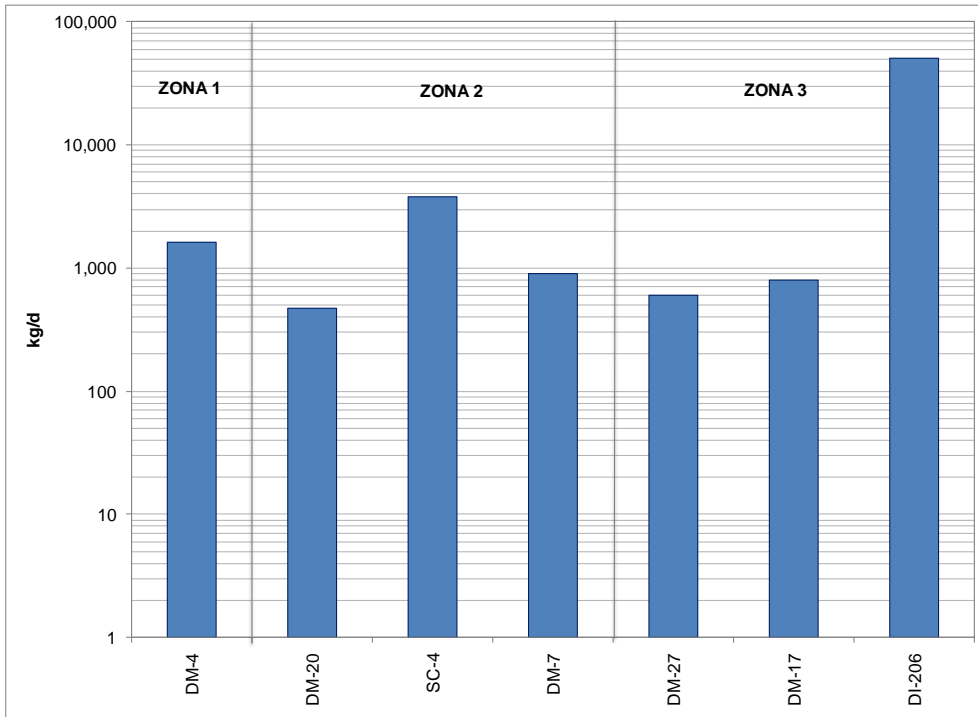


Figura VI.227 Carga de Sólidos Disueltos Totales

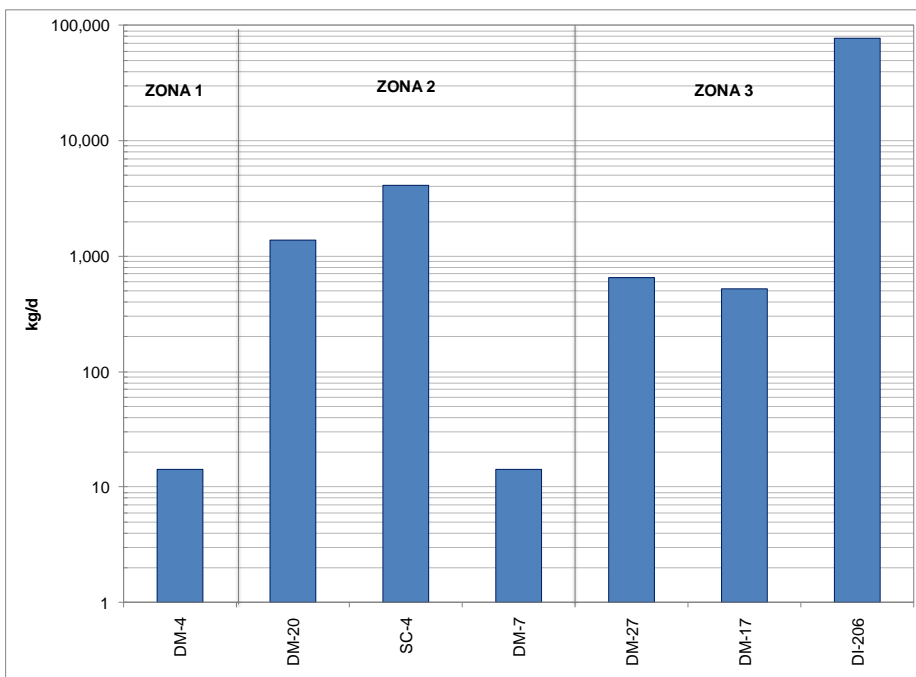


Figura VI.228. Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno

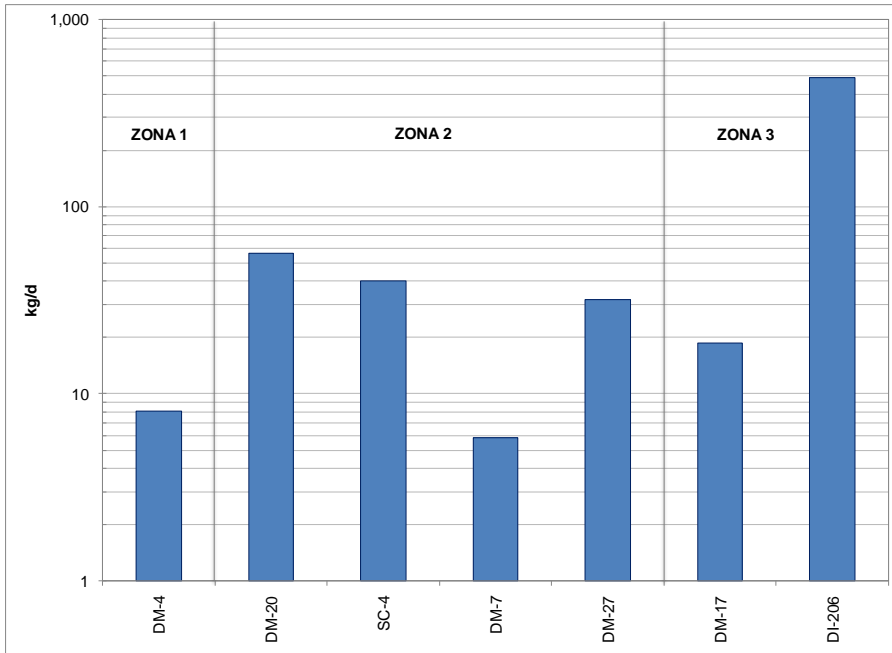


Figura VI.229 Carga de Nitrógeno Orgánico

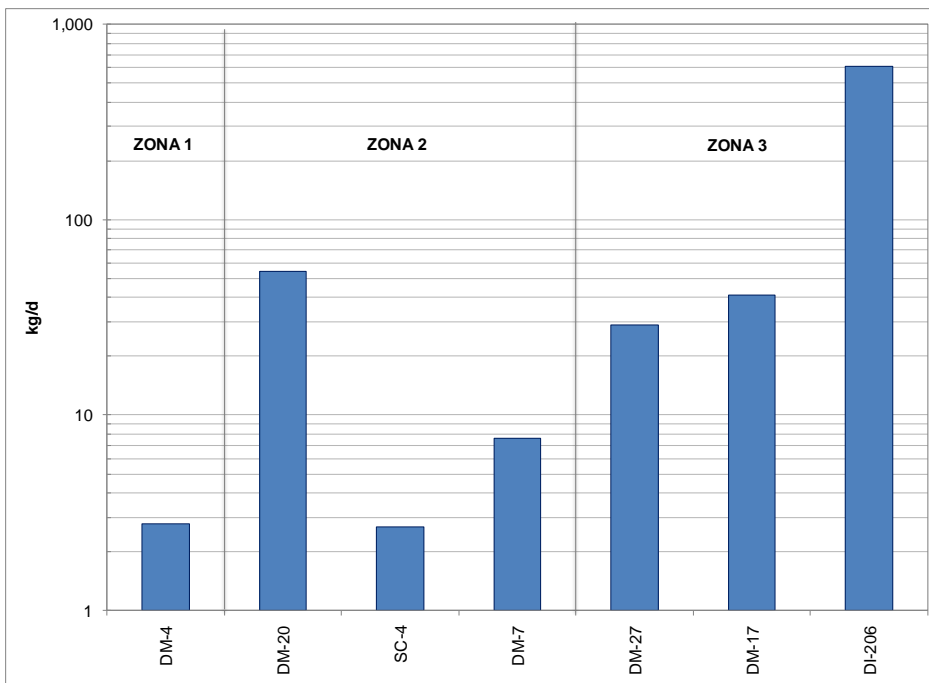


Figura VI.230. Carga de Nitrógeno Amoniacal

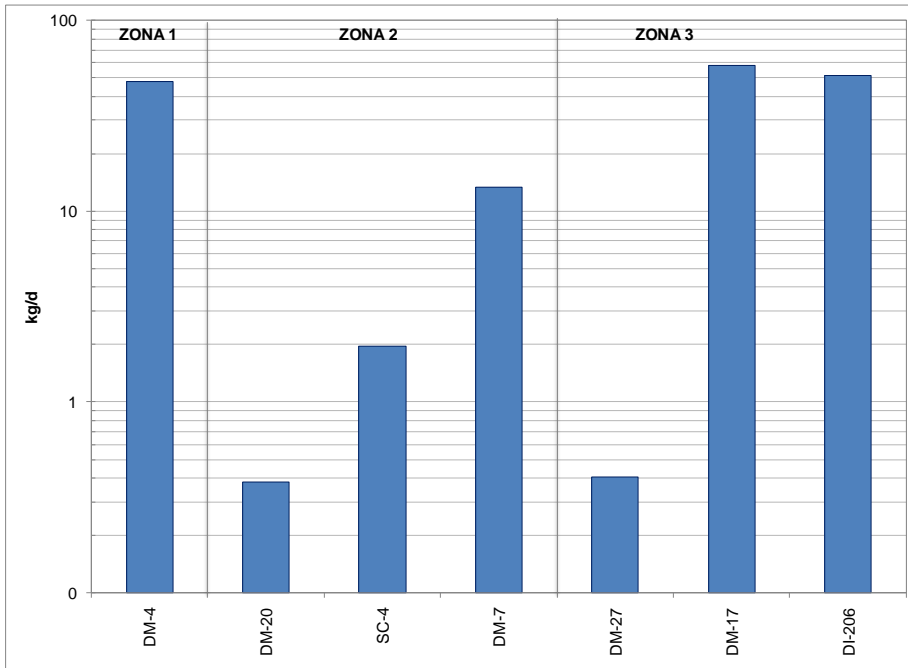


Figura VI.231. Carga de Nitratos + Nitritos



Figura VI.232. Carga de Nitrógeno Total

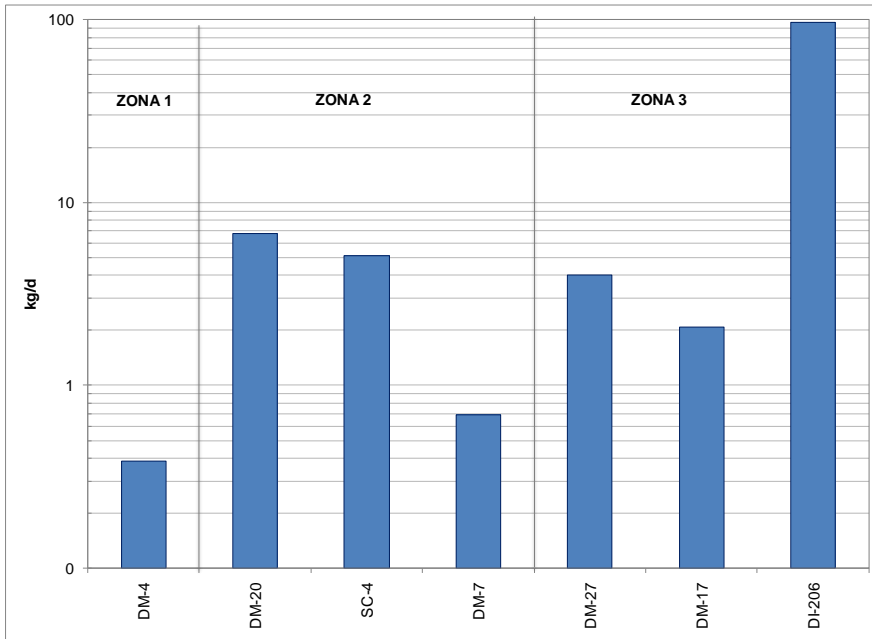


Figura VI.233 . Carga de Fósforo Orgánico

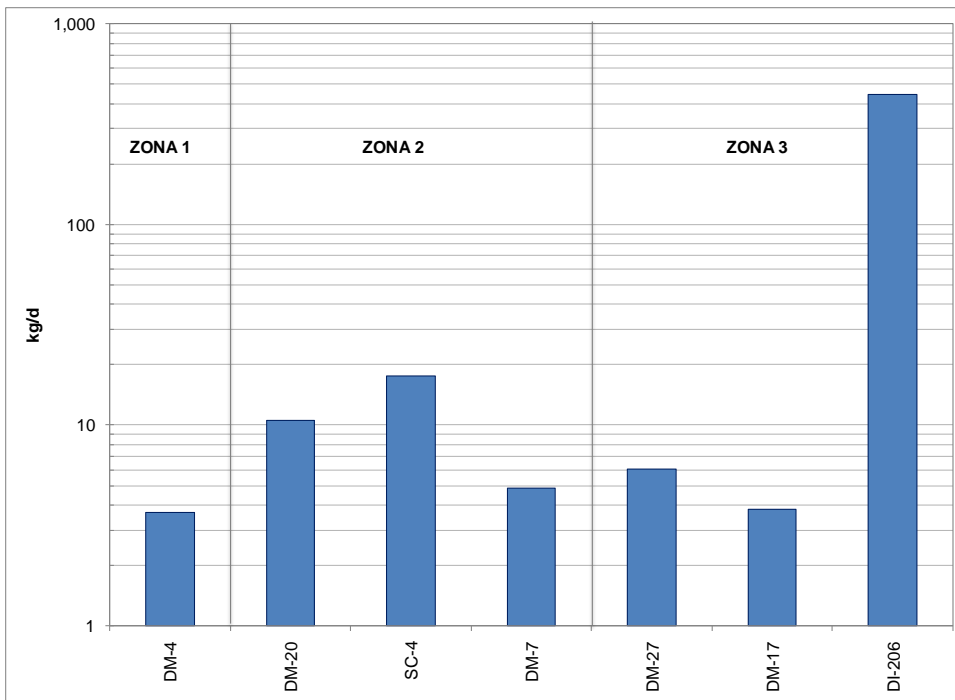


Figura VI.234. Carga de Fósforo Inorgánico

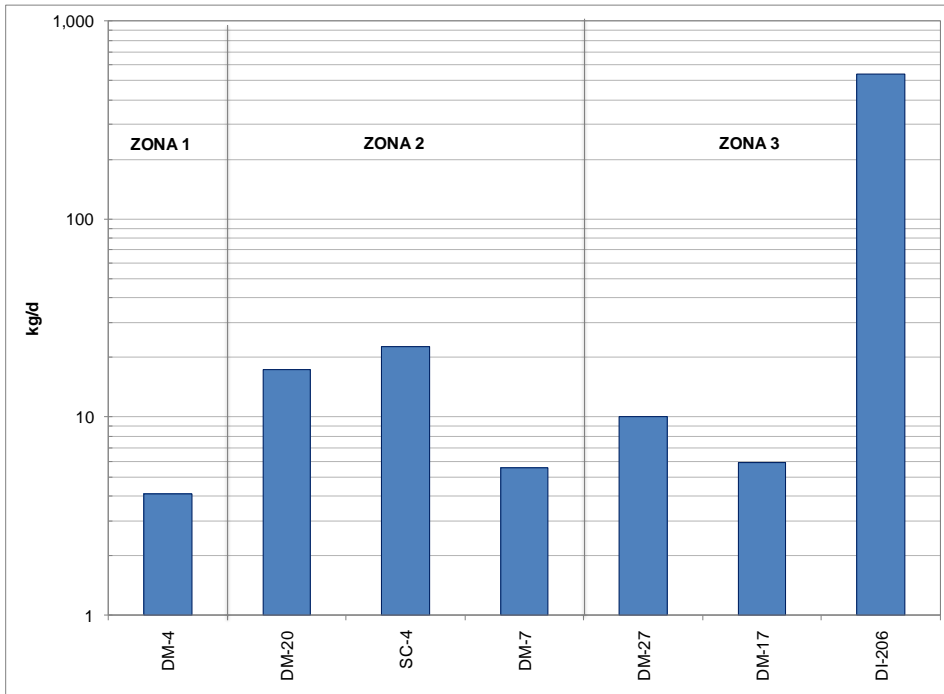


Figura VI.235. Carga de Fósforo Total

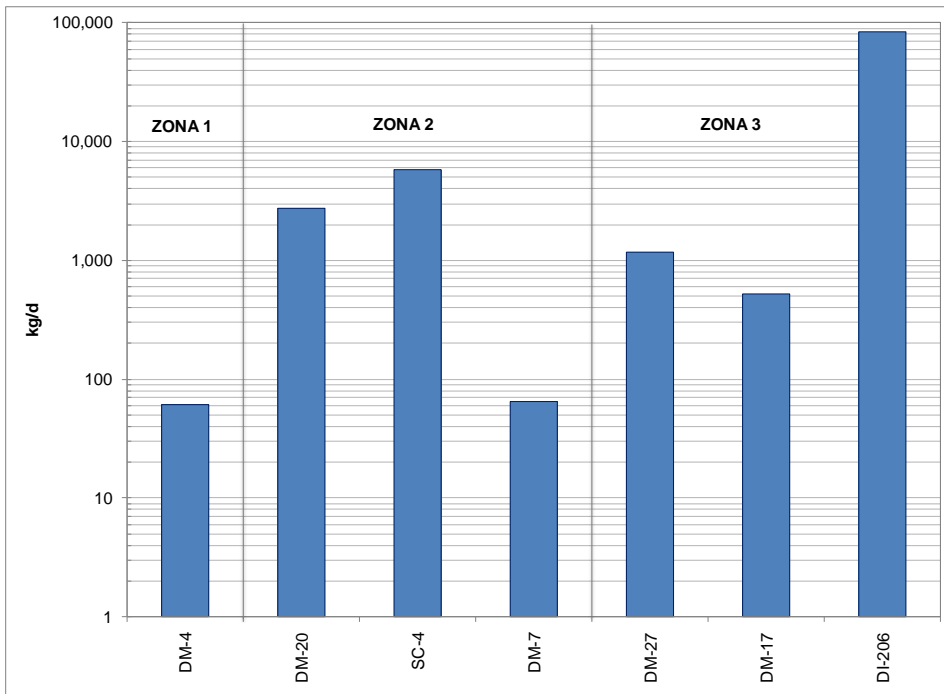


Figura VI.236 . Carga de Demanda Química de Oxígeno

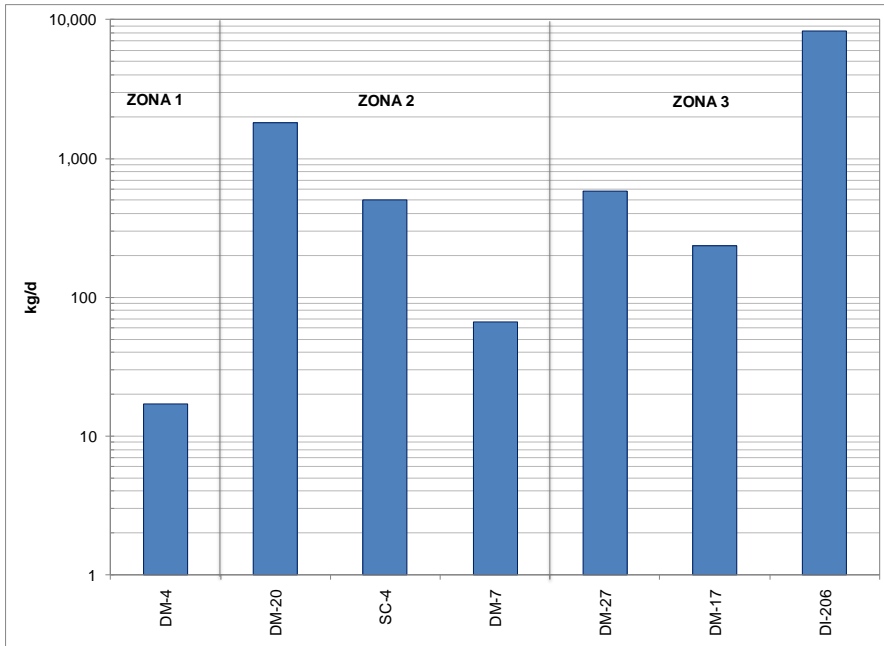


Figura VI.237. Carga de Sólidos Suspendedos Totales

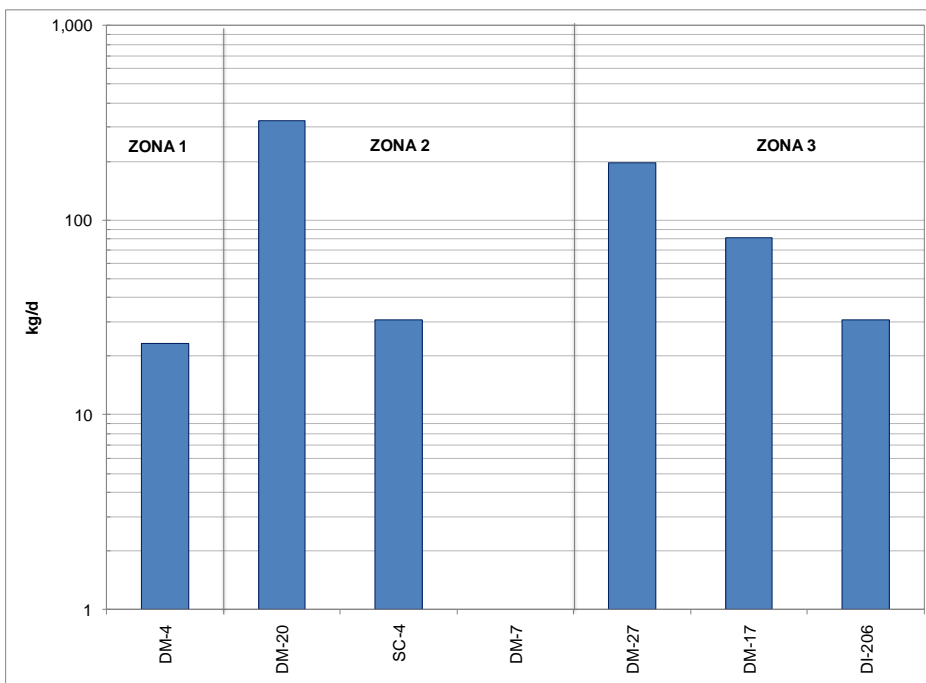


Figura VI.238. Carga de Grasas y Aceites

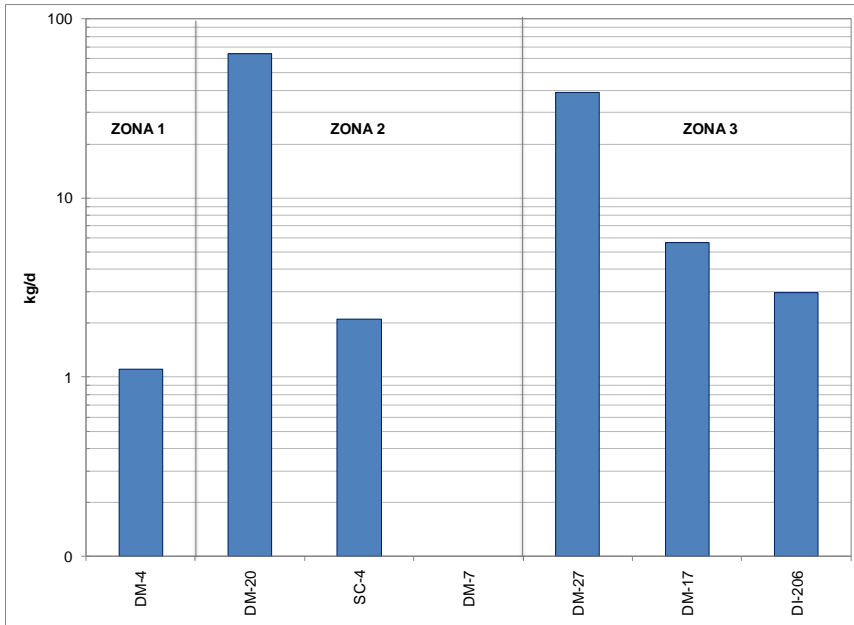


Figura VI.239. Carga de Sustancias Activas al Azul de Metileno

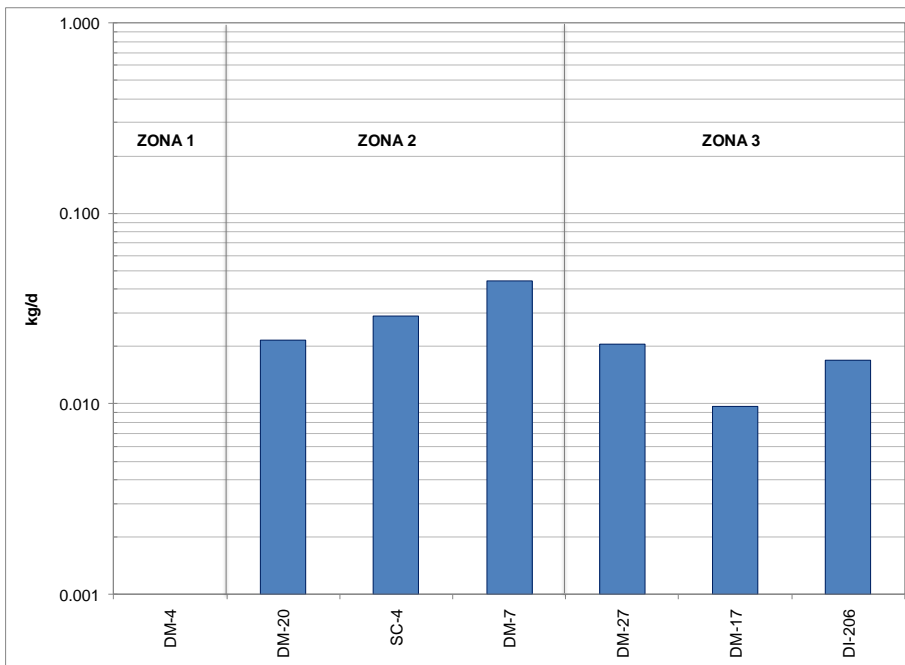


Figura VI.240. Carga de Arsénico



Figura VI.241 . Carga de Cobre

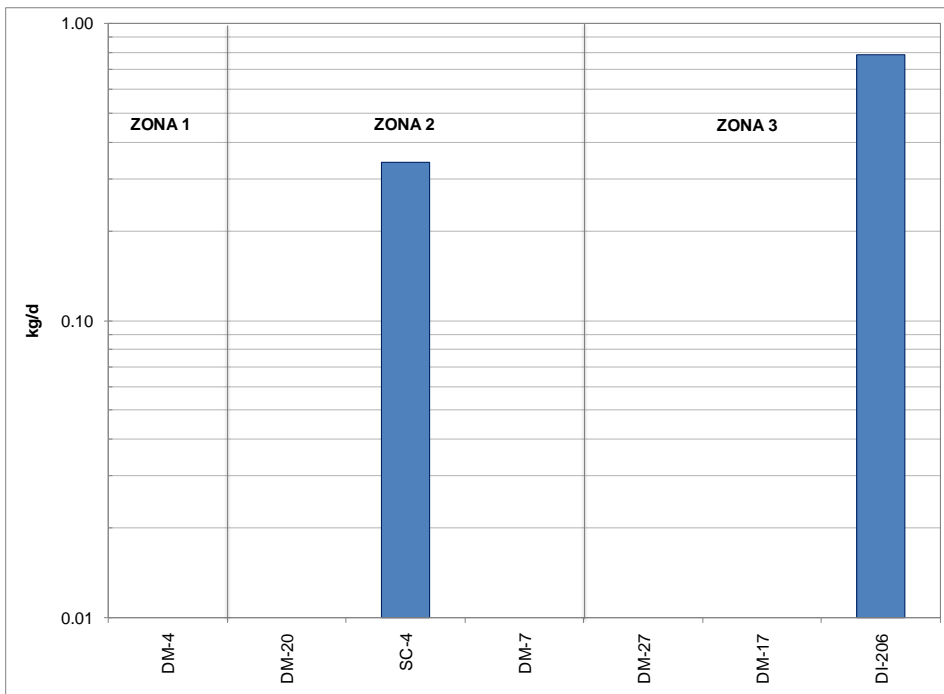


Figura VI.242 . Carga de Níquel

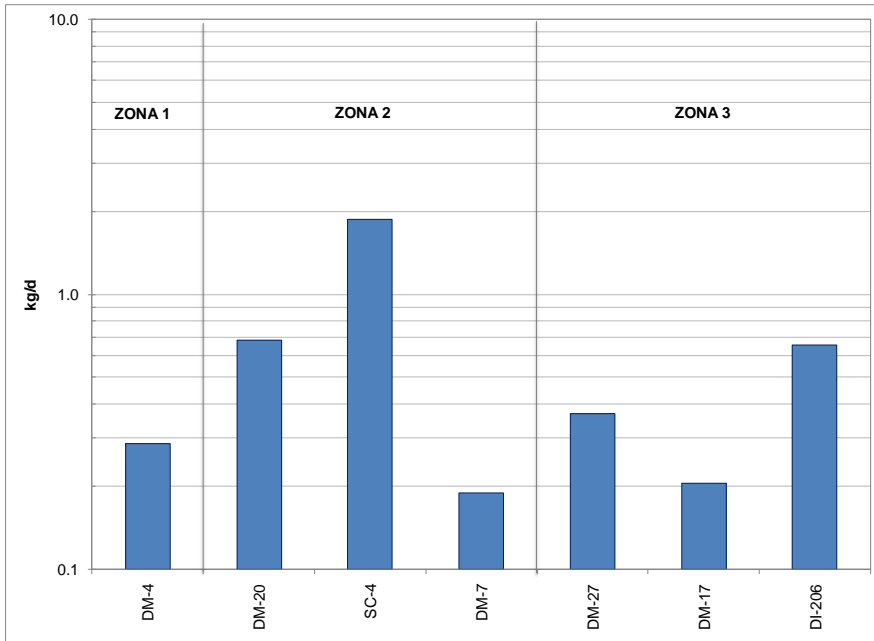


Figura VI.243 . Carga de Zinc

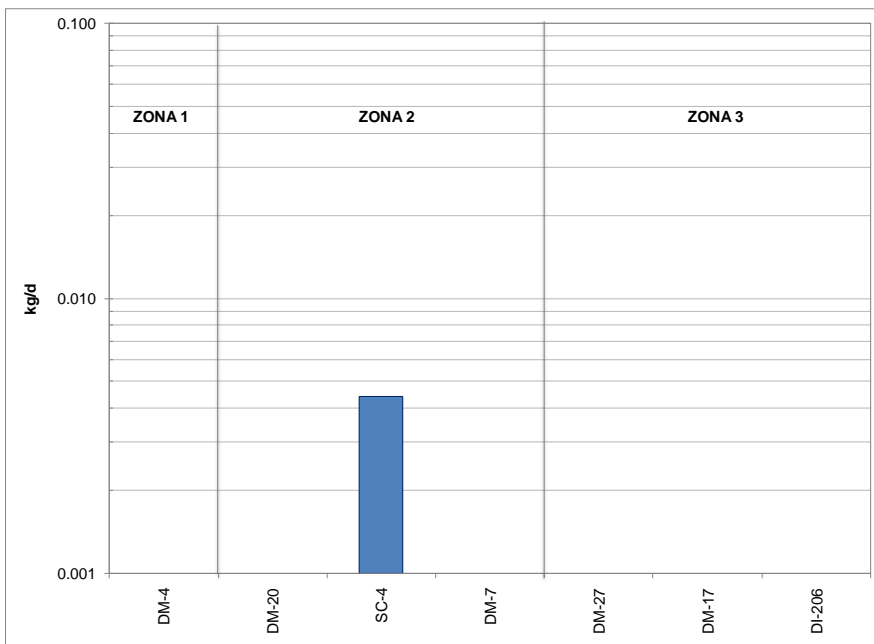


Figura VI.244 .Carga de Cadmio

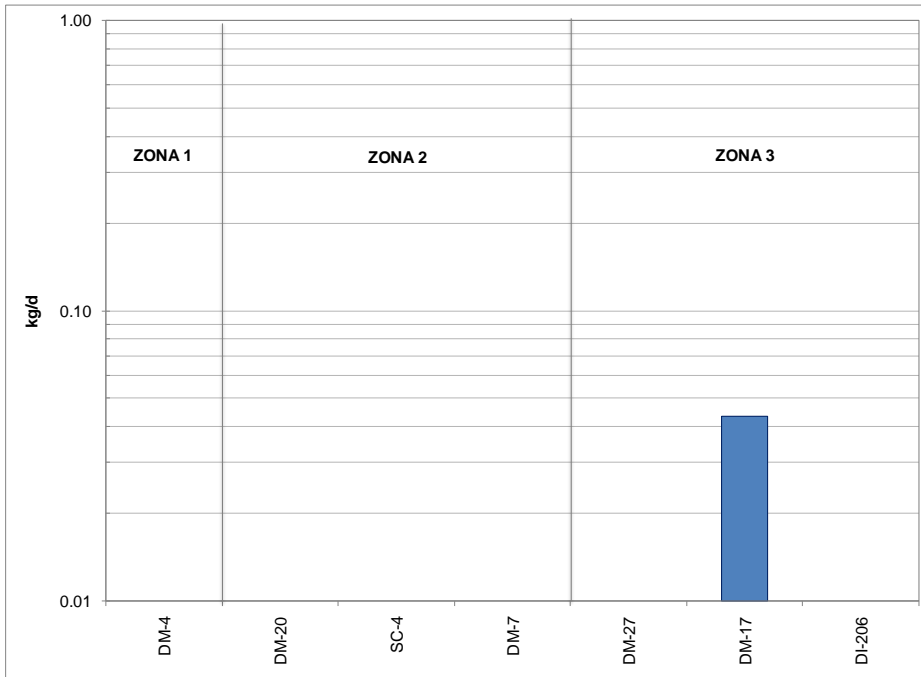


Figura VI.245. Carga de Cianuros

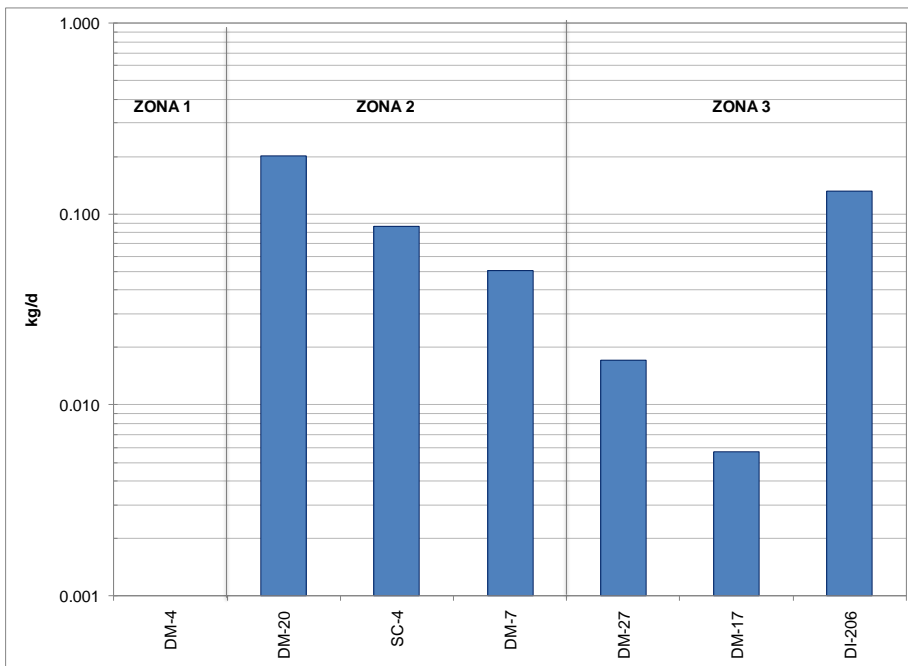


Figura VI.246. Carga de Cromo

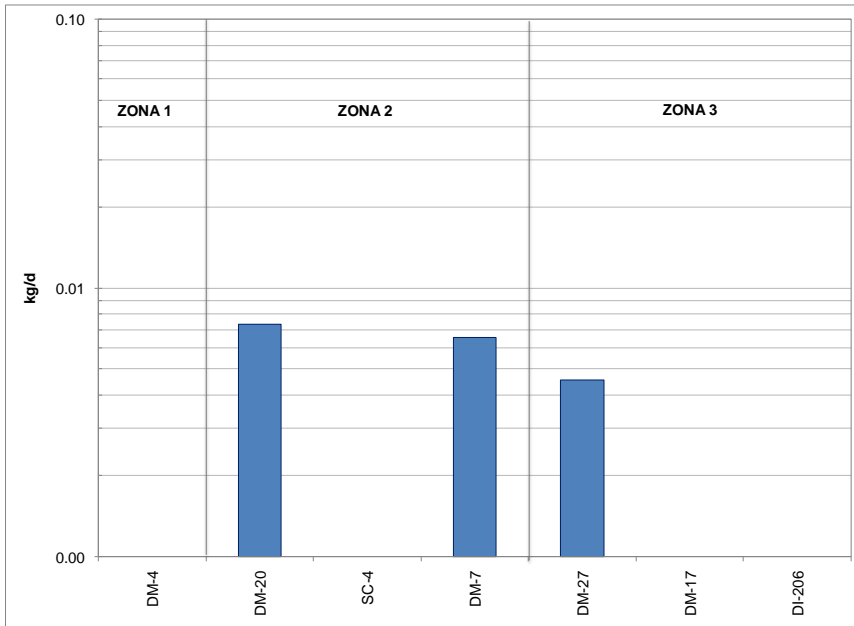


Figura VI.247. Carga de Mercurio

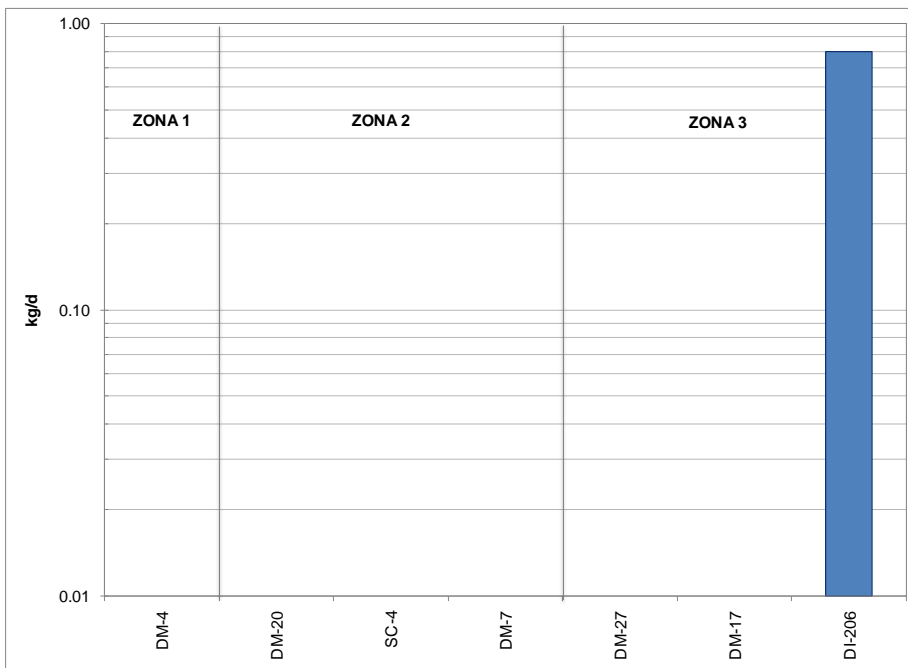


Figura VI.248. Carga de Plomo

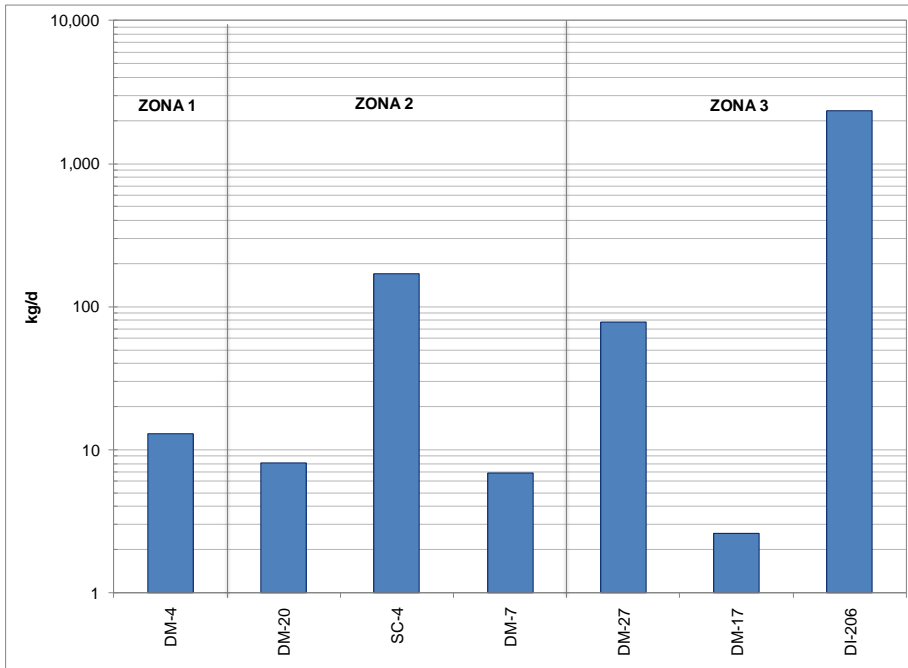


Figura VI.249. Carga de Cloruros

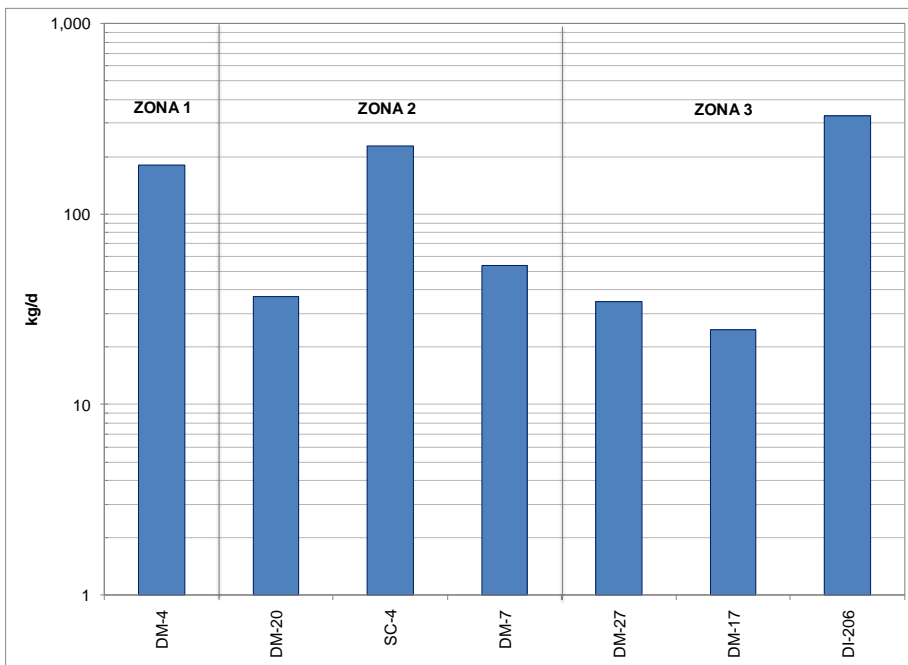


Figura VI.250. Carga de Sulfatos

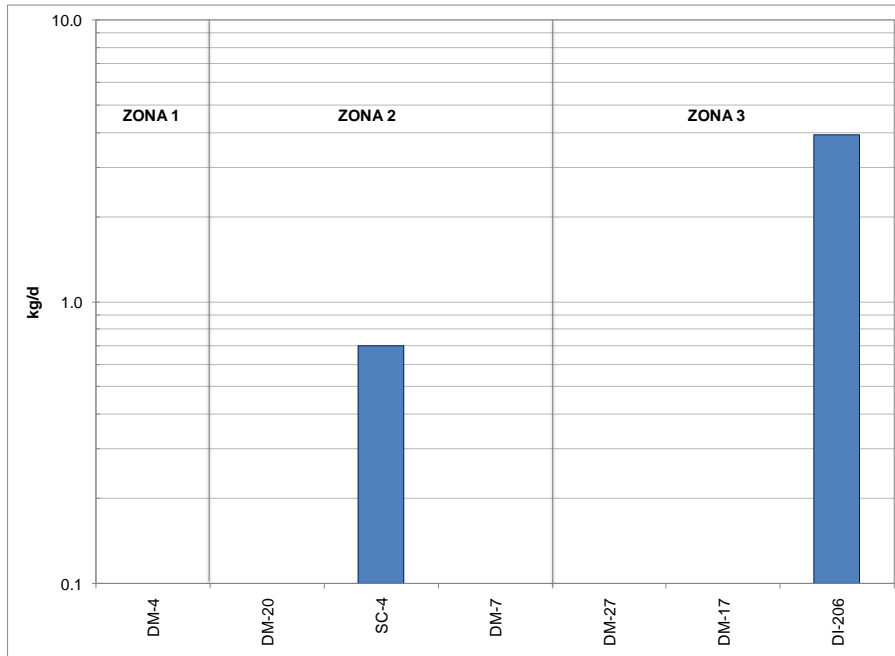


Figura VI.251. Carga de Fenoles

