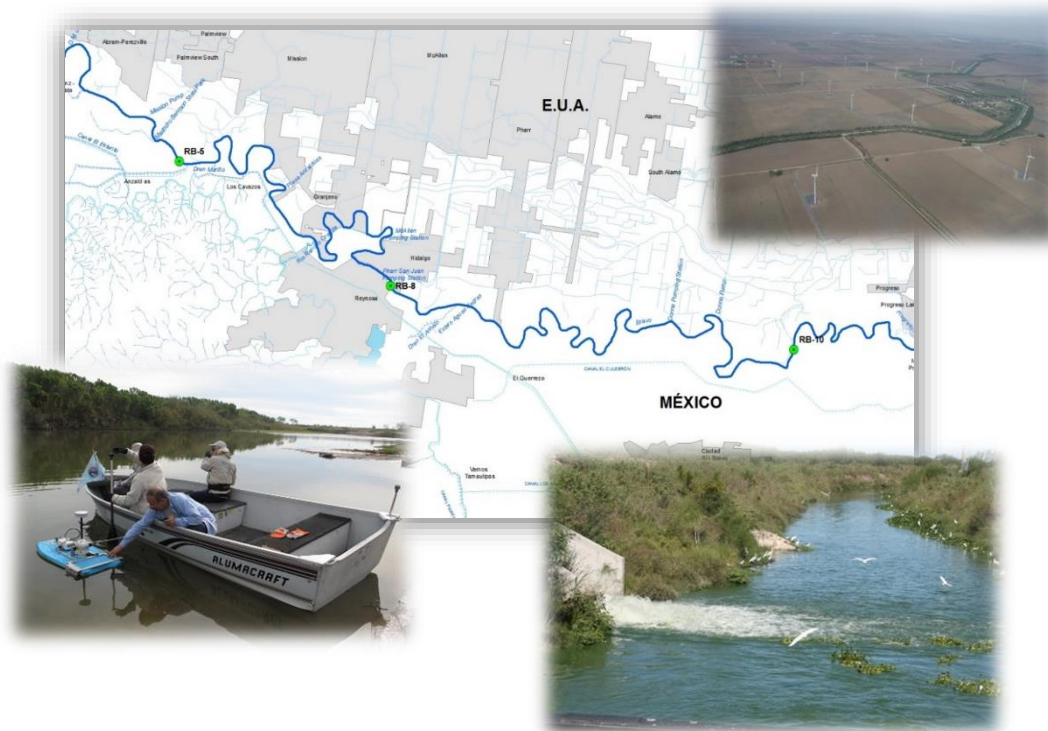


# “Investigar y Modelar La Cantidad y Calidad Del Agua En La Región Fronteriza, México-Estados Unidos de América con el enfoque al control de las descargas de aguas residuales”



**Responsable Técnico: Dra. María del Pilar Saldaña Fabela**

**Participantes del IMTA: M. en I. Jorge L. Izurieta Dávila, M. en C. Luis Bravo Inclán, Biól. Javier Sánchez Chávez, M. en C. Camilo Vázquez Bustos y Tec. Erik Meza.**

**Participantes Conagua: M. en C. José Alfredo Rojas García, Dr. Eric Gutiérrez López, Ing. Juan Manuel Ortégón**

**Participantes CILA: Ing. David Negrete, Ing. Piro Alejandro Díaz, Ing. Alfonso Carmona, Ing. Sergio Sánchez**

**Participantes SEDUMA Tamaulipas: Quím. Isela Martínez**

**Participantes CILA México: Ing. Manuel Morales**

**CONAGUA-CONACYT-188747.**

## CONTENIDO

<b>Capítulo 1 . Introducción</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Antecedentes</b>	<b>1</b>
1.1.1. Área de estudio	3
1.1.2. Clima	4
1.1.3. Precipitación	6
1.1.4. Temperatura	6
1.1.5. Fisiografía	6
1.1.6. Hidrografía	8
1.1.7. Geología	9
1.1.8. Suelos	10
<b>1.2. Marco Socioeconómico</b>	<b>13</b>
1.2.1. Municipios localizados en la zona de estudio	13
1.2.2. Ganadería	15
1.2.3. Actividades agrícolas	16
1.2.4. Distritos de Riego	17
1.2.5. Industria	21
1.2.6. Minería	22
1.2.7. Áreas protegidas naturales	22
1.2.8. Infraestructura	22
<b>Capítulo 2 . Metodología</b>	<b>27</b>
<b>2.1. ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>29</b>
<b>2.2. Muestreo y manejo de muestras</b>	<b>31</b>
<b>2.3. Objetivo</b>	<b>31</b>
<b>2.4. Ruta metodológica</b>	<b>31</b>
<b>2.5. Mediciones hidrométricas</b>	<b>38</b>
2.5.1. Velocidad	38
2.5.2. Descarga	39

<b>Capítulo 3 . Diagnóstico histórico de calidad del Agua de la cuenca baja del río Bravo</b>	<b>44</b>
<b>3.1. Temperatura del agua.</b>	<b>45</b>
<b>3.2. Potencial de Hidrógeno</b>	<b>47</b>
<b>3.3. Conductividad específica</b>	<b>49</b>
<b>3.4. Oxígeno disuelto</b>	<b>51</b>
<b>3.5. Nutrientes</b>	<b>61</b>
<b>3.6. Conclusiones del periodo de 2000-2017</b>	<b>66</b>
<b>3.7. RED NACIONAL DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA PERIODO 2012-2017</b>	<b>67</b>
<b>3.8. Resultados de Calidad del Agua de la Base de Datos</b>	<b>69</b>
3.8.1. Temperatura	70
3.8.2. Oxígeno Disuelto	72
3.8.3. Potencial de Hidrógeno (pH)	73
3.8.4. Conductividad eléctrica	75
3.8.5. Solidos disueltos totales (SDT)	76
3.8.6. Solidos Suspendidos Totales	77
3.8.7. Turbiedad	79
3.8.8. Color	80
3.8.9. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	82
3.8.10. Demanda química de oxígeno (DQO).	83
3.8.11. Carbón orgánico total	84
3.8.12. Nutrientes	86
3.8.13. Microbiológicos	91
<b>3.9. Conclusiones de la Red de monitoreo 2012-2017</b>	<b>94</b>
<b>Capítulo 4 . DIAGNÓSTICO CALIDAD DEL AGUA</b>	<b>96</b>
<b>4.1. RESULTADOS</b>	<b>99</b>
<b>4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE PARÁMETROS DE CAMPO.</b>	<b>100</b>
4.2.1. Temperatura	101
4.2.2. Potencial de hidrógeno (pH)	102
4.2.3. Conductividad	103
4.2.4. Oxígeno disuelto	104

**4.3. RESULTADOS DE CAMPO EN AFLUENTES Y DRENES \_\_\_\_\_ 106**

**4.4. RESULTADOS DE CAMPO EN DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y PLANTAS DE TRATAMIENTO  
109**

**4.5. RESULTADOS DE PARÁMETROS FISICOQUIMICOS \_\_\_\_\_ 117**

4.5.1. Color _____	117
4.5.2. Sólidos suspendidos totales _____	121
4.5.3. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) _____	125
4.5.4. Demanda química de oxígeno (DQO) _____	129
4.5.5. Carbón orgánico total (COT) _____	133
4.5.6. Nutrientes, nitrógeno _____	137
4.5.7. Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> ) _____	141
4.5.8. Fósforo _____	146
4.5.9. Ortofosfatos _____	150
4.5.10. Sulfatos _____	154
4.5.11. Sulfuros _____	157
4.5.12. Fluoruros _____	161
4.5.13. Coliformes fecales y Escherichia coli _____	165
4.5.14. Iones mayores _____	173
4.5.15. Boro _____	183
4.5.16. Metales pesados _____	186
4.5.17. Compuestos orgánicos _____	189
4.5.18. Plaguicidas _____	197
4.5.19. Toxicidad _____	197

**4.6. CONCLUSIONES. \_\_\_\_\_ 198**

**Capítulo 5 . DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA Y OPERACIÓN DE CINCO PLANTAS DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADAS EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO BRAVO EN EL  
NORTE DE TAMAULIPAS. \_\_\_\_\_ 201**

**5.1. JUSTIFICACIÓN \_\_\_\_\_ 201**

**5.2. OBJETIVO \_\_\_\_\_ 201**

**5.3. ALCANCE \_\_\_\_\_ 201**

**5.4. RESULTADOS DE LAS VISITAS Y EVALUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO \_\_\_\_\_ 201**

5.4.1. PTAR's de Reynosa, Tams.	201
---------------------------------	-----

**5.5. EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA ACTUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS Y LODOS DE LAS PTAR's.**

252

5.6.- CONCLUSIONES GENERALES	255
------------------------------	-----

5.7. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PTAR's Y ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO	256
---	-----

5.8. CONCLUSIONES COSTOS PLANTAS DE TRATAMIENTO META 2 Y 3	281
--	-----

5.9. DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES	284
------------------------------------	-----

5.10. ANÁLISIS DE COSTOS PARA CUMPLIR META 1.	289
---	-----

5.11. CONCLUSIONES DESCARGAS AGUAS RESIDUALES	295
---	-----

**Capítulo 6 . Modelación de la calidad del agua del Bajo Río Bravo** 296

6.1. División de la Cuenca Baja del Río Bravo en zonas y elementos diferenciales.	296
---	-----

6.2. Aportación de fuentes no puntuales	308
---	-----

6.2.1. Fuentes no puntuales de localidades	308
--	-----

6.2.2. Fuentes no puntuales pecuarias y por vida silvestre	311
--	-----

6.2.3. Fuentes no puntuales por vida silvestre	314
--	-----

6.3. Extracciones y aportaciones	320
----------------------------------	-----

6.4. Simulación del escenario de propuesta de declaratoria	341
--	-----

6.4.1. Resultados del mes de marzo de 2015	350
--	-----

6.4.2. Resultados del mes de agosto de 2015	351
---	-----

6.4.3. Resultados del mes de noviembre de 2015	351
--	-----

6.4.4. Resultados del mes de abril de 2016	353
--	-----

6.5. Simulación de drenes como descargas	355
--	-----

6.6. Resultados	365
-----------------	-----

**Capítulo 7 . ANÁLISIS DE RIESGO SANITARIO-AMBIENTAL** 379

7.1. Antecedentes del sitio	379
-----------------------------	-----

7.1.1. Planteamiento del problema	379
-----------------------------------	-----

7.1.2. Descripción del sitio	379
------------------------------	-----

7.2. POBLACIÓN POTENCIALMENTE EXPUESTA	380
--	-----

<b>7.3. IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE LAS RUTAS DE EXPOSICIÓN</b>	<b>382</b>
<b>7.4. ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN QUÍMICA EN EL AMBIENTE</b>	<b>384</b>
7.4.1. Limitaciones del muestreo y análisis	384
7.4.2. Contaminantes detectados	385
7.4.3. Comportamiento ambiental de los contaminantes químicos	386
<b>7.5. CONTAMINACIÓN BACTERIOLÓGICA Y ENFERMEDADES INFECCIOSAS INTESTINALES POR OTROS ORGANISMOS Y LAS MAL DEFINIDAS</b>	<b>393</b>
<b>7.6. SELECCIÓN PRELIMINAR DE CONTAMINANTES CRÍTICOS</b>	<b>397</b>
<b>7.7. CATEGORIZACIÓN DE CONTAMINANTES CRÍTICOS</b>	<b>405</b>
7.7.1. Factores ambientales	405
7.7.2. Factores biológicos y de toxicidad en organismos acuáticos (aguas superficiales)	407
7.7.3. Toxicidad para humanos por las vías oral y aérea	409
<b>7.8. EVALUACIÓN DE LAS ZONAS DEL BAJO RÍO BRAVO</b>	<b>411</b>
7.8.1. Población potencialmente expuesta	411
7.8.2. Contaminación ambiental	413
7.8.3. Contaminantes más significativos	413
<b>7.9. CONCLUSIONES</b>	<b>414</b>
<b><i>Capítulo 8 . Estimación de beneficios económicos, sociales y ambientales a partir de la recuperación de la calidad del agua en la cuenca del Río Bravo</i></b>	<b>415</b>
<b>8.1. Planteamiento del problema</b>	<b>418</b>
<b>8.2. Objetivos</b>	<b>419</b>
<b>8.3. Metodología y marco conceptual</b>	<b>420</b>
<b>8.4. Estimación de beneficios</b>	<b>422</b>
8.4.1. Ecosistemas	422
8.4.2. Agricultura	423
8.4.3. Pesca	426
8.4.4. Turismo	427
8.4.5. Salud pública	431
8.4.6. Agua potable	432
<b>8.5. Beneficios totales</b>	<b>434</b>

<b>8.6. Conclusiones</b>	<b>435</b>
<b>Capítulo 9 . Anteproyecto de Declaratoria de Clasificación</b>	<b>437</b>
<b>9.1. Diagrama Unifilar</b>	<b>437</b>
<b>9.2. Delimitación geográfica de los cuerpos de agua clasificados y de las zonas clasificadas del río Bravo y sus afluentes</b>	<b>437</b>
<b>9.3. Escenarios de regulación de contaminantes</b>	<b>440</b>
<b>9.4. Carga actual de contaminantes</b>	<b>440</b>
<b>9.5. Capacidad de asimilación y dilución de contaminantes</b>	<b>442</b>
<b>9.6. Límites máximos de descarga</b>	<b>444</b>
<b>9.7. Metas de calidad del agua</b>	<b>450</b>
<b>Capítulo 10 . CONCLUSIONES</b>	<b>486</b>
<b>Capítulo 11 . BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>489</b>

## CONTENIDO DE FIGURAS

<b>Figura 1. Sitios de monitoreo del estudio de 1995. En el círculo rojo se presenta la zona de estudio que abarca el proyecto actual.</b>	<b>2</b>
<b>Figura 2. Localización del Río Bravo ó Río Grande y zona de estudio marcada en círculo rojo.</b>	<b>4</b>
<b>Figura 3. Clima en el estado y en la zona de estudio</b>	<b>5</b>
<b>Figura 4. Precipitación en el estado y en la zona de estudio</b>	<b>6</b>
<b>Figura 5. Distribución de la Temperatura en el Estado y en la zona de estudio</b>	<b>7</b>
<b>Figura 6. Fisiografía en el estado y en la zona de estudio</b>	<b>7</b>
<b>Figura 7. Hidrografía del estado de Tamaulipas y acuíferos de la zona de estudio</b>	<b>8</b>
<b>Figura 8. Geología de Tamaulipas y zona de estudio.</b>	<b>9</b>
<b>Figura 9. Suelos dominantes en el estado</b>	<b>10</b>
<b>Figura 10. Vegetación y Agricultura</b>	<b>11</b>
<b>Figura 11. División Geoestadística municipal y municipios con mayor población. Fuente: INEGI, 2014. Zona de estudio marcada en rojo.</b>	<b>14</b>
<b>Figura 12. Plantas Potabilizadoras en la zona de estudio. Fuente: Conagua, 2013</b>	<b>23</b>
<b>Figura 13. Esquema unifilar con los sitios de monitoreo del Bajo Río Bravo.</b>	<b>29</b>
<b>Figura 14. Ubicación de sitios de aforo de la primera campaña</b>	<b>40</b>
<b>Figura 15. Equipo RiverSurveyor S5</b>	<b>41</b>
<b>Figura 16. Medición de caudal con equipo RiverSurveyor S5 en el sitio RB10</b>	<b>41</b>
<b>Figura 17. Resultados de la medición de caudal. A Sección y profundidad. B recorrido y C celdas de velocidad del agua.</b>	<b>42</b>
<b>Figura 18. Medición del caudal en un Dren o Afluente con flujómetro.</b>	<b>42</b>
<b>Figura 19. Sección transversal del Dren o Afluente.</b>	<b>43</b>
<b>Figura 20. Ubicación de Sitios de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNMCA), periodo 2000-2011 (lado izquierdo) y periodo 2012-2015 (lado derecho), en la cuenca Baja del río Bravo (tramo presa Falcón – Golfo de México). Fuente: Conagua 2015.</b>	<b>44</b>
<b>Figura 21. Gráfica de caja de temperatura</b>	<b>46</b>
<b>Figura 22. Percentiles de temperatura en cada estación de monitoreo.</b>	<b>46</b>
<b>Figura 23. Histograma de frecuencias de temperatura del agua.</b>	<b>47</b>
<b>Figura 24. Gráfica de caja del potencial de hidrógeno.</b>	<b>48</b>
<b>Figura 25. Percentiles de pH en cada estación de monitoreo.</b>	<b>48</b>
<b>Figura 26. Histograma de frecuencias de potencial de hidrógeno.</b>	<b>49</b>
<b>Figura 27. Gráfica de caja de conductividad específica.</b>	<b>50</b>
<b>Figura 28. Percentiles de conductividad específica en cada estación de monitoreo.</b>	<b>50</b>
<b>Figura 29. Histograma de frecuencias de conductividad específica.</b>	<b>51</b>



<b>Figura 30. Gráfica de caja de oxígeno disuelto.</b>	<b>52</b>
<b>Figura 31. Percentiles de oxígeno disuelto en cada estación de monitoreo.</b>	<b>52</b>
<b>Figura 32. Histograma de frecuencias de oxígeno disuelto.</b>	<b>53</b>
<b>Figura 33. Gráfica de caja de demanda biológica de oxígeno. Las líneas de color corresponden a los indicadores de CONAGUA. Línea verde aceptable (intervalo de <math>&gt; 6 \leq 30</math> mg/L), línea azul buena calidad (<math>&gt; 3 \leq 6</math> mg/L).</b>	<b>54</b>
<b>Figura 34. Percentiles de demanda biológica de oxígeno en cada estación de monitoreo</b>	<b>54</b>
<b>Figura 35. Histograma de frecuencias de demanda biológica de oxígeno</b>	<b>55</b>
<b>Figura 36. Gráfica de caja de demanda química de oxígeno. Las líneas de color corresponden a los indicadores de CONAGUA. Línea verde aceptable (<math>&gt; 20 \leq 40</math> mg/L), línea azul buena calidad (<math>&gt; 10 \leq 20</math> mg/L).</b>	<b>56</b>
<b>Figura 37. Percentiles de demanda química de oxígeno en cada estación de monitoreo</b>	<b>56</b>
<b>Figura 38. Histograma de frecuencias de demanda química de oxígeno</b>	<b>57</b>
<b>Figura 39. Gráfica de caja de sólidos suspendidos totales. Las líneas de color corresponden a los indicadores de CONAGUA. Línea verde aceptable (<math>&gt; 75 \leq 150</math> mg/L), línea azul buena calidad (<math>&gt; 25 \leq 75</math> mg/L).</b>	<b>58</b>
<b>Figura 40. Percentiles de sólidos suspendidos totales en cada estación de monitoreo.</b>	<b>58</b>
<b>Figura 41. Histograma de frecuencias de sólidos suspendidos totales</b>	<b>59</b>
<b>Figura 42. Gráfica de caja de turbiedad</b>	<b>60</b>
<b>Figura 43. Percentiles de turbiedad en cada estación de monitoreo</b>	<b>60</b>
<b>Figura 44. Histograma de frecuencias de los datos de turbiedad</b>	<b>61</b>
<b>Figura 45. Gráfica de caja de nitritos.</b>	<b>62</b>
<b>Figura 46. Percentiles de nitritos en cada estación de monitoreo</b>	<b>62</b>
<b>Figura 47. Histograma de frecuencias de los datos de nitritos.</b>	<b>63</b>
<b>Figura 48. Gráfica de caja de fósforo total</b>	<b>63</b>
<b>Figura 49. Percentiles de fósforo total en cada estación de monitoreo.</b>	<b>64</b>
<b>Figura 50. Histograma de frecuencias de los datos de fósforo total</b>	<b>64</b>
<b>Figura 51. Gráfica de caja de coliformes fecales</b>	<b>65</b>
<b>Figura 52. Percentiles de coliformes fecales en cada estación de monitoreo</b>	<b>65</b>
<b>Figura 53. Histograma de frecuencias de los datos de coliformes fecales.</b>	<b>66</b>
<b>Figura 54. Sitios de monitoreo de la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua del periodo 2012-2015.</b>	<b>68</b>
<b>Figura 55. Histograma de frecuencia de la temperatura ambiente (2012 – 2017)</b>	<b>70</b>
<b>Figura 56. Distribución de temperatura ambiente por sitio de monitoreo.</b>	<b>70</b>
<b>Figura 57. Tendencia de la temperatura ambiente</b>	<b>71</b>
<b>Figura 58. Histograma de frecuencias de la temperatura del agua (2012 -2017)</b>	<b>71</b>
<b>Figura 59. Distribución de temperatura del agua por sitio de monitoreo.</b>	<b>71</b>
<b>Figura 60. Tendencia de la temperatura del agua.</b>	<b>72</b>
<b>Figura 61. Histograma de frecuencias del oxígeno disuelto (2012 -2017).</b>	<b>72</b>

Figura 62. Distribución de oxígeno disuelto por sitio de monitoreo. Línea roja criterio de calidad para protección de vida acuática 5 mg/L (CE-CCA-001/89).	73
Figura 63. Tendencia del oxígeno disuelto.	73
Figura 64. Histograma de frecuencias del pH (2012 -2017).	73
Figura 65. Distribución del pH por sitio de monitoreo. Líneas rojas criterio de calidad para Fuente de abastecimiento y riego agrícola 6 - 9 (LDF, Conagua).	74
Figura 66. Tendencia del potencial de hidrógeno.	74
Figura 67. Histograma de frecuencias de conductividad eléctrica (2012 -2017)	75
Figura 68. Distribución de la conductividad específica por sitio de monitoreo.	75
Figura 69. Tendencia en la conductividad eléctrica.	76
Figura 70. Histograma de frecuencias de sólidos disueltos totales (2012 -2017)	76
Figura 71. Distribución de sólidos disueltos totales por sitio de monitoreo. Línea roja criterio o lineamiento de calidad para fuente de abastecimiento y riego agrícola 500 mg/L (LFD, 2017).	77
Figura 72. Tendencia en sólidos disueltos totales.	77
Figura 73. Histograma de frecuencias de los sólidos suspendidos totales (2012 -2017)	78
Figura 74. Distribución de los sólidos suspendidos totales por sitio de monitoreo. Línea azul criterio de calidad para protección de vida acuática 30 mg/L (CE-CCA-001/89). Línea roja para Fuente de abastecimiento y Riego agrícola 50 mg/L (LFD, 2017).	78
Figura 75. Tendencia de los sólidos suspendidos totales.	78
Figura 76. Histograma de frecuencias de turbiedad (2012 – 2017)	79
Figura 77. Distribución de turbiedad por sitio de monitoreo. Línea roja lineamiento para fuente de abastecimiento 10 UNT (LFD, 2017).	79
Figura 78. Tendencia de la turbiedad	80
Figura 79. Histograma de frecuencias del color verdadero (2012 -2017).	80
Figura 80. Distribución del color verdadero por sitio de monitoreo. Línea roja lineamiento de calidad del agua protección de vida acuática 15 mg/L (LFD, 2017).	81
Figura 81. Tendencia del color verdadero.	81
Figura 82. Histograma de frecuencias de la demanda bioquímica de oxígeno (2012 – 2017).	82
Figura 83. Distribución de la demanda bioquímica de oxígeno por sitio de monitoreo.	82
Figura 84. Tendencia de la demanda bioquímica de oxígeno	83
Figura 85. Histograma de frecuencias de la demanda química de oxígeno (2012 -2017)	83
Figura 86. Distribución de la demanda química de oxígeno por sitio de monitoreo. Línea roja indicador de calidad del agua >40 mg/L contaminado (CONAGUA, 2015).	84
Figura 87. Tendencia de la demanda química de oxígeno.	84
Figura 88. Histograma de frecuencias del Carbón orgánico total (2012 -2017)	85

Figura 89. Distribución de Carbón orgánico total por sitio de monitoreo. Línea roja criterio de calidad 10 mg/L (Chapman, 1996).	85
Figura 90. Tendencia del carbón orgánico total.	86
Figura 91. Histograma de frecuencias del nitrógeno amoniacal (2012 -2017)	86
Figura 92. Distribución de Nitrógeno amoniacal (N-NH3) por sitio de monitoreo. Línea roja criterio de calidad 0.2 mg/L (Chapman, 1996); línea azul protección de vida acuática (CE-CCA-001/89).	87
Figura 93. Tendencia del nitrógeno amoniacal.	87
Figura 94. Histograma de frecuencias del nitrógeno de nitratos (2012 -2017)	88
Figura 95. Distribución de Nitrógeno de nitratos (N-NO3) por sitio de monitoreo.	88
Figura 96. Tendencia del nitrógeno de nitratos.	88
Figura 97. Histograma de frecuencias del nitrógeno total (2012 -2017)	89
Figura 98. Distribución de Nitrógeno total (N-Tot) por sitio de monitoreo.	89
Figura 99. Tendencia del nitrógeno total	90
Figura 100. Histograma de frecuencias del Fósforo total (2012 -2017)	90
Figura 101. Distribución de Fósforo total (P-Tot) por sitio de monitoreo. Línea roja criterio ecológico para PVA (0.05 mg/L)(CE-CCA-01/89)	91
Figura 102. Tendencia del fósforo total	91
Figura 103. Histograma de frecuencias del Coliformes fecales (2012 -2017)	92
Figura 104. Distribución de Coliformes fecales (CF) por sitio de monitoreo. Línea roja criterio ecológico para PVA (1000 NMP/100mL)(CE-CCA-01/89).	92
Figura 105. Tendencia en Coliformes fecales.	92
Figura 106. Histograma de frecuencias del Escherichia coli (2012 -2017).	93
Figura 107. Distribución de Escherichia coli (EC) por sitio de monitoreo. Línea roja criterio de 1000 NMP/100mL)(Chapman, 1996).	94
Figura 108. Tendencia en Escherichia coli.	94
Figura 109. Ubicaciones de los sitios de muestreo en el Bajo Río Bravo	98
Figura 110. . Esquema unifilar con los sitios o estaciones de muestreo en río, afluentes y descargas, así como los 6 tramos en que se dividió al sistema fluvial.	98
Figura 111. Temperatura en la Cuenca Baja del río Bravo	101
Figura 112. Potencial de Hidrógeno en el río Bravo.	102
Figura 113. Conductividad en el cauce principal del río Bravo.	103
Figura 114. Oxígeno disuelto en el cauce principal del río Bravo. Línea azul criterio protección de vida acuática de mg/L (CE-CCA-01/89).	105
Figura 115. Temperatura en Afluentes.	106
Figura 116. Potencial de Hidrógeno en los Afluentes	107

<b>Figura 117. Conductividad en Afluentes</b>	<b>108</b>
<b>Figura 118. Oxígeno disuelto en Afluentes.</b>	<b>109</b>
<b>Figura 119. Temperatura en Descargas de aguas residuales.</b>	<b>110</b>
<b>Figura 120. Potencial de Hidrógeno en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>111</b>
<b>Figura 121. Conductividad en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>112</b>
<b>Figura 122. Oxígeno disuelto en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>113</b>
<b>Figura 123. Unifilar de los sitios de muestreo en la parte Baja del Río Bravo.</b>	<b>114</b>
<b>Figura 124. Comportamiento promedio de la temperatura a lo largo del cauce del Bajo Río Bravo.</b>	<b>115</b>
<b>Figura 125. Comportamiento promedio del pH a lo largo del cauce del río Bravo</b>	<b>115</b>
<b>Figura 126. Comportamiento de la conductividad promedio en el tramo en estudio.</b>	<b>116</b>
<b>Figura 127. Comportamiento del Oxígeno Disuelto (OD) promedio en el tramo en estudio.</b>	<b>117</b>
<b>Figura 128. Color verdadero en el cauce principal del Bajo Río Bravo. Línea roja lineamiento para protección de vida acuática (15 UPt Co).</b>	<b>118</b>
<b>Figura 129. Color verdadero en afluentes. Línea roja lineamiento para protección de vida acuática (15 UPt Co).</b>	<b>119</b>
<b>Figura 130. Color verdadero en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>120</b>
<b>Figura 131. Comportamiento promedio del color verdadero en el Bajo Río Bravo.</b>	<b>121</b>
<b>Figura 132. Sólidos Suspendidos Totales en el cauce principal del río Bravo. Línea roja indica el lineamiento de 50 mg/L para el Uso 1 (LFD, 2016).</b>	<b>122</b>
<b>Figura 133. Sólidos Suspendidos Totales en afluentes. Línea roja indica el lineamiento de 50 mg/L para el Uso 1 (LFD, 2016).</b>	<b>123</b>
<b>Figura 134. Sólidos Suspendidos Totales en descargas y plantas de tratamiento. Línea roja indica el LMP de 75 mg/L establecido en la NOM-001-SEMARNAT 1996.</b>	<b>124</b>
<b>Figura 135. Comportamiento promedio de los SST en el río Bravo</b>	<b>125</b>
<b>Figura 136. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en el cauce del río Bravo.</b>	<b>126</b>
<b>Figura 137. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en afluentes</b>	<b>127</b>
<b>Figura 138. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en descargas y plantas de tratamiento. Línea roja indica el LMP de 75 mg/L establecido en la NOM-001-SEMARNAT 1996.</b>	<b>128</b>
<b>Figura 139. Comportamiento promedio de la DBO5 en el río Bravo</b>	<b>129</b>
<b>Figura 140. Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el cauce del río Bravo</b>	<b>130</b>
<b>Figura 141. Demanda Química de Oxígeno en afluentes.</b>	<b>131</b>
<b>Figura 142. Demanda Química de Oxígeno en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>132</b>
<b>Figura 143. Comportamiento promedio de la DQO en el río Bravo.</b>	<b>133</b>
<b>Figura 144. Carbón Orgánico Total en el río.</b>	<b>134</b>
<b>Figura 145. Carbón Orgánico Total en Afluentes.</b>	<b>135</b>
<b>Figura 146. Carbón Orgánico Total en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>136</b>

<b>Figura 147. Comportamiento promedio del COT en el río Bravo</b>	<b>137</b>
<b>Figura 148. Nitrógeno Total en el río.</b>	<b>138</b>
<b>Figura 149. Nitrógeno Total en afluentes.</b>	<b>139</b>
<b>Figura 150. Nitrógeno Total en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>140</b>
<b>Figura 151. Comportamiento promedio del Nitrógeno Total en el río Bravo</b>	<b>141</b>
<b>Figura 152. Nitrógeno Amoniacal (NH<sub>3</sub>) en el río Bravo.</b>	<b>142</b>
<b>Figura 153. Nitrógeno amoniacal en afluentes.</b>	<b>144</b>
<b>Figura 154. Nitrógeno amoniacal en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>145</b>
<b>Figura 155. Comportamiento promedio del nitrógeno amoniacal en el río Bravo.</b>	<b>146</b>
<b>Figura 156. Fósforo total en el río Bravo.</b>	<b>147</b>
<b>Figura 157. Fósforo total en afluentes.</b>	<b>148</b>
<b>Figura 158. Fósforo total en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>149</b>
<b>Figura 159. Comportamiento promedio del fósforo total en el río Bravo</b>	<b>150</b>
<b>Figura 160. Ortofosfatos en el río Bravo.</b>	<b>150</b>
<b>Figura 161. Ortofosfatos en los afluentes</b>	<b>151</b>
<b>Figura 162. Ortofosfatos en descargas y plantas de tratamiento</b>	<b>152</b>
<b>Figura 163. Comportamiento promedio de los ortofosfatos en el río Bravo.</b>	<b>153</b>
<b>Figura 164. Sulfatos en el río Bravo.</b>	<b>154</b>
<b>Figura 165. Sulfatos en afluentes</b>	<b>155</b>
<b>Figura 166. Sulfatos en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>156</b>
<b>Figura 167. Comportamiento promedio de los sulfatos en el río Bravo</b>	<b>157</b>
<b>Figura 168. Sulfuros en el río Bravo</b>	<b>158</b>
<b>Figura 169. Sulfuros en afluentes.</b>	<b>159</b>
<b>Figura 170. Sulfuros en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>160</b>
<b>Figura 171. Comportamiento promedio de los sulfuros en el cauce del río Bravo.</b>	<b>161</b>
<b>Figura 172. Fluoruros en el río Bravo</b>	<b>162</b>
<b>Figura 173. Fluoruros en afluentes</b>	<b>163</b>
<b>Figura 174. Fluoruros en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>164</b>
<b>Figura 175. Comportamiento promedio de los fluoruros en el río Bravo.</b>	<b>165</b>
<b>Figura 176. Coliformes fecales (CF)</b>	<b>167</b>
<b>Figura 177. Escherichia coli (EC)</b>	<b>167</b>
<b>Figura 178. Enterococos fecales</b>	<b>168</b>
<b>Figura 179. Coliformes fecales (CF) en afluentes</b>	<b>169</b>
<b>Figura 180. Escherichia coli (EC) en afluentes</b>	<b>169</b>
<b>Figura 181. Enterococos fecales en afluentes</b>	<b>170</b>

<b>Figura 182. Coliformes fecales en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>170</b>
<b>Figura 183. Escherichia coli en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>171</b>
<b>Figura 184. Comportamiento de los coliformes fecales en el cauce principal del río.</b>	<b>171</b>
<b>Figura 185. Comportamiento de Escherichia coli en el cauce principal del río.</b>	<b>172</b>
<b>Figura 186. Comportamiento de Enterococos fecales en el cauce principal del río.</b>	<b>172</b>
<b>Figura 187. Concentraciones de sodio, en el río Bravo.</b>	<b>174</b>
<b>Figura 188. Concentraciones de calcio en el río Bravo.</b>	<b>175</b>
<b>Figura 189. Concentraciones magnesio en el río Bravo.</b>	<b>176</b>
<b>Figura 190. Sodio en afluentes.</b>	<b>177</b>
<b>Figura 191. Calcio en afluentes.</b>	<b>178</b>
<b>Figura 192. Magnesio en afluentes.</b>	<b>178</b>
<b>Figura 193. Comportamiento promedio del sodio (Na) en el río Bravo.</b>	<b>179</b>
<b>Figura 194. Comportamiento promedio del calcio (Ca<sup>2+</sup>) en el río Bravo.</b>	<b>180</b>
<b>Figura 195. Comportamiento promedio del magnesio (Mg<sup>2+</sup>) en el río Bravo.</b>	<b>180</b>
<b>Figura 196. Relación de Absorción de Sodio (RAS) en el río Bravo.</b>	<b>181</b>
<b>Figura 197. Relación de Absorción de Sodio (RAS) en afluentes.</b>	<b>183</b>
<b>Figura 198. Boro en el río Bravo</b>	<b>184</b>
<b>Figura 199. Boro en afluentes</b>	<b>185</b>
<b>Figura 200. Arsénico en el río Bravo.</b>	<b>187</b>
<b>Figura 201. Arsénico en afluentes.</b>	<b>188</b>
<b>Figura 202. Zinc en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>189</b>
<b>Figura 203. Concentraciones detectadas de compuestos orgánicos, incluidos los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's) en el sitio RB1.</b>	<b>190</b>
<b>Figura 204. Compuestos orgánicos detectados en el río.</b>	<b>191</b>
<b>Figura 205. Compuestos orgánicos detectados en afluentes en noviembre de 2015.</b>	<b>192</b>
<b>Figura 206. Compuestos orgánicos detectados en afluentes en abril de 2016.</b>	<b>192</b>
<b>Figura 207. Bis(2-Etilhexil)Ftalato (DEHP) en las descargas de aguas residuales.</b>	<b>193</b>
<b>Figura 208. N-Nitrosodi-N-Propilamina en descargas de aguas residuales.</b>	<b>193</b>
<b>Figura 209. Cloroformo en descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento.</b>	<b>195</b>
<b>Figura 210. Aroclor 1248 en descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento</b>	<b>196</b>
<b>Figura 211. Aroclor 1260 y otros compuestos en descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento.</b>	<b>196</b>
<b>Figura 212. Toxicidad en descargas y plantas de tratamiento. Línea roja clasificación muy tóxica con valor mayor de 4 UT.</b>	<b>198</b>
<b>Figura 213. Sitios de muestreo río Bravo, zonas de riego y poblaciones.</b>	<b>199</b>
<b>Figura 173. Plano de las instalaciones de la PTAR Reynosa 1.</b>	<b>204</b>

<b>Figura 174. Localización de la PTAR Reynosa 1.</b>	<b>204</b>
<b>Figura 175. Arreglos de unidades de la PTAR Reynosa 2.</b>	<b>219</b>
<b>Figura 176. Diagrama de flujo y balances de masa. Fases líquida y sólida. PTAR Reynosa 2.</b>	<b>220</b>
<b>Figura 177. Arreglo de la PTAR Cd. Mier</b>	<b>231</b>
<b>Figura 178. Ubicación de la PTAR Miguel Alemán. Zona de Influencia para el Predio de la Ampliación de la PTAR de Ciudad Miguel Alemán, Tamaulipas</b>	<b>234</b>
<b>Figura 179. Plano topográfico con vértices del predio</b>	<b>234</b>
<b>Figura 180. Tipos de Uso de Suelo del Municipio de Ciudad Miguel Alemán</b>	<b>235</b>
<b>Figura 181. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de las aguas residuales</b>	<b>236</b>
<b>Figura 182. Localización de la PTAR en el Municipio de Camargo, Tamaulipas</b>	<b>244</b>
<b>Figura 183. Diagrama de flujo para el sistema lagunar</b>	<b>249</b>
<b>Figura 184. Arreglo de unidades Planta de Tratamiento de Aguas Residuales</b>	<b>250</b>
<b>Figura 185. PTAR REYNOSA 1</b>	<b>254</b>
<b>Figura 186. PTAR REYNOSA 2.</b>	<b>254</b>
<b>Figura 187. PTAR MATAMOROS ESTE.</b>	<b>254</b>
<b>Figura 188. PTAR CD MIER.</b>	<b>254</b>
<b>Figura 189. PTAR MIGUEL ALEMÁN.</b>	<b>255</b>
<b>Figura 190. PTAR CAMARGO.</b>	<b>255</b>
<b>Figura 191. Tren de tratamiento 6LA para las AR de la PTAR Reynosa #1.</b>	<b>277</b>
<b>Figura 192. Tren de tratamiento 6FR para las AR de la PTAR Reynosa #2.</b>	<b>278</b>
<b>Figura 193. Tren de tratamiento LAG 4 para las AR de la PTAR Cd Mier.</b>	<b>278</b>
<b>Figura 194. Tren de tratamiento LAG 4 para las AR de la PTAR Miguel Alemán.</b>	<b>278</b>
<b>Figura 195. Tren de tratamiento LAG 4 para las AR de la PTAR Camargo.</b>	<b>278</b>
<b>Figura 196. Localización de las descargas de Aguas Residuales (AR).</b>	<b>284</b>
<b>Figura 197. Tren de tratamiento para las descargas de AR. Meta 1.</b>	<b>292</b>
<b>Figura 198. Tren de tratamiento para las descargas de AR. Metas 2 y 3.</b>	<b>294</b>
<b>Figura 199. Segmentación del Bajo Río Bravo y afluentes, parte 1. El color azul corresponde a sitios de monitoreo en el cauce principal, verde Afluentes o Drenes y rojo Descargas de aguas residuales y Plantas de Tratamiento.</b>	<b>298</b>
<b>Figura 200. Continuación de la Segmentación, parte 2.</b>	<b>299</b>
<b>Figura 201. Continuación de la Segmentación, parte 3.</b>	<b>300</b>
<b>Figura 202. Continuación de la Segmentación, parte 4.</b>	<b>301</b>
<b>Figura 203. Continuación de la Segmentación, parte 6.</b>	<b>303</b>
<b>Figura 204. Continuación de la Segmentación, parte 7.</b>	<b>304</b>
<b>Figura 205. Continuación de la Segmentación, parte 8.</b>	<b>305</b>
<b>Figura 206. Continuación de la Segmentación, parte 9.</b>	<b>306</b>

<b>Figura 207. Continuación de la Segmentación, parte 10.</b>	<b>307</b>
<b>Figura 208. Representación de buffer de 500 metros</b>	<b>309</b>
<b>Figura 209. Capa de puntos de localidades en la cuenca.</b>	<b>310</b>
<b>Figura 210. Análisis geoespacial de localidades dentro del buffer</b>	<b>310</b>
<b>Figura 211. Áreas adecuadas para presencia de ganado en la cuenca</b>	<b>312</b>
<b>Figura 212. Zonas agrícolas de riego en la cuenca</b>	<b>313</b>
<b>Figura 213. Hábitats factibles para venados y jabalíes en la cuenca</b>	<b>315</b>
<b>Figura 214. Hábitat de aves acuáticas en la subcuenca hidrográfica LRG / RB</b>	<b>316</b>
<b>Figura 215. Extracciones totales por país y fecha de muestreo</b>	<b>323</b>
<b>Figura 216. Extracciones en el mes de marzo de 2015</b>	<b>324</b>
<b>Figura 217. Extracciones en el mes de agosto de 2015</b>	<b>324</b>
<b>Figura 218. Extracciones en el mes de noviembre de 2015</b>	<b>325</b>
<b>Figura 219. Extracciones en el mes de abril de 2015</b>	<b>325</b>
<b>Figura 220. Caudales en el Bajo Río Bravo, marzo 2015</b>	<b>327</b>
<b>Figura 221. Caudales en el Bajo Río Bravo, agosto 2015</b>	<b>327</b>
<b>Figura 222. Caudales en el Bajo Río Bravo, noviembre 2015</b>	<b>328</b>
<b>Figura 223. Caudales en el Bajo Río Bravo, abril 2016</b>	<b>328</b>
<b>Figura 224. Escherichia Coli</b>	<b>350</b>
<b>Figura 225 . Sulfuros</b>	<b>350</b>
<b>Figura 226. Sulfuros</b>	<b>351</b>
<b>Figura 227. Oxígeno Disuelto</b>	<b>351</b>
<b>Figura 228. Coliformes Fecales</b>	<b>352</b>
<b>Figura 229. Escherichia Coli</b>	<b>352</b>
<b>Figura 230. Sulfuros</b>	<b>353</b>
<b>Figura 231. Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	<b>353</b>
<b>Figura 232. Coliformes Fecales</b>	<b>354</b>
<b>Figura 233. Sulfuros</b>	<b>354</b>
<b>Figura 234. Fosforo marzo 2015</b>	<b>357</b>
<b>Figura 235. Fosforo noviembre 2015</b>	<b>357</b>
<b>Figura 236. Sólidos Disueltos Totales Marzo 2015</b>	<b>358</b>
<b>Figura 237. Sólidos Disueltos Totales Noviembre 2015</b>	<b>358</b>
<b>Figura 238. Sólidos Disueltos Totales Abril 2016</b>	<b>359</b>
<b>Figura 239. Sulfuros Marzo 2015</b>	<b>359</b>
<b>Figura 240. Sulfuros Noviembre 2015</b>	<b>360</b>
<b>Figura 241. Sulfuros Abril 2016</b>	<b>360</b>



<b>Figura 242. Aportaciones por fuente en el mes de marzo 2015</b>	<b>362</b>
<b>Figura 243. Aportaciones por fuente en el mes de agosto 2015</b>	<b>363</b>
<b>Figura 244. Aportaciones por fuente en el mes de noviembre 2015</b>	<b>364</b>
<b>Figura 245. Aportaciones por fuente en el mes de abril 2016</b>	<b>365</b>
<b>Figura 246. Delimitación del área de estudio.</b>	<b>381</b>
<b>Figura 247. Zonas de los sitios de muestreo con potencial para constituir una fuente de exposición para la población.</b>	<b>381</b>
<b>Figura 248. Modelo conceptual de exposición propuesto para el sitio.</b>	<b>383</b>
<b>Figura 249. Diagrama esquemático para representar la distribución de los contaminantes en el ambiente.</b>	<b>384</b>
<b>Figura 250. Distribución ambiental del cloroformo.</b>	<b>390</b>
<b>Figura 251. Distribución ambiental del tolueno.</b>	<b>391</b>
<b>Figura 252. Distribución ambiental del fenol.</b>	<b>391</b>
<b>Figura 253. Distribución ambiental del 1,4-diclorobenceno.</b>	<b>392</b>
<b>Figura 254. Distribución ambiental del benceno.</b>	<b>392</b>
<b>Figura 255. Coliformes fecales en el río, afluentes, descargas y plantas de tratamiento por zonas. Línea roja límite máximo permisible de la NOM-001-SEMARNAT-1996.</b>	<b>394</b>
<b>Figura 256. Mapa de riesgo sanitario y brotes. Tamaulipas 2013.</b>	<b>394</b>
<b>Figura 257. Porcentaje de muestras cuyas concentraciones de coliformes fecales fueron menores a 2000/100 mL como NMP.</b>	<b>395</b>
<b>Figura 258. Modelo conceptual de exposición a analitos con potencial tóxico para los habitantes en la cuenca Baja del Río Bravo.</b>	<b>412</b>
<b>Figura 259. Marco Metodológico para estimar beneficios</b>	<b>421</b>
<b>Figura 260. Canales de distribución de agua de riego y tierras de cultivo en Reynosa</b>	<b>424</b>
<b>Figura 261. Parque Estatal “Bentsen-Rio Grande Valley”</b>	<b>428</b>
<b>Figura 262. Pesca en el Río Bravo (Playitas, Reynosa)</b>	<b>429</b>
<b>Figura 263. Atractivos del Nuevo Zoológico y Playitas en Reynosa</b>	<b>429</b>
<b>Figura 264. Entrevista a turistas en el margen del Río Bravo</b>	<b>430</b>
<b>Figura 265. Obra de toma del Acueducto Anzalduas, Reynosa</b>	<b>433</b>
<b>Figura 266. Esquema unifilar con los sitios de monitoreo del Bajo Río Bravo.</b>	<b>437</b>

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 1. . Sitios de muestreo del Estudio Binacional realizado en 1995.</b>	<b>3</b>
<b>Tabla 2. Principales especies vegetales</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 3. Municipios de la Región Fronteriza cuenca baja del río Bravo y su localización geográfica.</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 4. Municipios del área de estudio</b>	<b>14</b>
<b>Tabla 5. Distrito de Riego 025 Bajo Río Bravo</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 6. Distrito de Riego 026 Bajo Río San Juan, Tamaulipas</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 7. Algodón</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 8. Bermuda (Zacate) Verde</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 9. Búffel (Zacate) Verde</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 10. Maíz grano</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 11. Maíz palomero</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 12. Okra</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 13. Otros cultivos</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 14. Sandía</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 15. Sorgo grano</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 16. Zanahoria</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 178. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la zona de estudio.</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 18. Sitios de muestreo en la cuenca Baja del Río Bravo.</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 19. Número de sitios propuestos en el Río Bravo</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 20. Parámetros de campo y laboratorio a analizar durante el estudio</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 21. Métodos asociados al muestreo y análisis de campo</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 22. Métodos asociados al análisis de parámetros físicos, químicos, biológicos, toxicológicos y metales</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 23. Estaciones de calidad de agua de la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del agua (RNMCA), ubicación y claves para el período de 2012 -2015 y 2000-2011.</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 24. Resumen estadístico por parámetro del conjunto de datos.</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 25. Indicadores de calidad del agua utilizados por CONAGUA para cuerpos de agua.</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 26. Sitios de muestreo con clave y coordenadas</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 27. Estadística descriptiva de los datos de temperatura en el río.</b>	<b>102</b>
<b>Tabla 28. Estadística descriptiva de los datos de potencial de hidrógeno en el río.</b>	<b>103</b>
<b>Tabla 29. Estadística descriptiva de los datos de conductividad en el río.</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 30. Estadística descriptiva de los datos de oxígeno disuelto en el río.</b>	<b>105</b>
<b>Tabla 31. Estadística descriptiva de los datos de temperatura en los afluentes.</b>	<b>106</b>
<b>Tabla 32. Estadística descriptiva de los datos de potencial de hidrógeno en los afluentes.</b>	<b>107</b>

<b>Tabla 33. Estadística descriptiva de los datos de conductividad en los afluentes.</b>	<b>108</b>
<b>Tabla 34. Estadística descriptiva de los datos de oxígeno disuelto en los afluentes.</b>	<b>109</b>
<b>Tabla 35. Estadística descriptiva de los datos de temperatura en las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento.</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 36. Estadística descriptiva de los datos de potencial de hidrógeno en las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento.</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 37. Estadística descriptiva de los datos de conductividad en las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento</b>	<b>112</b>
<b>Tabla 38. Estadística descriptiva de los datos de oxígeno disuelto en las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento.</b>	<b>113</b>
<b>Tabla 39. Estadística descriptiva de los datos de color verdadero en el Bajo Río Bravo.</b>	<b>118</b>
<b>Tabla 40. Estadística descriptiva de los datos de color verdadero en afluentes</b>	<b>119</b>
<b>Tabla 41. Estadística descriptiva de los datos de color verdadero en descargas y plantas de tratamiento</b>	<b>120</b>
<b>Tabla 42. Estadística descriptiva de los datos de sólidos suspendidos totales en el río.</b>	<b>122</b>
<b>Tabla 43. Indicador de Calidad del Agua para Sólidos Suspendidos Totales (mg/L). Conagua 2015.</b>	<b>123</b>
<b>Tabla 44. Estadística descriptiva de los datos de sólidos suspendidos totales en afluentes.</b>	<b>123</b>
<b>Tabla 45. Estadística descriptiva de los datos de sólidos suspendidos totales en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>124</b>
<b>Tabla 46. Estadística descriptiva de los datos de DBO5 en el río Bravo.</b>	<b>126</b>
<b>Tabla 47. Indicador de Calidad del Agua para Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L). Conagua 2015</b>	<b>126</b>
<b>Tabla 48. Estadística descriptiva de los datos de DBO5 en afluentes</b>	<b>127</b>
<b>Tabla 49. Estadística descriptiva de los datos de DBO5 en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>128</b>
<b>Tabla 50. Estadística descriptiva de los datos de DQO en el río Bravo</b>	<b>130</b>
<b>Tabla 51. Indicador de calidad del agua para la DQO.</b>	<b>131</b>
<b>Tabla 52. Estadística descriptiva de los datos de DQO en afluentes</b>	<b>131</b>
<b>Tabla 53. Estadística descriptiva de los datos de DQO en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>132</b>
<b>Tabla 54. Estadística descriptiva de los datos de COT en el río.</b>	<b>134</b>
<b>Tabla 55 . Estadística descriptiva de los datos de COT en afluentes</b>	<b>135</b>
<b>Tabla 56. Estadística descriptiva de los datos de COT en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>136</b>
<b>Tabla 57. Estadística descriptiva de los datos de Nitrógeno Total en río.</b>	<b>138</b>
<b>Tabla 58. Estadística descriptiva de los datos de Nitrógeno Total en afluentes</b>	<b>139</b>
<b>Tabla 59. Estadística descriptiva de los datos de Nitrógeno Total en descargas y plantas de tratamiento</b>	<b>140</b>
<b>Tabla 60. Estadística descriptiva de los datos de Nitrógeno amoniacal en río.</b>	<b>143</b>
<b>Tabla 61. Estadística descriptiva de los datos de Nitrógeno amoniacal en afluentes.</b>	<b>144</b>
<b>Tabla 62. Estadística descriptiva de los datos de Nitrógeno amoniacal en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>145</b>
<b>Tabla 63. Estadística descriptiva de los datos de Fósforo Total en río</b>	<b>147</b>

<b>Tabla 64. Estadística descriptiva de los datos de Fósforo Total en afluentes.</b>	<b>148</b>
<b>Tabla 65. Estadística descriptiva de los datos de Fósforo Total en descargas y plantas de tratamiento</b>	<b>149</b>
<b>Tabla 66. Estadística descriptiva de los datos de Ortofosfatos en el río.</b>	<b>151</b>
<b>Tabla 67. Estadística descriptiva de los datos de Ortofosfatos en afluentes.</b>	<b>152</b>
<b>Tabla 68. Estadística descriptiva de los datos de Ortofosfatos en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>153</b>
<b>Tabla 69. Estadística descriptiva de los datos de Sulfatos en el río.</b>	<b>155</b>
<b>Tabla 70. Estadística descriptiva de los datos de Sulfatos en afluentes.</b>	<b>156</b>
<b>Tabla 71. Estadística descriptiva de los datos de Sulfatos en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>157</b>
<b>Tabla 72. Estadística descriptiva de los datos de Sulfuros en río</b>	<b>159</b>
<b>Tabla 73. Estadística descriptiva de los datos de Sulfuros en afluentes</b>	<b>160</b>
<b>Tabla 74. Estadística descriptiva de los datos de Sulfuros en descargas y plantas de tratamiento</b>	<b>160</b>
<b>Tabla 74. Estadística descriptiva de los datos de Fluoruros en el río.</b>	<b>162</b>
<b>Tabla 75. Estadística descriptiva de los datos de Fluoruros en afluentes.</b>	<b>163</b>
<b>Tabla 76. Estadística descriptiva de los datos de Fluoruros en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>164</b>
<b>Tabla 77. Estadística descriptiva de los datos de sodio (Na+) en río.</b>	<b>175</b>
<b>Tabla 78. Estadística descriptiva de los datos de calcio (Ca2+) en río.</b>	<b>176</b>
<b>Tabla 79. Estadística descriptiva de los datos de magnesio (Mg2+) en río.</b>	<b>177</b>
<b>Tabla 80. Estadística descriptiva de los datos de sodio (Na+) en afluentes.</b>	<b>178</b>
<b>Tabla 81. Estadística descriptiva de los datos de calcio (Ca2+) en afluentes.</b>	<b>179</b>
<b>Tabla 82. Estadística descriptiva de los datos de magnesio (Mg2+) en afluentes.</b>	<b>179</b>
<b>Tabla 83. Riesgo de sodicidad en los suelos por el riego</b>	<b>181</b>
<b>Tabla 84. Estadística descriptiva de los datos de Relación de Absorción de Sodio (RAS) en el río Bravo.</b>	<b>182</b>
<b>Tabla 85. Estadística descriptiva de los datos de Relación de Absorción de Sodio (RAS) en afluentes.</b>	<b>183</b>
<b>Tabla 86. Estadística descriptiva de los datos de boro en río.</b>	<b>184</b>
<b>Tabla 87. Estadística descriptiva de los datos de boro en afluentes.</b>	<b>185</b>
<b>Tabla 88. Estadística descriptiva de los datos del arsénico en el río.</b>	<b>187</b>
<b>Tabla 89. Estadística descriptiva de los datos del arsénico en afluentes.</b>	<b>188</b>
<b>Tabla 90. Estadística descriptiva de los datos de Bis(2-Etilhexil)Ftalato en descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>194</b>
<b>Tabla 91. Clasificación de toxicidad basada en Unidades de Toxicidad (UT)</b>	<b>197</b>
<b>Tabla 75. Datos de la PTAR Reynosa 1.</b>	<b>203</b>
<b>Tabla 76. Datos de calidad del agua históricos</b>	<b>205</b>
<b>Tabla 77. Eficiencias de remoción de contaminantes de la PTAR Reynosa 1.</b>	<b>206</b>
<b>Tabla 78. Límites máximos permisibles de contaminantes de la NOM-001-SEMARNAT-1996</b>	<b>206</b>
<b>Tabla 79. Contaminantes sancionados en la NOM-001 seleccionando los valores que se refieren a ríos tipo C.</b>	<b>208</b>
<b>Tabla 80. Cumplimiento de los límites máximos permisibles</b>	<b>209</b>

<b>Tabla 81. Calidad del agua de la planta de tratamiento de aguas residuales Reynosa 2.</b>	<b>220</b>
<b>Tabla 82. Cumplimiento de los límites máximos permisibles</b>	<b>221</b>
<b>Tabla 83. Calidad del agua de la PTAR Matamoros.</b>	<b>229</b>
<b>Tabla 84. Parámetros que cumplieron la NOM-001-SEMARNAT-1996</b>	<b>230</b>
<b>Tabla 85. Calidad del agua residual cruda esperada en Cd Mier.</b>	<b>231</b>
<b>Tabla 86. Resumen de Ingeniería Básica del Sistema Lagunar</b>	<b>237</b>
<b>Tabla 87. Resumen de aportaciones de agua residual de la población de Cd. Camargo.</b>	<b>245</b>
<b>Tabla 88. Resultados de calidad del agua residual.</b>	<b>246</b>
<b>Tabla 89. Resultados de calidad del agua residual.</b>	<b>247</b>
<b>Tabla 90. Eficiencia requerida la descarga a cuerpo receptor.</b>	<b>248</b>
<b>Tabla 91. Tren de tratamiento para Ciudad Camargo</b>	<b>249</b>
<b>Tabla 92. Parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-1996</b>	<b>253</b>
<b>Tabla 93. Claves de identificación de las Plantas de Tratamiento y descargas puntuales.</b>	<b>256</b>
<b>Tabla 94. Parámetros analizados a las descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>257</b>
<b>Tabla 95. Parámetros, contaminantes y concentraciones obtenidas en los cuatro muestreos a las descargas.</b>	<b>258</b>
<b>Tabla 96. Parámetros, contaminantes y concentraciones obtenidas en los cuatro muestreos a los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales.</b>	<b>259</b>
<b>Tabla 97. Trenes de tratamiento de AR y estabilización de lodos.</b>	<b>265</b>
<b>Tabla 98. Eficiencias de remoción de contaminantes por diferentes operaciones y procesos unitarios</b>	<b>266</b>
<b>Tabla 99. Efectividad de trenes de tratamiento complementarios a la PTAR Reynosa #1. Meta 2</b>	<b>267</b>
<b>Tabla 100. Efectividad de trenes de tratamiento complementarios a la PTAR Reynosa #1. Meta 3.</b>	<b>267</b>
<b>Tabla 101. Efectividad de trenes de tratamiento complementarios a la PTAR Reynosa #2. Meta2.</b>	<b>268</b>
<b>Tabla 102. Efectividad de trenes de tratamiento complementarios a la PTAR Reynosa #2. Meta 3.</b>	<b>269</b>
<b>Tabla 103. Efectividad de trenes de tratamiento complementarios a la PTAR Cd Mier. Meta 2.</b>	<b>270</b>
<b>Tabla 104. Efectividad de trenes de tratamiento complementarios a la PTAR Cd Mier. Meta 3.</b>	<b>271</b>
<b>Tabla 105. Efectividad de trenes de tratamiento complementarios a la PTAR Miguel Alemán. Meta 2</b>	<b>272</b>
<b>Tabla 106. Efectividad de trenes de tratamiento complementarios a la PTAR Miguel Alemán. Meta 3.</b>	<b>273</b>
<b>Tabla 107. Efectividad de trenes de tratamiento complementarios a la PTAR Ciudad Camargo. Meta 2.</b>	<b>274</b>
<b>Tabla 108. Efectividad de trenes de tratamiento complementarios a la PTAR Ciudad Camargo. Meta 3.</b>	<b>275</b>
<b>Tabla 109. Resumen Trenes de tratamiento y cumplimiento de criterios de las Metas 2 y3.</b>	<b>276</b>
<b>Tabla 110. Costos de inversión, operación y mantenimiento PTAR Reynosa #1.</b>	<b>279</b>
<b>Tabla 111. Costos de inversión, operación y mantenimiento PTAR Reynosa #2</b>	<b>279</b>
<b>Tabla 112. Costos de inversión, operación y mantenimiento PTAR Cd Mier.</b>	<b>279</b>
<b>Tabla 113. Costos de inversión, operación y mantenimiento PTAR Miguel Alemán.</b>	<b>279</b>
<b>Tabla 114. Costos de inversión, operación y mantenimiento PTAR Camargo.</b>	<b>279</b>

<b>Tabla 115. Costos de inversión, operación y mantenimiento. Instalaciones complementarias PTAR Reynosa #1.</b>	<b>280</b>
<b>Tabla 116. Costos de inversión, operación y mantenimiento. Instalaciones complementarias PTAR Reynosa #2</b>	<b>280</b>
<b>Tabla 117. Costos de inversión, operación y mantenimiento. Instalaciones complementarias PTAR Cd Mier.</b>	<b>280</b>
<b>Tabla 118. Costos de inversión, operación y mantenimiento. Instalaciones complementarias PTAR Miguel Alemán.</b>	<b>281</b>
<b>Tabla 119. Costos de inversión, operación y mantenimiento. Instalaciones complementarias PTAR Ciudad Camargo.</b>	<b>281</b>
<b>Tabla 120. Clave de las descargas de aguas residuales.</b>	<b>284</b>
<b>Tabla 121. Calidad FQB de las descargas de AR al Río Bravo.</b>	<b>285</b>
<b>Tabla 122. Límites de concentración de contaminantes para la meta 1</b>	<b>287</b>
<b>Tabla 123. Límites de concentración de contaminantes para las Metas 2 y 3.</b>	<b>288</b>
<b>Tabla 124. Trenes de tratamiento para las descargas de AR al Río Bravo. Meta 1.</b>	<b>289</b>
<b>Tabla 125. Eficiencias de remoción de contaminantes por las diferentes operaciones y procesos unitarios de tratamiento.</b>	<b>289</b>
<b>Tabla 126. Eficiencias de remoción de contaminantes por diferentes trenes de tratamiento</b>	<b>290</b>
<b>Tabla 127. Número y tipo de contaminantes que no son removidos a la concentración deseada</b>	<b>292</b>
<b>Tabla 128. Costos de inversión, operación y mantenimiento por unidad de tratamiento para las cinco descargas.</b>	<b>293</b>
<b>Tabla 129. Número de contaminantes no removidos por los trenes de tratamiento en estudio.</b>	<b>294</b>
<b>Tabla 130. Costos de inversión. Operación y mantenimiento de las PTAR</b>	<b>295</b>
<b>Tabla 131. Zonas de modelación del río Bravo y afluentes</b>	<b>296</b>
<b>Tabla 132. Habitantes dentro del buffer de 500 metros y tipos de servicio de disposición de aguas residuales</b>	<b>311</b>
<b>Tabla 133. Número estimado de ganado en las áreas adecuadas para esta actividad</b>	<b>312</b>
<b>Tabla 134. Poblaciones estimadas de vida silvestre dentro del corredor ribereño (91 metros)</b>	<b>317</b>
<b>Tabla 135. Resumen de cargas por asentamientos humanos, pecuario y vida silvestre</b>	<b>317</b>
<b>Tabla 136. Distribución de cargas por fuentes no puntuales estacionarias</b>	<b>318</b>
<b>Tabla 137. Listado de extracciones de agua para uso urbano o riego</b>	<b>321</b>
<b>Tabla 138. Extracciones totales por fecha de muestreo</b>	<b>322</b>
<b>Tabla 139. Extracciones por tramo y fecha de muestreo</b>	<b>322</b>
<b>Tabla 140. Contribución por retornos agrícolas en cada segmento del Bajo Río Bravo en m<sup>3</sup>/s</b>	<b>329</b>
<b>Tabla 141. Valores de Cloruros asignados a los elementos por campaña</b>	<b>333</b>
<b>Tabla 142. Valores de Sólidos Disueltos Totales asignados a los elementos por campaña</b>	<b>337</b>
<b>Tabla 143. Guías de calidad del agua para escenario Declaratoria</b>	<b>342</b>
<b>Tabla 144. Condiciones particulares de descarga para el mes de marzo en localidades de EUA.</b>	<b>343</b>
<b>Tabla 145. Condiciones particulares de descarga para el mes de noviembre en localidades de EUA.</b>	<b>343</b>
<b>Tabla 146. Condiciones particulares de descarga para el mes de agosto en localidades de EUA.</b>	<b>344</b>
<b>Tabla 147. Condiciones particulares de descarga para el mes de abril en localidades de EUA.</b>	<b>344</b>
<b>Tabla 148. Caudal en descargas y capacidad instalada en caso de PTAR (L/s)</b>	<b>345</b>

<b>Tabla 149. Conductividad (Unidades de pH)</b>	<b>345</b>
<b>Tabla 150. Oxígeno Disuelto (mg/L)</b>	<b>345</b>
<b>Tabla 151. Grasas y Aceites (mg/L)</b>	<b>346</b>
<b>Tabla 152. Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)</b>	<b>346</b>
<b>Tabla 153. Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)</b>	<b>346</b>
<b>Tabla 154. Nitrógeno Total (mg/L)</b>	<b>347</b>
<b>Tabla 155. Coliformes Fecales (NMP/100mL)</b>	<b>347</b>
<b>Tabla 156. Demanda Química de Oxígeno (mg/L)</b>	<b>347</b>
<b>Tabla 157. Nitrógeno Amoniacal (mg/L)</b>	<b>348</b>
<b>Tabla 158. Sólidos Disueltos Totales (mg/L)</b>	<b>348</b>
<b>Tabla 159. Sulfuros (mg/L)</b>	<b>348</b>
<b>Tabla 160. Escherichia Coli (NMP/100mL)</b>	<b>349</b>
<b>Tabla 161. Bis(2-Etilhexil)ftalato (µg/L)</b>	<b>349</b>
<b>Tabla 162. Parámetros que exceden los criterios de calidad del agua</b>	<b>349</b>
<b>Tabla 164. Fósforo Total (mg/L)</b>	<b>355</b>
<b>Tabla 165. Sólidos Disueltos Totales (mg/L)</b>	<b>356</b>
<b>Tabla 166. Sulfuros (mg/L)</b>	<b>356</b>
<b>Tabla 167. Aportaciones por fuente en el mes de marzo 2015</b>	<b>361</b>
<b>Tabla 168. Aportaciones por fuente en el mes de agosto 2015</b>	<b>362</b>
<b>Tabla 169. Aportaciones por fuente en el mes de noviembre 2015</b>	<b>363</b>
<b>Tabla 170. Aportaciones por fuente en el mes de abril 2016</b>	<b>364</b>
<b>Tabla 171. Descripción de escenarios modelados por fecha de muestreo</b>	<b>370</b>
<b>Tabla 172. Población potencialmente expuesta a los analitos presentes en el Bajo Río Bravo, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales.</b>	<b>380</b>
<b>Tabla 173. Población potencialmente expuesta a contaminantes presentes en agua del río y descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales en cada una de las zonas en que se dividió el río.</b>	<b>383</b>
<b>Tabla 174. Lista de analitos detectados superiores al límite en los 4 monitoreos 2015-2016.</b>	<b>385</b>
<b>Tabla 175. Características fisicoquímicas de compuestos orgánicos detectados en el Bajo Río Bravo, descargas y plantas de tratamiento de agua residual.</b>	<b>387</b>
<b>Tabla 176. Características fisicoquímicas de los cationes detectados en agua del río, descargas y/o plantas de tratamiento de agua residual.</b>	<b>387</b>
<b>Tabla 177. Parámetros de los compartimientos en ambientes rico y pobre en agua.</b>	<b>388</b>
<b>Tabla 178. Vida media de reacción de algunos de los analitos detectados en el Bajo Río Bravo, descargas y plantas de tratamiento de agua residual.</b>	<b>389</b>

<b>Tabla 179. Vida media de degradación y persistencia total, para algunos de los compuestos orgánicos detectados en agua del río, descargas y plantas de tratamiento de agua residual e incluidas en el listado de sustancias prioritarias de la Agencia de Protección Am</b>	<b>393</b>
<b>Tabla 180. Síntesis de los datos bacteriológicos por región del río Bravo.</b>	<b>395</b>
<b>Tabla 181. Tiempos de sobrevivencia de algunos agentes patógenos en aguas, suelos y cultivos a 20 - 30 °C.</b>	<b>396</b>
<b>Tabla 182. Criterios ambientales para la selección de los contaminantes críticos.</b>	<b>399</b>
<b>Tabla 183. Problemas de salud asociados a exposiciones ambientales.</b>	<b>401</b>
<b>Tabla 184. Valores de toxicidad 12 por vía oral, de los analitos detectados en aguas del río, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales.</b>	<b>402</b>
<b>Tabla 185. Valores de toxicidad por vía respiratoria, de los analitos detectados en el río, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales.</b>	<b>403</b>
<b>Tabla 186. Valor de los criterios ambientales para jerarquizar los analitos detectados en el Bajo Río Bravo, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales.</b>	<b>406</b>
<b>Tabla 187. Valor de los criterios de toxicidad en organismos acuáticos para jerarquizar los analitos detectados en el Bajo Río Bravo, descargas y plantas de tratamiento de agua residual.</b>	<b>408</b>
<b>Tabla 188. Valores de los criterios de carcinogenicidad y toxicidad sistémica en humanos para jerarquizar los analitos detectados en el río, descargas y plantas de tratamiento.</b>	<b>409</b>
<b>Tabla 189. Peso de los analitos detectados en el Bajo Río Bravo, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales con base en la sumatoria de los valores obtenidos para los criterios ambientales y de toxicidad.</b>	<b>410</b>
<b>Tabla 190. Puntuación de la población potencialmente expuesta en cada una de las zonas del río.</b>	<b>412</b>
<b>Tabla 191. Puntuación del tipo de contaminantes presentes en el agua del río, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales.</b>	<b>413</b>
<b>Tabla 192. Índice de peligrosidad de los analitos detectados en agua del río, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales.</b>	<b>414</b>
<b>Tabla 193. Metodologías para la cuantificación de beneficios económicos</b>	<b>420</b>
<b>Tabla 194. Beneficios estimados por la conservación de la biodiversidad en la cuenca Baja del Río Bravo</b>	<b>423</b>
<b>Tabla 195. Sustitución de cultivos en agricultura de riego en la cuenca baja del Río Bravo</b>	<b>425</b>
<b>Tabla 196. Beneficios estimados para agricultura de riego en la cuenca Baja del Río Bravo</b>	<b>425</b>
<b>Tabla 197. Valor de la producción de la actividad pesquera en los municipios de la cuenca Baja del Río Bravo (Pesos)</b>	<b>426</b>
<b>Tabla 198. Beneficios estimados en pesca para la cuenca Baja del Río Bravo</b>	<b>427</b>
<b>Tabla 199. Beneficios estimados en turismo inducido por el uso recreativo del agua en la cuenca baja del Río Turbio</b>	<b>430</b>
<b>Tabla 200. Costos evitados por consulta médica en enfermedades relacionadas con la calidad del agua</b>	<b>431</b>
<b>Tabla 201. Pérdidas productivas evitadas por ausentismo laboral debido a enfermedades relacionadas con la calidad del agua</b>	<b>432</b>
<b>Tabla 202. Beneficios en salud derivados de la descontaminación del agua en la Cuenca del Río Bravo</b>	<b>432</b>



## **CONTENIDO DE FOTOGRAFÍAS**

<b>Foto 1. Calibración in situ del equipo multiparamétrico EXXO-YSI y recolecta de muestras de agua al fondo de la foto.</b>	<b>99</b>
<b>Foto 2. Recolecta de muestras de agua en el cauce del río Bravo.</b>	<b>100</b>
<b>Foto 3. Frascos con muestras de agua colectada en el río Bravo para su análisis posterior en el laboratorio.</b>	<b>100</b>

## CAPÍTULO 1 . INTRODUCCIÓN

Uno de los elementos más importantes de la contaminación de los cuerpos de agua nacionales se asocia a las descargas de aguas residuales municipales y no municipales que se vierten de manera directa o indirecta a través de sus afluentes. Por lo que es necesario realizar la evaluación de la calidad del agua en los cuerpos de agua y en sus afluentes, determinando las principales fuentes de contaminación puntuales, la carga actual de contaminantes, la capacidad de asimilación y dilución, los límites máximos de descarga, y las concentraciones de contaminantes alcanzadas en los cuerpos de agua. La información obtenida y el análisis de los resultados, son la base para elaborar la Declaratoria de Clasificación del Bajo Río Bravo, que, a través de la modelación matemática y la simulación de la calidad del agua bajo diferentes escenarios de regulación, son un instrumento para controlar y mejorar la calidad del agua de los cuerpos receptores del país.

La Declaratoria de Clasificación de los Cuerpos de Agua Nacionales es un instrumento técnico y legal mediante el cual se publica la capacidad de asimilación y dilución, las metas de calidad del agua y los límites máximos de descarga, que deberán calcularse para la zona de estudio delimitada en la cuenca Baja del Río Bravo, y que son la base para regular las descargas de aguas residuales. Se fundamenta en el artículo 118 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y en el artículo 87 de la Ley de Aguas Nacionales. Asimismo, la CONAGUA, para otorgar los permisos de descarga, en los cuales se fijan las condiciones particulares de descarga de cada fuente puntual de contaminación, toman en cuenta la clasificación de los cuerpos de aguas nacionales que existen en la actualidad, o en su caso realizar el estudio del cuerpo de agua superficial para su control y protección.

### 1.1. ANTECEDENTES

El río Bravo/río Grande es el río más grande de Norte América, uno de los principales ríos de México y Estados Unidos, por ser un cuerpo de agua transfronterizo, ha tenido particular importancia por la creciente preocupación por el desarrollo económico de la zona fronteriza y por los problemas de contaminación que desde 1992 fueron identificados por la falta de saneamiento en varias poblaciones de ambos países, así como por el aporte de plaguicidas de las zonas agrícolas y de sustancias tóxicas aportadas por las industrias.

El río Bravo es la principal fuente de suministro de agua para uso doméstico, industrial y agrícola en la frontera y es un sistema hidrológico muy complejo por las derivaciones, almacenamientos y manejo del flujo en el cauce principal que ha modificado el régimen natural del río.

En el estudio binacional realizado en 1992-93, los resultados obtenidos identificaron 30 parámetros que excedieron los niveles de seguridad considerados de preocupación potencial por Estados Unidos; de éstos se clasificaron como de alta prioridad los siguientes: cloro residual, cloruro de metilo, tolueno, arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, níquel, selenio, plata, zinc, clordano, p,p'DDE, dieldrin, gama-bhc (lindani), PCB's y cianuro.

El grupo de prioridad media incluye: amoniaco no-ionizado, paraclorometa cresol, fenol, y diazinon. El grupo de baja prioridad comprendía a fenoles recuperables, cloroformo, antimonio, talio, bis (2-etilhexil), dietil-ftalatos, y di-n-butil ftalatos.

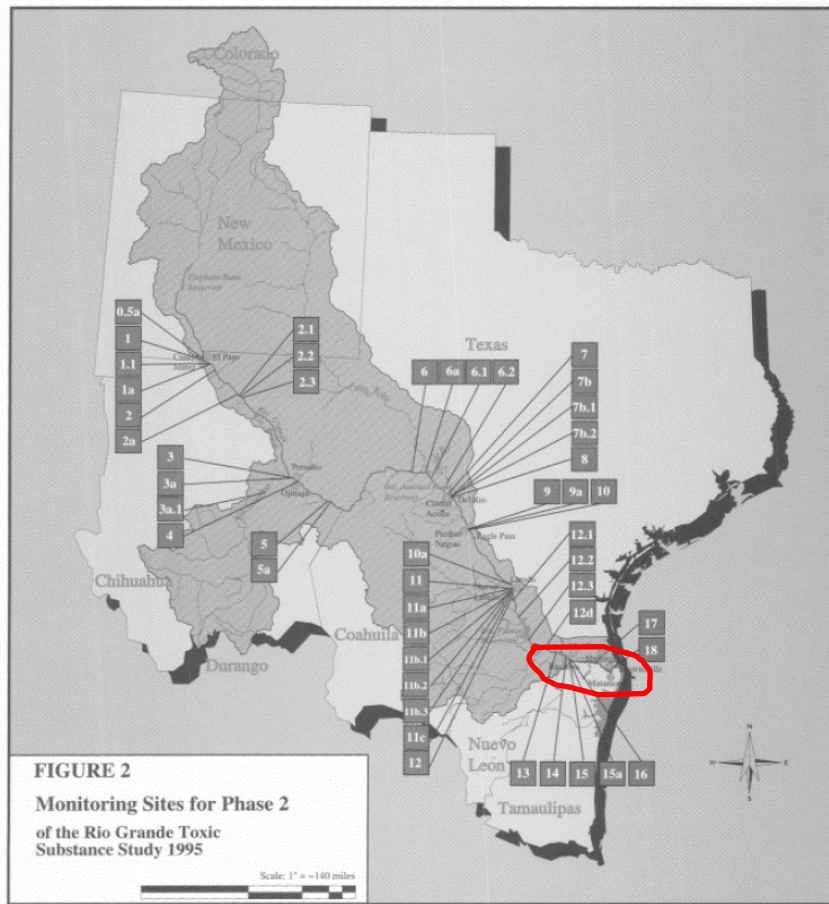
De los sitios clasificados a lo largo del río Bravo, los que se presentan corresponden a la zona de estudio del presente proyecto que son:

De impacto moderado por sustancias tóxicas los sitios 14 (aguas abajo de la presa Anzaldúas) y 16 (aguas abajo del Dren El Anhelito al sur de las Milpas).

Tributarios con alto potencial de impacto: Dren El Anhel (15a). Ligero a moderado Arroyo Olmos (12d) CILA/IBWC, 1994.

En la Segunda fase del estudio binacional (1995) los resultados obtenidos en los sitios de monitoreo (Figura 1) se presentan únicamente para la actual zona de estudio desde aguas abajo de la presa Falcón hasta la desembocadura al Golfo de México y que fue definido como Tramo cinco de ese estudio.

En la tabla 1 se presenta la descripción de cada sitio de muestreo del estudio realizado en 1995, en algunos casos coinciden con sitios de muestreo del presente estudio



**Figura 1.** Sitios de monitoreo del estudio de 1995. En el círculo rojo se presenta la zona de estudio que abarca el proyecto actual.

**Tabla 1. . Sitios de muestreo del Estudio Binacional realizado en 1995.**

Descripción	Número de estación	Convencionales Agua	Sustancias tóxicas en agua	Sustancias tóxicas en sedimentos	Sustancias tóxicas en tejido de pez	Pruebas de toxicidad en agua y sedimentos	Bentónicos (B), Pez (P)
Arroyo Los Olmos, aguas arriba de la desembocadura, cerca de Ciudad río Grande	12d	X	X	X		X	
Río Bravo cerca de los Ébanos	13	X	X	X	X	X	B y P
Río Bravo, 0.8 km Aguas abajo de Presa Anzaldúas	14	X	X	X	X	X	B
Río Bravo en el Puente Internacional en Reynosa/Hidalgo	15	X	X	X	X (Metales)	X	B y P
Dren El Anheló, 0.1 km aguas arriba de la desembocadura	15a	X	X	X		X	
Río Bravo, aguas abajo del Dren El Anheló, al sur de las Milpas (km 244.1 del río)	16	X	X	X	X	X	B
Río Bravo, 6.3 km. Aguas debajo de San Benito	17	X	X	X	X (Metales)	X	B y P
Río Bravo 11.2 km. Aguas debajo de Brownsville/Matamoros	18	X	X	X	X	X	B

### 1.1.1. Área de estudio

La cuenca del río Bravo o Grande cubre una superficie total de aproximadamente 455,000 km<sup>2</sup>; poco más de la mitad de esta superficie corresponde a Estados Unidos (230,427 km<sup>2</sup>) y la otra parte (225,242 km<sup>2</sup>) corresponde a México (CONAGUA, 2010; IBWC/CILA, 2004). Con sus 3,034 km, el río Bravo/Grande es el más largo de México y forma la mayor cuenca del país; asimismo es el cuarto río más largo de EUA y quinto de América del Norte (Wislizenus, 1848; WET, 2001; Schwandt, 2001; CONAGUA, 2010). La cuenca del río Bravo/Grande abarca en total ocho estados; tres del lado estadounidense: Colorado, Nuevo México y Texas; y cinco del lado mexicano: Durango, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (WET, 2001).

La zona de estudio comprende la parte Baja del Río Bravo/Grande el cual considera únicamente a los estados de Texas y Tamaulipas y más específicamente desde aguas abajo de la Presa Falcón hasta la desembocadura al Golfo de México, con una distancia aproximada de 442 km (275 millas).



**Figura 2. Localización del Río Bravo ó Río Grande y zona de estudio marcada en círculo rojo.**

Este río ha marcado desde 1848 la frontera entre México desde las ciudades de El Paso, Texas y Ciudad Juárez, Chihuahua, hasta el Golfo de México. Los cruces internacionales más importantes del río están en Ciudad Juárez con El Paso; Laredo, Texas con Nuevo Laredo, Tamaulipas; McAllen-Hidalgo, Texas con Reynosa, Tamaulipas; y Brownsville, Texas, con Heroica Matamoros, Tamaulipas. Otros pueblos fronterizos notables son los pasajes entre Texas/Coahuila: Del Río con Ciudad Acuña, Piedras Negras con Eagle Pass y Colombia sin ciudad residente al otro lado ya que es puerto y se usa para paso de camiones de carga, principalmente.

La cuenca del río Bravo es la cuarta cuenca de trece en México que poseen mayor volumen de agua concesionada para uso consuntivo por la Comisión Nacional del Agua (9,200 millones de m<sup>3</sup>; CONAGUA, 2010). Esta cuenca cuenta con el mayor número de títulos de concesión otorgados en el país, 6,500 para aguas superficiales y 36,500 para aguas subterráneas (CONAGUA, 2010). Asimismo, ambos países se reparten cada uno la mitad del escurrimiento de la cuenca del río Bravo/Grande aguas abajo de la presa Falcón (CONAGUA, 2010).

### 1.1.2. Clima

En el estado de Tamaulipas, el clima responde fundamentalmente a la influencia de tres condiciones geográficas que son: la latitud a la que se encuentra la entidad, su cercanía al Golfo de México y la altitud de sus tierras.

Por su ubicación geográfica, el área de estudio recibe humedad del Golfo de México por la influencia de los vientos del Este, misma que está condicionada por la oscilación del anticiclón del Atlántico. De igual forma el Trópico de Cáncer divide al estado en dos zonas: su parte sur, en la que predominan los climas cálidos y relativamente húmedos, y su centro y norte más calurosos, con lluvias más escasas distribuidas en el año.

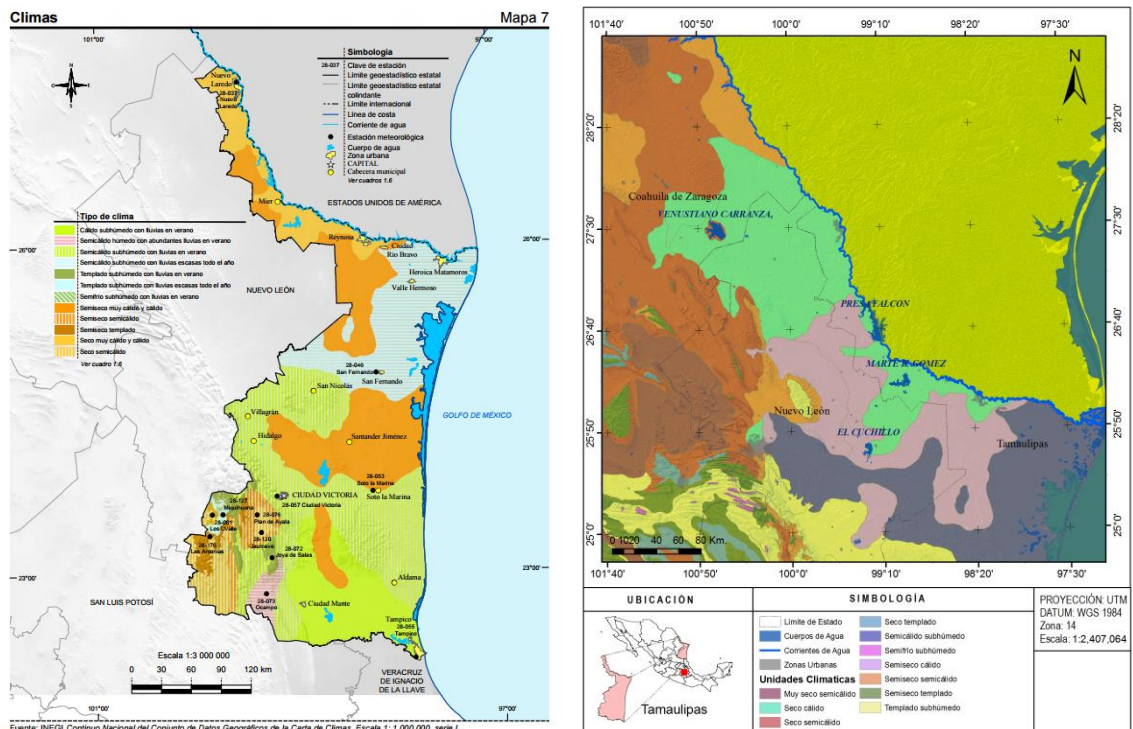
La influencia marina se deja sentir de distintas maneras a lo largo del año: durante los meses de verano los vientos húmedos penetran en el continente y dejan caer buena parte de la precipitación anual, como huracanes, los cuales son muy frecuentes y llegan a causar, junto con intensas lluvias, daños de importancia.

Durante los meses invernales llegan a Tamaulipas, desde el golfo, masas de aire polar o “nortes”, que provocan precipitaciones y condiciones de alta humedad atmosférica, que tienen influencia sobre todo en la parte central y

norte de la entidad. En esta región, a partir de la costa en dirección noroeste, se presentan tres tipos de climas cuyo comportamiento va desde los climas semicálido-subhúmedo a seco-cálido (Figura 3).

El clima semicálido subhúmedo (A)Cx, se localiza desde la costa hasta altitudes de aproximadamente 100 msnm, presenta lluvias escasas todo el año; abarca a las ciudades de Matamoros, Valle Hermoso y Río Bravo, región en donde su máxima precipitación se presenta en el mes de septiembre con 140 mm y su máxima temperatura media en el mes de agosto con 29° C; la precipitación invernal es de más del 18% de la total anual.

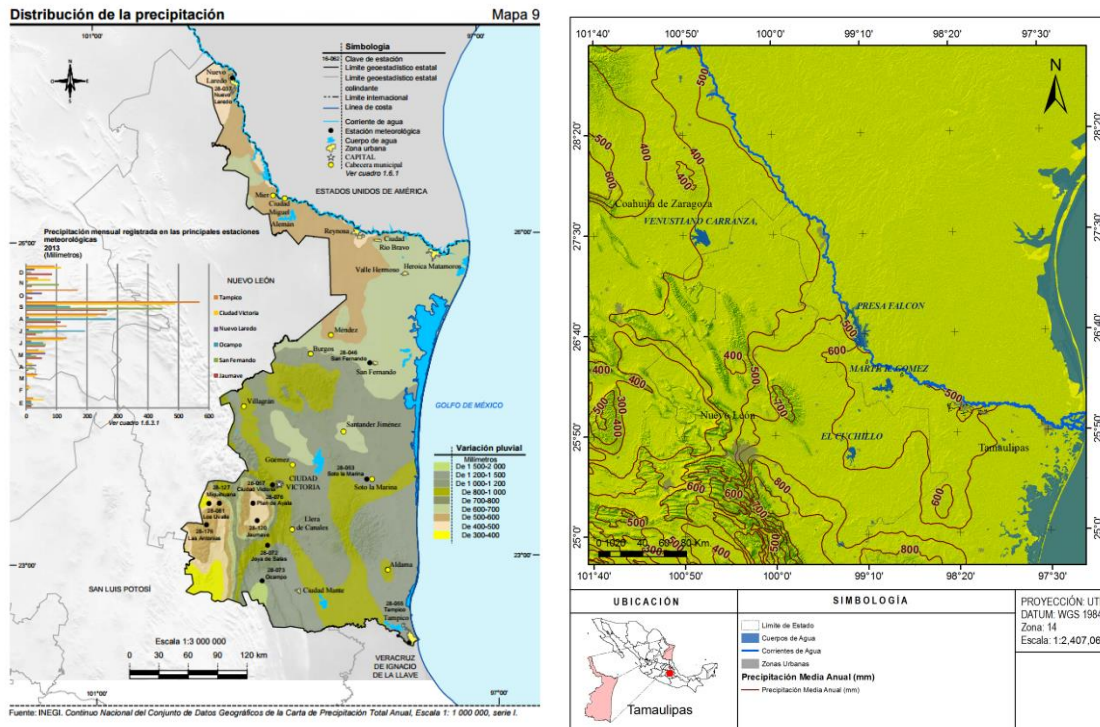
El clima seco cálido Bs0(h')hx, se localiza en la zona noreste de la región, al sur del cauce del río Bravo, a una altitud entre 100 y 200 msnm con lluvias escasas a lo largo del año. Presenta su máxima precipitación en el mes de septiembre con 100 mm y su máxima temperatura media en el mes de agosto con 29° C (Conagua 2015).