La descarga La Madrileña (DI-206) aporta las mayores cantidades en casi todos los parámetros, entre otros están los siguientes parámetros: Sólidos Suspendidos Totales con 50,371 kg/d, Demanda Bioquímica de Oxígeno con 78,202 kg/d, Nitrógeno Total con 1,151 kg/d, Fósforo Total con 542 kg/d, Demanda Química de Oxígeno con 83,635 kg/d, Sólidos Suspendidos Totales con 8,328 kg/d, Cloruros con 2,341 kg/d, Sulfatos con 328 kg/d y Fenoles con 3.9 kg/d.

Las otras descargas que aportan la mayor cantidad son las siguientes: Tototlán (DM-17) con 58.2 kg/d en Nitratos + Nitritos; San Ignacio Cerro Gordo (DM-20) aporta 326.1 kg/d en Grasas y Aceites, 64.3 kg/d en Sustancias Activas al Azul de Metileno, 0.2 kg/d en Cromo y 0.007 kg/d en Mercurio; Atotonilco el Alto (DM-27) descarga 0.044 kg/d en Arsénico; Tequilería El Campanario (SC-4) aporta 1.9 kg/d y 0.004 kg/d, respectivamente, en Zinc y Cadmio, y; Tototlán (DI-206) descarga 0.04 kg/d en Cianuros

Al río Zula en total se descargan 58,539 kg/d de Sólidos Disueltos Totales, de los cuales en la zona 1 se descargan 1,621 kg/d, 5,142 kg/d en la zona 2, y 51,776 kg/d en la zona 3; 84,871 kg/d de Demanda Bioquímica de Oxígeno, de los cuales en la zona 1 se descargan 14 kg/d, 5,481 kg/d en la zona 2, y 79,375 kg/d en la zona 3; 1,571 kg/d de Nitrógeno Total, de los cuales en la zona 1 se descargan 59 kg/d, 183 kg/d en la zona 2 y 1,330 kg/d en la zona 3; 608 kg/d de Fósforo Total, de los cuales en la zona 1 se descargan 4.1 kg/d, 46 kg/d en la zona 2, y 558 kg/d en la zona 3; 93,993 kg/d de Demanda Química de Oxígeno, de los cuales en la zona 1 se descargan 62 kg/d, 8,606 kg/d en la zona 2, y 85,326 kg/d en la zona 3; 11,541 kg/d de Sólidos Suspendidos Totales, de los cuales en la zona 1 se descargan 17 kg/d, 2,380 kg/d en la zona 2 y 9,144 kg/d en la zona 3; 690 kg/d de Grasas y Aceites, de los cuales en la zona 1 se descargan 23 kg/d, 357

kg/d en la zona 2 y 309 kg/d en la zona 3; 115 kg/d de Sustancias Activas al Azul de Metileno, de los cuales en la zona 1 se descargan 1.1 kg/d, 66 kg/d en la zona 2 y 47 kg/d en la zona 3 principalmente.

VI.4.2. Balance de caudales

Los caudales en las estaciones sobre el río Zula y sobre los afluentes se muestran en la tabla VI.34.

Tabla VI.34. Distribución de caudales en el río Santiago