**Figura 3. Clima en el estado y en la zona de estudio**

### 1.1.3. Precipitación

La precipitación media anual según Conagua op. cit., varía de 450 mm a 600 mm, la mayoría de la lluvia se presenta en la primavera (abril a junio) y al término del verano (agosto a octubre). La distribución de la precipitación de acuerdo con INEGI se presenta en la figura 4.



**Figura 4. Precipitación en el estado y en la zona de estudio**

### 1.1.4. Temperatura

Con respecto a la temperatura y de acuerdo con la información disponible de las estaciones consideradas, en la región que comprende el Bajo Río Bravo la temperatura media anual es de 22° C (Figura 5). La evaporación media anual en el área de estudio es de 1,826 mm, valor muy superior a la lámina de precipitación que se presenta en esta zona, por lo cual se considera a este valor como representativo de la evaporación potencial; es decir aquella evaporación que se presentaría si hubiera una disponibilidad continua de agua.

### 1.1.5. Fisiografía

La zona de estudio se ubica en provincia fisiográfica denominada “Llanuras Costeras del Golfo Norte en la subprovincia de Llanura Costera Tamaulipeca (Fig 6). La zona de estudio presenta una morfología prácticamente llana, se caracteriza por presentar una elevación topográfica entre 30 y 130 msnm, con bajas pendientes, lo que origina que el río Bravo presente zonas con meandros.

Geológicamente la zona de estudio está ubicada en la Subprovincia de la Cuenca de Burgos, adscrita en la Provincia Geológica del Noreste de México (López-Ramos, 1979). Constituye el extremo sur del Miogeosinclinal Terciario del Golfo de México, cuya máxima expresión se presenta en los estados de Texas y Louisiana en la Unión Americana (Ortega et al., 1992).

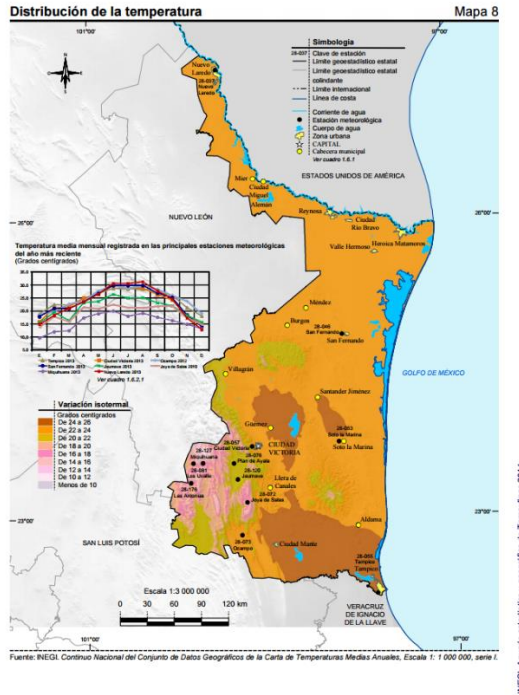


Figura 5. Distribución de la Temperatura en el Estado y en la zona de estudio

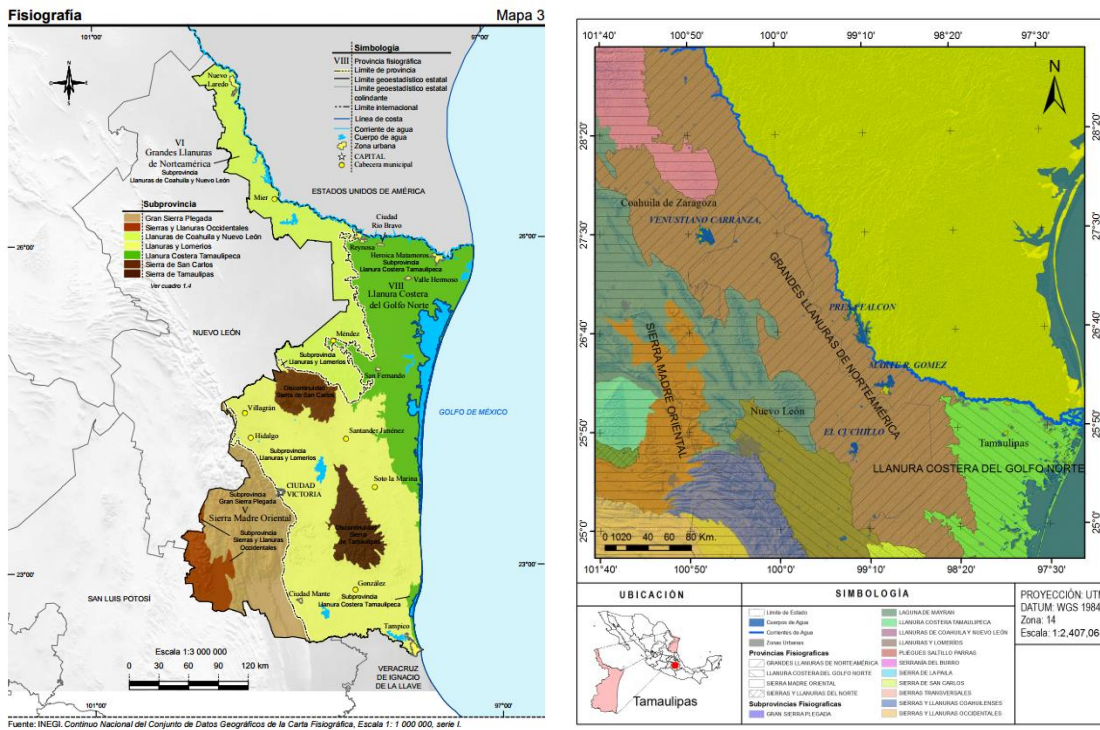


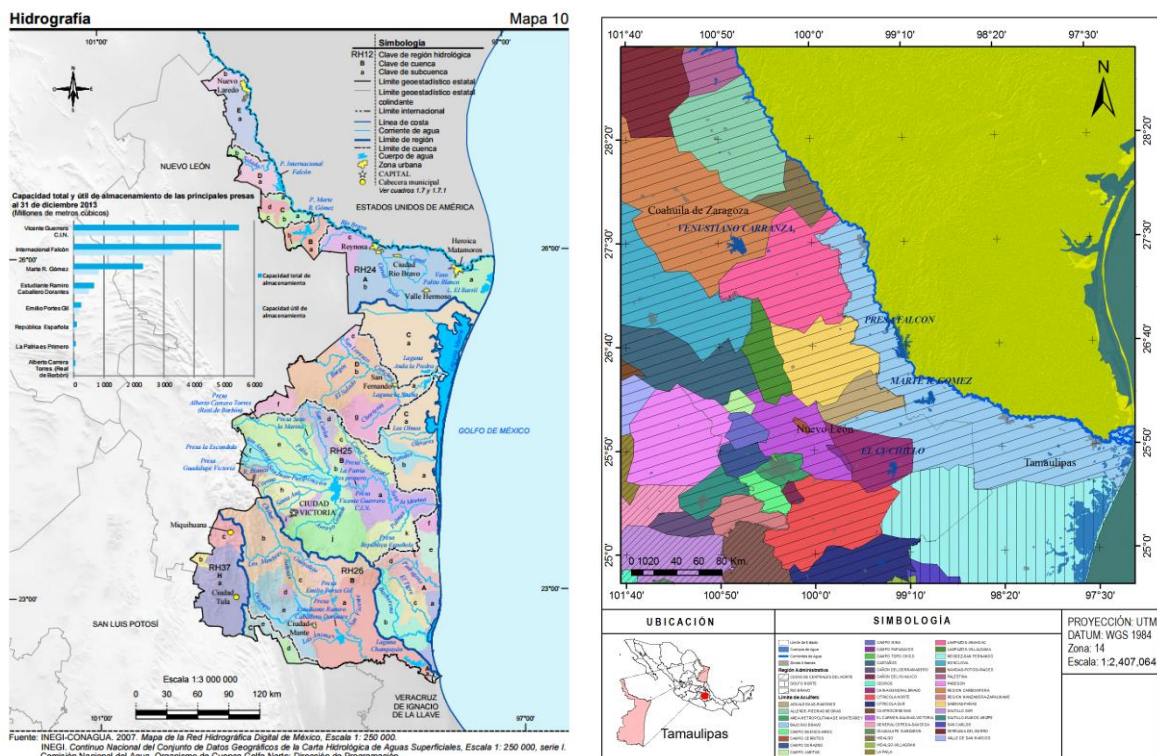
Figura 6. Fisiografía en el estado y en la zona de estudio



### 1.1.6. Hidrografía

La zona de estudio se ubica en la Región Hidrológica del Río Bravo (No. 24), que se localiza en el extremo norte de la República Mexicana; limita al oeste con: Región N° 34 (Cuencas Cerradas del Norte), Región No. 9 (Cuenca del río Yaqui) y Región No. 10 (Cuenca del río Fuerte). Al sur limita con la Región No. 35 (Cuencas Cerradas del Bolsón de Mapimí), la Región No. 36 (Cuenca de los Ríos Nazas y Aguanaval), la Región No. 37 (El Salado) y la Región No. 25 (San Fernando-Soto la Marina); al norte limita con los Estados Unidos y al este con el Golfo de México, donde el colector principal vierte sus aguas. La cuenca del río Bravo está integrada básicamente por las cuencas del río Conchos, río Salado y el río San Juan; se estima que del lado mexicano se generan 6,383 Mm<sup>3</sup> de escurrimiento medio anual, de los cuales el río Conchos aporta 2,346 Mm<sup>3</sup>, el río Salado 1,053 Mm<sup>3</sup>, el río San Juan 1,336 Mm<sup>3</sup>, el colector principal 1,082 Mm<sup>3</sup> y el resto son aportes de otros ríos de menores dimensiones (Figura 7).

El río Bravo inicia su recorrido en territorio nacional en la Mesa del Norte, a poco más de 1,000 msnm y desciende sobre la Llanura Costera del Golfo hasta su desembocadura en el Golfo de México. En su recorrido, el río Bravo recibe los aportes del río Pecos por el lado americano y los ríos Conchos, Salado y San Juan por el lado mexicano, además de otros afluentes de menor importancia.



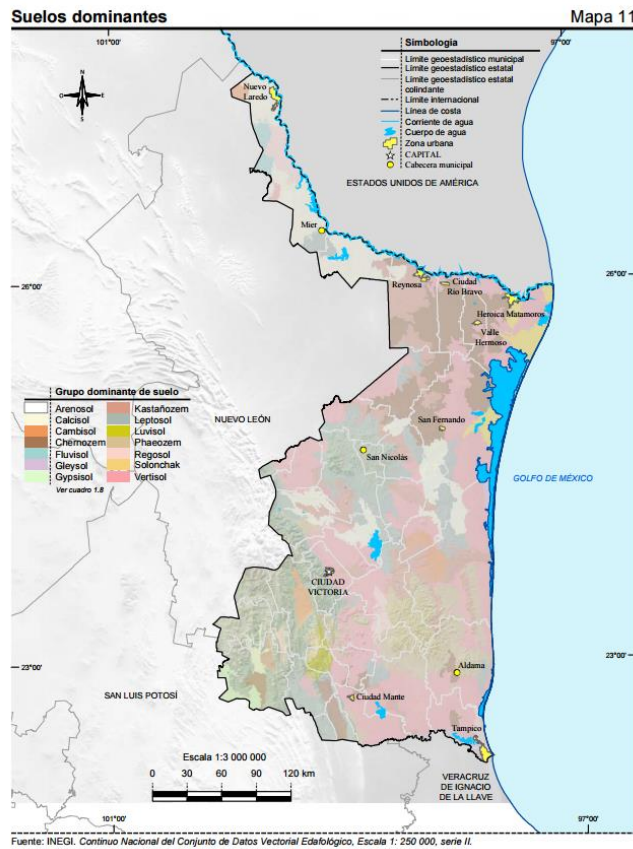
**Figura 7. Hidrografía del estado de Tamaulipas y acuíferos de la zona de estudio**

Agua abajo de la presa Falcón, el Río Bravo sigue su curso con dirección sureste, rumbo al Golfo de México, sobre la suave pendiente de la llanura costera; en este último tramo, el Río Bravo recibe los aportes de pequeños afluentes, tanto del lado de los Estados Unidos como del lado de México, aunque por esta margen destacan el río Álamo y el río San Juan, éste último es uno de los más importantes afluentes del lado mexicano. En la última etapa de su recorrido, el Río Bravo tiene un cauce sinuoso debido a la escasa pendiente y sus aguas son usadas para el riego de terrenos agrícolas desde Nuevo Laredo hasta su desembocadura en el Golfo de México.



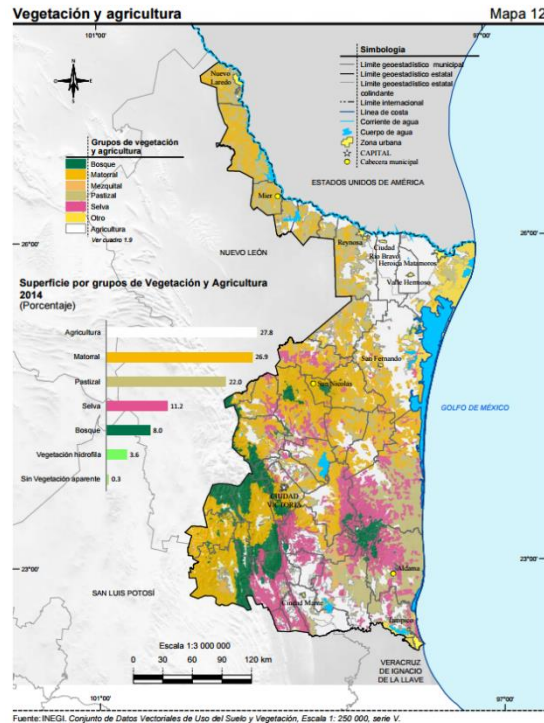
### 1.1.8. Suelos

Los suelos dominantes en el estado de Tamaulipas se presentan en la figura 9, en donde se observa que los principales en la zona de estudio son los calcisol, vertisol y phaeozem.



**Figura 9. Suelos dominantes en el estado**

En la figura 10 se presenta el tipo de vegetación y las zonas agrícolas del estado de Tamaulipas, predominando en la zona de estudio la agricultura que se desarrolla en los distritos de riego 025 y 026.



**Figura 10. Vegetación y Agricultura**

Las principales especies vegetales por tipo de vegetación se presentan en la tabla 2 para todo el estado de Tamaulipas.

**Tabla 2. Principales especies vegetales**

Concepto	Nombre científico	Nombre local	Utilidad
Pastizal	<i>Cynodon plectostachyus</i>	Estrella africana	Forraje
	<i>Panicum maximum</i>	Zacate privilegio	Forraje
	<i>Digitaria decumbens</i>	Zacate pangola	Forraje
	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Zacate buffel	Forraje
	<i>Aristida wrightii</i>	Zacate tres barbas	Forraje
Bosque	<i>Quercus rysophylla</i>	Encino	Madera
	<i>Quercus polymorpha</i>	Encino	Madera
	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Copalillo	Madera
	<i>Pinus teocote</i>	Pino chino	Madera
	<i>Juglans sp</i>	Nogal	Madera
Selva	<i>Phoebe tampicensis</i>	Aguacatillo	Madera
	<i>Lysiloma sp</i>	Tepeguaje	Madera
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácima	Madera
	<i>Bursera simaruba</i>	Palo mulato	Madera
	<i>Randia sp</i>	Cruceto	Madera
Matorral	<i>Acacia rigidula</i>	Gavia	Madera
	<i>Neopringlea integrifolia</i>	Corvagallina	Leña
	<i>Yucca sp</i>	Izote	Fibras
Mezquital	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	Madera
	<i>Pithecellobium flexicaule</i>	Ébano	Madera
	<i>Cordia greggi</i>	Nagua blanca	Forraje
	<i>Randia sp</i>	Cruceto	Madera
	<i>Acacia rigidula</i>	Gavia	Madera
Agricultura	<i>Zea mays</i>	Maíz	Comestible
	<i>Carthamus tinctorius</i>	Cártamo	Comestible
	<i>Sorghum vulgare</i>	Sorgo	Forraje
	<i>Glycine max</i>	Soya	Comestible
	<i>Saccharum officinarum</i>	Caña de azúcar	Comestible
Otro	<i>Varilla texana</i>	Saladilla	Forraje
	<i>Opuntia sp</i>	Nopal	Forraje
	<i>Celtis pallida</i>	Granjeno	Forraje
	<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite	Forraje

Nota: Sólo se mencionan algunas especies útiles

Fuente: INEGI Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250 000, serie V.

## 1.2. MARCO SOCIOECONÓMICO

### 1.2.1. Municipios localizados en la zona de estudio

El estado de Tamaulipas cuyas coordenadas geográficas son: al norte 27°40'44", al sur 22°12'25" de latitud norte; al este 97°08'39", al oeste 100°08'41" de longitud oeste. La zona de estudio se localiza en la cuenca Baja del Río Bravo, incluye el tramo comprendido entre la presa Falcón y la confluencia con el mar en el Golfo de México; dicho tramo se localiza al norte del estado de Tamaulipas y abarca diez municipios denominados "Región Fronteriza" que son: Camargo, Gustavo Díaz Ordaz, Guerrero, Matamoros, Mier, Miguel Alemán, Nuevo Laredo, Reynosa, Río Bravo y Valle Hermoso. En la tabla 3, se citan las ubicaciones, altitud y el área de los municipios que colindan con el río Bravo.

**Tabla 3. Municipios de la Región Fronteriza cuenca baja del río Bravo y su localización geográfica.**

Municipio	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (msnm)	Área (Km <sup>2</sup> )
Camargo	26° 19'	98° 06'	68	937.15
Díaz Ordaz	26° 14'	98° 36'	68	394.86
Guerrero	26° 33'	99° 13'	180	2,406.85
Matamoros	25° 52'	97° 30'	10	4,045.62
Mier	26° 25'	99° 08'	80	888.35
Miguel Alemán	27° 23'	99° 03'	55	660.49
Nuevo Laredo *	26° 30'	99° 30'	150	1,334.02
Reynosa	26° 05'	99° 18'	38	3,156.34
Río Bravo	25° 59'	98° 06'	139	1,562.94
Valle Hermoso **	25° 40'	97° 49'	27	916.43

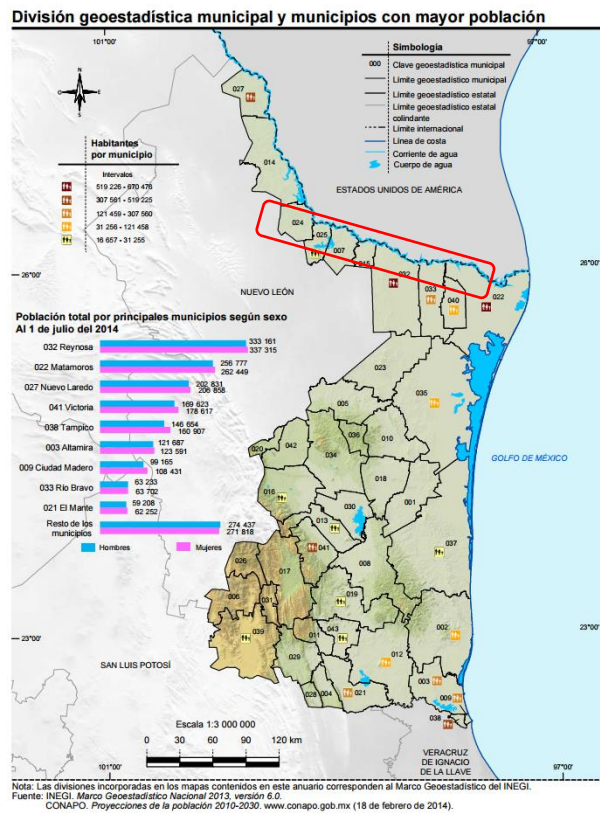
\*El municipio queda fuera del área de estudio\*\*El municipio no colinda con el río Bravo.

La población total del estado de Tamaulipas fue de 3'268,554 habitantes, de los cuales 1'652,353 fueron mujeres y 1'616, 201 hombres (INEGI 2010); el Municipio de Reynosa presentó la mayor población total en la zona de estudio, (608,891 habitantes), seguido de Matamoros y Nuevo Laredo con 489,193 y 384,033 respectivamente, mientras que los municipios de Río Bravo, Valle Hermoso y Miguel Alemán presentaron una población de 118,259; 63,170 y 27,015 respectivamente; por otro lado, los municipios que presentaron el menor número de habitantes fueron: Gustavo Díaz Ordaz, Camargo, Mier y Guerrero con 15,77; 14,933; 4,762 y 4,477 habitantes respectivamente.

En la figura 11 se presenta la división geoestadística municipal y los municipios con mayor población. La zona de estudio se localiza aguas abajo de la presa Falcón y abarca principalmente siete municipios que colindan con el río Bravo y se presentan en la tabla 4:

**Tabla 4. Municipios del área de estudio**

Clave	Municipio	Cabecera municipal	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (msnm)
024	Mier	Mier	26 25 50	99 08 55	64
025	Miguel Alemán	Ciudad Miguel Alemán	26° 24' 01"	99° 01' 31"	50
007	Camargo	Ciudad Camargo	26° 18' 56"	98° 50' 00"	49
015	Gustavo Díaz Ordaz	Ciudad Gustavo Díaz Ordaz	26° 13' 56"	98° 35' 49"	40
032	Reynosa	Reynosa	26° 05' 32"	98° 16' 40"	33
033	Río Bravo	Ciudad Río Bravo	25° 58' 54"	98° 05' 25"	26
022	Matamoros	Heroica Matamoros	25° 52' 47"	97° 30' 15"	9



**Figura 11. División Geoestadística municipal y municipios con mayor población. Fuente: INEGI, 2014. Zona de estudio marcada en rojo.**

En el municipio de Camargo, la distribución de la población de 15 años o más representaron el 68.1% de los habitantes con educación básica, seguido del 16.1% de habitantes con educación media superior, y solo el 7.2% con educación superior; asimismo, se presentaron sin instrucción el 6.7% de la población y solo el 0.9% de los habitantes tiene educación técnica comercial con primaria terminada. Con relación a las actividades económicas de

la población de este municipio con 12 años o más se presentaron 50 de cada 100 que participan de forma activa. En el municipio de Gustavo Díaz Ordaz, los habitantes con 15 años o más presentaron el 61.8 % de escolaridad básica, el 19.2% con educación media superior; seguida del 10.9% de superior, así como, el 5.8 % sin educación escolar y solo 1.4 % de la población de este municipio tiene educación técnica o comercial con primaria terminada. En las actividades económicas se presentaron que 49 de cada 100 habitantes con 12 años y más son activos.

Para el municipio de Guerrero, la población con 15 años o más, presentaron educación básica el 68.3%, siendo el 15.9% los que tienen educación media superior y solo el 5.7% superior; de tal manera que 5.1% no tiene instrucción escolar y el 0.8% presentaron nivel técnico o comercial con primaria terminada. En este municipio 52 habitantes de cada 100, fueron reportados con actividades económicas. El municipio de Matamoros presentó 57.0% con 15 años o más con nivel básico escolar, en cambio el 21.5% presentó educación media superior y el 15.6% superior. En cambio, el 3.6% no tiene educación escolar y solo el 0.7% presenta nivel técnico o comercial con primaria finalizada, en resumen 56 de cada 100 habitantes de 12 años y más fueron económicamente activos (INEGI, 2010). Para los habitantes con 15 años y más que presentan educación básica del municipio de Mier fueron el 64.7%, así como el 18.8% con educación media superior y solo el 10.5% superior; para los habitantes de este municipio el 4.8% no tiene instrucción escolar y el 0.5% es técnico o comerciante con primaria terminada. Por lo anterior, en este municipio se reportó que 48 de cada 100 habitantes de 12 y más eran activos económicamente.

Miguel Alemán presentó en el mismo rango de edad que los municipios anteriores para este rubro, uno de los porcentajes más altos de educación básica (64.0%); el 20.1% presentó educación media superior y el 10.4% superior. De tal forma que el 3.6% no había tenido educación escolar y el 0.7% presenta educación técnica o comercial con primaria terminada. La población de 12 o más años en promedio participaron en actividades económicas con 53 habitantes de cada 100 habitantes. El segundo municipio más grande de la zona de estudio es Reynosa, el cual presentó educación básica en el 55.1%, el 22.5% educación media superior y el 16.0% educación superior; a pesar de ser una ciudad relativamente grande el 3.4% no tiene instrucción educativa y el 0.8% presentó educación técnica o comercial con primaria terminada. Este municipio presentó en promedio 59 habitantes de cada 100 con 12 años y más con actividades económicas. Para el municipio de Río Bravo la escolaridad básica de la población ascendió a 62.4% en el rango de edad citado en los demás municipios, con 18.8% de habitantes con educación media superior y de 11.7% de educación superior, en contraste con el 5.8% de los habitantes que no presentaron escolaridad alguna y solo el 0.7% tuvo una escolaridad técnica o comercial con primaria terminada; en este municipio habitantes de 12 o más años, 54 de cada 100 fueron activos económicamente.

Por último, la población del municipio de Valle Hermoso, presentó 62% con educación básica, 18.8% y 12.5% tienen educación media superior y superior respectivamente. La población de este municipio que no ha tenido educación escolar es 5.0 % y el 1.2 % se instruyó técnica o comercialmente con primaria terminada. Por último, 52 de cada 100 habitantes con edad de 12 años se reportaron económicamente activos.

### 1.2.2. Ganadería

El último inventario ganadero en Tamaulipas fue de 1 millón 200 mil cabezas de ganado, de los cuales un millón 87 mil 852 eran utilizadas para la producción de carne y leche. En la cuenca se distingue la región ganadera y se explota el ganado bobino de carne, leche, aves de carne, huevo y miel. En Tamaulipas la superficie pecuaria es de 4'977,699 ha de las cuales 1'240,507 son de temporal y uso intensivo y 3'737,192 son de agostadero o de uso extensivo, en resumen, estado de Tamaulipas produce 72,566 Ton de carne en canal de especies bovino, porcino, ovino, caprino y ave. Otros productos pecuarios de los cuales se destaca es la producción de cera con 29 Ton, huevo con 226 Ton y miel con 617 Ton.



### 1.2.3. Actividades agrícolas

La zona norte del Estado de Tamaulipas es una región agrícola constituida y destinada a la siembra de granos, con una producción promedio de dos millones de toneladas, El cultivo más sembrado ha sido el sorgo con una superficie promedio de 760,764 ha, lo que representa el 93.45% de la superficie sembrada y el 89% de la producción de granos. En segundo lugar, se encuentra el maíz con una superficie promedio de 53,250, lo que representa el 6.54% de la superficie agrícola y el 11% de la producción. En dichas áreas de cultivo se encuentran ubicados los tres Distritos de Riego (DR) de la zona de estudio del presente proyecto, los cuales se describen a continuación:

La región hidrológica número 24 denominada Bravo-Conchos presenta una extensión territorial de 229,740 Km<sup>2</sup>, cuyo escurrimiento medio superficial total equivale a 5,156 hm<sup>3</sup>/año con un total de 37 cuencas hidrológicas. En esta Región se ubican los Distritos de Riego 025, 026 y 050 del Estado de Tamaulipas que corresponden al tramo de la “Región Fronteriza” y que incluye los diez municipios que colindan con el río Bravo; dicha región cuenta con tres distritos de riego:

1. Distrito de Riego 050 Acuña – Falcón.
2. Distrito de Riego 026 Bajo Río San Juan.
3. Distrito de Riego 025 Bajo Río Bravo.

Adicionalmente existen 103 Unidades de Riego para el Desarrollo Rural con un total de 292,891 ha de riego y 20,632 usuarios. La superficie regable asciende a 286,022 ha con 20,288 usuarios y un volumen concesionado de 1,339 Mm<sup>3</sup>.

El Distrito de Riego 050 Acuña-Falcón comprende la porción del extremo noroeste del Tamaulipas y que incluyen los municipios de Nuevo Laredo y Guerrero, aprovechando las aguas del río Bravo almacenadas en el embalse Internacional “La Amistad”. Los cultivos principales son pastos y sorgo forrajero con un total de 12,904 ha.

Distrito de Riego 026 Bajo San Juan, se localiza en la porción norte central de Tamaulipas, comprende parcialmente los Municipios de Mier, Miguel Alemán, Camargo, Díaz Ordaz, Reynosa y Río Bravo. Las fuentes de abastecimiento son las presas “Marte R. Gómez” y “El Cuchillo”, del cual se realizan trasvases para beneficio del D.R. 026, además del río Bravo, del que se abastecen por bombeo las unidades IV y V. Estas presas son alimentadas por el río San Juan, adicionalmente se transfieren volúmenes de la presa derivadora “Las Blancas”, a través del canal de interconexión para aprovechar escurrimientos del río Álamo.

El D.R. 026 Cuenta con una superficie regable de 86,102 ha y un volumen concesionado de 464.083 Mm<sup>3</sup> y los cultivos principales en el ciclo anual 2014-2015 programada son: Maíz, Sorgo, algodón y alfalfa, naranja y pastos.

Distrito de Riego 025 Bajo Río Bravo, se localiza al noreste de Tamaulipas y comprende parte de los municipios de Matamoros, Valle Hermoso, Río Bravo y Reynosa. Dicho D.R. aprovecha las aguas del río Bravo almacenadas en las presas internacionales La Amistad y Falcón, además de las presas derivadoras “Anzaldúas y Retamal”. Con una superficie regable de 248,001 ha y un volumen concesionado de 899,999.59 Mm<sup>3</sup>, siendo los cultivos principales sorgo, maíz grano, soya, algodón, sandía, hortalizas y pastos con un total de 399,611.8 ha. La operación del distrito se da de manera conjunta con la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA). La distribución de la superficie de riego de acuerdo a la tenencia de la tierra es la siguiente: el 45.3% es Ejidal y 54.7% de Pequeña Propiedad. De los Usuarios, el 29.1% son Ejidatarios y 70.9% Pequeños Propietarios.

Así mismo, las Unidades de Riego para el Desarrollo Rural (URDERALES). Son áreas agrícolas con infraestructura de riego donde sus sistemas de gestión son autónomos en su administración y operación, desde la captación, derivación, conducción, regulación y distribución de las aguas nacionales destinadas al riego agrícola. Esta Región Hidrológica (N°-24) cuenta con un alto grado de tecnificación en el riego en sus URDERALES (103). Los Municipios comprendidos en ésta zona son: Nuevo Laredo, Guerrero, Mier, Miguel Alemán, Camargo, Gustavo Díaz Ordaz, Reynosa, Río Bravo, Valle Hermoso y Matamoros, sumando un total de 6,889 ha, siendo sus cultivos principales sorgo, maíz, pastos y hortalizas principalmente.

#### 1.2.4. Distritos de Riego

El Organismo de Cuenca Río Bravo (VI) incluye la zona de estudio en donde se localizan principalmente los dos Distritos de Riego que aprovechan el agua del río Bravo para la producción agrícola; DR 025 Bajo Río Bravo y DR 026 Bajo Río San Juan ambos en Tamaulipas.

En las estadísticas agrícolas de Conagua, 2014, que incluye los datos del ciclo agrícola 2012-2013, los granos son el principal tipo de cultivo sembrado en los distritos de riego con una participación mayoritaria de cinco de los trece organismos productores de granos (contribución total del 82.7 por ciento de la superficie cosechada de granos): III, II, VIII, **VI**, y I, en donde el maíz, sorgo y trigo son los que concentran la mayor superficie en los cinco Organismos de cuenca, siendo el Organismo de Cuenca Río Bravo el número VI.

Los frutales se encuentran distribuidos en todos los organismos de cuenca, pero con participación mayor al 10 por ciento de la superficie cosechada en los organismos de cuenca II, III, IV, **VI** y VIII. Los cultivos textiles se cosecharon especialmente en los organismos de cuenca I, **VI** y VII.

En el ciclo agrícola 2012/2013 Tamaulipas cosecho una superficie aproximada de 350 mil ha de riego y cerca de 11 mil ha de temporal. La superficie sembrada y cosechada, así como el rendimiento, precio medio rural y valor de la cosecha por ciclo, modalidad y cultivo se presentan en la tabla 5 para el DR 025 y en la tabla 6 para el DR 026.

**Tabla 5. Distrito de Riego 025 Bajo Río Bravo**

CONCENTRADO DISTRITAL								
Superficie sembrada y cosechada, rendimiento, producción, precio medio rural y valor de la cosecha por ciclo, modalidad y cultivo.								
025 BAJO RÍO BRAVO, TAMPS.								
Ciclo	Modalidad	Cultivo	Superficie (Ha)		Rend. (Ton/Ha)	Producción (Ton)	P.M.R. (\$/Ton)	Valor de la cosecha (Miles \$)
			Sembrada	Cosechada				
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>198,024</b>	<b>197,880</b>	<b>4.68</b>	<b>926,033</b>	<b>3,434</b>	<b>3,179,717.77</b>
<b>Otoño-Invierno</b>			<b>6,070</b>	<b>6,069</b>	<b>5.82</b>	<b>35,340</b>	<b>3,654</b>	<b>129,140.25</b>
	Riego		<b>6,070</b>	<b>6,069</b>	<b>5.82</b>	<b>35,340</b>	<b>3,654</b>	<b>129,140.25</b>
		Maíz Grano	6,070	6,069	5.82	35,340	3,654	129,140.25
<b>Primavera-Verano</b>			<b>190,660</b>	<b>190,517</b>	<b>4.63</b>	<b>882,334</b>	<b>3,440</b>	<b>3,034,984.46</b>
	Riego		<b>185,208</b>	<b>185,185</b>	<b>4.66</b>	<b>862,543</b>	<b>3,441</b>	<b>2,967,947.14</b>
		Algodón	221	221	3.56	788	10,100	7,953.75
		Okra	861	861	7.85	6,758	4,058	27,423.78
		Otros Cultivos	16	16	10.41	167	3,276	545.88
		Sandía	10	10	12.48	130	2,500	325.10
		Sorgo Grano	183,929	183,906	4.62	849,495	3,425	2,909,831.97
		Zanahoria	171	171	30.50	5,206	4,200	21,866.67
	Temporal		<b>5,452</b>	<b>5,332</b>	<b>3.71</b>	<b>19,792</b>	<b>3,387</b>	<b>67,037.32</b>
		Otros Cultivos	7	7	4.68	34	9,579	322.80
		Sorgo Grano	5,445	5,325	3.71	19,758	3,377	66,714.52
<b>Perennes</b>			<b>1,294</b>	<b>1,294</b>	<b>6.46</b>	<b>8,359</b>	<b>1,865</b>	<b>15,593.06</b>
	Riego		<b>1,160</b>	<b>1,160</b>	<b>6.50</b>	<b>7,540</b>	<b>1,851</b>	<b>13,954.72</b>
		Búffel (Zacate) Verde	1,160	1,160	6.50	7,540	1,851	13,954.72
	Temporal		<b>134</b>	<b>134</b>	<b>6.10</b>	<b>819</b>	<b>2,000</b>	<b>1,638.34</b>
		Búffel (Zacate) Verde	134	134	6.10	819	2,000	1,638.34

**Tabla 6. Distrito de Riego 026 Bajo Río San Juan, Tamaulipas**

CONCENTRADO DISTRITAL								
Superficie sembrada y cosechada, rendimiento, producción, precio medio rural y valor de la cosecha por ciclo, modalidad y cultivo.								
026 BAJO RÍO SAN JUAN, TAMPS.								
Ciclo	Modalidad	Cultivo	Superficie (Ha)		Rend. (Ton/Ha)	Producción (Ton)	P.M.R. (\$/Ton)	Valor de la cosecha (Miles \$)
			Sembrada	Cosechada				
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>71,010</b>	<b>70,311</b>	<b>5.66</b>	<b>398,216</b>	<b>3,566</b>	<b>1,420,017.83</b>
<b>Primavera-Verano</b>			<b>70,365</b>	<b>69,666</b>	<b>5.67</b>	<b>395,245</b>	<b>3,576</b>	<b>1,413,339.65</b>
	Riego		<b>68,658</b>	<b>68,644</b>	<b>5.72</b>	<b>392,616</b>	<b>3,569</b>	<b>1,401,175.29</b>
		Algodón	671	671	1.92	1,285	10,002	12,854.53
		Maíz Grano	30,143	30,130	6.72	202,475	3,587	726,246.06
		Maíz Palomero	494	494	6.91	3,416	6,693	22,865.26
		Sorgo Grano	37,350	37,350	4.96	185,439	3,447	639,209.44
	Temporal		<b>1,707</b>	<b>1,022</b>	<b>2.57</b>	<b>2,629</b>	<b>4,627</b>	<b>12,164.36</b>
		Algodón	110	106	1.05	111	10,000	1,106.27
		Maíz Palomero	244	244	2.08	507	8,137	4,124.08
		Sorgo Grano	1,353	672	2.99	2,012	3,447	6,934.00
<b>Perennes</b>			<b>645</b>	<b>645</b>	<b>4.61</b>	<b>2,972</b>	<b>2,247</b>	<b>6,678.18</b>
	Riego		<b>359</b>	<b>359</b>	<b>6.76</b>	<b>2,424</b>	<b>2,280</b>	<b>5,526.79</b>
		Bermuda (Zacate) Verde	359	359	6.76	2,424	2,280	5,526.79
	Temporal		<b>287</b>	<b>287</b>	<b>1.91</b>	<b>548</b>	<b>2,103</b>	<b>1,151.39</b>
		Bermuda (Zacate) Verde	287	287	1.91	548	2,103	1,151.39

La mayor superficie física regada en los distritos de riego se concentró en cinco entidades federativas (Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Michoacán de Ocampo y Baja California) con el 71.8 por ciento de la superficie física total.

Los principales cultivo sembrados para el ciclo agrícola 2012-2013 en los Distritos de Riego 025 y 026, se presentan de la tabla 7 a la 16.

**Tabla 7. Algodón**

ALGODÓN	superficie (Ha)		Rendimiento	Producción	Precio medio rural	Valor de la
	Sembrada	Cosechada	(Ton/Ha)	(Ton)	P.M.R (\$/ton)	Cosecha (Miles \$)
025 Bajo Río Bravo Tamaulipas	221	221	3.56	788	10 100	7 953.75
026 Bajo río San Juan Tamaulipas	781	776	1.8	1 396	10 002	13 960.80

**Tabla 8. Bermuda (Zacate) Verde**

BERMUDA (ZACATE) VERDE	superficie (Ha)		Rendimiento	Producción	Precio medio rural	Valor de la
	sembrada	cosechada	(Ton/Ha)	(Ton)	P.M.R (\$/ton)	Cosecha (Miles \$)
026 Bajo río San Juan Tamaulipas	645	645	4.61	2 972	2 247	6 678.18

**Tabla 9. Búffel (Zacate) Verde**

BÚFFEL (ZACATE) VERDE	superficie (Ha)		Rendimiento	Producción	Precio medio rural	Valor de la
	sembrada	cosechada	(Ton/Ha)	(Ton)	P.M.R (\$/ton)	Cosecha (Miles \$)
025 Bajo Río Bravo Tamaulipas	1 294	1 294	6.46	8 359	1 865	15 593.06

**Tabla 10. Maíz grano**

MAÍZ GRANO	superficie (Ha)		Rendimiento	Producción	Precio medio rural	Valor de la
	sembrada	cosechada	(Ton/Ha)	(Ton)	P.M.R (\$/ton)	Cosecha (Miles \$)
025 Bajo Río Bravo Tamaulipas	6 070	6 069	5.82	35 340	3 654	129 140.25
026 Bajo río San Juan Tamaulipas	30 143	30 130	6.72	202 475	3 587	726 246.06

**Tabla 11. Maíz palomero**

MAÍZ PALOMERO	superficie (Ha)		Rendimiento	Producción	Precio medio rural	Valor de la
	sembrada	cosechada	(Ton/Ha)	(Ton)	P.M.R (\$/ton)	Cosecha (Miles \$)
026 Bajo río San Juan Tamaulipas	738	738	5.32	3 923	6 879	26 989.34

**Tabla 12. Okra**

OKRA	superficie (Ha)		Rendimiento	Producción	Precio medio rural	Valor de la
	sembrada	cosechada	(Ton/Ha)	(Ton)	P.M.R (\$/ton)	Cosecha (Miles \$)
025 Bajo Río Bravo Tamaulipas	861	861	7.85	6 758	4 058	27 423.78

**Tabla 13. Otros cultivos**

OTROS CULTIVOS	superficie (Ha)		Rendimiento	Producción	Precio medio rural	Valor de la
	sembrada	cosechada	(Ton/Ha)	(Ton)	P.M.R (\$/ton)	Cosecha (Miles \$)
025 Bajo Río Bravo Tamaulipas	23	23	8.63	200	4 336	868.68

**Tabla 14. Sandía**

SANDIA	superficie (Ha)		Rendimiento	Producción	Precio medio rural	Valor de la
	sembrada	cosechada	(Ton/Ha)	(Ton)	P.M.R (\$/ton)	Cosecha (Miles \$)
025 Bajo Río Bravo Tamaulipas	10	10	12.48	130	2 500	325.1

**Tabla 15. Sorgo grano**

SORGO GRANO	superficie (Ha)		Rendimiento	Producción	Precio medio rural	Valor de la
	sembrada	cosechada	(Ton/Ha)	(Ton)	P.M.R (\$/ton)	Cosecha (Miles \$)
025 Bajo Río Bravo Tamaulipas	189 374	189 230	4.59	869 252	3 424	2 976 546.49
026 Bajo río San Juan Tamaulipas	38 703	38 022	4.93	187 451	3 447	646 143.44

**Tabla 16. Zanahoria**

ZANAHORIA	superficie (Ha)		Rendimiento	Producción	Precio medio rural	Valor de la
	sembrada	cosechada	(Ton/Ha)	(Ton)	P.M.R (\$/ton)	Cosecha (Miles \$)
025 Bajo Río Bravo Tamaulipas	171	171	30.5	5 206	4 200	21 866.67

### 1.2.5. Industria

El Producto Interno Bruto (PIB) de Tamaulipas en 2013 fue del 3.0%, con respecto al total nacional (97.0%) y en comparación con el año anterior tuvo un incremento del 0.2%. Para el tercer trimestre de 2014, el Estado registró un incremento en su índice de actividad económica de 6.9% con respecto al mismo periodo del año anterior. Según datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE, 2013), esta Tamaulipas cuenta con 123,797 Unidades Económicas, lo que representa el 2.8% del total en nuestro país. Al cuarto trimestre de 2014, la Población Económicamente Activa (PEA) ascendió a 1,537,566 personas, lo que representó el 60.5% de la población en edad de trabajar. Del total de la PEA, el 95.2% está ocupada y el 4.8% desocupada.

Las actividades primarias están relacionadas con la agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza. Las actividades secundarias corresponden a los sectores dedicados a la industria de la minería, manufacturas, construcción y electricidad. Finalmente, las actividades terciarias conciernen al comercio, transportes, correos y almacenamiento, entre otras.

Los sectores estratégicos son: productos químicos y petroquímicos, automotriz, electrodomésticos, maquinaria y equipo. Mientras que a futuro se espera que sean: servicios de investigación, turístico, agroindustrial, equipo médico, tecnologías de la información, energías renovables, logístico, equipo y servicio aeroespacial.

La infraestructura del estado cuenta con 45 parques industriales. De acuerdo con el anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2013, Tamaulipas contaba en 2012 con una longitud carretera de 13,986 km y 936.7 km de vías férreas. Adicionalmente, cuenta con un total de cuatro puertos, tres de ellos cuya actividad preponderante es la comercial y uno es pesquero, también cuenta con cinco aeropuertos internacionales.

Según el informe Doing Business 2014, publicado por el Banco Mundial (BM) y la Corporación Financiera Internacional (CFI), que clasifica a las economías por su facilidad para hacer negocios, la ciudad de Matamoros, Tamaulipas ocupa el 19° lugar de las ciudades analizadas en México, a diferencia del informe anterior donde ocupó el 22°. Asimismo, Tamaulipas ocupa el 6° lugar respecto al manejo de permisos de construcción, el 28° en registro de propiedades, y el 23° en cumplimiento de contratos.

Según cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la Secretaría de Economía (SE), durante 2013 Tamaulipas ocupó el 6° lugar por el valor de sus exportaciones, que alcanzaron un monto de 22,943.7 mdd, lo que representó el 7.0% a nivel nacional. Su principal actividad fue la industria manufacturera con un valor en sus exportaciones de 22,516.5 mdd. El subsector con mayor participación fue la fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos, representó el 30.9%. Considerando las actividades agropecuarias y pesqueras, la entidad también exportó ganado bovino, camarón, cítricos, cebolla, chile, productos a base de sábila. De enero a diciembre de 2014, la entidad atrajo una Inversión Extranjera Directa (IED) de 511 Millones de dólares (mdd), lo que representó el 2.3% del total nacional. Con respecto a las remesas, alcanzó un total de 832 mdd durante el periodo enero-diciembre de 2014, lo que significó un crecimiento del 28.5% respecto al mismo periodo del año anterior, ocupando el 10° lugar en el país, ya que concentró el 3.5% del total nacional.

### 1.2.6. Minería

Se observa que mientras el territorio estatal en 2000 contaba con 2.51% de su superficie en concesiones mineras tituladas, éste bajó a 2.0% en el 2010, debido en gran medida a que las compañías mineras nacionales y extranjeras, se dieron a la tarea de explorar con mayor detalle las concesiones mineras, reduciendo superficie e incrementando los títulos de explotación. Los títulos de concesión minera expedidos en el año 2010 correspondieron a 16 títulos distribuidos en 6 en San Carlos, 5 en Guerrero, 4 en Nuevo Laredo y 1 en Bustamante.

Tamaulipas en el 2010, tuvo una producción de 259,000 ton de arena; 83,993 ton de azufre; 95,200 ton de bentonita; 12,500 ton de caliza; 1'109,700 ton de grava; 5,200 ton de sal, 14,537.50 ton de rocas y 9,200 ton de cantera, la entidad cuenta con regiones mineras entre las que se pueden mencionar Miquihuana ( Ag, Pb, Zn ), Sierra de Tamaulipas ( tierras raras, Au, Cu), Jiménez (Au, Cu), San Carlos – Cruillas (Ag, Pb, Zn) y Llera (Pb, Zn, barita); las regiones mineras para los minerales no metálicos son El Cañón del Novillo (serpentina) y la cuenca terciaria del Golfo (arena sílica); los principales yacimientos de minerales no metálicos que se encuentran en explotación se ubican en los municipios de El Mante, Victoria y Cruillas. Dentro del estado existen plantas de beneficio para minerales no metálicos, los cuales se localizan en los municipios de El Mante (trituradoras y beneficiadoras de cal), Ciudad Victoria (trituradoras), Altamira (procesadoras de sal), Matamoros (procesadoras de sal y flúor), Laredo (mármoles) y Reynosa (procesos químicos).

Con respecto al Servicio Geológico Mexicano, con el fin de crear la infraestructura básica en la exploración minera y la investigación tecnológica que apoye al sector minero, se ha cubierto el 100 % de la superficie territorial del estado que es de 78,380.03 km<sup>2</sup>, se retomaron los convenios con los municipios para realizar inventarios mineros por carta a escala 1: 50,000.

### 1.2.7. Áreas protegidas naturales

El estado de Tamaulipas cuenta con cinco áreas naturales protegidas decretadas con una cobertura aproximada de 215,330 ha, cuyas características particulares son las de una transición de ecosistemas semidesérticos a tropicales y de tropicales a templados que contienen una gran diversidad de especies animales y vegetales propias de cada ecosistema, además de asegurar el hábitat reproductivo de fauna cinegética. La única zona protegida en la zona de estudio, junto al río Bravo, es el parque urbano Laguna Escondida con 320 ha, ubicado en el municipio de Reynosa, cuyo decreto fue el 31 de mayo de 1997 ubicado 23° 40'00" de latitud norte y 98° 18' 00" de Longitud oeste.

### 1.2.8. Infraestructura

#### *Plantas Potabilizadoras*

El estado de Tamaulipas cuenta con 53 plantas potabilizadoras con un caudal potabilizado de 11 892.0 l/s; de las 53 plantas 28 son de clarificación convencional con un caudal de 10 481.0 l/s; 14 de clarificación de patente con (175.0 l/s); 9 filtración directa con caudal de 1 225.0 l/s, y dos de osmosis inversa (11.0 l/s). En la tabla 17 se presentan para cada uno de los municipios que conforman la zona de estudio las plantas potabilizadoras existentes.

**Figura 12. Plantas Potabilizadoras en la zona de estudio. Fuente: Conagua, 2013**

MUNICIPIO	LOCALIDAD	NOMBRE DE LA PLANTA	PROCESO	CAPACIDAD INSTALADA (l/s)	CAUDAL POTABILIZADO (l/s)	OBSERVACIONES
Mier	Mier	Mier	Clarificación convencional	30.0	25.0	Obra de toma del río Bravo
Miguel Alemán	Ciudad Miguel Alemán	Miguel Alemán	Clarificación convencional	170.0	100.0	Su toma esta en el río Bravo. Inició operación en 2004
Miguel Alemán	Los Guerra	Los Guerra	Clarificación convencional	100.0	50.0	Obra de toma en el río Bravo. Inició operación en 2001
Camargo	Ciudad Camargo	Cd. Camargo	Clarificación convencional	40.0	36.0	La capacidad de la obra de toma en el río Bravo es de 80 l/s.
Gustavo Díaz Ordaz	Ciudad Gustavo Díaz Ordaz	Díaz Ordaz	Clarificación convencional	120.0	106.0	Obra de toma en el río Bravo. Se construyó en 2005-2006
Guerrero	Nueva Ciudad Guerrero	Guerrero	Clarificación convencional	25.0	20.0	Obra de toma en la Presa Falcón
Reynosa	Reynosa	Loma Linda, planta #1	Clarificación convencional	1 750.0	1 600.0	Obra de toma en el río Bravo
Reynosa	Reynosa	Planta # 3	Clarificación convencional	750.0	500.0	Se amplió módulo de 250 lps en 2003
Reynosa	Reynosa	Rancho Grande	Clarificación de patente	50.0	50.0	Inició operación en 2002
Río Bravo	Buenavista (Charco Azul)	Buenavista	Clarificación de patente	1.0	1.0	Fuente subterránea
Río Bravo	Cándido Aguilar	Plan del Alazán	Clarificación de patente	20.0	20.0	Está considerado en el proyecto del Acueducto Rural – río Bravo
Río Bravo	Ciudad Río Bravo	Río Bravo	Clarificación convencional	600.0	360.0	Se inauguró ampliación en 2006
Río Bravo	Ciudad Río Bravo	Sta. Apolonia	Filtración directa	20.0	20.0	
Río Bravo	Emilio Portes Gil	Portes Gil	Clarificación de patente	5.0	5.0	Está considerado en el proyecto del Acueducto río Bravo - Rural
Río Bravo	Independencia	Nueva Independencia	Clarificación de patente	1.0	1.0	Fuente canal de riego



MUNICIPIO	LOCALIDAD	NOMBRE DE LA PLANTA	PROCESO	CAPACIDAD INSTALADA (l/s)	CAUDAL POTABILIZADO (l/s)	OBSERVACIONES
Río Bravo	La Posta	La Posta	Osmosis inversa	1.0	1.0	Fuente subterránea
Matamoros	El Control	Control	Clarificación de patente	25.0	15.0	Toma agua de un canal de riego, tiene la alternativa de recibir agua potable del sistema múltiple Río Bravo - Rancho Viejo - Valle Hermoso
Matamoros	Heroica Matamoros	Potabilizadora I	Clarificación convencional	1 200.0	630.0	Obra de toma en el Río Bravo. Se rehabilitó en el 2007.
Matamoros	Heroica Matamoros	Potabilizadora II	Clarificación convencional	1 400	1 010	
Matamoros	Heroica Matamoros	Potabilizadora paquete I	Clarificación convencional	100.0	60.0	
Matamoros	Rancho Viejo	Rancho Viejo	Clarificación convencional	250.0	180.0	Abastece al sistema regional Valle Hermoso – Rancho Viejo - Valle Hermoso
Total de Plantas en Zona de Estudio			21	6 658	4 790	
Total de Plantas en el Estado			53	15 088.0	11 892.0	

### ***Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales***

En el Estado de Tamaulipas existen 44 plantas de tratamiento de aguas residuales con capacidad instalada de 7 797.8 l/s y un caudal tratado de 5 692.1 l/s. Del total de plantas existen dos tienen proceso biológico y el gasto de operación es de 22 l/s; un humedal con 5.0 l/s; 24 lagunas de estabilización con 1 957.6 l/s; 15 plantas de lodos activados con un gasto total de operación de 3 675.5 l/s y dos primarios o de sedimentación con un gasto de operación de 32 l/s. (Conagua, 2013). En la tabla 18 se presentan las plantas de tratamiento localizadas en la zona de estudio.

**Tabla 178. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la zona de estudio.**

MUNICIPIO	LOCALIDAD	NOMBRE DE LA PLANTA	PROCESO	CAPACIDAD INSTALADA (L/S)	CAUDAL TRATADO (L/S)	CUERPO RECEPTOR O REUSO	OBSERVACIONES
Mier	Mier	Zona Este	Lagunas de estabilización	20.0	10.0	Arroyo Salado	
Miguel Alemán	Ciudad Miguel Alemán	Miguel Alemán	Lagunas de estabilización	75.0	37.0	Dren Los Guardados	Inició operación en 2009

MUNICIPIO	LOCALIDAD	NOMBRE DE LA PLANTA	PROCESO	CAPACIDAD INSTALADA (L/S)	CAUDAL TRATADO (L/S)	CUERPO RECEPTOR O REUSO	OBSERVACIONES
Miguel Alemán	Los Ángeles	Los Ángeles	Biológico	5.0	2.0	Dren los Guardados	
Camargo	Ciudad Camargo	Camargo	Lagunas de estabilización	30.0	20.0	Río San Juan	Funciona como laguna de sedimentación sin descarga. En gestión la Certificación del Proy. Integral de Alc. y Sanear. por la Cocef para poder acceder a recursos de la EPA para una nueva planta.
Camargo	Los Comales	Comales	Lagunas de estabilización	5.0	5.0	Arroyo s/n	Requiere ampliación
Gustavo Díaz Ordaz	Ciudad Gustavo Díaz Ordaz	Gustavo Díaz Ordaz	Lagunas de estabilización	21.0	10.0	Infiltración al subsuelo	Funciona como laguna de sedimentación sin descarga. En gestión la Certificación del Proy. Integral de Alc. y Sanear. Por la Cocef para poder acceder a recursos de la EPA para una nueva planta.
Reynosa	Reynosa	Reynosa I	Lodos ctivados	1 000.0	942.0	Sin información	
Reynosa	Reynosa	Reynosa II	Lodos activados	250.0	162.0	Dren Santa Anita/ mantener reserva en laguna La Escondida	
Río Bravo	Nuevo Progreso	Nvo. Progreso	Lagunas de estabilización	16.0	12.0	Infiltración al subsuelo	En proceso la interconexion de los carcamos de bombeo con la nueva planta de Río Bravo-Nuevo Progreso, una

MUNICIPIO	LOCALIDAD	NOMBRE DE LA PLANTA	PROCESO	CAPACIDAD INSTALADA (L/S)	CAUDAL TRATADO (L/S)	CUERPO RECEPTOR O REUSO	OBSERVACIONES
							vez concluida la interconexion, esta planta sera dada de baja.
Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo- Nuevo Progreso	Lagunas de estabilización	240.0	135.0	Dren Río Bravo	Inició operación en 2013
Matamoros	Heroica Matamoros	Oriente	Lagunas de estabilización	435.0	310.0	Arroyo la Pita	

### **Presas**

La Presa Internacional Falcón se localiza sobre el Río Bravo en Nueva Ciudad Guerrero, Tamaulipas – Falcón Heights, Texas, fue construida de conformidad con el Tratado de Aguas de 1944, para el almacenamiento de agua para usuarios aguas abajo del Río Bravo. Adicionalmente, juega un papel importante para el control de avenidas y la generación de energía eléctrica para ambos países.

La Presa Anzaldúas se localiza cerca de Reynosa, Tamaulipas – McAllen, Texas, es una presa de derivación operada por la Comisión para el desvío de agua del Río Bravo al canal de irrigación en México y para la desviación de avenidas hacia el cauce de alivio al interior de Estados Unidos.

La Presa Retamal se localiza a 61 kilómetros (38 millas) de distancia aguas abajo de la Presa Anzaldúas cerca de Río Bravo, Tamaulipas–Donna, Texas, y fue construida específicamente para los propósitos de control de avenidas. La presa está diseñada para desviar los flujos de avenida hacia el cauce de alivio al interior de México y disminuir los flujos hacia aguas abajo en Matamoros, Tamaulipas - Brownsville, Texas.

### **Drenes**

El Dren El Morillo es un proyecto binacional de la CILA para mejorar la calidad del agua, diseñado con el propósito de controlar la salinidad. Con una extensión de 121 Kilómetros (75 millas) pasando a través del estado de Tamaulipas, el Dren desvía los retornos agrícolas salinos hacia el Golfo de México, previniendo la degradación de la calidad del agua del Río Bravo.

## CAPÍTULO 2 . METODOLOGÍA

A partir del análisis de la información de estudios antecedente se planteó un esquema unifilar del cauce principal del río Bravo con la ubicación de los sitios de muestreo abarcando la zona de estudio desde aguas abajo de la presa Internacional Falcón hasta la desembocadura al Golfo de México (ver ANEXO ESQUEMA UNIFILAR), así como la información de las descargas registradas en la Conagua.

Se realizaron dos recorridos de campo en los diversos municipios de la cuenca Baja del Río Bravo en compañía de personal de la Comisión Internacional de Límites y Agua de Reynosa, Conagua Gerencia de Calidad del Agua, Conagua del Organismos de Cuenca Río Bravo, Comisión Estatal de Agua de Tamaulipas para hacer un reconocimiento de la región a fin de poder localizar y ubicar los sitios de muestreo, tanto de afluentes, descargas de aguas residuales como en el cauce principal del río.

Para ello, se llevaron a cabo recorridos de campo en la zona de estudio de la cuenca Baja del Río Bravo, a fin de comprender como se encuentran conectadas las corrientes, los drenes e incluso canales de riego y como son aportadas al cauce principal. Con todo ello se efectuó un levantamiento con registros fotográficos y posicionamiento geográfico que permitieran la generación de criterios de selección de los sitios de trabaja y una base técnica de la selección de los sitios y que se encuentra en el ANEXO FOTOGRAFICO RECORRIDO PROSPECTIVO.

Con esta información, se acotó la red de sitios de muestreo que formó parte de esta investigación. En los orígenes del proyecto se tenían comprometidos un total de 40 sitios, repartidos en 13 sitios en el cauce principal del Río Bravo, 7 sitios en afluentes y derivaciones y 20 sitios distribuidos en descargas de aguas residuales municipales y no municipales, que descargan directa e indirectamente al río Bravo seleccionadas en el tramo de estudio.

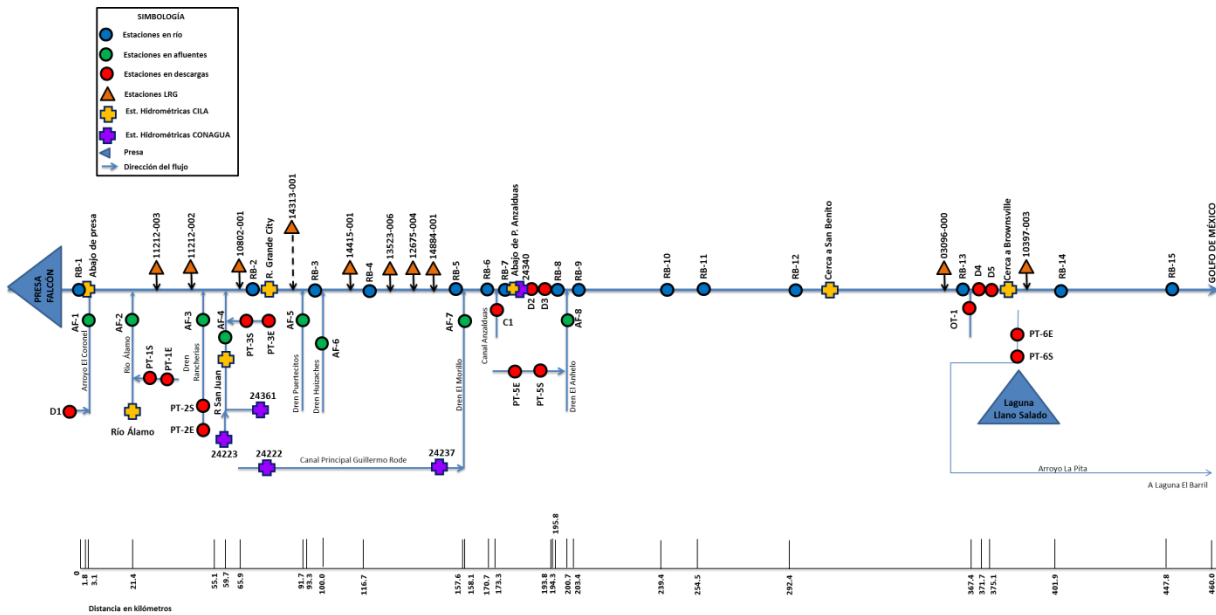
Una vez realizado el análisis de la información y de los recorridos de campo quedaron ubicados los sitios de monitoreo y las claves que se presentan en la tabla 18.

**Tabla 18. Sitios de muestreo en la cuenca Baja del Río Bravo.**

CLAVE	SITIO	LATITUD	LONGITUD
AF1	Arroyo El Coronel, 300 m antes de la descarga al río Bravo.	26.5546406	-99.1725453
AF2	Río Alamo, 200 m antes de la confluencia con el río Bravo	26.4254556	-99.1136167
AF3	Dren Rancherías, cruce con la carretera ribereña	26.3505520	-98.9084880
AF4	Río San Juan, en Fresnos	26.353003	-98.853102
AF5	Dren Puertecitos, en la EH CILA	26.284389	-98.744953
AF6	Dren Huizaches, en su cruce con carretera ribereña	26.229454	-98.662068
AF7	Dren El Morillo, antes del vertedor, en la planta de bombeo El Morillo	26.153044	-98.384286
AF8	Dren El Anheló, 300 m antes de la confluencia con el río bravo	26.07503056	-98.22995473
RB-1	Río Bravo, aguas abajo del arroyo El Coronel	26.541924	-99.171477
RB-2	Río Bravo, aguas arriba del puente Camargo-Río Grande City	26.36699	-98.80808
RB-3	Río Bravo, ejido San Francisco, después de la descarga del dren Puertecitos	26.266747	-98.704153
RB-4	Río Bravo, en la hidrométrica. 170 m abajo del chalan. Díaz Ordaz	26.239275	-98.565363
RB-5	Río Bravo, Rancho EL Sinahi, 300 m antes de la confluencia con el Dren Morillo	26.157821	-98.387315
RB-6	Río Bravo, La playita. 1 km antes de la presa Anzalduas. Punto final de la zona 1	26.143787	-98.33191
RB-7	Río Bravo, después de la presa Anzalduas, en la EH CILA Reynosa, 800 m después de la presa Anzalduas	26.131428	-98.331375
RB-8	Río Bravo aguas abajo del puente internacional Reynosa – Hidalgo	26.087485	-98.265897
RB-9	Río Bravo debajo del puente Internacional Reynosa - Pharr	26.066408	-98.20509
RB-10	Presa El Retamal	26.0508	-98.034351
RB-11	Río Bravo, aguas arriba del puente Internacional Nuevo Progreso-Progreso.	26.062028	-97.950588
RB-12	Río Bravo, aguas arriba de la obra de toma de Rancho Viejo	26.036934	-97.763182
RB-13	Río Bravo, 200 m antes de la obra de toma de planta potabilizadora de Matamoros	25.886086	-97.519309
RB-14	Río Bravo, aguas abajo de ciudad industrial	25.836977	-97.394518
RB-15	Río Bravo, ejido La Burríta	25.95892167	-97.22749591
D1	Nuevo Guerrero, (Tanque Imoff) llega arroyo El Coronel	26.5556	-99.2224
PT-1E	Planta Tratamiento Ciudad Mier (Entrada)	26.410065	-99.137181
PT-1S	Planta Tratamiento Ciudad Mier (Salida) Llega a río Alamo		
PT-2E	Planta Tratamiento Miguel Aleman (Entrada)	26.384855	-99.01209
PT-2S	Planta Tratamiento Miguel Aleman (Salida) llega a dren al río Bravo		
PT-3E	Planta Tratamiento Camargo (Entrada)	26.31548	-98.83696
PT-3S	Planta Tratamiento Camargo (Salida) llega a río San Juan		
D2	Descarga de Reynosa Aguas arriba del puente internacional Reynosa – Hidalgo	26.098281	-98.278877
D3	Descarga de Reynosa Aguas arriba del puente internacional Reynosa – Hidalgo	26.096189	-98.274746
PT-4E	Planta Tratamiento Reynosa 1 (Entrada)	26.068301	-98.254492
PT-4S	Planta Tratamiento Reynosa 1 (Salida) llega a dren	26.066601	-98.25231
PT-5E	Planta Tratamiento Reynosa 2 (Entrada)		
PT-5S	Planta Tratamiento Reynosa 2 (Salida) llega a canal Rohde		
D4	Descarga de Matamoros, calle Ignacio Ramírez y Tamaulipas	25.884847	-97.49790597
D5	Descarga de fraccionamiento Las Palmas	25.8800232	-97.48110507
PT-6E	Planta Tratamiento Este (Matamoros) (Entrada)	25.809304	-97.427457
PT-6S	Planta Tratamiento Este (Matamoros) (Salida) llega a arroyo La Pita - sistema lagunar		
C1	Canal Anzalduas	26.137061	-98.337247
OT-1	Obra de Toma Pta. Potab. de Matamoros	25.886175	-97.518763

Los sitios seleccionados para realizar las cuatro campañas de muestreo son 8 afluentes, 15 en el cauce principal del río, 5 descargas de aguas residuales y 5 pantas de tratamiento de aguas residuales (influyente y efluente).

La selección de los sitios de colecta adecuados para el logro de los objetivos de ésta investigación puede observarse en la figura 13 del esquema unifilar.



**Figura 13. Esquema unifilar con los sitios de monitoreo del Bajo Río Bravo.**

Una vez definidos los sitios para cada una de las campañas de monitoreo se realizó un Programa general de actividades, métodos de análisis y sistema de calidad que se entregó a la Conagua para su revisión antes de cada campaña (Anexo Control de Calidad).

## 2.1. ÁREA DE ESTUDIO

El Bajo Río Grande / Río Bravo se extiende en un tramo de aproximadamente 452.88 km (281 millas) desde la Presa Internacional Falcón hasta la desembocadura en el Golfo de México. Cuatro grandes afluentes contribuyen al flujo del río, uno de los EE.UU. (Arroyo Los Olmos) y tres de México (Río San Juan, Río Álamo, y Arroyo El Coronel). Otros numerosos afluentes no perennes también contribuyen al flujo. Esta porción del río forma la frontera norte de 8 municipios en el estado mexicano de Tamaulipas y la frontera sur de 3 condados del Estado de Texas. El río pasa a través de dos grandes áreas urbanas (ciudades hermanas) que se sitúan en el río, incluyendo Reynosa / Hidalgo y Matamoros / Brownsville y varias ciudades hermanas de tamaño mediano con una población de 10 000 – 50 000, incluyendo Nuevo Progreso / Progreso, Río Grande City / Camargo y Roma / Miguel Alemán.

Para llevar a cabo los objetivos propuestos se llevaron a cabo 4 campañas de muestreo y aforo en 40 sitios distribuidos en el río Bravo, sus afluentes y fuentes puntuales de contaminación como muestra la tabla 19.

**Tabla 19. Número de sitios propuestos en el Río Bravo**

DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE SITIOS
Río Bravo	15
Afluentes y derivaciones (margen derecha, correspondiente a México)	7
Descargas de aguas residuales, municipales y no municipales, que descargan directa e indirectamente al río Bravo (margen derecha, correspondiente a México)	18

Las campañas de monitoreo se realizarán en la época crítica de contaminación (tres en temporada de estiaje para fuentes puntuales y una de inicio de época de lluvias). Esta información permitirá elaborar el diagnóstico actual y la modelación matemática de calidad del agua para determinar la capacidad de asimilación y dilución de contaminantes.

Por cuestiones de inseguridad en la zona de estudio la primera campaña de muestreo se recalendario y realizó en mes de marzo de 2015, la segunda y tercera campaña en agosto y noviembre del mismo año y la cuarta campaña en abril de 2016.

El laboratorio del IMTA sigue los procesos definidos en su sistema de gestión de calidad.

*- Acreditación y Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio de Calidad del Agua del IMTA*

La certificación es el procedimiento por el cual se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas o lineamientos o recomendaciones de organismos nacionales o Internacionales.

Para poder garantizar tanto la confiabilidad de los procedimientos de pruebas ejecutados como de los resultados obtenidos, es necesario contar con el reconocimiento, por parte de un organismo pertinente, de la capacidad técnica y administrativa del personal del laboratorio para el desarrollo de las pruebas, en las cuales se declara apto. Este reconocimiento se denomina Acreditación. Aunque en México han sido distintos los organismos responsables de otorgar este reconocimiento, actualmente es emitido por la Entidad Mexicana de Acreditación a. c. (EMA).

La EMA cuenta con la aprobación de las dependencias gubernamentales para otorgar tal reconocimiento de aptitudes a un laboratorio. Lo anterior, tiene como finalidad garantizar tanto la confiabilidad de los procedimientos de pruebas ejecutados, como los resultados obtenidos, por parte de todos los laboratorios de la misma rama.

Las ventajas de obtener la acreditación de un laboratorio son, entre otras:

- Proporciona los medios para demostrar la confiabilidad técnica de un laboratorio para ejecutar algún determinado tipo de pruebas, mediciones y calibraciones, en las cuales se ha declarado competente.
- Permite encontrar una comprobación confiable a las personas que requieren una prueba, material o instrumento.

- Permite que un laboratorio demuestre que ejecuta su trabajo correctamente, de acuerdo a un procedimiento normalizado.
- Permite a las organizaciones usar la Acreditación de sus laboratorios para asegurar la calidad de sus productos.
- Adquiere el reconocimiento formal de otros laboratorios competentes.

La Acreditación de laboratorios de prueba se basa en la evaluación de la conformidad de un Sistema de Gestión de Calidad que cumpla con los requisitos administrativos y técnicos establecidos en una norma de calidad de referencia. Los requisitos para la acreditación que debe cumplir un laboratorio de pruebas o de calibración, han sido modificados continuamente, adaptándolos secuencialmente a la normativa internacional. Los criterios empleados en la evaluación de la conformidad de estos requisitos, se establecen en la norma mexicana NMX-EC-17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”, emitida por el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación (IMNC). Esta norma tiene su fundamento en la guía ISO/IEC 17025:2005. La adopción de esta norma ha ayudado a los países a establecer un sistema uniforme para determinar la competencia técnica de los laboratorios. Además, ha permitido que países con sistemas de evaluación similares, puedan establecer Acuerdos de Reconocimiento Mutuo entre ellos. Estos acuerdos son cruciales para la aceptación de datos de pruebas entre los países pertenecientes al sistema.

El número de acreditamiento del laboratorio de calidad del agua del IMTA es: No. AG-177-032/09 (Anexo en Control de Calidad).

## 2.2. MUESTREO Y MANEJO DE MUESTRAS

El muestreo incluye la forma de registro de los datos relevantes, incluyendo el tipo de muestreo, la identificación de la persona que lo realiza, las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo y el croquis del lugar de muestreo o coordenadas geográficas que indique el lugar donde se tomaron las muestras.

La forma de mantener la integridad de las muestras es descrita en un procedimiento en el cual se describen los procesos de transportación, recepción, manejo, protección, almacenaje y disposición de los elementos sometidos a prueba.

Existe un sistema de identificación de las muestras seleccionadas, cuyas características permiten garantizar que las muestras no se confundan físicamente y que puedan ser rastreadas cuando se revisen los registros del laboratorio.

## 2.3. OBJETIVO

El objetivo del presente documento es presentar la ruta metodológica a la que se apegarán las campañas de muestreo y análisis asociadas a este estudio.

## 2.4. RUTA METODOLÓGICA

A excepción de los indicadores biológicos y los plaguicidas clorados y fosforados, el laboratorio de Calidad del Agua del IMTA realizó el análisis y determinación de los parámetros citados en la **Referencia**, tabla 20.



**Tabla 20. Parámetros de campo y laboratorio a analizar durante el estudio**

PARÁMETROS DE CAMPO	PARÁMETROS ANALIZADOS EN LABORATORIO
pH	Alcalinidad total
Temperatura del agua	Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días (total y disuelta)
Temperatura ambiente	Demanda química de oxígeno (total y disuelta)
Conductividad eléctrica	Carbón orgánico total, disuelto y suspendido
Oxígeno disuelto	Cianuros totales
Cloro residual	Sólidos totales, sedimentables, suspendidos totales y disueltos totales
Turbiedad	Nitrógeno en todas sus formas (amoniacal, orgánico, NTK, nitratos, nitritos y total)
Materia flotante	Fósforo total, orgánico, inorgánico disuelto y orto-fosfatos
Caudal	Grasas y aceites
	Dureza total
	Color verdadero
	Cloruros
	Sulfatos
	Sulfuros
	Fluoruros
	Sustancias activas al azul de metileno
	Coliformes fecales y Escherichia. coli
	Metales totales: Arsénico, boro, cadmio, cobre, cromo, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, zinc
	Relación de adsorción de sodio (RAS-calcio, magnesio y sodio)
	Fenoles totales
	Toxicidad (Vibrio fischeri)
	<i>*Plaguicidas clorados</i> (metoxicloro, toxafeno, delta bhc, endrin aldehído, endosulfan sulfato, alacloro, Atrazina, cyanazina, deltametrina, metolaclor, mirex, simazina, trifluralin, terbutilazina, pendimetalina)
	<i>*Plaguicidas fosforados</i> (bolstar, coumafos, imetoato, epn, etoprop, fensulfotion, fention, forato, merfos, metilazinfos, mevinfos, paration, ronnel, sulfotep, tokution, tricloronato, bromacil, diclorvos, metribuzin, triclorfon, trialato, molinato, terbufos, piriproxifen, clorpirifos, fenitrotion).
	Compuestos orgánicos
	<b>**Indicadores biológicos</b> macroinvertebrados bentónicos

\* Los análisis de plaguicidas clorados y fosforados se realizaron por un laboratorio externo. \*\*La Identificación de Indicadores Biológicos será realizada por la Universidad Autónoma de Nuevo León

Como ya se hizo mención en párrafos anteriores, el laboratorio de Calidad del Agua del IMTA se encuentra acreditado ante la ema en 42 pruebas y con un Sistema de Gestión de Calidad basado en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006.

A continuación la tabla 21, **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** ilustra los parámetros analizados en campo y la normatividad asociada a la que se apega el análisis de cada parámetro.

**Tabla 21. Métodos asociados al muestreo y análisis de campo**

Grupo	Parámetro o actividad	Unidad	Método	Envase	Preservador	Volumen (mL)	LDM	LPC
Muestreo y análisis de campo	Caudal	L/s	Molinete (Sección - Velocidad)	NA	NA	NA	NA	NA
	Cloro residual	mg/L	NMX-AA-108-SCFI-2001	Plástico o vidrio	PC	500	0.012	0.050
	Conductividad electrolítica	uS/cm	NMX AA-093-SCFI-2000	Plástico	PC	PC	NA	10.000
	Materia flotante	NA	NMX AA-006-SCFI-2010	Plástico	PC	3000	NA	NA
	Muestreo de Agua Residual	NA	NMX-AA-003-1980	NA	NA	NA	NA	NA
	Muestreo	NA	NMX-AA-014-1980	NA	NA	NA	NA	NA
	Oxígeno disuelto	mg/L	NMX AA-012-SCFI-2001	Plástico	PC	1000	NA	0.5
	Oxígeno disuelto (cálculo)	% Sat.	NMX AA-012-SCFI-2001	Plástico	PC	PC	NA	NA
	pH	U pH	NMX AA-008-SCFI-2011	Plástico	PC	1000	NA	4.0
	Potencial Redox	Eh (mV)	SM 2580B	Plástico	PC	1000	NA	10
	Temperatura agua	°C	NMX AA-007-SCFI-2013	Plástico	PC	1000	NA	NA
	Temperatura ambiente	°C	NMX AA-007-SCFI-2013	Plástico	PC	1000	NA	NA

Para el aseguramiento y control de calidad en el muestreo el Laboratorio de Calidad del Agua del IMTA cuenta con procedimientos para:

- Plan de muestreo
- Muestreo en agua residual y cuerpos de agua
- Parámetros de campo
- Pruebas de desempeño de parámetros de campo
- Control de calidad en muestreo
- Cálculo de incertidumbre

Previo al muestreo en campo se elabora el plan de muestreo, se prepara el material de muestreo conforme a lo requerido para cada uno de los parámetros a determinar en las muestras de agua y se realiza la calibración de los instrumentos conforme al procedimiento establecido con materiales de referencia.

Durante el muestreo las muestras se colectan conforme a lo establecido para cada parámetro (tipo de envase, volumen y preservación). Se realiza la verificación de instrumentos y los controles de calidad como son el Blanco de viaje para compuestos orgánicos volátiles, blanco de campo y muestra doble.

En cuanto a los controles de calidad, por cada lote de muestras que se analiza y dependiendo del método empleado se tiene:

- Métodos espectrofotométricos: Blanco de método, estándar de control y de verificación de curva de calibración, muestra duplicada y muestra adicionada.
- Métodos volumétricos: Valoración de soluciones conforme a lo establecido para cada parámetro, blanco de método, estándar de control, muestra duplicada y muestra adicionada.
- Métodos gravimétricos: Verificación del criterio de peso constante, muestra duplicada excepto para Grasas y aceites, estándar de control.
- Análisis de compuestos orgánicos: Blanco de material, blanco de método, estándar de control y de verificación de curva de calibración, muestra duplicada y muestra adicionada, estándar interno y surrogado.
- Toxicidad: Blanco de material para extracción de sedimentos, control del cultivo de *Daphnia magna* (producción), control del alimento, control negativo y positivo dependiendo del organismo utilizado, muestra duplicada, valoración y análisis de tóxico de referencia.

La tabla 2.5. resume el método de análisis de parámetros físicos, químicos, biológicos, toxicológicos y metales.

**Tabla 22. Métodos asociados al análisis de parámetros físicos, químicos, biológicos, toxicológicos y metales**

Grupo	Parámetro	Unidad	Método	Envase	Preservador	Volumen (mL)	LDM	LPC
Nutrientes	Fosfatos totales (a partir de P total)	mg/L	Cálculo NMX-AA-029-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	1000	0.15	1.25
	Fósforo inorgánico	mg/L	NMX-AA-029-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	2000	0.05	0.41

Grupo	Parámetro	Unidad	Método	Envase	Preservador	Volumen (mL)	LDM	LPC
	Fósforo inorgánico disuelto	mg/L	NMX-AA-029-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	2000	0.05	0.41
	Fósforo orgánico	mg/L	NMX-AA-029-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	2000	0.05	0.41
	Fósforo reactivo total (o-fosfatos)	mg/L	NMX-AA-029-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	2000	N.A.	0.3
	Fósforo total	mg/L	NMX-AA-029-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	2000	0.05	0.41
	Fosfatos solubles (orto)	mg/L	NMX-AA-029-SCFI-2001/ EPA 365.1-1984	Plástico	Hielo, 4°C	2000	N.A.	0.3
	Nitrógeno orgánico soluble	mg/L	NMX AA-026-SCFI-2010	Plástico	pH ≤ a 2 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Hielo a 4°C	250	0.140	1.30
	Nitrógeno total	mg/L	NMX AA-026-SCFI-2010	Plástico	pH ≤ a 2 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Hielo a 4°C	250	0.147	1.42
	N-NH <sub>3</sub>	mg/L	NMX AA-026-SCFI-2010 (ver Anexo 12) EPA350.1-1978	Plástico	pH ≤ a 2 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Hielo a 4°C	250	0.037	0.284
	N-NO <sub>3</sub>	mg/L	NMX-AA-079-SCFI-2001	Plástico	pH ≤ a 2 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Hielo a 4°C	2000	0.002	0.0213
	N-NO <sub>2</sub>	mg/L	NMX-AA-099-SCFI-2006 / EPA 353.2-1983	Plástico	pH ≤ a 2 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Hielo a 4°C	2000	0.007	0.118
	N-orgánico	mg/L	NMX AA-026-SCFI-2010	Plástico	pH ≤ a 2 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Hielo a 4°C	250	0.140	1.30
	NTK	mg/L	NMX AA-026-SCFI-2010	Plástico	pH ≤ a 2 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Hielo a 4°C	250	0.140	1.30
	Nitrógeno (suma de N-NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> )	mg/L	CÁLCULO	Plástico	pH ≤ a 2 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Hielo a 4°C	250	NA	NA
Físicos	Color verdadero	U Pt/Co	NMX AA-045-SCFI-2001	Plástico	Hielo 4°C	2000	0	2.5
	Turbiedad	UTN	NMX AA-038-SCFI-2001	Plástico	Hielo 4°C	2000	0	0.05

Grupo	Parámetro	Unidad	Método	Envase	Preservador	Volumen (mL)	LDM	LPC
Sólidos	SDT (a partir de conductividad eléctrica)	mg/L	CÁLCULO NMX AA-034-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	2000	NA	18.5
	Sólidos sedimentables	ml/L	NMX AA-004-SCFI-2000	Plástico	Hielo, 4°C	2000	N.A.	0.5
	Sólidos totales	mg/L	NMX AA-034-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	2000	3.71	22.2
	SST	mg/L	NMX AA-034-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	2000	1.14	6.27
Parámetros fisicoquímicos convencionales	Alcalinidad a la fenolftaleína	mg/L como CaCO <sub>3</sub>	NMX AA-036-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	1000	0.324	3.76
	Alcalinidad total	mg/L como CaCO <sub>3</sub>	NMX AA-036-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	1000	0.324	3.76
	Bicarbonatos	mg/L como CaCO <sub>3</sub>	NMX AA-036-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	1000	N.A.	0.366
	Carbonatos	mg/L	NMX AA-036-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	1000	N.A.	0.188
	Cianuros totales	mg/L	NMX AA-058-SCFI-2001 (ver Anexo 20)	Plástico	pH ≥ 12 con Hidróxido de sodio a 4°C	1000	N.A.	N.A.
	Cloruros	mg/L	NMX AA-073-SCFI-2001 (ver Anexo 21)	Plástico	Hielo, 4°C	1000	0.0999	1.24
	Dureza total	mg/L/Ca CO <sub>3</sub>	NMX AA-072-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	1000	0	9.93
	Fluoruros	mg/L	NMX AA-077-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	1000	0.005	0.211
	Sulfatos	mg/L	NMX AA-074-1981	Plástico	Hielo, 4°C	1000	0.72	4.15
	Sulfuros (H <sub>2</sub> S)	mg/L	NMX AA-084-1982	Plástico	Hielo, 4°C	1000	N.A.	1.44
	DBO <sub>5</sub>	mg/L	NMX-AA-028-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	1000		
	DQO	mg/L	NMX-AA-030-SCFI-2001	Plástico	Hielo, 4°C	50		

Grupo	Parámetro	Unidad	Método	Envase	Preservador	Volumen (mL)	LDM	LPC
	COT	mg/L	Procedimiento interno IMTA-CAQAO6-14	Vidrio ámbar	pH ≤ a 2 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Hielo a 4°C	250		
	SAAM	mg/L	NMX-AA-039- SCFI-2001	Plástico	pH ≤ a 2 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Hielo a 4°C	200		
	Fenoles totales	mg/L	NMX-AA-050- SCFI-2001	Plástico o vidrio ámbar	pH ≤ a 2 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + sol. Cu SO <sub>4</sub> Hielo a 4°C	1000		
Toxicidad	<i>Daphnia magna</i>	EC50	NMX AA-087- SCFI-2010	Plástico	Frío, 4°C	500	NA	100
	<i>Daphnia magna</i>	UT	NMX AA-087- SCFI-2010	Plástico	Frío, 4°C	500	NA	1
	<i>Vibrio fischeri</i>	EC50	NMX-AA-112- 1995-SCFI	Plástico	Frío, 4°C	40	NA	100
	<i>Vibrio fischeri</i>	UT	NMX-AA-112- 1995-SCFI	Plástico	Frío, 4°C	40	NA	1
Metales	Arsénico	mg/L	NMX AA-051- SCFI-2001	Plástico	HNO <sub>3</sub> suprapur o instra	1000	0.0026 0	0.0131 0
	Boro	mg/L	NMX AA-051- SCFI-2001	Plástico	HNO <sub>3</sub> suprapur o instra	1000	0.0032 0	0.0161 0
	Cadmio	mg/L	NMX AA-051- SCFI-2001	Plástico	HNO <sub>3</sub> suprapur o instra	1000	0.0120 0	0.0061 0
	Calcio	mg/L	NMX AA-051- SCFI-2001	Plástico	HNO <sub>3</sub> suprapur o instra	1000	0.0188 0	1.0000 0
	Cobre	mg/L	NMX AA-051- SCFI-2001	Plástico	HNO <sub>3</sub> suprapur o instra	1000	0.0026 0	0.0131 0
	Cromo	mg/L	NMX AA-051- SCFI-2001	Plástico	HNO <sub>3</sub> suprapur o instra	1000	0.0034 0	0.0168 0
	Cromo hexavalente	mg/L	NMX AA-051- SCFI-2001	Plástico	HNO <sub>3</sub>	1000	0.0200 0	0.1000 0
	Magnesio	mg/L	NMX AA-051- SCFI-2001 (ver Anexo 32)	Plástico	HNO <sub>3</sub> suprapur o instra	1000	0.0146 0	1.0000 0
	Mercurio	mg/L	NMX AA-051- SCFI-2001 (ver Anexo 32)	Plástico	HNO <sub>3</sub> suprapur o instra	1000	0.0001 8	0.0009 0

Grupo	Parámetro	Unidad	Método	Envase	Preservador	Volumen (mL)	LDM	LPC
	Níquel	mg/L	NMX AA-051-SCFI-2001 (ver Anexo 32)	Plástico	HNO <sub>3</sub> suprapur o instra	1000	0.00270	0.01350
	Plomo	mg/L	NMX AA-051-SCFI-2001	Plástico	HNO <sub>3</sub> suprapur o instra	1000	0.00380	0.01920
	Sodio	mg/L	NMX AA-051-SCFI-2001	Plástico	HNO <sub>3</sub> suprapur o instra	1000	0.06525	1.00000
	Zinc	mg/L	NMX AA-051-SCFI-2001	Plástico	HNO <sub>3</sub> suprapur o instra	1000	0.00280	0.01390
Microbiológicos	Coliformes fecales	NMP/100 mL	NMX AA-042-1987	Bolsa Estéril	tiosulfato de sodio y Hielo a 4°C	100 ml	NA	1
	Coliformes totales	NMP/100 mL	NMX AA-042-1987	Bolsa Estéril	tiosulfato de sodio y Hielo a 4°C	101 ml	NA	1
	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	Método de número más probable o método alternativo	Bolsa Estéril	tiosulfato de sodio y Hielo a 4°C	102 ml	NA	1.1

Para el análisis de metales con un litro de muestra es suficiente para hacer el análisis de todos los metales presentados en la tabla.

La descripción arriba señalada se aplicó para las cuatro campañas de muestreo para la colecta de agua y análisis de calidad del agua en el río, afluentes, descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento que se realizó en la cuenca Baja del Río Bravo.

## 2.5. MEDICIONES HIDROMÉTRICAS

Las mediciones hidrológicas son esenciales para la interpretación de los datos de calidad del agua y para el manejo de los recursos hídricos. Variaciones en las condiciones hidrológicas tienen efectos importantes en la calidad del agua. En ríos, los factores como la descarga (volumen que pasa a través de una sección del río en una unidad de tiempo), la velocidad del flujo, turbulencia y profundidad influyen en la calidad del agua (Bartram, 1996).

Determinar el régimen hidrológico de un cuerpo de agua es un aspecto importante para la evaluación de la calidad del agua. Las mediciones de las descargas, por ejemplo, son necesarias para el cálculo del balance de masas y como entrada para los modelos de calidad del agua (Chapman, 1996).

### 2.5.1. Velocidad

La velocidad (algunas veces referida como tasa de flujo) de un cuerpo de agua puede significativamente afectar su habilidad para asimilar y transportar contaminantes. La predicción del movimiento de los compuestos (contaminantes) en el cuerpo de agua, por ejemplo, el conocimiento de la velocidad del agua establece la predicción

del tiempo de arribo aguas abajo (o tiempo de viaje) de un contaminante que accidentalmente fue descargado aguas arriba.

La velocidad del agua puede variar en un día, así como de día a día y de estación a estación del año, dependiendo de la influencia hidrometeorológica y de la naturaleza del área de captación. Esto es importante para registrar tanto el flujo como la calidad del agua, a través de los muestreos realizados en el Bajo Río Bravo.

### 2.5.2. Descarga

La descarga del río es el volumen del flujo o caudal dado en un periodo determinado y expresado en m<sup>3</sup>/s. La cantidad de material suspendido y disuelto en el agua, dependen de la descarga y es un producto de la concentración y la descarga.

Las sustancias introducidas artificialmente, como los metales trazas y materia orgánica, que pueden ser aportadas al río, a una tasa constante, la concentración en el cuerpo receptor, puede estimarse de la cantidad entrante por la descarga del río. La descarga puede ser estimada del producto de la velocidad y el área de la sección del río.

Los ríos pueden clasificarse según el tipo de régimen de flujo y la magnitud de la descarga. El régimen de flujo puede estar sujeto a modificaciones considerables por embalses naturales, lagos, represas o almacenamiento de agua. Las características de flujo también pueden cambiarse por canalización o requerimientos para usos de agua, tales como para riego u otras necesidades de abastecimiento de agua, o por cambios en las características de las inundaciones debido a modificaciones en la infiltración del suelo como resultado de la agricultura y la urbanización.

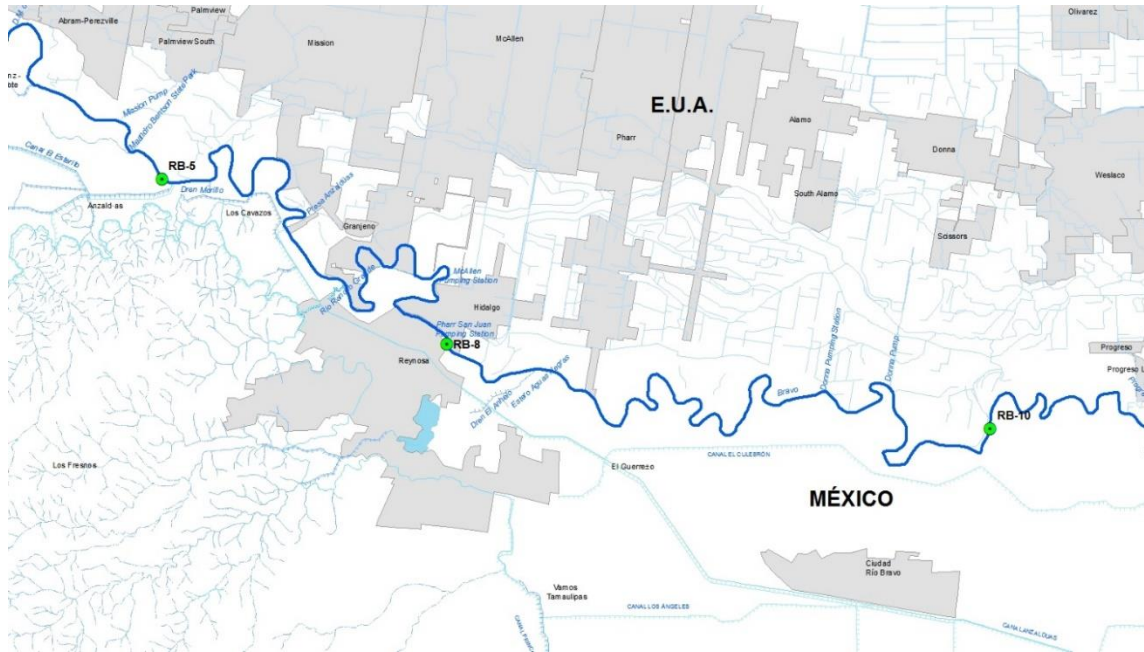
La descarga del río es una de las mediciones más importantes, para problemas de gestión en la calidad del agua, como la eliminación de aguas residuales en los ríos, las condiciones de baja descarga se utilizan como base para el diseño de las instalaciones de tratamiento y control de la aportación máxima permitida de efluentes a los ríos. Los flujos mayores de los ríos, tienen efectos ecológicos por efluentes que contaminan el agua del río y son perjudiciales. Las condiciones de bajo flujo como las sequías pueden ser críticas para los ríos que sirven de fuente de suministro de agua para consumo humano.

Las actividades antropogénicas pueden intensificar los procesos naturales, como la erosión, usos del suelo, lixiviación, así como incrementa compuestos naturales tales como sales minerales e inorgánicos, fertilizantes al sistema fluvial, y añadir compuestos sintéticos que son en su mayoría orgánicos y no se encuentran en la naturaleza, tales como disolventes, plaguicidas, hidrocarburos aromáticos, etc. Los materiales adicionales que surgen del aumento de los procesos naturales siguen los mismos caminos, y se comportan de la misma manera, como los compuestos que surgen de la lixiviación del suelo, tales como fertilizantes y plaguicidas. Sin embargo, la mayoría de los contaminantes urbanos entran en los ríos como fuentes puntuales, generalmente como efluentes de aguas residuales tratadas o no tratadas.

Debido a la importancia que tiene las mediciones de la cantidad de agua para determinar el balance de masa de los contaminantes; en cada uno de los sitios de monitoreo establecidos en el Bajo Río Bravo se determinó el flujo o caudal del río, afluentes y descargas de aguas residuales.

Para el aforo en el Bajo Río Bravo, la CILA México tiene instrumentado la mayoría de los sitios en donde se efectuaron los muestreos de calidad del agua. Para la primera campaña realizada en marzo de 2015, con la CILA México, se acordó efectuar el aforo en los sitios en los cuales no existe instrumentación y en donde las condiciones de accesibilidad y seguridad lo permitan. Como ejemplo en la primera campaña realizada en marzo de 2015 y debido a las condiciones de lluvia y acceso solo fue posible efectuar el aforo en los sitios RB5, RB8 y RB10 (Figura 14).





**Figura 14. Ubicación de sitios de aforo de la primera campaña**

Para efectuar el aforo se utilizó un equipo RiverSurveyor modelo S5, el cual es un perfilador acústico Doppler diseñado para medir caudales en ríos. El equipo consta de un sistema de 4 "beams", con un conjunto de tres "beams" para medir la velocidad de la corriente y un "beam" vertical para perfilar el fondo. El equipo tiene un rango de perfilación de velocidades de hasta 5 metros de profundidad (usando referencia con GPS y el "beam" vertical). En el caso de la configuración del RiverSurveyor S5, fue utilizado un sistema de flotación mediante una tabla de uniel adaptada para los equipos de medición y transmisión, ver figura 15 y figura 16.

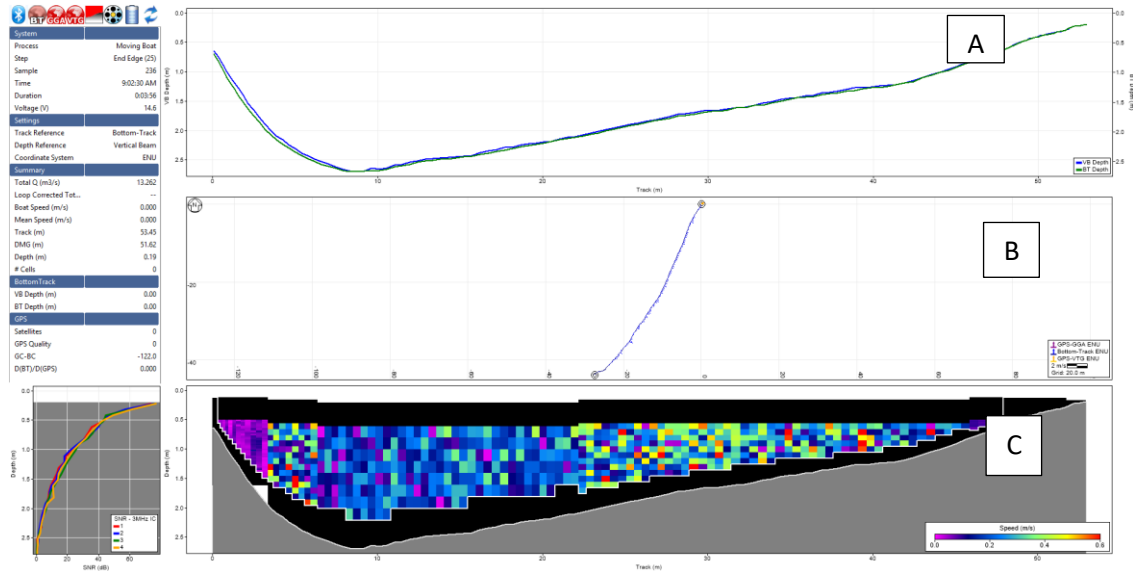


Figura 15. Equipo RiverSurveyor S5



Figura 16. Medición de caudal con equipo RiverSurveyor S5 en el sitio RB10

Una vez realizados los cuatro recorridos en el cauce principal del Río Bravo, el perfilador acústico proporciona la medición de la sección, el recorrido, la profundidad y velocidad del agua (Figura 17)



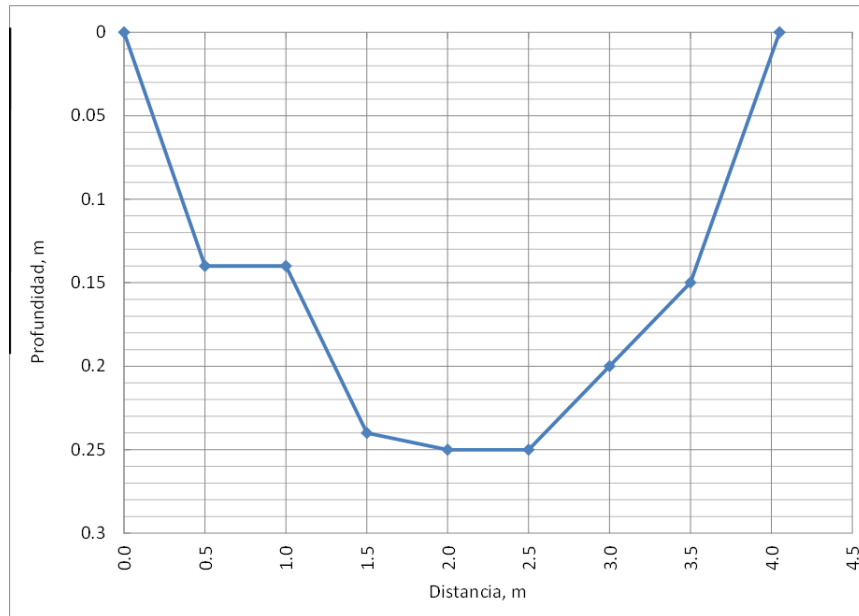
**Figura 17. Resultados de la medición de caudal. A Sección y profundidad. B recorrido y C celdas de velocidad del agua.**

Para la medición del aforo en los Afluentes o Drenes se utilizó un Flujómetro para la obtención de la sección, profundidad, y velocidad de la corriente por las características del sitio fue necesario hacer el badeo del Dren (Figura 18)



**Figura 18. Medición del caudal en un Dren o Afluente con flujómetro.**

Los datos de la sección se ingresan en una hoja Excel para la obtención del caudal (Figura 19).



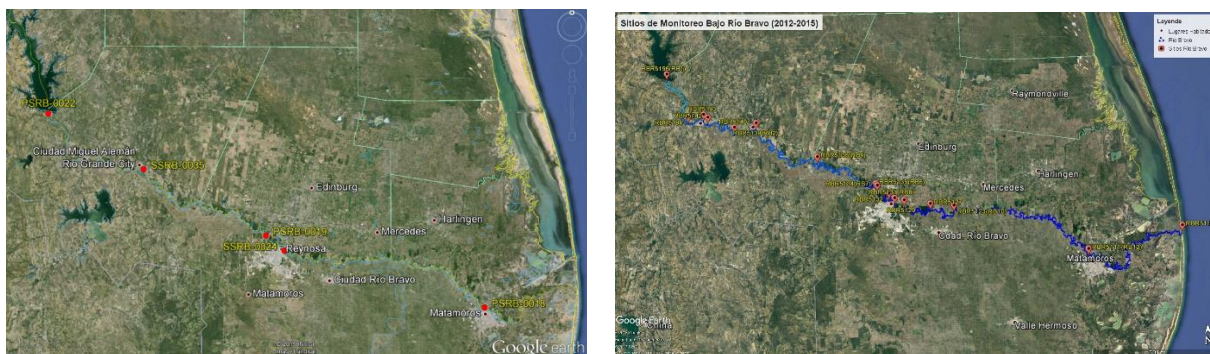
**Figura 19. Sección transversal del Dren o Afluente.**

Para el caso de las descargas de aguas residuales y de acuerdo a la configuración, ya sea del tubo, o de la descarga se realizaron los aforos por tiempo y volumen, así como para las plantas de tratamiento de aguas residuales los datos de medición del equipo utilizado en las PTAR.

### CAPÍTULO 3 . DIAGNÓSTICO HISTÓRICO DE CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO BRAVO

Los datos históricos de los sitios de monitoreo de calidad del agua corresponden a la Red Nacional de Monitoreo de calidad del agua (RNM) de la CONAGUA que tiene por objetivo medir en forma sistemática la calidad del agua, para determinar la extensión, características y efectos de la contaminación en corrientes superficiales, subterráneas y costeras.

En el periodo de 2000 a 2011 en la zona de estudio de la cuenca Baja del río Bravo la Red Nacional contaba con cinco sitios de monitoreo y a partir del 2012 al 2015, la Conagua incremento a 16 sitios (Figura 20 y Tabla 23).



**Figura 20. Ubicación de Sitios de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNMCA), periodo 2000-2011 (lado izquierdo) y periodo 2012-2015 (lado derecho), en la cuenca Baja del río Bravo (tramo presa Falcón – Golfo de México).**

Fuente: Conagua 2015.

**Tabla 23. Estaciones de calidad de agua de la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del agua (RNMCA), ubicación y claves para el periodo de 2012 -2015 y 2000-2011.**

Clave Estación (2012-2015)	Nombre Estación (2012-2015)	Clave Estación (2000-2011)	Latitud	Longitud
RBR5196	100 M AGUAS ABAJO DE LA PRESA FALCON	PSRB-022	26.554480	-99.170060
RBR5194	RÍO BRAVO COMUNIDAD LOS GUERRA		26.396800	-99.079840
RBR5193	PUENTE INTERNACIONAL MIGUEL ALEMAN		26.403540	-99.019420
RBR5142	RÍO BRAVO 6 (FRENTE AL POBLADO LOS ANGELES)		26.392610	-99.001920
RBR5140	RÍO BRAVO (AGUAS ABAJO DREN RANCHERIAS)		26.353570	-98.895000
RBR5139	PUENTE INTERNACIONAL CAMARGO	SSRB-035	26.366990	-98.808080
RBR5136	RÍO BRAVO 4 (AL NORESTE DE GUSTAVO DIAZ ORDAZ)		26.239290	-98.565410
RBR5135	REPRESA ANZALDUAS	PSRB-019	26.138400	-98.336520
RBR5134	RÍO BRAVO 3		26.131440	-98.331500
RBR5132	RÍO BRAVO AGUAS ARRIBA PUENTE INTERNACIONAL REYNOSA		26.102430	-98.286340
RBR5131	AGUAS ABAJO DEL PUENTE INTERNACIONAL REYNOSA	SSRB-024	26.085370	-98.264890
RBR5129	RÍO BRAVO 2		26.077000	-98.227530
RBR5127	RÍO BRAVO 1		26.061620	-98.125640
RBR5123	REPRESA EL RETAMAL		26.053010	-98.034120
RBR5111	PUENTE INTERNACIONAL VIEJO MATAMOROS.	PSRB-018	25.885740	-97.518630
RBR5112	DESEMBOCADURA RÍO BRAVO		25.955360	-97.147320

Para generar las gráficas se disminuyó la clave de las estaciones de monitoreo, incluyendo únicamente lo correspondiente a las iniciales RBR y el número de cada sitio, ya que las claves completas de los sitios de 2012 a 2015 son por ejemplo para RBR5196, OCRBR5196M1.

El diagnóstico de calidad del agua histórico se realizó con los parámetros de calidad de agua que contaban con la mayor cantidad de datos medidos y cuando existían un faltante de no más del 35% de los datos, se utilizó el software XLSTAT que propone un algoritmo de imputación múltiple basado en el método de cadenas de Markov (Markov Chain Monte Carlo (MCMC)) el algoritmo funciona de la siguiente manera:

1. Los valores iniciales de los datos faltantes se obtienen a partir de una distribución normal con una media y error estándar igual a la media y el error estándar obtenidos sobre los datos disponibles.
2. Para cada variable del conjunto de datos con valores faltantes, se aplica un método de imputación basado en muestreo y regresión OLS y se obtienen nuevos valores imputados utilizando este modelo.

Estos dos pasos se repiten hasta que se alcanza el número de imputación. Se toma el valor medio de cada valor faltante imputado para complementar la base de datos.

Por otro lado, en la base de datos también se tienen algunos valores **menores que** el límite de detección; en éste caso se utilizaron los valores para realizar las estadísticas descriptivas, siendo una opción recomendada por Gilbert, 1987, solo en los casos en donde existen algunos valores **menores que**; ya que cuando hay en su totalidad no se considera el parámetro para su análisis.

Los parámetros que se analizaron fueron: temperatura del agua (T), potencial de hidrógeno (pH), conductividad específica (CND), oxígeno disuelto (OD), demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), nitritos (N-NO<sub>2</sub>), fósforo total (PT), turbiedad (TURB) y coliformes fecales (CF).

El análisis se realizó primero para los cinco sitios que tienen datos desde el 2000 hasta el 2015 identificando a cada sitio con la clave correspondiente al periodo de 2012 a 2015 (RBR5196 = PSRB-022; RBR5139=SSRB-035; RBR5135=PSRB-019; RBR5131=SSRB-024 y RBR5111=PSRB-018).

El análisis por parámetro de los cinco sitios se presenta a continuación.

### 3.1. TEMPERATURA DEL AGUA.

De los 259 datos que se distribuyen en los cinco sitio de monitoreo en la figura 21, se presenta la gráfica de cajas para cada uno de los sitios observándose que la mediana en el periodo de 2000 a 2015 varía de 25.1 a 27°C y que la mínima temperatura de 11°C se presentó aguas abajo de la presa Internacional Falcón, mientras que la máxima de 39°C en el sitio RBR5134 cercano a la población de Reynosa; en la figura 22, se presentan los percentiles 25%, 50% y 75%, mientras que en la figura 23, el histograma de distribución de temperaturas, donde se observa que la temperatura con mayor frecuencia se presenta entre los 28 a 31°C y que el 49 % de los datos se distribuye entre los 25 y 31°C.

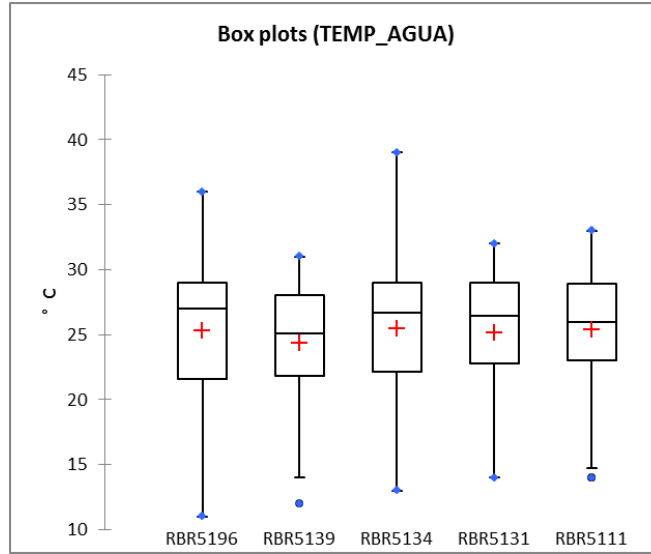


Figura 21. Gráfica de caja de temperatura

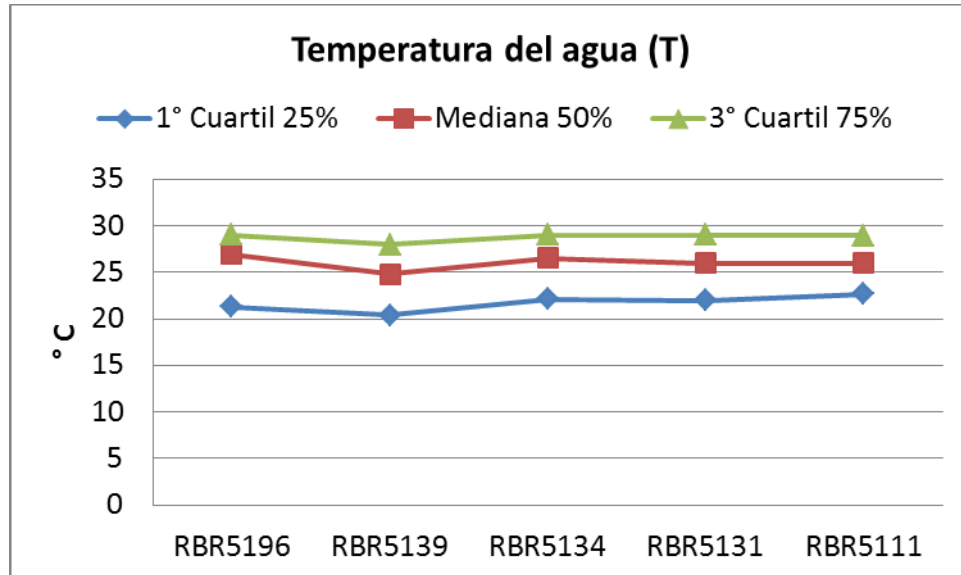


Figura 22. Percentiles de temperatura en cada estación de monitoreo.

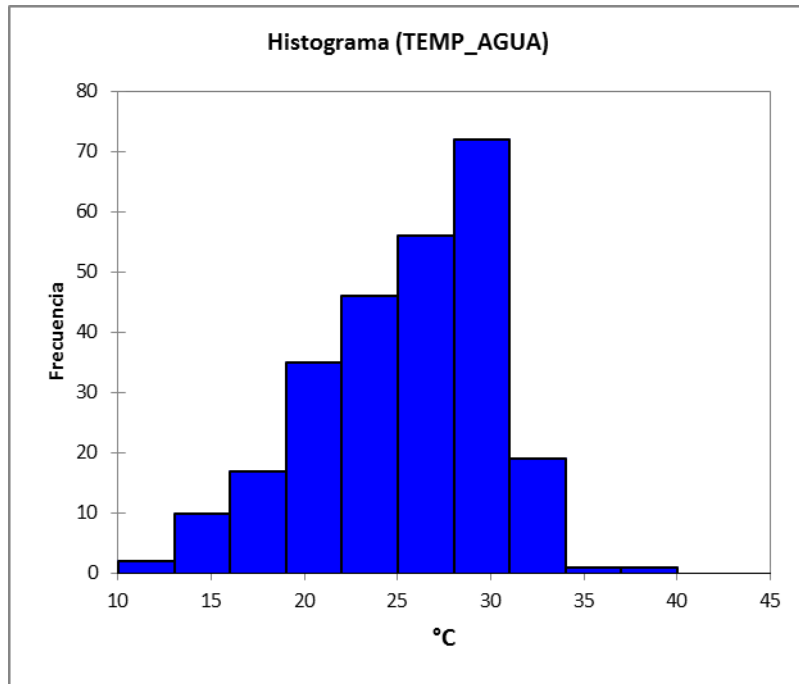


Figura 23. Histograma de frecuencias de temperatura del agua.

### 3.2. POTENCIAL DE HIDRÓGENO

Para el potencial de hidrógeno en la figura 24 se presenta la gráfica de cajas para cada uno de los sitios observándose que la mediana en el periodo de 2000 a 2015 varía de 7.7 a 8.02 y el mínimo valor de pH fue de 5.56 y el máximo de 9.01 detectados en el sitio RBR5131 que se ubica aguas abajo del Puente Internacional Reynosa, en la figura 25 se presentan los percentiles 25%, 50% y 75%, mientras que en la figura 26 el histograma de distribución de frecuencias de pH en el río Bravo se observa que la mayor frecuencia se presenta entre los 7.4 a 7.9 y el 46 % de los datos esta en este intervalo.



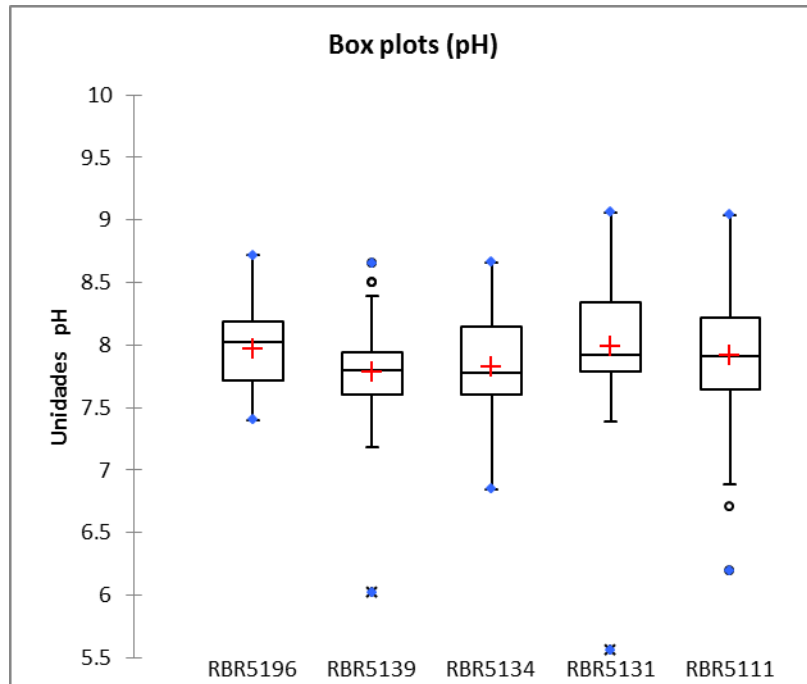


Figura 24. Gráfica de caja del potencial de hidrógeno.

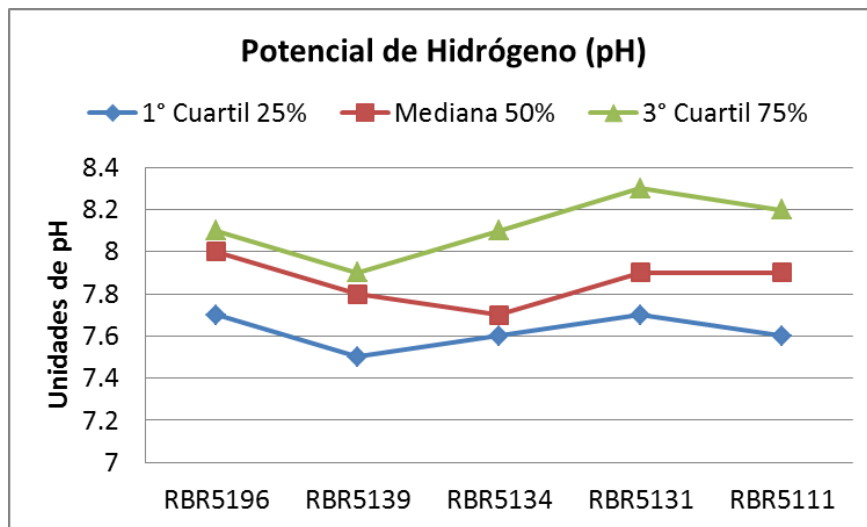
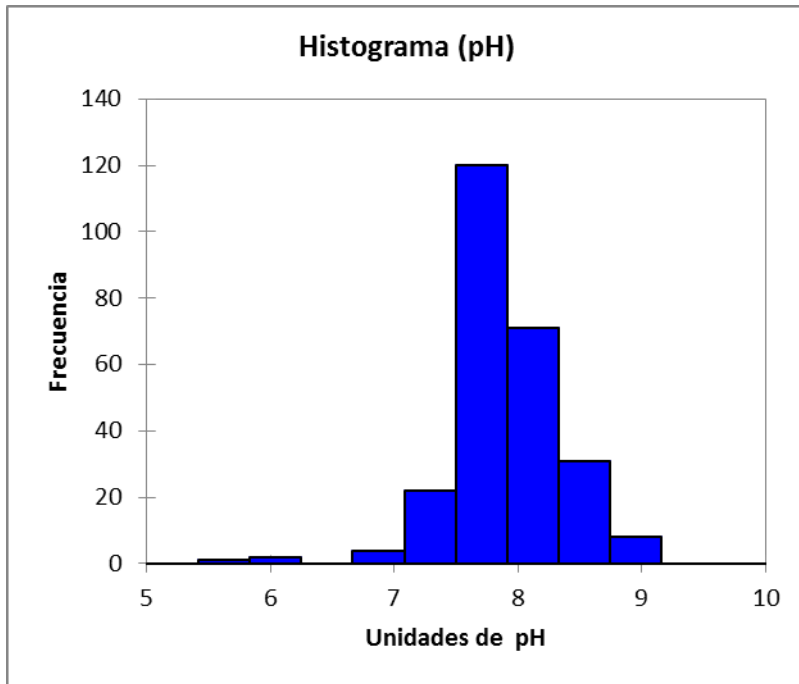


Figura 25. Percentiles de pH en cada estación de monitoreo.



**Figura 26. Histograma de frecuencias de potencial de hidrógeno.**

### 3.3. CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA

La conductividad específica se presenta en la figura 27 en donde se observa en el gráfico de cajas que desde aguas abajo de la presa Internacional Falcón (RBR5196) hasta la desembocadura al Golfo de México (RBR5111) se va incrementando la conductividad, ya que la mediana en el periodo de 2000 a 2015 varía de 902 a 1265  $\mu\text{Scm}^{-1}$ , el mínimo valor fue de 491 y el máximo de 3560 detectados en el sitio RBR5131 que se ubica aguas abajo del Puente Internacional Reynosa, en la figura 28, se presentan los percentiles 25%, 50% y 75%, mientras que en la figura 29 el histograma de distribución de frecuencias se observa que la mayor distribución de los datos se presentan entre la concentración de 720 a 1080  $\mu\text{Scm}^{-1}$ , representando el 42 % de los datos en éste intervalo.

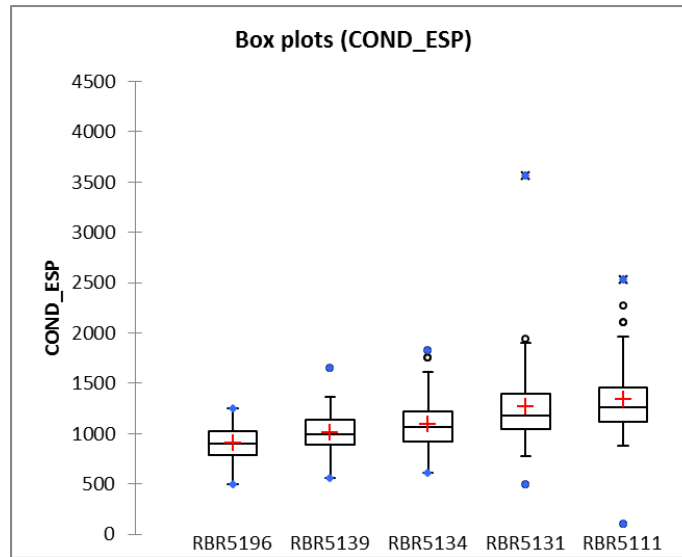


Figura 27. Gráfica de caja de conductividad específica.

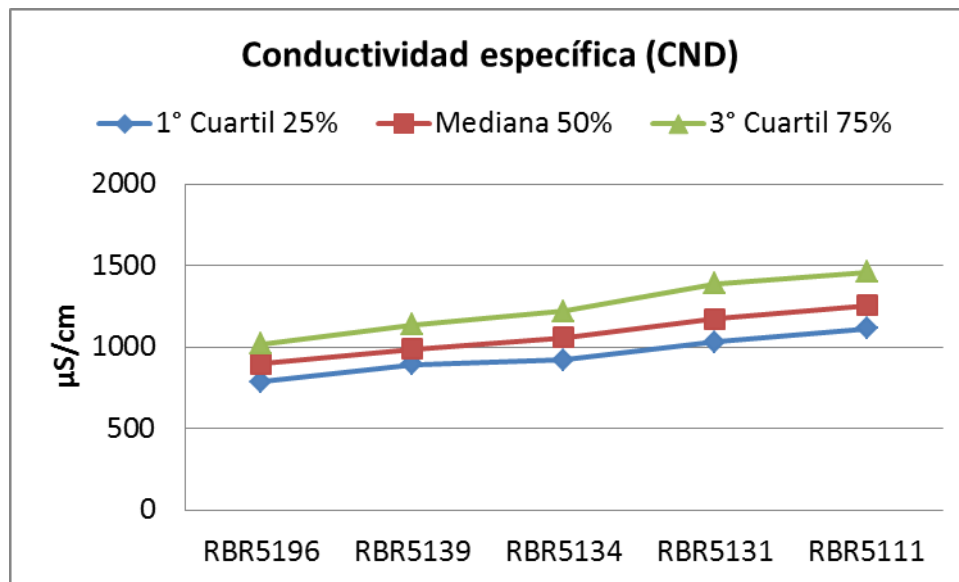
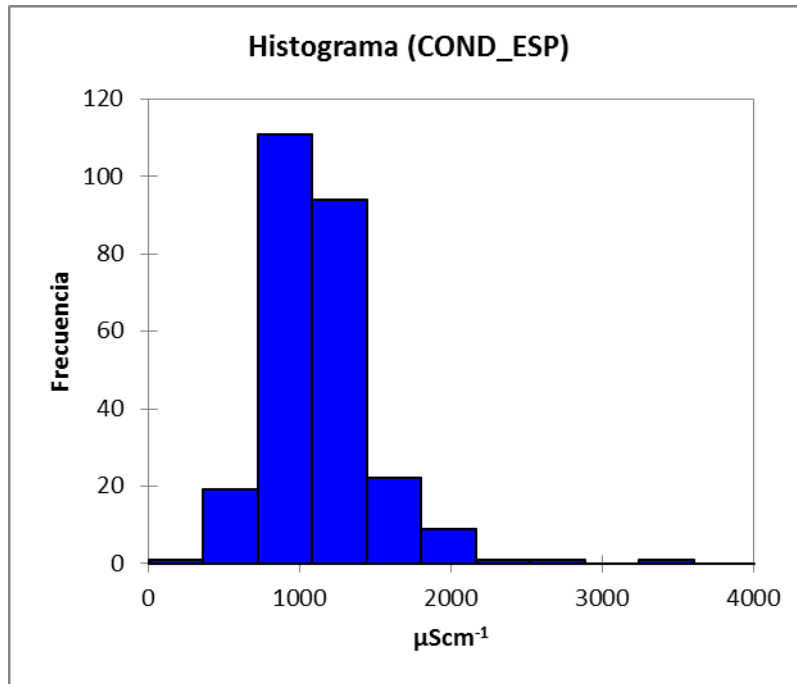


Figura 28. Percentiles de conductividad específica en cada estación de monitoreo.



**Figura 29. Histograma de frecuencias de conductividad específica.**

### 3.4. OXÍGENO DISUELTO

En la figura 30 se presenta la gráfica de cajas para el oxígeno disuelto en donde se observa que la mediana en todos los sitios de monitoreo están por arriba del criterio ecológico de 5 mg/L para protección de vida acuática, ya que en el periodo de 2000 a 2015 varía de 7.8 a 8.0 mg/L, la mínima concentración fue de 4.0 mg/L en los sitios RBR5139 y RBR5134 en Puente Internacional Camargo y Aguas arriba de Reynosa respectivamente y el máximo de 12.28 mg/L detectado en el sitio RBR5196 que se ubica aguas abajo de la presa Internacional Falcón, en la figura 31 se presentan los percentiles 25%, 50% y 75%, mientras que en la figura 32 en el histograma de distribución de frecuencias se observa que la mayor distribución de los datos se presentan entre la concentración de 6.64 a 9.29 mg/L, representando el 67 % de los datos en éste intervalo.

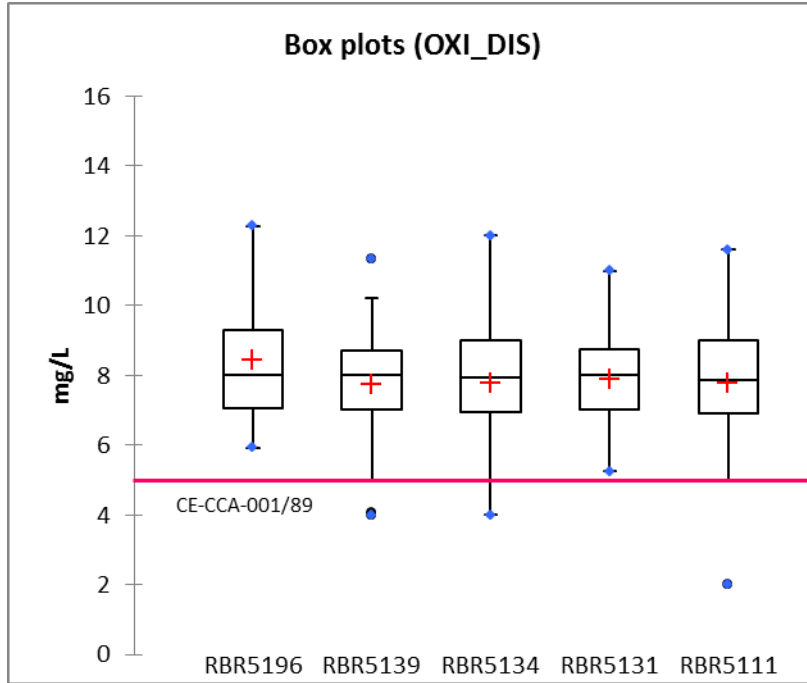


Figura 30. Gráfica de caja de oxígeno disuelto.

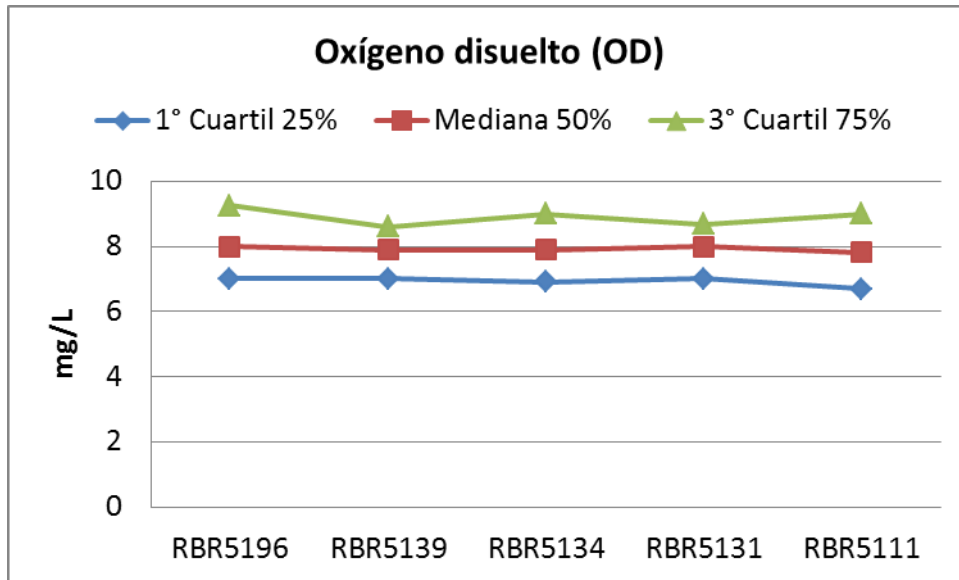


Figura 31. Percentiles de oxígeno disuelto en cada estación de monitoreo.

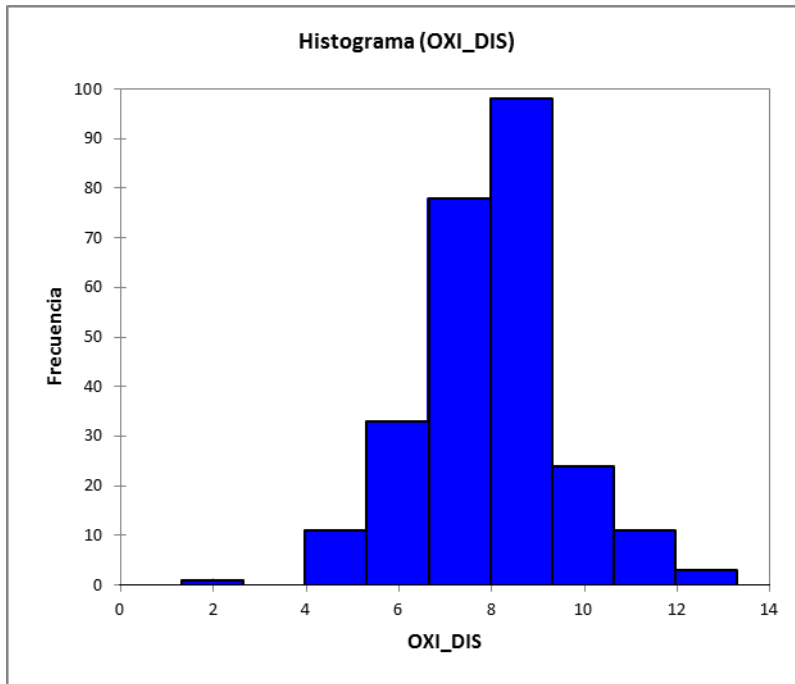


Figura 32. Histograma de frecuencias de oxígeno disuelto.

Por lo que respecta a la demanda biológica de oxígeno en la figura 33 se presenta la gráfica de cajas en donde se observa que aún los datos atípicos se encuentran dentro de la clasificación de calidad del agua **Aceptable** de la CONAGUA, ya que todos los sitios de monitoreo están por abajo del indicador de 30 mg/L para el periodo de 2000 a 2015 y que oscilan de 3.5 a 4.6 mg/L, la mínima concentración fue, no detectada en el sitio RBR5111 ubicado en Puente Internacional Viejo Matamoros y el máximo de 20.90 mg/L detectados en el sitio RBR5131 que se ubica aguas abajo del Puente Internacional Reynosa, en la figura 34 se presentan los percentiles 25%, 50% y 75%, mientras que en la figura 35 en el histograma de distribución de frecuencias se observa que la mayor distribución de los datos se presentan entre la concentración de no detectado a 2.19 mg/L, representando el 51 % de los datos en éste intervalo.

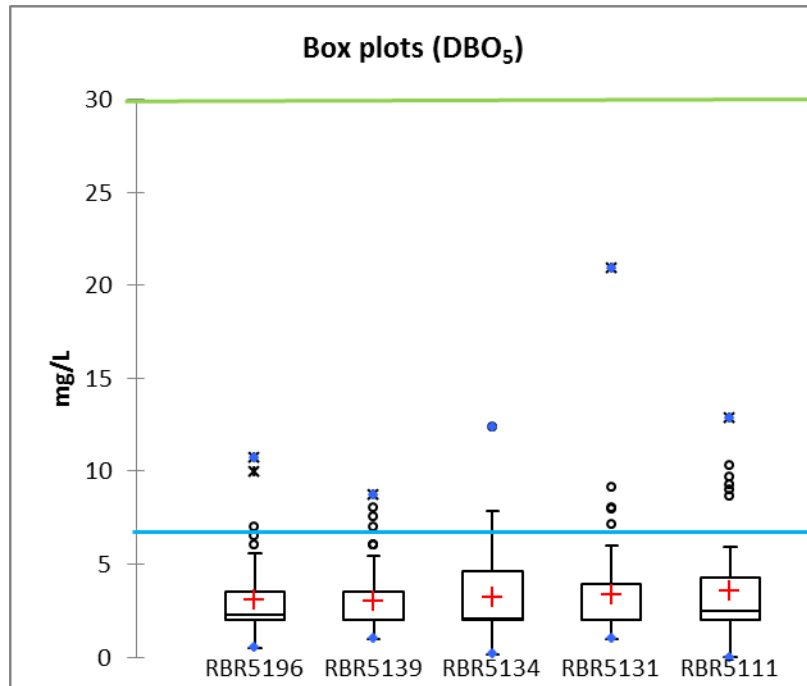


Figura 33. Gráfica de caja de demanda biológica de oxígeno. Las líneas de color corresponden a los indicadores de CONAGUA. Línea verde aceptable (intervalo de  $> 6 \leq 30$  mg/L), línea azul buena calidad ( $> 3 \leq 6$  mg/L).

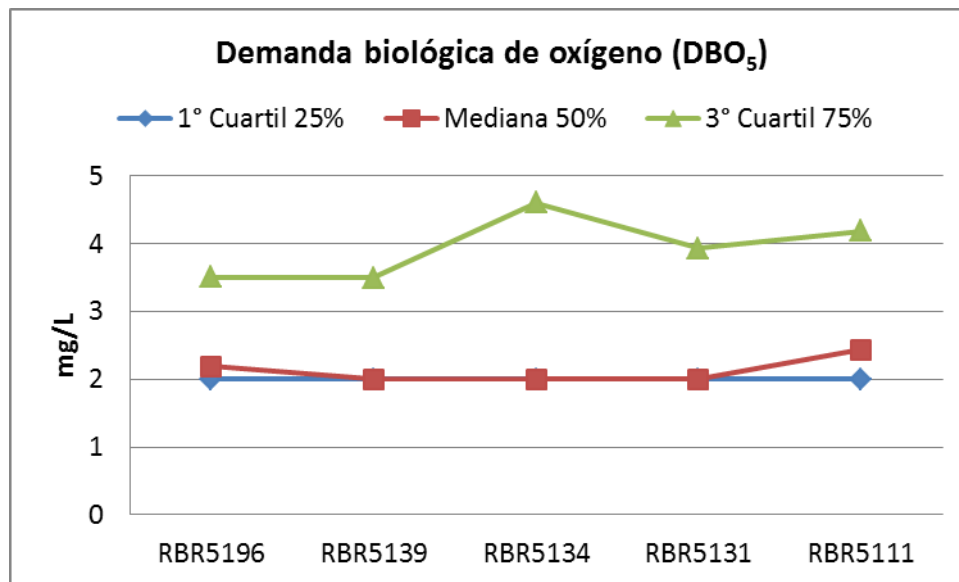


Figura 34. Percentiles de demanda biológica de oxígeno en cada estación de monitoreo

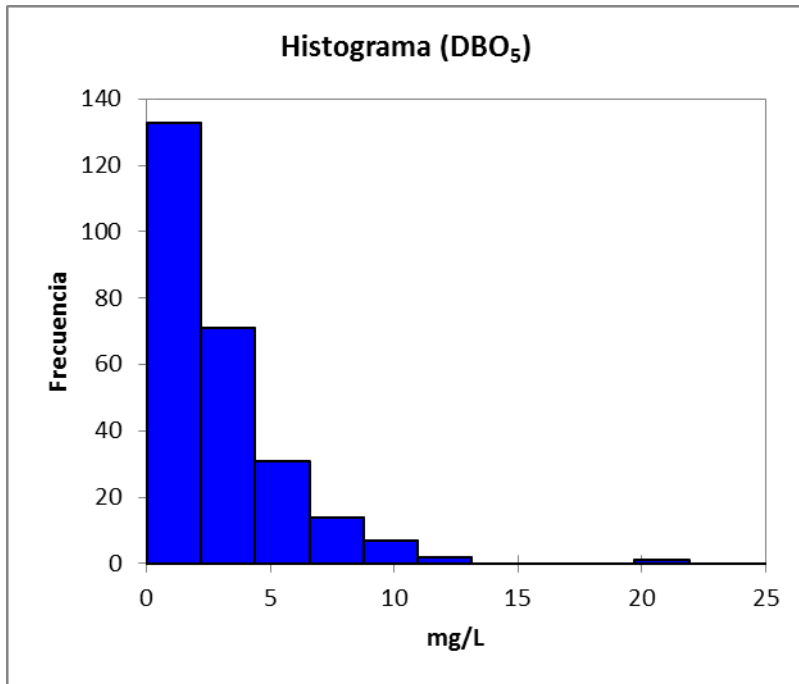


Figura 35. Histograma de frecuencias de demanda biológica de oxígeno

La demanda química de oxígeno de la figura 36 presenta la gráfica de cajas en donde se observa que el indicador para dicho parámetro clasifica como Aceptable la calidad del agua del río, ya que todos los sitios de monitoreo están por abajo del indicador de 40 mg/L para el periodo de 2000 a 2015 y que oscilan de 15.25 a 30.67 mg/L, la mínima concentración fue de 2.0 mg/L detectadas en varias estaciones y el máximo de 397.50 mg/L detectado en el sitio RBR5111 que se ubica en Puente Internacional Viejo Matamoros; en la figura 37 se presentan los percentiles 25%, 50% y 75%, mientras que en la figura 38 en el histograma de distribución de frecuencias se observa que la mayor distribución de los datos se presentan entre la concentración de 2.0 hasta 40 mg/L, representando el 94 % de los datos en éste intervalo.



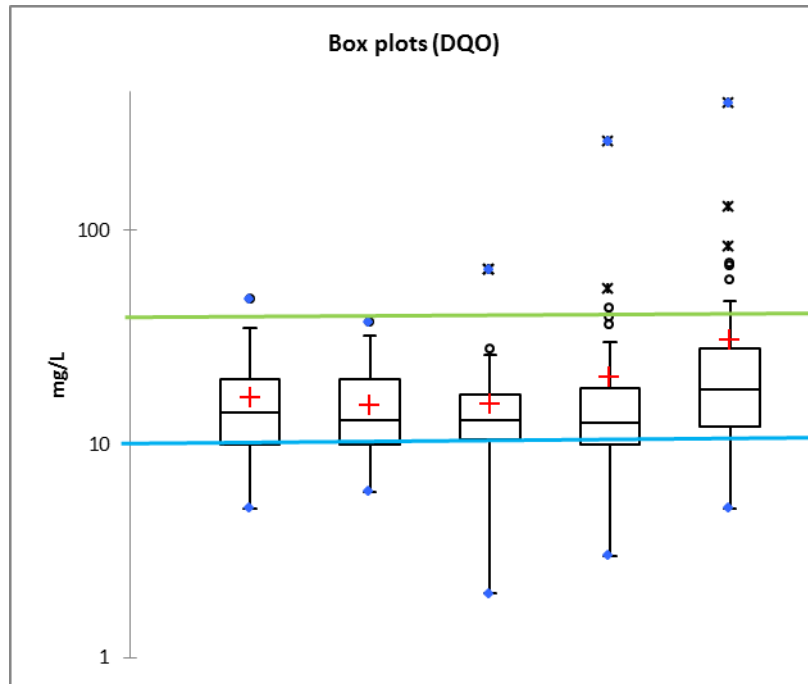


Figura 36. Gráfica de caja de demanda química de oxígeno. Las líneas de color corresponden a los indicadores de CONAGUA. Línea verde aceptable ( $> 20 \leq 40$  mg/L), línea azul buena calidad ( $> 10 \leq 20$  mg/L).

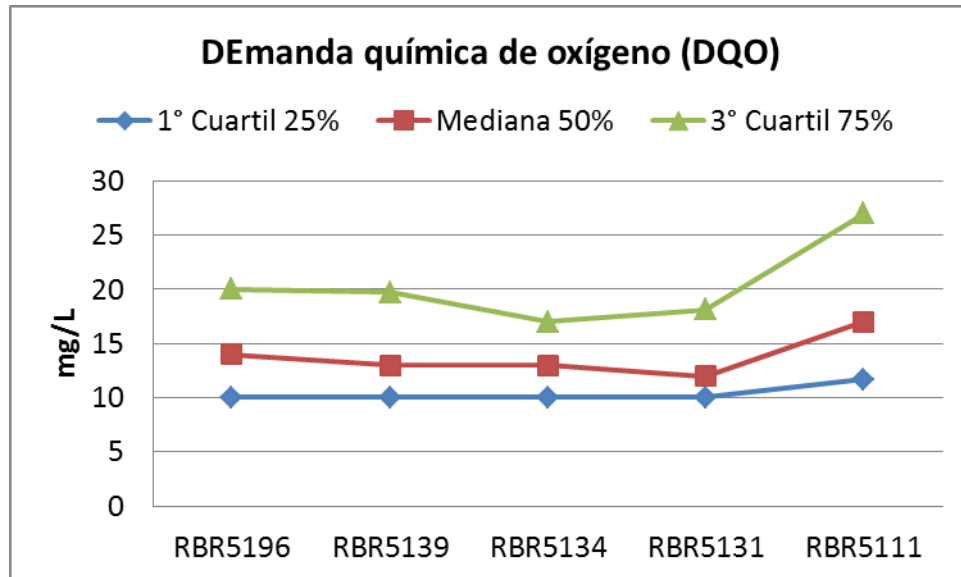


Figura 37. Percentiles de demanda química de oxígeno en cada estación de monitoreo

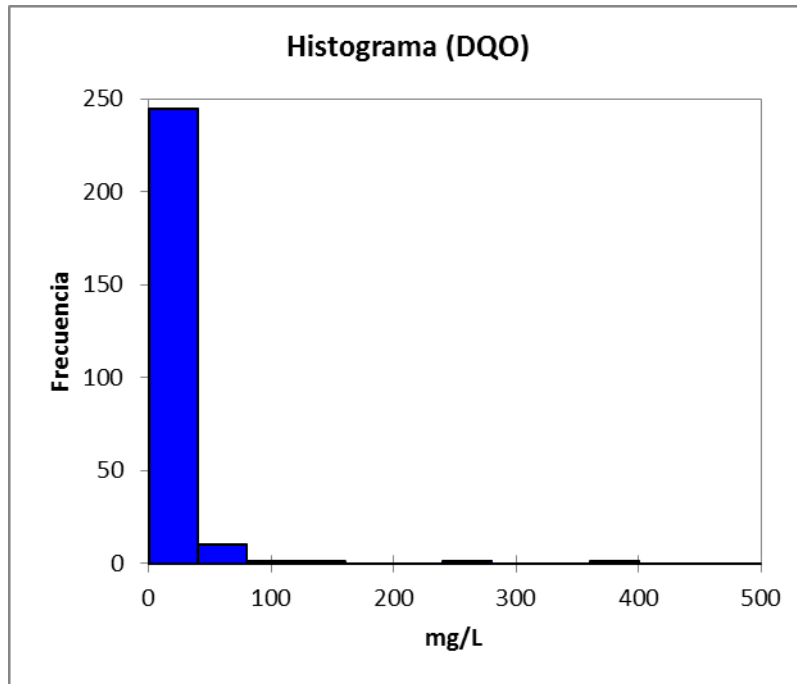


Figura 38. Histograma de frecuencias de demanda química de oxígeno

Otro indicador de calidad del agua en el Bajo Río Bravo es la concentración de Sólidos suspendidos totales y en la figura 39 se presenta la gráfica de cajas en donde se observa que dicho indicador a lo largo del cauce es de Buena calidad para las tres primeras estaciones de monitoreo y de aceptable calidad ya que la mediana en las dos últimas estaciones del río están por abajo del indicador de  $\leq 150$  mg/L para el periodo de 2000 a 2015 y que oscilan de 11.43 a 52.20 mg/L, la mínima concentración fue de 1.0 mg/L detectada en la estación aguas abajo de presa Internacional Falcón (RBR5196) y el máximo de 760.0 mg/L detectado en el sitio RBR5111 que se ubica en Puente Internacional Viejo Matamoros; en la figura 40 se presentan los percentiles 25%, 50% y 75%, mientras que en la figura 41 en el histograma de distribución de frecuencias se observa que la mayor distribución de los datos se presentan entre la concentración de 1.0 hasta 77 mg/L, representando el 91 % de los datos en éste intervalo.

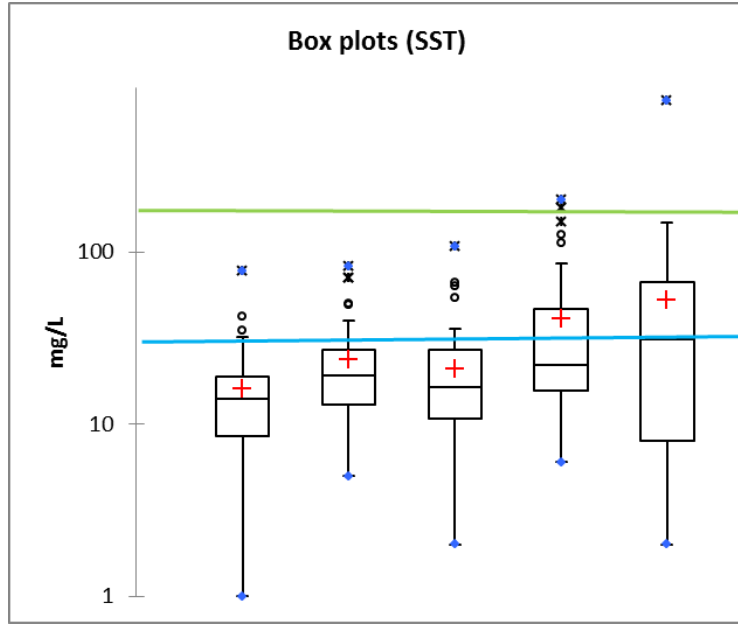


Figura 39. Gráfica de caja de sólidos suspendidos totales. Las líneas de color corresponden a los indicadores de CONAGUA. Línea verde aceptable ( $> 75 \leq 150$  mg/L), línea azul buena calidad ( $> 25 \leq 75$  mg/L).

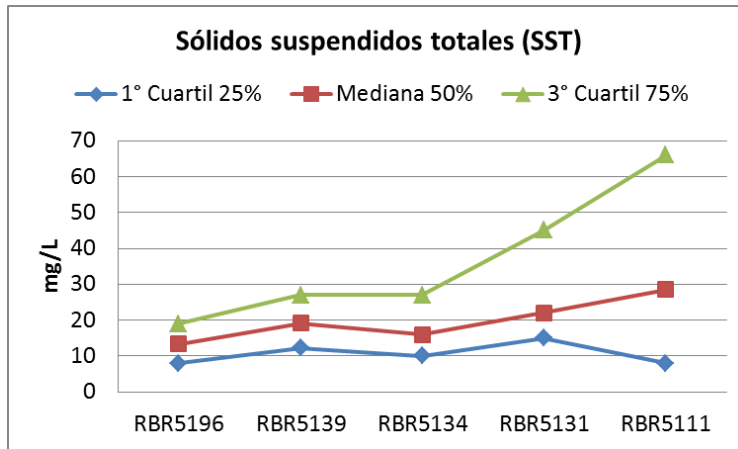
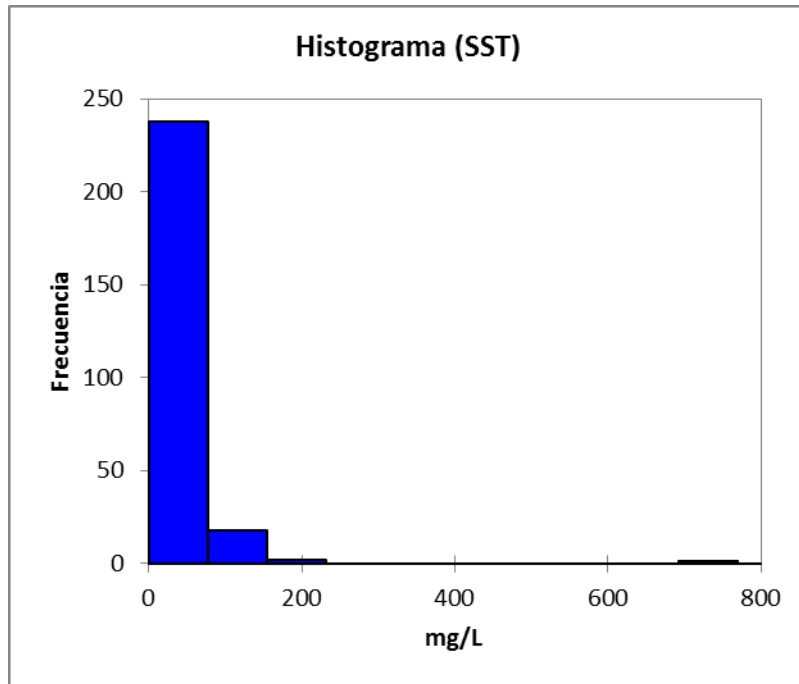
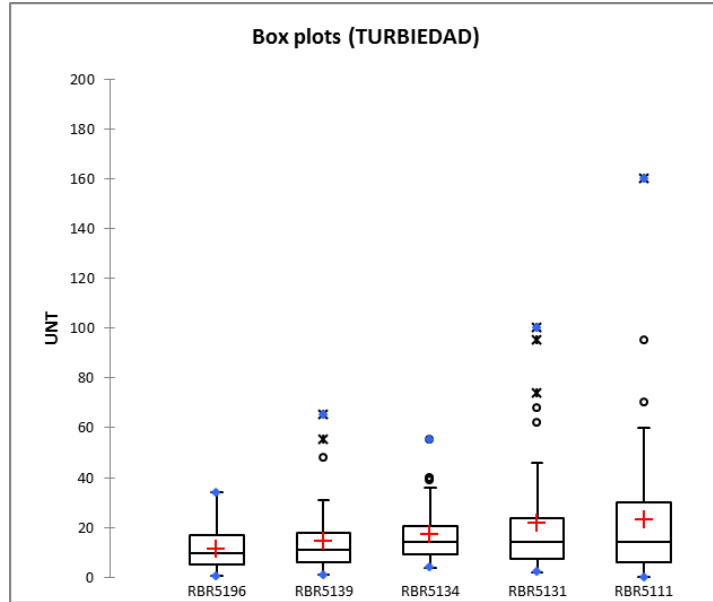


Figura 40. Percentiles de sólidos suspendidos totales en cada estación de monitoreo.

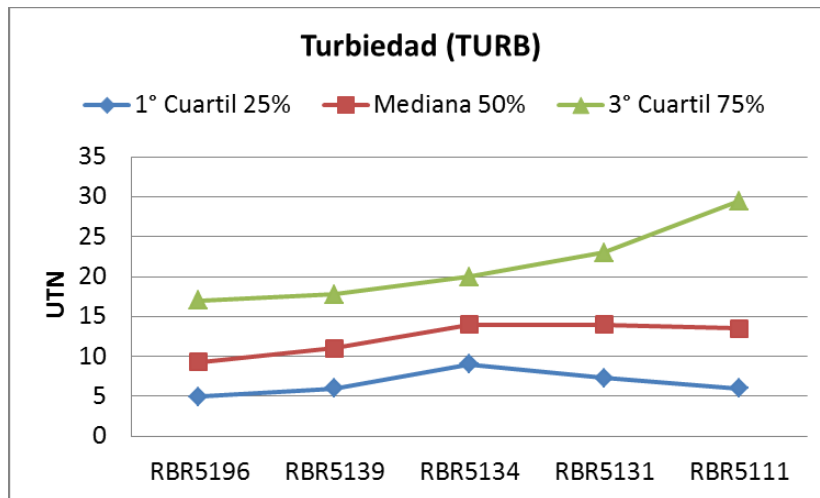


**Figura 41. Histograma de frecuencias de sólidos suspendidos totales**

Un parámetro que se relaciona con la cantidad de sólidos suspendidos totales, es la turbiedad, ya que a mayor concentración de SST, mayor turbiedad, en la figura 42 se presenta la gráfica de cajas en donde se observa un comportamiento similar a los SST, incrementando ligeramente la turbiedad, desde aguas abajo de presa Internacional Falcón hasta Matamoros para el periodo de 2000 a 2015; en promedio los valores de Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UTN) oscilan de 17 a 30 UTN, la mínima concentración fue de 0.5 UTN detectada en la estación aguas abajo de presa Internacional Falcón (RBR5196) y el máximo de 160.0 UTN detectado en el sitio RBR5111 que se ubica en Puente Internacional Viejo Matamoros; en la figura 43 se presentan los percentiles 25%, 50% y 75%, mientras que en la figura 44 en el histograma de distribución de frecuencias se observa que la mayor distribución de los datos se presentan entre la concentración de 0.5 hasta 17 UTN, representando el 62 % de los datos en éste intervalo.



**Figura 42. Gráfica de caja de turbiedad**



**Figura 43. Percentiles de turbiedad en cada estación de monitoreo**

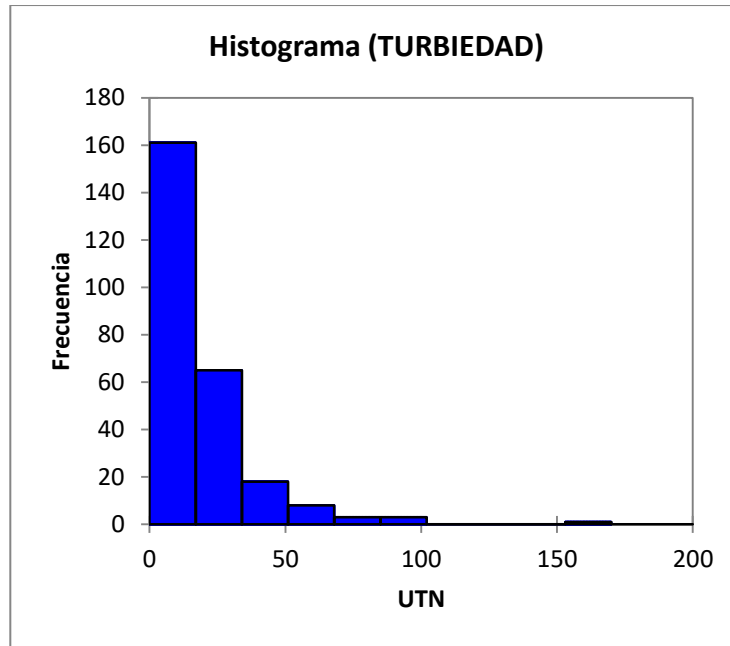


Figura 44. Histograma de frecuencias de los datos de turbiedad

### 3.5. NUTRIENTES

Los nutrientes que fueron analizados en los sitios de muestreo durante los dos periodos (2000-2010; 2012-2015) fueron los nitritos y fósforo total.

Para los nitritos presentados en la figura 45 se presenta la gráfica de cajas en donde se observa un ligero incremento desde aguas abajo de presa Internacional Falcón hasta Matamoros con concentraciones que oscilan de 0.008 a 0.018 mg/L, la mínima concentración fue detectada en todos los sitios con 0.01 mg/L y la máxima fue de 0.113 mg/L detectada en el sitio RBR5111 que se ubica en Puente Internacional Viejo Matamoros; en la figura 46 se presentan los percentiles 25%, 50% y 75%, mientras que en la figura 47 en el histograma de distribución de frecuencias se observa que la mayor distribución de los datos se presentan entre la concentración de 0.01 hasta 0.021 mg/L, representando el 82 % de los datos en éste intervalo.

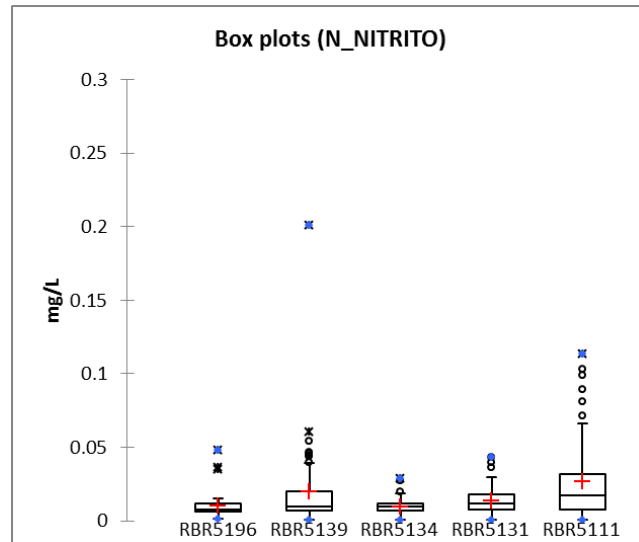


Figura 45. Gráfica de caja de nitritos.

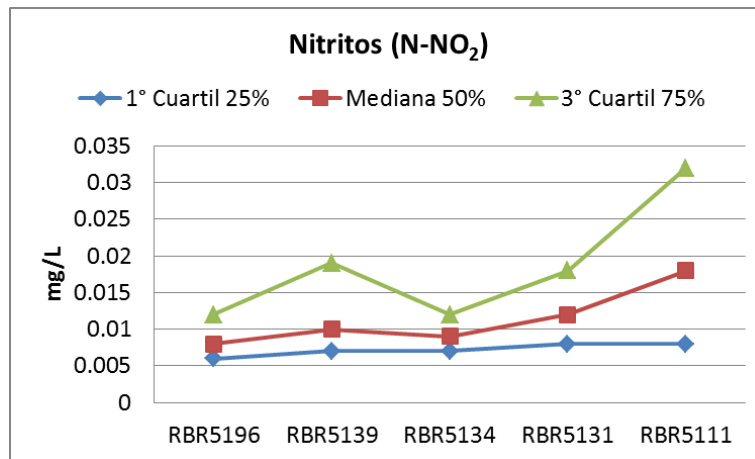
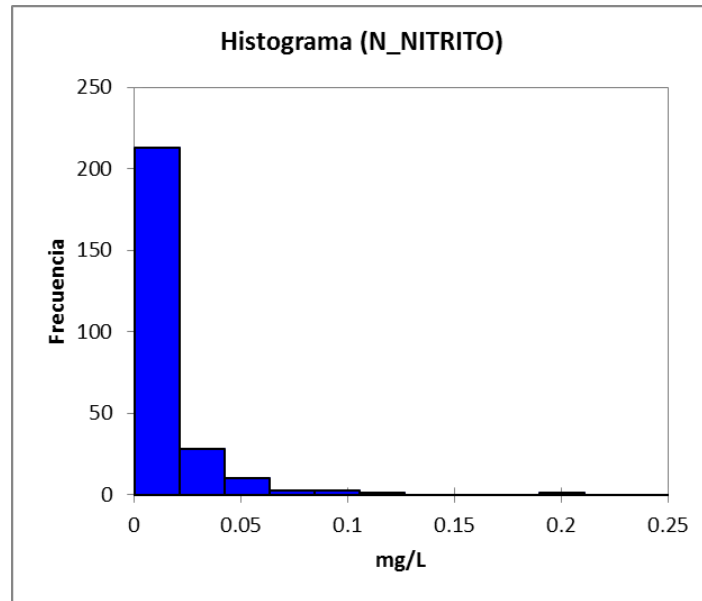
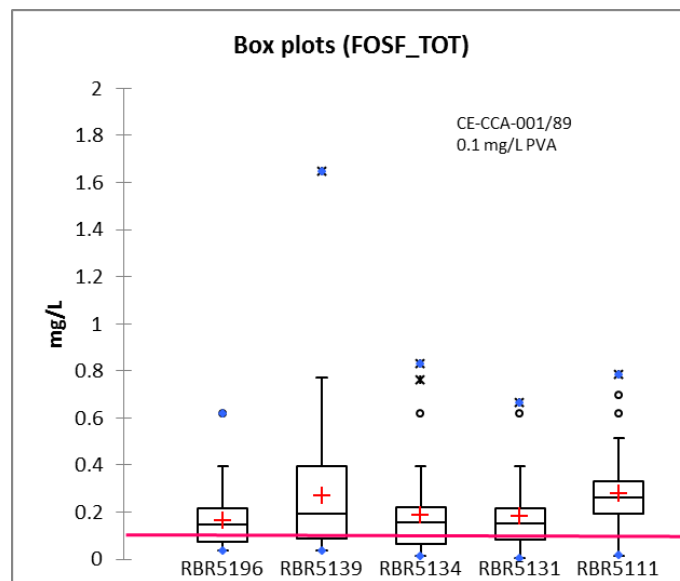


Figura 46. Percentiles de nitritos en cada estación de monitoreo



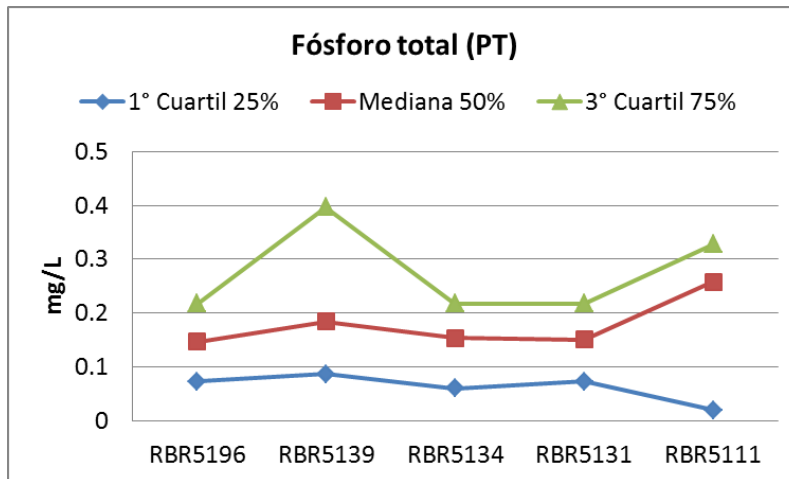
**Figura 47. Histograma de frecuencias de los datos de nitritos.**

El análisis histórico de la concentración de fósforo total en el Bajo río Bravo se presenta en la figura 48 en donde se observa, que la mayoría de los datos se encuentran por arriba del criterio ecológico de calidad del agua para protección de vida acuática (PVA) de 0.1 mg/L, con concentraciones promedio que oscilan de 0.164 a 0.28 mg/L, la mínima concentración fue detectada en el sitio RBR5131, aguas abajo de Puente Internacional Reynosa con 0.003mg/L y la máxima fue de 1.648 mg/L detectada en el sitio RBR5139 que se ubica en Puente Internacional Camargo; en la figura 49 se presentan los percentiles 25%, 50% y 75%, mientras que en la figura 50 en el histograma de distribución de frecuencias se observa que la mayor distribución de los datos se presentan entre la concentración de 0.003 hasta 0.174 mg/L, representando el 47 % de los datos en éste intervalo.

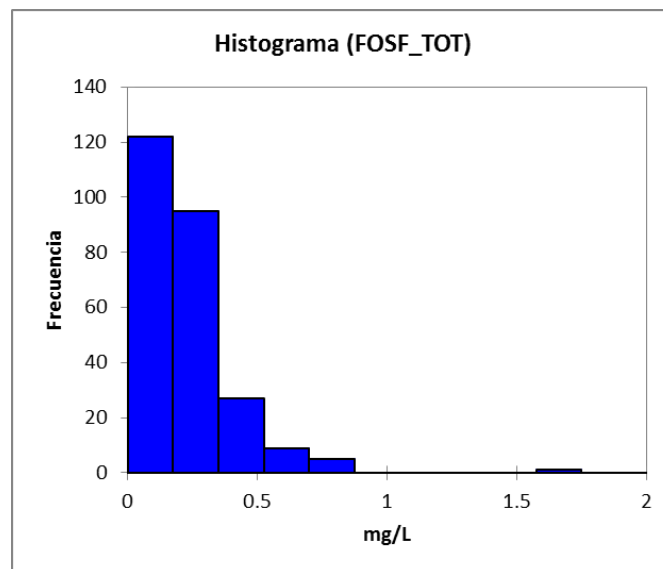


**Figura 48. Gráfica de caja de fósforo total**





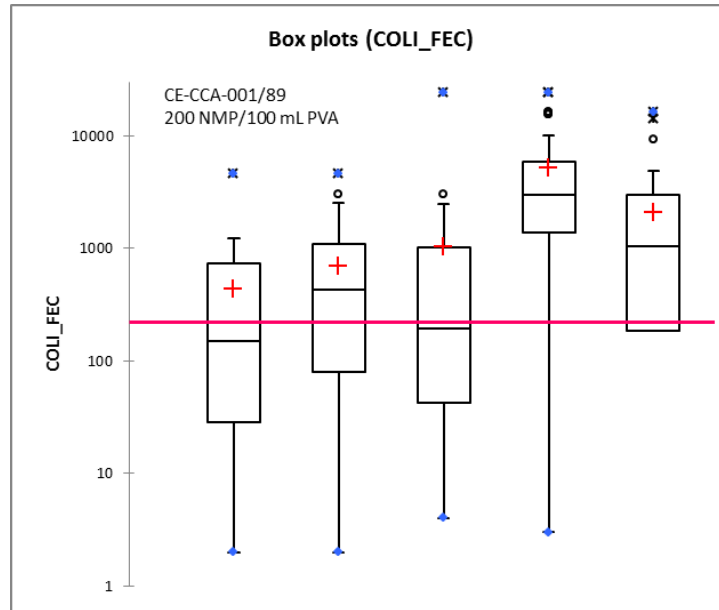
**Figura 49. Percentiles de fósforo total en cada estación de monitoreo.**



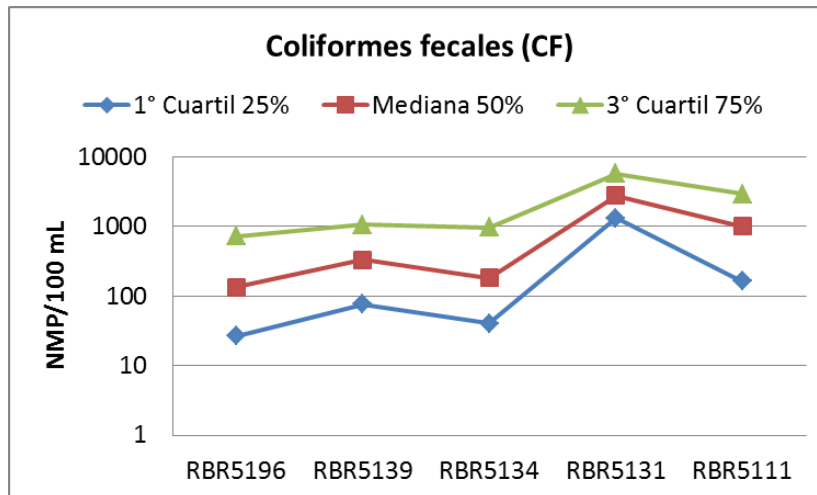
**Figura 50. Histograma de frecuencias de los datos de fósforo total**

La concentración de coliformes fecales en el cauce principal se va incrementando desde aguas abajo de la presa Internacional Falcón hasta aguas abajo Puente Internacional Reynosa (RBR5131) conforme se observa en la figura 51, disminuyendo hacia Puente Internacional Viejo Matamoros. El criterio ecológico de calidad del agua para protección de vida acuática se considera de 200 NMP/100 mL y la mayoría de los datos se encuentran por arriba

del criterio ecológico, ya que la concentración promedio oscilan de 434 hasta 5106 NMP/100 mL. El mínimo valor de 2.0 NMP/100 mL fue detectado en los sitios RBR5196 y RBR5139, que se ubican aguas abajo de la presa Falcón y en ciudad Camargo y la máxima >24 000 NMP/100 mL en RBR5134 y RBR5131 que se ubica aguas arriba y aguas abajo de Puente Internacional Reynosa respectivamente; en la figura 52 se presentan los percentiles 25%, 50% y 75%, mientras que en la figura 53 en el histograma de distribución de frecuencias se observa que la mayor distribución de los datos se presentan entre 2.0 hasta 1000 NMP/100 mL, representando el 62 % de los datos en éste intervalo.



**Figura 51. Gráfica de caja de coliformes fecales**



**Figura 52. Percentiles de coliformes fecales en cada estación de monitoreo**

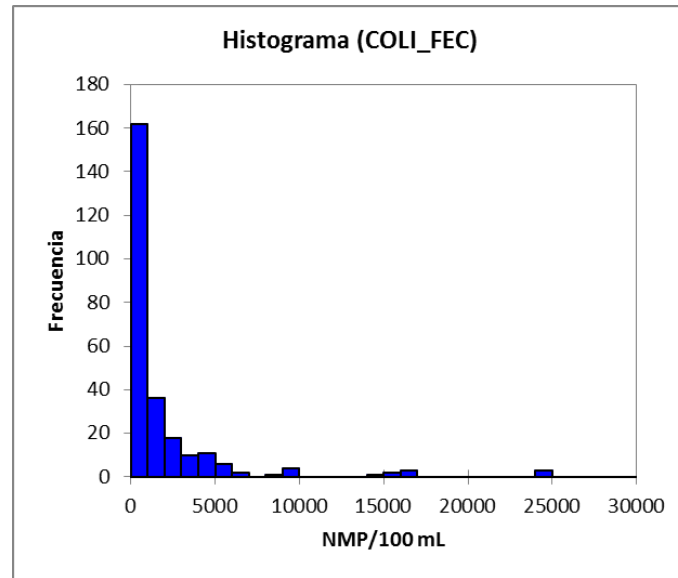


Figura 53. Histograma de frecuencias de los datos de coliformes fecales.

### 3.6. CONCLUSIONES DEL PERIODO DE 2000-2017

De los 16 sitios que tiene establecidos la CONAGUA en su Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua desde el 2012 a 2017, 5 sitios de la Red cuentan con datos desde el 2000 al 2010. El análisis histórico de éstos 5 sitios se resume en las siguientes conclusiones:

Se analizaron un total de 259 datos por parámetro y el comportamiento de la temperatura del agua a lo largo de los 15 años mostró, que la mediana osciló entre 25.1 a 27°C y el 49% de los datos (128) se distribuye entre los 25 y 31°C. Si consideramos que los criterios ecológicos para protección de vida acuática recomiendan condiciones naturales  $\pm 1.5^\circ\text{C}$  y tomando en cuenta los datos de las medianas, la diferencia en temperatura del agua es de 1.9°C, lo cual puede indicar un ligero incremento en el periodo de 15 años de 0.4°C.

La mediana de los datos de pH en el mismo periodo se detectó entre 7.7 y 8.02 unidades de pH y el 73% de los datos (191) se distribuye entre 7.4 y 8.3 unidades de pH. En dos ocasiones en el sitio RBR5131 en los meses de octubre y noviembre (2013, 2012 respectivamente) se registraron dos valores de 9 unidades de pH en el sitio de aguas abajo del Puente Internacional Reynosa.

La mediana de los datos de conductividad específica incrementa ligeramente desde aguas abajo de la presa Internacional Falcón hasta el puente Internacional Viejo Matamoros (902 a 1265  $\mu\text{Scm}^{-1}$ ). El 50% de los datos se distribuye en concentraciones menores a 1000. El valor más alto de 3560  $\mu\text{Scm}^{-1}$  se presentó en el sitio RBR131, coincidiendo con el valor más alto de pH en el mismo sitio.

El oxígeno disuelto en el cauce principal del Bajo río Bravo en el periodo de 15 años la concentración de la mediana varió de 7.8 a 8.0 mg/L, denotando buenas condiciones para la protección de la vida acuática y distribuyéndose el 99% los datos por arriba de 5 mg/L (criterio ecológico).

La mediana de la demanda biológica de oxígeno se presentó entre 3.5 y 4.6 mg/L, por lo que de acuerdo a la clasificación de CONAGUA concentraciones menores de 30 mg/L se consideran como calidad del agua aceptable y

valores entre  $> 3 \leq 6$  son de buena calidad. El 78% de los datos (204) se distribuyen en éste intervalo de concentración.

La demanda química de oxígeno otro indicador de la CONAGUA por el posible aporte de aguas residuales de tipo industrial a los ríos, y tomando en cuenta que la concentración por abajo de 40 mg/L se considera aceptable. El Bajo río Bravo tiene una calidad aceptable, ya que, en el periodo de 15 años, la mediana oscilo de 15.25 a 30.67 mg/L y el 94% de los datos se distribuyeron por abajo de los 40 mg/L.

Los sólidos suspendidos totales también en el Bajo río Bravo se mantienen por abajo del indicador de 150 mg/L considerado como calidad aceptable, y el 98% de los datos se distribuyen por abajo de la concentración de 150 mg/L. La turbiedad que se relaciona con los SST el 62% de los datos se distribuyeron en el intervalo de 0 a 17 UTN.