Estación	Nombre de descarga	Caudal (L/s)
AS1	Río Zula en Paso Cuarenta	290.00
DM-4	PTAR Arandas	73.10
AS2	Río Zula en Rinconada de Cristo Rey	230.00
DM-7	PTAR Atotonilco El Alto	39.90
DM-20	San Ignacio Cerro Gordo	37.40
SC-4	Tequilera El Campanario	50.00
AS3	Río Zula aguas abajo PTAR Atotonilco	200.00
DM-27	San Francisco de Asís	53.50
DI-206	Tequilera La Madrileña	63.00
DM-17	Tototlán	11.20
AS6	Río Zula en puente Ocotlán	0.1

Con el fin de estimar las diferencias de caudales en cada zona, se efectúa un balance, de tal manera que conociendo los caudales al inicio y al final de cada zona y conociendo las aportaciones y/o extracciones a lo largo de la zona, se puede estimar el caudal no cuantificado, definido como ΔQ , y dado por la siguiente expresión:

$$\Delta Q = Q_f - Q_i - Q_a + Q_d$$

Dónde: ΔQ = Incremento o decremento de caudal (L/s)

Q_f = Caudal al final de la zona (L/s)

Q_i = Caudal al inicio de la zona (L/s)

Q_a = Caudal de afluentes y/o descargas (L/s)

Q_d = Caudal de derivaciones y/o aprovechamientos (L/s)

De esta manera el balance por zonas se describe como sigue:

Zona 1

AS1	290.00
DM-4	73.10
AS2	230.00
ΔQ	230-(290+73.10)
	= -133.10 L/s.

Zona 2

AS2	230.00
DM-7	39.90
DM-20	37.40
SC-4	50.00
AS3	200.00
ΔQ	200 – (230+39.9+37.4+50)
	= -157.3 L/s.

Zona 3

AS3	200.00
DM-27	53.50
DI-206	63.00
DM-17	11.20
AS6	0.1
ΔQ	0.1– (200+53.5+63+11.2)
	= -327.6 L/s.

VI.4.3. Resultados de modelaciones en el Río Zula

Los resultados de las simulaciones con el QUAL2K se presentan en las figuras VI.252 a VI.288, en donde se muestran las concentraciones actuales y los tres plazos de cumplimiento para los principales parámetros modelados.

Los archivos generados por el QUAL2K, que contiene los datos de entrada, son *qual2ek_zula_obs_e1.xls*, *qual2ek_zula_nom_e1.xls*, *qual2ek_zula_int_e1.xls*, y *qual2ek_zula_lfd_e1.xls* y se encuentran dentro de los productos entregables en el disco óptico anexo.

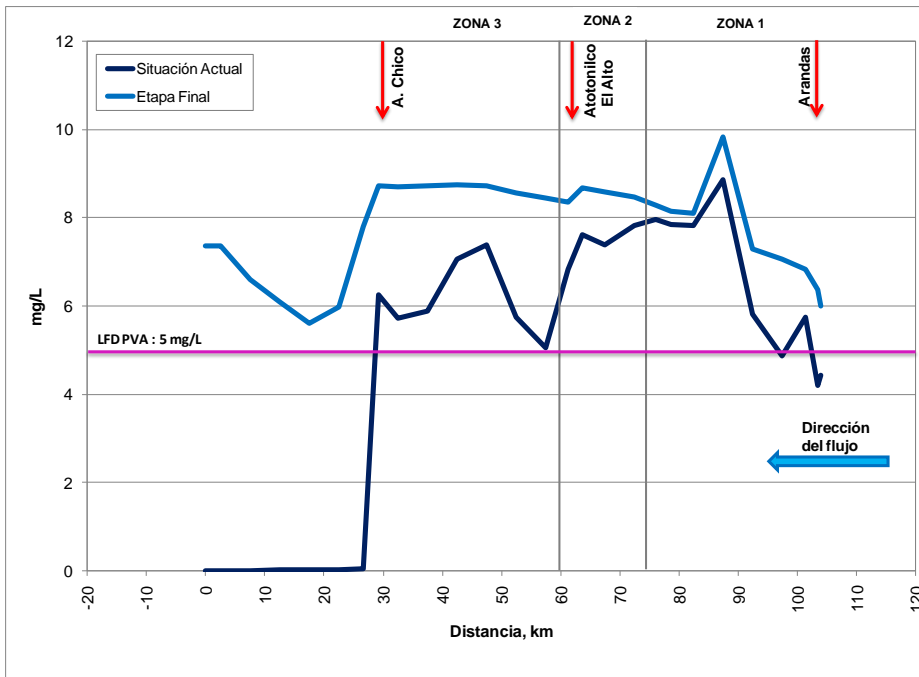


Figura VI.252. Resultado para Oxígeno Disuelto en el río Zula

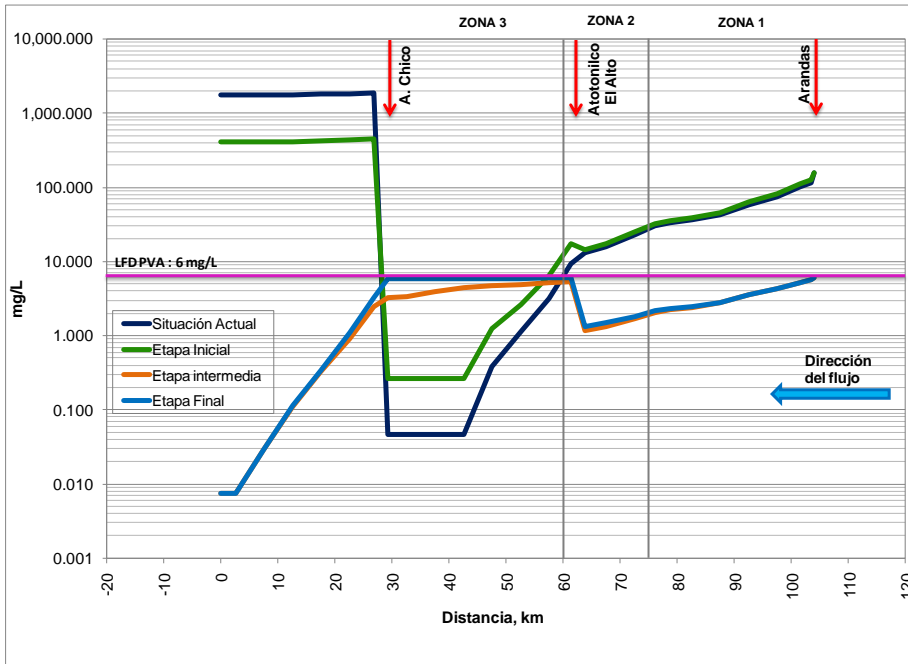


Figura VI.253. Resultado para Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Zula

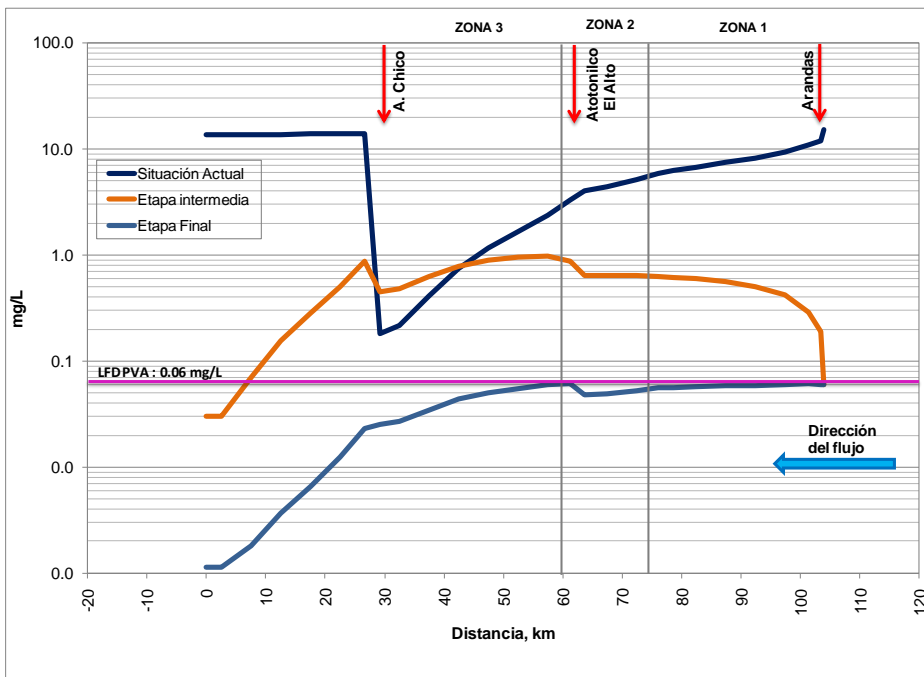


Figura VI.254. Resultado para Nitrógeno Amoniacal en el río Zula

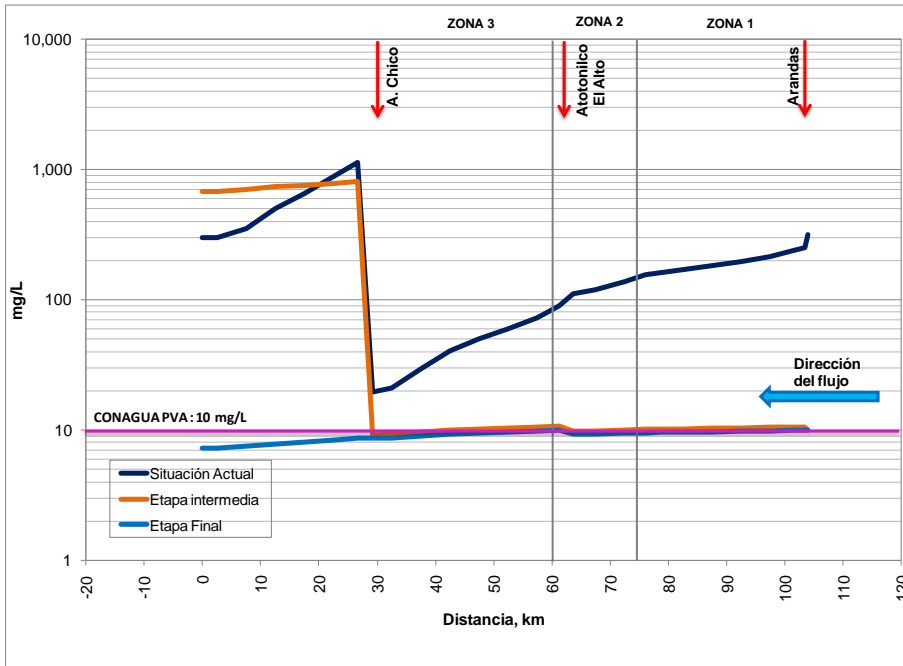


Figura VI.255. Resultado para Demanda Química de Oxígeno en el río Zula

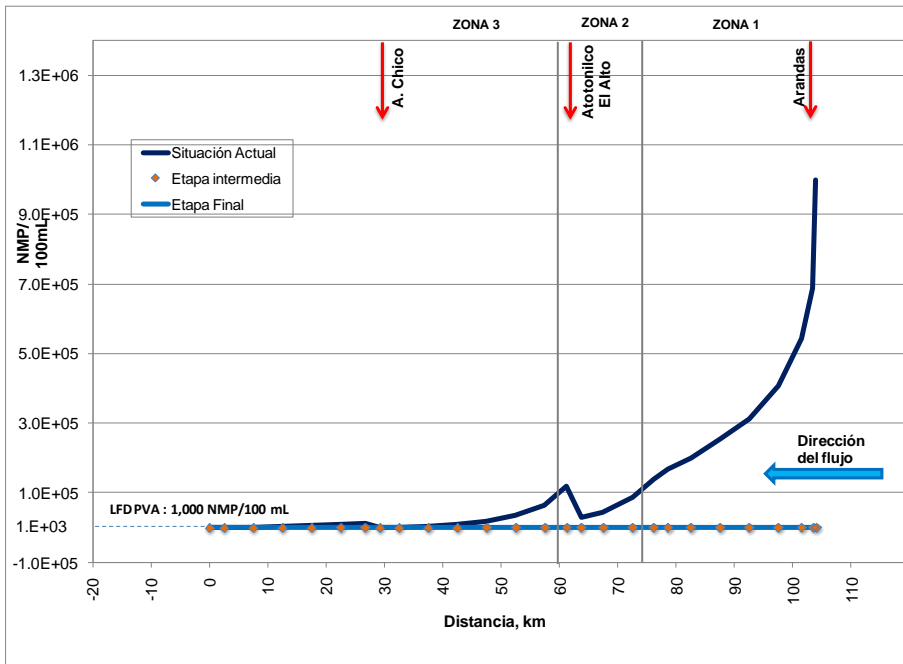


Figura VI.256. Resultado para Coliformes Fecales en el río Zula

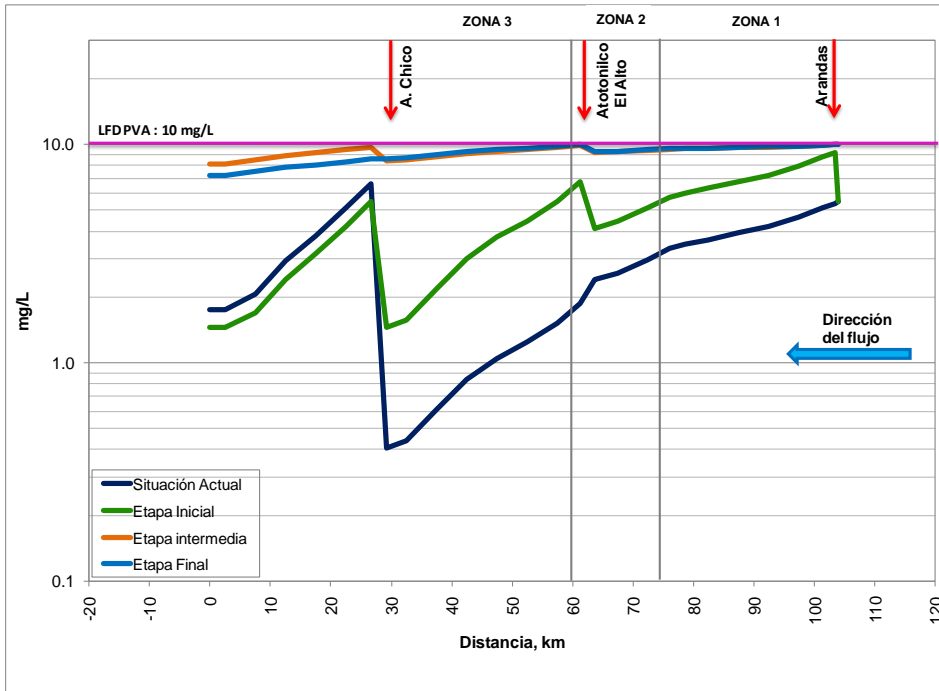


Figura VI.257. Resultado para Grasas y Aceites en el río Zula

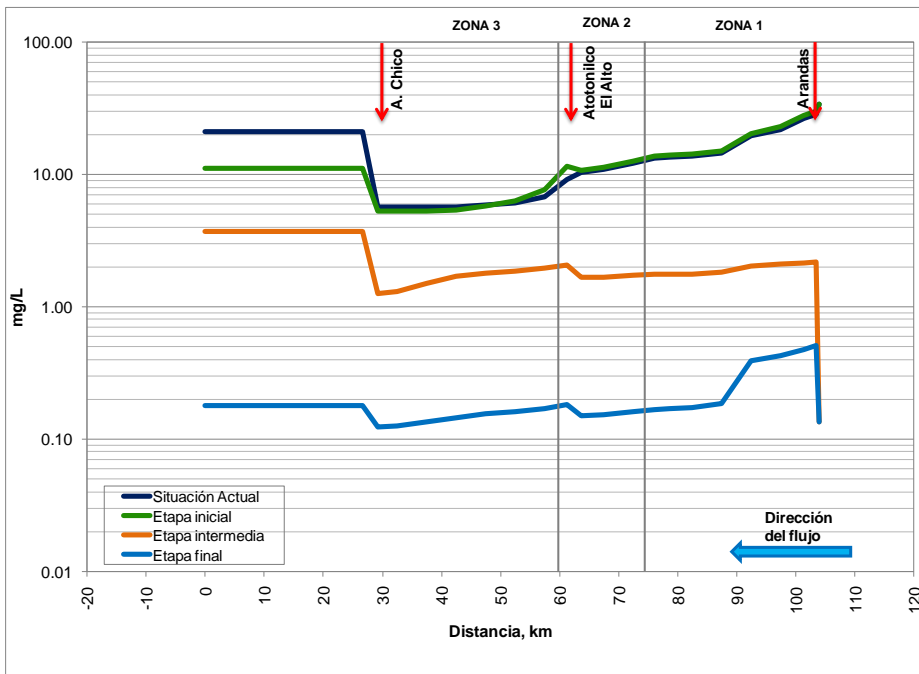


Figura VI.258. Resultado para Nitrógeno Total en el río Zula

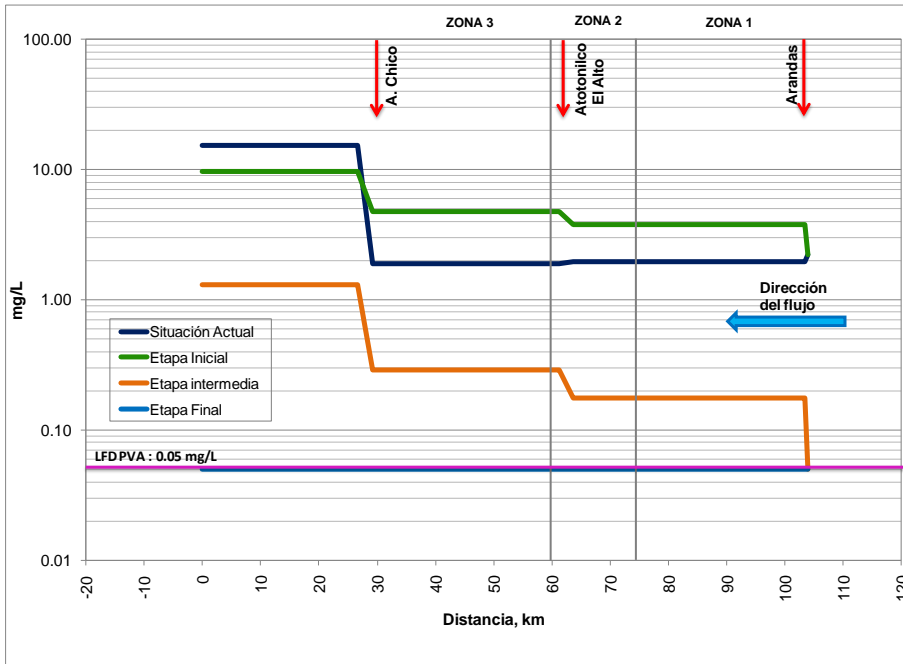


Figura VI.259. Resultado para Fósforo Total en el río Zula

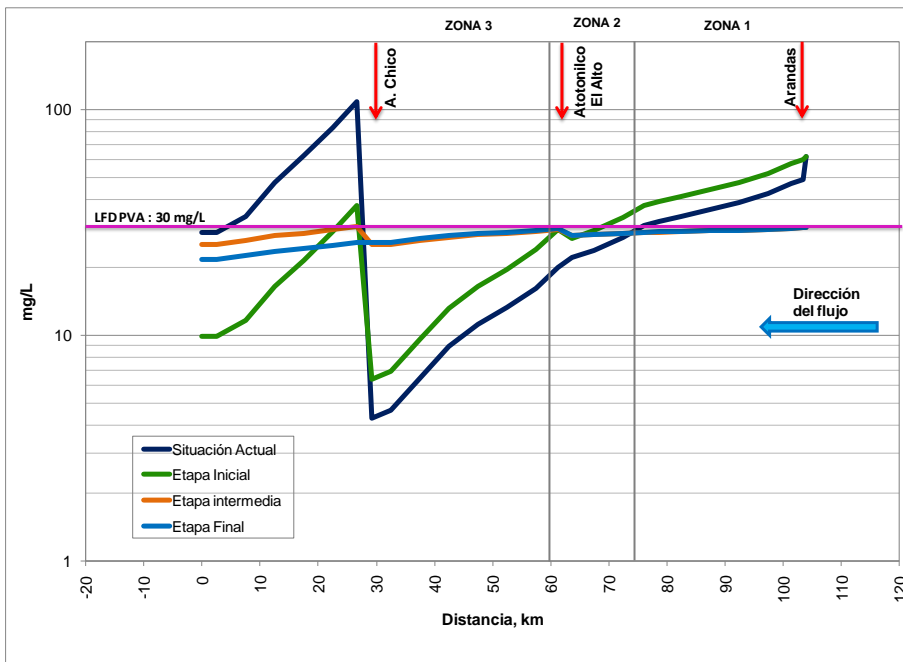


Figura VI.260. Resultado para Sólidos Suspendedos Totales en el río Zula

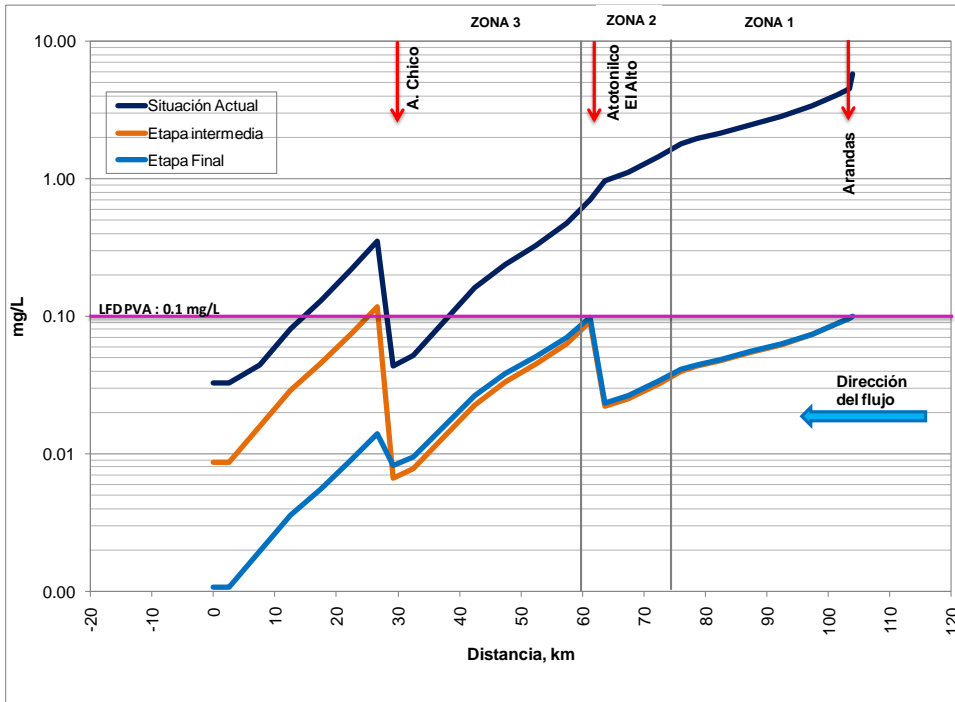


Figura VI.261. Resultado para Sustancias Activas al Azul de Metileno en el río Zula