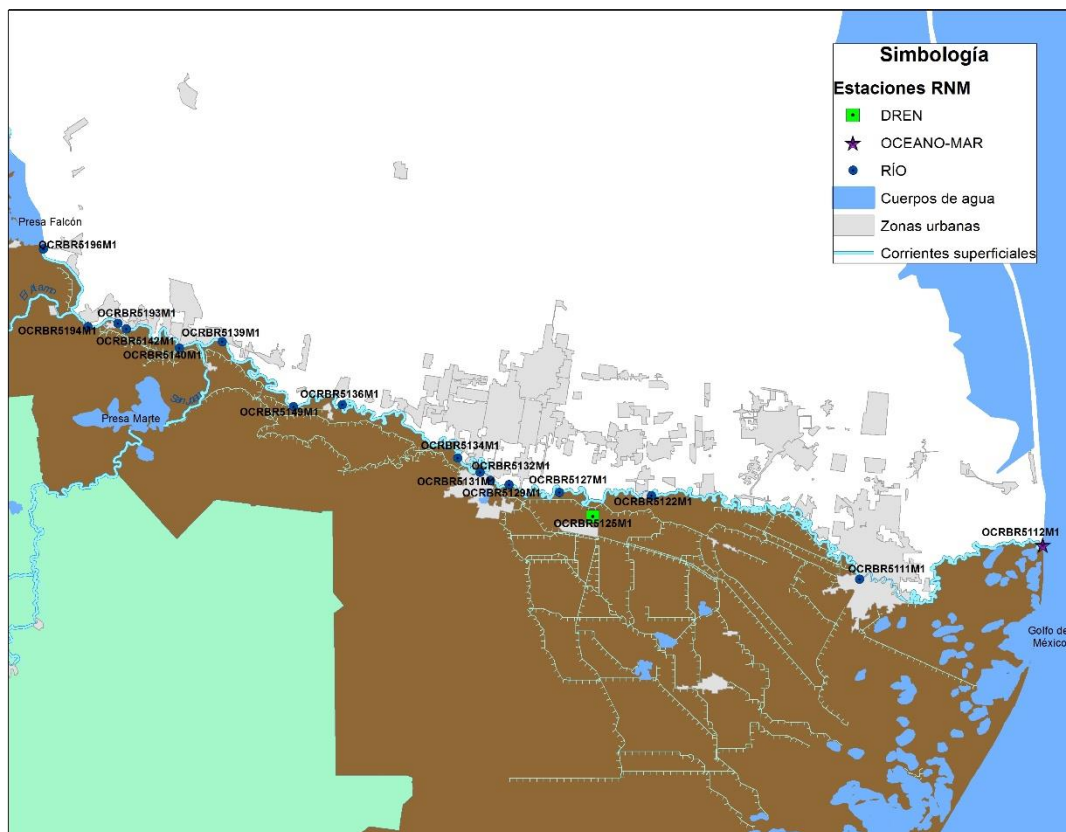
Los nitritos ligeramente incrementan desde aguas abajo de Presa Internacional Falcón hasta el Puente Internacional Viejo Matamoros y el 82% de los datos se distribuyen en el intervalo de 0.01 a 0.021 mg/L.

El fósforo total en el tramo de estudio sigue el mismo comportamiento que los nitritos y en todos los sitios de monitoreo la mediana se encuentra por arriba del criterio ecológico de 0.1 mg/L y cerca del 30% de los datos se distribuyen en el intervalo de 0.003 a 0.1 mg/L. Ambos nutrientes (nitritos y fósforo total) en el sitio RBR5139 (Puente Internacional Camargo) se incrementan pudiendo ser aportados por los drenes de la zona de riego 026 (río San Juan).

En cuanto al aspecto microbiológico la concentración de coliformes fecales se va incrementando hacia aguas abajo en el río y la concentración de 200 NMP/100 mL para protección de vida acuática se cumple en el 33% de los datos.

### **3.7. RED NACIONAL DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA PERIODO 2012-2017**

En la figura 54 se presenta la ubicación de los 16 sitios de monitoreo que la Conagua tienen establecidos desde el 2012 y el análisis de la información de la base de datos histórica se realiza para el periodo de 2012 a 2017.



**Figura 54. Sitios de monitoreo de la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua del periodo 2012-2015.**

La Base de Datos cuenta con resultados de 37 parámetros; siendo 6 de campo, 12 fisicoquímicos, 9 nutrientes, 7 metales, tres microbiológicos y uno de medición del caudal (hidrológico) medidos y analizados en los 16 sitios de monitoreo.

Un total de 10, 173 análisis se realizaron en el periodo de octubre de 2012 hasta junio de 2017.

En la tabla 24, se presentan los resultados promedio de los parámetros analizados.

**Tabla 24. Resumen estadístico por parámetro del conjunto de datos.**

VARIABLE	OBSERVACIONES	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
TEMP_AMB °C	428	11.800	39.000	29.382	5.157
TEMP_AGUA °C	428	14.000	36.000	26.455	3.875
pH_CAMPO (Unidades pH)	428	6.200	9.600	8.036	0.483
CONDUC_CAMPO μS/cm	428	492.000	3560.000	1130.565	323.569
OD_mg/L	428	3.380	12.860	7.651	1.644
COLOR_VER (Pt-Co)	428	2.500	69.000	11.442	5.757
SDT mg/L	428	332.000	52880.000	2930.866	8938.118

VARIABLE	OBSERVACIONES	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
SST mg/L	428	6.000	760.000	48.494	66.870
TURBIEDAD NFT	428	1.800	210.000	24.635	23.259
DBO_TOT mg/L	428	1.525	20.900	3.602	2.616
DQO_TOT mg/L	428	10.000	397.510	22.996	26.550
COT mg/L	428	0.088	46.250	6.029	4.715
DUR_TOT (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	428	187.000	779.000	321.119	76.103
N_NH <sub>3</sub> mg/L	428	0.003	8.376	0.244	0.598
N_NO <sub>3</sub> mg/L	428	0.003	4.670	0.228	0.359
N_NO <sub>2</sub> mg/L	428	0.016	0.590	0.024	0.052
N_ORG mg/L	428	0.2	8.897	0.807	0.865
N_TOT mg/L	428	0.012	9.126	1.319	1.055
ORTO_PO <sub>4</sub> mg/L	428	0.029	2.148	0.044	0.138
P_TOT mg/L	428	0.001	2.321	0.140	0.211
COLI_FEC	428	3.000	24196.000	3758.717	6501.238
E_COLI	428	3.000	24000.000	996.224	3398.170

### 3.8. RESULTADOS DE CALIDAD DEL AGUA DE LA BASE DE DATOS

De acuerdo con la LFD, el cauce del río Bravo en la cuenca baja, se clasifica como cuerpo receptor tipo B, para uso Público Urbano; por lo que se realizó la comparación con los lineamientos de calidad del agua emitidos en la Ley con los resultados obtenidos por la Red Nacional de Medición de Calidad del Agua (RNMCA) en el periodo de 2012 a junio de 2017. Asimismo, también se acordó que, para cumplir con los objetivos del presente proyecto, se evaluó también el Uso en Riego Agrícola, debido a que el agua del río se utiliza para dicho uso. Aunado a lo anterior para algunos parámetros se evaluó para protección de vida acuática utilizando los criterios ecológicos de calidad del agua emitidos en 1989 (CCA-CE-001/86).

En la evaluación del análisis de la Base de Datos y para el caso de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, Coliformes Fecales y *Escherichia coli*, se utilizaron los denominados Indicadores de Calidad del Agua presentados en la Tabla 25 y utilizados ampliamente por la CONAGUA.

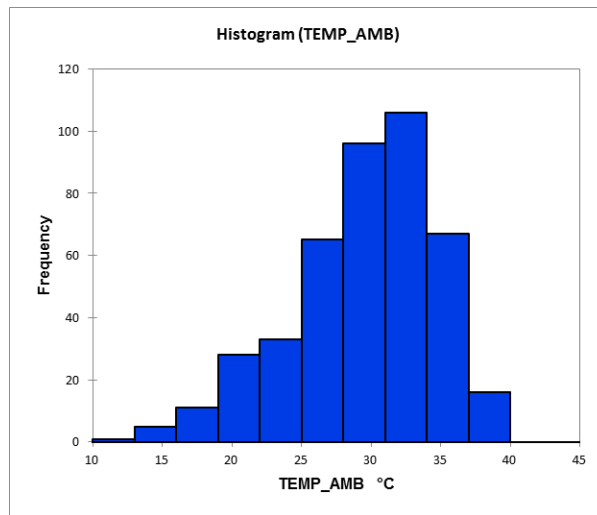
Para cada uno de los parámetros analizados se presentan las gráficas de histogramas que representan la distribución del conjunto de datos, la variabilidad o dispersión, así como también se presentan las gráficas de cajas que dan la información de los percentiles 25, 75 y promedio (50), así como la mediana y los datos extremos. Una gráfica de tendencia para cada parámetro, en donde podemos detectar tendencias positivas, cuando los datos presenten ligero incremento y tendencias negativas, cuando los datos tienen tendencia a la disminución.

**Tabla 25. Indicadores de calidad del agua utilizados por CONAGUA para cuerpos de agua.**

Indicador de calidad del agua Conagua	Excelente	Buena calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg/L	≤3	> 3 - ≤ 6	> 6 - ≤ 30	> 30 - ≤ 120	> 120
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	≤ 10	> 10 - ≤ 20	> 20 - ≤ 40	> 40 - ≤ 200	> 200
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	≤25	> 25 - ≤ 75	> 75 - ≤ 150	> 150 - ≤ 400	> 400
Coliformes fecales NMP/100mL	≤ 100	>100 - ≤200	>200 - ≤1000	>1000 - ≤10000	≥ 10000
Escherichia coli NMP/100mL	≤ 250	>250 - ≤ 500	>500 - ≤1000	>1000 - ≤10000	≥ 10000

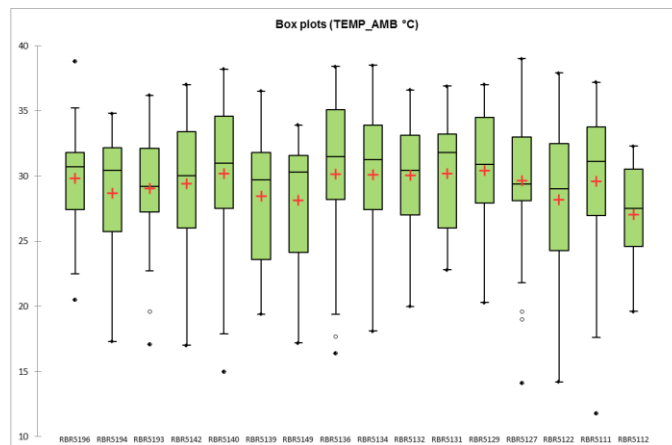
### 3.8.1. Temperatura

La temperatura ambiente en la cuenca Baja del Río Bravo, osciló en los seis años de mediciones, de 11.8 °C hasta 39°C con un promedio de 29.3±5.1°C, en el histograma de frecuencias (Figura 55) el 47% de los datos se encuentran en el intervalo de 25 – 31°C y cerca del 44% de 32 – 40°C, observándose la acumulación de datos en las temperaturas altas.



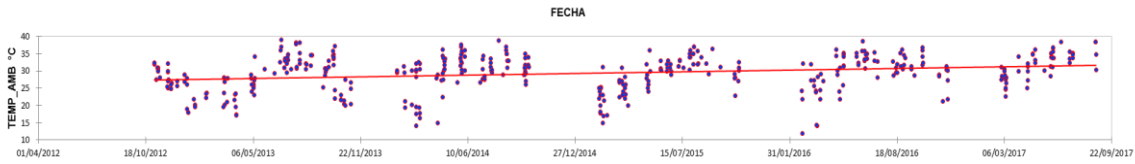
**Figura 55. Histograma de frecuencia de la temperatura ambiente (2012 – 2017)**

La figura 56 presenta la distribución de los datos por sitio de monitoreo, así como los cuartiles 25 y 75, el promedio y mediana del conjunto de datos.



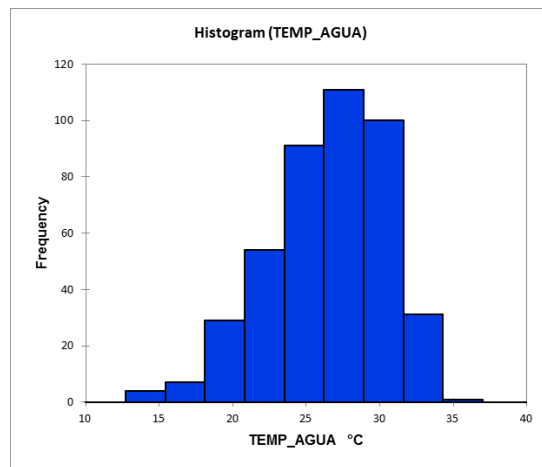
**Figura 56. Distribución de temperatura ambiente por sitio de monitoreo.**

La tendencia de la temperatura ambiente en el periodo evaluado es hacia un ligero incremento como se observa en la figura 57.



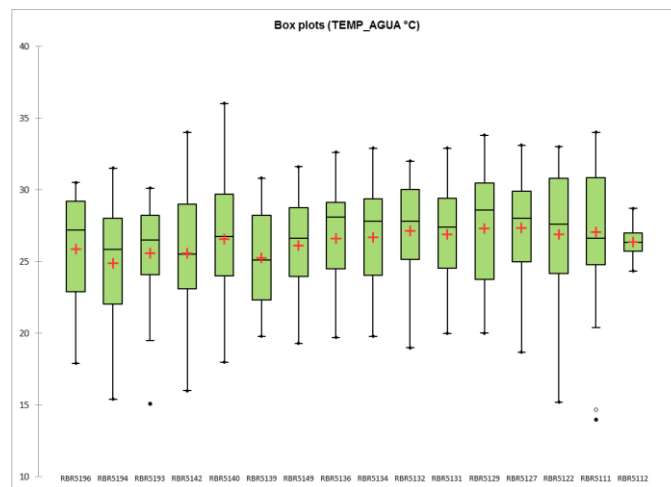
**Figura 57. Tendencia de la temperatura ambiente**

La temperatura del agua oscilo de 14°C hasta 36°C con un promedio de  $26.4 \pm 3.8^\circ\text{C}$ . En el histograma de frecuencia (Figura 58) cerca del 50% del conjunto de datos se distribuyen entre las temperaturas de 26°C a 31°C (211 datos).



**Figura 58. Histograma de frecuencias de la temperatura del agua (2012 -2017)**

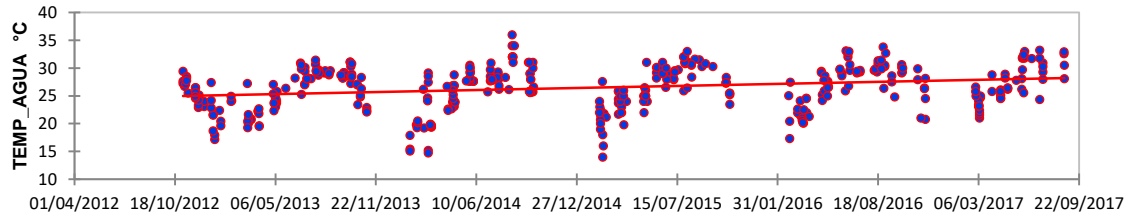
En la figura 59 se observa para cada uno de los sitios de monitoreo la distribución de los datos, los cuales en promedio se encuentran entre los 25 y 27 °C.



**Figura 59. Distribución de temperatura del agua por sitio de monitoreo.**



La tendencia observada en el periodo de seis años es de un ligero incremento como lo observado en la temperatura ambiente (Figura 60).



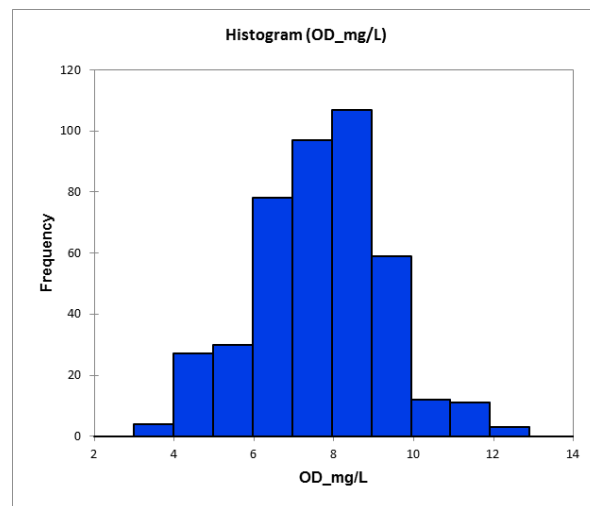
**Figura 60. Tendencia de la temperatura del agua.**

### 3.8.2. Oxígeno Disuelto

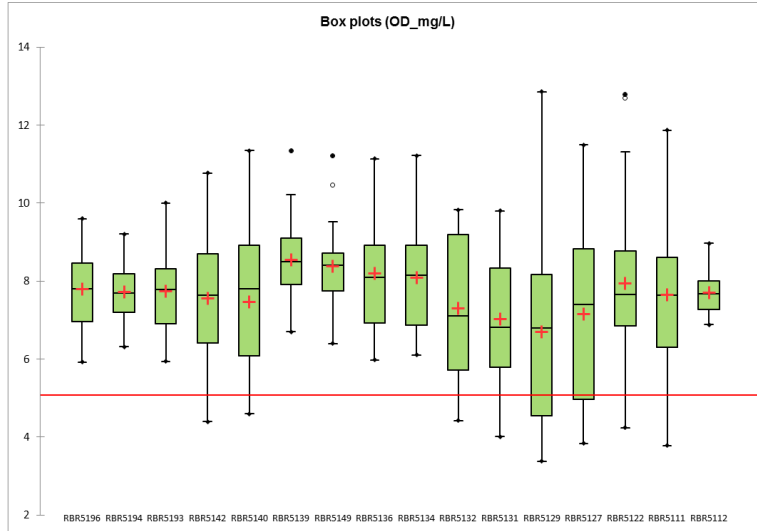
El oxígeno disuelto (OD) se presentó en un intervalo de 3.38 a 12.86 mg/L con un promedio de  $7.65 \pm 1.6$  mg/L. El 93 % de los datos se presentan por arriba de 5 mg/L, considerado como adecuado para protección de vida acuática (PVA)(CE-CCA-001/89) y solo el 7% de los datos estuvieron por abajo de la concentración para vida acuática (Figura 61).

En la figura 62 se observa que los 16 sitios de monitoreo se encuentran con calidad aceptable para el oxígeno disuelto y adecuado para sostener vida acuática, únicamente en los sitios RB5129 y 5127 ubicados aguas debajo de la población de Reynosa es en donde se presentaron concentraciones menores a 5 mg/L.

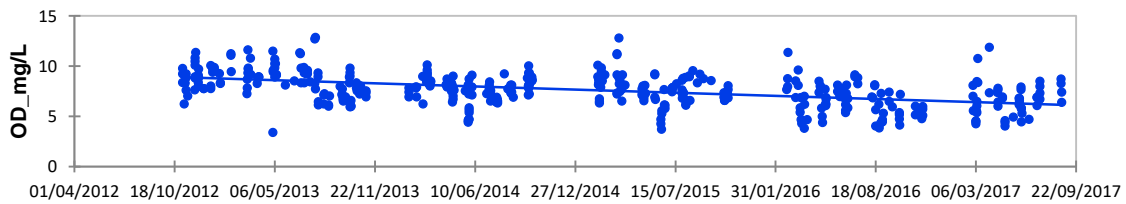
Por lo que respecta a la tendencia en la figura 63 se observa una ligera disminución en la concentración, con respecto al 2012.



**Figura 61. Histograma de frecuencias del oxígeno disuelto (2012 -2017).**



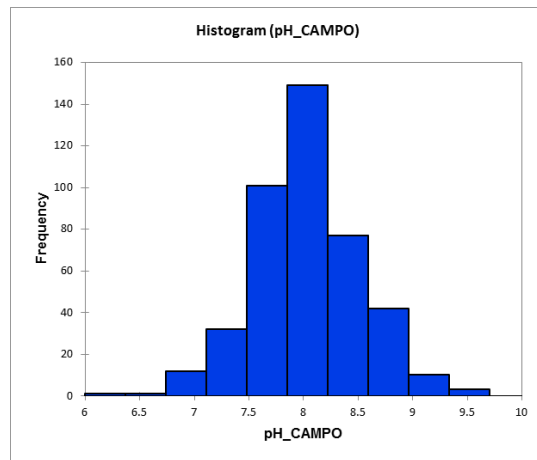
**Figura 62. Distribución de oxígeno disuelto por sitio de monitoreo. Línea roja criterio de calidad para protección de vida acuática 5 mg/L (CE-CCA-001/89).**



**Figura 63. Tendencia del oxígeno disuelto.**

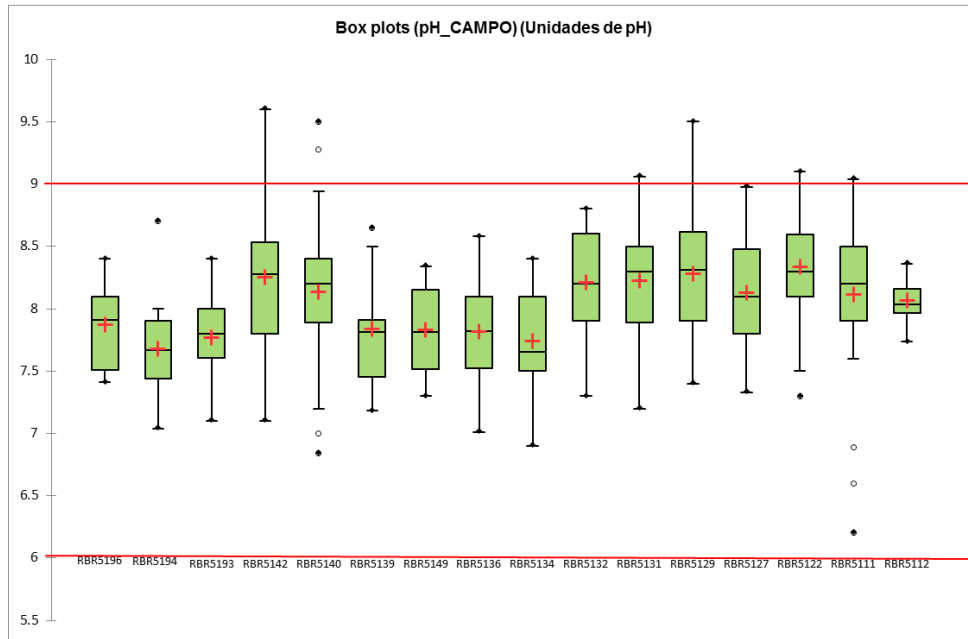
### 3.8.3. Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH presentó valores de 6.2 hasta 9.6 unidades de pH con un promedio de  $8.03 \pm 0.48$ . El 58% de los datos se encuentran en el intervalo de 7.48 a 8.22 como se observa en el histograma de frecuencias, con una distribución normal (Figura 64).



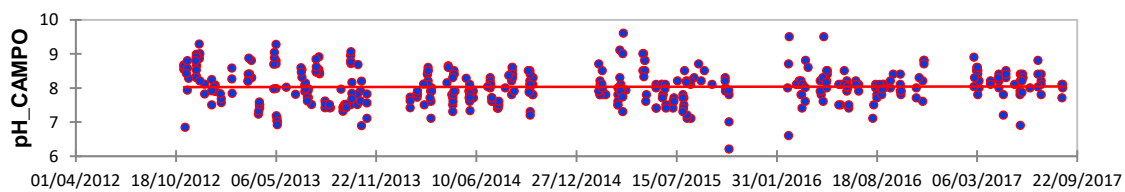
**Figura 64. Histograma de frecuencias del pH (2012 -2017).**

El intervalo que se considera adecuado para el uso del agua para fuente de abastecimiento y riego agrícola es de 6 – 9 pH (LDF, 2017) y para protección de vida acuática es de 6.5 – 8.5; en todos los sitios se presentan valores que se encuentran dentro de éste intervalo, únicamente valores máximos fueron determinados en los sitios RB5142 y RB5129 (Figura 65).



**Figura 65. Distribución del pH por sitio de monitoreo. Líneas rojas criterio de calidad para Fuente de abastecimiento y riego agrícola 6 - 9 (LDF, Conagua).**

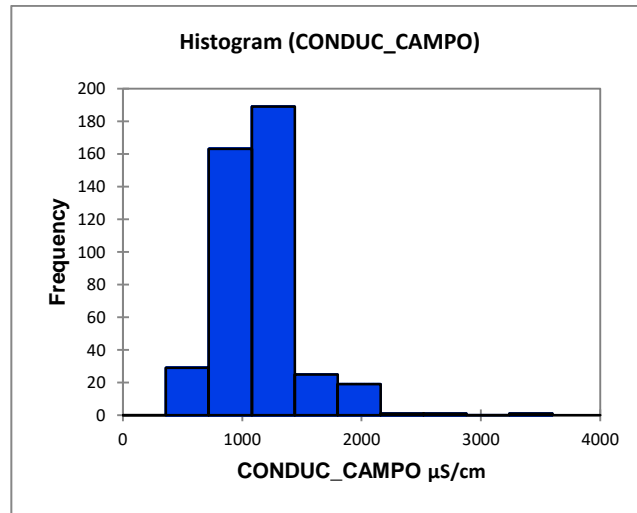
La tendencia que se observa es ligeramente a un incremento como se observa en la figura 66.



**Figura 66. Tendencia del potencial de hidrógeno.**

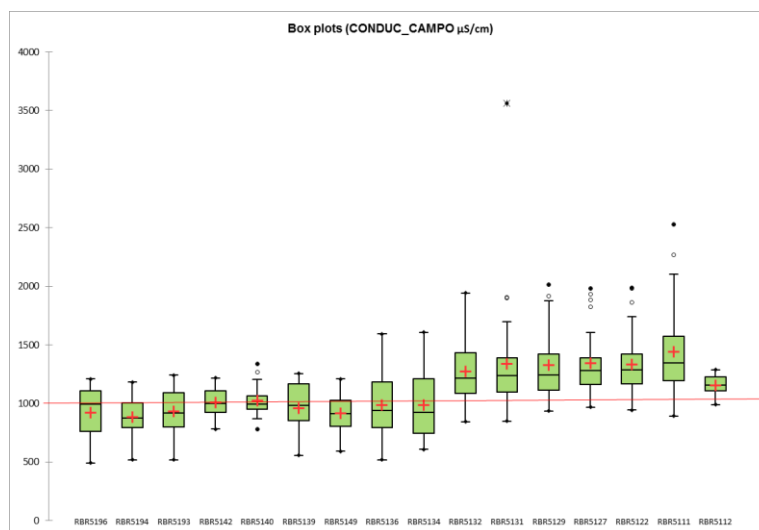
### 3.8.4. Conductividad eléctrica

La conductividad en el periodo evaluado presentó en un intervalo de 492 hasta 3560  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con un promedio de  $1130 \pm 323 \mu\text{S}/\text{cm}$ . El 45% de los datos se distribuyen en concentraciones menores de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el 55% restante arriba de dicha concentración (Figura 67). Es importante mencionar que en el sitio de monitoreo de la desembocadura no fue medida la conductividad debido que se ve afectada por la entrada de agua marina.



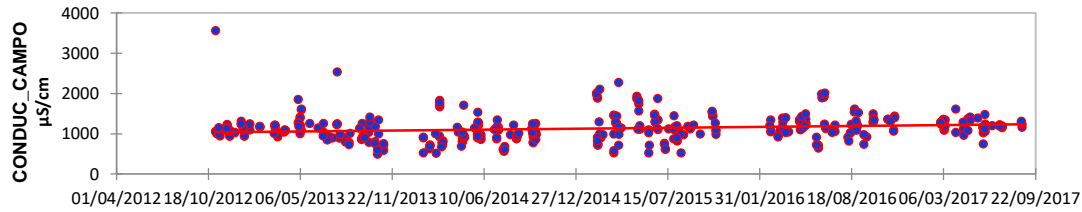
**Figura 67. Histograma de frecuencias de conductividad eléctrica (2012 -2017)**

La distribución de los datos en cada uno de los sitios de monitoreo se presentan en la figura 68, en la cual se observa que a partir del sitio RB5132 (aguas arriba del Puente Internacional Reynosa) se incrementa la conductividad a más de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



**Figura 68. Distribución de la conductividad específica por sitio de monitoreo.**

La tendencia de los datos como se observa en la figura 69 es a un ligero incremento.

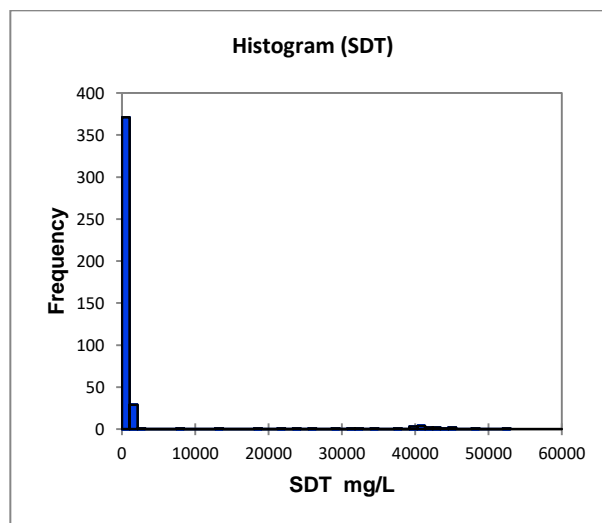


**Figura 69. Tendencia en la conductividad eléctrica.**

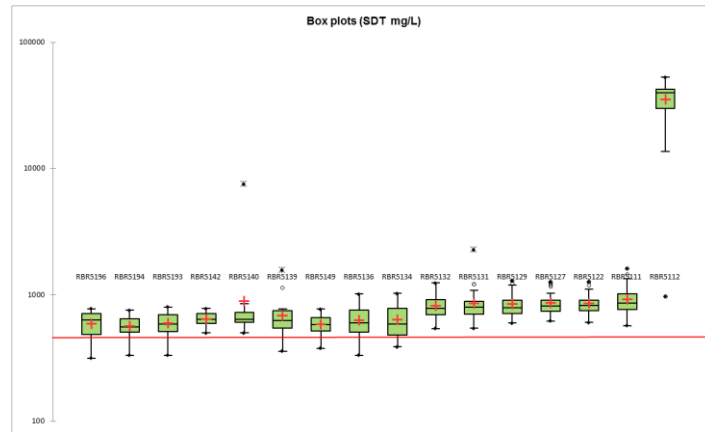
### 3.8.5. Sólidos disueltos totales (SDT)

Los SDT están muy relacionados con la conductividad ya que se refiere a todos los iones presentes en el agua. El histograma de frecuencias concentra el 87% de los datos en el intervalo de < de 1000 mg/L y el 13% en valores mayores a 1000. El mínimo valor fue de 332 y el máximo de 52880 mg/L, determinado este último en el sitio de la desembocadura con el Golfo de México. El promedio es de  $2930.86 \pm 8938.11$  (Figura 70).

La distribución por sitio de muestreo indicando el promedio, cuartiles 25, 75% en la figura de cajas y bigotes (Figura 71), se observa más a detalle que el conjunto de datos están por debajo de los 1000 mg/L y que solo el sitio de la desembocadura RBR5112 por la influencia del agua marina se incrementa considerablemente. Tomando en cuenta que se tiene un criterio o lineamiento para el uso como Fuente de Abastecimiento y Riego agrícola de 500 mg/L, todos los sitios de monitoreo se encuentran por arriba del valor recomendado.

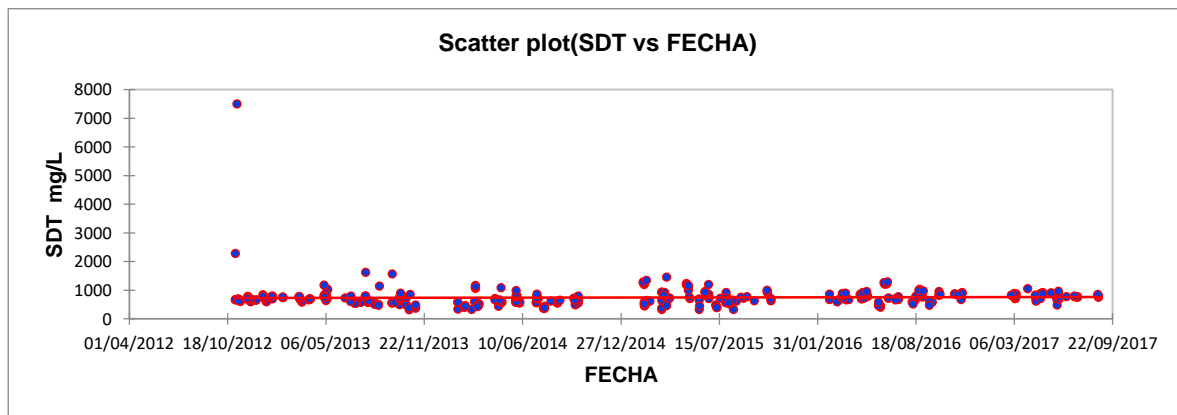


**Figura 70. Histograma de frecuencias de sólidos disueltos totales (2012 -2017)**



**Figura 71. Distribución de sólidos disueltos totales por sitio de monitoreo. Línea roja criterio o lineamiento de calidad para fuente de abastecimiento y riego agrícola 500 mg/L (LFD, 2017).**

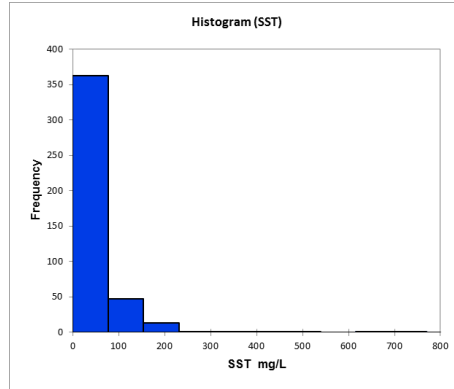
Figura 52. La tendencia de los datos se ha mantenido estable, ya que no se tomaron en cuenta los datos de la desembocadura (Figura 52).



**Figura 72. Tendencia en sólidos disueltos totales.**

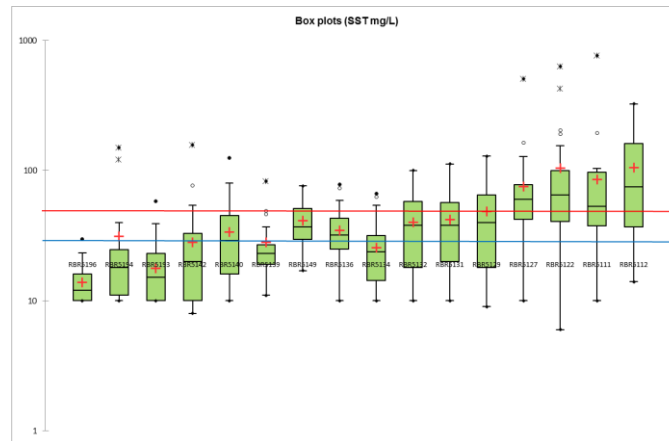
### 3.8.6. Sólidos Suspendidos Totales

Los SST oscilaron de 6 mg/L hasta 760 mg/L, con un promedio de  $48.5 \pm 66.8$  mg/L. Los datos se distribuyeron en el 85% en el intervalo de 0 a 77 mg/L (Figura 73).



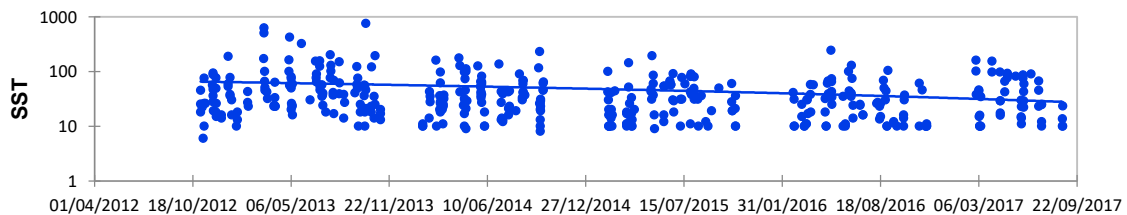
**Figura 73. Histograma de frecuencias de los sólidos suspendidos totales (2012 -2017)**

En la figura 74 se observa la gráfica de cajas y bigotes, la cual presenta los cuartiles del 25% y 75%, así como los valores extremos máximos y mínimos. Los criterios de 30 mg/L PVA y 50 mg/L Fuente de abastecimiento y Riego agrícola en algunos sitios de monitoreo se sobrepasan las concentraciones recomendadas. Los SST son uno de los indicadores de calidad del agua de la CONAGUA, concentraciones mayores a 150 mg/L de SST se considera que el cuerpo de agua se encuentra contaminado. El Bajo río Bravo con éste indicador es considerado de calidad aceptable.



**Figura 74. Distribución de los sólidos suspendidos totales por sitio de monitoreo. Línea azul criterio de calidad para protección de vida acuática 30 mg/L (CE-CCA-001/89). Línea roja para Fuente de abastecimiento y Riego agrícola 50 mg/L (LFD, 2017).**

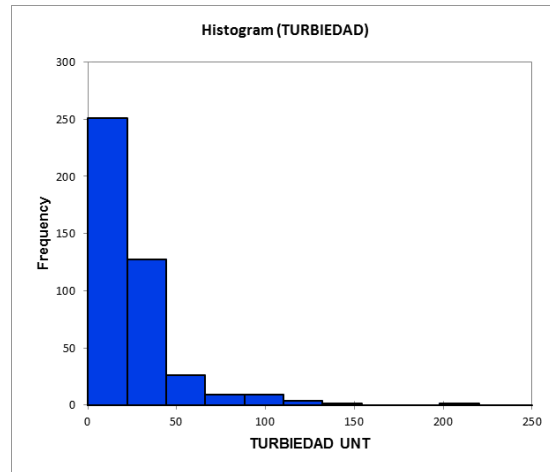
La tendencia que se observa es ligeramente a la disminución (Figura 75).



**Figura 75. Tendencia de los sólidos suspendidos totales.**

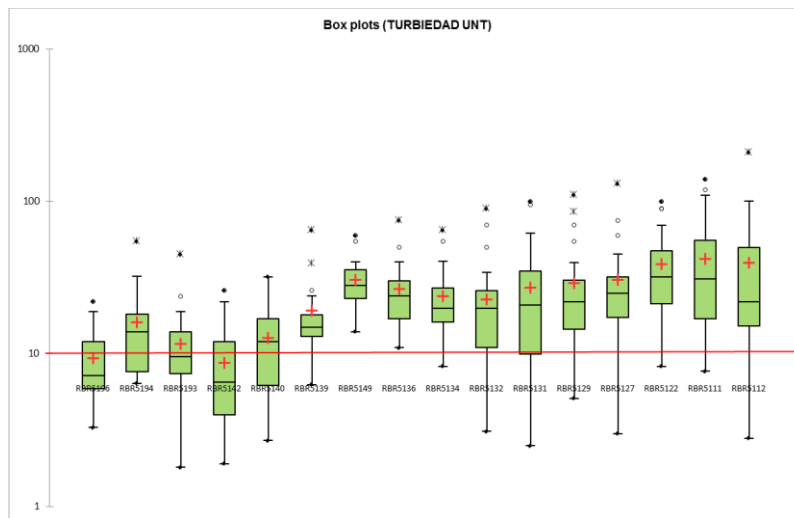
### 3.8.7. Turbiedad

La turbiedad es un parámetro que se relaciona con la cantidad de sólidos suspendidos y disueltos en el agua, así como de fitoplancton presente, ya que el aumento de éstos parámetros influye en la cantidad de turbiedad. En el conjunto de datos el mínimo y máximo valor de turbiedad fue de 1.8 UNT y 210 UNT respectivamente, con un promedio de  $24.6 \pm 23.25$  UNT. El lineamiento para fuente de abastecimiento es de 10 UNT (LFD, 2017), el 59% de los datos se distribuyen en el intervalo de 0 a 22 UNT (Figura 76).



**Figura 76. Histograma de frecuencias de turbiedad (2012 – 2017)**

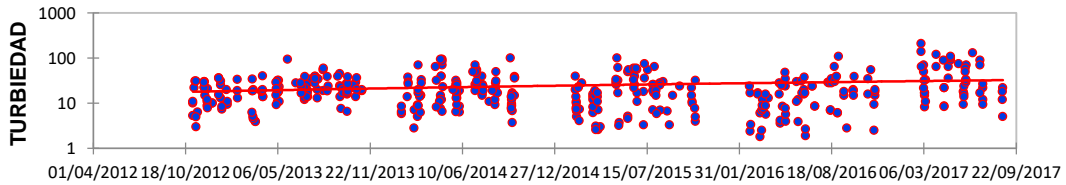
Tomando en cuenta la distribución por sitios de monitoreo solo en tres de ellos el promedio se encuentra por abajo de 10 UNT para fuente de abastecimiento (Figura 77).



**Figura 77. Distribución de turbiedad por sitio de monitoreo. Línea roja lineamiento para fuente de abastecimiento 10 UNT (LFD, 2017).**



La tendencia de los datos se observa ligeramente al incremento (Figura 78).



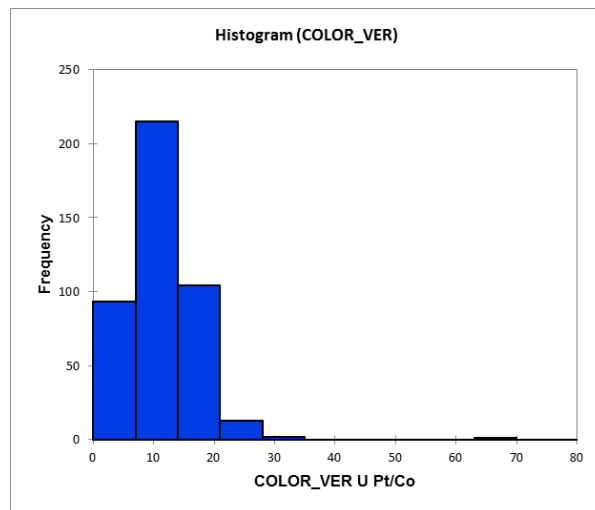
**Figura 78. Tendencia de la turbiedad**

### 3.8.8. Color

Las aguas superficiales pueden estar coloridas debido a la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), humus, materia orgánica y contaminantes domésticos e industriales. El color que en el agua produce la materia suspendida y disuelta, se le denomina "Color aparente", una vez eliminado el material suspendido, el color remanente se le conoce como "Color verdadero" siendo este último el que se mide en Unidades Pt/Co y que es el reportado por la Red Nacional de Monitoreo.

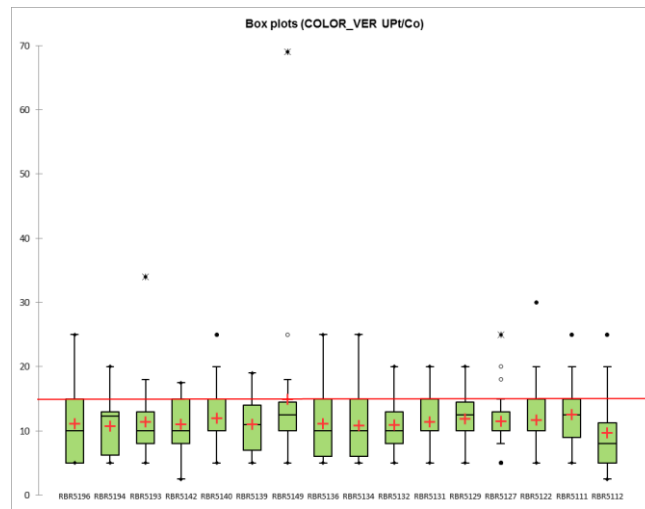
El color osciló en valores de 2.5 hasta 69 UPt/Co con un promedio de  $11.44 \pm 5.75$  U Pt/Co.

El conjunto de datos de color se distribuye en concentraciones menores de 15 U Pt/Co con el 72% y el restante 28% arriba de dicha concentración la cual es recomendada para Protección de Vida Acuática; mientras que un valor de 75 UPt/Co es para fuentes de abastecimiento (LFD, 2017).



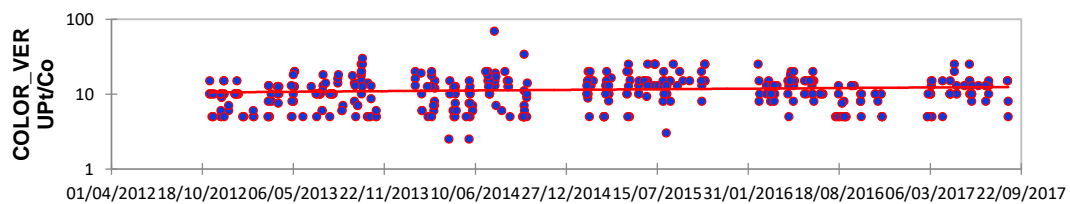
**Figura 79. Histograma de frecuencias del color verdadero (2012 -2017).**

La distribución en cada uno de los sitios de monitoreo se observa en la figura 80, la cual presenta también los cuartiles 25% y 75%, así como los valores extremos determinados en cada sitio. En todos los casos el color se presentó abajo del valor de 15 UPt/Co recomendado para PVA.



**Figura 80. Distribución del color verdadero por sitio de monitoreo. Línea roja lineamiento de calidad del agua protección de vida acuática 15 mg/L (LFD, 2017).**

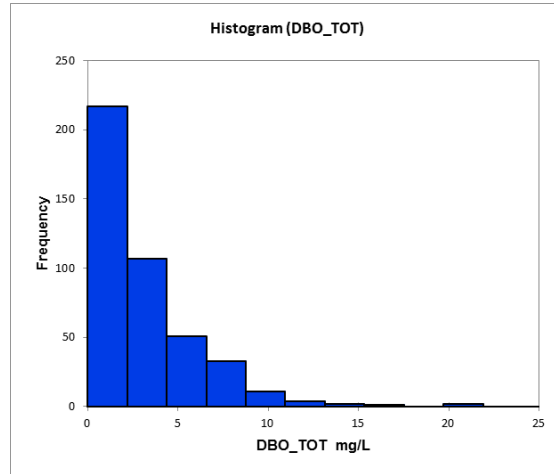
En cuanto a la tendencia que se presenta en el conjunto de datos, no se observa alguna tendencia a lo largo de los cinco años de medición (Figura 81).



**Figura 81. Tendencia del color verdadero.**

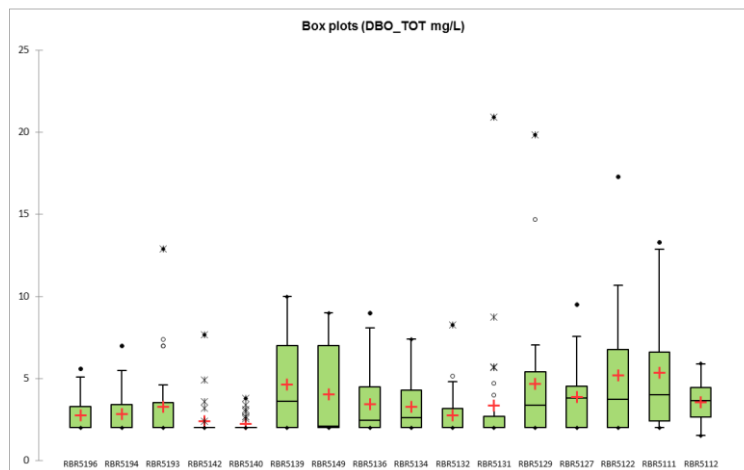
### 3.8.9. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

La concentración de DBO<sub>5</sub> en el Bajo Río Bravo osciló de 1.5 hasta 20.9 mg/L con un promedio de  $3.6 \pm 2.6$  mg/L, lo que denota bajo aporte de materia orgánica. El 76% de los datos se presentan en el intervalo de 0 hasta 2.19 mg/L (Figura 82).



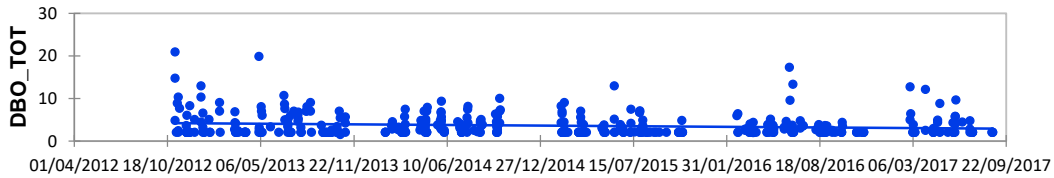
**Figura 82. Histograma de frecuencias de la demanda bioquímica de oxígeno (2012 – 2017).**

La distribución del conjunto de datos por sitio de monitoreo se presenta en la figura 83, en donde se observa que todos los sitios de monitoreo se encuentran por abajo de 10 mg/L, valor considerado por Chapman, 1992 como adecuado para protección de vida acuática. De acuerdo al indicador de la Conagua, concentraciones menores de 6 mg/L se considera que el agua es de Buena calidad.



**Figura 83. Distribución de la demanda bioquímica de oxígeno por sitio de monitoreo.**

La tendencia del conjunto de datos es ligeramente a la disminución en la concentración de DBO (Figura 84).



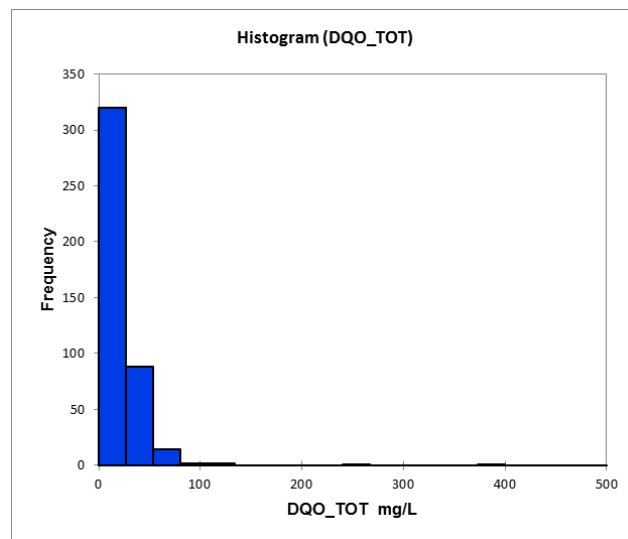
**Figura 84. Tendencia de la demanda bioquímica de oxígeno**

### 3.8.10. Demanda química de oxígeno (DQO).

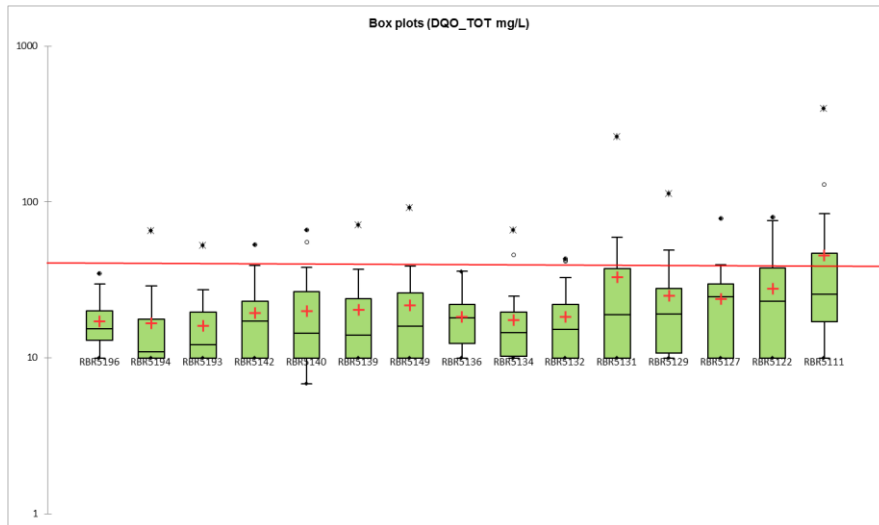
La DQO se analizó sin tomar en cuenta el sitio de la desembocadura del río, ya que la mezcla de agua marina en el sitio altera la composición en la determinación de la DQO en el laboratorio. La concentración mínima fue de 10 mg/L, máxima de 397.5 mg/L y el promedio de  $23 \pm 26.5$  mg/L. El 78% de los datos se distribuyen del mínimo valor hasta 26.6 mg/L (Figura 85).

La DQO como un indicador importante que la CONAGUA utiliza para evaluar los cuerpos de agua superficiales, considera que las concentraciones menores de 40 mg/L indican que la calidad del agua es aceptable.

La distribución de los datos en cada sitio de monitoreo, así como los correspondientes cuartiles para los mismos se observan en la figura 86, y sólo el sitio RBR5111 que se ubica cercano a la ciudad de Matamoros en donde el cuartil 75% rebasa los 40 mg/L, por lo que la calidad del agua en ese sitio está contaminada.

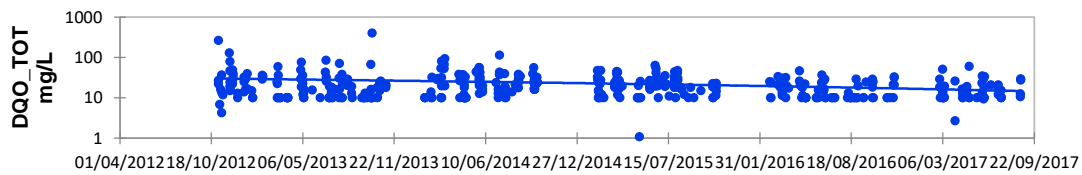


**Figura 85. Histograma de frecuencias de la demanda química de oxígeno (2012 -2017)**



**Figura 86. Distribución de la demanda química de oxígeno por sitio de monitoreo. Línea roja indicador de calidad del agua >40 mg/L contaminado (CONAGUA, 2015).**

La tendencia del parámetro en el tiempo se observa ligeramente que la concentración va disminuyendo (Figura 87).



**Figura 87. Tendencia de la demanda química de oxígeno.**

### 3.8.11. Carbón orgánico total

El Carbón orgánico total (COT) es otro parámetro que indica la cantidad de materia orgánica presente en el agua, ya sea de forma natural o de aportaciones de aguas residuales entre otras, la materia orgánica total en el agua puede ser una indicación del grado de contaminación, particularmente cuando las concentraciones se pueden comparar aguas arriba y aguas abajo de posibles fuentes de contaminación, como aguas residuales o descargas industriales o áreas urbanas. En aguas superficiales, las concentraciones de COT son generalmente menores a 10 mg/L, y en aguas subterráneas menores a 2 mg/L (Chapman, 1996). En la figura 88 se presenta el histograma de frecuencias en donde cerca del 88% de los datos se encuentran en el intervalo de < 10 mg/L coincidiendo con lo reportado por Chapman op. cit.

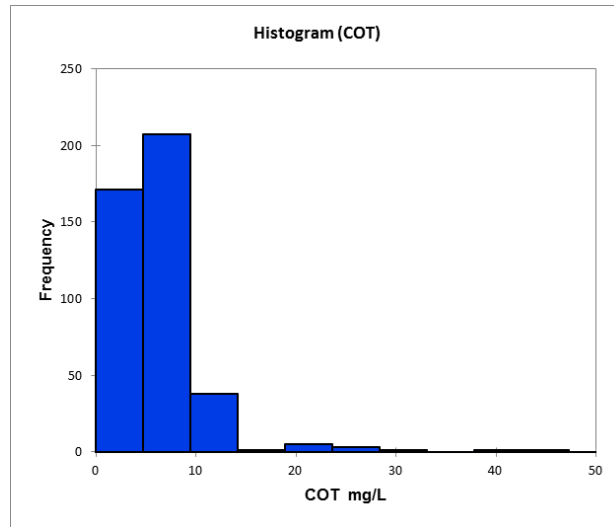


Figura 88. Histograma de frecuencias del Carbón orgánico total (2012 -2017)

En la figura 89 los datos en cada una de los 16 sitios se encuentran por debajo de la línea roja de 10 mg/L en todos los casos.

En la figura 90 se observa que los datos tienen una tendencia a la disminución a lo largo de los cerca de 6 años de análisis.

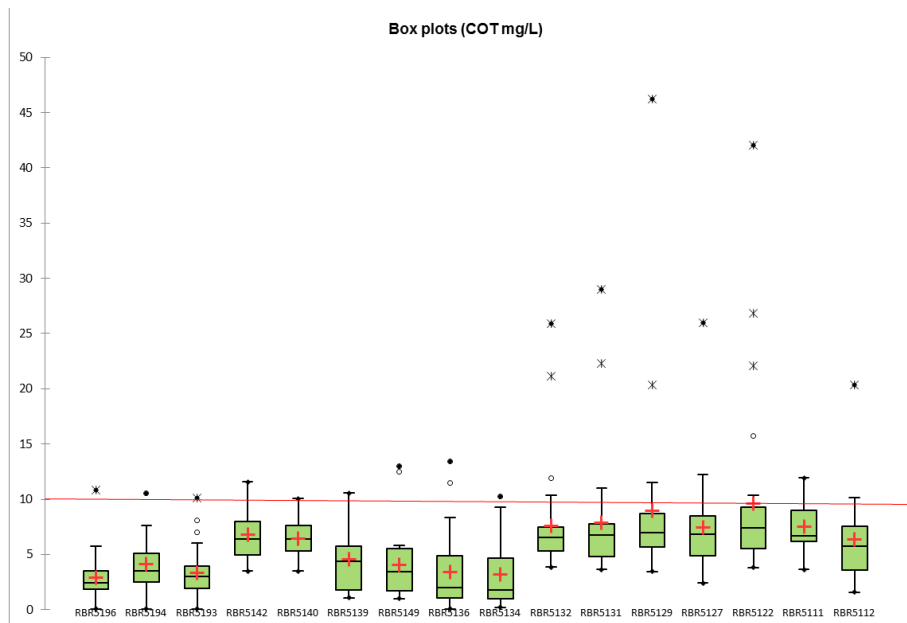


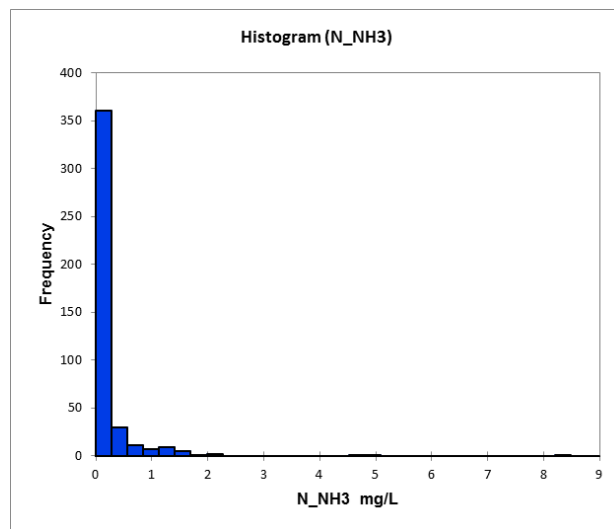
Figura 89. Distribución de Carbón orgánico total por sitio de monitoreo. Línea roja criterio de calidad 10 mg/L (Chapman, 1996).



**Figura 90. Tendencia del carbón orgánico total.**

### 3.8.12. Nutrientes

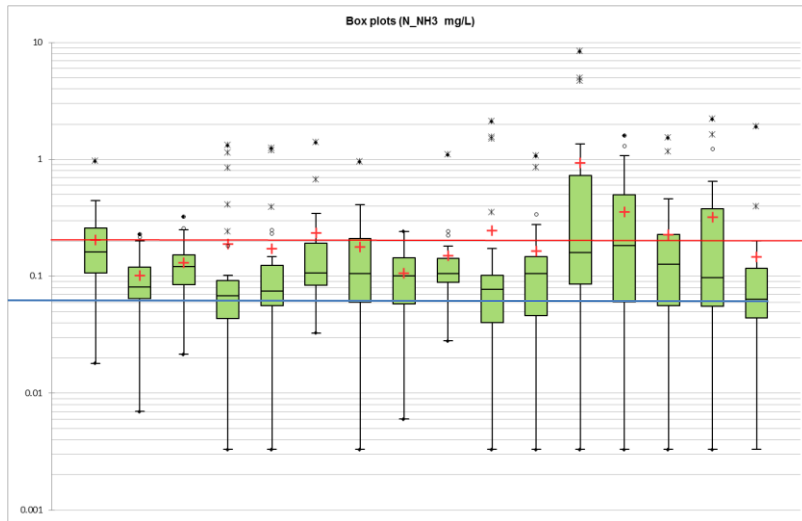
Por lo que respecta a los nutrientes como nitrógeno y fósforo que son esenciales para la vida acuática y que en concentraciones elevadas pueden causar la proliferación de flora y fauna que limite los usos del agua, la Red Nacional de Monitoreo analiza el nitrógeno en las formas de nitrógeno amoniacal, nitratos, nitritos y nitrógeno total. En el ambiente el nitrógeno sufre transformaciones biológicas y no biológicas como parte del ciclo del nitrógeno. En Nitrógeno amoniacal ( $N-NH_3$ ) a ciertos niveles de pH, puede ser tóxicos (amonio no ionizado) para la vida acuática y también puede formar complejos con varios iones metálicos y ser adsorbido dentro de partículas coloidales y en los sedimentos suspendidos y del fondo. Aguas superficiales no contaminadas contienen bajas concentraciones usualmente menos que 0.2 mg/L y pueden alcanzar hasta 3 mg/L. Concentraciones elevadas indican contaminación orgánica por aguas residuales, industriales y fertilizantes. El análisis de frecuencia de los datos de la Red se concentra en el intervalo de 0.003 a 0.28 mg/L con el 84%, denotando que el río Bravo presente condiciones de buena calidad cercanas a aguas no contaminadas (Figura 91).



**Figura 91. Histograma de frecuencias del nitrógeno amoniacal (2012 -2017)**

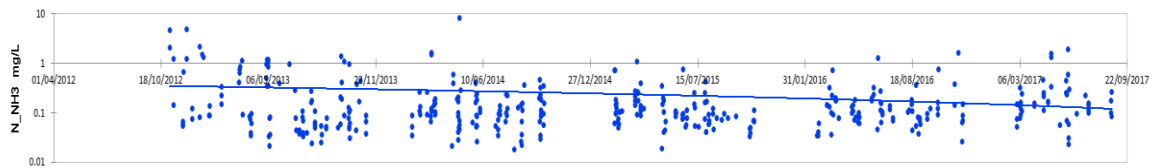
Sin embargo, si tomamos en cuenta el criterio de protección de vida acuática de 0.06 mg/L solo el 19% de los datos cumplen con el criterio ecológico (CE-CCA-01/89).

En la figura 92 los datos se distribuyen en cada uno de los sitios observándose datos extremos, siendo el sitio RBR5129 el que presenta la concentración más alta relacionándose con la cercanía con la población de Ciudad Reynosa.



**Figura 92. Distribución de Nitrógeno amoniacal (N-NH3) por sitio de monitoreo. Línea roja criterio de calidad 0.2 mg/L (Chapman, 1996); línea azul protección de vida acuática (CE-CCA-001/89).**

Por lo que respecta a la tendencia se observa una ligera disminución en la figura 93.

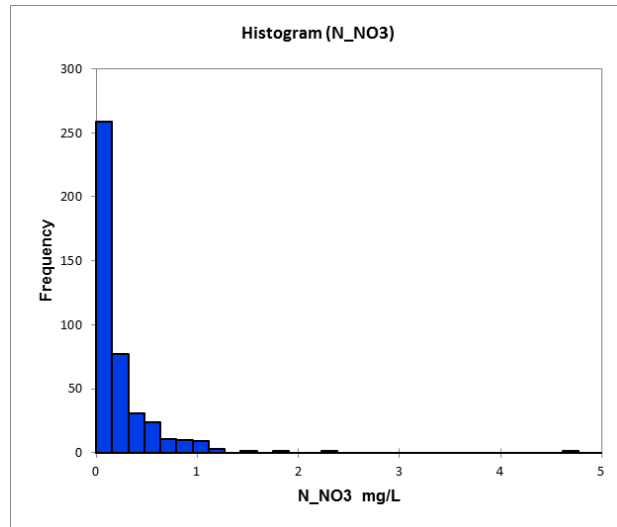


**Figura 93. Tendencia del nitrógeno amoniacal.**

En cuanto al nitrógeno de nitratos otra de las formas que es una fuente natural en el agua superficial y se origina del desgaste de las rocas ígneas, lavado de tierras y del detritus de plantas y animales. Concentraciones naturales rara vez exceden 0.1 mg/L en el agua y concentraciones que exceden los 5 mg/L se considera limitada para su uso como fuente de suministro de agua potable y es un indicador de contaminación por residuos animales y humanos, así como de fertilizantes.

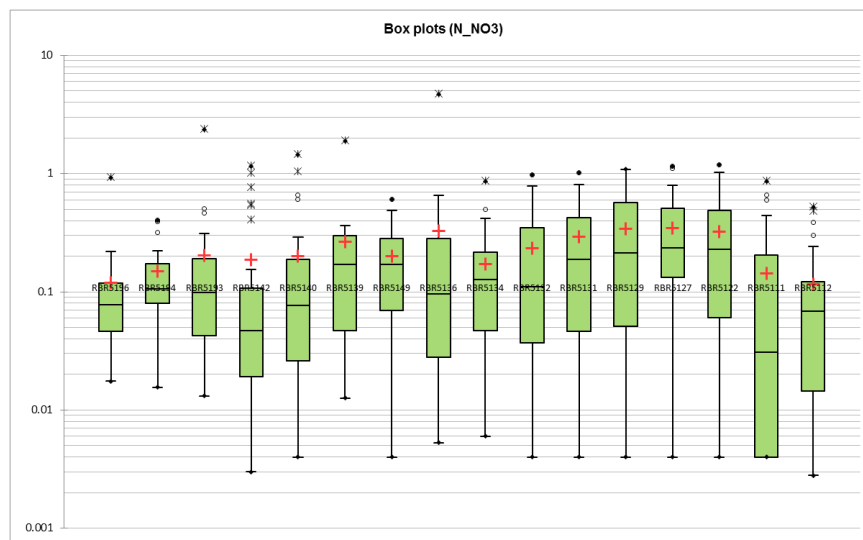
La distribución de los datos en histogramas de frecuencias presenta el 60% de los datos entre 0.003 hasta 0.15 mg/L (Figura 94).





**Figura 94. Histograma de frecuencias del nitrógeno de nitratos (2012 -2017)**

Los resultados mostrados en la figura 95 del análisis de cajas y bigotes muestran el comportamiento al mostrar un ligero aumento a partir del sitio RBR5132 donde se ubica la Ciudad de Reynosa.



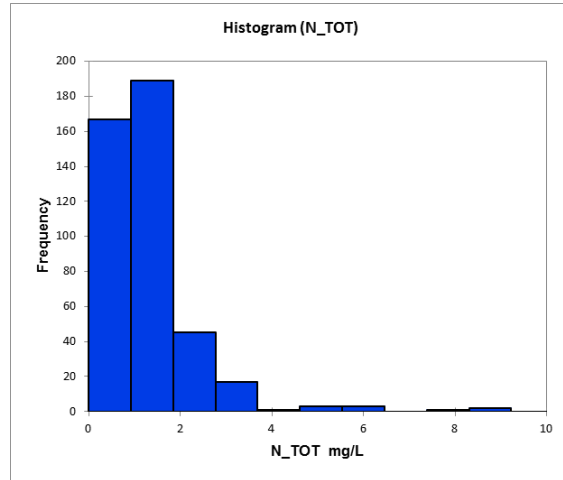
**Figura 95. Distribución de Nitrógeno de nitratos (N-NO3) por sitio de monitoreo.**

La tendencia de los datos en los seis años de monitoreo es a un ligero incremento en la concentración de los nitratos en el agua del río Bravo, siendo influenciado por las actividades humanas que, de acuerdo a Chapman, 1996 frecuentemente son valores < 1 mg/L (Figura 96).



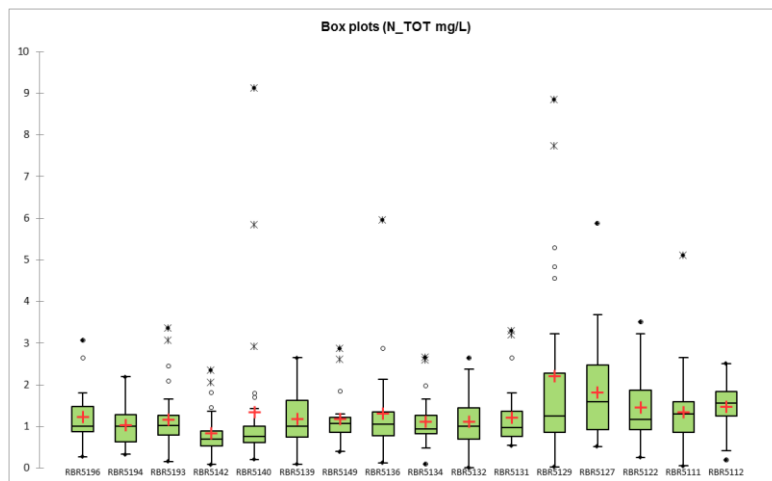
**Figura 96. Tendencia del nitrógeno de nitratos.**

El nitrógeno total que se obtiene de la suma de las formas del nitrógeno (NTkjeldahl + NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>) en la literatura no existe un criterio o límite en concentración. Los datos analizados en el histograma de frecuencias muestran que del valor mínimo detectado 0.012 mg/L hasta 0.92 mg/L, los datos representan el 39% y concentraciones de 0.92 hasta 1.8 mg/L representan el 44% de los datos que en conjunto representan el 83 % de los datos analizados (Figura 97).



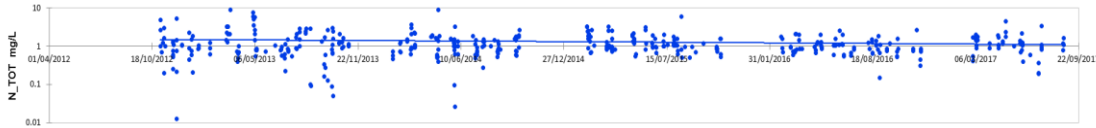
**Figura 97. Histograma de frecuencias del nitrógeno total (2012 -2017)**

La distribución de los datos en cada uno de los sitios de monitoreo se presenta en la figura 98, donde se observa que el promedio de cada sitio se presente entre las concentraciones de 1 hasta 2 mg/L.



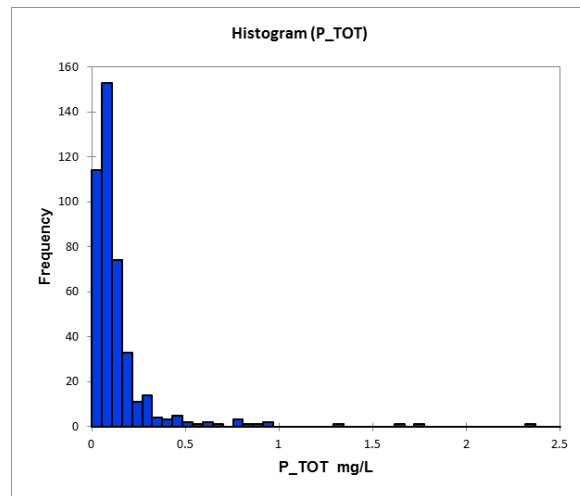
**Figura 98. Distribución de Nitrógeno total (N-Tot) por sitio de monitoreo.**

En cuanto a la tendencia que se observa en la figura 99, existe una ligera disminución a lo largo de los seis años de monitoreo.



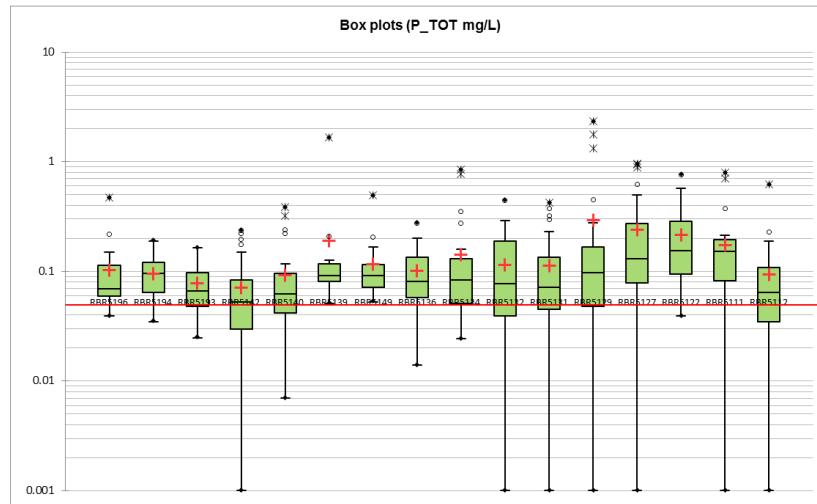
**Figura 99. Tendencia del nitrógeno total**

Por lo que respecta al fósforo total en aguas naturales la fuente de aporte es principalmente de la meteorización de las rocas que contienen fósforo y la descomposición de la materia orgánica. Las aguas residuales domésticas (particularmente las que contienen detergentes), los efluentes industriales y la escorrentía de fertilizantes contribuyen a elevar los niveles en las aguas superficiales. El fósforo asociado con los componentes orgánicos y minerales de los sedimentos en los cuerpos de agua también puede ser movilizado por bacterias y liberado a la columna de agua. El fósforo se encuentra raramente en altas concentraciones en aguas dulces ya que las plantas lo absorben activamente. Como resultado, puede haber fluctuaciones estacionales considerables en las concentraciones en aguas superficiales. En la mayoría de las aguas superficiales naturales, el fósforo oscila entre 0.005 y 0.020 mg/L PO<sub>4</sub>-P. Se pueden encontrar concentraciones tan bajas como 0.001 mg/L PO<sub>4</sub>-P en algunas aguas prístinas (Chapman, 1996). Los criterios ecológicos para protección de vida acuática recomiendan concentraciones de 0.05 mg/L (CE-CCA-01/89). Tomando como base los criterios ecológicos el histograma de frecuencias muestra que niveles por debajo de 0.05 mg/L se presentaron en el 27% de los datos y de 0.05 hasta 0.1 mg/L en el 36% del conjunto de los datos (Figura 100).



**Figura 100. Histograma de frecuencias del Fósforo total (2012 -2017)**

La concentración de 0.05 mg/L considerada en los criterios ecológicos para protección de vida acuática en todos los sitios de monitoreo sobrepasan el valor, por lo que se podría suponer que el aporte podría provenir de los fertilizantes utilizados en la agricultura (Figura 101). Aun cuando la concentración es mayor en todos los sitios, la gráfica de tendencia de la figura 102 muestra una ligera disminución.



**Figura 101. Distribución de Fósforo total (P-Tot) por sitio de monitoreo. Línea roja criterio ecológico para PVA (0.05 mg/L)(CE-CCA-01/89)**



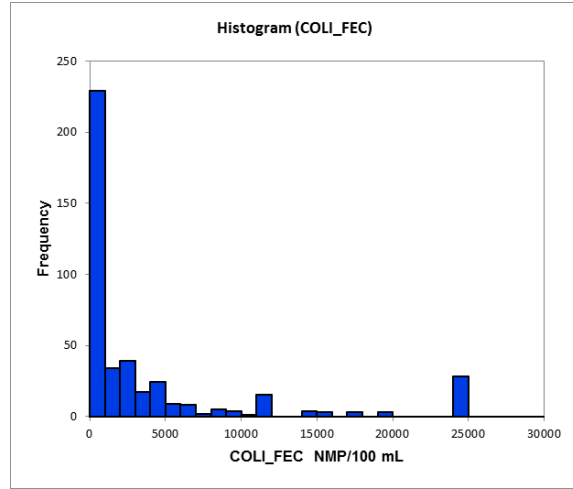
**Figura 102. Tendencia del fósforo total**

### 3.8.13. Microbiológicos

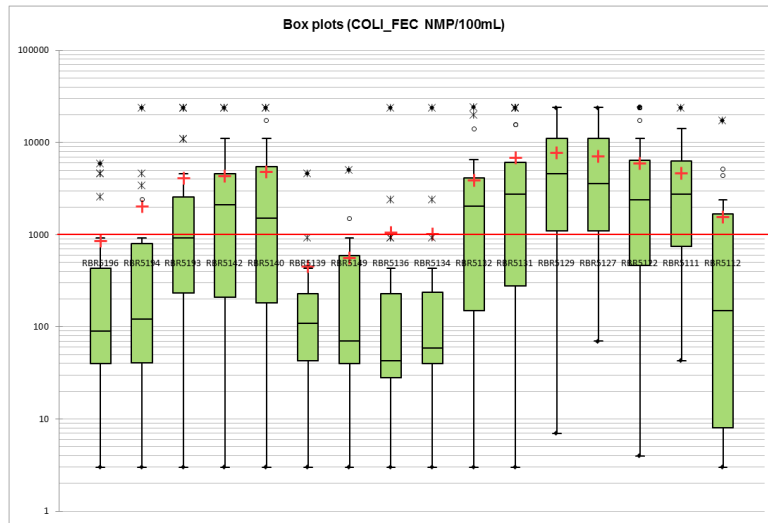
La contaminación de cuerpos de agua por excretas animales y de humano introduce un riesgo de infección para aquellos que usan el agua para bebida, preparación de alimentos, higiene personal e incluso recreación. El agua del Bajo río Bravo es utilizada como fuente de agua potable para la población y antes de ser distribuida se lleva a cabo un proceso de potabilización.

Tomando en cuenta las concentraciones de coliformes fecales en el río, así como el criterio ecológico para protección de vida acuática de 1000 NMP/100mL, el 53% de los datos cumplen con el criterio y el restante 47% lo sobrepaso (Figura 103). De acuerdo al indicador de la Conagua se considera calidad aceptable < de 1000 NMP/100mL.

En la figura 104 se observa la distribución de los datos en la gráfica de cajas y bigotes, en donde existen cinco sitios de monitoreo que cumplen en promedio con el criterio de < de 1000 NMP/100mL; uno aguas abajo de la presa Internacional Falcón y los cuatro restantes se ubican entre aguas abajo del aporte del Dren Rancherías RBR5140 hasta el sitio RBR5134 ubicado antes de la Ciudad de Reynosa.



**Figura 103. Histograma de frecuencias del Coliformes fecales (2012 -2017)**



**Figura 104. Distribución de Coliformes fecales (CF) por sitio de monitoreo. Línea roja criterio ecológico para PVA (1000 NMP/100mL)(CE-CCA-01/89).**

La tendencia que se observa en la figura 105 es a un ligero incremento en la concentración de coliformes fecales con el tiempo.



**Figura 105. Tendencia en Coliformes fecales.**

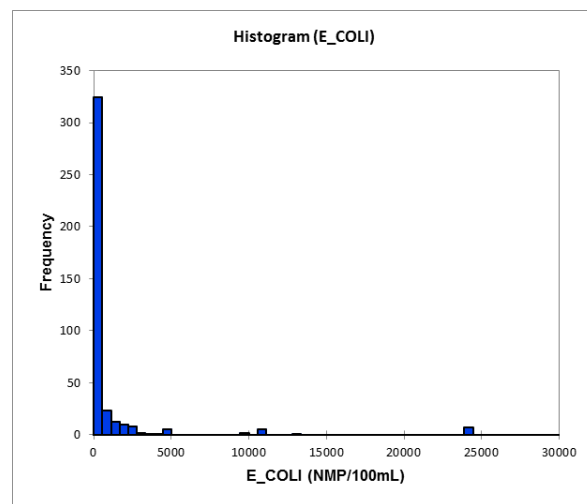
Las aguas residuales municipales crudas típicas pueden contener de 10 a 100 millones de bacterias coliformes (bacterias que se originan en el tracto intestinal) por 100 mL, y de 1 a 50 millones de *Escherichia coli* o estreptococos fecales por 100 mL. Los diferentes niveles de tratamiento de aguas residuales pueden reducir esto en un factor de 10 a 100 y las concentraciones se reducen aún más después de la dilución en las aguas receptoras.

De acuerdo con Chapman, 1996 “La práctica de la aplicación de aguas residuales en el cultivo de tierra agrícola, en particular las aguas residuales mal tratadas, puede conducir a la contaminación de patógenos de las aguas superficiales y subterráneas. La contaminación del agua superficial suele ser el resultado de una pulverización o escorrentía descuidada, y la contaminación del agua subterránea surge de la rápida filtración a través de los suelos. Otras fuentes de patógenos son la escorrentía y los lixiviados de los rellenos sanitarios y los sitios de eliminación de desechos sólidos urbanos que contienen material fecal de animales domésticos y humanos. El uso de cuerpos de agua por el ganado doméstico y la vida silvestre también es una fuente potencial de patógenos. La supervivencia de patógenos microbiológicos, una vez vertidos en un cuerpo de agua, es muy variable dependiendo de la calidad de las aguas receptoras, particularmente la turbidez, los niveles de oxígeno, los nutrientes y la temperatura.”

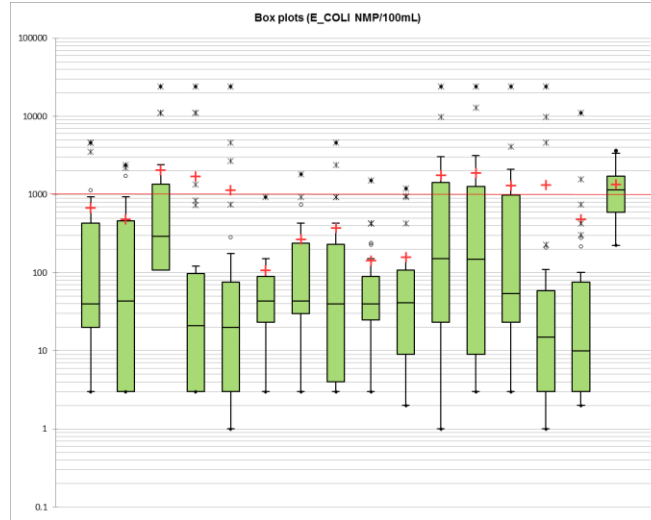
La misma autora comenta que los conteos de bacterias de origen fecal en ríos y lagos de todo el mundo que sufren poco impacto humano varían de <1 a 3000 organismos por 100 ml. Sin embargo, los cuerpos de agua en áreas de alta densidad poblacional pueden presentar resultados de hasta 10 millones de organismos por cada 100 mL. Así, como menos de  $10^3$  coliformes por 100 mL presentan poco riesgo de enfermedades intestinales, el riesgo de transmisión viral por infecciones siempre permanece.

*Escherichia coli* es uno de los patógenos causantes de enfermedades gastrointestinales y tomando en cuenta el factor de menor riesgo de 1000 NMP/100mL, los sitios de monitoreo en el 85% de los casos estuvieron < a los 1000 NMP/100mL, considerado por Conagua como calidad Aceptable. Y el 15% sobrepasó el valor (Figura 106). La distribución por sitio de muestreo se refleja en la figura 107 y si tomamos en cuenta el valor de la mediana 15 sitios están con valores < 1000 NMP/100mL, relacionándose con poco riesgo de enfermedades gastrointestinales.

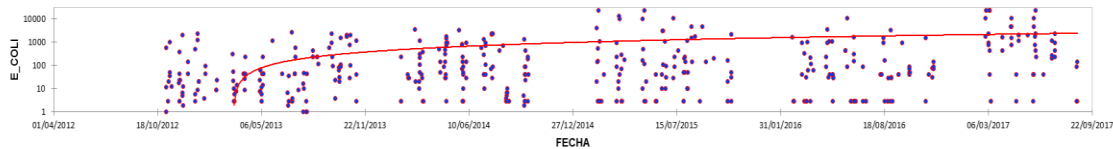
La gráfica de tendencia de la figura 108, muestra un ligero incremento a lo largo de los seis años de monitoreo.



**Figura 106. Histograma de frecuencias del Escherichia coli (2012 -2017).**



**Figura 107. Distribución de Escherichia coli (EC) por sitio de monitoreo. Línea roja criterio de 1000 NMP/100mL)(Chapman, 1996).**



**Figura 108. Tendencia en Escherichia coli.**

### 3.9. CONCLUSIONES DE LA RED DE MONITOREO 2012-2017

En el periodo de monitoreo un total de 10, 173 análisis se realizaron de octubre de 2012 hasta junio de 2017 con 428 datos observados por sitio de monitoreo.

El oxígeno disuelto en el agua es de calidad aceptable para la vida acuática con una ligera disminución en el tramo de aguas abajo de Ciudad de Reynosa, coincidiendo con un incremento en la conductividad.

Los sólidos disueltos totales que son un indicador para el uso en riego agrícola se presenta a lo largo del Bajo Río Bravo valores mayores de 500 mg/L.

Los sólidos suspendidos totales se consideran de buena calidad en todos los sitios de monitoreo al presentar valores menores de 150 mg/L. Mientras que la turbiedad en la mayoría de los sitios el criterio de 10 UTN para uso como fuente de abastecimiento fue sobrepasado en promedio.

El aporte de materia orgánica que presenta el Bajo Río Bravo medida como DBO, DQO y COT es de buena calidad, ya que las concentraciones promedio son bajas.

En cuanto a los nutrientes uno de los parámetros que se relacionan con aporte de descargas de aguas residuales es el nitrógeno amoniacal, el cual se incrementa en los sitios influenciados por las poblaciones como Reynosa y Matamoros; mientras que el fósforo en todos los sitios se presentan concentraciones mayores para protección de vida acuática, siendo posiblemente el aporte por fertilizantes agrícolas.

En el aspecto microbiológico la calidad del agua del Bajo Río Bravo se considera aceptable.



## CAPÍTULO 4 . DIAGNÓSTICO CALIDAD DEL AGUA

Los resultados obtenidos para el diagnóstico de calidad del agua en el Bajo Río Bravo se realizaron tomando en cuenta que de acuerdo al artículo 278 –A, se clasifica al río Bravo en su parte baja como cuerpo de agua Tipo B, como receptor de las descargas de aguas residuales, en la Ley Federal de Derechos Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales 2016. Se tomaron como base los lineamientos de calidad del agua para el Uso 1 como fuente de abastecimiento para uso público urbano; así como los indicadores de calidad del agua para DBO, DQO y SST de la Conagua.

Por lo que respecta al diagnóstico de las descargas de aguas residuales que son aportadas al río, se tomaron en cuenta los límites máximos permitidos (LMP) de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 que considera al río con Uso Público Urbano.

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, metales pesados y compuestos especiales como plaguicidas y orgánicos de los cuatro muestreos realizados en marzo, agosto y noviembre del 2015 y en abril del 2016 son la base para el diagnóstico de la calidad del agua de la cuenca Baja del Río Bravo.

El análisis se realizó con los resultados de campo para río, afluentes y descargas de aguas residuales; así como a lo largo del sistema fluvial, desde aguas abajo de la presa Internacional Falcón hasta la desembocadura al Golfo de México, se tomó en cuenta la influencia (entrada al río), ya sea de los afluentes, drenes o de las descargas de aguas residuales al río Bravo. Este mismo análisis se realizó para los demás parámetros del laboratorio.

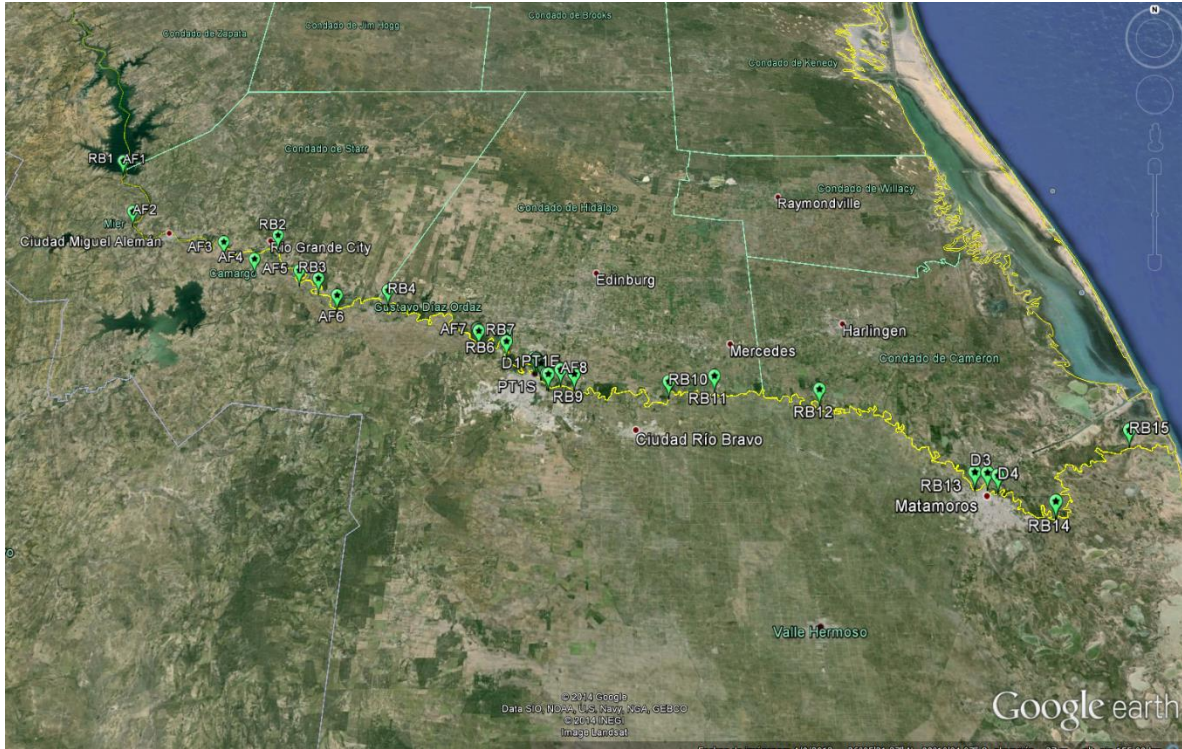
Los sitios de muestreo se dividieron en: (1) sitios del río principal con clave RB1 hasta RB15, (2) sitios en los drenes y afluentes con clave AF1 hasta AF8, (3) descargas de aguas residuales con clave D1 hasta D5 y Plantas de tratamiento con clave PT1 hasta PT6 con la inicial E entrada a planta de tratamiento o inicial S salida del sistema de tratamiento.

Los sitios de muestreo se presentan en la tabla 26 con sus coordenadas geográficas y en la figura 109 los sitios de monitoreo ubicados en Google Earth y en la figura 110, el esquema unifilar de los sitios de muestreo y los 6 tramos en que se dividió al río a lo largo de los aproximadamente 452.82 kilómetros que se utilizó para el modelo de calidad del agua.

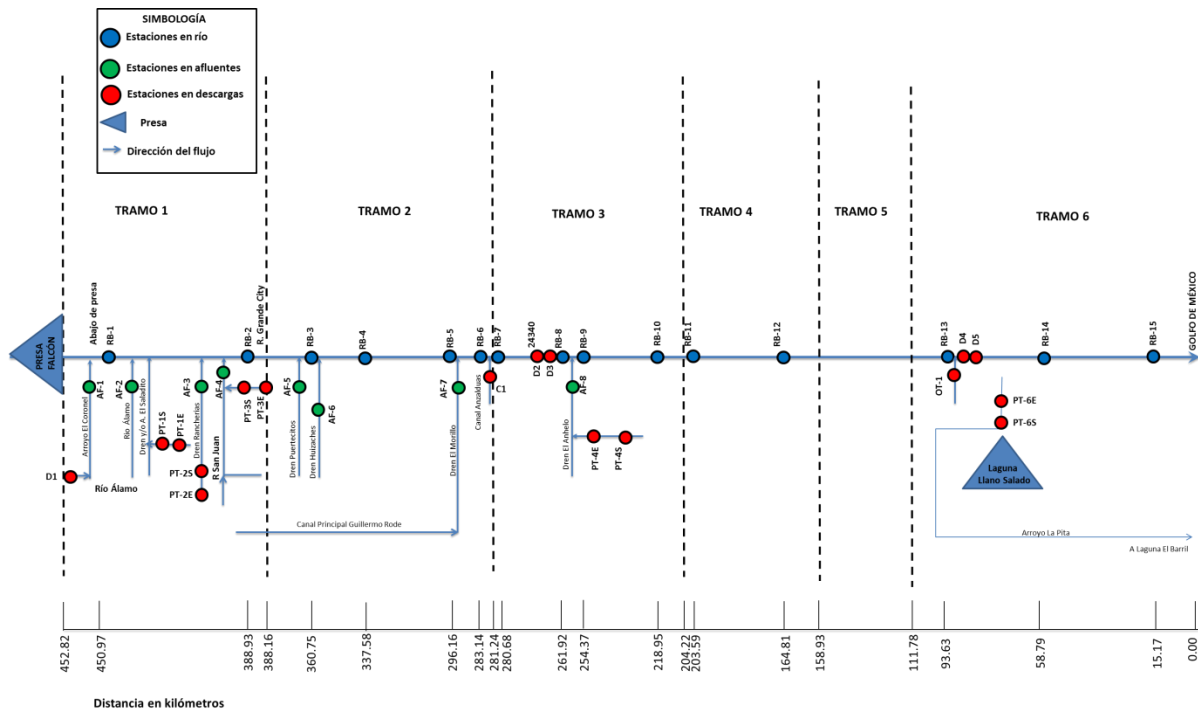
**Tabla 26. Sitios de muestreo con clave y coordenadas**

CLAVE	SITIO	LATITUD N	LONGITUD O
AF1	Arroyo El Coronel, 300 m antes de la descarga al río Bravo.	26°32'57.26"	99°10'42.87"
AF2	Río Alamo, pasando el puente carretero	26°27'2.42"	99° 9'5.38"
AF3	Dren Rancherías, cruce con la carretera ribereña	26°21'2.37"	98°54'30.42"
AF4	Río San Juan, en Fresnos	26°19'18.62"	98°50'39.92"
AF5	Dren Puertecitos, en la EH CILA	26°17'4.44"	98°44'44.22"
AF6	Dren Huizaches, en su cruce con carretera ribereña y cerca de vías del tren	26°13'48.68"	98°39'41.86"
AF7	Dren El Morillo, antes del vertedor, en la planta de bombeo El Morillo	26°09'09.00"	98°23'10.33"
AF8	Dren El Anheló, 300 m antes de la confluencia con el río bravo	26° 4'36.99"	98°13'39.46"
RB-1	Río Bravo, aguas abajo del arroyo El Coronel	26°31'56.92"	99° 9'19.29"
RB-2	Río Bravo, aguas arriba del puente Camargo-Río Grande City	26°22'1.21"	98°48'29.83"
RB-3	Río Bravo, ejido San Francisco, después de la descarga del dren Puertecitos	26°16'0.14"	98°42'15.23"
RB-4	Río Bravo, antes del llegar al chalan. Díaz Ordaz	26°14'0.68"	98°34'40.05"
RB-5	Río Bravo, Rancho EL Sinahi, 300 m antes de la confluencia con el Dren Morillo	26° 9'25.51"	98°23'8.89"
RB-6	Río Bravo, La playita. 1 km antes de la presa Anzalduas. Punto final de la zona 1	26° 8'37.23"	98°19'55.06"
RB-7	Río Bravo, después de la presa Anzalduas, en la EH CILA Reynosa, 800 m después de la presa Anzalduas	26° 7'53.21"	98°19'53.20"
RB-8	Río Bravo aguas abajo del puente internacional Reynosa – Hidalgo	26° 5'14.87"	98°15'57.45"
RB-9	Río Bravo debajo del puente Internacional Reynosa - Pharr	26°03' 59.4"	98°12' 18.7"
RB-10	Presa El Retamal	26° 2'43.57"	98° 2'14.76"
RB-11	Río Bravo, aguas abajo Puente Internacional Nuevo Progreso	26° 3'9.26"	97°56'12.46"
RB-12	Río Bravo, aguas debajo de obra de toma de Rancho Viejo.	26° 2'9.15"	97°45'48.11"
RB-13	Río Bravo, 200 m antes de la obra de toma de planta potabilizadora de Matamoros	25°53'9.94"	97°31'9.10"
RB-14	Río Bravo, aguas abajo de ciudad industrial	25°50'13.18"	97°23'40.54"
RB-15	Río Bravo, Muelle	25°57' 30.1"	97° 12' 16.1"
D1	Nuevo Guerrero, (Tanque Imoff) llega arroyo El Coronel	26° 33' 20.15"	99° 13' 20.63"
PT-1E	Planta Tratamiento Ciudad Mier (Entrada)	26°24'35.71"	99° 8'15.11"
PT-1S	Planta Tratamiento Ciudad Mier (Salida) No llega a ningún Dren o Río	26°24'35.71"	99° 8'15.11"
PT-2E	Planta Tratamiento Miguel Aleman (Entrada)	26°23'7.90"	99° 0'35.57"
PT-2S	Planta Tratamiento Miguel Aleman (Salida) llega a dren al río Bravo	26°23'13.35"	99° 0'48.54"
PT-3E	Planta Tratamiento Camargo (Entrada)	26°18' 55.72"	98° 50' 13.05"
PT-3S	Planta Tratamiento Camargo (Salida) llega a río San Juan	26°18' 55.72"	98° 50' 13.05"
D2	Descarga de Reynosa Aguas arriba del puente internacional Reynosa – Hidalgo	26°05' 53.81"	98°16' 43.95"
D3	Descarga de Reynosa Aguas arriba del puente internacional Reynosa – Hidalgo	26° 5'46.24"	98°16'29.18"
PT-4E	Planta Tratamiento Reynosa 1 (Entrada)	26° 4'5.88"	98°15'16.17"
PT-4S	Planta Tratamiento Reynosa 1 (Salida) llega a dren El Anheló AF8	26° 3'59.76"	98°15'8.31"
PT-5E	Planta Tratamiento Reynosa 2 (Entrada)	26° 04' 05.88"	98° 15'16.19"
PT-5S	Planta Tratamiento Reynosa 2 (Salida) llega a canal Rohde	26°03' 59.76"	98°15' 8.28"
D4	Descarga de Matamoros, calle Ignacio Ramírez y Tamaulipas	25° 53' 5.44"	97° 29' 52.46"
D5	Descarga de fraccionamiento Las Palmas	25° 52' 48.08"	97°28' 51.97"
PT-6E	Planta Tratamiento Este (Matamoros) (Entrada)	25°48'19.06"	97°25'32.40"
PT-6S	Planta Tratamiento Este (Matamoros) (Salida) llega a arroyo La Pita - sistema lagunar	25°48'19.06"	97°25'32.40"
C1	Canal Anzalduas	26°08'13.41"	98°20' 14.08"
OT-1	Obra de Toma Pta. Potab. de Matamoros	25°53'10.23"	97°31'7.54"

**Figura 109. Ubicaciones de los sitios de muestreo en el Bajo Río Bravo**



**Figura 110. . Esquema unifilar con los sitios o estaciones de muestreo en río, afluentes y descargas, así como los 6 tramos en que se dividió al sistema fluvial.**



#### 4.1. RESULTADOS

Los resultados de calidad del agua se presentan en gráficas para cada parámetro, así como el análisis estadístico de los resultados de calidad del agua integrado para las cuatro campañas de muestreo.

Los parámetros de campo, como oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, temperatura y conductividad se midieron con los equipos multiparamétricos, los cuales son calibrados *in situ* (Foto 1), en la foto 2 se presenta la recolecta de muestras y foto 3 el almacenamiento de las muestras en hieleras para su traslado a los laboratorios correspondientes para su análisis posterior.



**Foto 1. Calibración in situ del equipo multiparamétrico EXXO-YSI y recolecta de muestras de agua al fondo de la foto.**



Foto 2. Recolecta de muestras de agua en el cauce del río Bravo.



Foto 3. Frascos con muestras de agua colectada en el río Bravo para su análisis posterior en el laboratorio.

#### 4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE PARÁMETROS DE CAMPO.

Todos los cuerpos de agua pueden ser caracterizados por tres componentes mayores, la hidrología, los factores físico-químicos y los biológicos, así que la evaluación de la calidad del agua se basa en un monitoreo apropiado para éstos tres componentes (Chapman, 1996). Cada cuerpo de agua tiene su patrón individual de características físicas y químicas las cuales son determinadas por el clima, la geomorfología, geología, usos del suelo y condiciones geoquímicas que prevalecen en la cuenca de drenaje.

La calidad del agua es un aspecto altamente variable en los ríos por su distribución espacial y temporal; a continuación, se presenta el análisis, los resultados y gráficas de los parámetros de campo, las claves RB corresponden a los resultados del cauce principal del río Bravo, la clave AF corresponden a los Afluentes (ríos y drenes), y las claves D y PT corresponden a las descargas de aguas residuales y Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del lado mexicano.

#### 4.2.1. Temperatura

La temperatura del agua medida en campo, se ve influenciada por la latitud, longitud, hora del día y por la estacionalidad, éste parámetro afecta los procesos físicos, químicos y biológicos del cuerpo de agua y, por tanto, la concentración de otras variables. Cuando la temperatura aumenta, la tasa de reacción química generalmente incrementa junto con la evaporación y la volatilización de las sustancias; por otro lado también, cuando incrementa la temperatura del agua disminuye la solubilidad de los gases como el oxígeno (O<sub>2</sub>), bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), nitrógeno (N<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), entre otros (Chapman, 1996, WOM, 2013).

La tasa metabólica de los organismos acuáticos se ve también afectada por la temperatura en las zonas tropicales, ya que la respiración incrementa y consumen más oxígeno aumentando la descomposición de la materia orgánica. Los resultados promedio de los cuatro muestreos en el cauce principal oscilaron de 20.03 ± 6.56 °C en RB15 hasta 24.32 ± 5.68°C en el sitio RB7, por las condiciones del camino y precipitación no fue posible tomar, tanto muestras de agua como parámetros *in situ* en el sitio RB9 en dos ocasiones (Figura 111).

En la tabla 27 se presenta la estadística descriptiva para la temperatura.

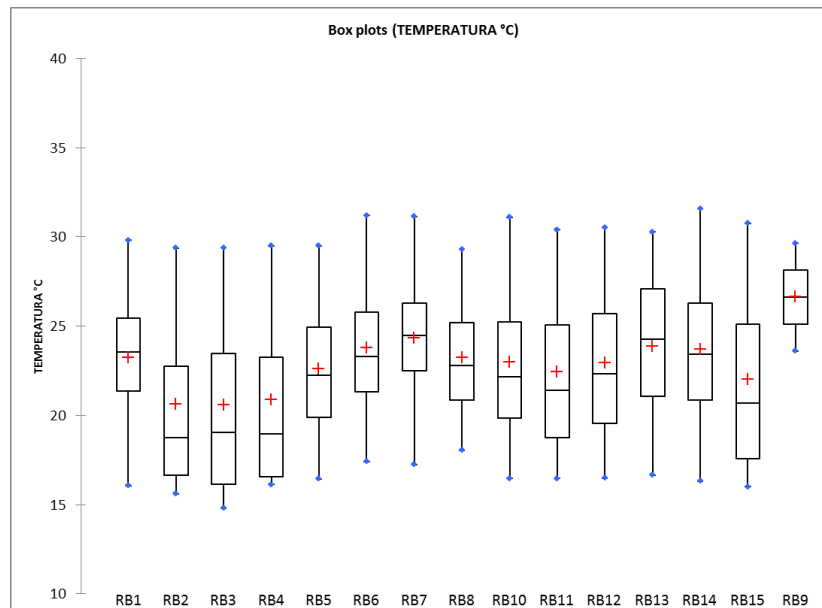


Figura 111. Temperatura en la Cuenca Baja del río Bravo

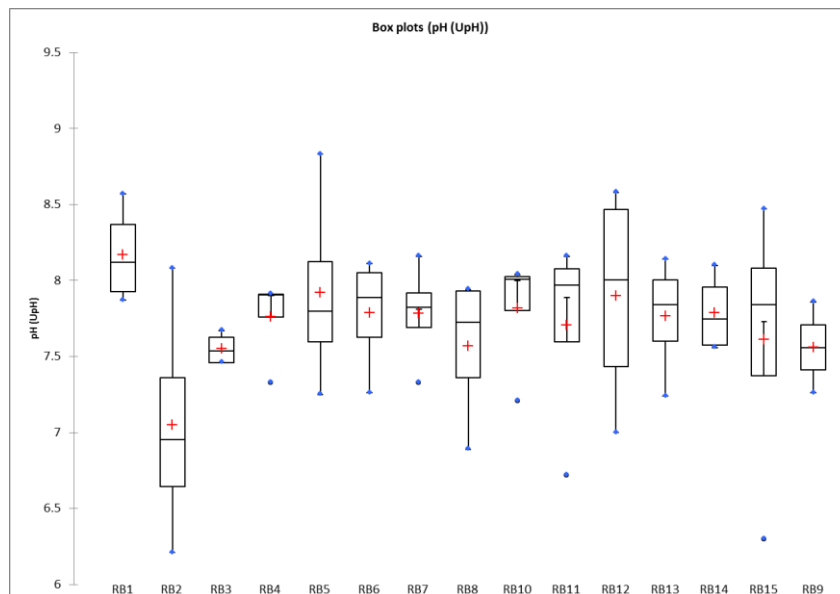
**Tabla 27. Estadística descriptiva de los datos de temperatura en el río.**

Sitios	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil	Mediana	3° Cuartil	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	16.076	29.820	21.352	23.560	25.463	23.254	31.743	5.634
RB2	4	15.600	29.380	16.643	18.765	22.750	20.628	38.374	6.195
RB3	4	14.800	29.400	16.143	19.045	23.475	20.573	42.656	6.531
RB4	4	16.140	29.500	16.583	18.965	23.275	20.893	38.032	6.167
RB5	4	16.457	29.500	19.909	22.240	24.940	22.609	29.463	5.428
RB6	4	17.410	31.200	21.303	23.300	25.800	23.803	32.357	5.688
RB7	4	17.240	31.150	22.505	24.460	26.283	24.328	32.298	5.683
RB8	4	18.060	29.320	20.865	22.805	25.188	23.248	22.066	4.697
RB10	4	16.480	31.090	19.870	22.150	25.248	22.968	37.348	6.111
RB11	4	16.480	30.400	18.745	21.410	25.090	22.425	36.100	6.008
RB12	4	16.500	30.530	19.575	22.350	25.708	22.933	35.301	5.941
RB13	4	16.670	30.280	21.065	24.265	27.070	23.870	33.087	5.752
RB14	4	16.330	31.590	20.853	23.445	26.295	23.703	39.684	6.300
RB15	4	16.010	30.760	17.585	20.675	25.120	22.030	43.095	6.565
RB9	2	23.610	29.650	25.120	26.630	28.140	26.630	18.241	4.271

#### 4.2.2. Potencial de hidrógeno (pH)

El pH es una medida del balance de ácidos en una solución a una temperatura dada, el pH (o la actividad del ion hidrógeno) indica la intensidad de las características ácidas o básicas de una solución y es controlada por los compuestos químicos disueltos y por procesos bioquímicos en solución. En aguas no contaminadas, el pH es controlado por el balance entre el dióxido de carbono, carbonatos y iones bicarbonatos, así como otros compuestos como los ácidos húmicos y fulvicos.

El pH promedio en el río oscila de  $7.05 \pm 0.783$  en RB2, hasta  $8.17 \pm 0.326$  en RB1 (Figura 112), los dos sitios quedan aguas abajo de la presa Internacional Falcón; en la tabla 28 se presenta los datos y estadística correspondiente.



**Figura 112. Potencial de Hidrógeno en el río Bravo.**

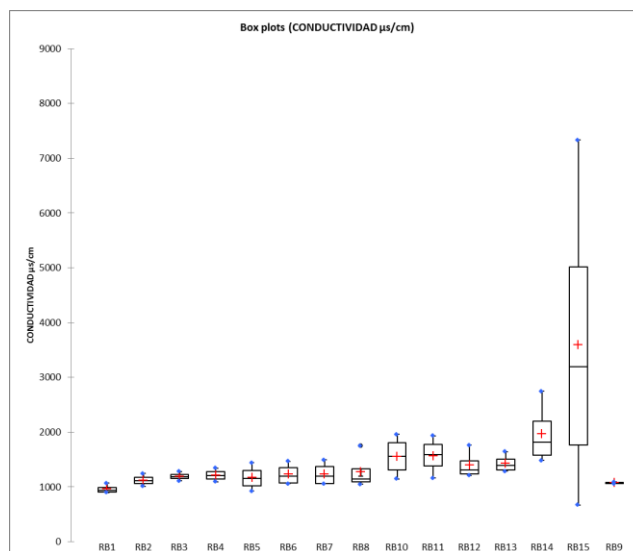
**Tabla 28. Estadística descriptiva de los datos de potencial de hidrógeno en el río.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	7.870	8.570	7.925	8.122	8.368	8.171	0.106	0.326
RB2	4	6.210	8.080	6.645	6.955	7.360	7.050	0.613	0.783
RB3	4	7.460	7.670	7.460	7.535	7.625	7.550	0.011	0.107
RB4	4	7.330	7.910	7.758	7.905	7.910	7.763	0.083	0.288
RB5	4	7.250	8.830	7.595	7.800	8.125	7.920	0.441	0.664
RB6	4	7.260	8.110	7.628	7.890	8.050	7.788	0.147	0.384
RB7	4	7.330	8.160	7.690	7.825	7.920	7.785	0.117	0.342
RB8	4	6.890	7.940	7.363	7.725	7.933	7.570	0.244	0.494
RB10	4	7.210	8.040	7.803	8.010	8.025	7.818	0.164	0.405
RB11	4	6.720	8.160	7.598	7.970	8.078	7.705	0.444	0.666
RB12	4	7.000	8.580	7.435	8.005	8.468	7.898	0.552	0.743
RB13	4	7.240	8.140	7.600	7.840	8.005	7.765	0.152	0.390
RB14	4	7.560	8.100	7.575	7.745	7.958	7.788	0.069	0.263
RB15	4	6.300	8.470	7.373	7.840	8.080	7.613	0.862	0.928
RB9	2	7.260	7.860	7.410	7.560	7.710	7.560	0.180	0.424

### 4.2.3. Conductividad

La conductividad, o conductancia específica, es una medida de la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica. Es sensible a las variaciones en los sólidos disueltos y los iones principales, como las sales minerales. Además de ser un indicador aproximado del contenido mineral cuando no se pueden utilizar fácilmente otros métodos, la conductividad puede medirse para establecer una zona de contaminación, por ejemplo, alrededor de efluentes de una descarga, o el grado de influencia de las aguas de escorrentía.

En el río se detectó un incremento en la conductividad desde el inicio del área de estudio (aguas abajo de la presa Internacional Falcón) hasta la desembocadura del río con el Golfo de México en el sitio RB15. Los resultados promedio oscilaron de mínimo  $959 \pm 76.9 \mu\text{S/cm}$  en sitio RB1 y el máximo de  $3595 \pm 2890.5 \mu\text{S/cm}$  en RB15, donde se presenta una amplia variación por la entrada de agua marina (Figura 113). En la tabla 29 se presentan los datos estadísticos de conductividad.



**Figura 113. Conductividad en el cauce principal del río Bravo.**



**Tabla 29. Estadística descriptiva de los datos de conductividad en el río.**

Estadístico	No. observacion	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	896.000	1066.000	907.250	937.750	989.875	959.375	5917.229	76.924
RB2	4	1009.000	1245.000	1062.250	1113.000	1170.750	1120.000	10074.000	100.369
RB3	4	1111.000	1283.000	1151.500	1185.500	1225.250	1191.250	5254.917	72.491
RB4	4	1094.000	1345.000	1139.750	1205.500	1278.250	1212.500	12265.667	110.750
RB5	4	922.000	1440.000	1018.750	1152.450	1300.425	1166.725	51853.769	227.714
RB6	4	1058.000	1466.000	1069.250	1194.000	1352.750	1228.000	39046.000	197.601
RB7	4	1056.000	1493.000	1061.700	1194.300	1367.000	1234.400	45360.507	212.980
RB8	4	1049.000	1748.000	1088.000	1147.000	1331.750	1272.750	103928.250	322.379
RB10	4	1147.000	1960.000	1307.500	1555.000	1801.750	1554.250	135252.917	367.767
RB11	4	1160.000	1935.000	1382.750	1586.000	1770.000	1566.750	111692.250	334.204
RB12	4	1210.000	1764.000	1231.750	1311.000	1478.250	1399.000	64934.000	254.822
RB13	4	1288.000	1641.000	1312.000	1388.000	1502.250	1426.250	25801.583	160.629
RB14	4	1484.000	2746.000	1575.575	1811.550	2199.250	1963.275	324274.436	569.451
RB15	4	670.000	7330.000	1768.000	3190.500	5017.750	3595.250	8355158.250	2890.529
RB9	2	1056.000	1088.000	1064.000	1072.000	1080.000	1072.000	512.000	22.627

#### 4.2.4. Oxígeno disuelto

El oxígeno es sin duda el gas más importante que se disuelve de la atmósfera al agua, y es el factor dominante que regular la vida en las aguas naturales.

El contenido de oxígeno de las aguas naturales varía con la temperatura, la salinidad, la turbulencia, la actividad fotosintética de las algas y plantas, y la presión atmosférica. La solubilidad del oxígeno disminuye a medida que la temperatura y la salinidad aumentan. El oxígeno disuelto (OD) también se puede expresar en términos del porcentaje de saturación, y los niveles de menos de 80 por ciento de saturación en el agua potable puede ser detectado por los consumidores como consecuencia del mal olor y sabor.

En la figura 114 se presenta las concentraciones de OD en el tramo estudiado y en promedio en el sitio RB11 fue en donde se registró el valor mínimo de  $6.57 \pm 1.51$  mg/L, y el máximo de  $10.30 \pm 4.06$  mg/L en el sitio RB2 que se ubica aguas abajo del desfogue de la presa Internacional Falcón, en ambos casos la concentración de oxígeno disuelto en promedio estuvo por arriba de 4 mg/L considerado como adecuado para el Uso 1 como fuente de abastecimiento para uso público urbano. En la tabla 30 se presentan los datos y la estadística descriptiva.

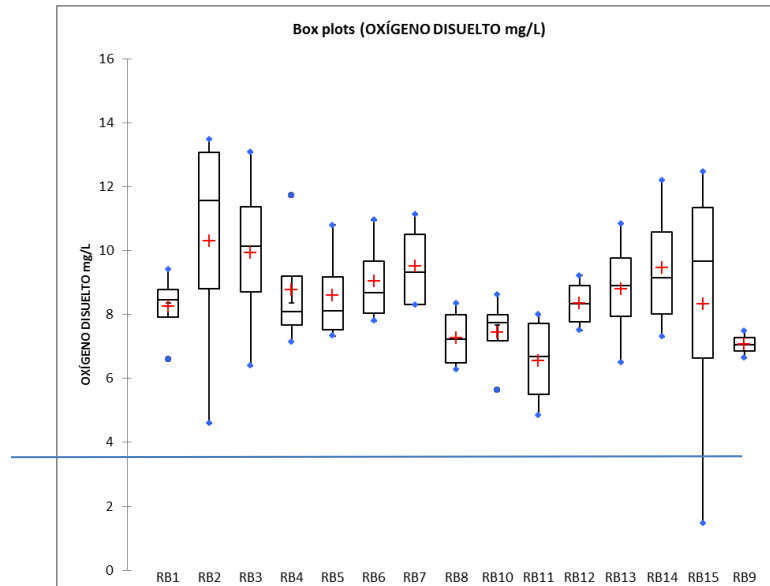


Figura 114. Oxígeno disuelto en el cauce principal del río Bravo. Línea azul criterio protección de vida acuática de mg/L (CE-CCA-01/89).

Las variaciones del OD pueden ocurrir estacionalmente - e incluso en periodos de 24 horas - en relación con la temperatura y la actividad biológica (es decir, la fotosíntesis y la respiración). Al respecto de la respiración biológica, incluido los relacionados con los procesos de descomposición, reducen las concentraciones de OD.

Tabla 30. Estadística descriptiva de los datos de oxígeno disuelto en el río.

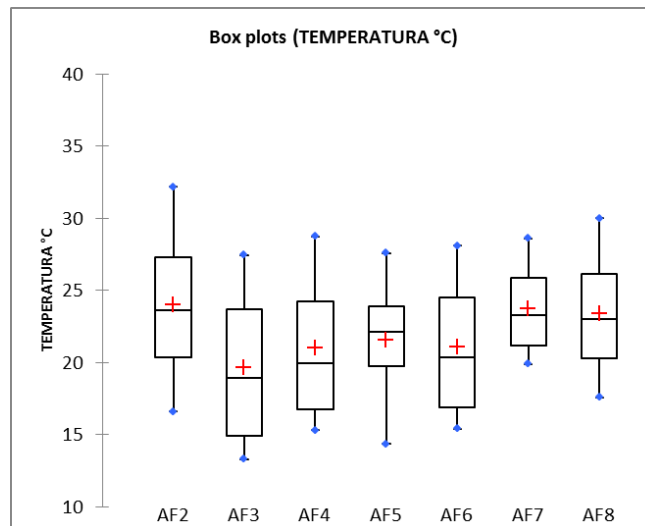
Estadístico	No. observacion	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	6.610	9.410	7.923	8.465	8.780	8.238	1.383	1.176
RB2	4	4.600	13.480	8.808	11.565	13.060	10.303	16.492	4.061
RB3	4	6.400	13.080	8.703	10.135	11.370	9.938	7.784	2.790
RB4	4	7.150	11.730	7.675	8.100	9.195	8.770	4.136	2.034
RB5	4	7.330	10.790	7.533	8.115	9.170	8.588	2.470	1.572
RB6	4	7.800	10.950	8.048	8.685	9.668	9.030	2.018	1.420
RB7	4	8.300	11.130	8.323	9.320	10.515	9.518	2.040	1.428
RB8	4	6.280	8.350	6.498	7.215	7.983	7.265	0.995	0.997
RB10	4	5.640	8.620	7.170	7.735	7.998	7.433	1.604	1.267
RB11	4	4.850	8.000	5.503	6.680	7.730	6.553	2.290	1.513
RB12	4	7.500	9.220	7.770	8.330	8.905	8.345	0.641	0.800
RB13	4	6.500	10.850	7.933	8.900	9.755	8.788	3.331	1.825
RB14	4	7.310	12.200	8.008	9.140	10.580	9.448	4.651	2.157
RB15	4	1.480	12.470	6.640	9.670	11.353	8.323	23.695	4.868
RB9	2	6.640	7.490	6.853	7.065	7.278	7.065	0.361	0.601

### 4.3. RESULTADOS DE CAMPO EN AFLUENTES Y DRENES

Se consideraron como afluentes los cuerpos de agua que confluyen con el río Bravo, ya sean arroyos, ríos o drenes, localizándose 8 en el tramo de estudio. De éstos el arroyo El Coronel (AF1) no presentó caudal, por lo que no se realizaron mediciones ni muestreos de agua.

Los afluentes río Álamos (AF2) y río San Juan (AF4) son los principales ríos que confluyen con el río Bravo, mientras que los drenes que confluyen con el río Bravo fueron: AF3 Dren Rancherías, AF5 Dren Puertecitos, AF6 Dren Huizaches, AF7 Dren El Morillo y AF8 Dren El Anhel. La numeración fue definida conforme el cuerpo de agua ingresa al cauce principal, desde aguas abajo de la presa Internacional Falcón hasta su desembocadura.

En los afluentes el intervalo mínimo promedio de temperatura fue de  $19.64\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 6.49$  en AF3 (Dren Rancherías) y el máximo de  $24.0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 6.58$  en AF2 (río Álamos) (Figura 115), en la tabla 31 se presenta la estadística descriptiva de los datos.

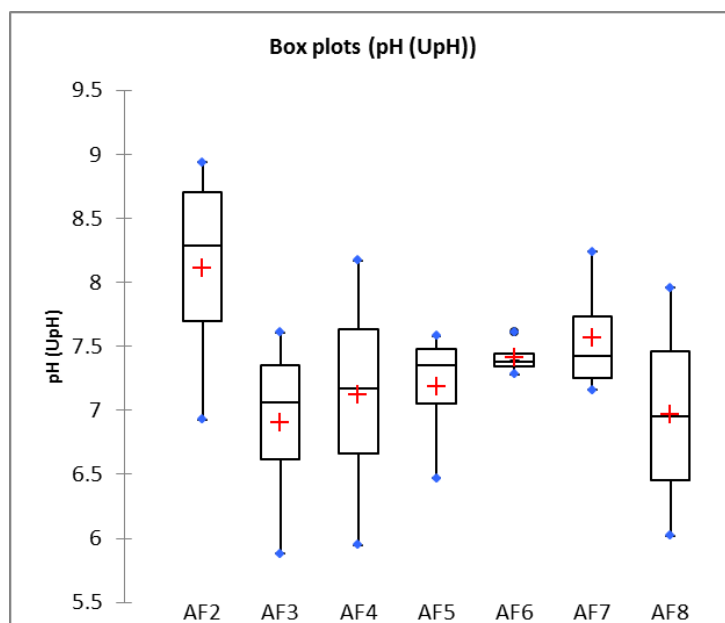


**Figura 115. Temperatura en Afluentes.**

**Tabla 31. Estadística descriptiva de los datos de temperatura en los afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	16.600	32.170	20.350	23.615	27.265	24.000	43.309	6.581
AF3	4	13.300	27.450	14.898	18.915	23.663	19.645	42.178	6.494
AF4	4	15.310	28.730	16.728	19.950	24.208	20.985	36.486	6.040
AF5	4	14.350	27.600	19.713	22.100	23.925	21.538	29.922	5.470
AF6	4	15.400	28.100	16.908	20.355	24.500	21.053	33.312	5.772
AF7	4	19.900	28.600	21.145	23.255	25.863	23.753	14.860	3.855
AF8	4	17.570	30.000	20.293	23.015	26.123	23.400	28.145	5.305

En los afluentes el valor promedio mínimo de pH fue de  $6.90 \pm 0.749$  en AF3 (Dren Rancherías) y el promedio máximo de  $8.11 \pm 0.888$  corresponde a AF2 (río Álamo) (Figura 116); en la tabla 32 se presentan los datos.

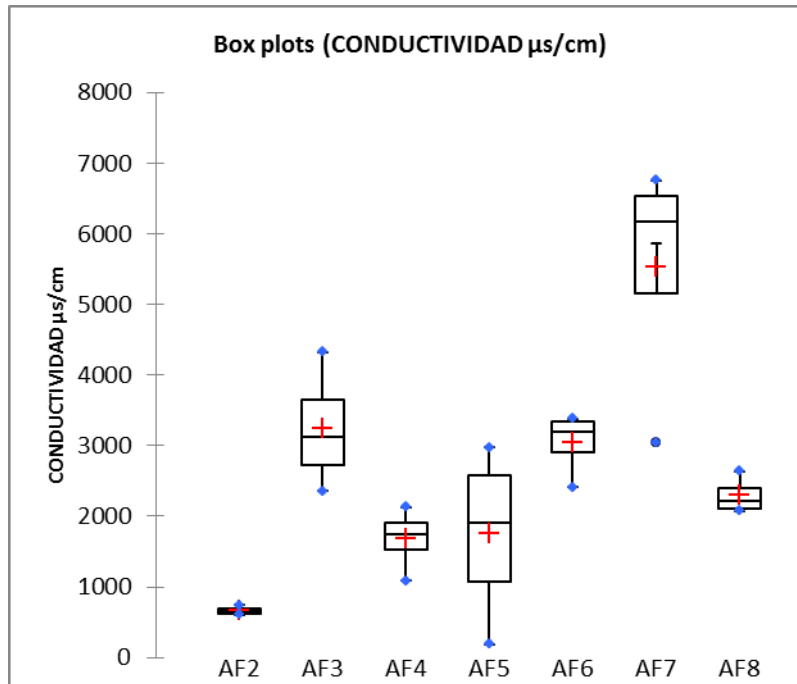


**Figura 116, Potencial de Hidrógeno en los Afluentes**

**Tabla 32. Estadística descriptiva de los datos de potencial de hidrógeno en los afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	6.930	8.940	7.700	8.288	8.700	8.112	0.788	0.888
AF3	4	5.880	7.610	6.615	7.065	7.355	6.905	0.561	0.749
AF4	4	5.950	8.170	6.663	7.175	7.630	7.118	0.876	0.936
AF5	4	6.470	7.580	7.055	7.350	7.483	7.188	0.247	0.497
AF6	4	7.280	7.610	7.348	7.380	7.445	7.413	0.020	0.140
AF7	4	7.160	8.240	7.250	7.425	7.738	7.563	0.234	0.483
AF8	4	6.020	7.960	6.455	6.950	7.465	6.970	0.709	0.842

En los afluentes el valor promedio más bajo de conductividad se presentó en AF2 (río Álamo) con  $661.85 \pm 60.66$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el máximo de  $5534.5 \pm 1696.9$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  en AF7 (Dren El Morillo) (Figura 117), en la tabla 33 se presentan los datos y la estadística.



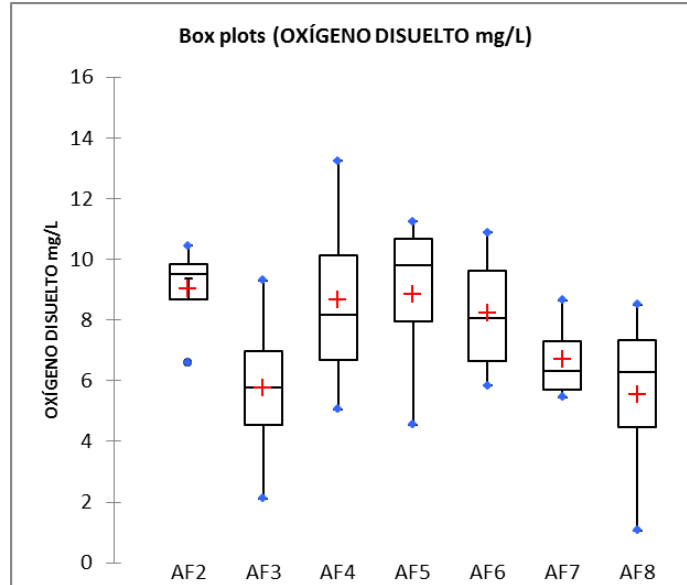
**Figura 117. Conductividad en Afluentes**

**Tabla 33. Estadística descriptiva de los datos de conductividad en los afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	605.000	742.000	621.200	650.200	690.850	661.850	3680.437	60.667
AF3	4	2360.000	4330.000	2716.250	3123.500	3641.500	3234.250	718658.917	847.738
AF4	4	1082.000	2134.000	1523.750	1752.500	1909.000	1680.250	195838.917	442.537
AF5	4	189.000	2978.000	1077.750	1911.500	2581.250	1747.500	1524885.667	1234.863
AF6	4	2409.000	3380.000	2913.750	3200.500	3334.250	3047.500	197713.667	444.650
AF7	4	3051.000	6757.000	5160.750	6165.000	6538.750	5534.500	2879513.667	1696.913
AF8	4	2080.000	2635.000	2113.750	2222.000	2398.000	2289.750	63730.250	252.449

La concentración de oxígeno disuelto en los Afluentes, el valor promedio mínimo fue de  $5.53 \pm 3.2$  mg/L hasta  $9.01 \pm 1.67$  mg/L, siendo el mínimo detectado en el AF8 (Dren El Anhel) y el máximo en AF2 (río Álamo) (Figura 118), las concentraciones promedio estuvieron por arriba de 4 mg/L considerado como un criterio para el uso de los afluentes para fuente de abastecimiento.

En la tabla 34 se presentan la estadística descriptiva.



**Figura 118. Oxígeno disuelto en Afluentes.**

**Tabla 34. Estadística descriptiva de los datos de oxígeno disuelto en los afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	6.600	10.440	8.685	9.515	9.848	9.018	2.800	1.673
AF3	4	2.120	9.310	4.550	5.780	6.978	5.748	8.735	2.956
AF4	4	5.050	13.250	6.685	8.160	10.130	8.655	12.110	3.480
AF5	4	4.550	11.250	7.955	9.795	10.688	8.848	9.010	3.002
AF6	4	5.830	10.880	6.648	8.065	9.628	8.210	5.152	2.270
AF7	4	5.450	8.650	5.705	6.330	7.315	6.690	2.074	1.440
AF8	4	1.060	8.500	4.465	6.280	7.345	5.530	10.284	3.207

#### 4.4. RESULTADOS DE CAMPO EN DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y PLANTAS DE TRATAMIENTO

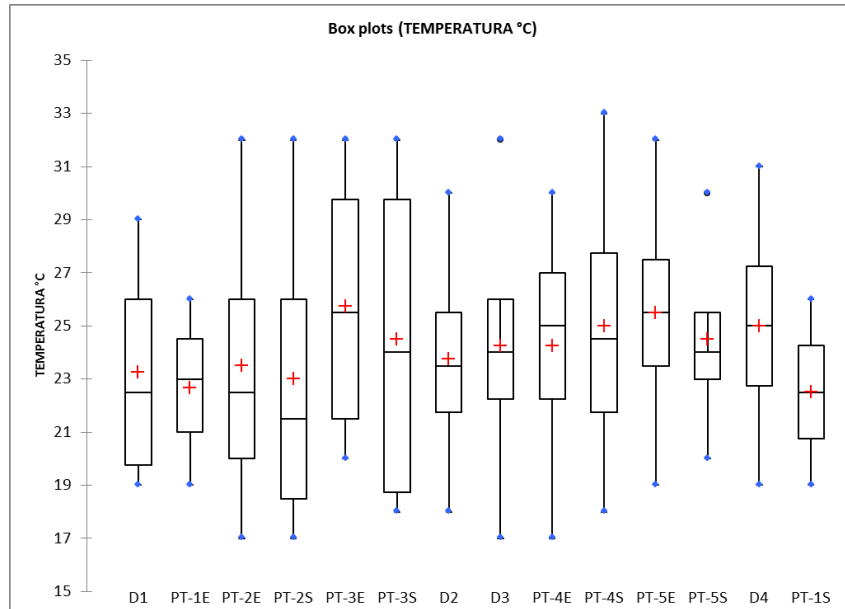
Las descargas de aguas residuales directas al río Bravo se identificaron con la letra D y las plantas de tratamiento se identificaron con las letras PT seguida de la E, cuando es la entrada de agua residual al sistema de tratamiento y la letra S cuando el agua residual ya tratada sale de la planta de tratamiento.

Los resultados de los parámetros de campo determinados *in situ* en las descargas y plantas de tratamiento fueron los siguientes:

En las descargas de aguas residuales se presentó el valor de temperatura promedio mínima de  $22.5 \pm 4.95$  °C, detectada en la salida de la planta de tratamiento de Ciudad Mier (PT-1S), mientras que el promedio máximo de temperatura se presentó en la entrada de la planta de tratamiento de Reynosa 2 (PT-5E) con  $25.5 \pm 5.32$  °C (Figura 119).

La temperatura es un parámetro incluido en la NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece como límite máximo permisible 40 °C que deben de cumplir las descargas de aguas residuales. En todas las campañas, la temperatura estuvo por abajo del LMP, por lo que cumplieron con la norma.

En la tabla 10 se presentan los datos y la estadística descriptiva.



**Figura 119. Temperatura en Descargas de aguas residuales.**

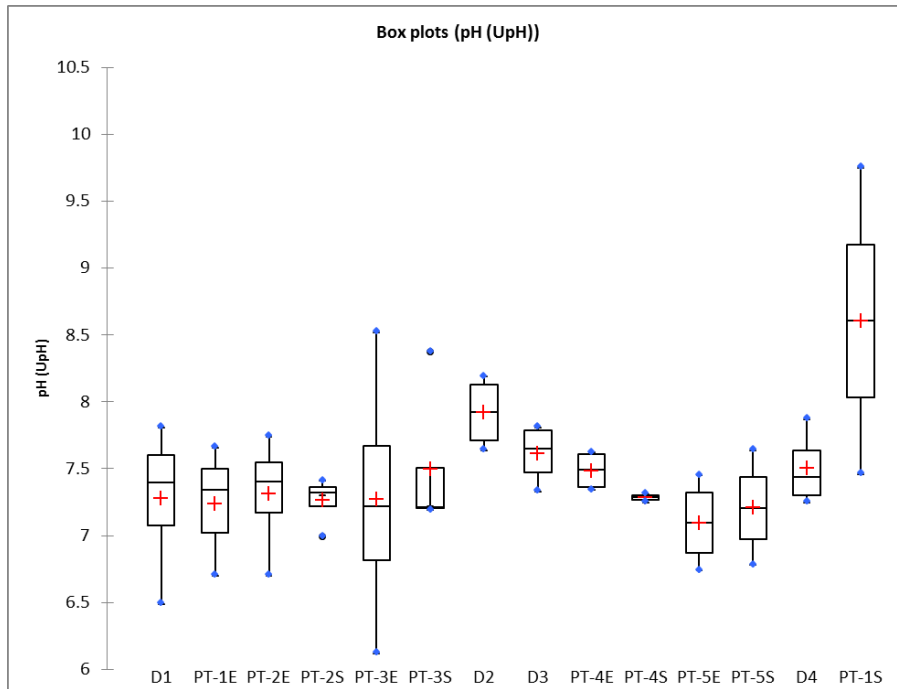
**Tabla 35. Estadística descriptiva de los datos de temperatura en las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil	Mediana	3° Cuartil	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	19.000	29.000	19.750	22.500	26.000	23.250	21.583	4.646
PT-1E	3	19.000	26.000	21.000	23.000	24.500	22.667	12.333	3.512
PT-1S	2	19.000	26.000	20.750	22.500	24.250	22.500	24.500	4.950
PT-2E	4	17.000	32.000	20.000	22.500	26.000	23.500	40.333	6.351
PT-2S	4	17.000	32.000	18.500	21.500	26.000	23.000	44.667	6.683
PT-3E	4	20.000	32.000	21.500	25.500	29.750	25.750	32.250	5.679
PT-3S	4	18.000	32.000	18.750	24.000	29.750	24.500	49.667	7.047
D2	4	18.000	30.000	21.750	23.500	25.500	23.750	24.250	4.924
D3	4	17.000	32.000	22.250	24.000	26.000	24.250	37.583	6.131
PT-4E	4	17.000	30.000	22.250	25.000	27.000	24.250	29.583	5.439
PT-4S	4	18.000	33.000	21.750	24.500	27.750	25.000	39.333	6.272
PT-5E	4	19.000	32.000	23.500	25.500	27.500	25.500	28.333	5.323
PT-5S	4	20.000	30.000	23.000	24.000	25.500	24.500	17.000	4.123
D4	4	19.000	31.000	22.750	25.000	27.250	25.000	24.667	4.967

Por lo que respecta al potencial de hidrógeno en las descargas y plantas de tratamiento, el valor promedio mínimo fue de  $7.095 \pm 0.327$  unidades de pH en la entrada de la planta de tratamiento de Reynosa 2 (PT-5E) y el promedio máximo fue de  $8.605 \pm 1.219$  unidades de pH en la salida de la planta de tratamiento de Ciudad Mier (PT-1S), cabe aclarar que solo en dos muestreos se encontró descarga de la salida de la planta, ya que en las otras ocasiones estaba estancada (Figura 120).

En el caso de las plantas de tratamiento el pH tiene importancia en el control de los procesos de tratamiento, en donde la mayoría de los microorganismos responsables de la depuración de las aguas residuales se desarrollan en un rango óptimo de pH entre 6.5 y 8.5 unidades.

El pH es también un parámetro regulado por la NOM-001 y en todos los casos se cumplió con el rango permisible establecido de 5 a 10 unidades de pH.



**Figura 120. Potencial de Hidrógeno en descargas y plantas de tratamiento.**

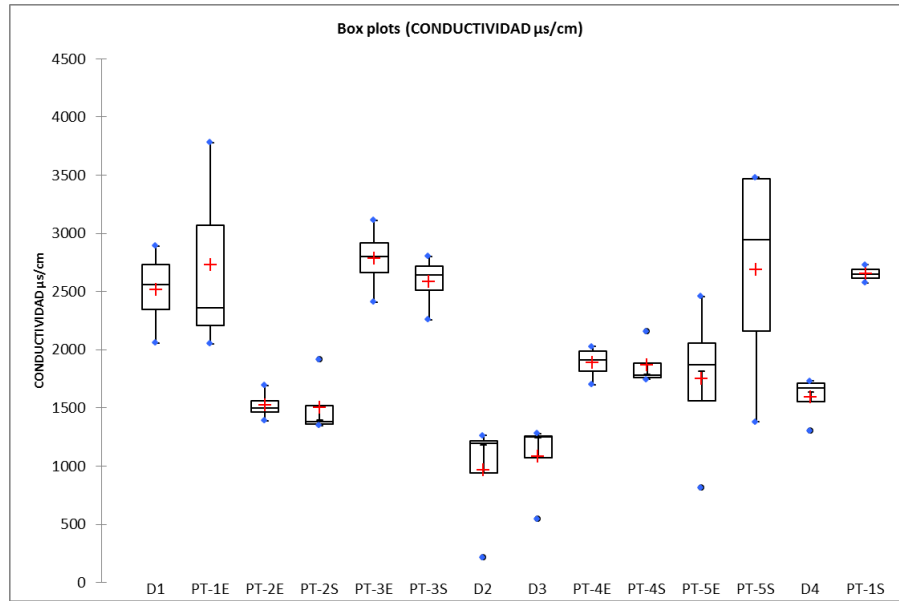
En la Tabla 36 se presentan la estadística descriptiva de los datos

**Tabla 36. Estadística descriptiva de los datos de potencial de hidrógeno en las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil	Mediana	3° Cuartil	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	6.490	7.810	7.075	7.400	7.600	7.275	0.323	0.568
PT-1E	3	6.700	7.660	7.020	7.340	7.500	7.233	0.239	0.489
PT-1S	2	7.460	9.750	8.033	8.605	9.178	8.605	2.622	1.619
PT-2E	4	6.700	7.740	7.173	7.405	7.545	7.313	0.195	0.442
PT-2S	4	6.990	7.410	7.223	7.325	7.365	7.263	0.035	0.187
PT-3E	4	6.120	8.520	6.818	7.220	7.673	7.270	0.983	0.991
PT-3S	4	7.190	8.370	7.205	7.215	7.508	7.498	0.338	0.582
D2	4	7.640	8.190	7.715	7.925	8.130	7.920	0.073	0.271
D3	4	7.330	7.810	7.473	7.650	7.788	7.610	0.052	0.228
PT-4E	4	7.340	7.620	7.363	7.490	7.613	7.485	0.023	0.151
PT-4S	4	7.250	7.310	7.265	7.285	7.303	7.283	0.001	0.028
PT-5E	4	6.740	7.450	6.868	7.095	7.323	7.095	0.107	0.327
PT-5S	4	6.780	7.640	6.975	7.205	7.438	7.208	0.141	0.376
D4	4	7.250	7.870	7.303	7.440	7.638	7.500	0.078	0.280

El valor promedio mínimo de conductividad se presentó en la descarga D2 ubicada en la ciudad de Reynosa con  $964.67 \pm 503.12 \mu\text{S}/\text{cm}$  y el máximo promedio de  $2780.25 \pm 290.45 \mu\text{S}/\text{cm}$  en la entrada de la planta de tratamiento de Ciudad Camargo PT-3E (Figura 121).





**Figura 121. Conductividad en descargas y plantas de tratamiento.**

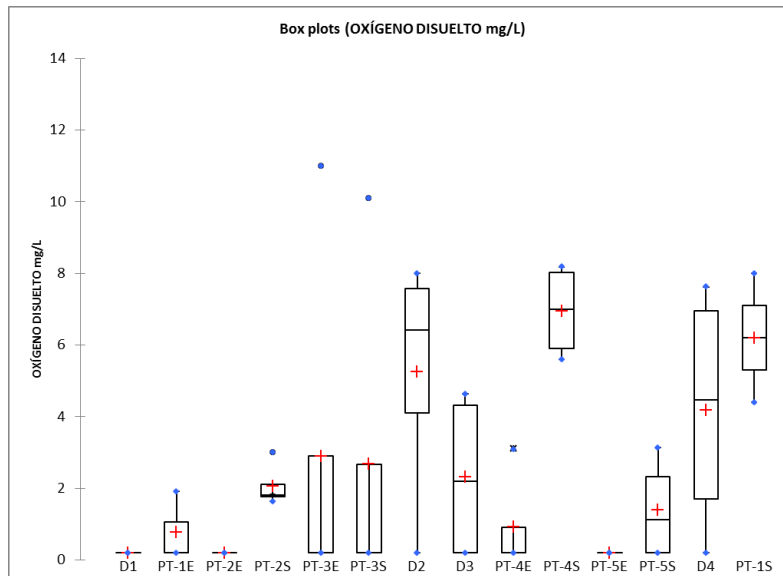
Para éste parámetro no hay especificaciones o límite para las descargas de aguas residuales.

En la Tabla 37 se presenta la estadística descriptiva.

**Tabla 37. Estadística descriptiva de los datos de conductividad en las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil	Mediana	3° Cuartil	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	2060.000	2891.000	2342.750	2559.500	2734.250	2517.500	127449.667	357.001
PT-1E	3	2053.000	3782.000	2205.500	2358.000	3070.000	2731.000	851707.000	922.880
PT-1S	2	2574.000	2731.000	2613.250	2652.500	2691.750	2652.500	12324.500	111.016
PT-2E	4	1391.000	1694.000	1463.750	1502.000	1560.500	1522.250	15978.917	126.408
PT-2S	4	1350.000	1913.000	1360.500	1378.500	1523.000	1505.000	74304.667	272.589
PT-3E	4	2410.000	3111.000	2662.000	2800.000	2918.250	2780.250	84364.250	290.455
PT-3S	4	2257.000	2803.000	2509.750	2640.000	2715.250	2585.000	55130.000	234.798
D2	4	211.700	1262.000	939.425	1192.500	1217.750	964.675	253134.156	503.124
D3	4	545.000	1281.000	1070.750	1249.000	1259.250	1081.000	127920.667	357.660
PT-4E	4	1700.000	2026.000	1813.250	1911.500	1985.500	1887.250	20936.917	144.696
PT-4S	4	1746.000	2157.000	1762.500	1779.000	1881.750	1865.250	38152.917	195.328
PT-5E	4	813.000	2457.000	1563.000	1868.500	2057.250	1751.750	470683.583	686.064
PT-5S	4	1379.000	3480.000	2163.500	2945.500	3469.500	2687.500	1005065.667	1002.530
D4	4	1301.000	1730.000	1551.500	1671.500	1713.500	1593.500	39673.667	199.182

En las descargas se presentó el valor promedio mínimo de Oxígeno Disuelto de  $0.2 \pm 0.00$  mg/L en D1, PT-2E y PT-5E (Ciudad Nuevo Guerrero, Plantas de Tratamiento Miguel Alemán y Reynosa 2 respectivamente); mientras que la concentración máxima promedio se presentó en la salida de la planta de Reynosa 1 (PT-4S) de  $6.94 \pm 1.32$  mg/L (Figura 122).



**Figura 122. Oxígeno disuelto en descargas y plantas de tratamiento.**

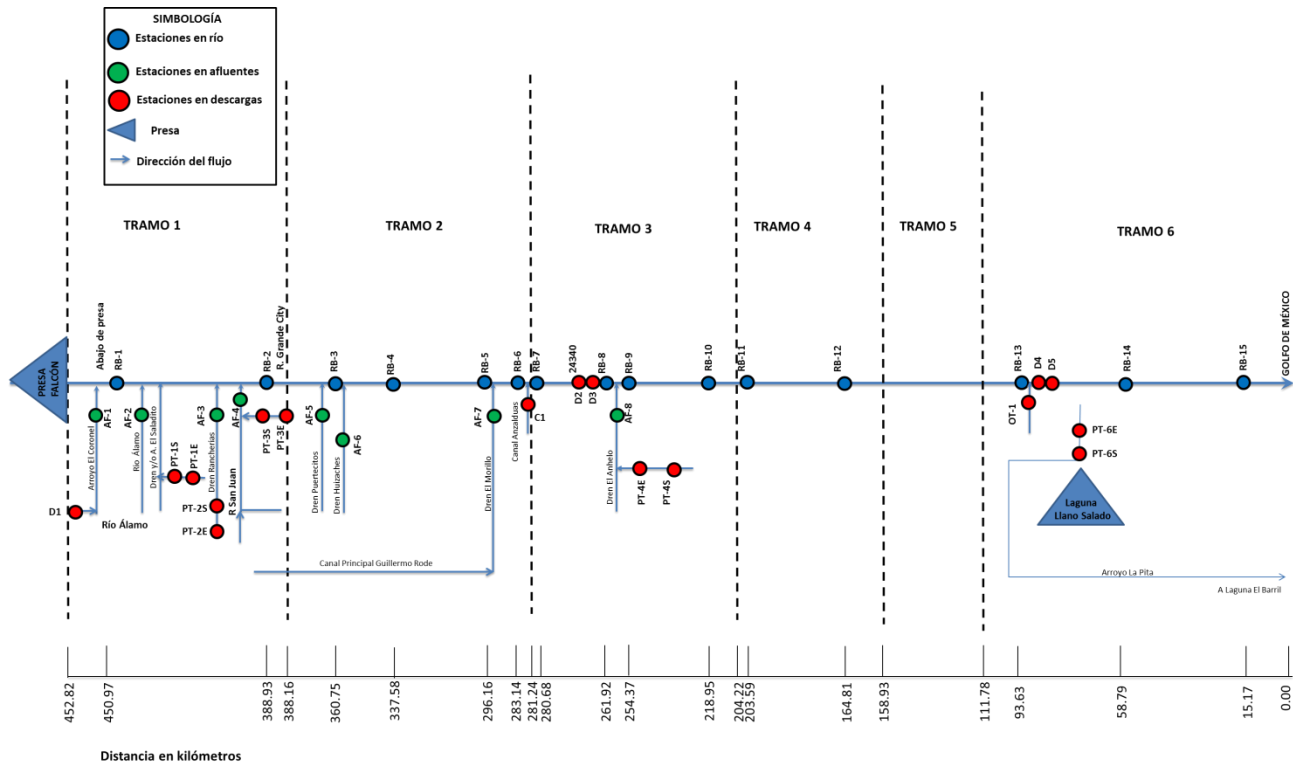
El oxígeno disuelto no se encuentra normado para las descargas a cuerpo receptor. En la tabla 38 se presentan los datos.

**Tabla 38. Estadística descriptiva de los datos de oxígeno disuelto en las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento.**

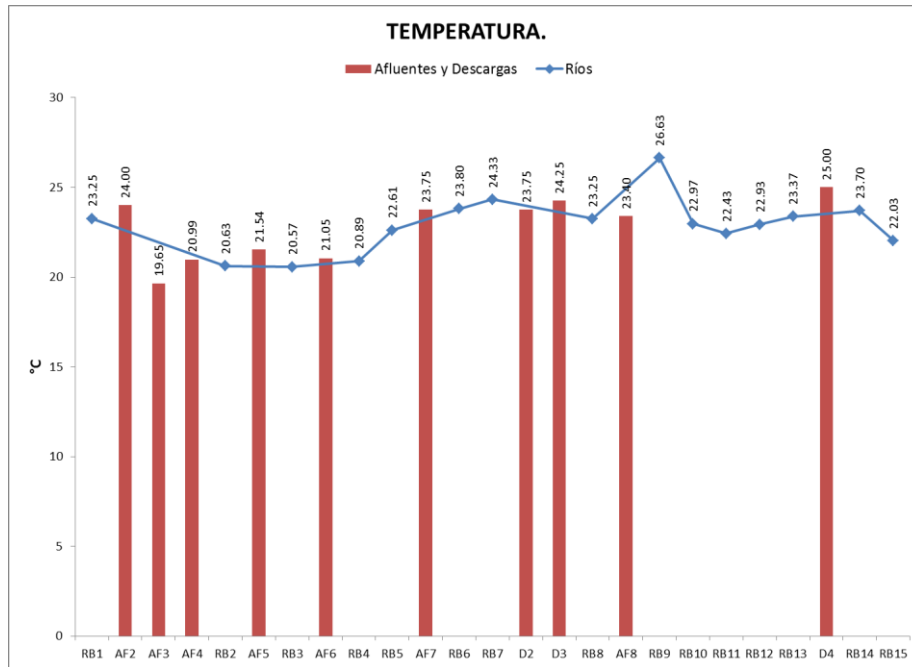
Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil	Mediana	3° Cuartil	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.000	0.000
PT-1E	3	0.200	1.910	0.200	0.200	1.055	0.770	0.975	0.987
PT-1S	2	4.400	8.000	5.300	6.200	7.100	6.200	6.480	2.546
PT-2E	4	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.000	0.000
PT-2S	4	1.640	3.000	1.760	1.815	2.123	2.068	0.393	0.627
PT-3E	4	0.200	11.000	0.200	0.200	2.900	2.900	29.160	5.400
PT-3S	4	0.200	10.100	0.200	0.200	2.675	2.675	24.503	4.950
D2	4	0.200	8.000	4.100	6.420	7.580	5.260	12.628	3.554
D3	4	0.200	4.640	0.200	2.205	4.318	2.313	5.981	2.446
PT-4E	4	0.200	3.080	0.200	0.200	0.920	0.920	2.074	1.440
PT-4S	4	5.600	8.180	5.900	6.990	8.030	6.940	1.766	1.329
PT-5E	4	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.000	0.000
PT-5S	4	0.200	3.140	0.200	1.125	2.323	1.398	2.110	1.453
D4	4	0.200	7.630	1.700	4.465	6.955	4.190	12.722	3.567

La cuenca Baja del río Bravo representada en el unifilar de la figura 123, indica el análisis de los sitios en el río, afluente o drenes y las descargas que llegan directamente al cauce principal y que pueden afectar las concentraciones de los parámetros de campo.

El comportamiento de la temperatura conforme a la ubicación de los sitios de muestreo presentados en el unifilar y graficados en la figura 124, en promedio no se vieron afectadas, debido a que la temperatura tanto de los afluentes como de las descargas oscilaron entre 19.65 hasta 25 °C. Incrementos considerables en la temperatura, influye en la tasa metabólica de los organismos acuáticos, ya que a mayor temperatura la respiración incrementa, aumentando el consumo de oxígeno y para el caso de las bacterias y el fitoplancton las cuales pueden duplicar su población en corto tiempo, pueden incrementar la turbidez del agua (WMO, 2013). A lo largo de cauce del río la temperatura oscilo de 20 a 26 °C en promedio.

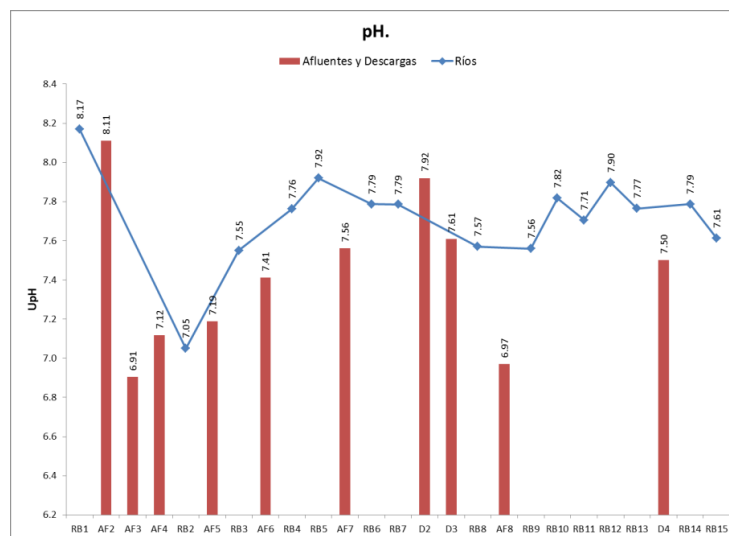


**Figura 123. Unifilar de los sitios de muestreo en la parte Baja del Río Bravo.**



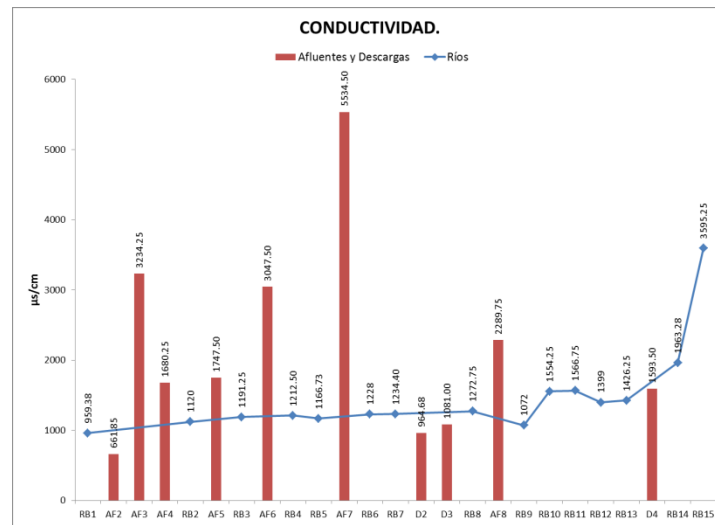
**Figura 124. Comportamiento promedio de la temperatura a lo largo del cauce del Bajo Río Bravo.**

El potencial de hidrógeno en el tramo monitoreado y desde la salida de agua de la presa Internacional Falcón en promedio el valor más alto fue de 8.17, debido probablemente a la disolución de las rocas que incrementan el pH por efectos del desfogue de agua de la presa, mientras que los afluentes AF3 (Dren Rancherías) y el AF8 (Dren El Anhel) fueron los que presentaron valores menores a 7 (condición ligeramente ácida); sin embargo en general se presentaron condiciones de neutralidad en el río (Figura 125).



**Figura 125. Comportamiento promedio del pH a lo largo del cauce del río Bravo**

El análisis del comportamiento promedio de la conductividad a lo largo del tramo en estudio de la parte baja del río Bravo presentado en la figura 126, indica que los afluentes aportan sales minerales y sólidos disueltos que van incrementan la concentración en el río hasta su desembocadura con la influencia de la entrada de agua marina en el sitio RB15. El afluente AF7 (Dren Morillo) fue el de mayor aportación de sales minerales y sólidos disueltos al cauce del río.



**Figura 126. Comportamiento de la conductividad promedio en el tramo en estudio.**

Los vertidos de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica y nutrientes pueden conducir a una disminución en las concentraciones de OD, como resultado de una mayor actividad microbiana (respiración) que se produce durante la degradación de la materia orgánica. En casos severos de reducción en la concentración de oxígeno (ya sea natural o artificial), se pueden producir condiciones anaeróbicas, sobre todo cerca de la interface agua-sedimento como resultado de la descomposición, sedimentándose el material en el fondo del lecho (WOM, 2013).

Por lo que respecta al tramo del río Bravo (Figura 127) el oxígeno disuelto se encontró por arriba de 5 mg/L recomendado para la protección de la vida acuática por los criterios ecológicos (CECA-CA-01/86) y por la Ley Federal de Derechos para el Uso 3; así como arriba de 4 mg/L que especifica la LFDMA, 2018 para el Uso 1 como fuente de abastecimiento en los lineamientos de calidad del agua.

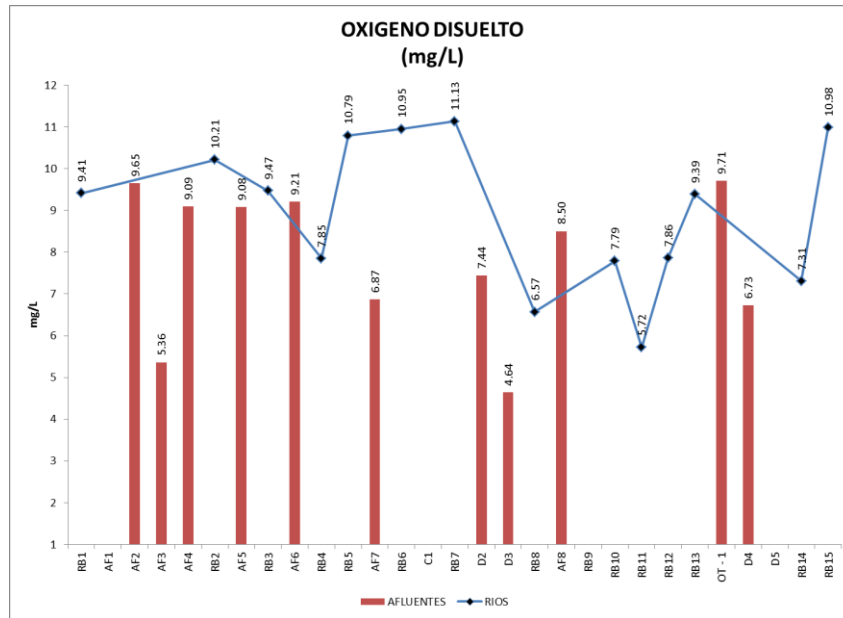


Figura 127. Comportamiento del Oxígeno Disuelto (OD) promedio en el tramo en estudio.

#### 4.5. RESULTADOS DE PARÁMETROS FISCOQUIMICOS

##### 4.5.1. Color

El color y la turbiedad del agua determinan la profundidad a la que la luz es transmitida, además de controlar la producción primaria por la cantidad de algas presentes en el cuerpo de agua y es el resultado de la presencia de sustancias disueltas y particuladas en el agua. El color verdadero es medido como Unidades de Platino Cobalto, en aguas naturales se pueden obtener valores de <5 UPt-Co en aguas muy claras, hasta 300 UPt-Co para aguas muy oscura.

Los lineamientos de calidad del agua que establece la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (LFD, 2018) para fuentes de abastecimiento para uso público urbano (Uso 1) considera un valor de 75 UPt-Co y para protección de vida acuática (Uso 3) un valor de 15 UPt-Co. En la Unión Europea para suministro de agua a la población el máximo permisible es de 20 UPt-Co, para la Organización Mundial de la Salud el valor guía es de 15 UPt-Co (Chapman, 1996).

En el cauce del río Bravo los valores promedio de color verdadero oscilaron de  $6.875 \pm 2.394$  UPt-Co en el sitio RB1, salida de la presa Internacional Falcón, hasta  $19.375 \pm 9.65$  UPt-Co en el sitio RB3, lo que indica que para el uso en abastecimiento y protección de vida acuática el agua del Bajo Río Bravo se considera adecuada para los usos que actualmente se tienen (Figura 128). En la tabla 39 se presentan los datos estadísticos.

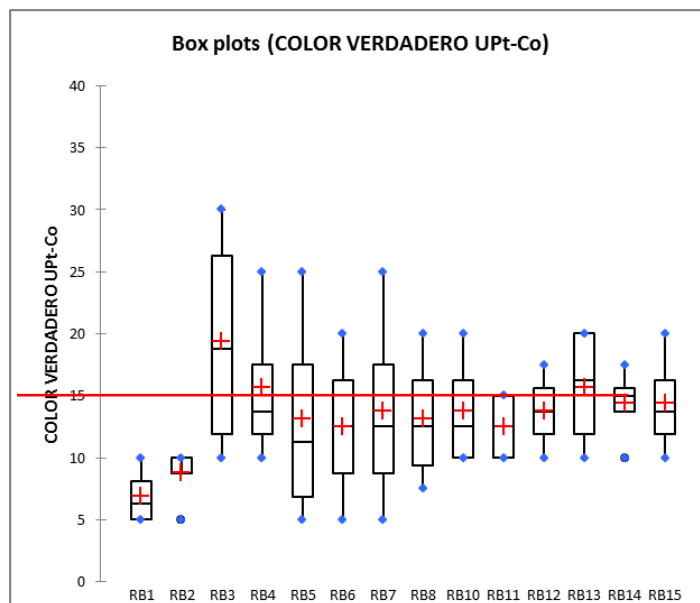
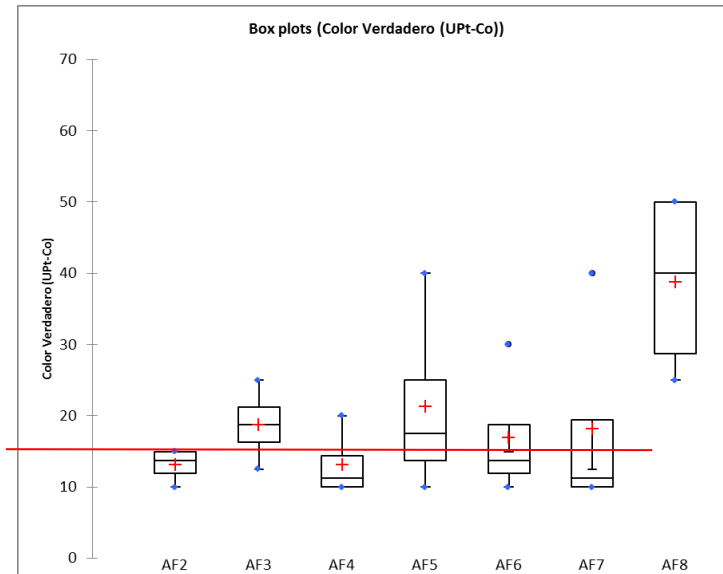


Figura 128. Color verdadero en el cauce principal del Bajo Río Bravo. Línea roja lineamiento para protección de vida acuática (15 UPt Co).

Tabla 39. Estadística descriptiva de los datos de color verdadero en el Bajo Río Bravo.

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	5.000	10.000	5.000	6.250	8.125	6.875	5.729	2.394
RB2	4	5.000	10.000	8.750	10.000	10.000	8.750	6.250	2.500
RB3	4	10.000	30.000	11.875	18.750	26.250	19.375	93.229	9.656
RB4	4	10.000	25.000	11.875	13.750	17.500	15.625	43.229	6.575
RB5	4	5.000	25.000	6.875	11.250	17.500	13.125	80.729	8.985
RB6	4	5.000	20.000	8.750	12.500	16.250	12.500	41.667	6.455
RB7	4	5.000	25.000	8.750	12.500	17.500	13.750	72.917	8.539
RB8	4	7.500	20.000	9.375	12.500	16.250	13.125	30.729	5.543
RB9	2	7.500	20.000	10.625	13.750	16.875	13.750	78.125	8.839
RB10	4	10.000	20.000	10.000	12.500	16.250	13.750	22.917	4.787
RB11	4	10.000	15.000	10.000	12.500	15.000	12.500	8.333	2.887
RB12	4	10.000	17.500	11.875	13.750	15.625	13.750	10.417	3.227
RB13	4	10.000	20.000	11.875	16.250	20.000	15.625	26.563	5.154
RB14	4	10.000	17.500	13.750	15.000	15.625	14.375	9.896	3.146
RB15	4	10.000	20.000	11.875	13.750	16.250	14.375	18.229	4.270

En los afluentes, el color promedio mínimo se presentó en AF2 (río Álamo) con un valor de  $13.125 \pm 2.394$  UPt-Co y el promedio máximo fue de  $38.75 \pm 13.15$  UPt-Co en AF8 (Dren El Anhel). Las concentraciones determinadas en los afluentes no sobrepasan el lineamiento de 75 UPt-Co para el Uso 1 como fuente de abastecimiento de acuerdo a la Ley Federal de Derechos, sin embargo para el Uso 3 protección de vida acuática en la misma Ley el promedio máximo se sobrepasa en el Dren Anhel (AF8) (Figura 129).



**Figura 129. Color verdadero en afluentes. Línea roja lineamiento para protección de vida acuática (15 Upt Co).**

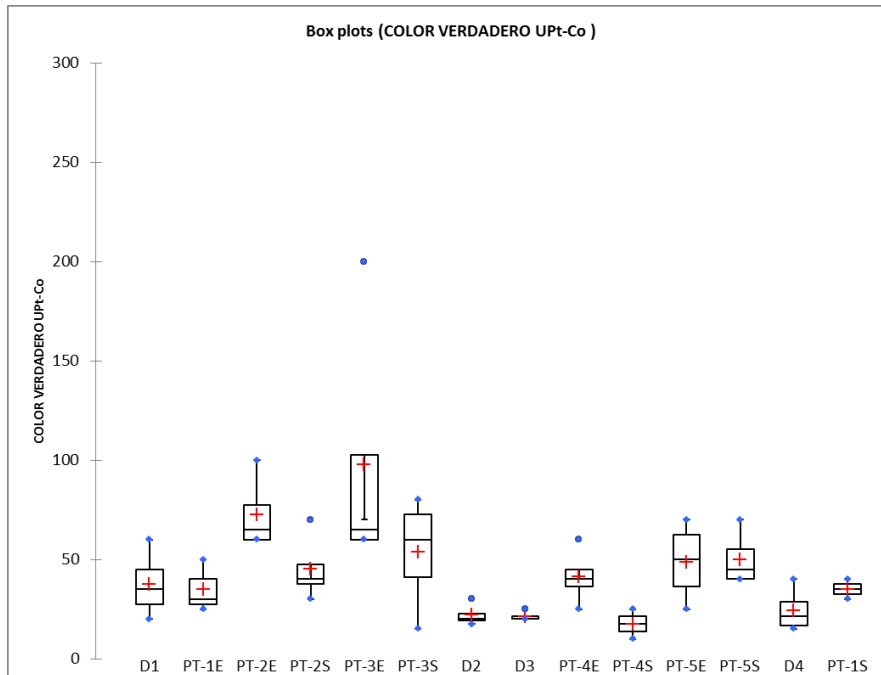
En la tabla 40 se presentan los datos estadísticos.

**Tabla 40. Estadística descriptiva de los datos de color verdadero en afluentes**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	10.000	15.000	11.875	13.750	15.000	13.125	5.729	2.394
AF3	4	12.500	25.000	16.250	18.750	21.250	18.750	27.083	5.204
AF4	4	10.000	20.000	10.000	11.250	14.375	13.125	22.396	4.732
AF5	4	10.000	40.000	13.750	17.500	25.000	21.250	172.917	13.150
AF6	4	10.000	30.000	11.875	13.750	18.750	16.875	80.729	8.985
AF7	4	10.000	40.000	10.000	11.250	19.375	18.125	214.063	14.631
AF8	4	25.000	50.000	28.750	40.000	50.000	38.750	172.917	13.150

En las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento, el color promedio osciló de  $21.875 \pm 5.54$  en la descarga D2 (Reynosa) hasta  $97.50 \pm 68.48$  UPt-Co en PT-3E, entrada de la planta de tratamiento Ciudad Camargo, en la cual también se presentó el máximo valor de 200 UPt-Co (Figura 130 y Tabla 41). La norma NOM-001-SEMARNAT-1996, no considera al color como parámetro de evaluación.





**Figura 130. Color verdadero en descargas y plantas de tratamiento.**

**Tabla 41. Estadística descriptiva de los datos de color verdadero en descargas y plantas de tratamiento**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	20.000	60.000	27.500	35.000	45.000	37.500	291.667	17.078
PT-1E	3	25.000	50.000	27.500	30.000	40.000	35.000	175.000	13.229
PT-1S	2	30.000	40.000	32.500	35.000	37.500	35.000	50.000	7.071
PT-2E	4	60.000	100.000	60.000	65.000	77.500	72.500	358.333	18.930
PT-2S	4	30.000	70.000	37.500	40.000	47.500	45.000	300.000	17.321
PT-3E	4	60.000	200.000	60.000	65.000	102.500	97.500	4691.667	68.496
PT-3S	4	15.000	80.000	41.250	60.000	72.500	53.750	822.917	28.687
D2	4	17.500	30.000	19.375	20.000	22.500	21.875	30.729	5.543
D3	4	20.000	25.000	20.000	20.000	21.250	21.250	6.250	2.500
PT-4E	4	25.000	60.000	36.250	40.000	45.000	41.250	206.250	14.361
PT-4S	4	10.000	25.000	13.750	17.500	21.250	17.500	41.667	6.455
PT-5E	4	25.000	70.000	36.250	50.000	62.500	48.750	406.250	20.156
PT-5S	4	40.000	70.000	40.000	45.000	55.000	50.000	200.000	14.142
D4	4	15.000	40.000	16.875	21.250	28.750	24.375	126.563	11.250

A lo largo del tramo en estudio el color verdadero puede ser aportado por afluentes y/o descargas al cauce principal del río. En la figura 131 se observa que en el río el color se incrementa del sitio RB2 a RB3, ya que el afluente AF5 (Dren Puertecitos) aporta color al río, disminuyendo conforme transita el río hacia aguas abajo y se mantiene en valores menores de 15 UPt-Co, como lineamiento de calidad del agua para el Uso 3 en protección de vida acuática en el río y por abajo de los 75 UPt-Co como fuente de abastecimiento (Uso 1) (LFD, 2016).

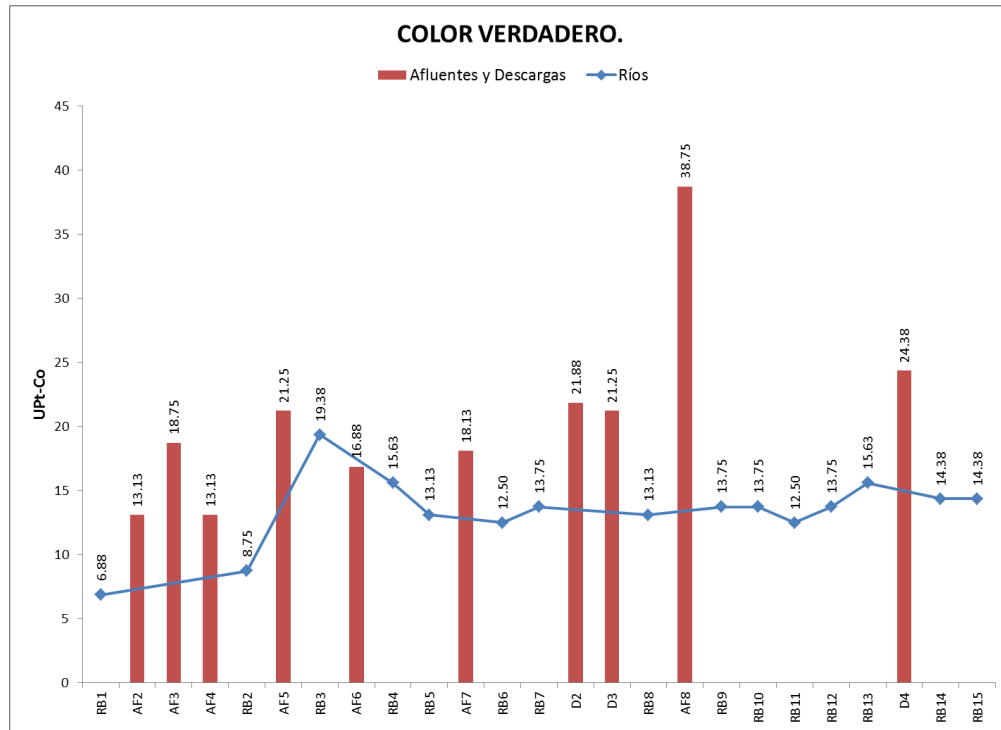


Figura 131. Comportamiento promedio del color verdadero en el Bajo Río Bravo.

#### 4.5.2. Sólidos suspendidos totales

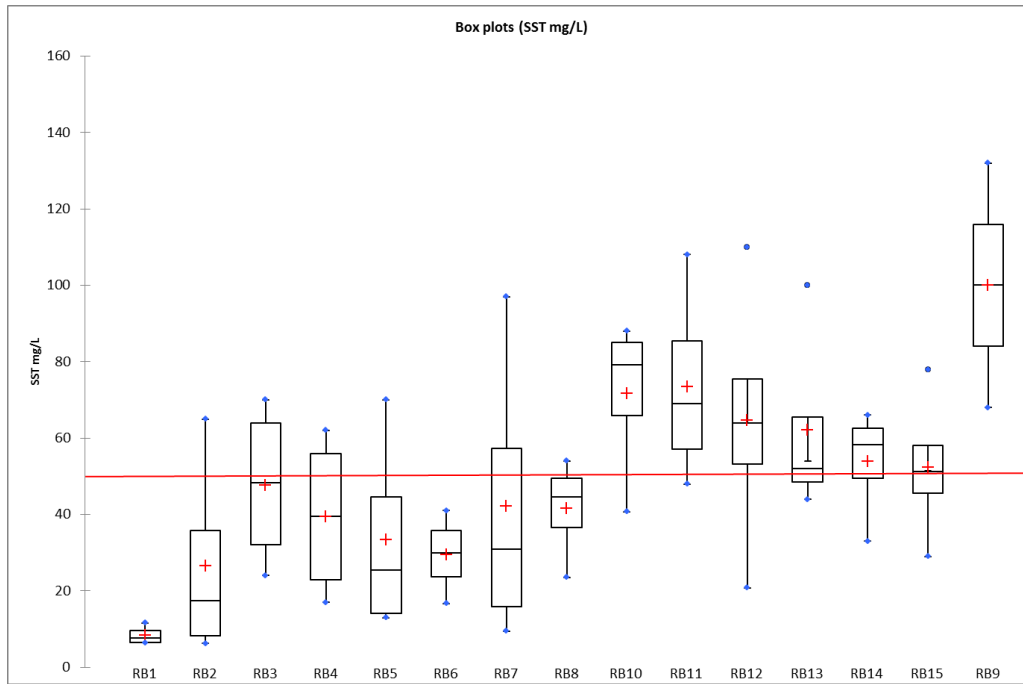
El término residuo aplica a las sustancias que quedan después de la evaporación de una muestra de agua y su subsecuente secado en un horno a una temperatura dada. Es equivalente al contenido total del material suspendido y disuelto en el agua. El término "sólidos" se utiliza ampliamente para la mayoría de los compuestos que están presentes en aguas naturales y permanecen en un estado sólido después de la evaporación (algunos compuestos orgánicos se mantendrán en estado líquido después de que el agua se haya evaporado). Los sólidos suspendidos totales (SST) y los sólidos disueltos totales (SDT) corresponden a residuos no filtrable y filtrable, respectivamente.

El tipo y concentración del material suspendido controla la turbidez y transparencia del agua. El material suspendido consiste de sales, arcillas, partículas finas de materia orgánica e inorgánica, compuestos orgánicos solubles, plancton y otros organismos microscópicos.