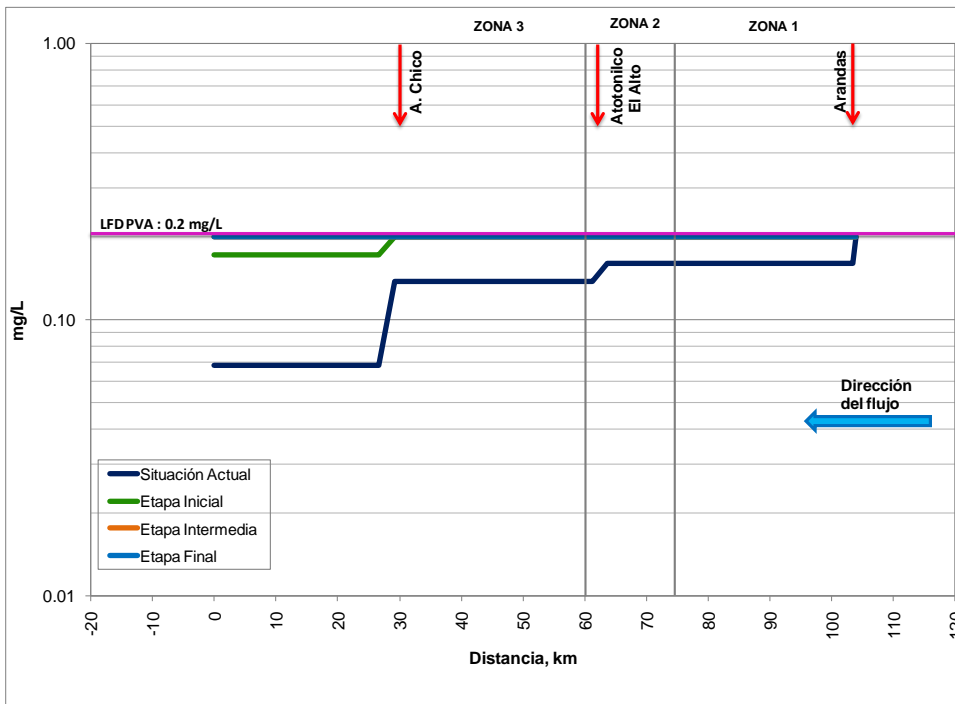


Figura VI.262. Resultado para Arsénico en el río Zula



Figura VI.263. Resultado para Cobre en el río Zula

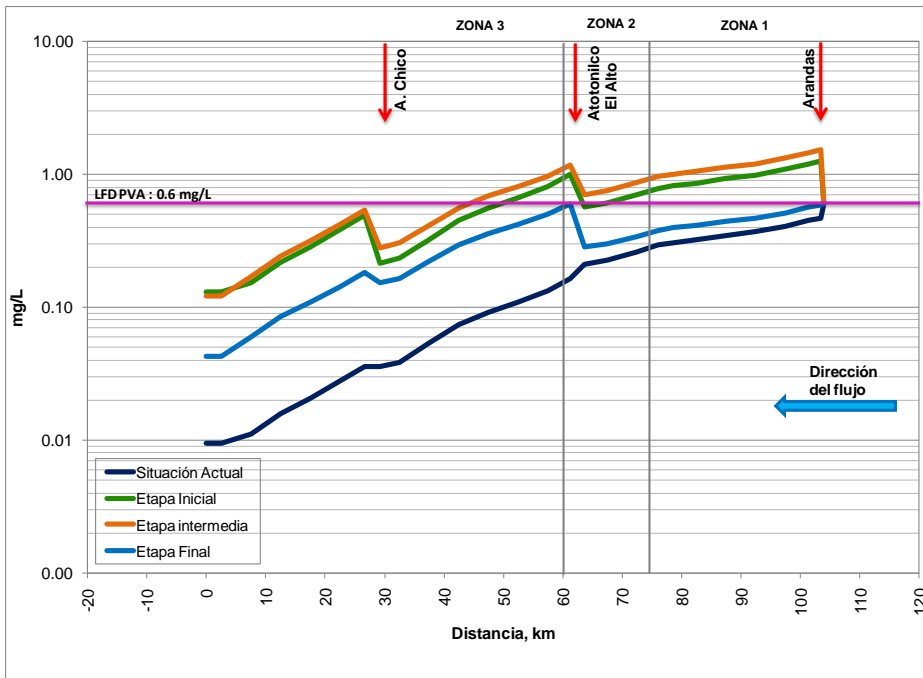


Figura VI.264. Resultado para Níquel en el río Zula

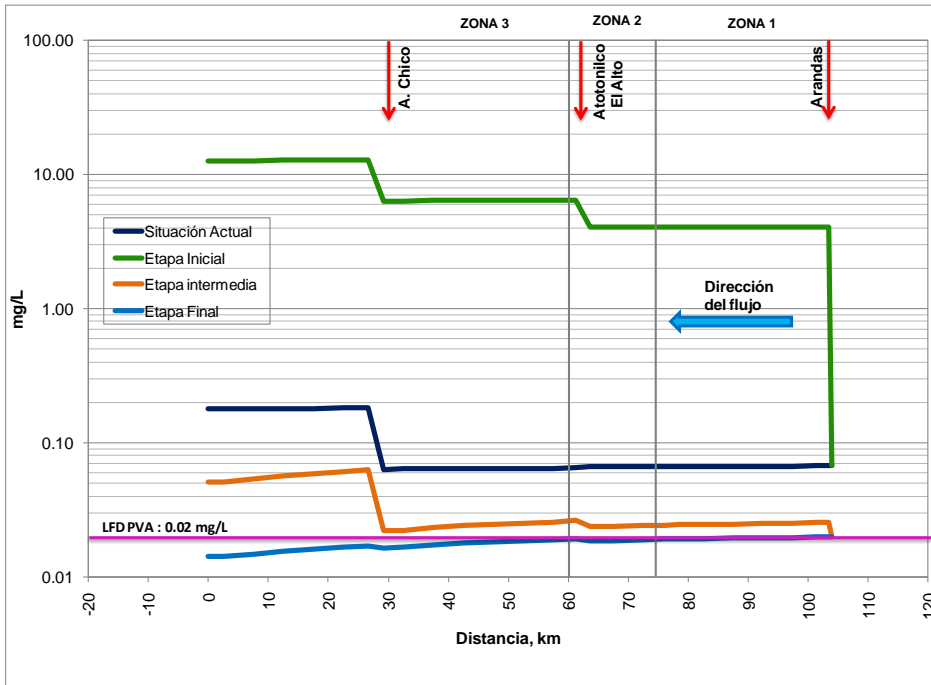


Figura VI.265. Resultado para Zinc en el río Zula

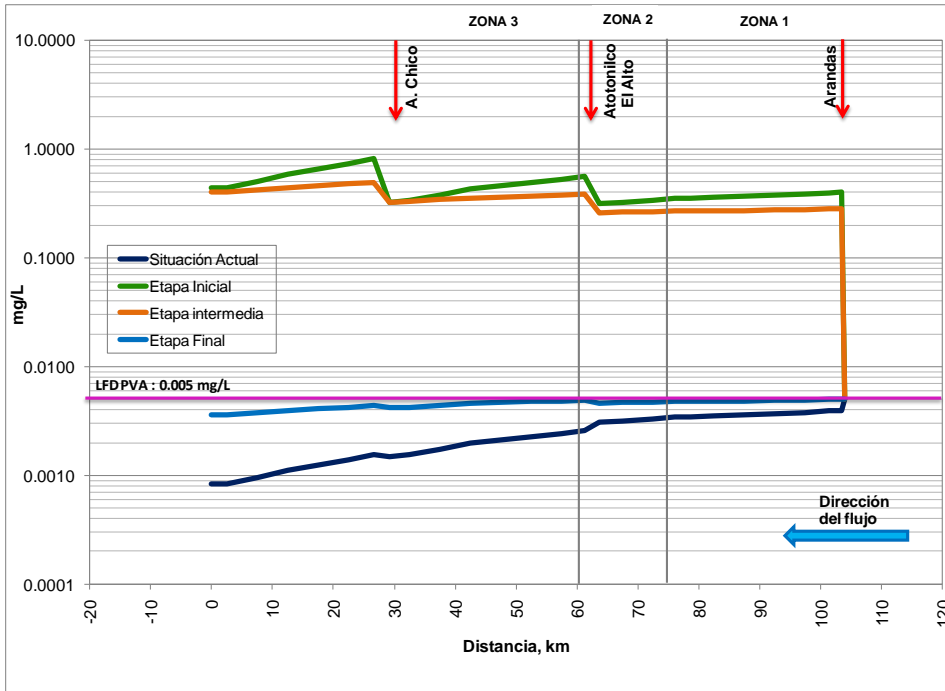


Figura VI.266. Resultado para Cianuros en el río Zula

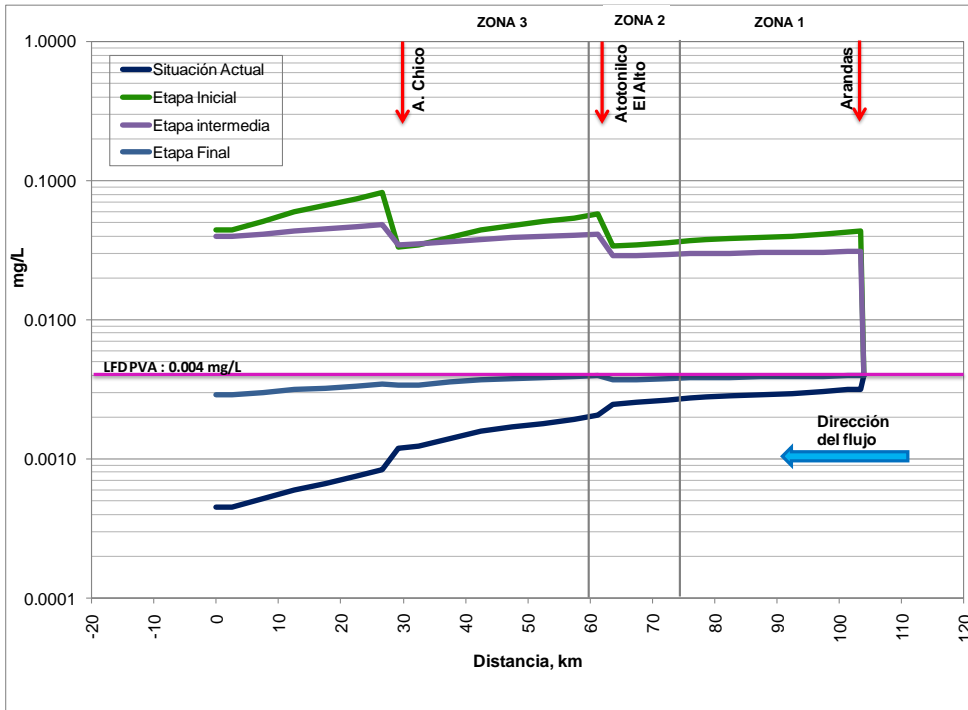


Figura VI.267. Resultado para Cadmio en el río Zula

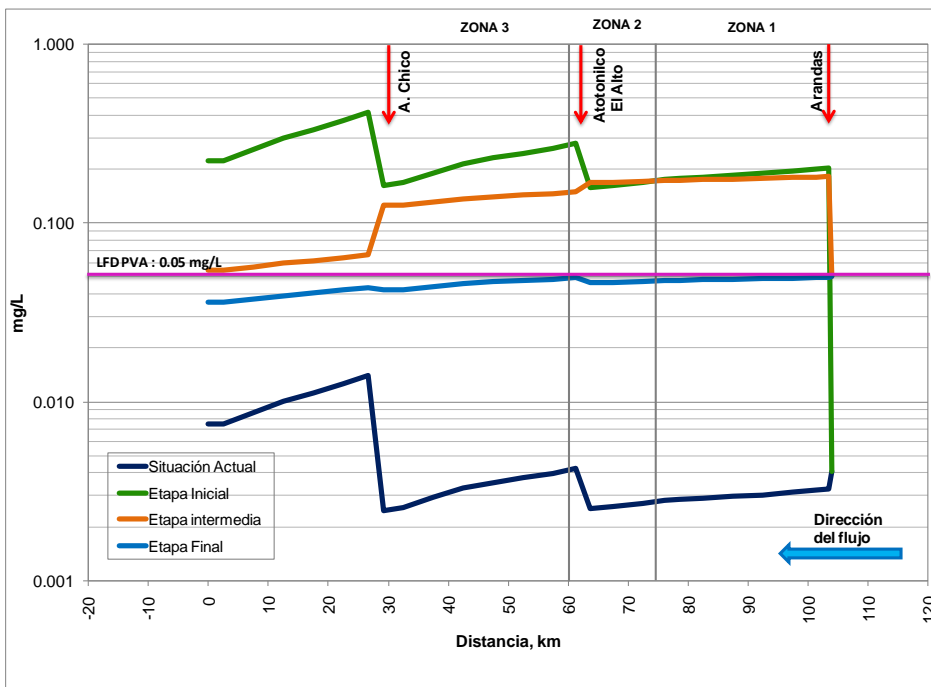


Figura VI.268. Resultado para Cromo en el río Zula

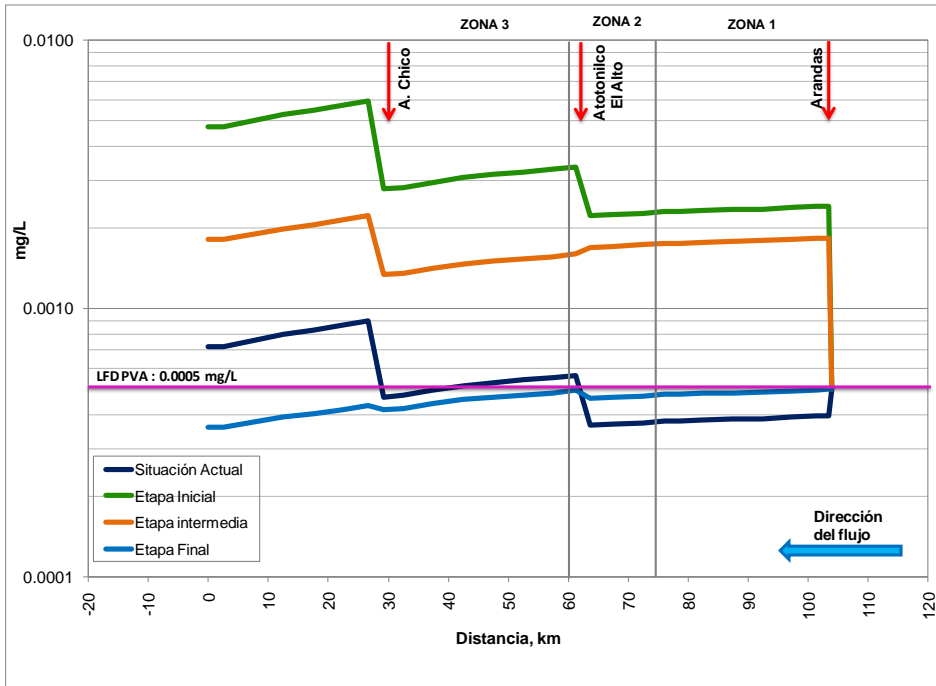


Figura VI.269. Resultado para Mercurio en el río Zula

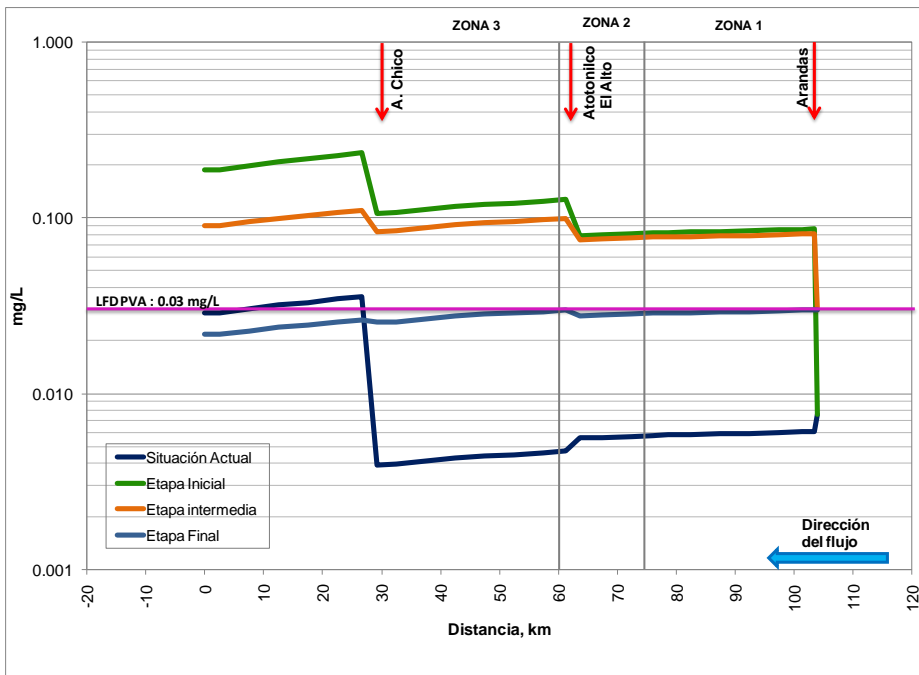


Figura VI.270. Resultado para Plomo en el río Zula

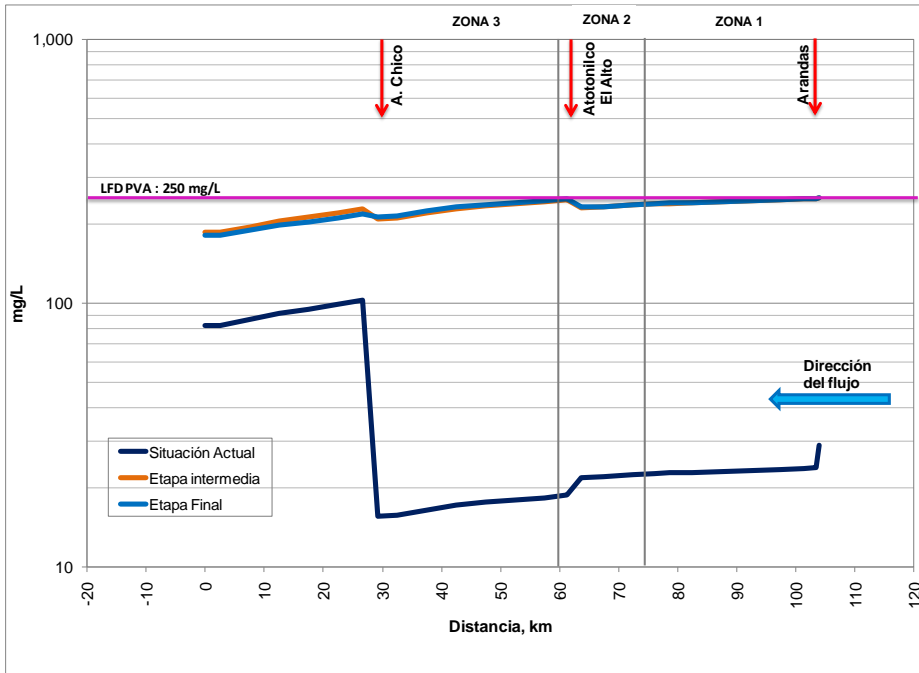


Figura VI.271. Resultado para Cloruros en el río Zula

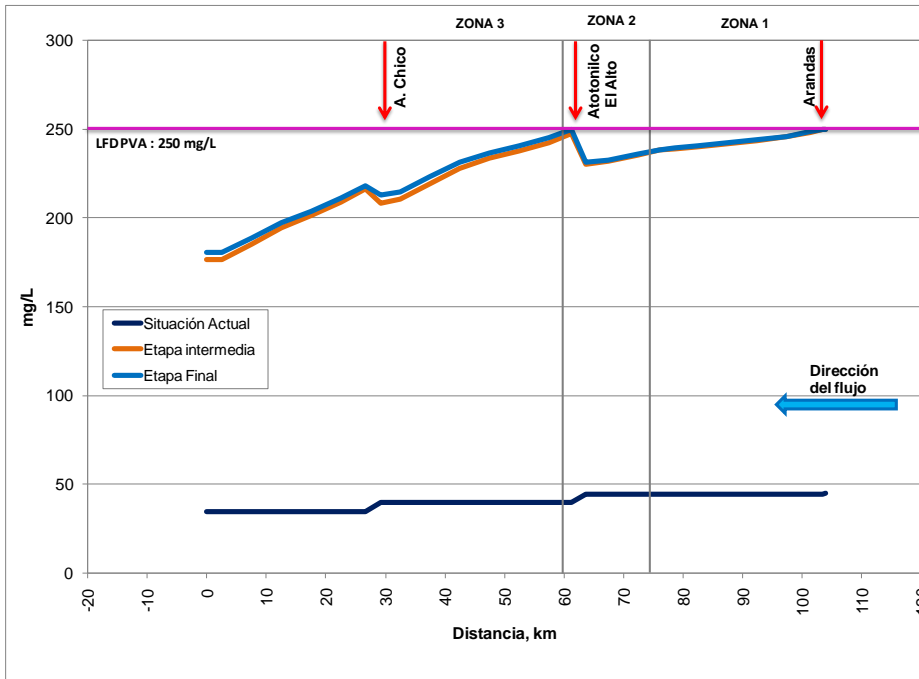


Figura VI.272. Resultado para Sulfatos en el río Zula

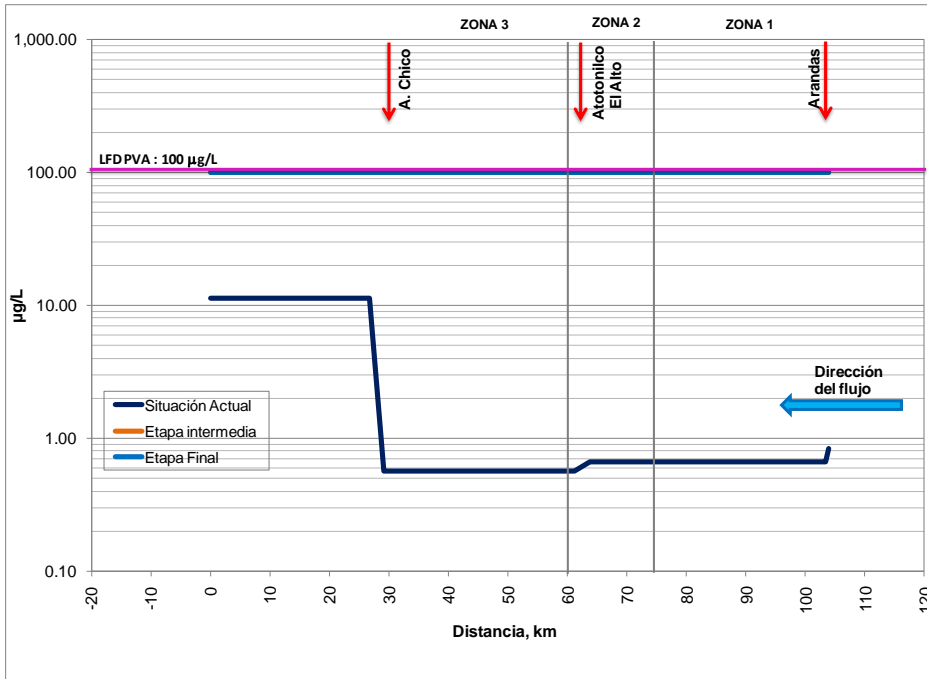


Figura VI.273. Resultado para Fenoles en el río Zula

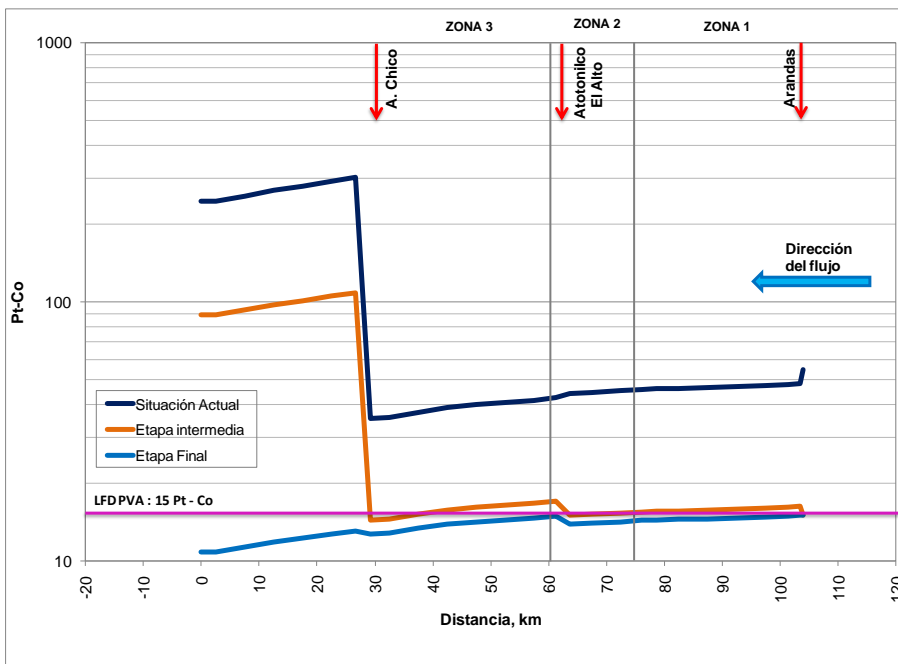


Figura VI.274. Resultado para Color en el río Zula

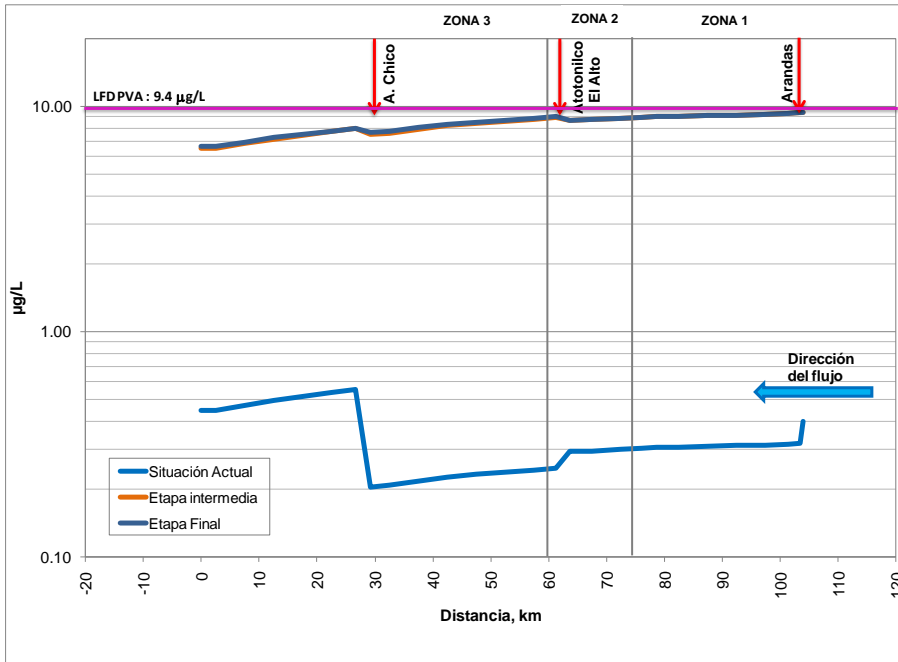


Figura VI.275. Resultado para Bis 2(Etil Hexil)ftalato en el río Zula

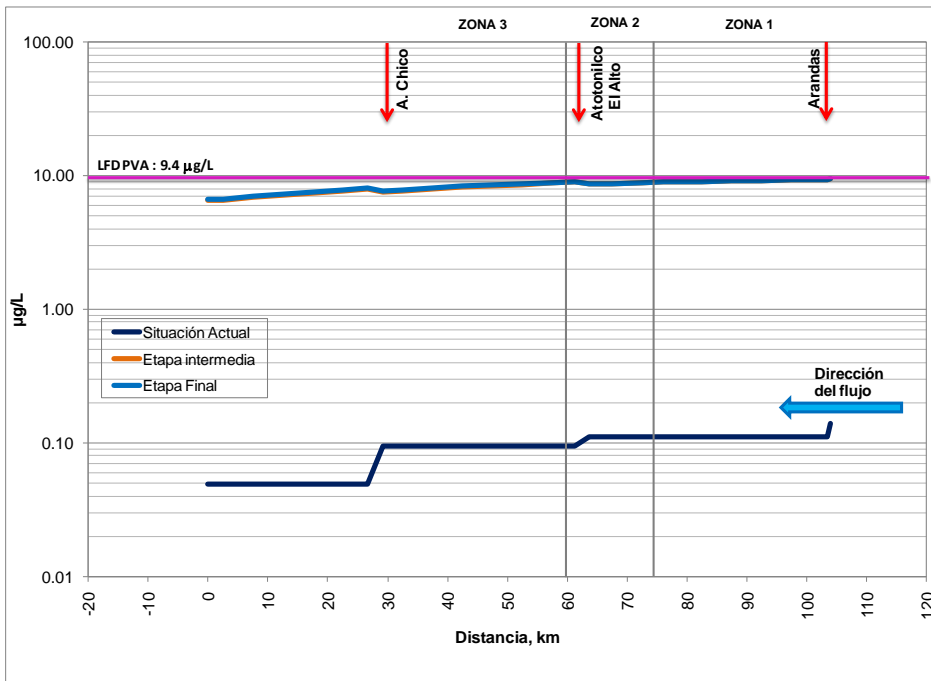


Figura VI.276. Resultado para Dimetilftalato en el río Zula

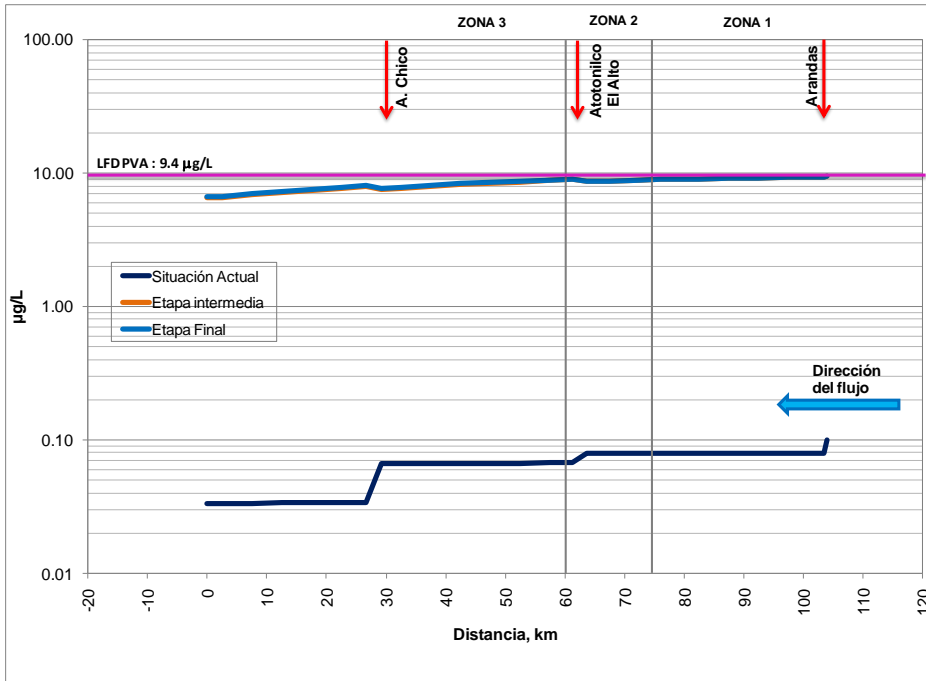


Figura VI.277. Resultado para Dietilftalato en el río Zula

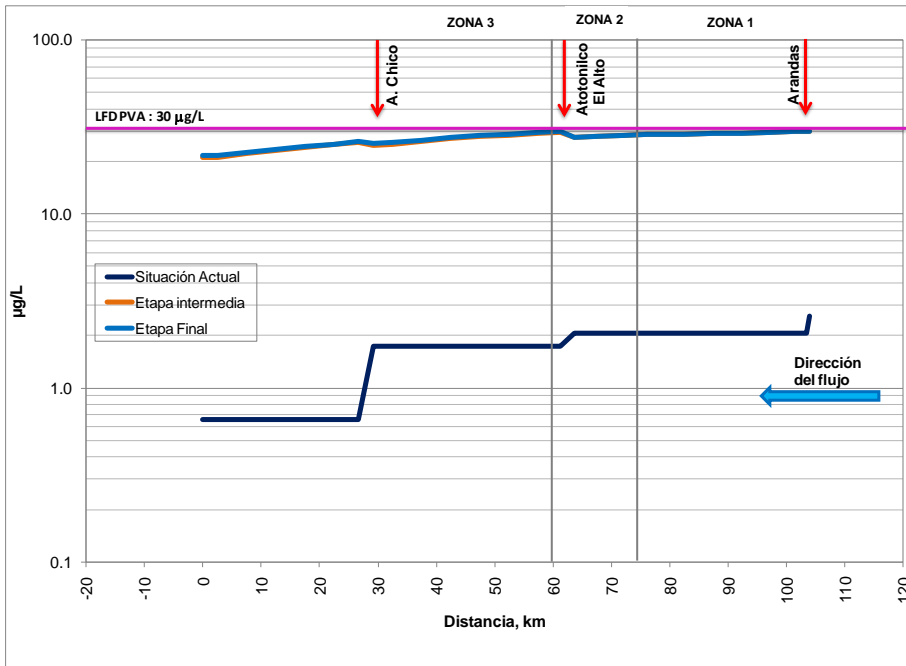


Figura VI.278. Resultado para Cloroformo en el río Zula

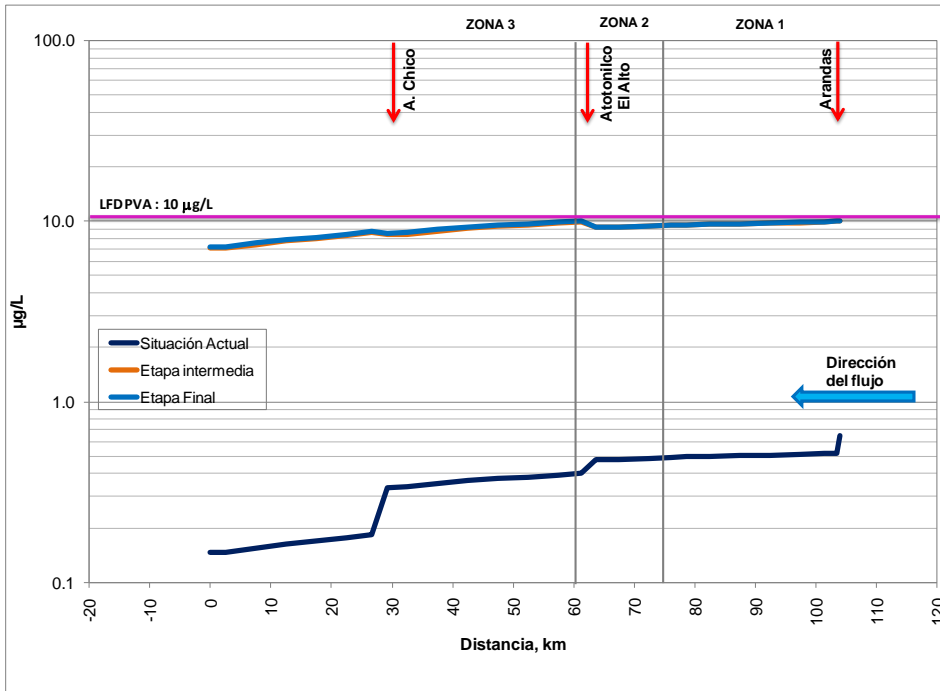


Figura VI.279. Resultado para Dieldrina en el río Zula

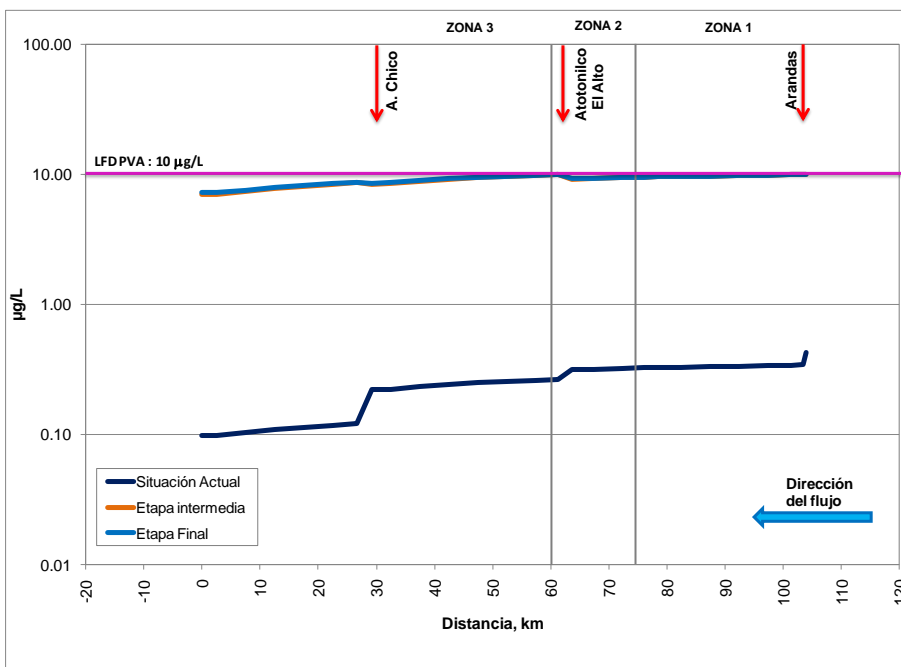


Figura VI.280. Resultado para 2, 4, 6 Triclorofenol en el río Zula

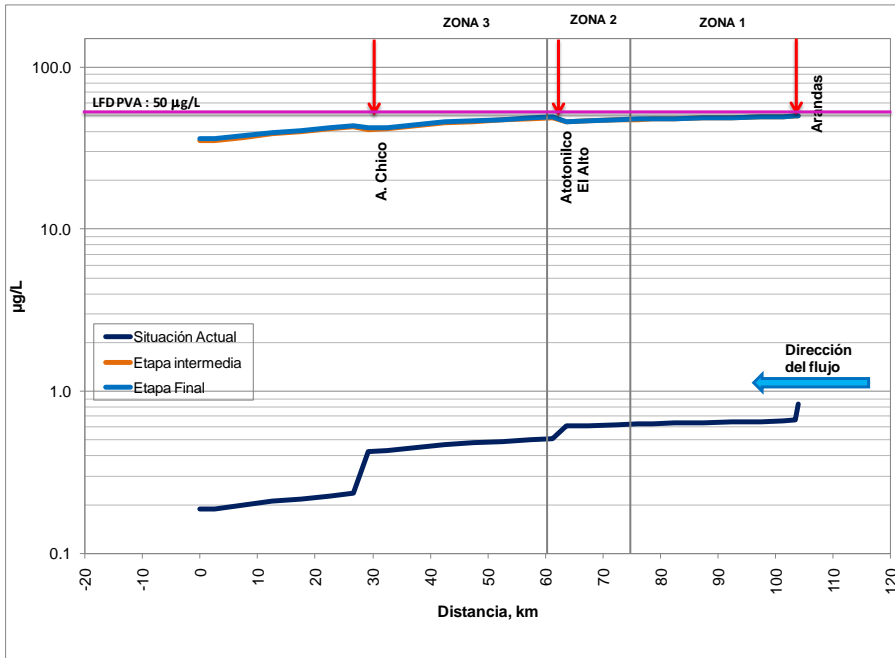


Figura VI.281. Resultado para Benceno en el río Zula

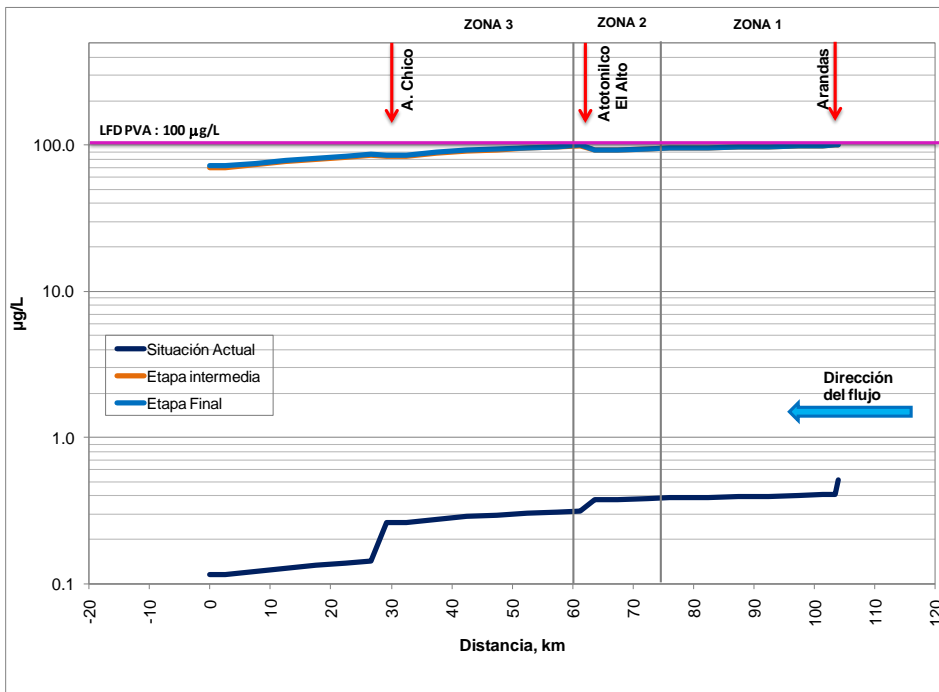


Figura VI.282. Resultado para Etilbenceno en el río Zula

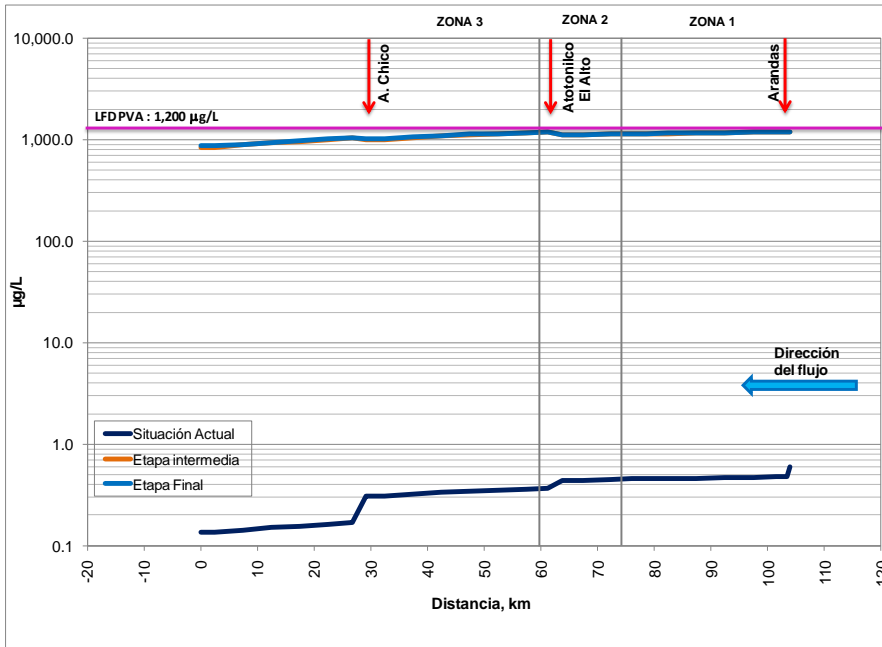


Figura VI.283. Resultado para Isoforona en el río Zula

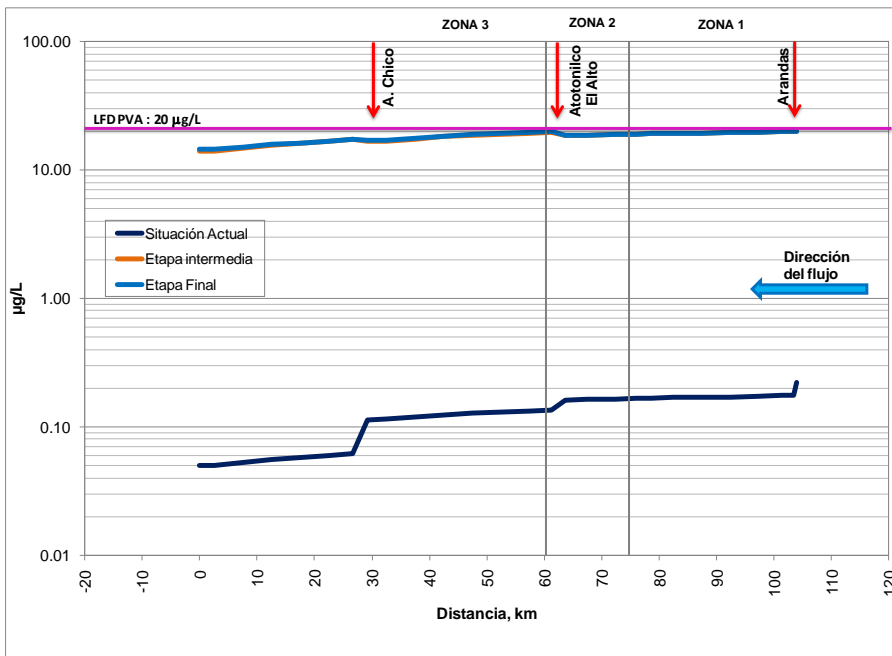


Figura VI.284. Resultado para Naftaleno en el río Zula

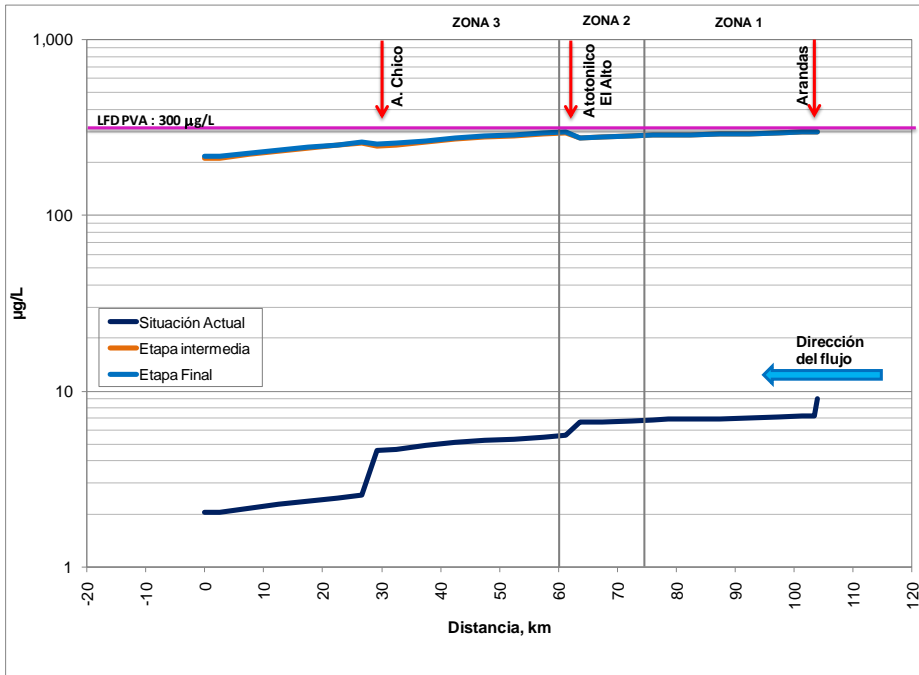


Figura VI.285. Resultado para Nitrobenzeno en el río Zula

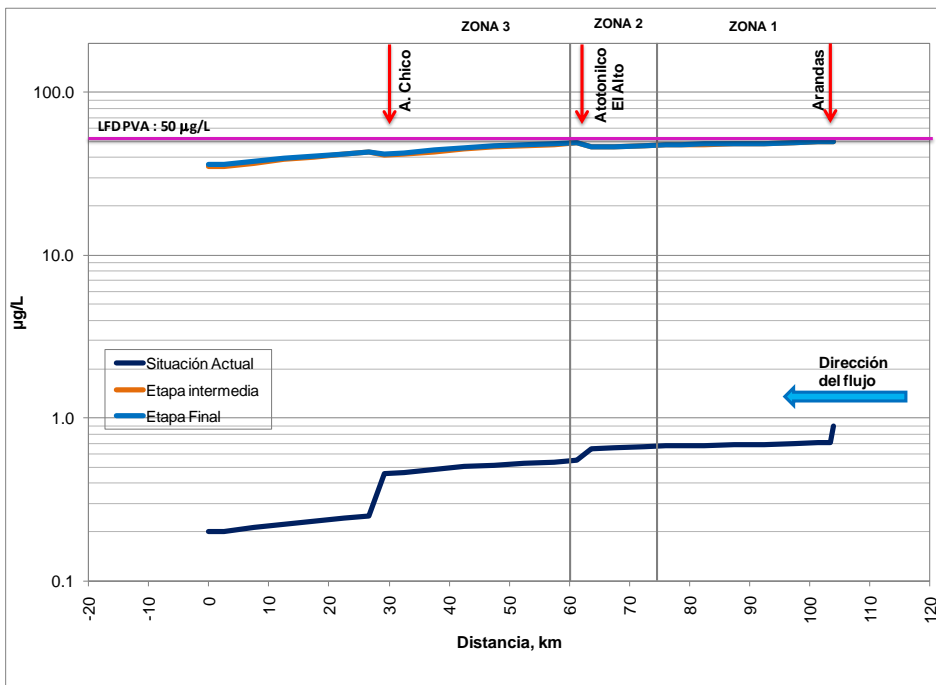


Figura VI.286 Resultado para Tetracloroetileno en el río Zula

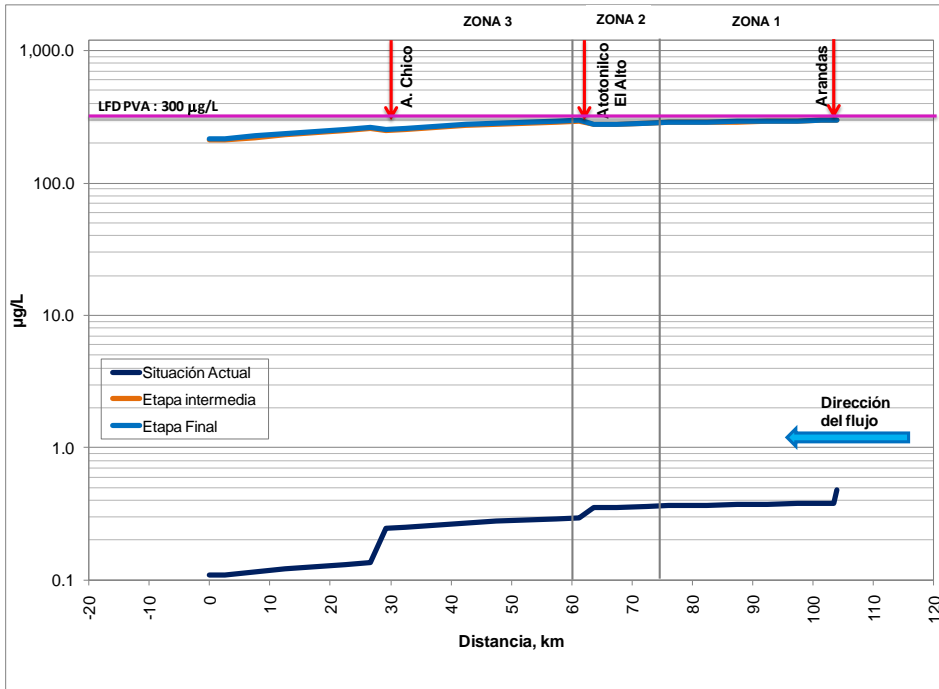


Figura VI.287 Resultado para Tetracloruro de Carbono en el río Zula

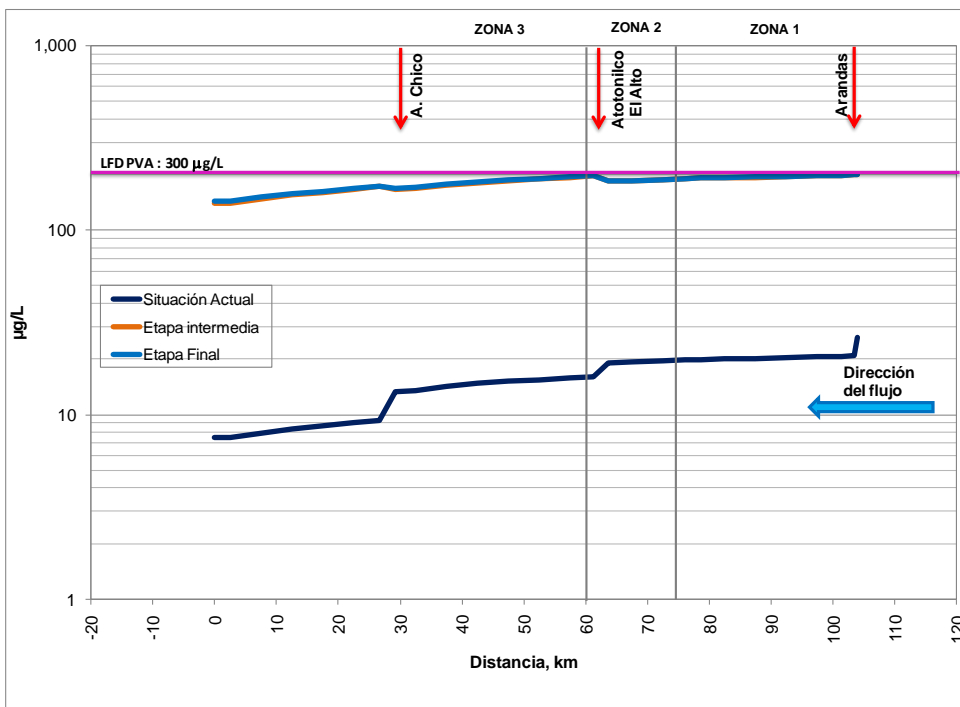


Figura VI.288. Resultado para Tolueno en el río Zula

VI.4.4. Límites Máximos de Descarga (LMD), metas de calidad del agua y capacidad de asimilación en el río Zula.

Los Límites Máximos de Descarga (LMD) para cada zona y parámetro de calidad del agua, para el cumplimiento en el primer, segundo y tercer plazo, obtenidos con el modelo QUAL2K, se muestran en las tablas VI.35, VI.36 y VI.37.

Tabla VI.35. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 1.

Parámetro	ZONA		
	1	2	3
	Río Zula	Río Zula	Río Zula
Temperatura (°C)	<40	<40	<40
Grasas y Aceites	217	367	410
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	522	881	2,922
Demanda Bioquímica de Oxígeno	522	624	32,415
Nitrógeno Total	217	367	749
Fósforo Total	87	147	531
pH (unidades de pH)	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5
Color (Pt-Co)	15	15	17
Arsénico	1.7	2.9	5.6
Cadmio	1.7	2.9	3.8
Cobre	52	88	50
Cromo	8.7	15	19
Mercurio	0.09	0.15	0.26
Níquel	35	59	34
Plomo	3.5	5.9	10.2
Zinc	174	294	545
Cianuros	17	29	38
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000

Los límites máximos de descarga están en kg/d, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.36. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 2.

Parámetro	ZONA		
	1	2	3
	Río Zula	Río Zula	Río Zula
Temperatura (°C)	35	35	35
Grasas y Aceites	77	183	381
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	346	509	1,218
Demanda Bioquímica de oxígeno	254	260	124
Nitrógeno Amoniacal	59	58	55
Nitrógeno Total	101	109	216
Fósforo Total	9	21	79
Demanda Química de Oxígeno	38	73	55,143