La turbidez es el resultado de la dispersión y absorción de la luz incidente por las partículas y la transparencia es el límite de la visibilidad en el agua. Ambos pueden variar según la temporada del año, de acuerdo con la actividad biológica en la columna de agua y por la escorrentía superficial que acarrea las partículas del suelo. Las fuertes lluvias también pueden dar lugar a variaciones por hora en la turbidez, así como en la concentración de los SST (Chapman, 1996; WOM, 2013).

En el Bajo Río Bravo las concentraciones promedio de SST se presentan en la figura 132 y en la tabla 42 la estadística de los datos. El mínimo valor promedio detectado fue en RB1  $8.35 \pm 2.48$  mg/L, y el máximo promedio de  $100 \pm 45.25$  mg/L en RB9. Dichos valores de acuerdo a la Ley Federal de Derechos que considera un lineamiento de calidad del agua de 50 mg/L para Uso 1 (fuente de abastecimiento para uso público) desde RB10 hasta el sitio RB15 en promedio estuvieron por arriba del lineamiento. La Unión Europea considera una concentración máxima

permisible para pesquerías y vida acuática de 25 mg/L; mientras que Canadá para el mismo uso considera un valor guía como concentración antecedente de  $\leq 100$  mg/L (Chapman, op. cit; WOM op. cit.).



**Figura 132. Sólidos Suspendedos Totales en el cauce principal del río Bravo. Línea roja indica el lineamiento de 50 mg/L para el Uso 1 (LFD, 2016).**

**Tabla 42. Estadística descriptiva de los datos de sólidos suspendidos totales en el río.**

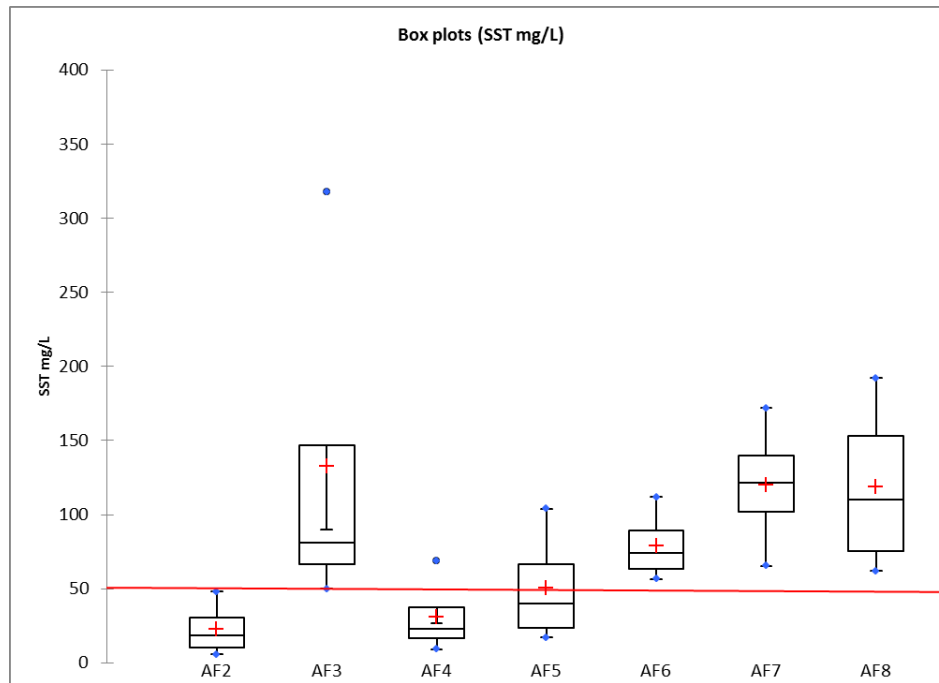
Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	6.400	11.600	6.400	7.700	9.650	8.350	6.197	2.489
RB2	4	6.270	65.000	8.168	17.400	35.750	26.518	735.014	27.111
RB3	4	24.000	70.000	32.025	48.350	64.000	47.675	477.489	21.852
RB4	4	17.000	62.000	23.000	39.500	56.000	39.500	477.667	21.856
RB5	4	13.000	70.000	14.125	25.350	44.650	33.425	706.923	26.588
RB6	4	16.700	41.000	23.675	30.000	35.750	29.425	109.523	10.465
RB7	4	9.500	97.000	15.875	31.000	57.250	42.125	1553.729	39.417
RB8	4	23.500	54.000	36.625	44.500	49.500	41.625	174.229	13.200
RB10	4	40.700	88.000	65.900	79.150	85.000	71.750	461.577	21.484
RB11	4	48.000	108.000	57.000	69.000	85.500	73.500	681.000	26.096
RB12	4	20.800	110.000	53.200	64.000	75.500	64.700	1326.760	36.425
RB13	4	44.000	100.000	48.500	52.000	65.500	62.000	658.667	25.665
RB14	4	33.000	66.000	49.500	58.200	62.550	53.850	213.557	14.614
RB15	4	29.000	78.000	45.500	51.200	58.050	52.350	401.957	20.049
RB9	2	68.000	132.000	84.000	100.000	116.000	100.000	2048.000	45.255

La Conagua cuenta con unos indicadores de calidad del agua (Conagua, 2015) que incluyen a los SST (Tabla 43), y tomando en cuenta las concentraciones obtenidas en el Bajo Río Bravo se tiene una calidad aceptable, ya que las concentraciones máximas determinadas para cada sitio se encuentran por abajo de 150 mg/L.

**Tabla 43. Indicador de Calidad del Agua para Sólidos Suspendedos Totales (mg/L). Conagua 2015.**

Indicador de calidad del agua	Excelente	Buena calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	> 25	> 25 - ≤ 75	> 75 - ≤ 150	> 150 - ≤ 400	> 400

Por lo que respecta a los afluentes, la concentración de SST osciló en promedio de  $22.55 \pm 18.80$  mg/L en AF2 (Río Álamo) hasta  $132.5 \pm 124.74$  mg/L en AF3 (Dren Rancherías) (Figura 133 y tabla 44).



**Figura 133. Sólidos Suspendedos Totales en afluentes. Línea roja indica el lineamiento de 50 mg/L para el Uso 1 (LFD, 2016).**

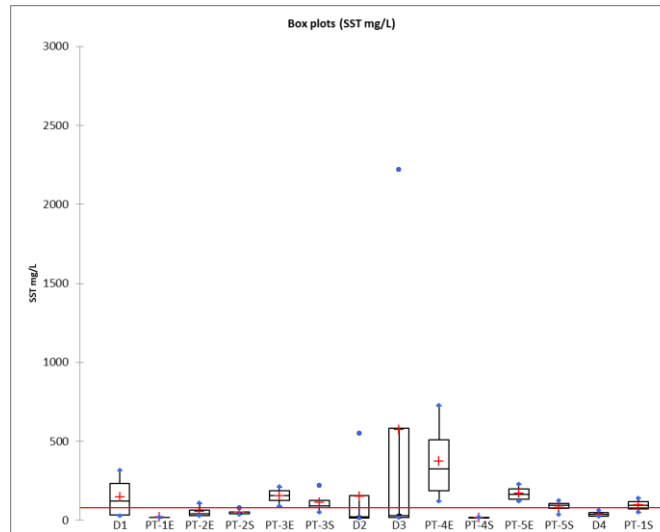
**Tabla 44. Estadística descriptiva de los datos de sólidos suspendedos totales en afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	5.600	48.000	10.100	18.300	30.750	22.550	353.637	18.805
AF3	4	50.000	318.000	66.500	81.000	147.000	132.500	15561.000	124.744
AF4	4	9.200	68.800	16.550	22.850	37.225	30.925	688.849	26.246
AF5	4	17.000	104.000	23.750	40.000	66.500	50.250	1532.250	39.144
AF6	4	56.700	112.000	63.675	73.850	89.275	79.100	587.513	24.239
AF7	4	65.500	172.000	101.875	121.500	139.750	120.125	1930.396	43.936
AF8	4	62.000	192.000	75.500	110.000	153.000	118.500	3513.000	59.271

El lineamiento para el Uso 1 se cumple para los dos afluentes AF2 y AF4 que corresponden al río Álamo y San Juan respectivamente; mientras que haciendo la comparación de los datos con los indicadores de Conagua se considera la calidad del agua aceptable en todos los afluentes, incluidos los drenes.

En las descargas y plantas de tratamiento la concentración promedio de los SST presentó valores en un intervalo de  $17 \pm 2.449$  mg/L a la salida de la planta de tratamiento de Reynosa 1 (PT4S), hasta  $572.5 \pm 1098.21$  mg/L,

registrándose la concentración promedio máxima en la descarga D3 con una desviación estándar que denota una amplia variación. En la NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles para las descargas a cuerpo receptor los SST que se descarguen al río Bravo en el tramo de Tamaulipas, considerado como cuerpo receptor Tipo B con uso público urbano de acuerdo a la Ley Federal de Derechos, establece un límite de 75 mg/L como promedio mensual y 125 mg/L como promedio diario.



**Figura 134. Sólidos Suspendidos Totales en descargas y plantas de tratamiento. Línea roja indica el LMP de 75 mg/L establecido en la NOM-001-SEMARNAT 1996.**

La revisión de las descargas y de la salida de las plantas de tratamiento, tomando en cuenta que son las que llega a cuerpo receptor y con el límite de 75 mg/L, indican que las descargas D2, D3 y PT3S en marzo, PT5S en agosto, D1, PT3S, PT5S en noviembre y D1, PT1S, PT3S y PT5S en abril no cumplen con lo establecido en la norma al aportar al río Bravo concentraciones más altas que 75 mg/L (Figura 134 y Tabla 45).

**Tabla 45. Estadística descriptiva de los datos de sólidos suspendidos totales en descargas y plantas de tratamiento.**

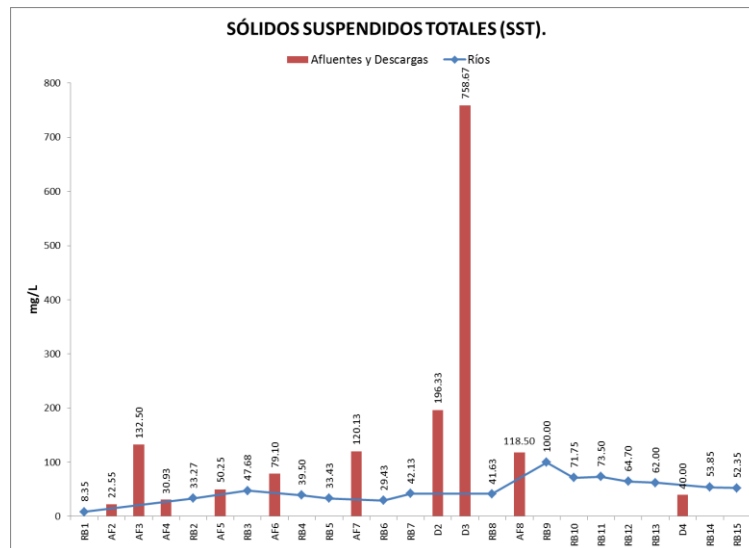
Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	28.000	315.000	32.500	121.000	234.750	146.250	19624.250	140.087
PT-1E	3	15.000	20.000	17.500	20.000	20.000	18.333	8.333	2.887
PT-2E	4	28.000	108.000	31.000	42.000	66.000	55.000	1358.667	36.860
PT-2S	4	37.000	76.000	40.750	43.000	52.000	49.750	314.917	17.746
PT-3E	4	88.000	212.000	124.000	158.000	188.000	154.000	2906.667	53.914
PT-3S	4	50.000	220.000	78.500	90.000	124.000	112.500	5494.333	74.124
D2	4	12.000	550.000	14.250	21.000	157.750	151.000	70798.000	266.079
D3	4	15.000	2220.000	17.250	28.000	583.500	572.750	1206074.250	1098.214
PT-4E	4	120.000	725.000	187.500	325.000	511.250	373.750	72989.583	270.166
PT-4S	4	15.000	20.000	15.000	16.500	18.500	17.000	6.000	2.449
PT-5E	4	120.000	228.000	133.500	163.000	198.000	168.500	2401.000	49.000
PT-5S	4	36.000	124.000	76.500	95.000	106.000	87.500	1382.333	37.180
D4	4	24.000	64.000	25.500	36.000	50.500	40.000	354.667	18.833
PT-1S	2	50.000	140.000	72.500	95.000	117.500	95.000	4050.000	63.640

Las aportaciones de SST al cuerpo receptor modifican la transparencia del agua o claridad como una función de elevadas concentraciones de sólidos suspendidos en la columna de agua, en aguas turbias la atenuación de la intensidad de la luz resulta en una mayor absorción de energía solar en la superficie del agua, lo que reduce la

transferencia del oxígeno del aire hacia el agua, así como la transferencia de la penetración de luz, disminuyendo la actividad fotosintética en el cuerpo receptor.

Por otro lado, se considera que, a una profundidad menor de la penetración de la luz, causada por los SST, se puede afectar la alimentación de los peces, ya que es a través de la vista que capturan a sus presas, y pueden afectar las migraciones de zooplancton y la reproducción de invertebrados bentónicos (Chapman, op. cit; WOM op. cit.).

A lo largo del tramo en estudio el aporte de SST en promedio de las descargas D2 y D3 podrían influenciar la concentración en río, sin embargo, debido a el caudal en las descargas es bajo no se ve afectado. El sitio RB9 parece estar influenciado por la entrada del afluente AF8 (Dren El Anhel) (Figura 135)

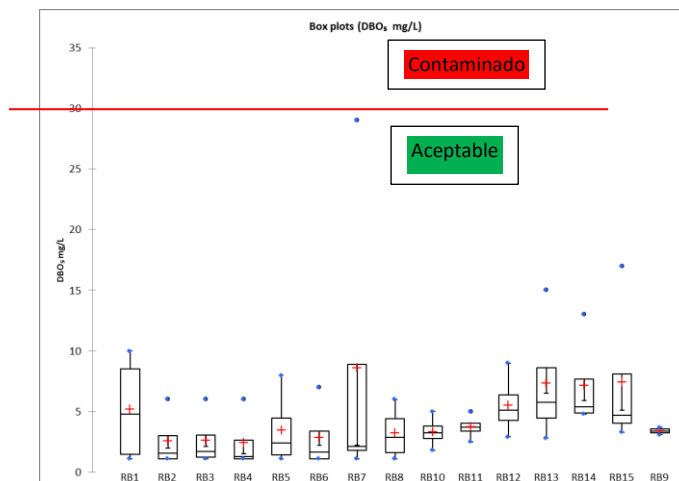


**Figura 135. Comportamiento promedio de los SST en el río Bravo**

#### 4.5.3. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) es una medición de la cantidad de materia orgánica degradable biológicamente presente en una muestra de agua y se refiere a la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los micro-organismos presentes en la muestra para oxidar la materia orgánica a una forma inorgánica estable. Cuando existen compuestos o sustancias tóxicas en el agua, la actividad microbiana se reduce y por consiguiente la concentración de DBO<sub>5</sub> también.

En el tramo en estudio del Bajo Río Bravo, la DBO<sub>5</sub> estuvo en promedio en un intervalo de  $2.55 \pm 2.33$  mg/L en RB2 hasta  $8.57 \pm 13.62$  mg/L registrado en el sitio RB7 ubicado después de la presa Anzalduas (Figura 136 y Tabla 46).



**Figura 136. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en el cauce del río Bravo.**

**Tabla 46. Estadística descriptiva de los datos de DBO5 en el río Bravo.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	1.100	10.000	1.475	4.800	8.500	5.175	20.216	4.496
RB2	4	1.100	6.000	1.100	1.550	3.000	2.550	5.470	2.339
RB3	4	1.100	6.000	1.250	1.700	3.075	2.625	5.249	2.291
RB4	4	1.100	6.000	1.100	1.300	2.625	2.425	5.716	2.391
RB5	4	1.100	8.000	1.400	2.400	4.475	3.475	10.016	3.165
RB6	4	1.100	7.000	1.100	1.650	3.400	2.850	7.923	2.815
RB7	4	1.100	29.000	1.775	2.100	8.900	8.575	185.643	13.625
RB8	4	1.100	6.000	1.625	2.850	4.425	3.200	4.900	2.214
RB10	4	1.800	5.000	2.775	3.250	3.800	3.325	1.729	1.315
RB11	4	2.500	5.000	3.400	3.700	4.025	3.725	1.043	1.021
RB12	4	2.900	9.000	4.250	5.100	6.375	5.525	6.549	2.559
RB13	4	2.800	15.000	4.450	5.750	8.625	7.325	28.489	5.338
RB14	4	4.800	13.000	4.875	5.400	7.675	7.150	15.457	3.931
RB15	4	3.300	17.000	4.050	4.700	8.075	7.425	41.289	6.426
RB9	2	3.100	3.700	3.250	3.400	3.550	3.400	0.180	0.424

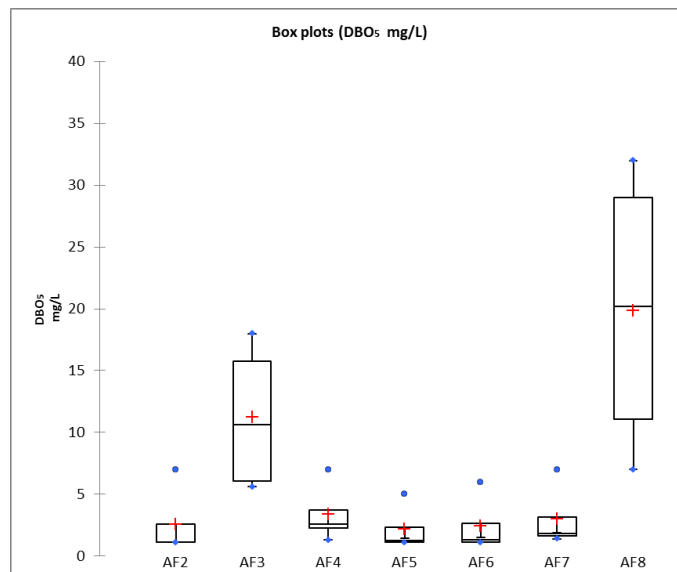
De acuerdo a los indicadores de la Conagua, 2015 tabla 47, las concentraciones en el río se consideran aceptables al presentarse valores menores de 30 mg/L tanto el promedio como los máximos valores.

**Tabla 47. Indicador de Calidad del Agua para Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L). Conagua 2015**

Indicador de calidad del agua	Excelente	Buena calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg/L	≤ 3	> 3 - ≤ 6	> 6 - ≤ 30	> 30 - ≤ 120	> 120

Para el uso del agua para consumo y para pesquerías y vida acuática Rusia establece una concentración máxima permitida de 3.0 mg/L de DBO<sub>5</sub>, y la Unión Europea establece para pesquerías y vida acuática un valor de 3.0 hasta 6.0 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno (Chapman, 1996). La misma autora describe que para agua no contaminada un valor de 2 mg/L o menor se puede encontrar.

En los afluentes la DBO<sub>5</sub> osciló en promedio de 2.15 ± 1.91 mg/L en AF5 (Dren Puertecitos) hasta 19.85 ± 12.03 mg/L, detectándose el promedio máximo en el sitio AF8 (Dren El Anhel) (Figura 137 y Tabla 48). En el Dren El Anhel, la planta de tratamiento de Reynosa 1 descarga al dren y éste a su vez confluye con el río Bravo.



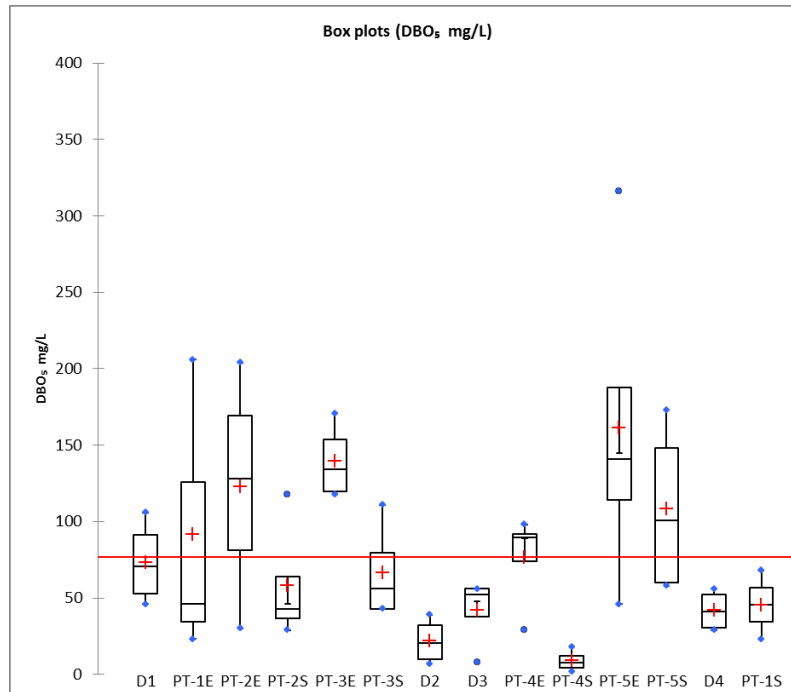
**Figura 137. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en afluentes**

**Tabla 48. Estadística descriptiva de los datos de DBO5 en afluentes**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	1.100	7.000	1.100	1.100	2.575	2.575	8.703	2.950
AF3	4	5.600	18.000	6.050	10.600	15.750	11.200	39.013	6.246
AF4	4	1.300	7.000	2.275	2.600	3.700	3.375	6.216	2.493
AF5	4	1.100	5.000	1.100	1.255	2.308	2.153	3.625	1.904
AF6	4	1.100	6.000	1.100	1.300	2.625	2.425	5.716	2.391
AF7	4	1.400	7.000	1.625	1.800	3.175	3.000	7.153	2.675
AF8	4	7.000	32.000	11.050	20.200	29.000	19.850	144.890	12.037

En las descargas y plantas de tratamiento se obtuvieron concentraciones promedio mínima de 8.75 ± 6.99 mg/L a la salida de la planta de tratamiento Reynosa 1 (PT4S) y el máximo valor promedio en la planta de tratamiento de Reynosa 2 a la entrada (PT5E) con 206 mg/L ± 112.66 mg/L (Figura 138 y Tabla 49).





**Figura 138. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en descargas y plantas de tratamiento. Línea roja indica el LMP de 75 mg/L establecido en la NOM-001-SEMARNAT 1996.**

**Tabla 49. Estadística descriptiva de los datos de DBO5 en descargas y plantas de tratamiento.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	46.000	106.000	52.750	70.500	91.000	73.250	770.250	27.753
PT-1E	3	23.000	206.000	34.500	46.000	126.000	91.667	9936.333	99.681
PT-1S	2	23.000	68.000	34.250	45.500	56.750	45.500	1012.500	31.820
PT-2E	4	30.000	204.000	81.000	128.000	169.500	122.500	5686.333	75.408
PT-2S	4	29.000	118.000	36.500	42.500	64.000	58.000	1648.667	40.604
PT-3E	4	118.000	171.000	119.500	134.000	153.750	139.250	635.583	25.211
PT-3S	4	43.000	111.000	43.000	56.000	79.500	66.500	1030.333	32.099
D2	4	7.000	39.000	10.000	20.500	32.250	21.750	232.917	15.262
D3	4	8.000	56.000	38.000	52.000	56.000	42.000	528.000	22.978
PT-4E	4	29.000	98.000	74.000	89.500	92.000	76.500	1019.000	31.922
PT-4S	4	2.000	18.000	4.250	7.500	12.000	8.750	48.917	6.994
PT-5E	4	46.000	316.000	114.250	141.000	187.750	161.000	12694.000	112.668
PT-5S	4	58.000	173.000	60.250	100.500	148.250	108.000	3319.333	57.614
D4	4	29.000	56.000	30.500	41.000	52.250	41.750	188.917	13.745

La NOM-001-SEMARNAT-1996 establece un límite máximo permisible en las descargas que vierten a cuerpos receptores de 75 mg/L como promedio mensual y de 150 mg/L como promedio diario para ríos clasificados como Tipo B para uso público urbano, como el caso del río Bravo. Al considerar el LMP de 75 mg/L para los efluentes de las plantas de tratamiento y descargas directas; las que no cumplen con el LMP fueron la planta de tratamiento de Reynosa 2 (PT5S) en agosto; la descarga D1 en noviembre y abril; y las plantas de tratamiento PT2S, PT3S y PT5S en abril del 2016 tampoco cumplieron el límite máximo permisible (LMP), ubicadas en Miguel Alemán, Camargo y Reynosa respectivamente.

Los resultados de DBO<sub>5</sub> a lo largo del río no se ven influenciados por los aportes de materia orgánica al cauce, además de que, considerando también la concentración de oxígeno disuelto, el río asimila la materia orgánica reflejando la degradación de la misma (Figura 139).

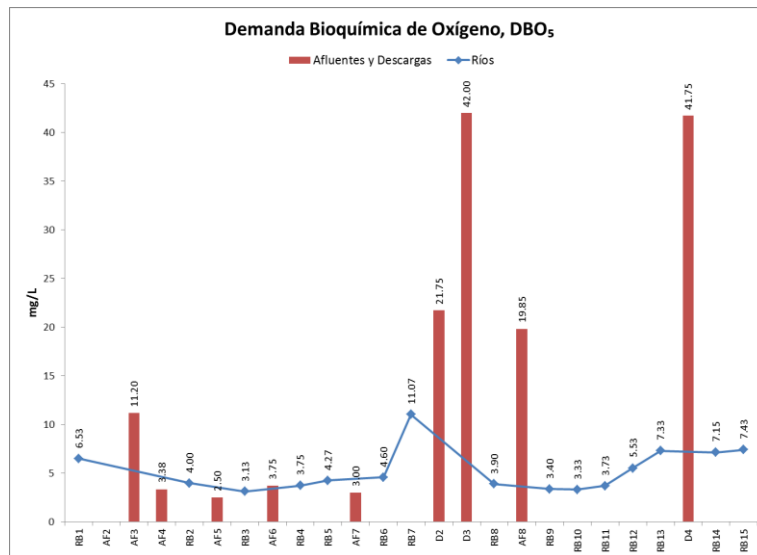


Figura 139. Comportamiento promedio de la DBO5 en el río Bravo

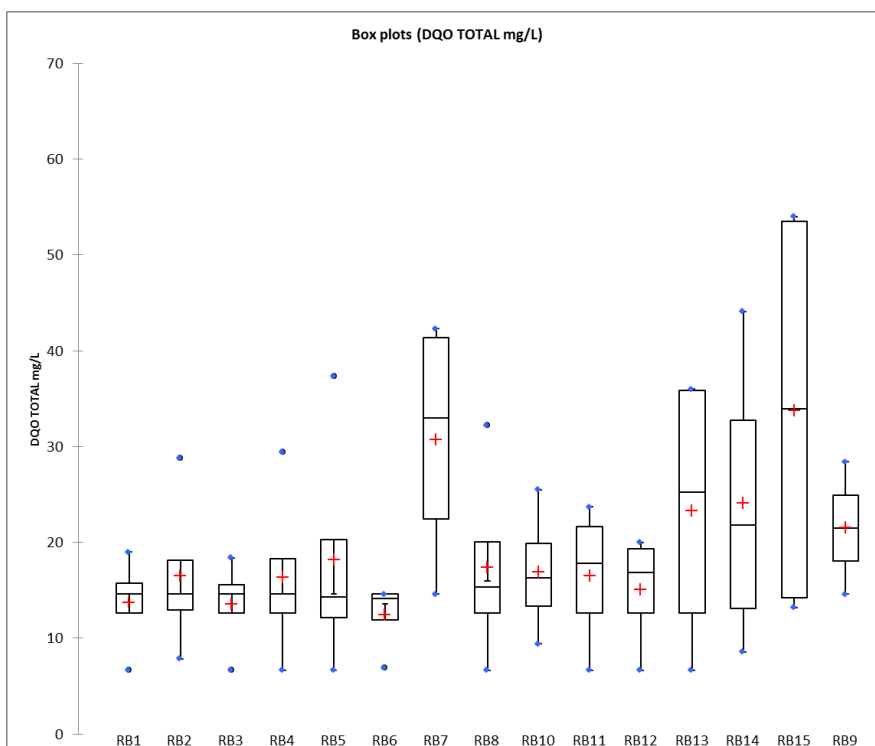
#### 4.5.4. Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO) es una medida del equivalente de oxígeno de la materia orgánica de una muestra de agua que es susceptible a la oxidación por una potente sustancia química oxidante, tal como dicromato. La DQO se usa ampliamente como una medida de la susceptibilidad a la oxidación de los materiales orgánicos e inorgánicos presentes en los cuerpos de agua y en el efluente de aguas residuales y plantas industriales. La prueba para la DQO no es específica, y no identifica el material oxidable o diferencia entre lo orgánico y lo inorgánico presente. Del mismo modo, no indica el carbono orgánico total presente, ya que algunos compuestos orgánicos no se oxidan por el método de dicromato, mientras algunos compuestos inorgánicos son oxidados.

La concentración de DQO observada en aguas superficiales va desde 20 mg/L o menos en aguas no contaminadas a mayor de 200 mg/L en aguas que reciben efluentes industriales. El agua residual puede tener valores que van desde 100 mg/L hasta 60000 mg/L (descargas industriales).

La concentración mínima promedio de DQO que se detectó en el río fue de  $12.43 \pm 3.70$  mg/L en el sitio RB6 que corresponde al sitio ubicado en la zona de la playita dentro del embalse de Anzalduas, hasta  $33 \pm 22.95$  mg/L en el sitio RB15 cercano a la desembocadura del río y en donde por la desviación estándar la variación es alta (Figura 140).

En la tabla 50 se presenta la estadística descriptiva de los datos de DQO.



**Figura 140. Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el cauce del río Bravo**

**Tabla 50. Estadística descriptiva de los datos de DQO en el río Bravo**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	6.690	19.000	12.623	14.600	15.700	13.723	26.283	5.127
RB2	4	7.840	28.800	12.910	14.600	18.150	16.460	77.833	8.822
RB3	4	6.650	18.400	12.613	14.600	15.550	13.563	24.446	4.944
RB4	4	6.650	29.400	12.613	14.600	18.300	16.313	90.171	9.496
RB5	4	6.650	37.300	12.163	14.300	20.275	18.138	176.266	13.277
RB6	4	6.920	14.600	11.930	14.100	14.600	12.430	13.716	3.703
RB7	4	14.600	42.300	22.400	33.000	41.325	30.725	177.449	13.321
RB8	4	6.650	32.200	12.613	15.300	20.050	17.363	114.799	10.714
RB10	4	9.420	25.500	13.305	16.300	19.875	16.880	45.470	6.743
RB11	4	6.650	23.700	12.613	17.800	21.675	16.488	57.574	7.588
RB12	4	6.650	20.000	12.613	16.850	19.325	15.088	37.221	6.101
RB13	4	6.650	36.000	12.613	25.200	35.850	23.263	223.482	14.949
RB14	4	8.570	44.100	13.093	21.800	32.775	24.068	251.812	15.869
RB15	4	13.200	54.000	14.250	33.950	53.475	33.775	527.096	22.959
RB9	2	14.600	28.400	18.050	21.500	24.950	21.500	95.220	9.758

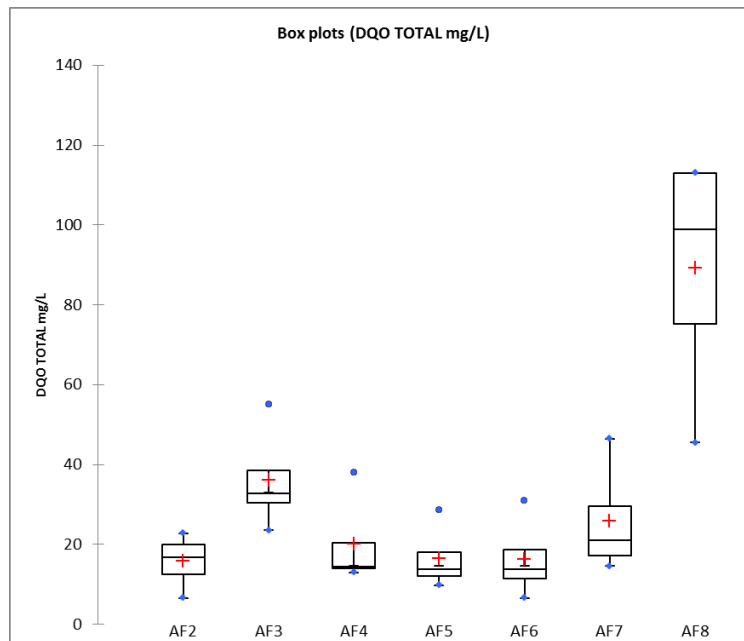
Tomando en consideración que la DQO es uno de los indicadores de la Conagua op. cit., en la tabla 51 se presentan las concentraciones del indicador, observándose que en promedio la DQO en el río es aceptable.

**Tabla 51. Indicador de calidad del agua para la DQO.**

Indicador de calidad del agua	Excelente	Buena calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	> 10	> 10 - ≤ 20	> 20 - ≤ 40	> 40 - ≤ 200	> 200

En los afluentes las concentraciones promedio de DQO se presentaron en un intervalo de  $15.78 \pm 6.9$  mg/L en AF2, hasta  $89.12 \pm 31.96$  mg/L en AF8 (Dren El Anheló) (Figura 141).

En la tabla 52, se presenta la estadística de los datos.

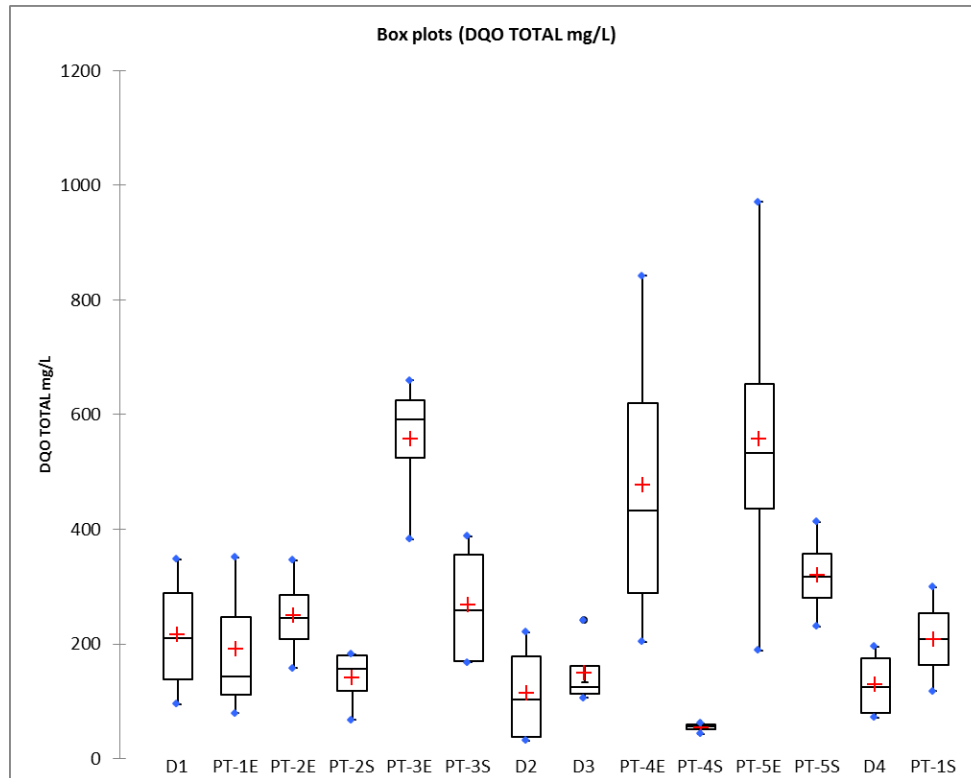


**Figura 141. Demanda Química de Oxígeno en afluentes.**

**Tabla 52. Estadística descriptiva de los datos de DQO en afluentes**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	6.650	22.800	12.613	16.850	20.025	15.788	48.351	6.953
AF3	4	23.600	55.000	30.350	32.800	38.500	36.050	178.437	13.358
AF4	4	13.000	38.100	14.125	14.550	20.475	20.050	145.337	12.056
AF5	4	9.760	28.700	12.190	13.800	18.125	16.515	70.042	8.369
AF6	4	6.650	31.000	11.413	13.800	18.700	16.313	107.664	10.376
AF7	4	14.600	46.500	17.150	21.000	29.625	25.775	206.003	14.353
AF8	4	45.500	113.000	75.125	99.000	113.000	89.125	1020.063	31.938

En las descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales la DQO en promedio osciló de  $54.5 \pm 8.34$  mg/L a la salida de la planta de tratamiento Reynosa 1 (PT4S) hasta  $556.5 \pm 320.63$  mg/L a la entrada de la planta de tratamiento de Reynosa 2 (PT-5E) (Figura 142).



**Figura 142. Demanda Química de Oxígeno en descargas y plantas de tratamiento.**

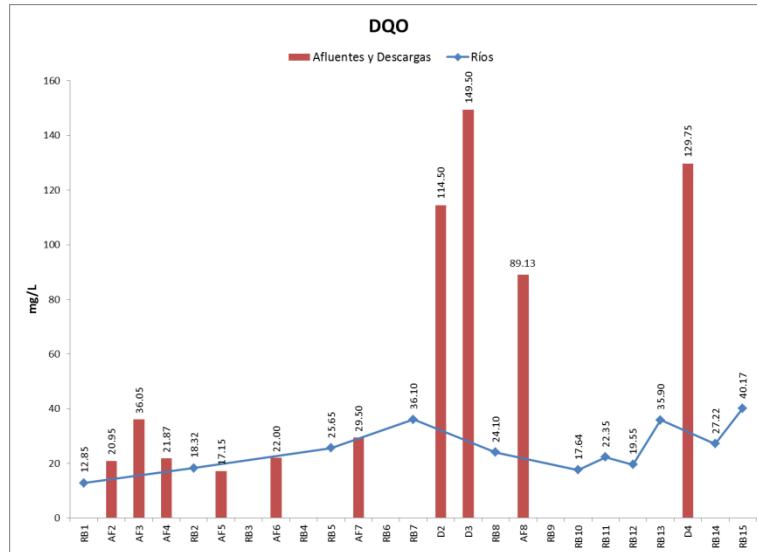
En la tabla 53, se presentan los datos y la estadística descriptiva

**Tabla 53. Estadística descriptiva de los datos de DQO en descargas y plantas de tratamiento.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	95.000	348.000	137.750	210.500	288.750	216.000	12990.000	113.974
PT-1E	3	79.000	351.000	111.500	144.000	247.500	191.333	20176.333	142.043
PT-1S	2	118.000	299.000	163.250	208.500	253.750	208.500	16380.500	127.986
PT-2E	4	158.000	346.000	208.250	245.500	286.000	248.750	6184.917	78.644
PT-2S	4	68.000	182.000	118.250	157.500	180.500	141.250	2855.583	53.438
PT-3E	4	383.000	660.000	524.000	592.000	624.750	556.750	14738.917	121.404
PT-3S	4	168.000	388.000	170.250	258.500	356.500	268.250	13297.583	115.315
D2	4	32.000	221.000	38.000	102.500	179.000	114.500	8749.667	93.540
D3	4	106.000	242.000	113.500	125.000	161.000	149.500	3937.000	62.746
PT-4E	4	204.000	842.000	288.750	432.000	620.750	477.500	79417.667	281.811
PT-4S	4	43.000	62.000	51.250	56.500	59.750	54.500	69.667	8.347
PT-5E	4	189.000	971.000	435.750	533.000	653.750	556.500	102807.000	320.635
PT-5S	4	231.000	413.000	281.250	318.000	356.750	320.000	5792.667	76.110
D4	4	72.000	196.000	79.500	125.500	175.750	129.750	3848.250	62.034

La norma oficial mexicana para descargas a cuerpo receptor de propiedad nacional no tiene establecido un límite máximo permisible para DQO; en la Ley Federal de Derechos para las descargas de servicios público urbano y que corresponden a las descargas de las plantas de tratamiento se establece una concentración de 500 mg/L de DQO, en los sitios correspondientes a los efluentes de las plantas de tratamiento (PT-S salida), las concentraciones de DQO en promedio estuvieron por abajo de los 500 mg/L establecido en la Ley Federal de Derechos.

En la figura 143 se presentan los resultados promedio del tramo en estudio considerado en el diagrama unifilar, en donde se observa que las descargas D2, D4 y D3 son los principales aportadores de materia orgánica no biodegradable al sistema, aportando una concentración promedio de 149, 129.7 y 149.5 mg/L respectivamente, pero que por presentar un caudal bajo, no se ve reflejado el aporte en el río Bravo.



**Figura 143. Comportamiento promedio de la DQO en el río Bravo.**

#### 4.5.5. Carbón orgánico total (COT)

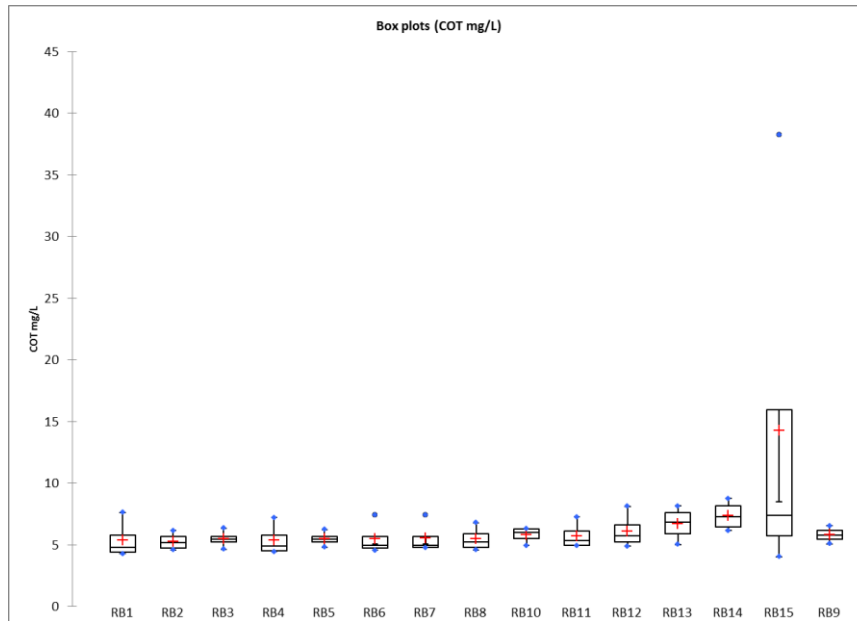
El carbono orgánico en las aguas dulces se origina del material vivo (directamente de la fotosíntesis de las plantas o indirectamente de la materia orgánica terrestre) y también como un constituyente de muchos residuos de materiales de desecho y efluentes. La materia orgánica total en el agua puede ser un indicador útil del grado de contaminación, en particular cuando las concentraciones pueden ser comparado aguas arriba y aguas abajo de las posibles fuentes de contaminación, tales como aguas residuales o vertidos industriales o zonas urbanas. En las aguas superficiales, las concentraciones de COT son por lo general menores de 10 mg/L, y en el agua subterránea menos de 2 mg/L, en caso que el agua recibe residuos municipales o industriales, o este muy coloreada debido a materia orgánica natural, como en los pantanos, en estas situaciones, las concentraciones de COT pueden exceder los 100 mg/L (Chapman, 1996).

El Carbono orgánico total se compone de material disuelto y particulado y puede estar afectado por las fluctuaciones en los sólidos en suspensión, los cuales puede ser muy elevados en los ríos. En la mayoría de las aguas superficiales, los niveles de COD exceden los niveles de COP y están en el rango de 1- 20 mg/L. Durante las inundaciones de los ríos, y durante todo el año en muchos ríos turbios, COP es la forma más abundante.

En el agua superficial en muchos de los casos la cantidad de materia orgánica se puede encontrar una interrelación de  $DQO > DBO > COT$ , sin embargo, en algunos casos esta relación no se presenta cuando existen sustancias tóxicas presentes en el agua.

En el río el COT en promedio se presentó en un intervalo de  $5.25 \pm 0.72$  mg/L hasta  $14.26 \pm 16.10$  mg/L registrados en los sitios RB2 y RB15 respectivamente (Figura 144). Si consideramos que de acuerdo a Chapman, 1996 en aguas superficiales por lo general se presentar concentraciones menores de 10 mg/L, el tramo del río Bravo en todos los

casos registro valores menores a los 10 mg/L, a excepción del sitio RB15, el cual está influenciado por la entrada de agua marina que puede variar la concentración y que se denota en la desviación estándar.



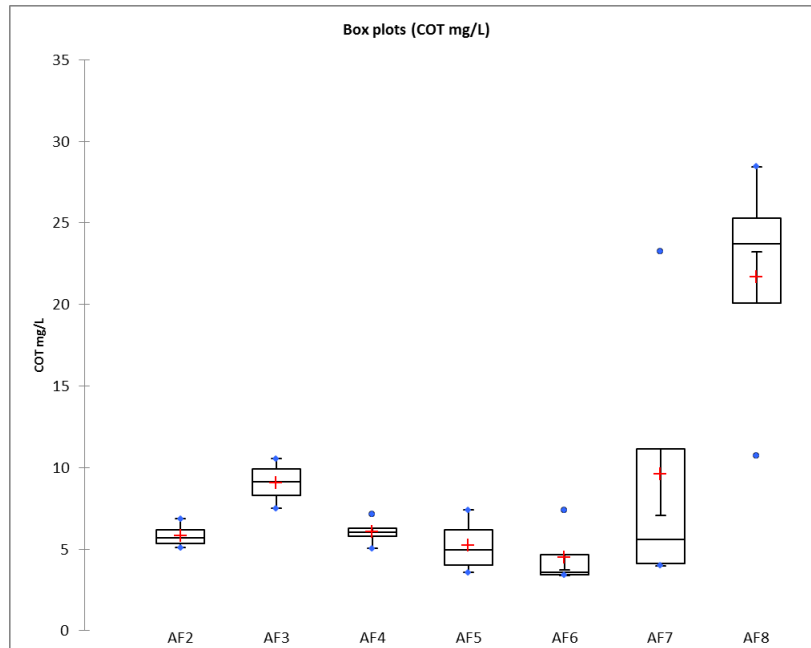
**Figura 144. Carbón Orgánico Total en el río.**

En la tabla 54 se presenta la estadística de los datos obtenidos

**Tabla 54. Estadística descriptiva de los datos de COT en el río.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	4.270	7.604	4.375	4.795	5.786	5.366	2.386	1.545
RB2	4	4.570	6.139	4.713	5.145	5.682	5.250	0.524	0.724
RB3	4	4.630	6.337	5.238	5.455	5.687	5.469	0.486	0.697
RB4	4	4.440	7.197	4.523	4.910	5.752	5.364	1.628	1.276
RB5	4	4.800	6.244	5.228	5.440	5.694	5.481	0.353	0.594
RB6	4	4.540	7.412	4.743	4.935	5.648	5.456	1.746	1.322
RB7	4	4.760	7.399	4.768	4.925	5.660	5.502	1.621	1.273
RB8	4	4.590	6.795	4.785	5.220	5.891	5.456	0.976	0.988
RB10	4	4.930	6.300	5.515	5.998	6.290	5.807	0.417	0.646
RB11	4	4.930	7.259	4.930	5.325	6.105	5.710	1.205	1.098
RB12	4	4.890	8.103	5.220	5.705	6.586	6.101	2.023	1.422
RB13	4	5.030	8.145	5.908	6.820	7.616	6.704	1.891	1.375
RB14	4	6.140	8.740	6.433	7.250	8.163	7.345	1.484	1.218
RB15	4	4.020	38.270	5.730	7.386	15.921	14.265	259.404	16.106
RB9	2	5.060	6.540	5.430	5.800	6.170	5.800	1.095	1.047

En los afluentes las concentraciones promedio de COT se presentaron de  $4.50 \pm 1.94$  mg/L en AF6 (Dren Huizache) hasta  $21.65 \pm 7.64$  mg/L en AF8 (Dren El Anhel) (Figura 145).



**Figura 145. Carbón Orgánico Total en Afluentes.**

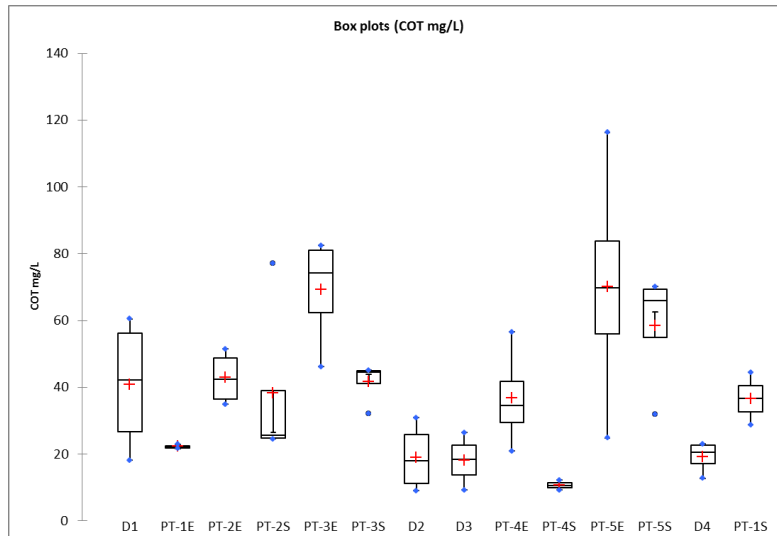
En la tabla 55 se presentan los datos obtenidos de la estadística

**Tabla 55 . Estadística descriptiva de los datos de COT en afluentes**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	5.090	6.870	5.360	5.693	6.169	5.836	0.595	0.771
AF3	4	7.510	10.550	8.290	9.124	9.911	9.077	1.763	1.328
AF4	4	5.040	7.139	5.775	6.025	6.307	6.057	0.736	0.858
AF5	4	3.580	7.409	4.008	4.955	6.172	5.225	2.973	1.724
AF6	4	3.400	7.414	3.445	3.600	4.659	4.504	3.787	1.946
AF7	4	4.000	23.260	4.113	5.620	11.133	9.625	84.652	9.201
AF8	4	10.710	28.450	20.085	23.735	25.308	21.658	58.390	7.641

En las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento las concentraciones promedio de COT oscilaron de  $10.69 \pm 1.29$  mg/L en la salida de la planta de tratamiento de Reynosa 1 (PT4S) hasta  $70.15 \pm 37.42$  mg/L a la entrada de la planta de tratamiento de Reynosa 2 (PT5E) (Figura 146 y Tabla 56).





**Figura 146. Carbón Orgánico Total en descargas y plantas de tratamiento.**

**Tabla 56. Estadística descriptiva de los datos de COT en descargas y plantas de tratamiento.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	18.150	60.500	26.741	42.163	56.165	40.744	406.731	20.168
PT-1E	3	21.710	22.980	21.915	22.120	22.550	22.270	0.420	0.648
PT-2E	4	34.970	51.480	36.560	42.475	48.765	42.850	64.950	8.059
PT-2S	4	24.550	77.060	24.828	25.660	39.065	38.233	670.672	25.897
PT-3E	4	46.170	82.490	62.430	74.265	81.133	69.298	280.193	16.739
PT-3S	4	32.230	45.100	41.058	44.490	45.010	41.578	39.076	6.251
D2	4	9.080	30.860	11.135	18.030	25.895	19.000	106.025	10.297
D3	4	9.240	26.480	13.710	18.370	22.775	18.115	56.322	7.505
PT-4E	4	20.940	56.570	29.513	34.635	41.818	36.695	220.661	14.855
PT-4S	4	9.250	12.280	9.948	10.630	11.380	10.698	1.671	1.293
PT-5E	4	24.900	116.300	55.958	69.705	83.900	70.153	1400.278	37.420
PT-5S	4	32.020	70.210	54.970	65.880	69.408	58.498	322.833	17.968
D4	4	12.720	23.010	17.213	20.650	22.695	19.258	22.742	4.769
PT-1S	2	28.820	44.540	32.750	36.680	40.610	36.680	123.559	11.116

Chapman, op.cit., considera que concentraciones de COT en aguas residuales municipales pueden presentarse de 10 a > 100 mg/L, dependiendo del nivel de tratamiento del agua residual.

En la figura 147, que corresponde al tramo estudiado y en donde se grafican los sitios del río, de los afluentes y descargas directas al cauce principal, se observa que el afluente AF8 (Dren El Anhel) y la descarga D4 aporta agua residual de una parte de Matamoros al río y contribuyen en promedio con 21.66 y 19.26 mg/L del COT respectivamente, seguido de las descargas D2 y D3.

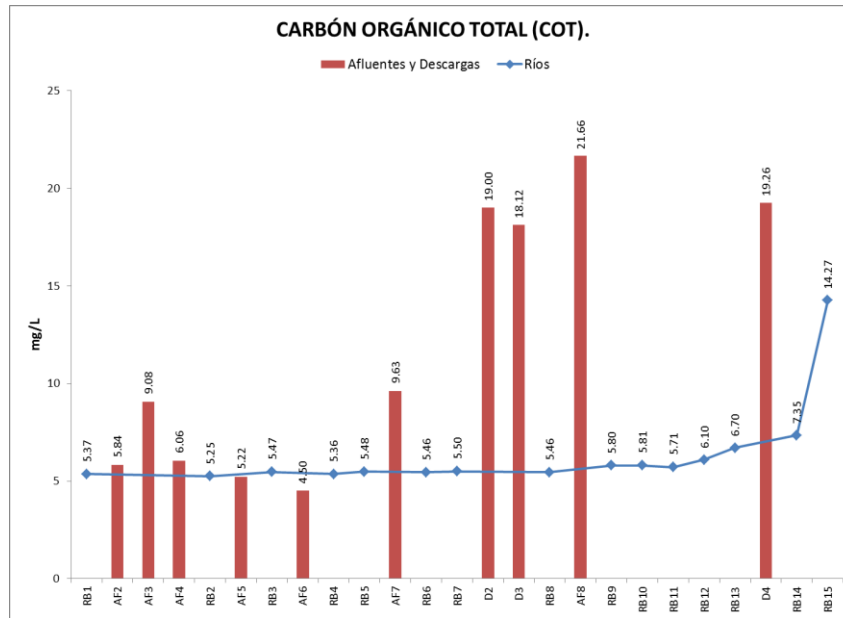


Figura 147. Comportamiento promedio del COT en el río Bravo

En el río el COT en promedio estuvo en concentraciones de 5.22 hasta 7.35 mg/L coincidiendo con la literatura, de que en aguas superficiales valores menores de 10 mg/L se pueden encontrar.

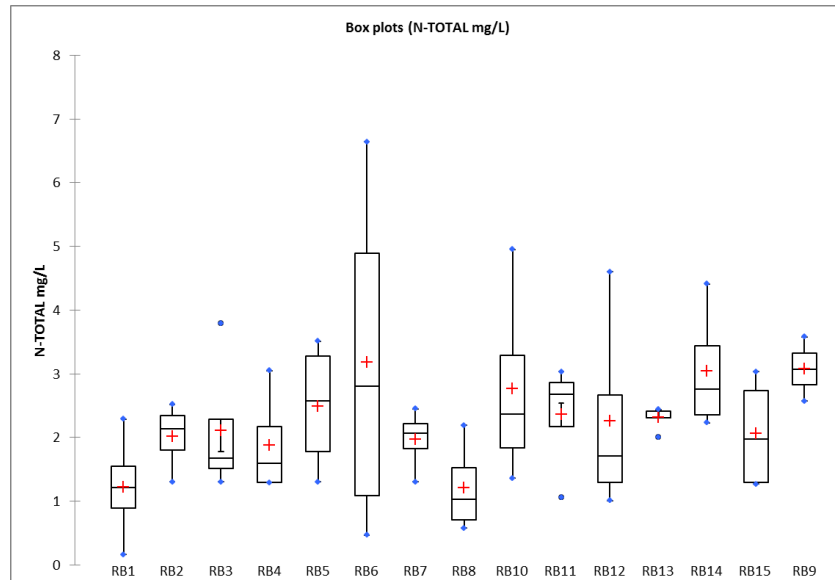
#### 4.5.6. Nutrientes, nitrógeno

El nitrógeno es esencial para la vida de los organismos como un importante constituyente de proteínas, incluyendo el material genético. Las plantas y los microorganismos convierten el nitrógeno inorgánico a formas orgánicas. En el ambiente el nitrógeno inorgánico se presenta en varios estados de oxidación, como nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), el ión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y en nitrógeno molecular ( $\text{N}_2$ ).

Los procesos no biológicos involucran transformaciones del nitrógeno como volatilización, sorción y sedimentación; y las transformaciones biológicas consisten de: a) la asimilación de formas inorgánicas (amonía y nitratos) por plantas y microorganismos a formas orgánicas como los aminoácidos; b) reducción del gas nitrógeno a amonía y nitrógeno orgánica por microorganismos; c) complejación heterotrófica de las conversiones de un organismo a otro; d) oxidación de amonía a nitratos y nitritos (nitrificación); e) amonificación del nitrógeno orgánico para producir amonía durante la descomposición de la materia orgánica; f) reducción bacteriana de nitratos a óxidos nitrosos ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y nitrógeno molecular ( $\text{N}_2$ ) bajo condiciones anóxicas (desnitrificación) (Chapman, 1996).

En la química del agua, los compuestos del nitrógeno como  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  y el nitrógeno orgánico son los principales compuestos responsables del crecimiento de los organismos y plantas en el ambiente acuático (Revista Ambientum, 2002).

El nitrógeno total (NT) es la suma de todas las formas obtenidas en los sitios de muestreo del río Bravo que corresponde a la suma de la determinación del nitrógeno total Kjeldahl (nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal), nitratos y nitritos, obteniéndose concentraciones promedio de  $1.2 \pm 0.87$  mg/L hasta  $3.17 \pm 2.83$  mg/L en los sitios RB1 y RB6 respectivamente (Figura 148).



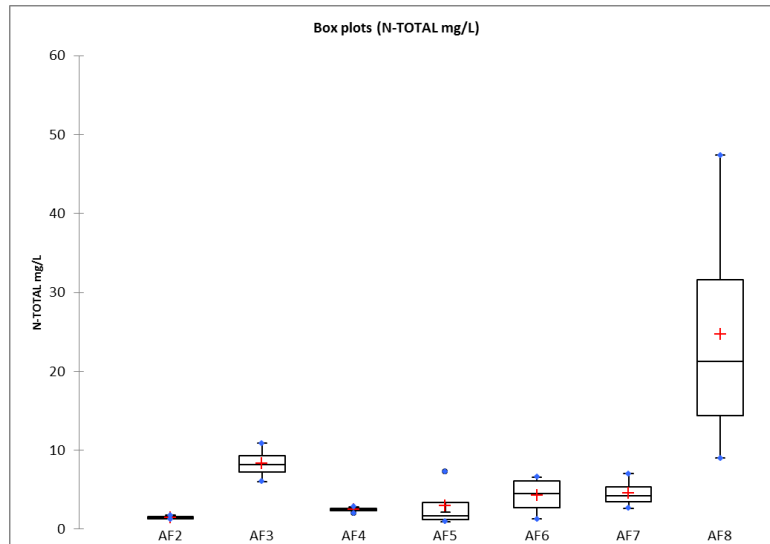
**Figura 148. Nitrógeno Total en el río.**

En la tabla 57, se presenta la estadística descriptiva.

**Tabla 57. Estadística descriptiva de los datos de Nitrógeno Total en río.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	0.160	2.290	0.888	1.215	1.548	1.220	0.761	0.872
RB2	4	1.300	2.520	1.803	2.130	2.348	2.020	0.281	0.530
RB3	4	1.300	3.790	1.510	1.680	2.283	2.113	1.289	1.136
RB4	4	1.290	3.050	1.298	1.590	2.173	1.880	0.684	0.827
RB5	4	1.300	3.510	1.780	2.570	3.278	2.488	1.088	1.043
RB6	4	0.465	6.640	1.091	2.805	4.893	3.179	8.051	2.837
RB7	4	1.300	2.450	1.825	2.070	2.218	1.973	0.236	0.486
RB8	4	0.578	2.190	0.709	1.026	1.523	1.205	0.526	0.725
RB10	4	1.360	4.950	1.840	2.365	3.285	2.760	2.445	1.564
RB11	4	1.060	3.030	2.170	2.675	2.865	2.360	0.791	0.890
RB12	4	1.010	4.600	1.295	1.705	2.665	2.255	2.618	1.618
RB13	4	2.000	2.440	2.308	2.410	2.418	2.315	0.044	0.210
RB14	4	2.230	4.410	2.350	2.755	3.443	3.038	0.987	0.994
RB15	4	1.270	3.030	1.293	1.970	2.738	2.060	0.826	0.909
RB9	2	2.570	3.580	2.823	3.075	3.328	3.075	0.510	0.714

En los afluentes la concentración promedio de NT varió de < 1.3 mg/L (AF2) hasta  $24.73 \pm 16.69$  mg/L, detectándose en máximo valor en el afluente AF8 (Dren El Anhel) (Figura 149). El cuál es el receptor de la descarga de la Laguna la Encantada y de aguas residuales de la planta de tratamiento de Reynosa 1 y que conduce el agua hasta el río Bravo.



**Figura 149. Nitrógeno Total en afluentes.**

En la tabla 58, se presenta la estadística descriptiva de los datos del río.

**Tabla 58. Estadística descriptiva de los datos de Nitrógeno Total en afluentes**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	1.300	1.760	1.300	1.430	1.610	1.480	0.050	0.223
AF3	4	6.050	10.900	7.273	8.220	9.295	8.348	4.136	2.034
AF4	4	1.990	2.850	2.388	2.535	2.625	2.478	0.128	0.358
AF5	4	0.966	7.280	1.217	1.715	3.418	2.919	8.692	2.948
AF6	4	1.300	6.610	2.725	4.555	6.085	4.255	6.043	2.458
AF7	4	2.670	7.030	3.488	4.275	5.350	4.563	3.455	1.859
AF8	4	9.020	47.400	14.405	21.250	31.575	24.730	278.653	16.693

En las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento la concentración promedio de NT oscilo de  $1.25 \pm 0.35$  mg/L hasta  $54.02 \pm 22.35$ mg/L en la salida de la planta de tratamiento de Ciudad Mier (PT-1S) y en la entrada de la planta de tratamiento de Camargo (PT-3E) respectivamente (Figura 150).

En la tabla 59 se presenta la estadística descriptiva de los datos.

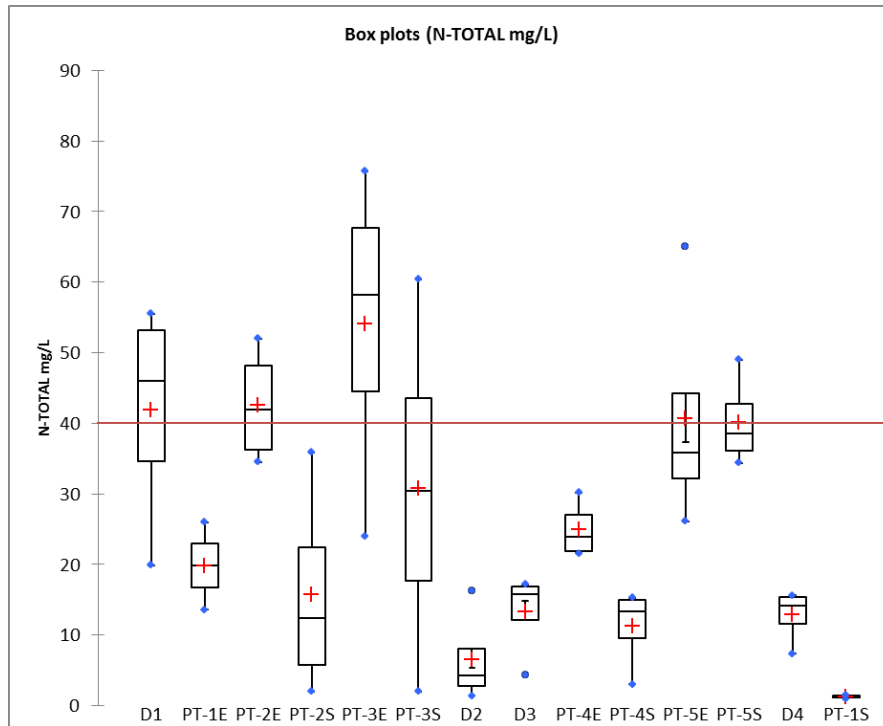


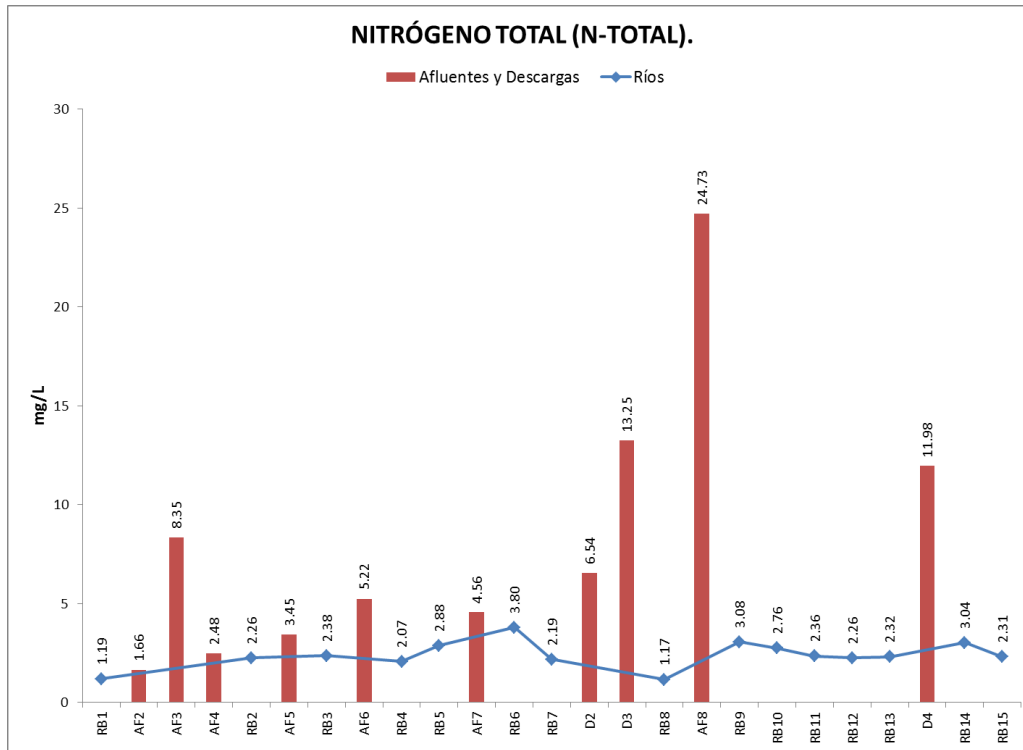
Figura 150. Nitrógeno Total en descargas y plantas de tratamiento.

Tabla 59. Estadística descriptiva de los datos de Nitrógeno Total en descargas y plantas de tratamiento

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	19.900	55.500	34.675	46.050	53.250	41.875	262.203	16.193
PT-1E	3	13.600	26.000	16.750	19.900	22.950	19.833	38.443	6.200
PT-2E	4	34.500	52.000	36.300	41.900	48.175	42.575	68.316	8.265
PT-2S	4	2.000	35.900	5.750	12.450	22.400	15.700	225.420	15.014
PT-3E	4	24.000	75.700	44.550	58.200	67.675	54.025	499.549	22.351
PT-3S	4	2.000	60.400	17.675	30.450	43.600	30.825	606.616	24.630
D2	4	1.400	16.300	2.720	4.230	8.050	6.540	44.880	6.699
D3	4	4.300	17.200	12.175	15.750	16.825	13.250	36.670	6.056
PT-4E	4	21.600	30.200	21.825	23.950	27.050	24.925	16.396	4.049
PT-4S	4	3.000	15.300	9.600	13.300	14.925	11.225	32.456	5.697
PT-5E	4	26.100	65.000	32.250	35.800	44.225	40.675	285.389	16.893
PT-5S	4	34.400	49.000	36.050	38.600	42.700	40.150	41.397	6.434
D4	4	7.330	15.600	11.583	14.200	15.450	12.833	14.852	3.854
PT-1S	2	1.000	1.500	1.125	1.250	1.375	1.250	0.125	0.354

La NOM-001-SEMARNAT-1996 establece un límite máximo permisible en las descargas que vierten a cuerpos receptores de 40 mg/L como promedio mensual y 60 mg/L como promedio diario para ríos clasificados como Tipo B para uso público urbano, como el caso del río Bravo, en la figura 151 se observa que a la salida de las plantas de tratamiento en promedio el límite máximo permisible se cumple, y solo la descarga D1 de Nuevo Guerrero que debería llegar al arroyo El Coronel, no cumple con el LMP; sin embargo como se describió al inicio el Arroyo El Coronel (AF1) nunca presentó agua, por lo que la descarga del Tanque Imoff, se evapora o infiltra en el subsuelo.

Por lo que respecta al tramo estudiado (Figura 151), se observa que aun cuando recibe las descargas de afluentes y descargas de aguas residuales, en promedio el NT se mantuvo en concentraciones que oscilaron de 1.39 a 3.8 mg/L de nitrógeno total.



**Figura 151. Comportamiento promedio del Nitrógeno Total en el río Bravo**

Dentro del ciclo del nitrógeno, los organismos vivos excretan desechos nitrogenados y cuando las bacterias y otros organismos descomponen la materia orgánica muerta, ellos liberan amoniaco del nitrógeno hacia el ambiente. El nitrógeno amoniacal consiste de amoniaco no ionizado ( $\text{NH}_3$ ) y del ión amonio ( $\text{NH}_4$ ). El nitrato de nitrógeno es producido cuando los organismos nitrificantes oxidan el nitrógeno amoniacal (Boyd Claude, 2002).

El nitrógeno amoniacal no ionizado es la forma tóxica del compuesto, concentraciones por encima de 3 o 4 mg/L pueden dar como resultado toxicidad para los organismos.

#### 4.5.7. Nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3$ )

El nitrógeno amoniacal tiene una presencia basal en cuerpos de agua como resultante del ciclo biológico natural del nitrógeno. La actividad antrópica ha incrementado significativamente la presencia del nitrógeno amoniacal, como consecuencia de aportes nitrogenados a los sistemas acuáticos, provenientes tanto de fuentes puntuales, como las descargas de aguas residuales domésticas y los efluentes de plantas de producción de fertilizantes, frigoríficos y refinerías de petróleo, y como fuentes dispersas, así como el lavado de suelos fertilizados con sales de amonio.

En medio acuoso, la presencia del nitrógeno amoniacal está regulada por un equilibrio químico que determina la coexistencia de dos formas: una forma no ionizada, el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), y una forma ionizada, el ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

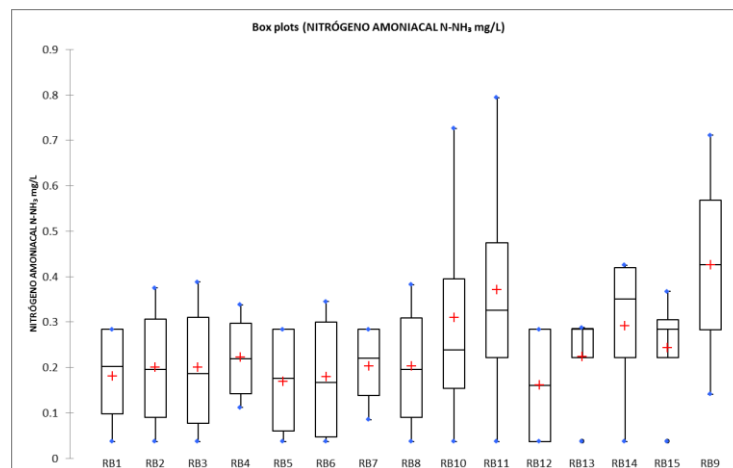
Las proporciones relativas de cada una de ellas están condicionadas por diversas variables, entre las que se destacan el pH, la temperatura y la fuerza iónica. La concentración de amoníaco aumenta con el incremento del pH y de la temperatura y decrece con el aumento de la fuerza iónica. El término amoníaco total corresponde a la suma de las concentraciones de las formas no ionizada y la ionizada.

Según McNelly, 1979, concentraciones típicas de amoníaco total en las aguas naturales, son menores de 0.1 mg/L y concentraciones superiores podrían ser indicativas de contaminación debida a aportes antropogénicas y desechos animales.

En la figura 152, se presentan las concentraciones de nitrógeno amoniacal detectados en el río Bravo, y si consideramos la concentración típica según McNelly de 0.1 mg/L, en todos los sitios se presentan por arriba del valor, así como, en la Ley Federal de Derechos para uso en protección de vida acuática de 0.06 mg/L, ya que para el Uso 1 como fuente de abastecimiento no hay criterio o lineamiento.

Para la Unión Europea la concentración máxima permisible para uso en pesquerías y vida acuática es de 0.005 – 0.025 mg/L, criterio muy por debajo de protección a la vida acuática de la Ley Federal.

Las concentraciones promedio registradas en el río Bravo oscilaron de  $0.181 \pm 0.12$  mg/L hasta  $0.426 \pm 0.403$  mg/L en RB1 y RB9 respectivamente. En todos los casos el nitrógeno amoniacal está arriba del criterio para protección de vida acuática de México, McNelly y de la Unión Europea.



**Figura 152. Nitrógeno Amoniacal (NH3) en el río Bravo.**

En la tabla 60 se presentan los datos estadísticos.

**Tabla 60. Estadística descriptiva de los datos de Nitrógeno amoniacal en río.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	0.037	0.284	0.099	0.202	0.284	0.181	0.015	0.124
RB2	4	0.037	0.375	0.090	0.196	0.307	0.201	0.024	0.156
RB3	4	0.037	0.388	0.077	0.187	0.310	0.200	0.027	0.164
RB4	4	0.112	0.338	0.143	0.219	0.298	0.222	0.011	0.107
RB5	4	0.037	0.284	0.060	0.176	0.284	0.168	0.018	0.134
RB6	4	0.037	0.345	0.047	0.167	0.299	0.179	0.025	0.159
RB7	4	0.085	0.284	0.138	0.220	0.284	0.202	0.010	0.099
RB8	4	0.037	0.382	0.090	0.196	0.309	0.203	0.025	0.159
RB10	4	0.037	0.726	0.153	0.238	0.395	0.310	0.087	0.296
RB11	4	0.037	0.794	0.222	0.326	0.474	0.371	0.099	0.315
RB12	4	0.037	0.284	0.037	0.161	0.284	0.161	0.020	0.143
RB13	4	0.037	0.288	0.222	0.284	0.285	0.223	0.015	0.124
RB14	4	0.037	0.425	0.222	0.351	0.420	0.291	0.033	0.181
RB15	4	0.037	0.367	0.222	0.284	0.305	0.243	0.020	0.143
RB9	2	0.141	0.711	0.284	0.426	0.569	0.426	0.162	0.403

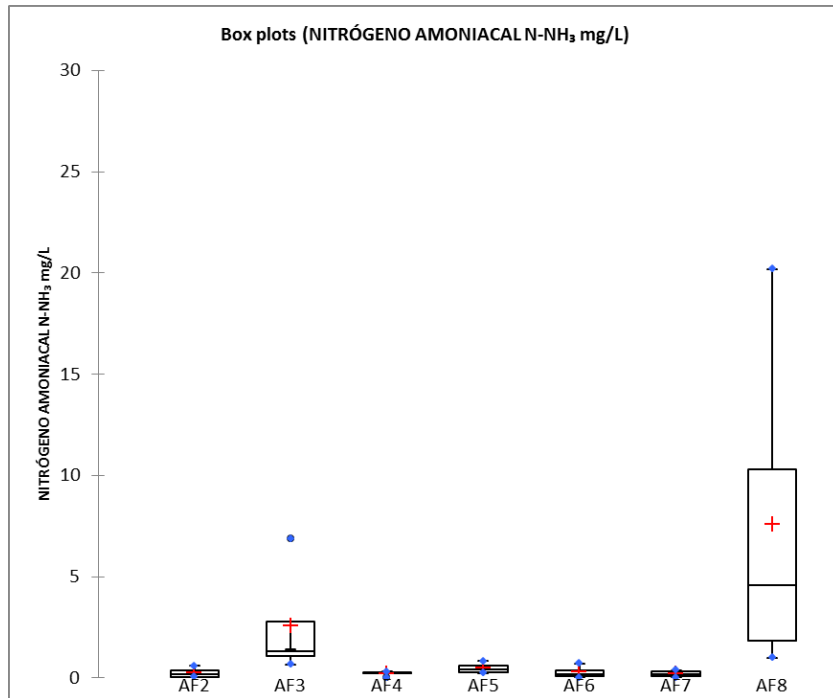
El amonio también forma complejos con varios iones metálicos y puede ser adsorbido dentro de las partículas coloidales, en los sólidos suspendidos y en los sedimentos del lecho del río, por lo que puede estar intercambiando de los sedimentos a la columna de agua. El incremento en el porcentaje de amonio no ionizable es dependiente del pH y de la temperatura a mayor pH incrementa el porcentaje de amonia no ionizable que puede ser tóxico para la vida acuática.

En aguas no contaminadas usualmente se encuentran concentraciones como las indicadas por McNelly op. cit., pero pueden alcanzar niveles de 2 -3 mg/L y valores mayores indican contaminación orgánica de aguas residuales domésticas, industriales y de fertilizantes (Chapman, 1996).

Los resultados obtenidos en los afluentes presentaron concentraciones promedio que oscilaron de 0.207 ±0.162 mg/L en AF7 Dren Morillo hasta 7.593 ±2.03 mg/L en AF8 Dren El Anheló, éste último valor indica el aporte de aguas contaminadas por materia orgánica detectado en el afluente AF8 (Dren El Anheló) ya que conduce el agua de la Laguna La Escondida y de la planta de tratamiento de Reynosa 1 (Figura 153).

En la tabla 61, se presentan los datos de la estadística descriptiva.





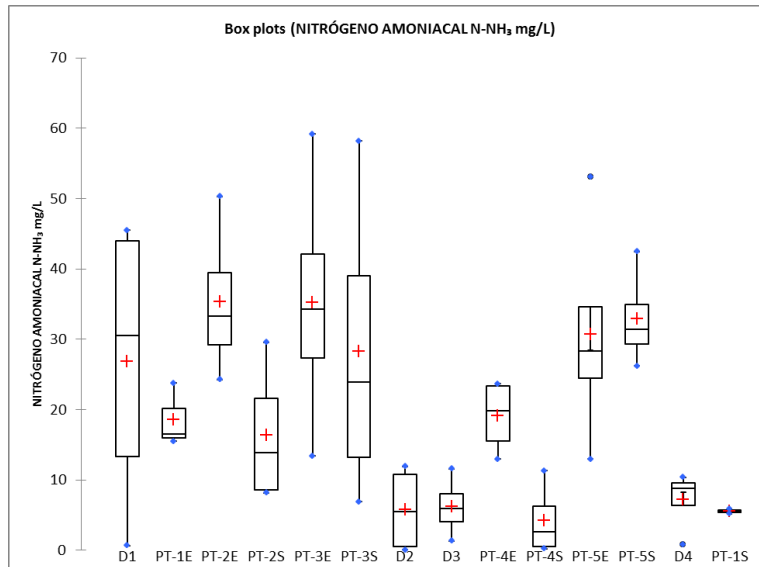
**Figura 153. Nitrógeno amoniacal en afluentes.**

**Tabla 61. Estadística descriptiva de los datos de Nitrógeno amoniacal en afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	0.044	0.591	0.058	0.173	0.361	0.245	0.065	0.255
AF3	4	0.673	6.890	1.098	1.325	2.780	2.553	8.458	2.908
AF4	4	0.037	0.311	0.222	0.284	0.291	0.229	0.017	0.129
AF5	4	0.250	0.831	0.300	0.430	0.615	0.485	0.069	0.262
AF6	4	0.037	0.714	0.090	0.196	0.392	0.286	0.092	0.304
AF7	4	0.037	0.394	0.094	0.199	0.312	0.207	0.026	0.162
AF8	4	1.010	20.200	1.850	4.580	10.323	7.593	77.478	8.802

En las descargas y plantas de tratamiento se presentaron concentraciones promedio de  $5.54 \pm 0.516$  mg/L hasta  $53.32 \pm 11.03$  mg/L en la salida de planta de tratamiento de Ciudad Mier (PT-1S) y entrada de planta de tratamiento de Camargo (PT-3E) respectivamente. En la salida de la planta de Reynosa 2 (PT-5S) se observa un incremento en sistema de tratamiento (Figura 154).

En la tabla 62, se presentan los datos de la estadística descriptiva.



**Figura 154. Nitrógeno amoniacal en descargas y plantas de tratamiento.**

**Tabla 62. Estadística descriptiva de los datos de Nitrógeno amoniacal en descargas y plantas de tratamiento.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	0.652	45.500	13.363	30.550	44.000	26.813	465.646	21.579
PT-1E	3	15.500	23.800	16.000	16.500	20.150	18.600	20.530	4.531
PT-2E	4	24.300	50.300	29.250	33.350	39.425	35.325	121.869	11.039
PT-2S	4	8.150	29.600	8.593	13.870	21.650	16.373	102.578	10.128
PT-3E	4	13.400	59.200	27.350	34.250	42.175	35.275	354.383	18.825
PT-3S	4	6.930	58.200	13.208	23.950	39.000	28.258	512.723	22.643
D2	4	0.068	11.900	0.506	5.526	10.775	5.755	39.240	6.264
D3	4	1.360	11.600	4.105	5.900	7.985	6.190	18.105	4.255
PT-4E	4	13.000	23.700	15.550	19.850	23.400	19.100	27.767	5.269
PT-4S	4	0.254	11.300	0.553	2.606	6.245	4.192	26.233	5.122
PT-5E	4	13.000	53.100	24.475	28.350	34.575	30.700	275.367	16.594
PT-5S	4	26.200	42.500	29.350	31.450	35.000	32.900	47.820	6.915
D4	4	0.769	10.400	6.402	8.805	9.598	7.195	19.100	4.370
PT-1S	2	5.180	5.910	5.363	5.545	5.728	5.545	0.266	0.516

El comportamiento en el río Bravo se presenta en la figura 155, en donde se observa que en promedio la mayor concentración que se aporta al cauce del río es a través del afluente AF8 (Dren El Anhel) con 7.59 mg/L; y en el río las concentraciones promedio detectadas estuvieron por arriba del lineamiento para el Uso 3 protección de vida acuática de 0.06 mg/L.

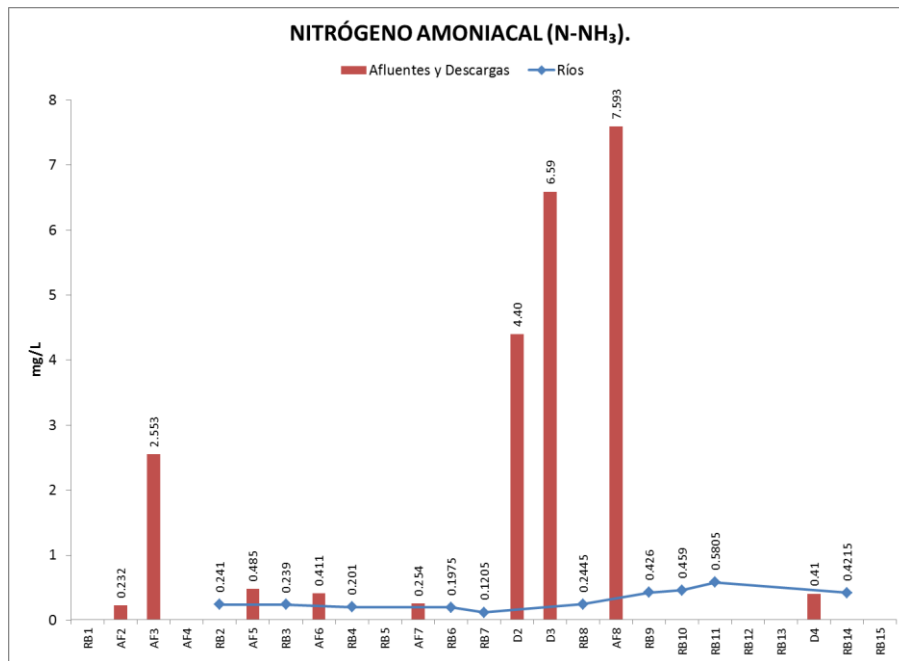


Figura 155. Comportamiento promedio del nitrógeno amoniacal en el río Bravo.

#### 4.5.8. Fósforo

El fósforo es un nutriente esencial para los organismos y existe en los cuerpos de agua como especies disueltas y particuladas, es también un nutriente limitante para el crecimiento algal y controla la productividad primaria. Incrementos artificiales de la concentración de fósforo debido a las actividades humanas es la causa principal de la eutrofización en los cuerpos de agua.

En aguas naturales y en aguas residuales, el fósforo se presenta como ortofosfatos disueltos y polifosfatos, y orgánicamente enlazado a los fosfatos. Cambios entre estas formas ocurren continuamente debido a la descomposición y síntesis de las formas orgánicas y de las formas oxidadas inorgánicas; los equilibrios de las diferentes formas de los fosfatos ocurren a diferentes valores de pH.

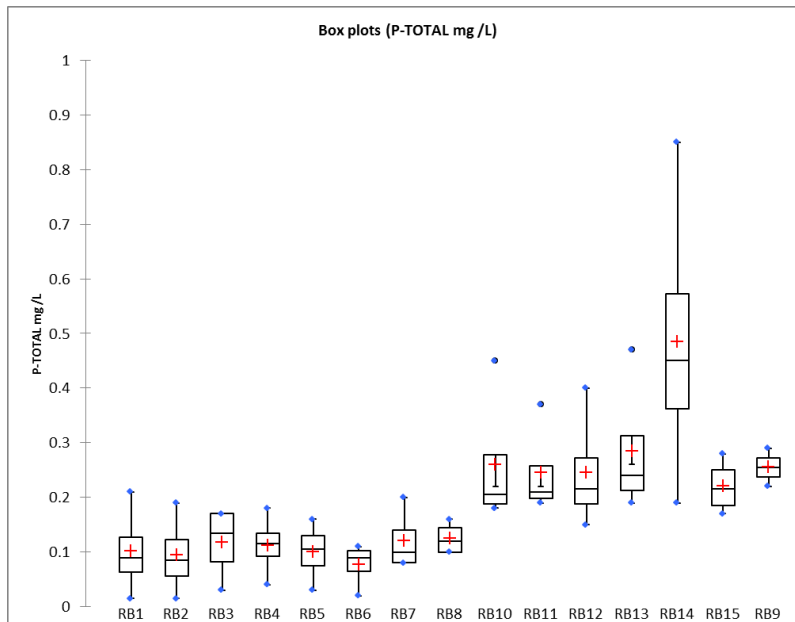
Las aportaciones de fósforo y su transporte en las formas de fósforo disuelto y fósforo particulado, éste último incluye al fósforo adsorbido por las partículas del suelo y la materia orgánica erosionada de los escurrimientos de la cuenca y constituyen la mayor proporción (60 a 90%) del fósforo transportado desde las áreas agrícolas.

Los terrenos forestales llevan poco sedimento y generalmente está dominado por fósforo disuelto y su transporte en los escurrimientos es por desorción, disolución, y extracción del fósforo del material del suelo y plantas, lo cual ocurre como una porción de la interacción de la lluvia por la delgada capa del suelo superficial (1 a 5 cm).

El fósforo disuelto es el biológicamente disponible y es inmediatamente consumido por la biota; mientras que el fósforo particulado puede ser una fuente a largo plazo para la biota acuática (Reddy, 1999).

El Fósforo total promedio determinado en los sitios del río Bravo se presenta en la figura 156, y las concentraciones oscilaron de 0.078 ±0.04 mg/L hasta 0.485 ±0.27 mg/L en los sitios RB6 y RB14 respectivamente. Las fuentes naturales de fósforo son principalmente la erosión de las rocas y la descomposición de la materia orgánica, las concentraciones naturales pueden encontrarse en un intervalo de 0.005 hasta 0.020 mg/L (Chapman, 1996).

En la Ley Federal de Derechos, 2017, el lineamiento de calidad del agua para el Uso 1 (fuente de abastecimiento) es de 0.1 mg/L, mientras que para protección de vida acuática (Uso 3) es de 0.05 mg/L, por lo que para ambos Usos todos los sitios de muestreo sobrepasaron ambos lineamientos.



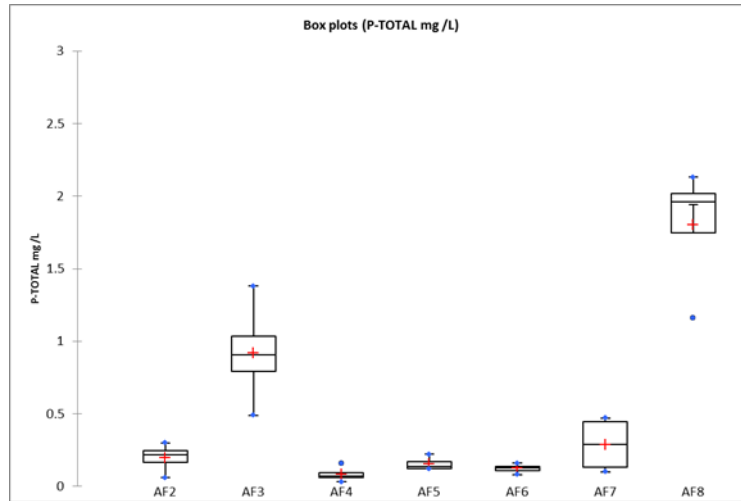
**Figura 156. Fósforo total en el río Bravo.**

En la tabla 63, se presentan los datos de la estadística descriptiva.

**Tabla 63. Estadística descriptiva de los datos de Fósforo Total en río**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	0.015	0.210	0.064	0.090	0.128	0.101	0.007	0.081
RB2	4	0.015	0.190	0.056	0.085	0.123	0.094	0.005	0.073
RB3	4	0.030	0.170	0.083	0.135	0.170	0.118	0.004	0.067
RB4	4	0.040	0.180	0.093	0.115	0.135	0.113	0.003	0.057
RB5	4	0.030	0.160	0.075	0.105	0.130	0.100	0.003	0.055
RB6	4	0.020	0.110	0.065	0.090	0.103	0.078	0.002	0.040
RB7	4	0.080	0.200	0.080	0.100	0.140	0.120	0.003	0.057
RB8	4	0.100	0.160	0.100	0.120	0.145	0.125	0.001	0.030
RB10	4	0.180	0.450	0.188	0.205	0.278	0.260	0.016	0.128
RB11	4	0.190	0.370	0.198	0.210	0.258	0.245	0.007	0.084
RB12	4	0.150	0.400	0.188	0.215	0.273	0.245	0.012	0.108
RB13	4	0.190	0.470	0.213	0.240	0.313	0.285	0.016	0.127
RB14	4	0.190	0.850	0.363	0.450	0.573	0.485	0.075	0.274
RB15	4	0.170	0.280	0.185	0.215	0.250	0.220	0.002	0.050
RB9	2	0.220	0.290	0.238	0.255	0.273	0.255	0.002	0.049

Las concentraciones promedio determinadas en los afluentes estuvieron en un intervalo de  $0.083 \pm 0.055$  mg/L en AF4 (Río San Juan) hasta  $1.803 \pm 0.436$  mg/L en AF8 (Dren El Anhelo) (Figura 157).



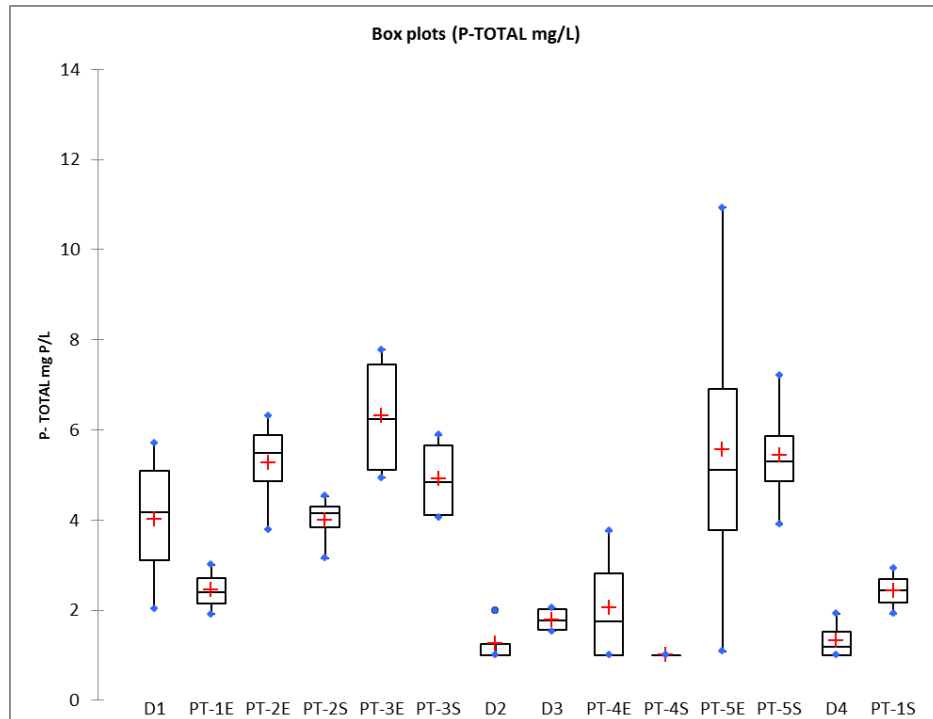
**Figura 157. Fósforo total en afluentes.**

En la tabla 64, se presentan los datos de la estadística descriptiva.

**Tabla 64. Estadística descriptiva de los datos de Fósforo Total en afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	0.060	0.300	0.165	0.215	0.248	0.198	0.010	0.101
AF3	4	0.490	1.380	0.790	0.905	1.035	0.920	0.132	0.364
AF4	4	0.030	0.160	0.060	0.070	0.093	0.083	0.003	0.055
AF5	4	0.120	0.220	0.120	0.135	0.168	0.153	0.002	0.047
AF6	4	0.080	0.160	0.110	0.125	0.138	0.123	0.001	0.033
AF7	4	0.100	0.470	0.130	0.290	0.448	0.288	0.038	0.194
AF8	4	1.160	2.130	1.745	1.960	2.018	1.803	0.190	0.436

En las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento los valores promedio oscilaron de <1.0 hasta  $6.303 \pm 1.461$  mg/L en la salida de la planta de tratamiento de Reynosa 1 (PT-4S) y entrada de planta de tratamiento de Camargo (PT-3E) respectivamente (figura 158).



**Figura 158. Fósforo total en descargas y plantas de tratamiento.**

En la tabla 65, se presentan los datos de la estadística descriptiva.

**Tabla 65. Estadística descriptiva de los datos de Fósforo Total en descargas y plantas de tratamiento**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	2.040	5.710	3.098	4.170	5.095	4.023	2.619	1.618
PT-1E	3	1.910	3.010	2.155	2.400	2.705	2.440	0.304	0.551
PT-2E	4	3.790	6.320	4.855	5.480	5.893	5.268	1.176	1.084
PT-2S	4	3.150	4.530	3.833	4.145	4.305	3.993	0.353	0.594
PT-3E	4	4.940	7.780	5.105	6.245	7.443	6.303	2.133	1.461
PT-3S	4	4.060	5.890	4.113	4.850	5.650	4.913	0.909	0.953
D2	4	1.000	2.000	1.000	1.000	1.250	1.250	0.250	0.500
D3	4	1.540	2.050	1.555	1.780	2.013	1.788	0.076	0.275
PT-4E	4	1.000	3.760	1.000	1.745	2.808	2.063	1.774	1.332
PT-4S	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000
PT-5E	4	1.090	10.930	3.768	5.120	6.918	5.565	16.543	4.067
PT-5S	4	3.910	7.210	4.870	5.305	5.868	5.433	1.845	1.358
D4	4	1.000	1.920	1.000	1.195	1.523	1.328	0.190	0.436
PT-1S	2	1.920	2.940	2.175	2.430	2.685	2.430	0.520	0.721

Por lo que respecta al comportamiento en el área estudiada del cauce principal del río Bravo en la figura 159 se observa que la descarga D3 ubicada en la ciudad de Reynosa aporta en promedio 1.79 mg/L de fósforo total al río, seguido de AF8 con 1.80 mg/L, incrementando la concentración en el río, a partir del sitio RB9.

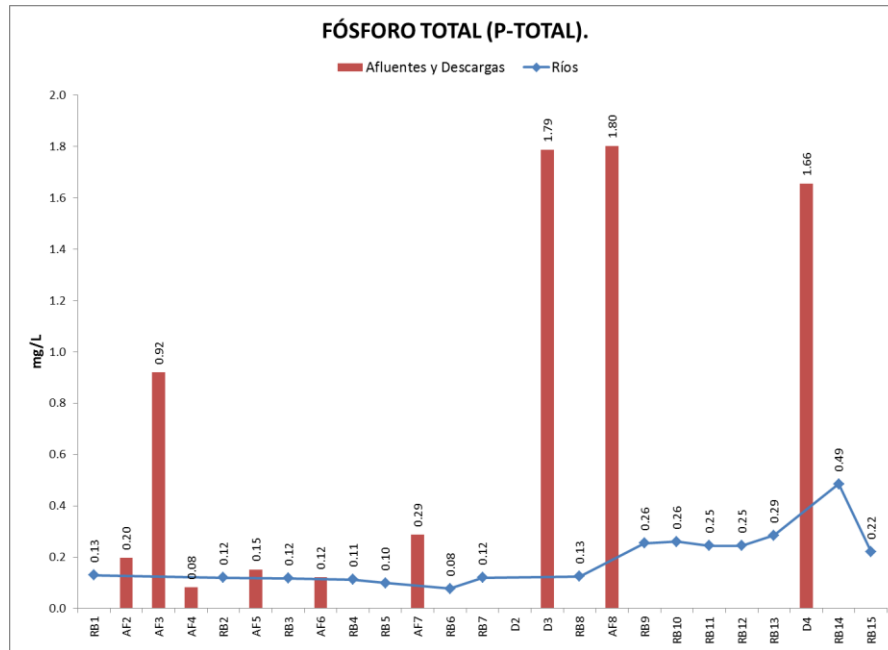


Figura 159. Comportamiento promedio del fósforo total en el río Bravo

#### 4.5.9. Ortofosfatos

La disponibilidad de las formas inorgánicas del fósforo para sostener la productividad en orden descendente es la siguiente: ortofosfato > pirofosfato > trifosfato > aniones polifosfatos mayores. Los ortofosfatos son la forma biodisponible del fósforo que utilizan los productores primarios en el ambiente acuático.

En el Bajo río Bravo la concentración promedio de ortofosfatos fue de  $0.026 \pm 0.011$  mg/L en el sitio RB6 hasta  $0.228 \pm 0.139$  mg/L en el sitio RB14, ubicado cercano a la zona de Matamoros: Se observó un incremento en la concentración de ortofosfatos a partir del sitio RB10 (Figura 160).

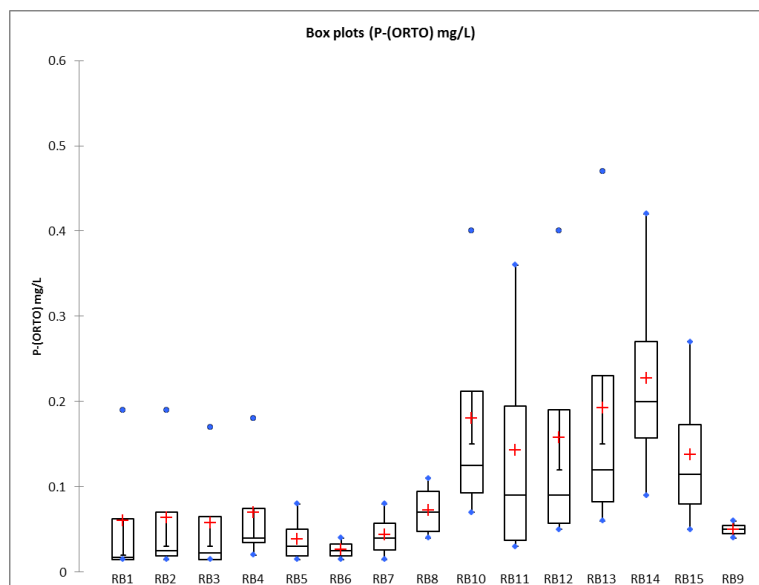


Figura 160. Ortofosfatos en el río Bravo.

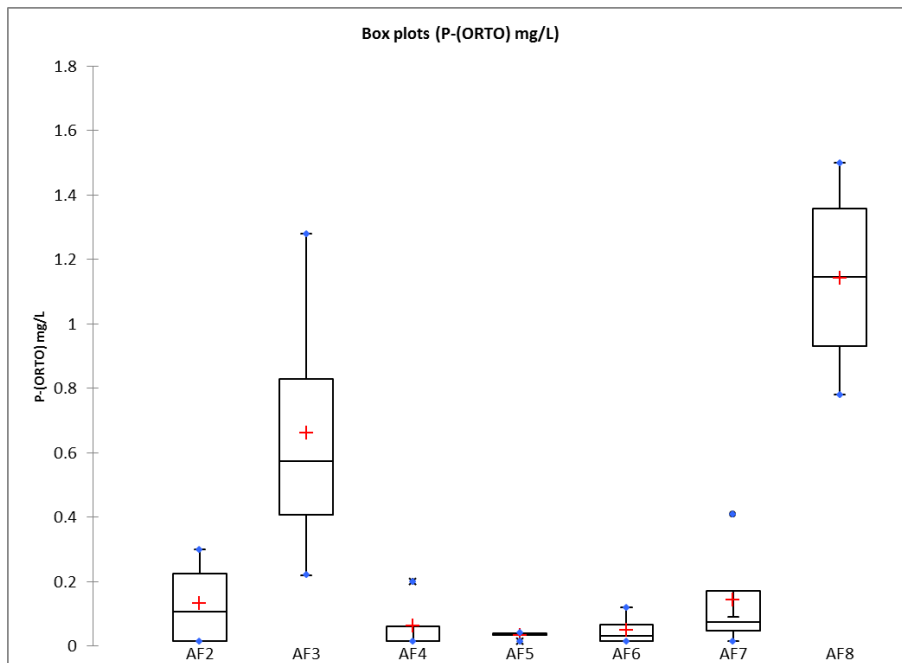
En la tabla 66, se presentan los datos de la estadística descriptiva.

**Tabla 66. Estadística descriptiva de los datos de Ortofosfatos en el río.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	0.015	0.190	0.015	0.018	0.063	0.060	0.008	0.087
RB2	4	0.015	0.190	0.019	0.025	0.070	0.064	0.007	0.084
RB3	4	0.015	0.170	0.015	0.023	0.065	0.058	0.006	0.075
RB4	4	0.020	0.180	0.035	0.040	0.075	0.070	0.005	0.074
RB5	4	0.015	0.080	0.019	0.030	0.050	0.039	0.001	0.030
RB6	4	0.015	0.040	0.019	0.025	0.033	0.026	0.0001	0.011
RB7	4	0.015	0.080	0.026	0.040	0.058	0.044	0.001	0.028
RB8	4	0.040	0.110	0.048	0.070	0.095	0.073	0.001	0.033
RB10	4	0.070	0.400	0.093	0.125	0.213	0.180	0.023	0.150
RB11	4	0.030	0.360	0.038	0.090	0.195	0.143	0.023	0.153
RB12	4	0.050	0.400	0.058	0.090	0.190	0.158	0.027	0.165
RB13	4	0.060	0.470	0.083	0.120	0.230	0.193	0.036	0.189
RB14	4	0.090	0.420	0.158	0.200	0.270	0.228	0.019	0.139
RB15	4	0.050	0.270	0.080	0.115	0.173	0.138	0.009	0.096
RB9	2	0.040	0.060	0.045	0.050	0.055	0.050	0.0002	0.014

En los afluentes y drenes, en promedio los ortofosfatos (P-Orto) presentaron concentraciones de  $0.034 \pm 0.013$  mg/L en el afluente AF5 (Dren Puertecitos) y  $1.143 \pm 0.323$  mg/L en el afluente AF8 (Dren El Anhel), el cual recibe las aportaciones de la planta de tratamiento de Reynosa 1 y de la laguna La Encantada (Figura 161).

En la tabla 67, se presentan los datos de la estadística descriptiva para los ortofosfatos.



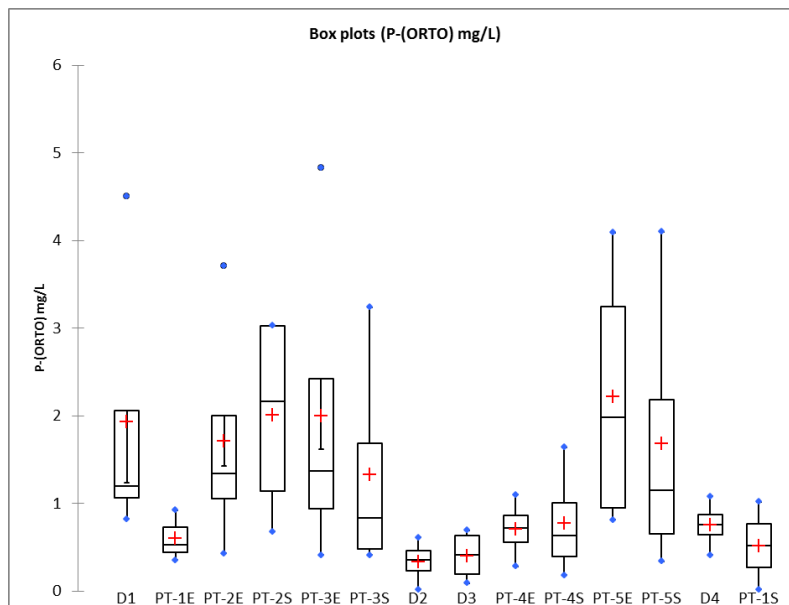
**Figura 161. Ortofosfatos en los afluentes**



**Tabla 67. Estadística descriptiva de los datos de Ortofosfatos en afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	0.015	0.300	0.015	0.108	0.225	0.133	0.020	0.142
AF3	4	0.220	1.280	0.408	0.575	0.830	0.663	0.205	0.453
AF4	4	0.015	0.200	0.015	0.015	0.061	0.061	0.009	0.093
AF5	4	0.015	0.040	0.034	0.040	0.040	0.034	0.000	0.013
AF6	4	0.015	0.120	0.015	0.033	0.068	0.050	0.002	0.049
AF7	4	0.015	0.410	0.049	0.075	0.170	0.144	0.032	0.180
AF8	4	0.780	1.500	0.930	1.145	1.358	1.143	0.105	0.323

Por lo que respecta a las descargas de aguas residuales y a las plantas de tratamiento, los ortofosfatos en promedio se presentaron de  $0.334 \pm 0.248$  mg/L hasta  $2.215 \pm 1.58$  mg/L, detectados en la descarga D2 y en la entrada de la planta de tratamiento de Reynosa 2 (PT-5E) respectivamente (Figura 162).



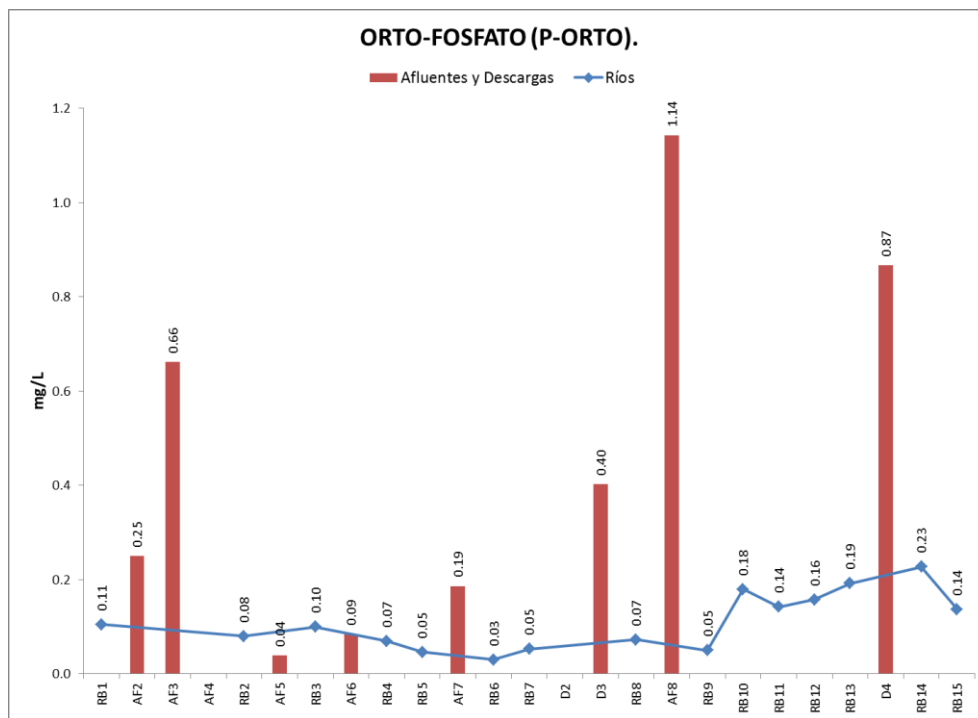
**Figura 162. Ortofosfatos en descargas y plantas de tratamiento**

En la tabla 68, se presentan los datos de la estadística descriptiva para los ortofosfatos.

**Tabla 68. Estadística descriptiva de los datos de Ortofosfatos en descargas y plantas de tratamiento.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	0.820	4.500	1.068	1.195	2.055	1.928	2.974	1.724
PT-1E	3	0.350	0.920	0.440	0.530	0.725	0.600	0.085	0.291
PT-2E	4	0.430	3.710	1.053	1.345	2.000	1.708	1.973	1.405
PT-2S	4	0.680	3.030	1.138	2.160	3.030	2.008	1.456	1.207
PT-3E	4	0.410	4.830	0.943	1.370	2.423	1.995	3.819	1.954
PT-3S	4	0.410	3.240	0.478	0.835	1.688	1.330	1.736	1.318
D2	4	0.015	0.610	0.229	0.355	0.460	0.334	0.062	0.248
D3	4	0.090	0.690	0.188	0.415	0.630	0.403	0.086	0.293
PT-4E	4	0.280	1.100	0.558	0.715	0.860	0.703	0.115	0.339
PT-4S	4	0.180	1.640	0.398	0.630	1.003	0.770	0.398	0.631
PT-5E	4	0.810	4.090	0.953	1.980	3.243	2.215	2.507	1.583
PT-5S	4	0.340	4.100	0.648	1.150	2.188	1.685	2.845	1.687
D4	4	0.410	1.080	0.643	0.760	0.870	0.753	0.076	0.276
PT-1S	2	0.015	1.020	0.266	0.518	0.769	0.518	0.505	0.711

En la figura 163 se presenta el comportamiento de los ortofosfatos en el cauce principal del río, observándose que probablemente el aporte del afluente AF8, Dren El Anhel, y conjuntamente con la probable liberación de fósforo de los sedimentos cercanos al sitio RB10 y que se ubica aguas arriba de la presa Retamal, causen el incremento.



**Figura 163. Comportamiento promedio de los ortofosfatos en el río Bravo.**

#### 4.5.10. Sulfatos

Los sulfatos están presentes de forma natural en el agua como  $\text{SO}_4^{2-}$ . Es aportado por la deposición atmosférica de los aerosoles oceánicos y de la lixiviación de compuestos de azufre, ya sea sulfatos minerales tales como yeso o sulfuro de minerales como la pirita, de rocas sedimentarias. Los vertidos industriales y las precipitaciones atmosféricas también pueden aportar cantidades significativas de sulfato a las aguas superficiales.

El sulfato puede ser utilizado como una fuente de oxígeno por las bacterias que lo convierten a sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ , HS-) bajo condiciones anaeróbicas.

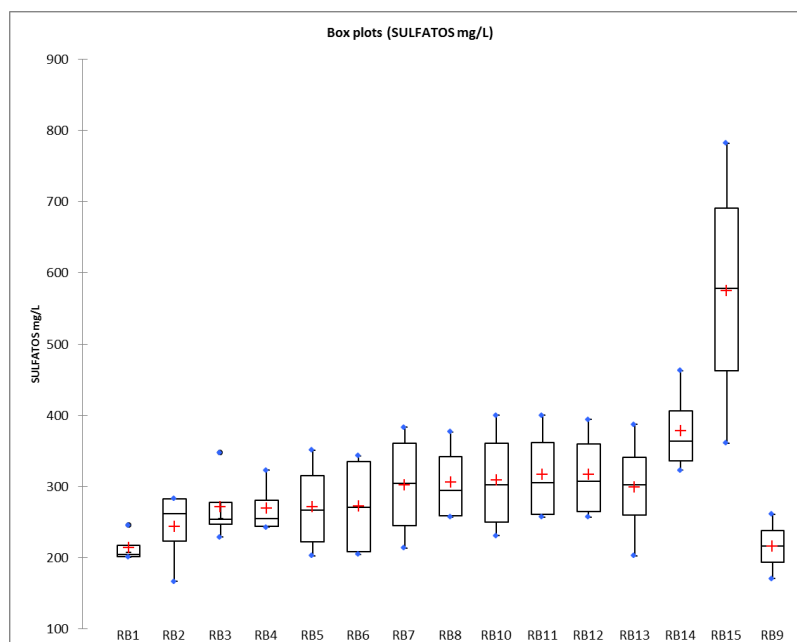
La concentración de sulfatos en aguas naturales se encuentra entre 2 y 80 mg/L, pudiendo exceder 1,000 mg/L en áreas cercanas a descargas industriales o en regiones áridas donde los sulfatos minerales, tales como el yeso están presente. En el agua para consumo humano altas concentraciones (<400 mg/L) las hacen desagradables para beber.

Las concentraciones máximas permisible de 250 mg/L para agua de consumo humano lo establece la Organización Mundial de la Salud (WHO), Estados Unidos y la Unión Europea, mientras que Canadá y Rusia para el mismo uso establecen 500 mg/L. Para el uso en pesquerías y vida acuática Rusia marca un valor de 100 mg/L (Chapman, 1996; WOM, 2013).

La Ley Federal en sus lineamientos para los usos de abastecimiento (Uso 1) establece 250 mg/L y para protección de vida acuática no tiene lineamiento (Conagua, 2015).

En el río Bravo las concentraciones promedio detectadas en los sitios oscilaron de  $214 \pm 21.39$  mg/L en RB1 hasta  $574.75 \pm 184.49$  mg/L en RB15, siendo esta última afectada por la influencia marina; y en los sitios desde RB3 hasta RB14, las concentraciones estuvieron por arriba del lineamiento para uso como fuente de abastecimiento (Figura 164).

En la tabla 69, se presentan los datos estadísticos.



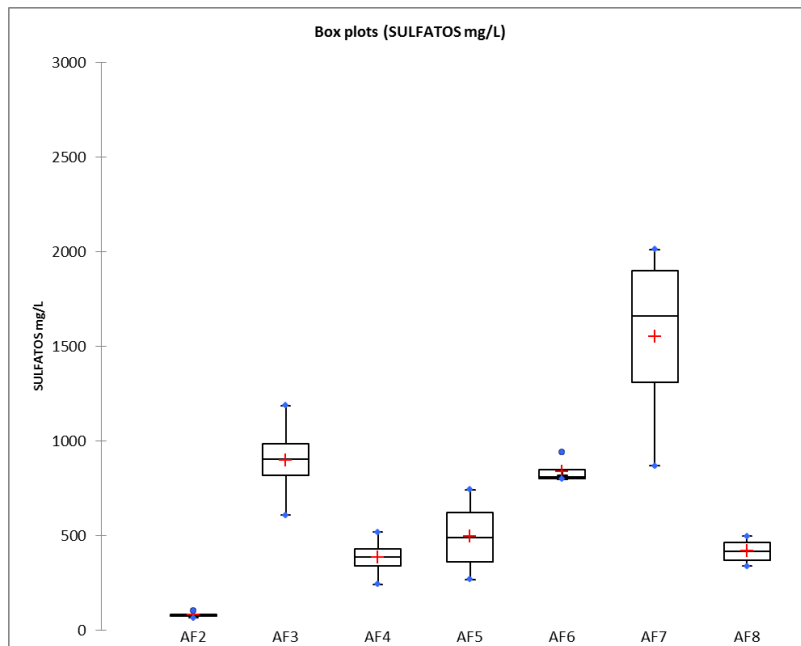
**Figura 164. Sulfatos en el río Bravo.**

**Tabla 69. Estadística descriptiva de los datos de Sulfatos en el río.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	201.000	246.000	201.750	205.000	217.500	214.250	457.583	21.391
RB2	4	167.000	283.000	223.250	262.000	282.250	243.500	2965.667	54.458
RB3	4	229.000	347.000	247.000	254.000	278.000	271.000	2706.667	52.026
RB4	4	243.000	323.000	244.500	255.500	280.250	269.250	1392.250	37.313
RB5	4	203.000	351.000	222.500	266.500	315.750	271.750	4624.917	68.007
RB6	4	205.000	343.000	208.750	271.000	334.750	272.500	5657.667	75.217
RB7	4	214.000	383.000	245.500	304.500	360.500	301.500	6340.333	79.626
RB8	4	257.000	377.000	259.250	295.000	341.750	306.000	3378.000	58.121
RB10	4	231.000	400.000	250.500	302.500	361.000	309.000	6196.667	78.719
RB11	4	257.000	400.000	260.750	305.500	361.750	317.000	4846.000	69.613
RB12	4	257.000	394.000	264.500	307.500	359.500	316.500	4329.667	65.800
RB13	4	203.000	387.000	260.000	302.000	340.500	298.500	6011.667	77.535
RB14	4	323.000	463.000	336.500	364.000	406.000	378.500	3899.667	62.447
RB15	4	361.000	782.000	462.250	578.000	690.500	574.750	34036.917	184.491
RB9	2	171.000	261.000	193.500	216.000	238.500	216.000	4050.000	63.640

En los afluentes las concentraciones promedio de sulfatos estuvieron de  $78.12 \pm 15.38$  mg/L (AF2 río Álamo) hasta  $1548.25 \pm 511.5$  mg/L en AF7 (Dren El Morillo) (Figura 165). El dren El Morillo confluye al río Bravo por lo que puede incrementar la concentración de sulfatos en el cauce principal del río.

En la tabla 70, se presentan los datos estadísticos en afluentes.



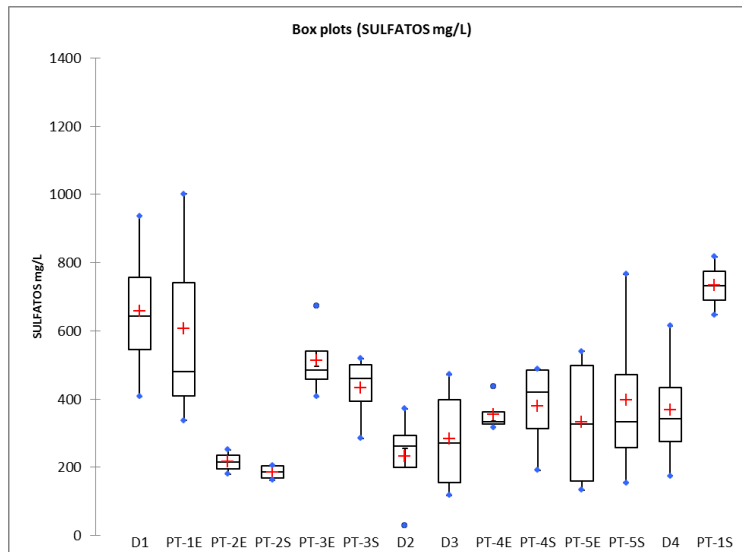
**Figura 165. Sulfatos en afluentes**

**Tabla 70. Estadística descriptiva de los datos de Sulfatos en afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	63.900	100.000	71.625	74.300	80.800	78.125	236.716	15.386
AF3	4	606.000	1185.000	816.000	900.500	982.500	898.000	56022.000	236.690
AF4	4	241.000	516.000	340.000	386.500	429.000	382.500	12747.000	112.903
AF5	4	267.000	740.000	360.000	485.500	620.000	494.500	43349.667	208.206
AF6	4	796.000	940.000	798.250	807.000	846.250	837.500	4739.000	68.840
AF7	4	867.000	2010.000	1308.000	1658.000	1898.250	1548.250	261274.250	511.150
AF8	4	336.000	495.000	367.500	415.000	462.750	415.250	5126.250	71.598

Por lo que respecta a las descargas y plantas de tratamiento, la concentración promedio de sulfatos osciló de 185.25 ±22.5 mg/L en la salida de la planta de tratamiento de Miguel Alemán (PT-2S) hasta 658 ±221.09 mg/L en la descarga D1 del tanque Imoff de la ciudad de Nuevo Guerrero (Figura 166).

En la tabla 71, se presenta la estadística de los datos.

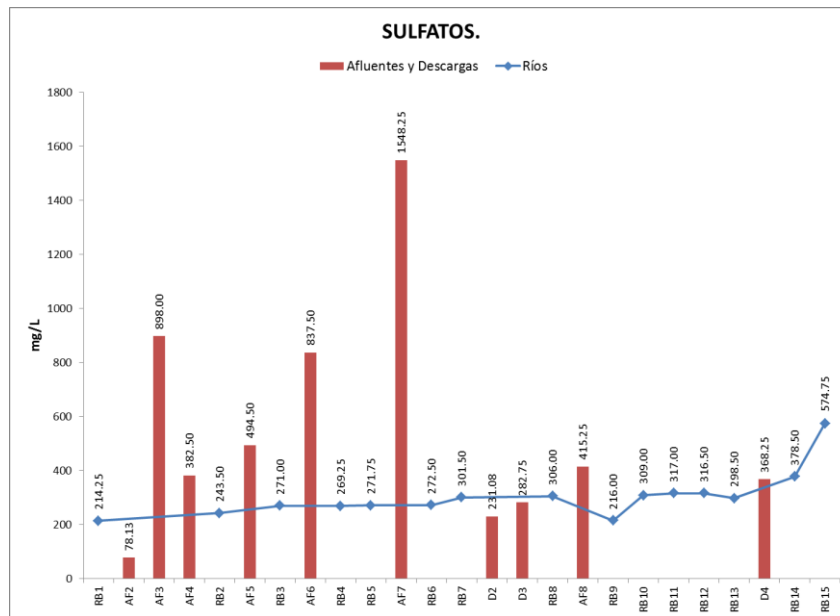


**Figura 166. Sulfatos en descargas y plantas de tratamiento.**

**Tabla 71. Estadística descriptiva de los datos de Sulfatos en descargas y plantas de tratamiento.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	407.000	937.000	545.750	644.000	756.250	658.000	48880.667	221.090
PT-1E	3	337.000	1001.000	408.500	480.000	740.500	606.000	122131.000	349.472
PT-2E	4	180.000	252.000	195.000	215.500	236.250	215.750	1024.250	32.004
PT-2S	4	162.000	206.000	168.000	186.500	203.750	185.250	506.250	22.500
PT-3E	4	407.000	674.000	458.750	486.000	540.500	513.250	12938.250	113.746
PT-3S	4	285.000	519.000	393.750	461.500	499.500	431.750	10967.583	104.726
D2	4	30.300	372.000	199.575	261.000	292.500	231.075	20670.489	143.772
D3	4	118.000	472.000	155.500	270.500	397.750	282.750	28090.250	167.601
PT-4E	4	317.000	437.000	327.500	333.500	361.250	355.250	3034.917	55.090
PT-4S	4	191.000	488.000	313.250	419.500	485.750	379.500	19695.000	140.339
PT-5E	4	133.000	540.000	160.000	327.000	498.750	331.750	44280.917	210.430
PT-5S	4	155.000	766.000	257.750	333.000	472.000	396.750	68759.583	262.220

En el cauce del río Bravo los sulfatos que son incorporados se presentan en la figura 167, en donde se observa el aporte de cada efluente y descargas que ingresan al río.



**Figura 167. Comportamiento promedio de los sulfatos en el río Bravo**

Las concentraciones detectadas en la mayoría de los sitios de río y afluentes la calidad del agua para éste parámetro indica que como fuente de abastecimiento debe de recibir un tratamiento adecuado en la potabilización para poder ser distribuida a la población.

#### 4.5.11. Sulfuros

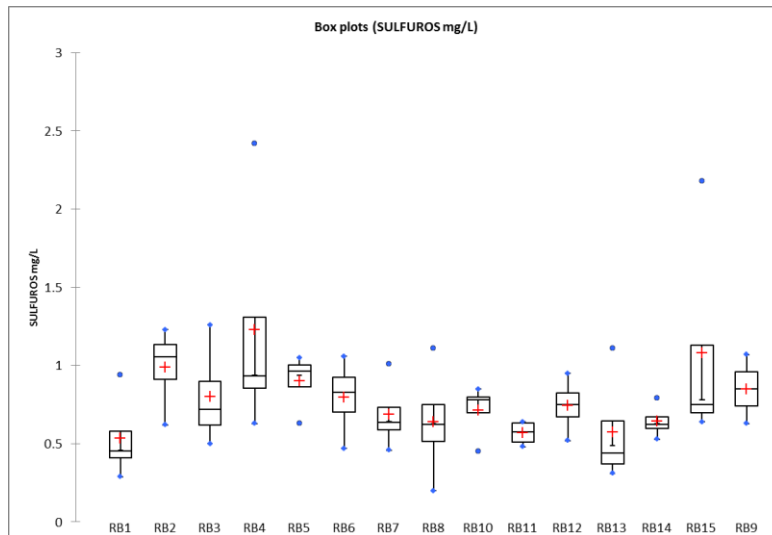
La formación de sulfuro en las aguas superficiales es principalmente a través del decaimiento anaeróbico, y descomposición bacteriana de sustancias orgánicas del fondo de los sedimentos y de la estratificación de los embalses, al presentarse condiciones anóxicas en el fondo. Trazas del ion sulfuro se producen en los sedimentos del fondo no contaminado por el decaimiento de la vegetación, pero la presencia de altas concentraciones indica

la ocurrencia de aguas residuales o desechos industriales. Bajo condiciones aeróbicas, el ion sulfuro se convierte rápidamente a los iones de azufre y sulfato.

Existen sulfuros disueltos en agua como moléculas no ionizadas de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), hidrosulfuro ( $HS^-$ ) y, muy raramente, como sulfuro ( $S^{2-}$ ). El equilibrio entre estas formas es una función del pH. La materia en suspensión también puede contener diversos sulfuros metálicos. Cuando se producen concentraciones apreciables de sulfuro, la toxicidad y el fuerte olor de iones sulfuro hacen el agua no apta para el abastecimiento de agua potable y otros usos (Chapman, 1996; WOM, 2013).

Canadá tiene una concentración máxima permisible para agua de consumo humano de 0.05 mg/L, mientras que los lineamientos de México establecen 0.2 mg/L para el mismo uso y para protección de vida acuática una concentración de 0.002 mg/L (Chapman op. cit., Conagua 2015).

Las concentraciones promedio detectadas en el río se presentaron en un intervalo de  $0.535 \pm 0.281$  mg/L hasta  $1.23 \pm 0.80$  mg/L en RB1 y RB4 respectivamente. El valor promedio más alto puede estar influenciado por el afluente AF6 (Dren Huizache) que descarga aguas arriba del sitio (Figura 168). En la tabla 72 se presenta la estadística de los datos



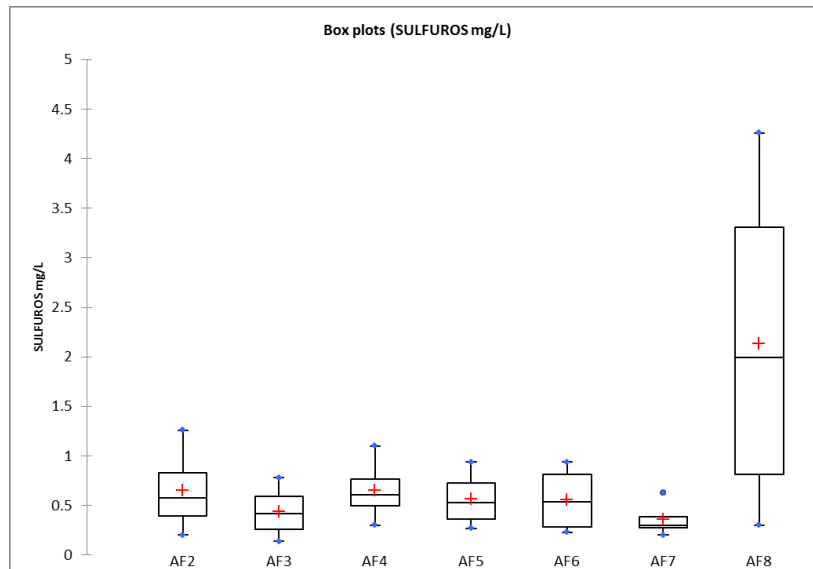
**Figura 168. Sulfuros en el río Bravo**

**Tabla 72. Estadística descriptiva de los datos de Sulfuros en río**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	0.290	0.940	0.410	0.455	0.580	0.535	0.079	0.281
RB2	4	0.620	1.230	0.913	1.055	1.133	0.990	0.069	0.263
RB3	4	0.500	1.260	0.620	0.720	0.900	0.800	0.107	0.327
RB4	4	0.630	2.420	0.855	0.935	1.310	1.230	0.650	0.806
RB5	4	0.630	1.050	0.863	0.965	1.005	0.903	0.035	0.187
RB6	4	0.470	1.060	0.703	0.830	0.925	0.798	0.061	0.247
RB7	4	0.460	1.010	0.588	0.635	0.733	0.685	0.054	0.232
RB8	4	0.200	1.110	0.515	0.625	0.750	0.640	0.138	0.372
RB10	4	0.450	0.850	0.698	0.780	0.798	0.715	0.032	0.180
RB11	4	0.480	0.640	0.510	0.575	0.633	0.568	0.006	0.080
RB12	4	0.520	0.950	0.670	0.750	0.823	0.743	0.031	0.177
RB13	4	0.310	1.110	0.370	0.440	0.645	0.575	0.133	0.364
RB14	4	0.530	0.790	0.598	0.625	0.670	0.643	0.012	0.108
RB15	4	0.640	2.180	0.700	0.750	1.130	1.080	0.541	0.736
RB9	2	0.630	1.070	0.740	0.850	0.960	0.850	0.097	0.311

En los afluentes las concentraciones promedio de sulfuros estuvieron de  $0.358 \pm 0.188$  mg/L en el afluente AF7 (Dren Morillo) hasta  $2.135 \pm 1.81$  mg/L en AF8 (Dren El Anhel) (Figura 169).

En la tabla 73 se presentan los datos estadísticos de sulfuros



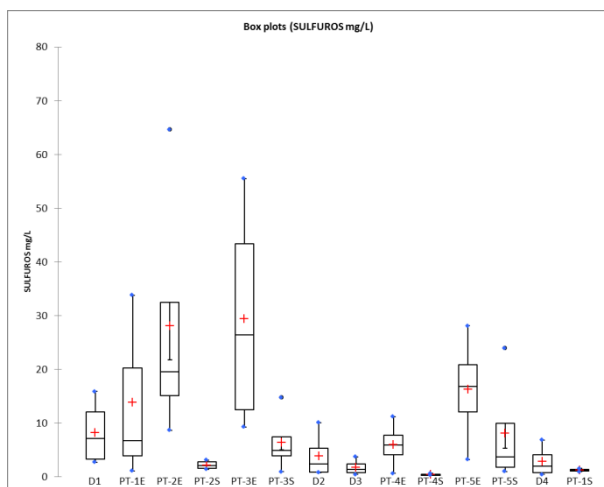
**Figura 169. Sulfuros en afluentes.**



**Tabla 73. Estadística descriptiva de los datos de Sulfuros en afluentes**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	0.200	1.260	0.395	0.575	0.833	0.653	0.204	0.452
AF3	4	0.140	0.780	0.260	0.415	0.593	0.438	0.078	0.279
AF4	4	0.300	1.100	0.495	0.610	0.770	0.655	0.111	0.333
AF5	4	0.270	0.940	0.360	0.525	0.730	0.565	0.089	0.298
AF6	4	0.230	0.940	0.283	0.535	0.813	0.560	0.122	0.349
AF7	4	0.200	0.630	0.275	0.300	0.383	0.358	0.035	0.188
AF8	4	0.300	4.260	0.818	1.990	3.308	2.135	3.308	1.819

En las descargas y plantas de tratamiento (Figura 170 y tabla 74), los valores promedio oscilaron de  $0.42 \pm 0.157$  mg/L en la salida de la planta de tratamiento Reynosa 1(PT4S), hasta  $29.42 \pm 21.89$  mg/L en la entrada de la planta de tratamiento Camargo PT3E.

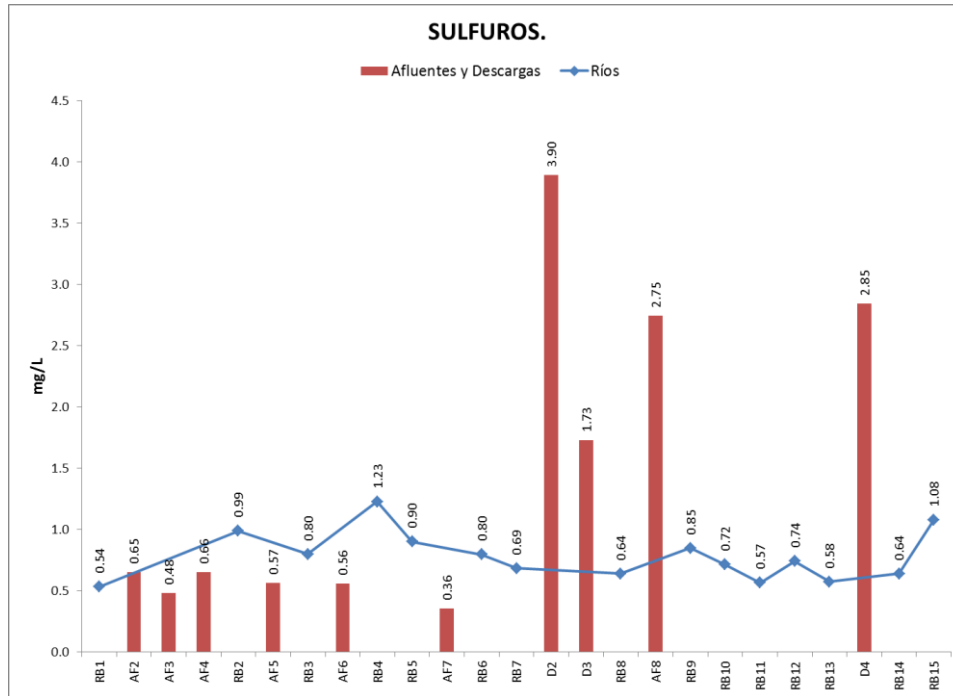


**Figura 170. Sulfuros en descargas y plantas de tratamiento.**

**Tabla 74. Estadística descriptiva de los datos de Sulfuros en descargas y plantas de tratamiento**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	2.730	15.900	3.308	7.150	12.075	8.233	39.352	6.273
PT-1E	3	1.120	33.800	3.920	6.720	20.260	13.880	305.445	17.477
PT-2E	4	8.700	64.600	15.150	19.550	32.500	28.100	621.647	24.933
PT-2S	4	1.430	3.100	1.535	2.100	2.748	2.183	0.661	0.813
PT-3E	4	9.290	55.500	12.448	26.450	43.425	29.423	479.477	21.897
PT-3S	4	0.930	14.800	3.900	4.965	7.480	6.415	34.870	5.905
D2	4	0.790	10.100	0.903	2.345	5.338	3.895	18.965	4.355
D3	4	0.450	3.750	0.735	1.360	2.355	1.730	2.185	1.478
PT-4E	4	0.660	11.200	4.065	5.925	7.788	5.928	18.866	4.343
PT-4S	4	0.300	0.630	0.300	0.375	0.495	0.420	0.025	0.157
PT-5E	4	3.220	28.100	12.130	16.800	20.900	16.230	105.529	10.273
PT-5S	4	0.990	23.900	1.785	3.675	9.950	8.060	114.876	10.718
D4	4	0.470	6.870	0.740	2.025	4.133	2.848	8.681	2.946
PT-1S	2	0.950	1.570	1.105	1.260	1.415	1.260	0.192	0.438

El comportamiento promedio de los sulfuros en el cauce principal con el aporte de descargas y afluentes se presenta en la figura 171.



**Figura 171. Comportamiento promedio de los sulfuros en el cauce del río Bravo.**

El sitio RB4 es donde se presentó la mayor concentración promedio de sulfuros con 1.23 mg/L sitio que puede estar influenciado por el aporte del Dren Huizache (AF6).

#### 4.5.12. Fluoruros

El fluoruro se origina a partir de la meteorización de los minerales que contienen fluoruro y llegan al agua superficial con la escorrentía y las aguas subterráneas a través del contacto directo. Las emisiones líquido y gaseosas de ciertos procesos industriales (como los procesos y producción de metal y química) también puede contribuir con iones fluoruro (F-) al cuerpo de agua. La movilidad del fluoruro en el agua depende, en gran medida, del contenido de iones  $Ca^{2+}$ , ya que baja la solubilidad de las formas de fluoruro con cationes divalentes. Otros iones que determinan la dureza del agua también puede aumentar la solubilidad F-.

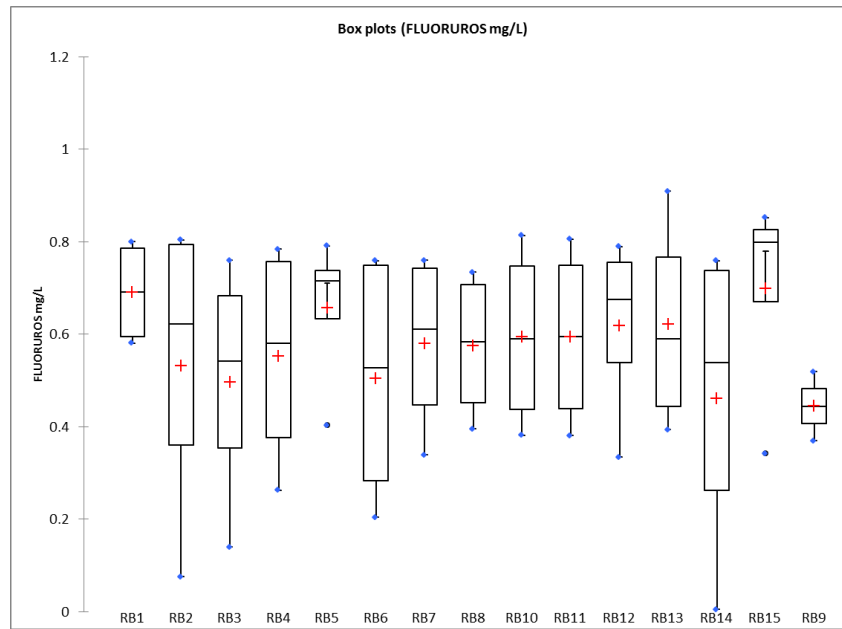
Las concentraciones de fluoruro en las aguas naturales varían desde 0.05 hasta 100 mg/L, aunque la mayoría de las situaciones se encuentran a menos de 0.1 mg/L. Concentraciones altas de fluoruro por encima del valor de referencia de la Organización Mundial de la Salud (OMS), de la Unión Europea y Canadá es de 1.5 mg/L, se encuentran en acuíferos volcánicos y lagos en el oriente de África y en Hawái. El criterio que Rusia tiene establecido para pesquerías y vida acuática es de 0.75 mg/L.

En la Ley Federal se tiene un criterio para el fluoruro de 0.1 mg/L para fuentes de abastecimiento y 0.05 mg/L para protección de vida acuática.

Altas concentraciones pueden ser tóxicas para la vida acuática y los seres humanos, causando enfermedades en los huesos por arriba de 2.0 mg/L, además de manchas en los dientes por el consumo de agua con dicha concentración.

En el río se determinaron concentraciones promedio que oscilaron de 0.445 ±0.105 mg/L en el sitio RB9 hasta 0.698 ±0.239 mg/L en RB15 sitio influenciado por la entrada de agua marina, por lo que en todo el río se considera que para el uso como fuente de abastecimiento y para protección de vida acuática de acuerdo a los lineamientos de la Conagua, 2016, se encuentra sobrepasando la concentración referida (Figura 172).

En la tabla 74 se presenta la estadística de los datos



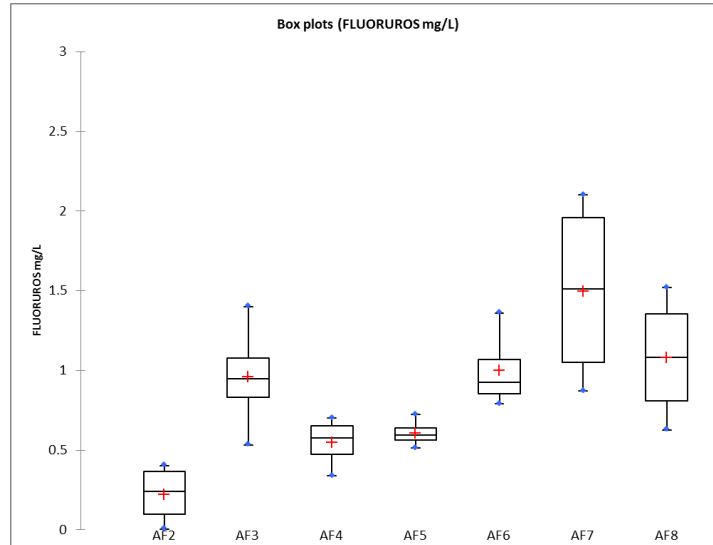
**Figura 172. Fluoruros en el río Bravo**

**Tabla 75. Estadística descriptiva de los datos de Fluoruros en el río.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	0.581	0.800	0.595	0.691	0.787	0.691	0.014	0.117
RB2	4	0.076	0.804	0.361	0.623	0.794	0.532	0.118	0.344
RB3	4	0.140	0.760	0.355	0.542	0.683	0.496	0.076	0.275
RB4	4	0.263	0.784	0.376	0.581	0.757	0.552	0.065	0.255
RB5	4	0.403	0.791	0.633	0.716	0.739	0.656	0.030	0.173
RB6	4	0.204	0.759	0.284	0.528	0.749	0.505	0.084	0.289
RB7	4	0.339	0.760	0.447	0.611	0.744	0.580	0.042	0.204
RB8	4	0.395	0.734	0.451	0.584	0.707	0.574	0.028	0.167
RB10	4	0.382	0.814	0.437	0.591	0.748	0.594	0.043	0.208
RB11	4	0.381	0.806	0.439	0.595	0.750	0.594	0.043	0.206
RB12	4	0.334	0.790	0.538	0.675	0.755	0.618	0.042	0.205
RB13	4	0.394	0.909	0.444	0.590	0.767	0.621	0.057	0.238
RB14	4	0.005	0.759	0.262	0.540	0.738	0.461	0.127	0.357
RB15	4	0.342	0.852	0.670	0.799	0.827	0.698	0.057	0.239
RB9	2	0.370	0.519	0.407	0.445	0.482	0.445	0.011	0.105

En los afluentes las concentraciones promedio estuvieron en un intervalo de  $0.222 \pm 0.189$  mg/L hasta  $1.498 \pm 0.59$  mg/L en AF2 (río Álamo) y AF7 (Dren El Morillo) respectivamente figura 173.

En la tabla 75 se presenta la estadística de los datos obtenidos.



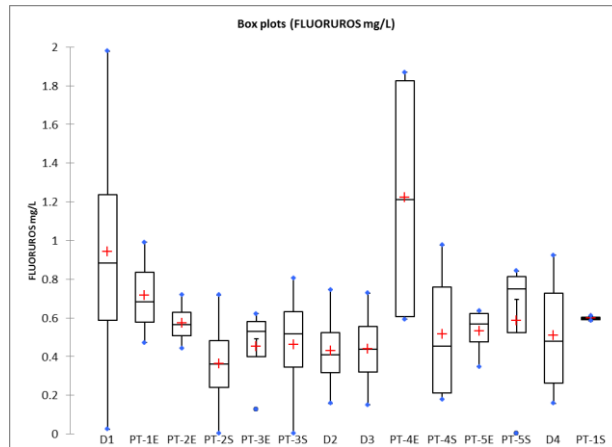
**Figura 173. Fluoruros en afluentes**

**Tabla 76. Estadística descriptiva de los datos de Fluoruros en afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	0.005	0.402	0.096	0.241	0.368	0.222	0.036	0.189
AF3	4	0.533	1.400	0.830	0.950	1.078	0.958	0.126	0.354
AF4	4	0.339	0.700	0.475	0.577	0.651	0.548	0.025	0.158
AF5	4	0.512	0.723	0.562	0.595	0.639	0.606	0.008	0.088
AF6	4	0.791	1.360	0.855	0.925	1.071	1.000	0.063	0.251
AF7	4	0.871	2.100	1.050	1.510	1.958	1.498	0.359	0.599
AF8	4	0.627	1.520	0.808	1.084	1.355	1.079	0.164	0.405

Los resultados en las descargas y plantas de tratamiento estuvieron en concentraciones promedio desde  $0.362 \pm 0.294$  mg/L en la salida de la planta de tratamiento de Miguel Alemán (PT-2S), hasta  $1.221 \pm 0.715$  mg/L en la entrada de la planta de tratamiento de Reynosa 1 (PT-4E) (Figura 174).

En la tabla 76 se presentan los datos y la estadística



**Figura 174. Fluoruros en descargas y plantas de tratamiento.**

**Tabla 77. Estadística descriptiva de los datos de Fluoruros en descargas y plantas de tratamiento.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	4	0.025	1.980	0.588	0.884	1.238	0.943	0.649	0.806
PT-1E	3	0.472	0.991	0.577	0.682	0.837	0.715	0.068	0.261
PT-2E	4	0.443	0.720	0.508	0.565	0.630	0.573	0.014	0.117
PT-2S	4	0.005	0.719	0.241	0.362	0.483	0.362	0.086	0.294
PT-3E	4	0.129	0.622	0.401	0.529	0.581	0.452	0.049	0.222
PT-3S	4	0.005	0.807	0.347	0.517	0.632	0.462	0.113	0.337
D2	4	0.158	0.746	0.317	0.410	0.524	0.431	0.059	0.243
D3	4	0.151	0.729	0.321	0.438	0.556	0.439	0.058	0.241
PT-4E	4	0.593	1.870	0.607	1.211	1.825	1.221	0.511	0.715
PT-4S	4	0.180	0.977	0.212	0.455	0.760	0.517	0.147	0.383
PT-5E	4	0.348	0.637	0.475	0.569	0.624	0.531	0.018	0.133
PT-5S	4	0.005	0.843	0.523	0.750	0.815	0.587	0.154	0.393
D4	4	0.158	0.925	0.265	0.480	0.726	0.511	0.121	0.348
PT-1S	2	0.586	0.610	0.592	0.598	0.604	0.598	0.0003	0.017

Por lo que respecta al tramo evaluado en donde se incluyen los datos del río y los afluentes o descargas que llegan directo al cauce en la figura 175, se observa que los afluentes AF3 (Dren Rancherías), AF6 (Dren Huizache), AF7 (Dren El Morillo) y AF8 (Dren El Anhel), son los principales aportadores de fluoruros al río Bravo.

A pesar de los aportes de fluoruros al río por las descargas y drenes no se aprecia un incremento considerable en el cauce principal.

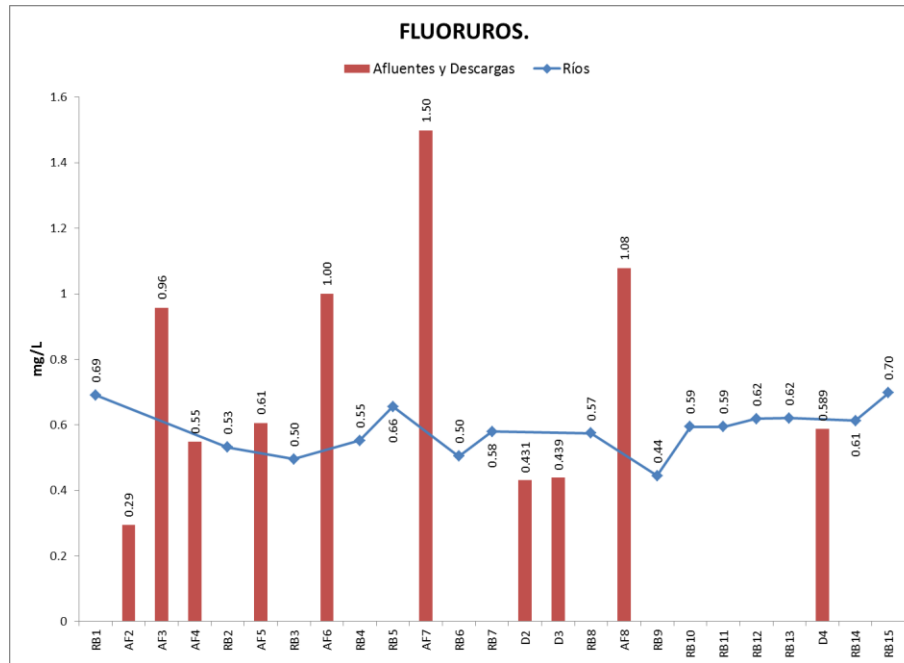


Figura 175. Comportamiento promedio de los fluoruros en el río Bravo.

#### 4.5.13. Coliformes fecales y Escherichia coli

Las aguas dulces contienen microorganismos indígenas, incluyendo bacterias, hongos, protozoos (organismos unicelulares) y algas (microorganismos con pigmentos fotosintéticos), algunos de los cuales se sabe que producen toxinas y transmiten, o causan enfermedades.

Las bacterias patógenas intestinales se distribuyen en todo el mundo, y las más comunes transmitidas por el agua son Salmonella, Shigella, Escherichia coli enterotoxigénica, Campylobacter, Vibrio y Yersinia. Especies de Salmonella, responsables de la fiebre tifoidea, paratifoidea, la gastroenteritis y la intoxicación alimentaria, pueden ser excretadas por una persona aparentemente sana que actúa como portador y también pueden ser aportadas por algunas aves y animales. Por lo tanto, la contaminación de los cuerpos de agua por animal o excremento humano introduce el riesgo de infección para los que utilizan el agua para beber, preparar alimentos, para la higiene personal y hasta la recreación.

Las aguas residuales domésticas son descargadas en los cuerpos de agua, en particular los ríos ya sea de forma directa, a través de alcantarillado, de escorrentía de zonas agrícolas y urbano. Los patógenos asociados con éstas descargas posteriormente son distribuidos a través del cuerpo de agua y representan un riesgo para los usuarios aguas abajo.

Aguas residuales municipales sin tratar puede contener de 10 a 100 millones de bacterias coliformes (bacterias procedentes del intestino de animales de sangre caliente) por 100 mililitros (mL), y de 1 a 50 millones de Escherichia coli o de estreptococos fecales por 100 mL. Diferentes niveles de tratamiento de aguas residuales pueden reducir el contenido de bacterias por un factor de 10 a 100 y las concentraciones se reducen aún más después de la dilución por las aguas receptoras.

La aplicación de aguas residuales, aguas residuales particularmente mal tratados a la tierra, pueden conducir a la contaminación por patógenos en las aguas superficiales y subterráneas-. La contaminación del agua de superficie es el resultado de la escorrentía y precipitación de las zonas agrícolas y urbanas, ocasionando la contaminación de las aguas subterráneas por la infiltración rápida a través de los suelos. Otras fuentes de patógenos son la escorrentía y los lixiviados de rellenos sanitarios y vertederos de residuos sólidos urbanos, que contienen los animales domésticos y de material fecal humano. El uso de los cuerpos de agua por el ganado doméstico y la vida silvestre también es una fuente potencial de agentes patógenos.

La supervivencia de los agentes patógenos microbiológicos, una vez que se descarga en el medio acuático, es muy variable dependiendo de la calidad de las aguas receptoras, en particular por la turbidez, los niveles de oxígeno, nutrientes y temperatura. Los bacilos de Salmonella se han reportado a más de 50 millas aguas abajo del punto de origen (80.5 km), lo que indica una capacidad de sobrevivencia, en las condiciones adecuadas, durante varios días. Una vez en el cuerpo de agua, los microorganismos son adsorbidos en las partículas de arena, arcilla y sedimentos. El hundimiento de las partículas en el sedimento da lugar a la acumulación de los microorganismos en el lecho de los sedimentos fluviales y lacustres. La velocidad a la que se produce la sedimentación depende de la velocidad y la turbulencia de la masa de agua.

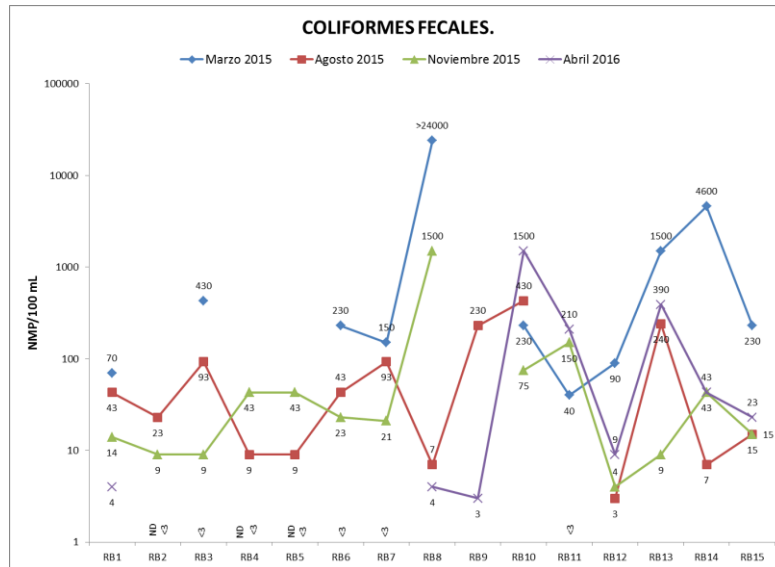
La remoción de los microorganismos ocurre como un resultado de la depredación y por filtración del zooplancton durante su alimentación.

El conteo de bacterias de origen fecal en río y lagos de todo el mundo que sufren poco impacto humano varían de <1 a 3000 organismos por 100 mL. Sin embargo, los cuerpos de agua en las zonas de alta densidad poblacional pueden tener un conteo de hasta 10 millones de organismos por 100 mL.

Para evitar la infección humana, la OMS recomienda una concentración para el agua potable de cero organismos por 100 mL, también la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá lo recomiendan.

Los lineamientos de calidad del agua de la Conagua para el uso como fuente de abastecimiento y protección de vida acuática establecen una concentración de 1000 coliformes fecales (CF) como NMP/100mL, ya que en el caso del Uso 1 al llegar a la planta potabilizadora el tratamiento correspondiente elimina las bacterias.

Las concentraciones detectadas de CF en el río se presentan en la figura 176 con los resultados de los cuatro muestreos, ya que al tener datos de menor que o no detectado, la estadística descriptiva no permite dichos datos en el análisis. Para Escherichia coli también se graficaron los cuatro muestreos (Figura 177).

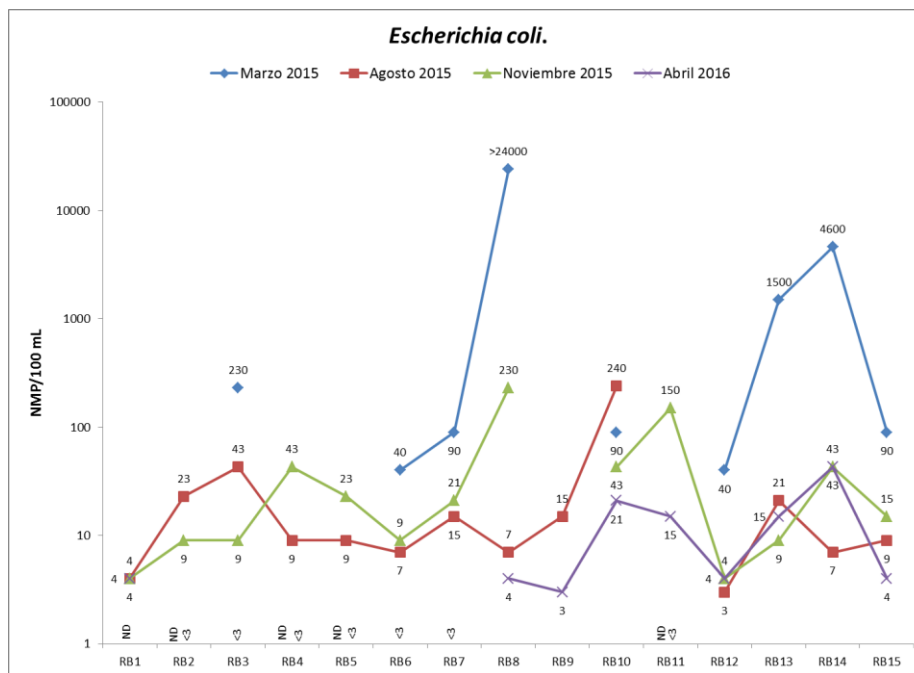


**Figura 176. Coliformes fecales (CF)**

Tomando en cuenta el lineamiento de Conagua, 2016 de 1000 NMP/100mL, los sitios RB8, RB10, RB13 y RB14, sobrepasaron el lineamiento principalmente en marzo del 2015 para ambos Usos.

Para el caso de *Escherichia coli*, no existe un lineamiento y en los sitios en donde se presentaron más de 1000 organismos coincide con los sitios RB8, RB13 y RB14 en el mes de marzo del 2015, los restantes tres muestreos estuvieron por abajo de 240 organismos por 100 mililitros.

El sitio RB8 se localiza abajo del Puente Internacional Reynosa-Hidalgo, RB13 se localiza a 200 metros aguas arriba de la obra de toma de la potabilizadora de Matamoros y RB14 aguas debajo de la zona industrial de Matamoros.

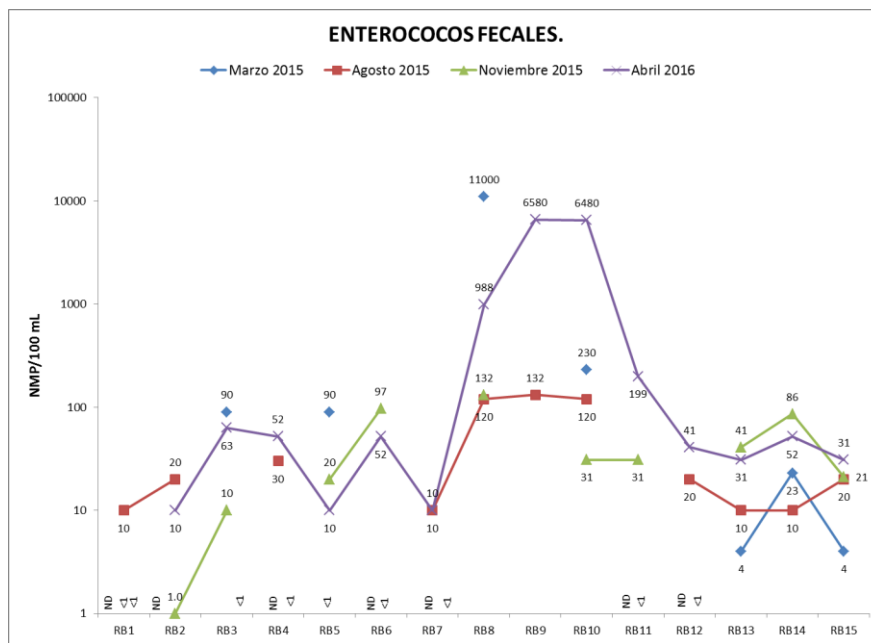


**Figura 177. Escherichia coli (EC)**



Los microorganismos indicadores son aquellos que tienen un comportamiento similar a los patógenos en cuanto a concentración en las aguas y reacción frente a factores ambientales, pero son más fáciles, rápidos y económicos de identificar además de los anteriores los *Enterococos faecalis* son también utilizados para conocer la calidad microbiológica de los cuerpos de agua por contaminación fecal humana, además de ser resistente a condiciones salinas, es utilizado como indicador de la calidad del agua en ambientes marinos utilizados para el nado y recreación, ya que tienen la habilidad de crecer en presencia de 6,5 % de NaCl, a 10 y 45 °C y pH de 9,6 (USEPA, 1986; Larrea et. al. 2013).

Los enterococos forman parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal humano. En el río las concentraciones por arriba de 1000 organismos de enterococos fecales se presentaron en los sitios RB8, RB9, y RB 10 en abril de 2016 y marzo de 2015 sólo en RB8 (Figura 178).



**Figura 178. Enterococos fecales**

Los afluentes presentaron concentraciones de bacterias CF por arriba de 1000 NMP/100 mL en AF2, AF5 y AF8 en marzo de 2015 (Figura 179). *Escherichia coli* estuvo presente por arriba del mismo criterio en el Sitio AF8 (Dren El Anhel) en marzo y agosto de 2015 (Figura 180).

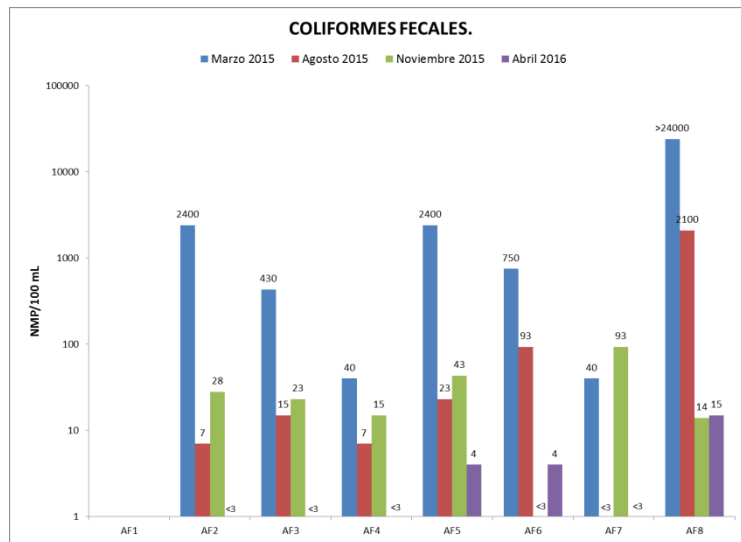


Figura 179. Coliformes fecales (CF) en afluentes

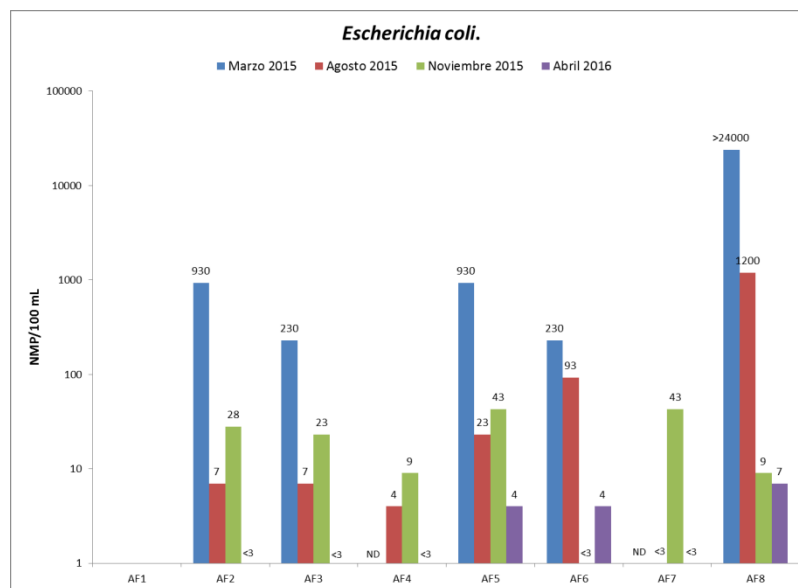


Figura 180. Escherichia coli (EC) en afluentes

Los enterococos fecales en afluentes estuvieron presentes en los sitios AF2 (marzo, 2015), AF6 (noviembre 2015) y en AF8 (agosto y noviembre 2015; abril 2016). El Dren El Anhelito (AF8), es el que mayor aportación de bacterias conduce hacia el río (Figura 181).

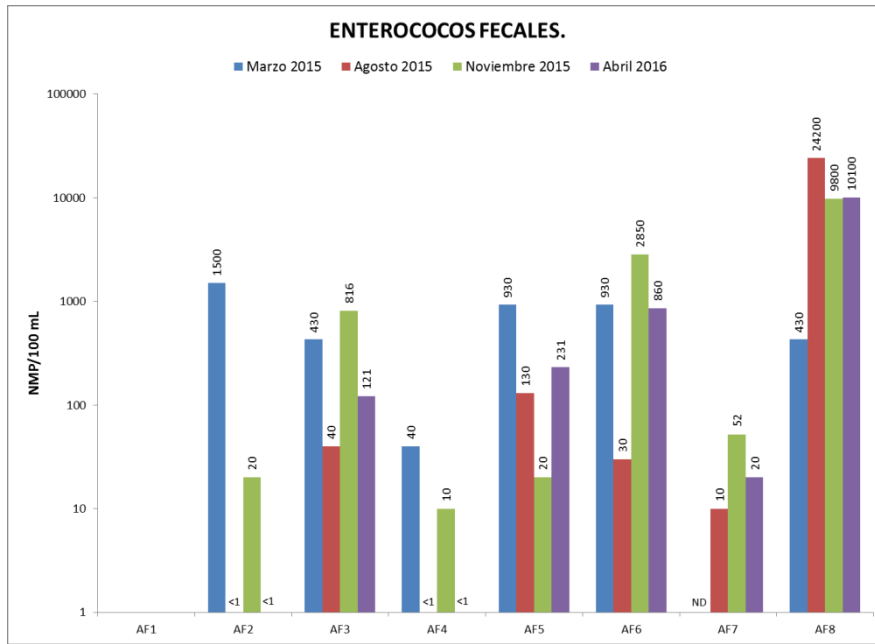


Figura 181. Enterococos fecales en afluentes

En las descargas de aguas residuales los CF que sobrepasaron el LMP de 1000 NMP/100 mL establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996 fueron: D1, D2, D3, D4 y D5. En la salida de las plantas de tratamiento de aguas residuales que deben de cumplir con el LMP después del tratamiento, se encontró que las plantas que no cumplen fueron: PT-2S (marzo 2015), PT-3S (en los cuatro muestreos), PT-4S (noviembre 2015), PT-5S (agosto, noviembre 2015 y abril 2016), (Figura 182).

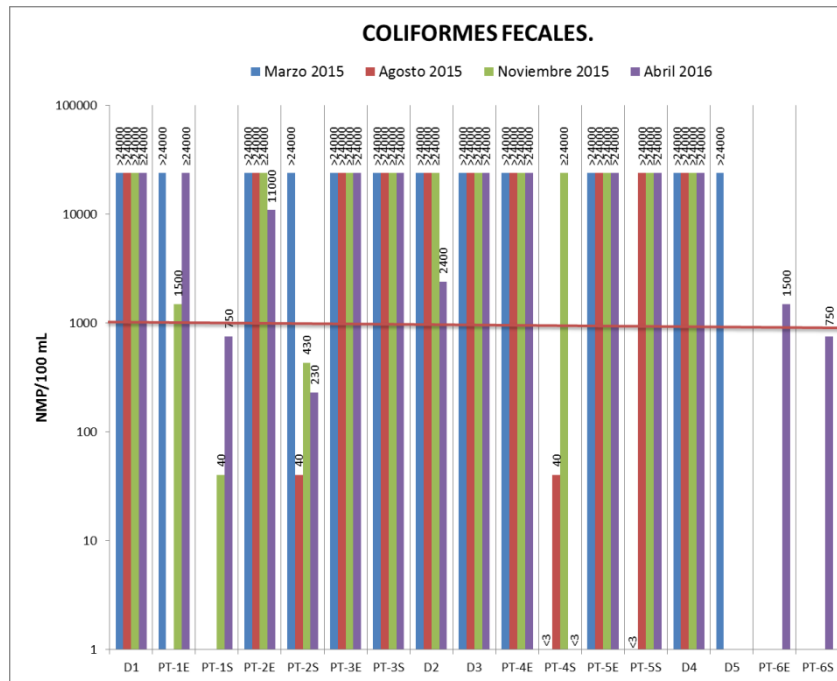
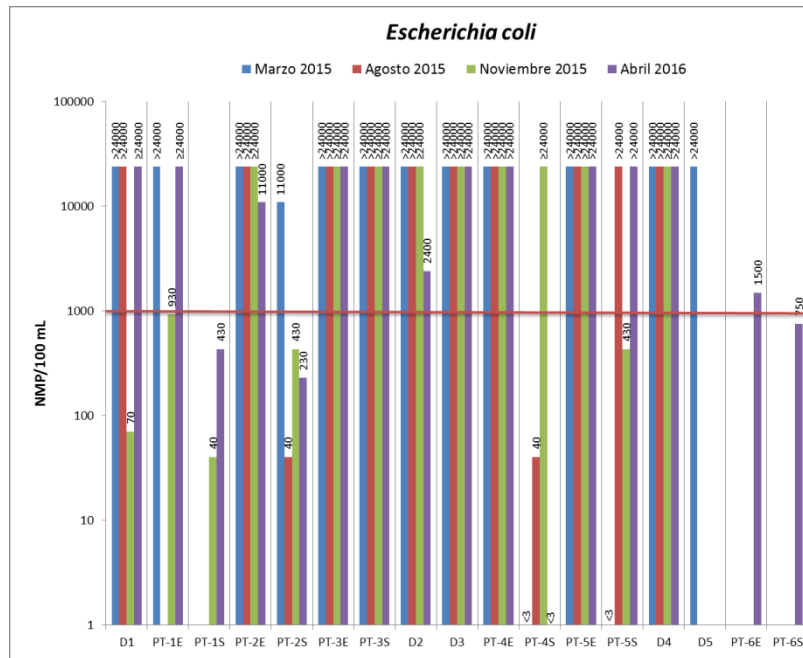


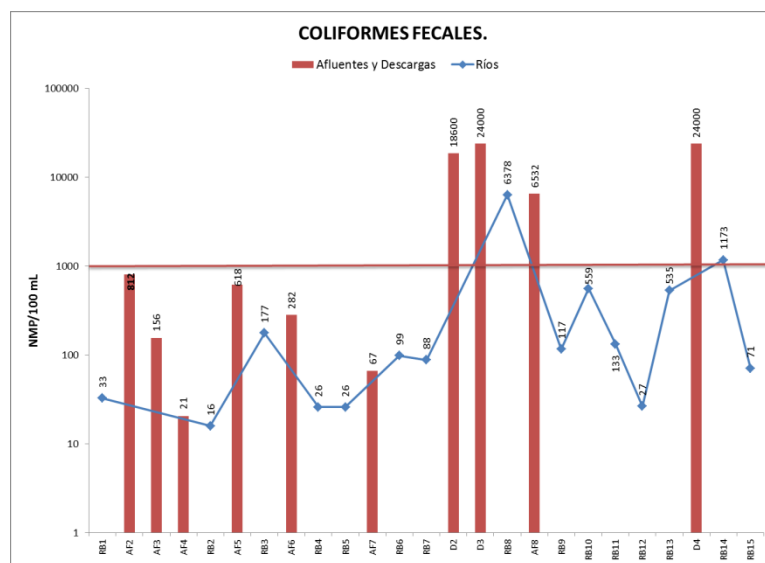
Figura 182. Coliformes fecales en descargas y plantas de tratamiento.

En la norma oficial para descargas a cuerpo receptor *Escherichia coli* no es considerada, pero si tomamos en cuenta el mismo límite que para los coliformes fecales, tenemos que en las mismas descargas y en la salida de las plantas de tratamiento se presenta la misma deficiencia en el tratamiento y aporte de bacterias patógenas al río (Figura 183).



**Figura 183. Escherichia coli en descargas y plantas de tratamiento.**

En las figuras 184, 185 y 186 se presentan los resultados de CF, EC y enterococos en el río con la incorporación de los afluentes y descargas que directa o indirectamente llegan al cauce principal del río Bravo, únicamente para los enterococos dado que no se hicieron análisis en las descargas y plantas de tratamiento no se presentan resultados en la figura.



**Figura 184. Comportamiento de los coliformes fecales en el cauce principal del río.**

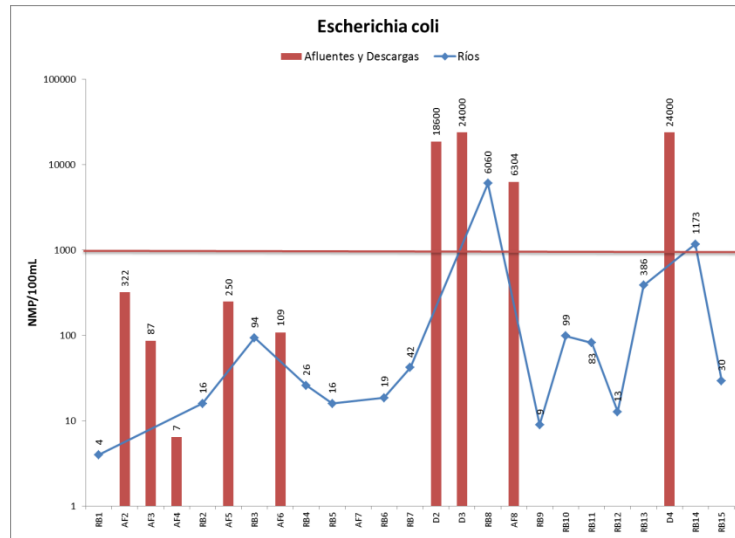


Figura 185. Comportamiento de Escherichia coli en el cauce principal del río.