Sustancias Activas al Azul de Metileno	0.38	1.8	10.5
pH (unidades de pH))	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	<15	<15	<15
Arsénico	1.5	2.6	6.7
Cadmio	0.03	0.06	1.84
Cobre	0.38	1.3	4.9
Cromo	0.38	0.75	1.53
Mercurio	0.004	0.014	0.087
Níquel	4.6	15	33
Plomo	0.03	0.01	4.15
Zinc	0.33	0.92	2.68
Cianuros	0.04	0.07	19.22
Cloruro	962	1,833	8,080
Sulfato	962	1,833	7,556
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000
Fenol	0.38	1.1	3.4
Bis 2 (etil hexil)ftalato	0.04	0.11	0.28
Dimetilftalato	0.04	0.11	0.28
Dietilftalato	0.04	0.11	0.28
Cloroformo	0.12	0.35	0.91
Diclorobencenos	0.04	0.12	0.30
2,4,6 Triclorofenol	0.04	0.12	0.30

Parámetro	ZONA		
	1	2	3
	Río Zula	Río Zula	Río Zula
Benceno	0.19	0.58	1.5
Etilbenceno	0.38	1.2	3.0
Isoforona	4.6	14.1	36.1
Naftaleno	0.08	0.23	0.60
Nitrobenceno	1.2	3.5	9.0
Tetracloroetileno	0.19	0.58	1.5
Tetracloruro de Carbono	1.2	3.5	9.0
Tolueno	0.8	2.3	6.0

Los límites máximos de descarga están en kg/d, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.37. Límites Máximos de Descarga por zonas clasificadas para el plazo 3.

Parámetro	ZONA		
	6	7	8
	Río Zula	Río Zula	Río Zula
Temperatura (°C)	35	35	35
Grasas y Aceites	67	128	263.0
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	201	383	788
Demanda Bioquímica de Oxígeno	40	154	54
Nitrógeno Amoniacal	0.0004	0.001	0.87
Nitrógeno Total	9	6.2	7.3
Fósforo Total	0.33	0.57	1.48
Demanda Química de Oxígeno	67	128	263
Sustancias Activas al Azul de Metileno	0.7	2.8	3.0
pH (unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	<15	<15	<15
Arsénico	1.3	2.3	5.9
Cadmio	0.03	0.05	0.11
Cobre	0.33	1.1	0.69
Cromo	0.33	0.63	1.3
Mercurio	0.003	0.006	0.013

Parámetro	ZONA		
	6	7	8
	Río Zula	Río Zula	Río Zula
Níquel	4.0	13	8.0
Plomo	0.0002	0.0004	0.81
Zinc	0.13	0.24	0.53
Cianuros	0.03	0.06	0.13
Cloruro	1,673	3,224	6,698
Sulfato	1,673	3,224	6,698
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<1,000	<1,000	<1,000
Fenol	0.7	1.2	3.0
Bis 2 (etil hexil)ftalato	0.06	0.11	0.25
Dimetilftalato	0.06	0.11	0.25
Dietilftalato	0.06	0.11	0.25
Cloroformo	0.20	0.38	0.80
Diclorobencenos	0.07	0.13	0.27
2,4,6 Triclorofenol	0.07	0.13	0.27
Benceno	0.33	0.63	1.3
Etilbenceno	0.7	1.3	2.7
Isoforona	8	15	32
Naftaleno	0.13	0.25	0.54
Nitrobenceno	2.0	3.8	8.0
Tetracloroetileno	0.33	0.63	1.3
Tetracloruro de Carbono	2.0	3.8	8.0
Tolueno	1.3	2.5	5.4

Los límites máximos de descarga están en kg/d, a menos que se especifiquen otras unidades.

Las metas de calidad alcanzadas en los cuerpos de agua en las zonas clasificadas, para los plazos establecidos, se muestran en las tablas VI.38, VI.39 y V I.40, respectivamente.

Tabla VI.38. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 1.

Parámetro	ZONA		
	1	2	3
	Río Zula	Río Zula	Río Zula
Temperatura (°C)	<40	<40	<40
Grasas y Aceites	5.5	5.7	6.7
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente

Parámetro	ZONA		
	1	2	3
	Río Zula	Río Zula	Río Zula
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	62	37	29
Demanda Bioquímica de Oxígeno	157	32	18
Nitrógeno Total	34	14	12
Fósforo Total	2.2	3.8	4.7
pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color	15	15	17
Arsénico	0.20	0.20	0.20
Cadmio	0.004	0.037	0.057
Cobre	0.05	0.76	1.27
Cromo	0.004	0.176	0.279
Mercurio	0.001	0.002	0.003
Níquel	0.60	0.78	1.00
Plomo	0.01	0.08	0.13
Zinc	0.07	4.06	6.46
Cianuros	0.01	0.35	0.56
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000

Las metas de calidad del agua están en mg/l, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.39. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 2.

Parámetro	ZONA		
	1	2	3
	Río Zula	Río Zula	Río Zula
Temperatura (°C)	35	35	35
Grasas y Aceites	10	9.5	9.9
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	30	29	30
Demanda Bioquímica de Oxígeno	6.0	2.1	5.4
Nitrógeno Amoniacal	0.06	0.63	0.87
Nitrógeno Total	0.13	1.75	2.05
Fósforo Total	0.05	0.18	0.29
Demanda Química de Oxígeno	10	10.1	11
Sustancias Activas al Azul de Metileno	0.10	0.04	0.09

Parámetro	ZONA		
	1	2	3
	Río Zula	Río Zula	Río Zula
pH (unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	15	15	17
Arsénico	0.20	0.20	0.20
Cadmio	0.004	0.030	0.041
Cobre	0.05	0.55	0.80
Cromo	0.05	0.17	0.15
Mercurio	0.0005	0.002	0.002
Níquel	0.60	0.96	1.18
Plomo	0.03	0.08	0.10
Zinc	0.02	0.02	0.03
Cianuros	0.005	0.27	0.39
Cloruro	250	238	247
Sulfato	250	238	247
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2,000	<2,000	<2,000
Fenol	0.10	0.10	0.10
Bis 2 (etil hexil)ftalato	0.009	0.009	0.009
Dimetilftalato	0.009	0.009	0.009
Dietilftalato	0.009	0.009	0.009
Cloroformo	0.03	0.03	0.03
Diclorobencenos	0.01	0.01	0.01
2,4,6 Triclorofenol	0.01	0.01	0.01
Benceno	0.05	0.05	0.05
Etilbenceno	0.10	0.10	0.10
Isoforona	1.2	1.1	1.2
Naftaleno	0.02	0.02	0.02
Nitrobenceno	0.30	0.29	0.30
Tetracloroetileno	0.05	0.05	0.05
Tetracloruro de Carbono	0.30	0.29	0.30
Tolueno	0.20	0.19	0.20

Las metas de calidad del agua están en mg/l, a menos que se especifiquen otras unidades.

Tabla VI.40. Metas de calidad de agua a alcanzar por zonas clasificadas, plazo 3.

Parámetro	ZONA		
	1	2	3
	Río Zula	Río Zula	Río Zula
Temperatura (°C)	35	35	35

Parámetro	ZONA		
	1	2	3
	Río Zula	Río Zula	Río Zula
Grasas y Aceites	10	9.5	10.0
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	<1	<1	<1
Oxígeno Disuelto	5.0	5.0	5.0
Sólidos Suspendidos Totales	30	29	30
Demanda Bioquímica de Oxígeno	6.0	2.1	6.0
Nitrógeno Amoniacal	0.06	0.06	0.06
Nitrógeno Total	0.13	0.17	0.18
Fósforo Total	0.05	0.05	0.05
Demanda Química de Oxígeno	10	9.5	10
Sustancias Activas al Azul de Metileno	0.10	0.04	0.10
pH (unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Color (Pt-Co)	15	14	15
Arsénico	0.20	0.20	0.20
Cadmio	0.004	0.004	0.004
Cobre	0.05	0.03	0.05
Cromo	0.05	0.05	0.05
Mercurio	0.0005	0.0005	0.0005
Níquel	0.60	0.38	0.60
Plomo	0.03	0.03	0.03
Zinc	0.02	0.02	0.02
Cianuros	0.005	0.005	0.005
Cloruro	250	238	250
Sulfato	250	238	250
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<1,000	<1,000	<1,000
Fenol	0.10	0.10	0.10
Bis 2 (etil hexil) ftalato	0.009	0.009	0.009
Dimetilftalato	0.009	0.009	0.009
Dietilftalato	0.009	0.009	0.009
Cloroformo	0.03	0.03	0.03
Diclorobencenos	0.01	0.01	0.01
2,4,6 Triclorofenol	0.01	0.01	0.01
Benceno	0.05	0.05	0.05
Etilbenceno	0.10	0.10	0.10
Isoforona	1.2	1.1	1.2
Naftaleno	0.02	0.02	0.02
Nitrobenceno	0.30	0.29	0.30
Tetracloroetileno	0.05	0.05	0.05
Tetracloruro de Carbono	0.30	0.29	0.30
Tolueno	0.20	0.19	0.20

Las metas de calidad del agua están en mg/l, a menos que se especifiquen otras unidades

La capacidad de asimilación del río Zula y afluentes, en las zonas clasificadas se muestra en la tabla VI.41.

Tabla VI.41. Capacidad de asimilación del río Zula y afluentes por zonas clasificadas.

Parámetro	ZONA		
	1	2	3
	Río Zula	Río Zula	Río Zula
Grasas y Aceites	32	no admite	no admite
Sólidos Suspendidos Totales	175	no admite	no admite
Demanda Bioquímica de Oxígeno	19	no admite	no admite
Nitrógeno Amoniacal	no admite	no admite	no admite
Nitrógeno Total	no admite	no admite	no admite
Fósforo Total	no admite	no admite	no admite
Demanda Química de Oxígeno	no admite	no admite	no admite
Sustancias Activas al Azul de Metileno	no admite	no admite	no admite
Arsénico	1.3	2.2	5.7
Cadmio	0.03	0.05	0.08
Cobre	0.33	0.7	no admite
Cromo	0.28	0.29	0.84
Mercurio	0.00	no admite	no admite
Níquel	4.0	13	6.7
Plomo	0.0002	0.0004	no admite
Zinc	no admite	no admite	no admite
Cianuros	0.03	0.06	0.09
Cloruro	1,654	3,038	3,173
Sulfato	1,406	2,905	5,745
Fenol	0.7	1.2	2.6
Bis 2 (etil hexil)ftalato	0.06	0.11	0.23
Dimetilftalato	0.06	0.11	0.25
Dietilftalato	0.06	0.11	0.25
Cloroformo	0.20	0.38	0.79
Diclorobencenos	0.07	0.13	0.26
2,4,6 Triclorofenol	0.07	0.13	0.26
Benceno	0.33	0.63	1.33
Etilbenceno	0.7	1.3	2.7
Isoforona	8	15	32
Naftaleno	0.13	0.25	0.53

Parámetro	ZONA		
	1	2	3
	Río Zula	Río Zula	Río Zula
Nitrobenceno	2.0	3.8	8.0
Tetracloroetileno	0.33	0.63	1.3
Tetracloruro de Carbono	2.0	3.8	8.0
Tolueno	1.3	2.5	5.1

La capacidad de asimilación está en kg/d.

VI.5. Escenario de cargas en los ríos Santiago, Verde y Zula

En las siguientes gráficas, se muestra comparativamente la evolución de las cargas de contaminantes con respecto a las condiciones actuales y los plazos inicial (NOM-001-SEMARNAT-1996), intermedio y final (LFD).

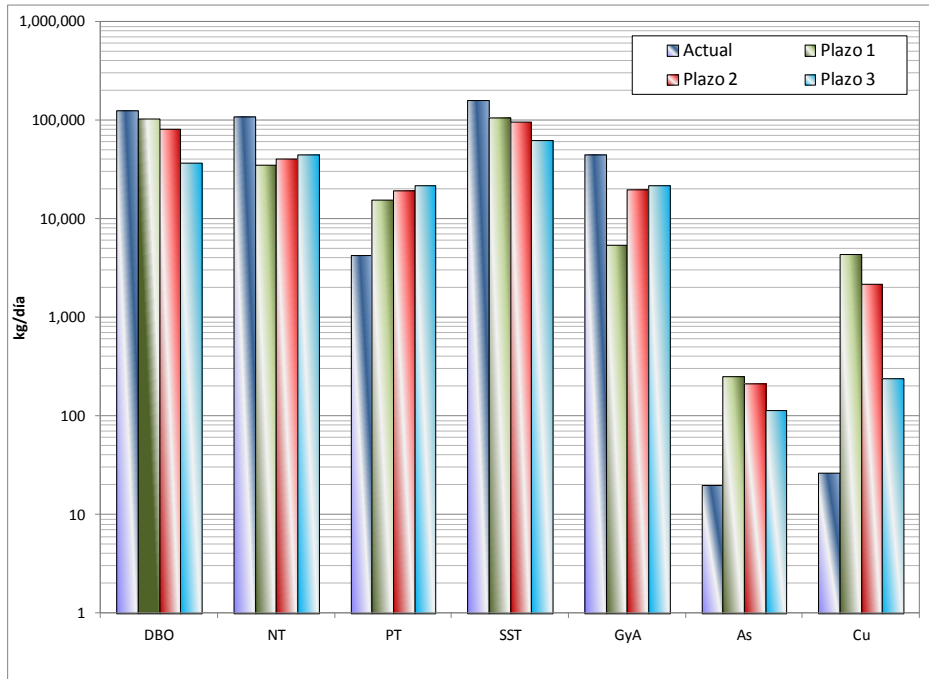


Figura VI.289. Carga de contaminantes actual, plazo inicial, intermedio y final. Río Santiago.

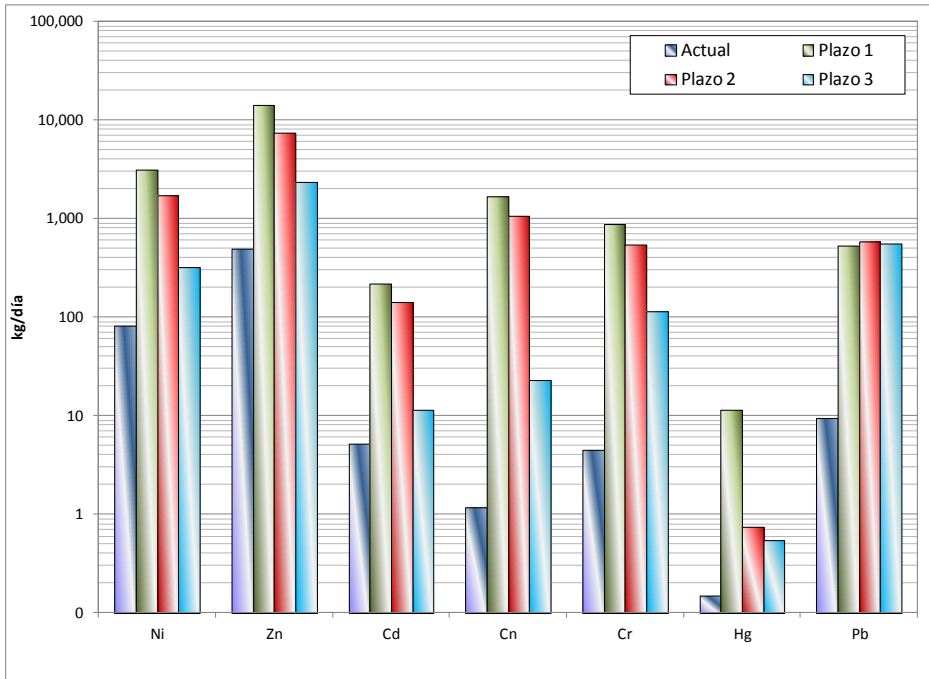


Figura VI.290. Carga de contaminantes actual, plazo inicial, intermedio y final. Río Santiago (continuación)

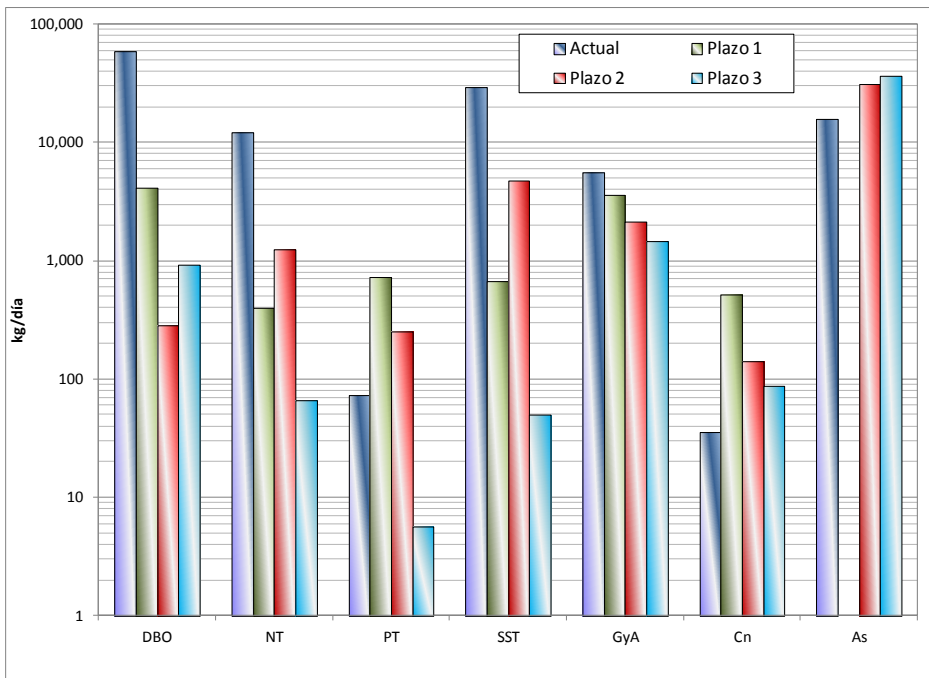


Figura VI.291. Carga de contaminantes actual, plazo inicial, intermedio y final. Río Verde.

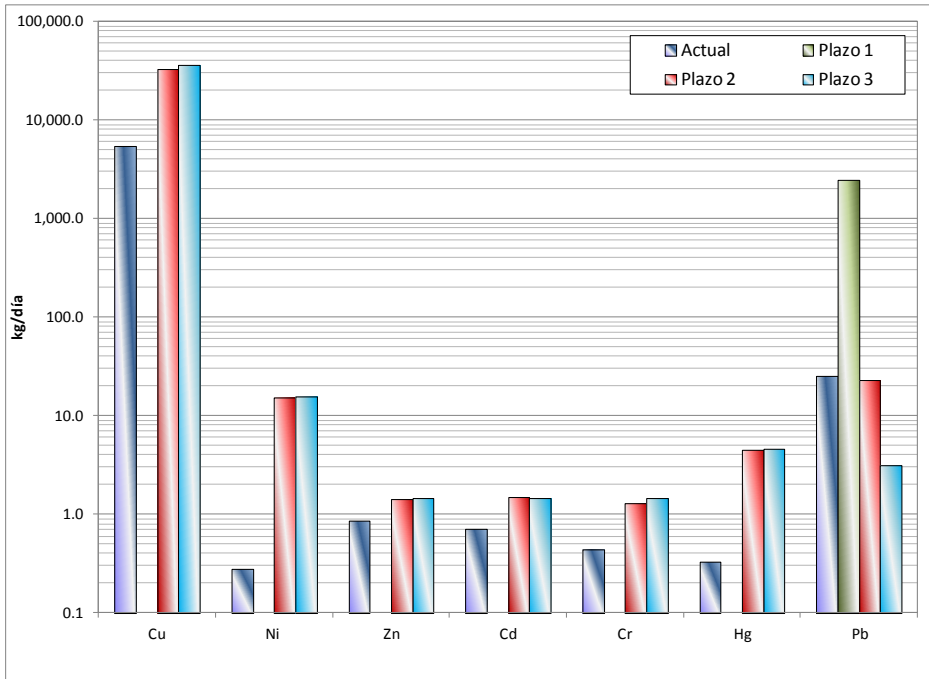


Figura VI.292. Carga de contaminantes actual, plazo inicial, intermedio y final. Río Verde (continuación)

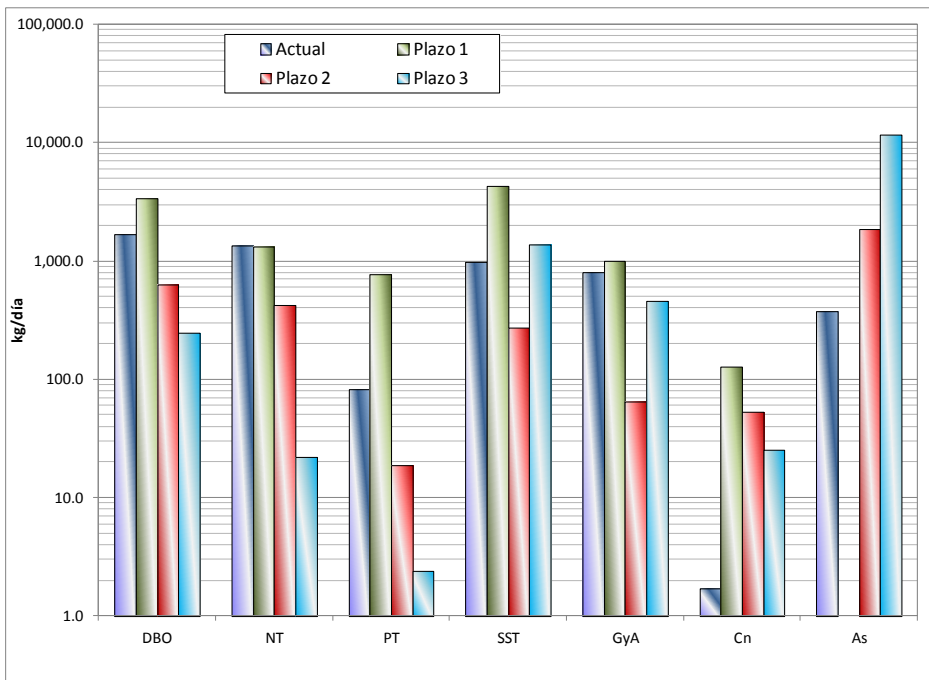


Figura VI.293. Carga de contaminantes actual, plazo inicial, intermedio y final. Río Zula.

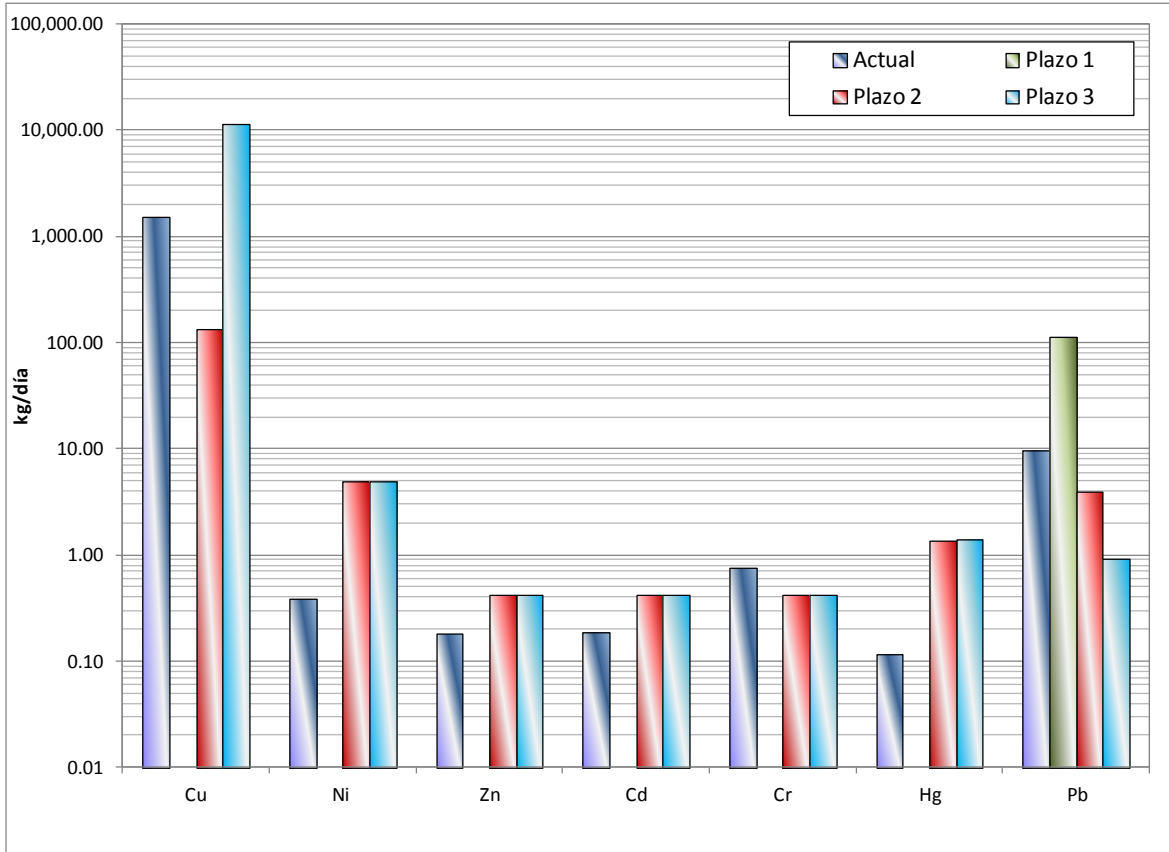


Figura VI.294. Carga de contaminantes actual, plazo inicial, intermedio y final. Río Zula (continuación)

Considerando solamente los parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-1996, en el río Santiago las cargas de contaminantes se verán reducidas de 46.4 toneladas diarias que actualmente se vierten al río, afluentes y colectores, a 292.6 ton/día para el primer plazo, 271.4 ton/día para el segundo plazo y 192.9 ton/día para el tercer plazo (tabla VI.42 y figura VI.295).

Tabla VI.42. Reducción de las cargas (ton/d) por etapa y por zonas, río Santiago

Plazo	Zona								Total
	1	2	3	4	5	6*	7*	8*	
Actual	18.3	0.7	3.5	7.3	11.5	195.5	153.5	56.3	446.4
1 (NOM-001-SEMARNAT- 1996)	9.9	3.9	3.1	2.5	3.4	12.1	245.6	12.0	292.6
2 Intermedia	4.6	2.6	1.1	1.8	1.7	6.6	249.6	3.5	271.4
3 Protección Vida Acuática y Riego Agrícola*	3.0	2.1	0.8	1.5	1.1	4.4	175.6	4.4	192.9

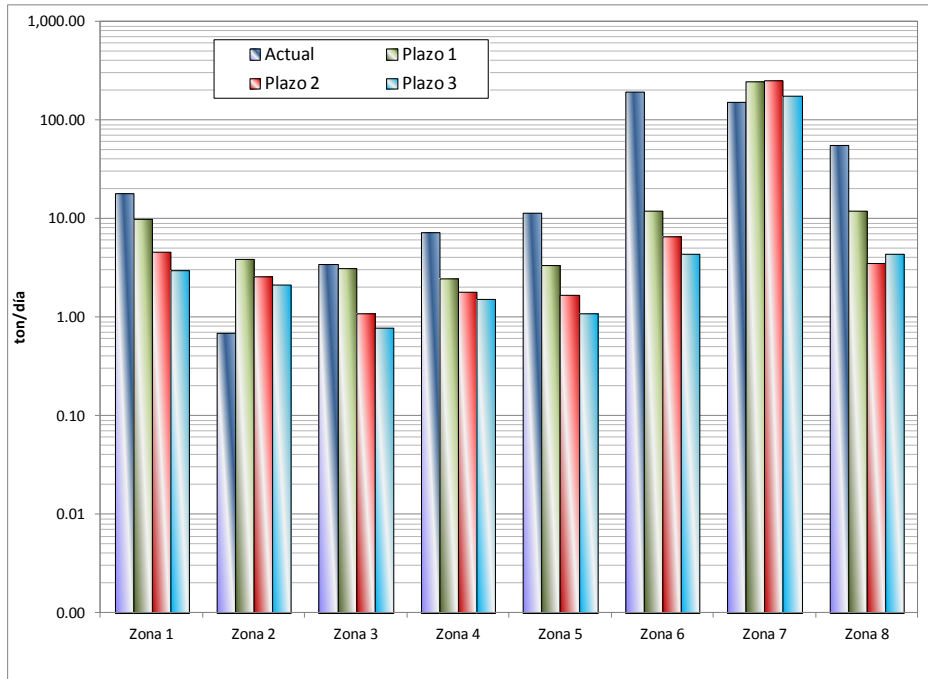


Figura VI.295. Niveles de reducción de las cargas por plazo en el río Santiago

Considerando solamente los parámetros de la NOM, en el río Verde las cargas de contaminantes se verán reducidas de 107.2 toneladas diarias que actualmente se vierten al río, afluentes y colectores, a 22.1 ton/día para el primer plazo, 10.8 para el segundo plazo y 6.6 para el tercer plazo (tabla VI.43 y figura VI.296).

Tabla VI.43. Reducción de las cargas (ton/d) por etapa y por zonas, río Verde

Plazo	Zona				Total
	1	2	3	4	
Actual	91.0	5.9	8.7	1.7	107.2
1 (NOM-001-SEMARNAT- 1996)	9.4	3.6	5.3	3.8	22.1
2 Intermedia	4.5	1.7	3.2	1.3	10.8
3 Protección Vida Acuática	2.7	0.7	2.3	0.9	6.6

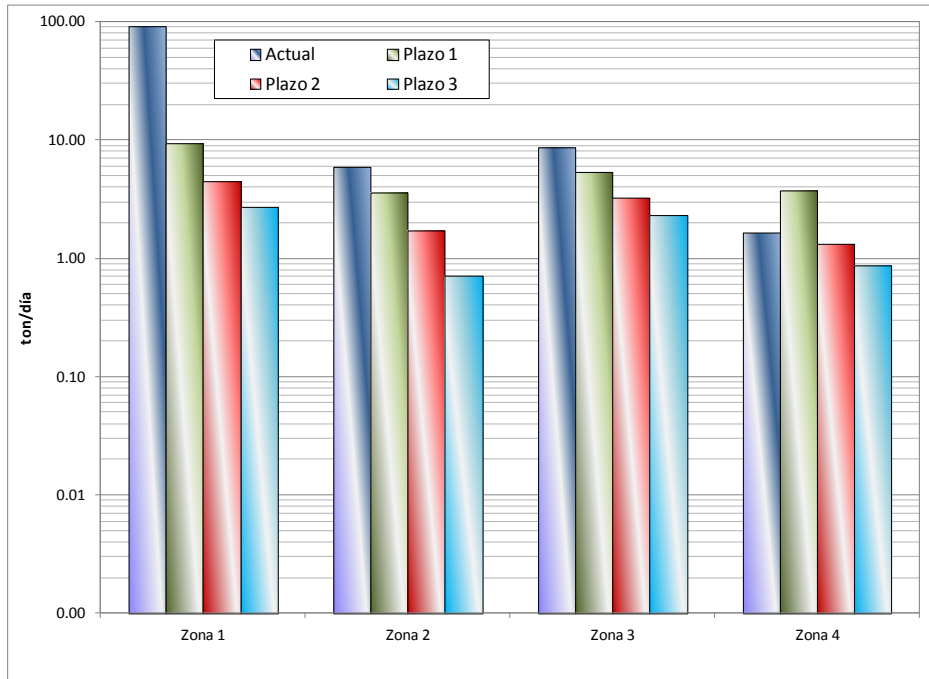


Figura VI.296. Niveles de reducción de las cargas por plazo en el río Verde

Considerando solamente los parámetros de la NOM, en el río Zula las cargas de contaminantes se verán reducidas de 119.1 toneladas diarias que actualmente se vierten al río, afluentes y colectores, a 42.5 ton/día para el primer plazo, 4.0 para el segundo plazo y 2.1 para el tercer plazo (tabla VI.44 y figura VI.297).

Tabla VI.44. Reducción de las cargas (ton/d) por etapa y por zonas, río Zula

Plazo	Zona			Total
	1	2	3	
Actual	0.2	8.5	110.3	119.0
1 (NOM-001-SEMARNAT- 1996)	1.9	2.9	37.7	42.5
2 Intermedia	0.8	1.1	2.1	4.0
3 Protección Vida Acuática	0.3	0.7	1.1	2.1

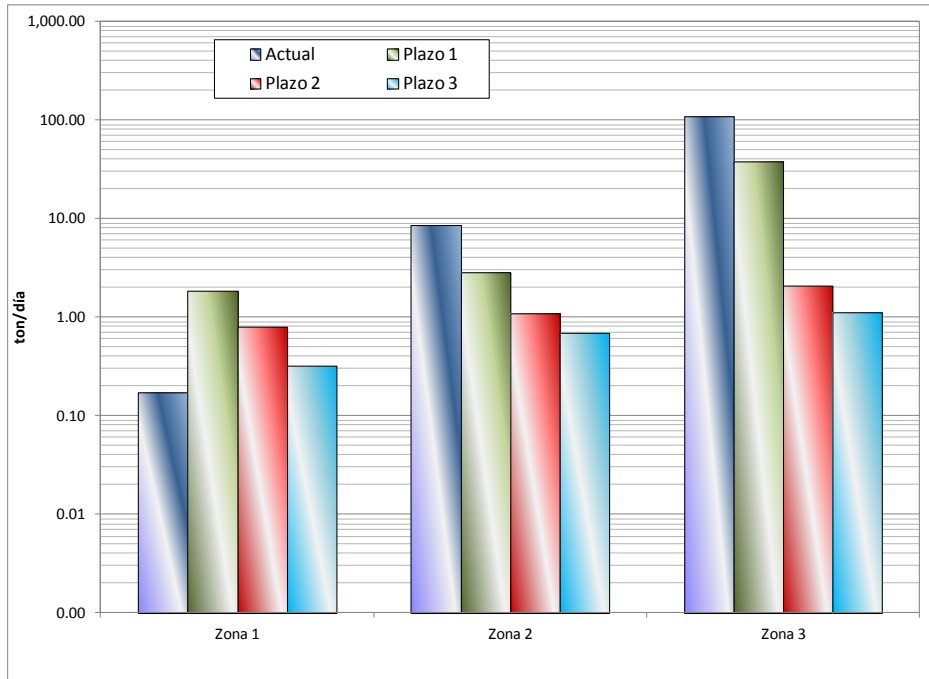


Figura VI.297 Niveles de reducción de las cargas por plazo en el río Zula

En la tabla VI.45 se observa el aumento de caudal en las descargas que ocurre en los ríos Santiago, Verde y Zula cuando se presenta el cambio de etapa.

Tabla VI.45. Aumento de caudal (m³/s) por etapa. Ríos Santiago, Verde y Zula

Río	Plazo 1	Plazo 2	Plazo 3
Santiago	7.95	10.14	12.29
Verde	1.79	1.95	2.09
Zula	0.53	0.57	0.62