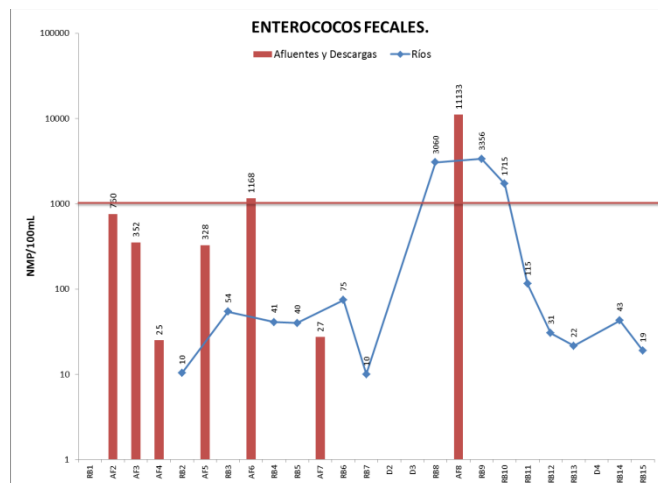


Figura 186. Comportamiento de Enterococos fecales en el cauce principal del río.

En los sitios RB8 y RB14 los coliforme fecales sobrepasaron el lineamiento de 1000 NMP/100 mL para los Usos 1 y 3, si tomamos en consideración el mismo lineamiento para *Escherichia coli*, se siguió el mismo comportamiento en ambos sitios de muestreo; mientras que para los enterococos fecales, además de RB8, en RB9 y RB10, se detectaron concentraciones mayores a 1000 NMP/ 100mL.

#### 4.5.14. Iones mayores

De acuerdo con Chapman op. cit., los iones mayores que naturalmente son variables en aguas superficiales y subterráneas debido a la geología local, el clima y condiciones geográficas son: calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), Cloro ( $\text{Cl}^-$ ), Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Los análisis que se realizaron de los iones mayores para obtener la relación de absorción de sodio (RAS) en el río y afluentes corresponden únicamente al sodio, magnesio y calcio, ya que el agua es utilizada para el riego agrícola y como fuente de abastecimiento. La ecuación que se utilizó fue la siguiente:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

A continuación, se describe cada uno de los iones mayores que conforman la Relación de Absorción de Sodio

##### *Sodio, calcio y magnesio*

El sodio es un elemento esencial para la vida y es uno de los más abundantes de la tierra. El incremento en aguas superficiales puede deberse a los efluentes de descargas industriales y municipales; en las zonas costeras la intrusión del agua de mar puede elevar la concentración de sodio.

Se pueden encontrar valores desde menores de 1 mg/L hasta  $10^5$  mg/L en salmueras naturales. La guía de la Organización Mundial de la Salud para agua de bebida es de 200 mg/L de Na, en la Unión Europea es de 150 mg/L y Rusia establece una guía para pesquerías y vida acuática de 120 mg/L.

El sodio en altas concentraciones en ciertos tipos de suelos puede degradar la estructura del suelo, restringiendo el movimiento del agua y afectando el crecimiento de las plantas. La relación de absorción de sodio es utilizada para evaluar la idoneidad del agua para riego y estima el grado en el que el sodio es absorbido por el suelo. Los valores altos del RAS implican que el sodio puede reemplazar a los iones de calcio y magnesio en el suelo dañando su estructura.

La ecuación del RAS arriba indicada es expresada en miliequivalentes por litro (meq/L).

El calcio se encuentra en todas las aguas por efecto de la disolución del elemento de las rocas ricas en minerales de calcio, que junto con el magnesio son responsables de la dureza del agua.

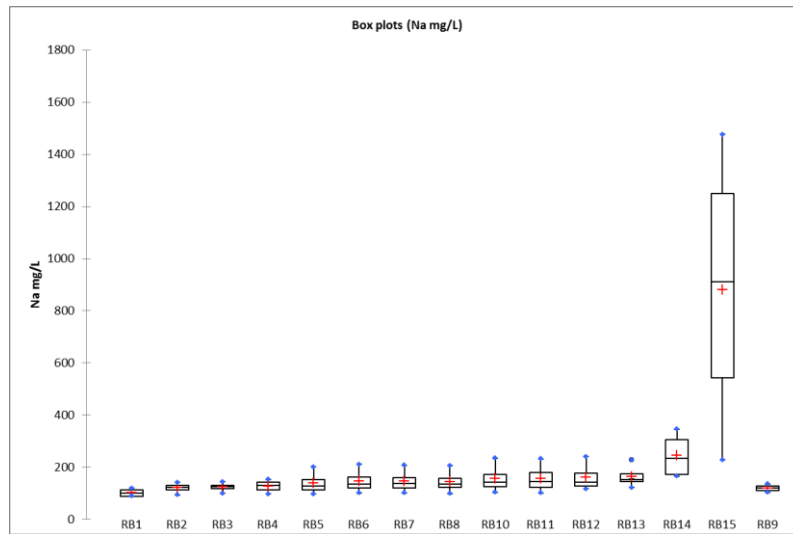
Los compuestos del calcio son estables en agua cuando el dióxido de carbono está presente, sin embargo, concentraciones de calcio pueden disminuir cuando el carbonato de calcio precipita debido al aumento en la temperatura del agua.

El calcio es un elemento esencial para todos los organismos y se incorpora a la concha de muchos invertebrados acuáticos, así como a los huesos de los vertebrados. Las concentraciones de calcio en aguas naturales se encuentran en un intervalo de <15 mg/L. Para las aguas asociadas a rocas ricas en carbonatos, las concentraciones pueden llegar desde 30 hasta 100 mg/L, mientras que las aguas salinas tienen concentraciones de varios cientos de miligramos por litro o más.

El magnesio surge principalmente de la erosión de las rocas que contienen minerales de ferromagnesio y de algunas rocas carbonatadas. El magnesio se produce en muchos compuestos organometálicos y en materia orgánica, ya que es un elemento esencial para los organismos vivos.

Concentraciones naturales de magnesio en aguas superficiales pueden variar de 1 a > 100 mg/L, dependiendo de los tipos de roca presentes en la cuenca. Aunque el magnesio se utiliza en muchos procesos industriales, estos contribuyen relativamente poco al magnesio total en las aguas superficiales (Chapman, 1996).

En el Bajo río Bravo, los iones mayores como el sodio, calcio y magnesio se presentan en la figura 187, 188 y 189.



**Figura 187. Concentraciones de sodio, en el río Bravo.**

Las concentraciones promedio del sodio ( $\text{Na}^+$ ) en el río oscilaron de  $101.85 \pm 15.68$  mg/L en RB1, hasta  $881.05 \pm 553.9$  mg/L en RB15, el incremento del sodio aguas abajo de la presa Internacional Falcón hasta la desembocadura con el mar, se ve influenciado por efectos de entrada de agua marina. A lo largo del cauce del río Bravo y en especial en donde se utiliza como fuente de abastecimiento el criterio de la OMS para dicho uso se cumple a lo largo del río.

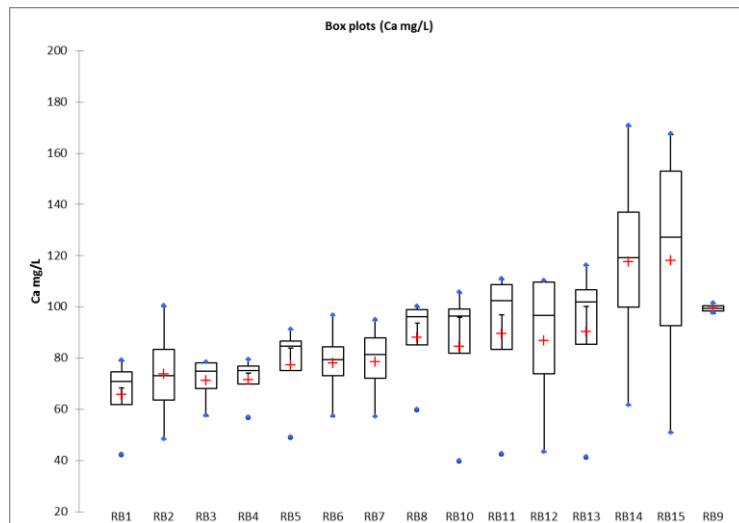
En la tabla 77 se presentan los datos de la estadística para el sodio.

**Tabla 78. Estadística descriptiva de los datos de sodio (Na+) en río.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	88.485	119.600	88.736	99.660	112.775	101.851	246.096	15.687
RB2	4	93.840	141.500	113.648	123.066	129.786	120.368	393.568	19.839
RB3	4	99.174	143.647	116.931	124.075	129.887	122.743	333.008	18.249
RB4	4	97.254	152.321	113.826	129.825	143.305	127.306	587.005	24.228
RB5	4	97.178	200.600	113.620	126.904	151.180	137.896	1984.402	44.547
RB6	4	101.587	210.500	120.459	135.617	160.988	145.830	2168.503	46.567
RB7	4	100.458	207.000	121.265	136.685	160.627	145.207	2036.696	45.130
RB8	4	98.810	206.600	122.390	135.693	157.502	144.199	2052.668	45.306
RB9	2	102.918	135.400	111.039	119.159	127.280	119.159	527.540	22.968
RB10	4	103.671	234.200	126.155	141.711	170.879	155.323	3130.014	55.947
RB11	4	101.361	232.200	122.690	145.835	179.452	156.308	3170.789	56.310
RB12	4	116.898	240.900	127.062	142.812	176.606	160.856	3098.719	55.666
RB13	4	121.868	227.400	144.194	153.493	173.363	164.064	2007.447	44.805
RB14	4	164.990	345.950	171.494	232.881	305.563	244.176	7965.768	89.251
RB15	4	227.676	1476.000	542.586	910.278	1248.750	881.058	306872.446	553.961

Si consideramos los resultados presentados en la figura 174, el sodio no sería considerado apto para la vida acuática en el río Bravo tomando en cuenta la concentración máxima permitida de Rusia que es de 120 mg/L a partir del sitio RB2 hasta la desembocadura.

Por lo que respecta al calcio (Ca<sup>2+</sup>), la concentración promedio mínima fue de 65.74 ±16.207 mg/L en RB1 hasta 118.20 ±51.65 mg/L en RB15, presentándose el mismo comportamiento del calcio en el río incrementando desde RB1 hasta RB15.



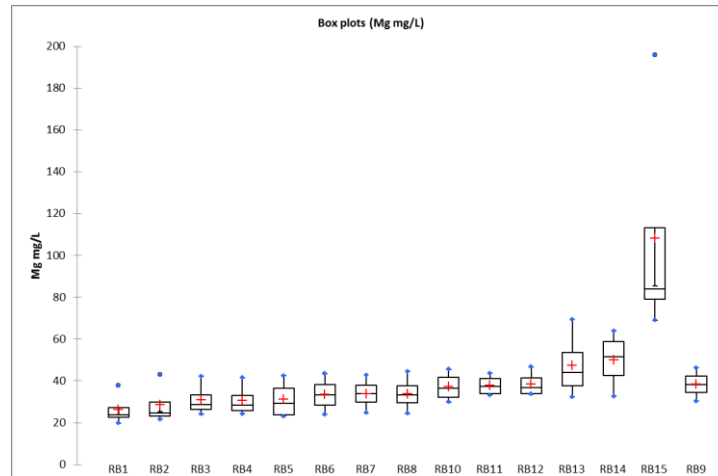
**Figura 188. Concentraciones de calcio en el río Bravo.**

En la tabla 78 se presentan los datos estadísticos del calcio en el río.



**Tabla 79. Estadística descriptiva de los datos de calcio (Ca<sup>2+</sup>) en río.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	42.336	79.000	61.809	70.825	74.763	65.747	262.680	16.207
RB2	4	48.251	100.250	63.700	73.240	83.285	73.745	463.838	21.537
RB3	4	57.409	78.150	68.109	74.838	78.038	71.309	94.971	9.745
RB4	4	56.667	79.350	69.836	75.113	76.838	71.561	103.100	10.154
RB5	4	48.865	91.100	75.216	84.565	86.623	77.274	368.395	19.194
RB6	4	57.133	96.550	73.158	79.375	84.325	78.108	261.600	16.174
RB7	4	57.112	94.675	72.028	81.400	88.019	78.647	258.177	16.068
RB8	4	59.720	100.000	85.190	96.128	98.931	87.994	362.617	19.043
RB9	2	97.500	101.400	98.475	99.450	100.425	99.450	7.605	2.758
RB10	4	39.813	105.450	81.901	96.465	99.113	84.548	907.572	30.126
RB11	4	42.357	110.780	83.339	102.475	108.658	89.522	1023.984	32.000
RB12	4	43.333	109.950	73.833	96.725	109.575	86.683	982.037	31.337
RB13	4	41.255	116.150	85.501	101.815	106.573	90.259	1114.572	33.385
RB14	4	61.606	170.600	99.964	119.200	136.888	117.652	2010.881	44.843
RB15	4	50.752	167.400	92.563	127.325	152.963	118.201	2667.922	51.652



**Figura 189. Concentraciones magnesio en el río Bravo.**

La concentración promedio de magnesio tuvo el mismo comportamiento que el sodio y calcio incrementándose hacia la desembocadura del río y presentándose el mínimo en RB1 con  $26.23 \pm 7.89$  mg/L y el máximo en RB15 con  $108.22 \pm 58.95$  mg/L.

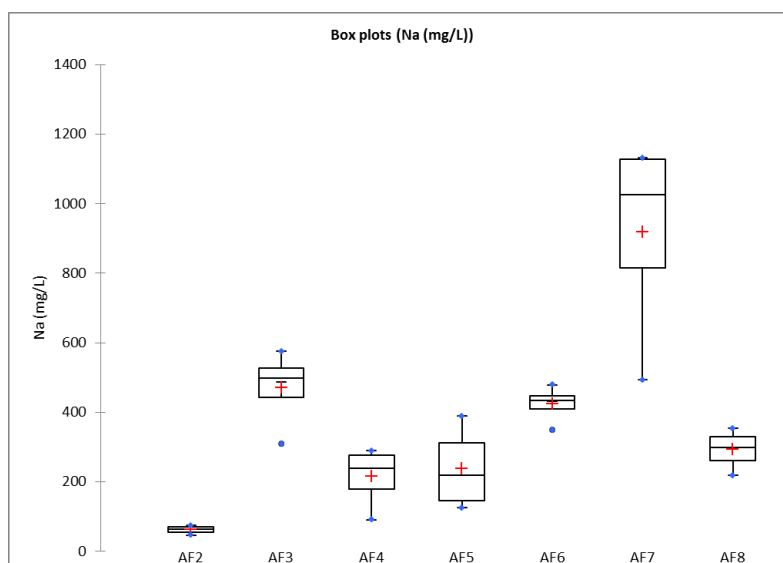
En la tabla 79 se presentan los datos estadísticos del magnesio

**Tabla 80. Estadística descriptiva de los datos de magnesio (Mg<sup>2+</sup>) en río.**

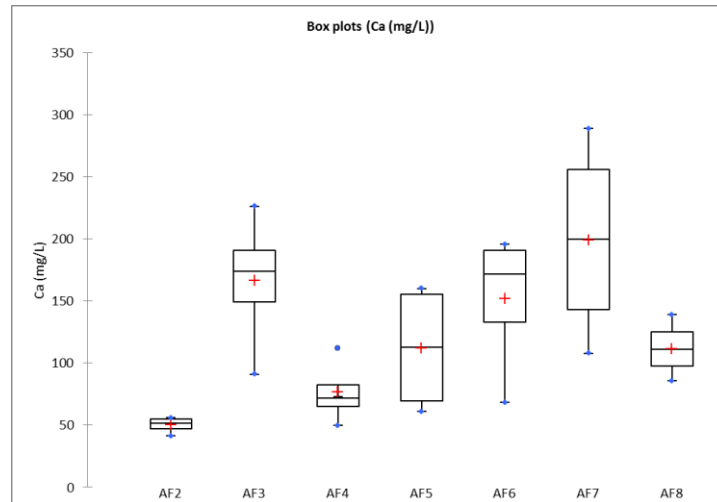
Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	19.773	37.750	22.591	23.715	27.363	26.238	62.374	7.898
RB2	4	21.725	43.000	23.229	24.530	29.748	28.446	96.314	9.814
RB3	4	24.150	42.250	26.400	28.820	33.430	31.010	62.856	7.928
RB4	4	24.230	41.500	25.918	28.410	33.129	30.637	58.808	7.669
RB5	4	23.150	42.500	23.825	29.325	36.575	31.075	85.038	9.222
RB6	4	24.000	43.500	28.552	33.235	38.175	33.492	70.144	8.375
RB7	4	24.700	42.750	29.754	33.940	38.018	33.832	58.484	7.647
RB8	4	24.400	44.500	29.458	33.352	37.795	33.901	70.987	8.425
RB9	2	30.380	46.250	34.348	38.315	42.283	38.315	125.928	11.222
RB10	4	29.930	45.500	32.039	36.646	41.788	37.181	50.946	7.138
RB11	4	33.300	43.750	33.982	37.280	41.200	37.902	25.003	5.000
RB12	4	33.637	46.750	33.947	36.825	41.388	38.509	37.574	6.130
RB13	4	32.349	69.380	37.675	43.975	53.720	47.420	258.021	16.063
RB14	4	32.642	63.980	42.661	51.500	58.745	49.906	187.235	13.683
RB15	4	69.000	196.000	79.003	83.944	113.163	108.222	3475.798	58.956

En los afluentes las concentraciones promedio del sodio, estuvieron en  $61.578 \pm 12.26$  mg/L hasta  $918.82 \pm 300.07$  mg/L (Figura 190). El calcio en promedio se presentó de  $50.24 \pm 6.63$  mg/L hasta  $199.10 \pm 82.70$  mg/L (Figura 191); mientras que la concentración promedio de magnesio fue de  $14.49 \pm 2.048$  mg/L hasta  $84.43 \pm 35.31$  mg/L (Figura 192). En todos los casos el mínimo valor se presentó a AF2 (río Álamo) y el máximo en AF7 (Dren Morillo).

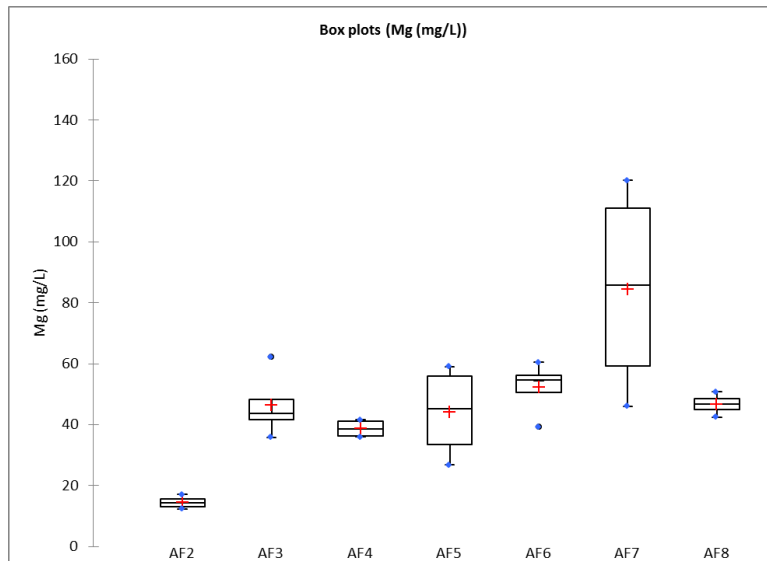
En las tablas 80, 81 y 82 se presentan las estadísticas descriptivas para los tres elementos.



**Figura 190. Sodio en afluentes.**



**Figura 191. Calcio en afluentes.**



**Figura 192. Magnesio en afluentes.**

**Tabla 81. Estadística descriptiva de los datos de sodio (Na+) en afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	46.389	74.620	54.918	62.651	69.310	61.578	150.305	12.260
AF3	4	309.800	574.828	442.855	499.204	527.107	470.759	12881.389	113.496
AF4	4	91.004	289.463	178.076	239.800	276.741	215.017	8096.135	89.979
AF5	4	125.600	388.850	145.641	219.187	311.752	238.206	15013.098	122.528
AF6	4	348.048	479.000	410.037	433.990	447.710	423.757	3004.906	54.817
AF7	4	493.300	1132.000	815.079	1024.994	1128.737	918.822	90044.970	300.075
AF8	4	217.906	354.100	261.214	298.858	330.074	292.430	3505.606	59.208

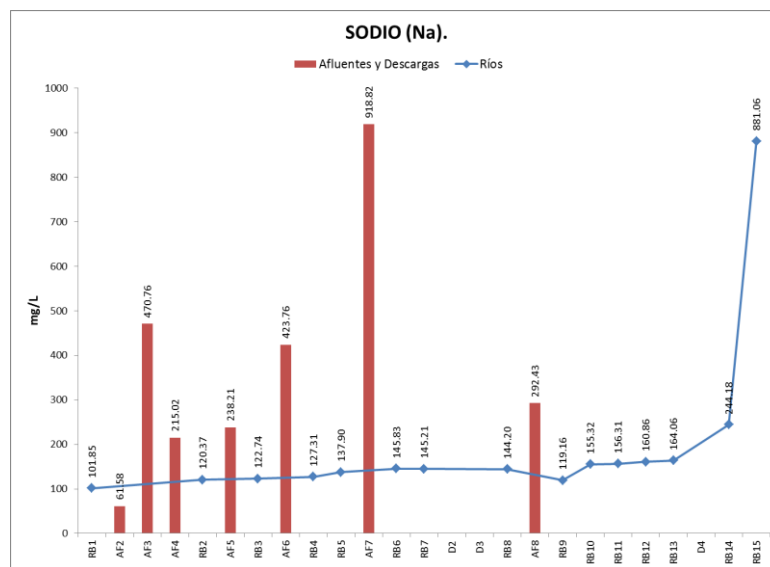
**Tabla 82. Estadística descriptiva de los datos de calcio (Ca2+) en afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	41.361	55.850	47.090	51.875	55.025	50.240	44.062	6.638
AF3	4	91.032	226.250	149.133	173.875	191.000	166.258	3143.937	56.071
AF4	4	49.862	112.200	65.153	71.585	82.740	76.308	678.601	26.050
AF5	4	60.992	160.130	69.417	112.988	155.345	111.774	2747.741	52.419
AF6	4	68.153	195.600	133.198	171.940	190.650	151.908	3436.180	58.619
AF7	4	107.780	288.900	142.820	199.875	256.163	199.108	6840.788	82.709
AF8	4	85.605	138.950	97.526	111.000	125.113	111.639	534.992	23.130

**Tabla 83. Estadística descriptiva de los datos de magnesio (Mg2+) en afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	12.350	17.000	13.150	14.323	15.673	14.499	4.193	2.048
AF3	4	35.835	62.250	41.696	43.675	48.338	46.359	125.896	11.220
AF4	4	36.000	41.600	36.225	38.589	41.058	38.694	8.733	2.955
AF5	4	26.750	59.100	33.547	45.282	55.838	44.103	236.040	15.364
AF6	4	39.228	60.500	50.682	54.700	56.300	52.282	83.239	9.124
AF7	4	46.001	120.130	59.200	85.800	111.033	84.433	1246.904	35.312
AF8	4	42.446	50.780	44.924	46.775	48.545	46.694	12.285	3.505

Siendo el sodio el principal elemento que tanto en el agua para consumo humano como para riego puede ser limitante para su uso por las concentraciones que la OMS recomienda principalmente para agua potable (200 mg/L), en las figuras 193, 194 y 195 se presenta los valores registrados en el río y los afluentes, observándose que el aporte de los afluentes es significativamente alto con respecto a las concentraciones del río.



**Figura 193. Comportamiento promedio del sodio (Na) en el río Bravo.**

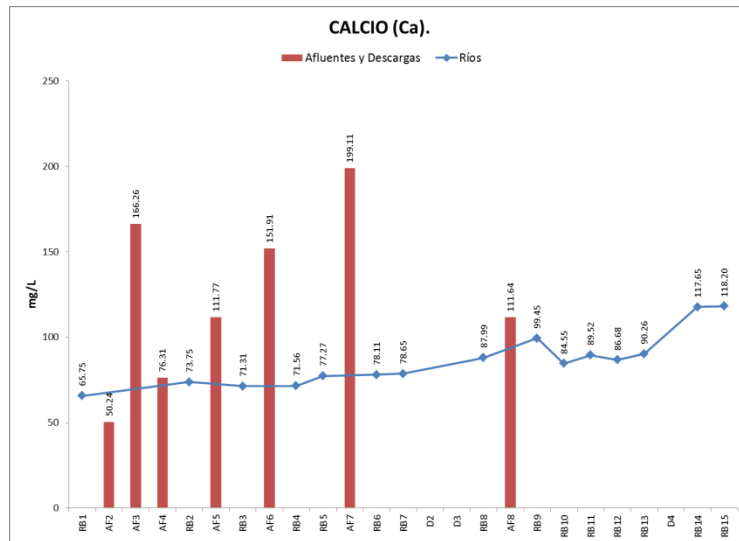


Figura 194. Comportamiento promedio del calcio (Ca<sup>2+</sup>) en el río Bravo.

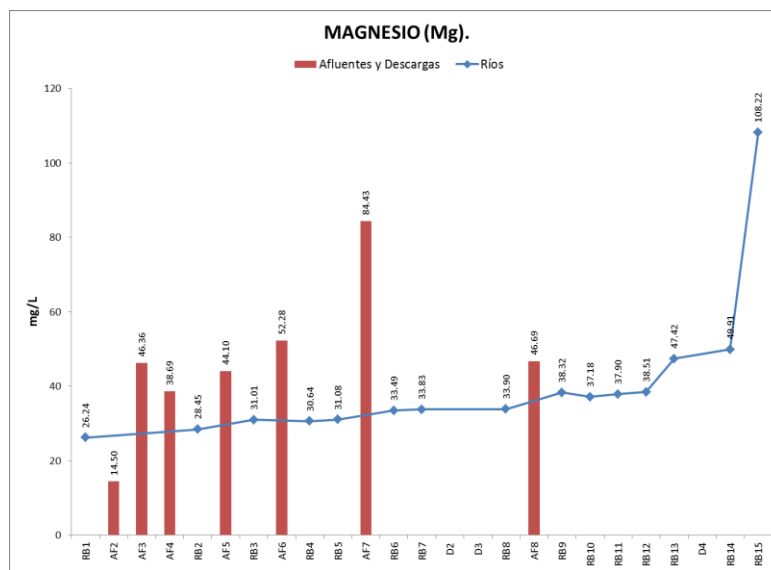


Figura 195. Comportamiento promedio del magnesio (Mg<sup>2+</sup>) en el río Bravo.

Los principales drenes y afluentes que se incorporan al río Bravo son los aportadores de sodio, calcio y magnesio al sistema, a excepción de afluente AF2 que corresponde al río Álamo que en todos los casos fue el que presentó concentraciones menores al río Bravo.

En la zona de estudio se encuentran dos Distritos de Riego DR025 y DR026, los cuales utilizan el agua del río Bravo principalmente para el riego de sus cultivos. Como se indicó anteriormente uno de los iones que más favorece la degradación del suelo es el sodio que sustituye al calcio en los suelos de zonas áridas.

La sustitución da lugar a una dispersión de los agregados y a una pérdida de la estructura, por lo que el suelo pierde rápidamente su permeabilidad. Si en un agua predomina el ion sodio, inducirá cambios de calcio y magnesio por sodio en el suelo, lo que podría llevar a la degradación de éste, con la consiguiente pérdida de estructura y permeabilidad. <http://mie.esab.upc.es/arr/T24E.htm>

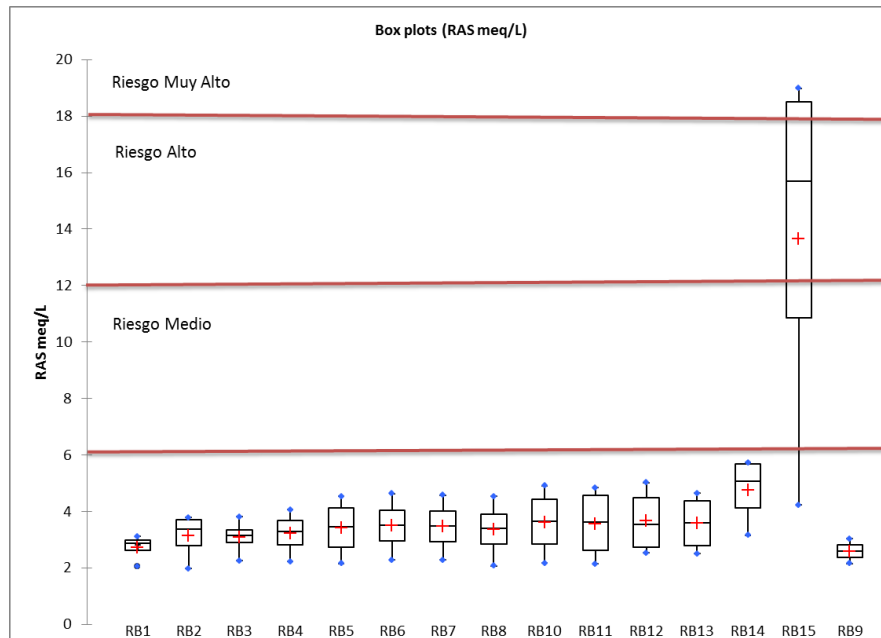
Altos niveles de la Relación de Absorción de Sodio (RAS), podrían resultar en un daño de la estructura del suelo y en problemas de infiltración de agua. El suelo se vuelve duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración de agua y aire. <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/irrigation-water-quality>

Se considera el riesgo de sodicidad en los suelos de acuerdo a la tabla 83

**Tabla 84. Riesgo de sodicidad en los suelos por el riego**

RAS	Riesgo
0 - 6	Bajo
6 - 12	Medio
12 - 18	Alto
Más de 18	Muy Alto

En la figura 196 se presentan los resultados de la Relación de Absorción de Sodio (RAS) del agua del río Bravo, la cual es utilizada para el riego de los cultivos de los Distritos de Riego 025 y 026.



**Figura 196. Relación de Absorción de Sodio (RAS) en el río Bravo.**

Considerando la tabla 83, el agua del río Bravo tiene un bajo riesgo de sodio, ya que los valores del RAS son menores de 6. Los valores promedio del RAS en el sitio RB15, es el que tiene el riesgo alto de que, si se usa el agua para riego agrícola, presente sodicidad en los suelos.

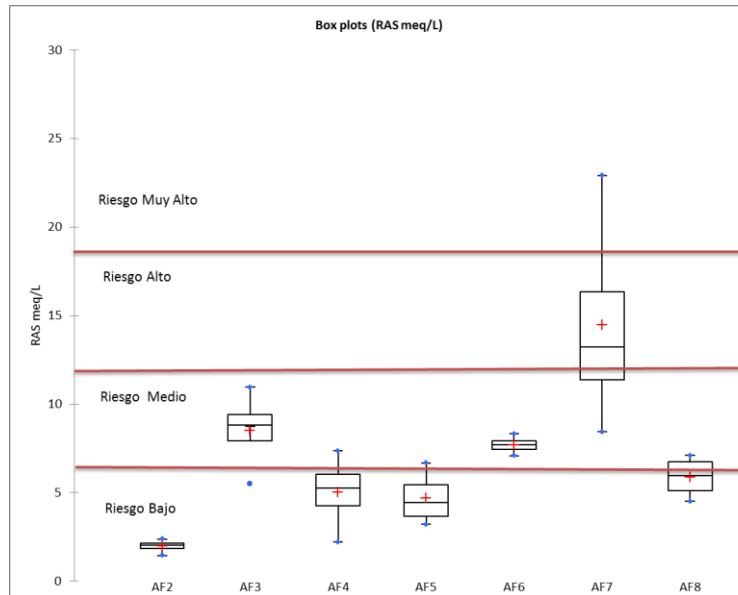
En la tabla 84 se presentan los datos estadísticos.

**Tabla 85. Estadística descriptiva de los datos de Relación de Absorción de Sodio (RAS) en el río Bravo.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	2.058	3.110	2.626	2.872	2.975	2.728	0.214	0.463
RB2	4	1.975	3.780	2.792	3.382	3.720	3.130	0.695	0.834
RB3	4	2.247	3.812	2.898	3.157	3.353	3.093	0.415	0.644
RB4	4	2.228	4.061	2.814	3.284	3.685	3.215	0.617	0.785
RB5	4	2.156	4.540	2.741	3.456	4.117	3.402	1.132	1.064
RB6	4	2.282	4.630	2.962	3.520	4.046	3.488	0.993	0.997
RB7	4	2.278	4.580	2.923	3.484	4.017	3.457	0.964	0.982
RB8	4	2.066	4.540	2.841	3.394	3.901	3.348	1.080	1.039
RB9	2	2.150	3.029	2.370	2.590	2.809	2.590	0.387	0.622
RB10	4	2.177	4.910	2.834	3.656	4.421	3.600	1.491	1.221
RB11	4	2.146	4.840	2.619	3.631	4.574	3.562	1.702	1.305
RB12	4	2.536	5.020	2.725	3.543	4.479	3.661	1.427	1.195
RB13	4	2.500	4.650	2.799	3.596	4.382	3.585	1.095	1.046
RB14	4	3.160	5.733	4.128	5.061	5.686	4.754	1.477	1.215
RB15	4	4.224	18.990	10.849	15.703	18.510	13.655	46.602	6.827

Por lo que respecta a la calidad del agua para riego de los afluentes, se presenta en la figura 197 los resultados promedio del RAS, observándose que los de riesgo mediano son los afluentes AF3 y AF6, Dren Rancherías y Dren Huizache respectivamente; mientras que el de riesgo alto a causar sodicidad en los suelos es AF7, Dren Morillo por presentar concentraciones de sodio elevadas.

En la tabla 85 se presentan los datos estadísticos para los afluentes.



**Figura 197. Relación de Absorción de Sodio (RAS) en afluentes.**

**Tabla 86. Estadística descriptiva de los datos de Relación de Absorción de Sodio (RAS) en afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	1.455	2.370	1.861	2.032	2.143	1.972	0.145	0.381
AF3	4	5.501	10.950	7.922	8.804	9.397	8.515	5.063	2.250
AF4	4	2.201	7.361	4.263	5.265	6.026	5.023	4.581	2.140
AF5	4	3.210	6.672	3.674	4.435	5.450	4.688	2.328	1.526
AF6	4	7.086	8.316	7.450	7.690	7.936	7.696	0.262	0.511
AF7	4	8.435	22.915	11.367	13.237	16.326	14.456	37.458	6.120
AF8	4	4.511	7.110	5.111	5.961	6.735	5.886	1.414	1.189

#### 4.5.15. Boro

El boro es un componente natural de las aguas dulces derivado de la erosión de las rocas, lixiviación del suelo, la acción volcánica y otros procesos naturales. Las aguas residuales de la industria y municipal también contribuyen con boro en las aguas superficiales. Además, la escorrentía agrícola puede contener boro, especialmente en las zonas donde se utiliza para mejorar el rendimiento de los cultivos o como pesticida. El ácido bórico, que no se disocia fácilmente, es la especie predominante en aguas dulces.

A pesar de su presencia generalizada, el boro está en aguas naturales en concentraciones bajas. El promedio de las concentraciones en aguas superficiales no excede de 0.1 mg/L y sólo llega a 1.5-3 mg/L en algunas áreas. Concentraciones mayores de boro (hasta 48 mg/L) se encuentran en algunas aguas minerales, que a veces se utilizan para bañarse con especial relación con la salud, pero no como agua potable. Concentraciones máximas permitida de boro en agua utilizada para consumo humano establecida por la OMS y Rusia es de 0.3 mg/L, Canadá es de 5.0 mg/L y un valor guía de la Unión Europea es de 1.0 mg/L. Concentraciones recomendadas de boro en las aguas utilizadas para riego varían de 0,5 mg/L para los cultivos sensibles a 6 mg/L para el riego a corto plazo para cultivos tolerantes (Chapman, op. cit.).

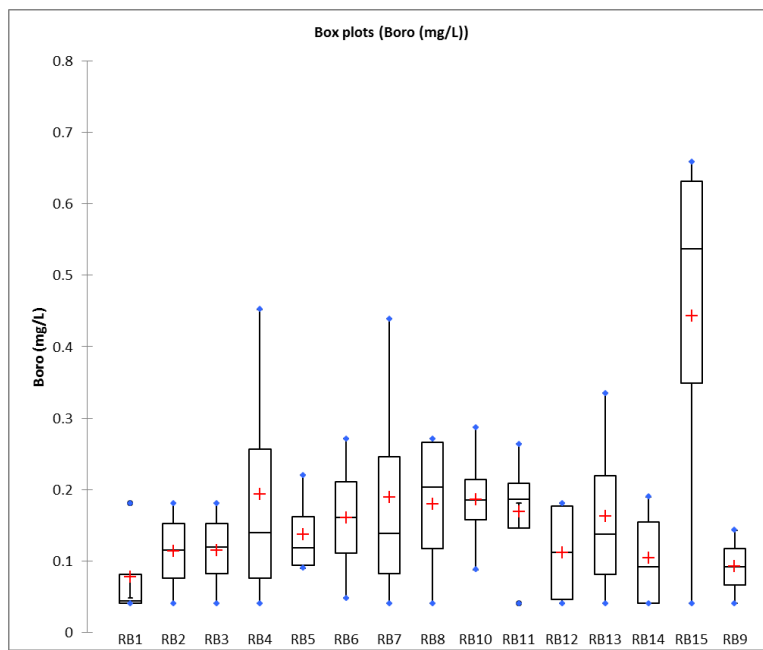


Las concentraciones de boro menores de 1 mg/L son esenciales para el desarrollo de la planta, mientras que altas concentraciones pueden ser tóxicas para el desarrollo de los cultivos (>2 mg/l). La mayor fuente de boro antropogénico son los efluentes domésticos, debido al uso de productos como el perborato como agente blanqueador (Pérez, 2011).

El lineamiento para el Uso 1 como fuente de abastecimiento de Conagua es de 1.0 mg/L y para el Uso 3 protección de vida acuática no especifica un criterio.

En el río Bravo se presentaron concentraciones promedio de  $0.078 \pm 0.069$  mg/L en el sitio de RB1 hasta  $0.444 \pm 0.283$  mg/L en el sitio RB15, el cual se encuentra influenciado por la entrada de agua marina, por lo que se considera apta para su uso como fuente de abastecimiento (Figura 198).

En la tabla 86 se presentan los datos estadísticos



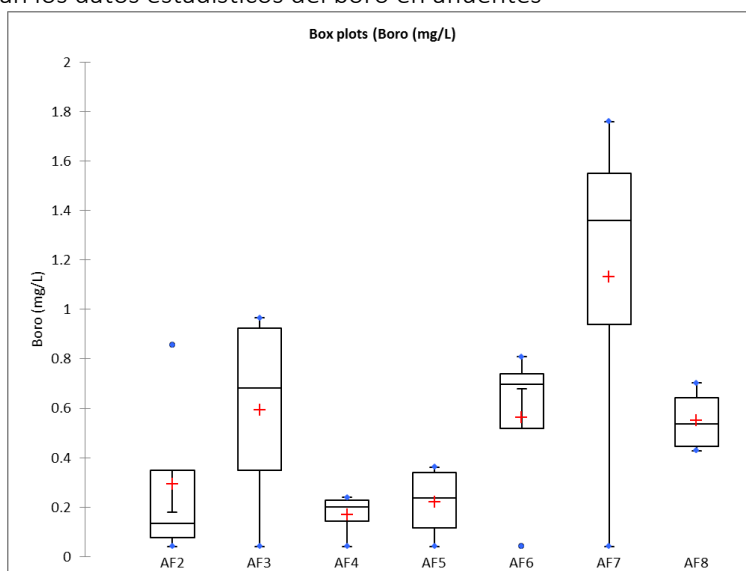
**Figura 198. Boro en el río Bravo**

**Tabla 87. Estadística descriptiva de los datos de boro en río.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	0.041	0.181	0.041	0.045	0.081	0.078	0.005	0.069
RB2	4	0.041	0.181	0.076	0.116	0.153	0.113	0.004	0.061
RB3	4	0.041	0.181	0.082	0.120	0.153	0.115	0.004	0.060
RB4	4	0.041	0.452	0.076	0.140	0.256	0.193	0.034	0.184
RB5	4	0.090	0.220	0.094	0.119	0.162	0.137	0.004	0.060
RB6	4	0.048	0.271	0.111	0.162	0.211	0.161	0.009	0.094
RB7	4	0.041	0.439	0.082	0.139	0.246	0.189	0.031	0.176
RB8	4	0.041	0.271	0.118	0.204	0.266	0.180	0.012	0.110
RB9	2	0.041	0.143	0.067	0.092	0.118	0.092	0.005	0.072
RB10	4	0.088	0.287	0.158	0.186	0.214	0.187	0.007	0.081
RB11	4	0.041	0.264	0.146	0.186	0.209	0.169	0.009	0.093
RB12	4	0.041	0.181	0.046	0.112	0.177	0.112	0.006	0.077
RB13	4	0.041	0.335	0.082	0.138	0.220	0.163	0.016	0.128
RB14	4	0.041	0.190	0.041	0.092	0.155	0.104	0.006	0.075
RB15	4	0.041	0.659	0.349	0.537	0.631	0.444	0.080	0.283

En los afluentes la concentración promedio de Boro se presentó de 0.22 ±0.154 mg/L en AF5 Dren Puertecitos hasta 1.13 ± 0.757mg/L en AF7 Dren El Morillo (Figura 199).

En la tabla 87 se presentan los datos estadísticos del boro en afluentes



**Figura 199. Boro en afluentes**

**Tabla 88. Estadística descriptiva de los datos de boro en afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	0.041	0.857	0.076	0.135	0.350	0.292	0.145	0.381
AF3	4	0.041	0.966	0.349	0.681	0.923	0.592	0.188	0.433
AF4	4	0.041	0.239	0.142	0.201	0.229	0.171	0.008	0.091
AF5	4	0.041	0.362	0.118	0.238	0.340	0.220	0.024	0.154
AF6	4	0.041	0.809	0.519	0.698	0.740	0.561	0.123	0.351
AF7	4	0.041	1.760	0.940	1.360	1.550	1.130	0.572	0.757
AF8	4	0.428	0.702	0.446	0.537	0.642	0.551	0.018	0.133

#### 4.5.16. Metales pesados

La capacidad de un cuerpo de agua para mantener la vida acuática, así como su idoneidad para otros usos, depende de muchos elementos traza. Algunos metales, como el Mn, Zn y Cu, cuando están presentes en concentraciones traza son importantes para las funciones fisiológicas de los tejidos vivos y regula muchos procesos bioquímicos. Los mismos metales, sin embargo, si se descargan en aguas naturales en concentraciones elevadas aportadas por aguas residuales, efluentes industriales o de las operaciones mineras pueden tener efectos toxicológicos severos en los seres humanos y en la fauna y flora del ecosistema acuático.

La contaminación del agua por metales pesados como consecuencia de las actividades humanas está causando graves problemas ecológicos en muchas partes del mundo. Esta situación se ve agravada por la falta de procesos de eliminación naturales para metales. Como resultado, los metales cambian de un compartimento dentro del medio acuático a otro, incluida la biota, el sedimento o en la columna de agua, a menudo con efectos negativos. La acumulación de los metales en la biota se produce a través de la transferencia en la cadena alimenticia, existiendo un riesgo toxicológico cada vez mayor para los seres humanos.

Como resultado de la adsorción y la acumulación, la concentración de metales en los sedimentos del fondo es mucho mayor que en la columna de agua, causando problemas de contaminación secundarios al resuspenderse e incorporarse de nuevo a la columna de agua.

Generalmente, las cantidades de metales trazas están siempre presentes en aguas superficiales por la erosión de las rocas y suelos. En los países desarrollados y en desarrollo las descargas de aguas residuales industriales y de la minería son las principales fuentes de metales en el ecosistema acuático (Chapman, 1996, WMO, 2013).

La evaluación de la contaminación por metales es un aspecto importante en muchos programas de evaluación de la calidad del agua, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos considera a ocho metales como altamente prioritarios para su evaluación que son: As, Cd, Cu, Cr, Pb, Hg, Ni y Zn; éstos mismos metales están incluidos en la norma oficial mexicana para evaluar las descargas de aguas residuales a cuerpo receptor (NOM-001-SEMARNAT-1996).

En el cauce del río Bravo se detectaron de los ocho metales analizados, sólo el arsénico que presentó concentraciones promedio de  $0.00198 \pm 0.00051$  mg/L en RB1 hasta  $0.00443 \pm 0.00114$  mg/L en RB15 (Figura 200).

En la figura 200 se presentan las concentraciones detectadas, observándose que el arsénico estuvo presente en todos los sitios en concentraciones por abajo de los lineamientos de calidad para uso como: fuente de abastecimiento de agua potable, riego agrícola y protección de vida acuática (0.05, 0.1, 0.2 mg/L respectivamente).

Los restantes metales (Cd, Cu, Cr, Pb, Hg, Ni y Zn) estuvieron por abajo del límite de detección del método.

En la tabla 88 se presentan los datos estadísticos

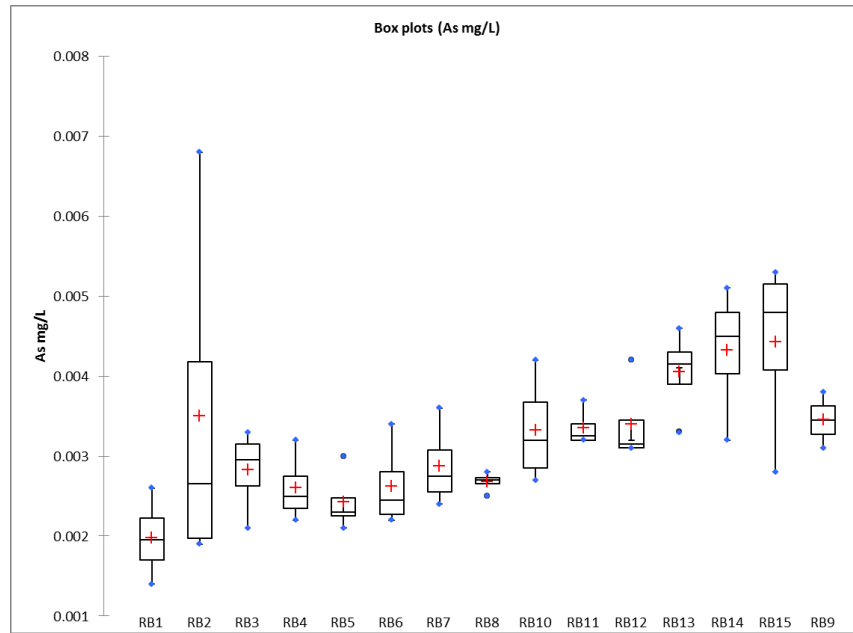


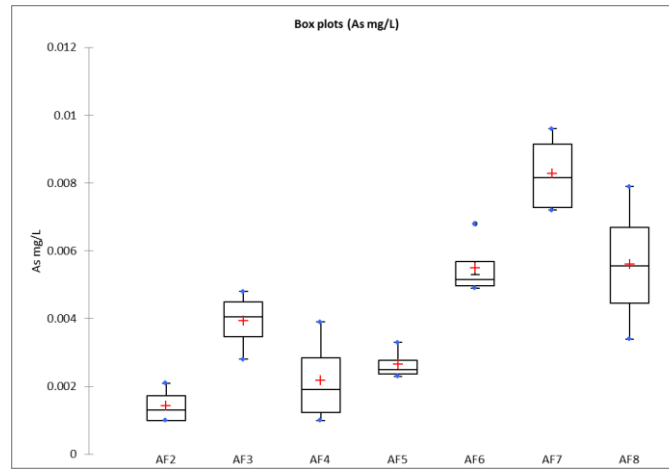
Figura 200. Arsénico en el río Bravo.

Tabla 89. Estadística descriptiva de los datos del arsénico en el río.

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
RB1	4	0.001	0.003	0.002	0.002	0.002	0.00198	2.5583E-07	0.00051
RB2	4	0.002	0.007	0.002	0.003	0.004	0.00350	5.2467E-06	0.00229
RB3	4	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.00283	2.7583E-07	0.00053
RB4	4	0.002	0.003	0.002	0.003	0.003	0.00260	1.8667E-07	0.00043
RB5	4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.00243	1.5583E-07	0.00039
RB6	4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.00263	2.9583E-07	0.00054
RB7	4	0.002	0.004	0.003	0.003	0.003	0.00288	2.7583E-07	0.00053
RB8	4	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.00268	1.5833E-08	0.00013
RB9	2	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004	0.00345	2.45E-07	0.00049
RB10	4	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004	0.00333	4.5583E-07	0.00068
RB11	4	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.00335	5.6667E-08	0.00024
RB12	4	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.00340	2.8667E-07	0.00054
RB13	4	0.003	0.005	0.004	0.004	0.004	0.00405	2.9667E-07	0.00054
RB14	4	0.003	0.005	0.004	0.005	0.005	0.00433	6.6917E-07	0.00082
RB15	4	0.003	0.005	0.004	0.005	0.005	0.00443	1.2892E-06	0.00114

En los afluentes al igual que en el río solo se detectó arsénico también en bajas concentraciones. El promedio oscilo de  $0.00143 \pm 0.00053$  mg/L en AF2 (río Álamo) hasta  $0.00828 \pm 0.00121$  mg/L en AF7 (Dren Morillo) (Figura 201), probablemente el arsénico sea aportado por el uso de los plaguicidas en la zona.

En la tabla 89 se presentan los datos estadísticos de los afluentes.



**Figura 201. Arsénico en afluentes.**

**Tabla 90. Estadística descriptiva de los datos del arsénico en afluentes.**

Estadístico	No. observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
AF2	4	0.00100	0.00210	0.00100	0.00130	0.00173	0.00143	2.825E-07	0.00053
AF3	4	0.00280	0.00480	0.00348	0.00405	0.00450	0.00393	7.69167E-07	0.00088
AF4	4	0.00100	0.00390	0.00123	0.00190	0.00285	0.00218	1.7425E-06	0.00132
AF5	4	0.00230	0.00330	0.00238	0.00250	0.00278	0.00265	2.03333E-07	0.00045
AF6	4	0.00490	0.00680	0.00498	0.00515	0.00568	0.00550	0.00000078	0.00088
AF7	4	0.00720	0.00960	0.00728	0.00815	0.00915	0.00828	1.4625E-06	0.00121
AF8	4	0.00340	0.00790	0.00445	0.00555	0.00670	0.00560	3.75333E-06	0.00194

Los restantes metales estuvieron por abajo del límite de detección del método.

Por lo que respecta a las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento, de los metales analizados, únicamente el zinc presentó concentraciones y en todos los casos estuvieron en bajas concentraciones, no sobrepasando el LMP de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 para cuerpo de agua Tipo B (Público Urbano) de 10 mg/L (Figura 202). Únicamente a la entrada de la planta de tratamiento de Ciudad Mier en el mes de marzo de 2015 se detectó una concentración de 17.55 mg/L, la cual en la salida fue < 0.1 mg/L.

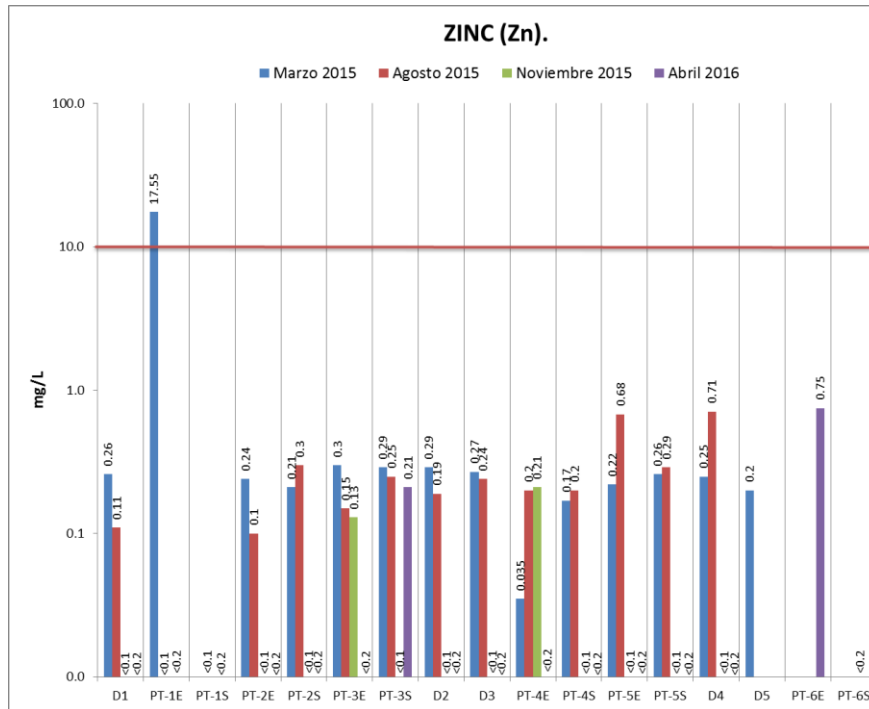


Figura 202. Zinc en descargas y plantas de tratamiento.

#### 4.5.17. Compuestos orgánicos

Muchos compuestos orgánicos individuales entran a los cuerpos de agua como resultado de las actividades humanas y tienen diferentes propiedades toxicológicas, químicas y físicas, por lo que el monitoreo individual de cada uno es costoso, y se hace necesario seleccionar contaminantes prioritarios basado en su prevalencia, toxicidad, y otras propiedades.

El aceite mineral, los productos del petróleo, fenoles, plaguicidas, bifenilos policlorados y surfactantes son un ejemplo de esta clase de compuestos (Chapman, 1996).

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (o polinucleares, HAP) constituyen también un grupo variado de compuestos orgánicos que contienen dos o más anillos aromáticos condensados, formados por átomos de carbono e hidrógeno, son considerados contaminantes orgánicos persistentes. La fuente principal de contaminación del agua de consumo con HAP suele ser el recubrimiento de alquitrán que se aplica a las tuberías del sistema de distribución de agua de consumo para protegerlas de la corrosión.

La Agencia para Sustancias Tóxicas y Riesgo de Enfermedades (ATSDR por sus siglas en inglés) cuenta con una ficha resumen de salud pública. Los HAP se forman de la incineración incompleta del carbón, petróleo, gas, madera, basura y el tabaco entre otros y se han encontrado más de 100 clases de diferentes HAP's. Algunos compuestos son utilizados en medicamentos, para producir tintas, plásticos y plaguicidas; otros se encuentran en el asfalto, el alquitrán o la brea, la creosota y el alquitrán utilizado en el recubrimiento de techos.

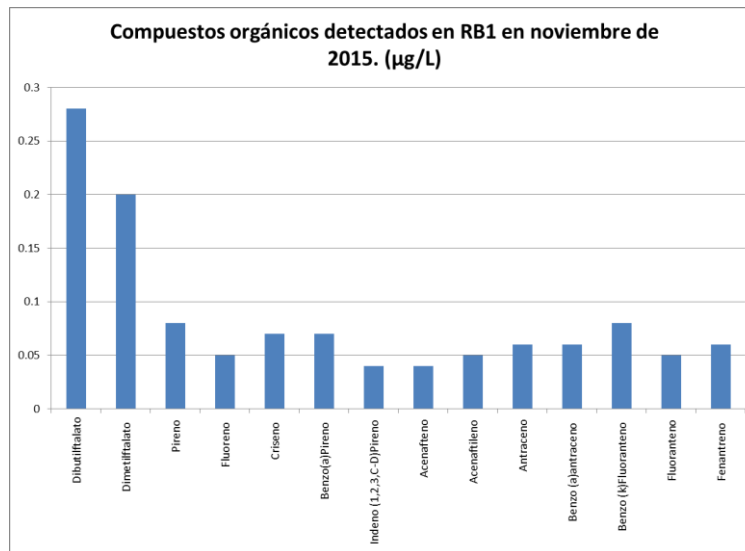
Solo de 17 HAP's se tiene más información disponible; se sospecha que son más dañinos que los otros y exhiben efectos nocivos que son representativos de los HAP's; y existe una mayor posibilidad de que los seres humanos

estén más expuesto a estos HAP's que a otros. De todos los HAP's analizados, los abajo enlistados fueron los identificados como los que tenían las mayores concentraciones presentes en sitios de desechos peligrosos en Estados Unidos.

Acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo[a]antraceno, benzo[a]pireno, benzo[e]pireno, benzo[b]fluoranteno, benzo[g,h,i]perileno, benzo[j]fluoranteno, benzo[k]fluoranteno, criseno, dibenzo[a,h]antraceno, fluoranteno, fluoreno, indeno[1,2,3-c,d]pireno, fenantreno, pireno (ATSDR, 1995; Ortiz-Salinas et. al, 2012).

En la Ley Federal de Derechos el lineamiento al conjunto de HAP's para el Uso 1 es de 0.0001 mg/L (0.1 µg/L) y para el Uso 3 no existe un lineamiento establecido.

En el Bajo Río Bravo en el mes de noviembre del 2015 en el sitio RB1 aguas abajo de la presa Internacional Falcón se detectaron cerca de 11 HAP's (Figura 203); si consideramos una sumatoria de dichos HAP's la concentración detectada en el sitio RB1, fue de 0.67 µg/L, la cual se encuentra por arriba del lineamiento para el Uso 1 (fuente de abastecimiento).



**Figura 203. Concentraciones detectadas de compuestos orgánicos, incluidos los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's) en el sitio RB1.**

De los HAP's detectados en el sitio, Acenafteno y Fluoranteno tienen lineamiento para el Uso 1 de 20 y 40 µg/L (0.02 y 0.04 mg/L respectivamente) y para el Uso 3 únicamente el primero cuenta con lineamiento de 20 µg/L (0.02 mg/L). Dichas concentraciones no fueron rebasadas para ambos usos por los compuestos orgánicos (Acenafteno y Fluoranteno), ya que presentaron concentraciones de 0.04 y 0.05 µg/L respectivamente.

El sitio RB1 se encuentra aguas abajo de la presa Internacional Falcón, uno de los efectos de represamiento es la generación de metano procedente de las llanuras inundables de la presa. El metano en el embalse se oxida durante su ascenso a lo largo de la columna de agua. La formación de metano en agua dulce trae aparejados subproductos de carbono (ácidos fenólico y húmico) que secuestran eficazmente el metano. La presa Internacional Falcón podría estar generando subproductos, así como, por las áreas agrícolas y el uso de plaguicidas que podrían aportar bajas concentraciones de HAP's, los cuales fueron detectados en noviembre.

Otros compuestos detectados en bajas concentraciones en RB1, fueron el Dibutilftalato (DBP) (0.28 µg/L) y Dimetilftalato (DMP) (0.20 µg/L), y solo el segundo cuenta con lineamiento para el Uso 1 y Uso 3 de 300 y 9.4 µg/L respectivamente (0.3 y 0.0094 mg/L respectivamente). Los ftalatos son aditivos muy utilizados en la producción de una serie de plásticos y otros materiales que se encuentran en muchos productos de consumo. Confieren a los plásticos como el PVC suavidad y flexibilidad. Al no estar químicamente unidos a los plásticos, pueden desprenderse de los productos de consumo.

En abril de 2016, los compuestos orgánicos se presentaron en nueve sitios del Bajo río Bravo (Figura 204).

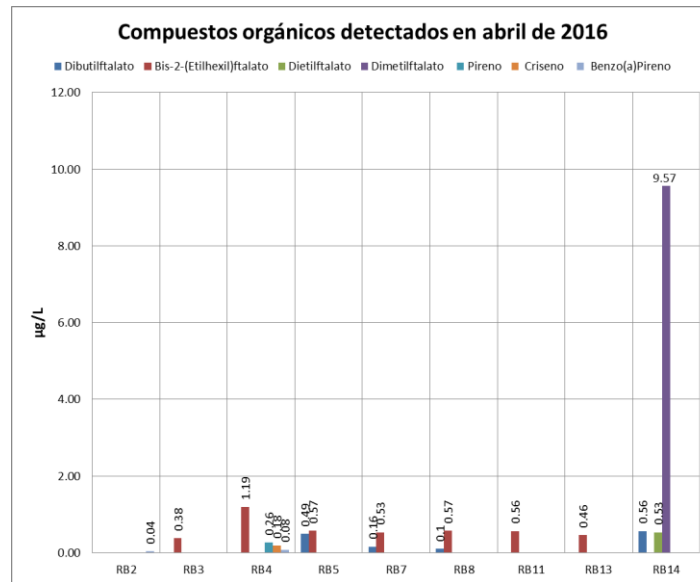


Figura 204. Compuestos orgánicos detectados en el río.

El compuesto que se detecta en varios sitios del río, es el Bis(2-etilhexil)ftalato (DEHP, por sus siglas en inglés) que es una sustancia utilizada principalmente como aditivo en los plásticos para hacerlos más flexibles. El lineamiento para el Uso 1 es de 32 µg/L (0.032 mg/L) y para el Uso 3 de 9.4 µg/L (0.0094 mg/L); en ambos casos no se sobrepasa el lineamiento. Niveles reportados de DEHP en ríos de Europa van desde concentraciones por debajo del límite de detección del método hasta 21 µg/L en áreas altamente industrializadas y urbanizadas.

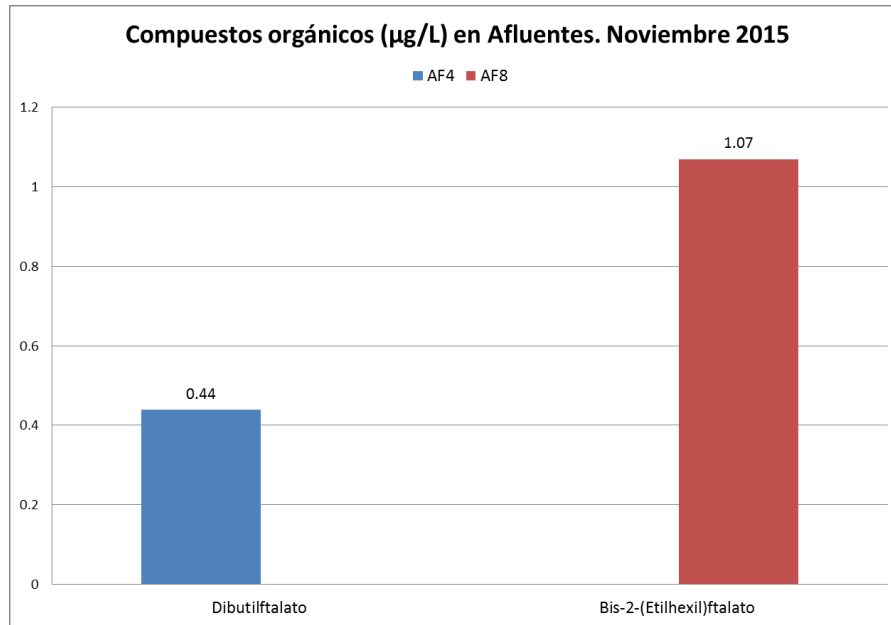
Su empleo generalizado en productos médicos y de uso cotidiano ha despertado cierta inquietud acerca de su seguridad. La liberación del producto en el ambiente ocurre durante su producción, transporte, almacenamiento y procesamiento del PVC como plastificante y como químico de herbicidas. Entra en el ambiente vía directa del aire, de aguas residuales, lodos de aguas residuales y de residuos sólidos (European Commission, 2008).

Datos experimentales en el reporte de la Comisión Europea sobre la degradación de la vida media del DEHP en aguas superficiales es de 50 días y de 300 días en sedimentos aeróbicos; por su coeficiente de partición octanol agua, log Kow de 7.5 que es fuertemente adsorbido a la materia orgánica, por lo que puede ser adsorbido en los lodos de plantas de tratamiento. También se ha encontrado que es bioacumulable en organismos acuáticos y un alto valor de Factor de Bio-concentración (BCF) se ha observado en peces de 840.

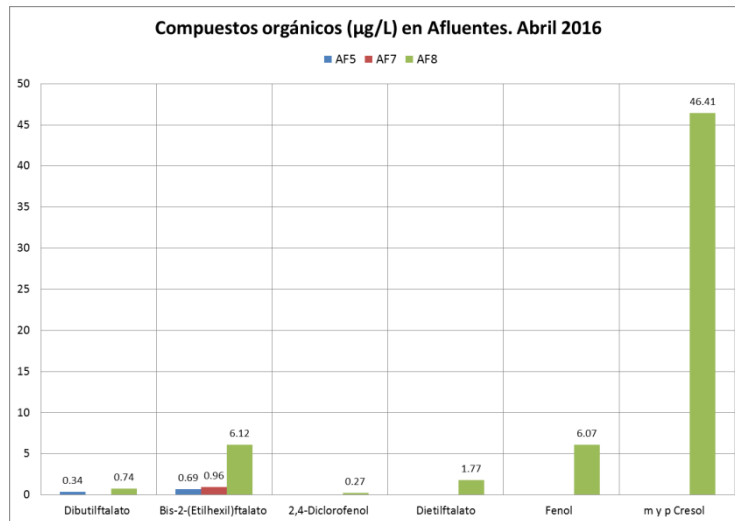
En estudios de diferentes plantas de tratamiento de Suecia, Dinamarca, Noruega y Alemania; detectaron concentraciones en el influente (agua sin tratar) en un intervalo de 4 a 250 µg/L; en el efluente (agua tratada) variaron de 0.07 a 28 µg/L, con una tasa de remoción entre el 90 - 99%.



En los Afluentes se detectaron también compuestos orgánicos principalmente en noviembre de 2015 y abril de 2016 en bajas concentraciones (Figuras 205 y 206).



**Figura 205. Compuestos orgánicos detectados en afluentes en noviembre de 2015.**



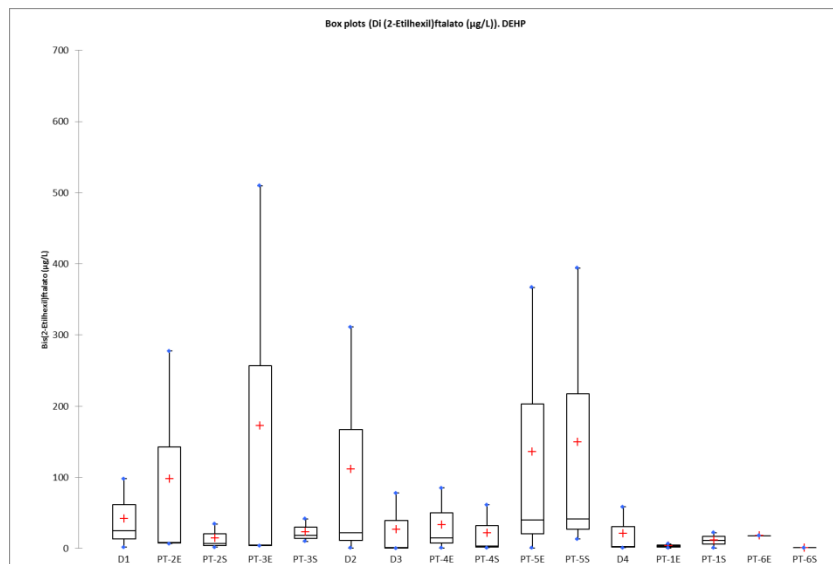
**Figura 206. Compuestos orgánicos detectados en afluentes en abril de 2016.**

Las concentraciones que se detectaron fueron bajas sin sobrepasar los lineamientos para los Usos 1 y 3; a excepción del fenol que para el Uso 1 es de 1 µg/L y se detectado en el afluente AF8 (El Anhel) 6.7 µg/L sobrepasando el valor recomendado. El m y p Cresol se detectó en el mismo afluente en una concentración alta de 46.41 µg/L; para éste compuesto no existe lineamiento.

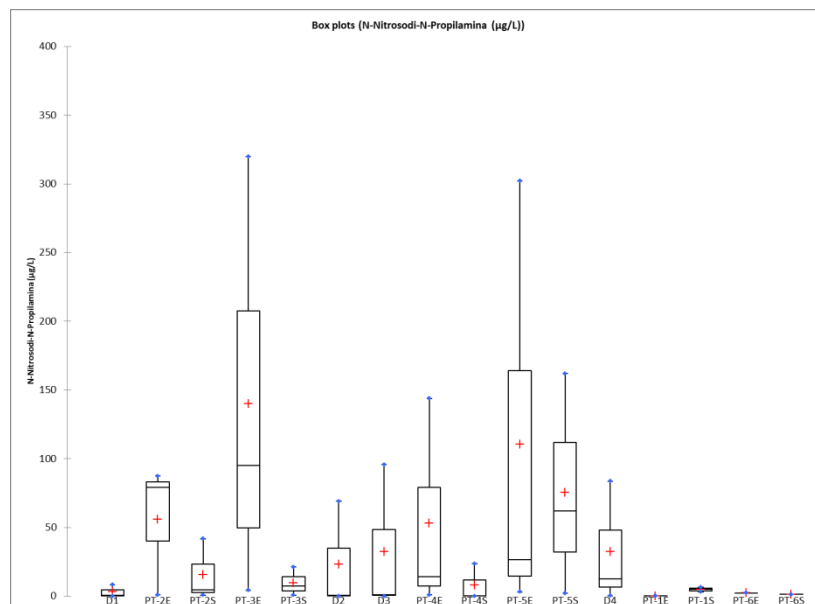
Las resinas fenólicas se usan principalmente en la producción de nylon y otras fibras sintéticas, así como también se usa el fenol en productos químicos para matar bacterias y hongos en el cieno, como desinfectante y antiséptico, y en preparaciones medicinales como enjuagues bucales y pastillas para el dolor de garganta (ATSDR, 2008).

Los cresoles se han detectado en aguas superficiales y en agua subterránea, pero generalmente en niveles bajos (1 microgramo por litro [ $\mu\text{g/L}$ ] o menos). Niveles más altos se han detectado donde han ocurrido derrames de petróleo, cerca de sitios de desechos peligrosos, en efluentes de industrias; se pueden encontrar en los productos de limpieza y desinfectantes domésticos (ATSDR, 2008). Lo anterior denota que el afluente AF8 (El Anhelito) puede estar recibiendo a través de la Laguna La Encantada, así como de la Planta de Tratamiento de Reynosa 1, aportaciones de fenol y cresol que pueden llegar al río Bravo, ya que las concentraciones detectadas sobrepasan el lineamiento para el Uso 1 del fenol y en cuanto al cresol  $1 \mu\text{g/L}$  que el ATSDR menciona.

En las descargas de aguas residuales evaluadas los dos compuestos orgánicos que fueron detectados en la mayoría de los sitios fueron el Bis(2-etilhexil)ftalato (DEHP) y N-Nitrosodi-N-Propilamina (Figuras 207 y 208).



**Figura 207. Bis(2-Etilhexil)Ftalato (DEHP) en las descargas de aguas residuales.**



**Figura 208. N-Nitrosodi-N-Propilamina en descargas de aguas residuales.**

El mínimo valor detectado de DEHP fue en la descarga de la planta de tratamiento de Matamoros con 1.249 µg/L en la salida (efluente), en dicha planta solo se pudo realizar un solo muestreo, ya que tenía problemas de operación. La concentración promedio máxima fue en la entrada de la planta de tratamiento de Camargo con 172.782 ±291.93 µg/L, lo que indica que los datos fueron muy variables.

Si tomamos en cuenta los resultados promedio de la salida de las plantas de tratamiento y las descargas que pueden llegar al cauce del río Bravo, con los lineamientos para el Uso 1 de 32 µg/L (0.032 mg/L) y para el Uso 3 de 9.4 µg/L (0.0094 mg/L), todos los sitios sobrepasan para el Uso 3 protección de vida acuática y para el Uso 1: D1, D2 y PT-5S (Planta de tratamiento Reynosa 2) (Tabla 90).

**Tabla 91. Estadística descriptiva de los datos de Bis(2-Etilhexil)Ftalato en descargas y plantas de tratamiento.**

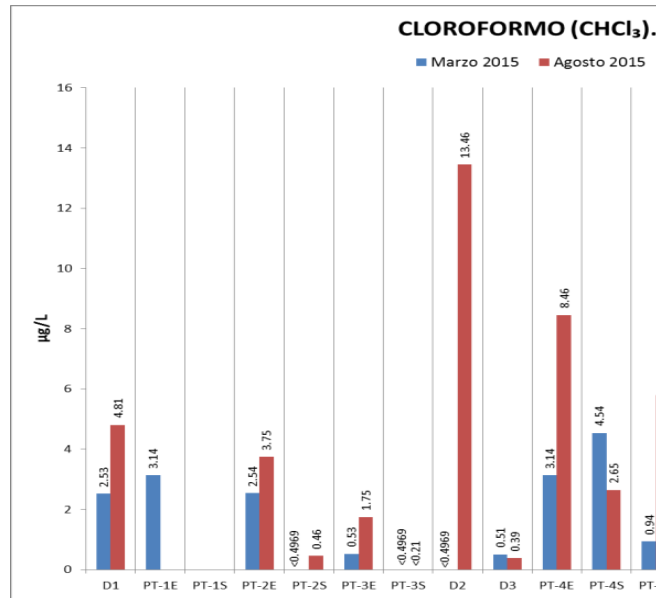
Estadístico	No. de observaciones	Mínimo	Máximo	1° Cuartil (25%)	Mediana	3° Cuartil (75%)	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
D1	3	1.933	98.187	13.435	24.937	61.562	41.685	2526.598	50.265
PT-2E	3	6.850	277.640	7.529	8.207	142.924	97.566	24320.571	155.951
PT-2S	3	1.769	34.518	4.539	7.308	20.913	14.532	307.254	17.529
PT-3E	3	3.879	509.881	4.233	4.586	257.234	172.782	85226.876	291.936
PT-3S	3	9.960	41.761	14.322	18.685	30.223	23.469	269.989	16.431
D2	3	0.930	311.401	11.710	22.490	166.945	111.607	30054.411	173.362
D3	3	0.275	77.912	0.848	1.420	39.666	26.536	1979.981	44.497
PT-4E	3	0.663	85.133	7.743	14.823	49.978	33.540	2046.517	45.238
PT-4S	3	1.185	61.566	2.252	3.319	32.443	22.023	1173.846	34.261
PT-5E	3	0.950	366.769	20.469	39.988	203.379	135.902	40355.576	200.887
PT-5S	3	13.307	394.001	27.367	41.427	217.714	149.578	45004.552	212.143
D4	3	0.993	58.431	1.919	2.845	30.638	20.756	1065.386	32.640
PT-1E	2	0.963	6.625	2.378	3.794	5.209	3.794	16.028	4.003
PT-1S	2	0.918	22.447	6.300	11.683	17.065	11.683	231.766	15.224
PT-6E	1	17.920	17.920	17.920	17.920	17.920	17.920		
PT-6S	1	1.249	1.249	1.249	1.249	1.249	1.249		

Por lo que respecta a N-Nitrosodi-N-Propilamina que se producen en pequeñas cantidades como reacciones secundarias durante ciertos procesos de fabricación, como contaminante en algunos herbicidas comúnmente disponibles (hechos en base de dinitroanilina) y durante la fabricación de ciertos productos de goma.

En las descargas y plantas de tratamiento se detectaron otros compuestos orgánicos como el cloroformo también conocido como triclorometano o tricloruro de metilo. El cloroformo entra al ambiente como resultado de las actividades en las empresas químicas y las plantas de fabricación de papel. También se encuentra en las aguas residuales de las plantas de tratamiento de aguas negras y en el agua potable que ha sido tratada con cloro. El cloro se añade, para destruir bacterias, a casi todos los sistemas de suministro de agua potable y de plantas de aguas residuales. Durante la cloración del agua se forman pequeñas cantidades de cloroformo, el cual constituye un derivado no deseado.

La cantidad de cloroformo normalmente presente en el agua potable tratada con cloro puede ser de 2 a 44 µg/L. Sin embargo, en algunos lugares las concentraciones de cloroformo pueden ser mayores que 44 µg/L. Se estima que la concentración de cloroformo en agua superficial, subterránea y suelo es de 0.1 µg/L. La EPA fija un límite sobre la cantidad permitida de cloroformo en el agua potable, en cuanto al total de trihalometanos, una clase de sustancias químicas que incluyen al cloroformo de 100 µg/L. La Ley Federal de Derechos presenta un lineamiento de 30 µg/L tanto para el Uso 1 (Fuente de abastecimiento de agua) y Uso 3 (Protección de vida acuática) (ASTDR, 1997).

En la figura 209 se presentan las concentraciones de cloroformo detectadas en aguas residuales y plantas de tratamiento y en todos los casos no se sobrepasó el lineamiento de 30 µg/L para ambos usos.



**Figura 209. Cloroformo en descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento.**

Otros compuestos detectados en las aguas residuales y plantas de tratamiento son los Aroclor 1248 y 1260 que son bifenilos policlorados (PCB's) que son preparados por la clorinación de los bifenilos y se usaron extensamente como refrigerantes y lubricantes en transformadores, condensadores y en otros artículos eléctricos. No se degradan fácilmente y por lo tanto, pueden permanecer en el ambiente largo tiempo, y circular fácilmente entre el aire, el agua y el suelo, por lo que se encuentran en todo el planeta.

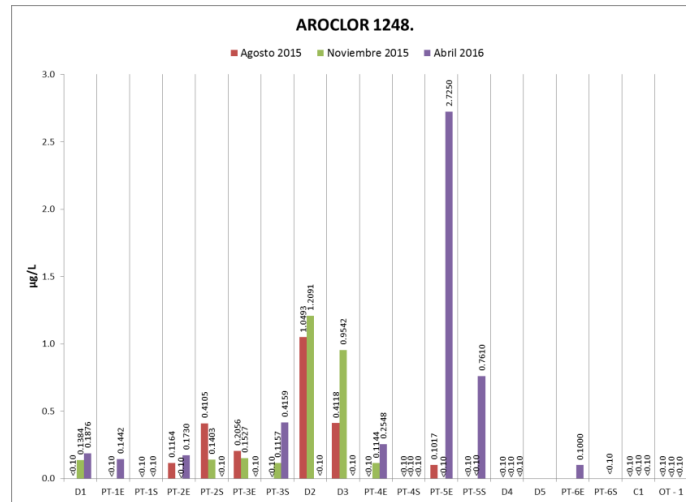
En el agua, los PCB's pueden ser transportados por corrientes, pueden adherirse a sedimentos del fondo o a partículas en el agua, y pueden evaporarse al aire. En general, mientras más átomos de cloro contienen, más lentamente se degradan, por ejemplo, el Aroclor 1248 puede tener 48% de cloro y el 1260 60% de cloro.

Los PCB's se acumulan especialmente en peces y en mamíferos marinos (tales como focas y ballenas) alcanzando niveles que pueden ser miles de veces más altos que los que se encuentran en el agua. Los niveles más altos de PCB's se encuentran en animales situados en las posiciones más altas de la cadena alimentaria.

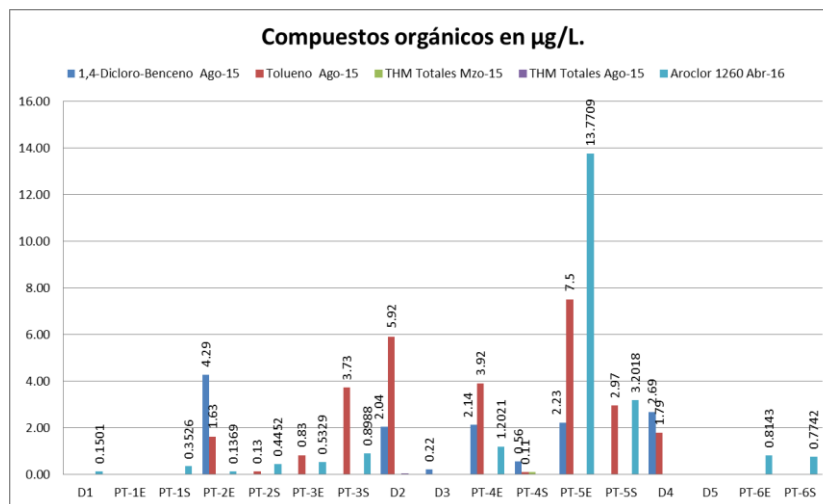
Se pueden encontrar pequeñas cantidades de PCB's en casi toda muestra de aire libre o en el interior de viviendas, suelos, sedimentos, aguas superficiales y animales. Sin embargo, en general los niveles de PCB's han disminuido desde que su producción cesó o fue cancelada en el año 1977 en Estados Unidos.

La norma de la EPA para los PCB's en el agua potable es de 0.5 µg/L en agua. Para proteger la salud de seres humanos de los posibles efectos de tomar agua o consumir pescados o mariscos de lagos o corrientes de agua contaminadas con PCB's (ATSDR, 2000).

En la Ley Federal se tiene lineamientos para el Uso 1 y el Uso 3 de 0.5 µg/L, en las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento se detectaron concentraciones de PCB's que pueden ser incorporadas al cauce del río Bravo y a los sedimentos del lecho del río (Figuras 210 y 211).



**Figura 210. Aroclor 1248 en descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento**



**Figura 211. Aroclor 1260 y otros compuestos en descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento.**

Los tipos de diclorobencenos (DCB) como el 1,4-DCB que se detectaron en aguas residuales contiene dos átomos de cloro conectados a una molécula de benceno y es usado para fabricar bolas para polillas y para fabricar bloques de desodorantes usados en los botes de basura y en baños, y para ayudar a controlar el olor en sitios donde se mantienen animales y se ha usado como insecticida en frutas y como agente para controlar el moho en semillas de tabaco, cuero y algunas telas. Recientemente, el uso del 1,4-DCB para fabricar resinas ha cobrado mucha importancia.

Los DCBs no ocurren naturalmente. Son producidos por industrias químicas para fabricar productos de uso domésticos y otras sustancias químicas tales como herbicidas y plásticos. Hay evidencia que sugiere que las plantas y los peces absorben DCBs. El 1,4-DCB ha sido detectado en peces en concentraciones de hasta 470 µg/L.

En estudios realizados en Estados Unidos se han encontrado DCBs en muestras de agua potable tomadas en fuentes de agua superficial. El 1,4-DCB se encontró en 13% de las muestras de agua superficial tomadas durante un estudio a nivel nacional. Estas muestras contenían cerca de 0.008 a 154 µg/L de 1,4-DCB.

La EPA ha establecido un nivel máximo de 75 µg/L de 1,4-DCB de agua potable. Además, el 1,4-DCB es un plaguicida registrado por la EPA, y sus fabricantes deben suministrar cierto tipo de información a la EPA para registrar su uso como plaguicida (ATSDR, 2006).

La Ley Federal tiene el lineamiento de calidad del agua para cuerpos receptores de diclorobencenos para el Uso 1 de 400 µg/L y de 10 µg/L para el Uso 3.

Aun cuando no existen límites máximos permisibles de los compuestos orgánicos detectados en aguas residuales las concentraciones obtenidas indican la presencia de dichos contaminantes que son aportados al cauce del río Bravo en bajas concentraciones y por abajo de los lineamientos de la Ley Federal.

#### 4.5.18. Plaguicidas

En el estudio se analizaron 28 plaguicidas clorados y 38 organofosforados en los sitios del río Bravo y en afluentes y drenes, los cuales, en todos los casos estuvieron por abajo del límite de detección del método EPA-80881B-2007 y EPA-8141B-2007 respectivamente.

#### 4.5.19. Toxicidad

El análisis de toxicidad se realizó en todos los sitios del río, afluentes, descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento. La toxicidad se determinó a través del uso de la bacteria bioluminiscente *Photobacterium phosphoreum*, la cual se puso en contacto con las muestras de agua de cada sitio. La respuesta a la presencia de mezcla de contaminantes en las muestras de agua, ocasiona que se disminuya la bioluminiscencia de las bacterias determinando la concentración efectiva que mata al 50 % de la población expuesta (CE<sub>50</sub>). Se determina la toxicidad con la transformación del CE<sub>50</sub> en Unidades de Toxicidad como se presenta en la tabla 91 y en la ecuación 1.

$$UT = \frac{100}{CE_{50}} \quad \text{Ecuación 1}$$

**Tabla 92. Clasificación de toxicidad basada en Unidades de Toxicidad (UT)**

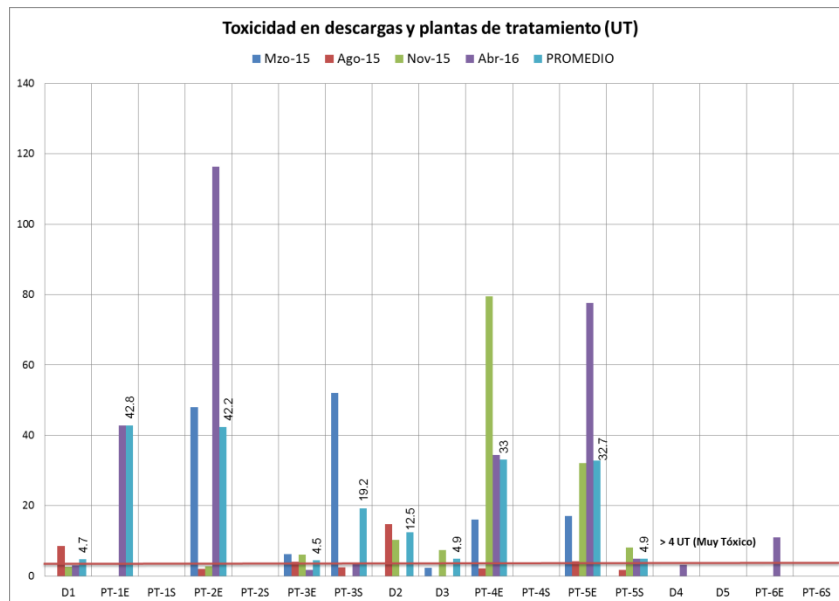
TOXICIDAD (UT)	CONCENTRACIÓN EFECTIVA (CE <sub>50</sub> ) %	CLASIFICACIÓN
> 4	< 25	Muy tóxico
2 - 4	50 - 25	Tóxico
1.33 – 1.99	75 – 50	Moderadamente tóxico
< 1.33	> 75	Ligeramente tóxico

En los 15 sitios del río Bravo no se detectó toxicidad, mientras que en el Afluente del sitio AF8 (Dren El Anhel) en dos campañas de muestreo (agosto 2015 y abril de 2016) la toxicidad fue de 4.6 y 10.2 UT respectivamente, clasificándose como muy tóxico y relacionado con los compuestos orgánicos detectados en el sitio.

En la figura 212 se presentan los resultados de toxicidad de las descargas y plantas de tratamiento obtenidos en cada campaña de muestreo y el promedio de las mismas, así como la clasificación de las Unidades de Toxicidad de > 4 UT.

En promedio todas las descargas de aguas residuales (D1, D2, D3 y D4) presentaron valores >4 UT, por lo que se considera que son muy tóxicas.

Las plantas de tratamiento también presentaron valores por arriba de 4 UT a la entrada (influyente) de las plantas y a la salida (efluente) la toxicidad disminuyo a no detectada, a excepción de la planta de Camargo (PT-3S) la cual en promedio incremento la toxicidad a la salida y en la planta de Reynosa 2 (PT-5S) aun cuando se disminuyó se clasifico como muy tóxica.



**Figura 212. Toxicidad en descargas y plantas de tratamiento. Línea roja clasificación muy tóxica con valor mayor de 4 UT.**

#### 4.6. CONCLUSIONES.

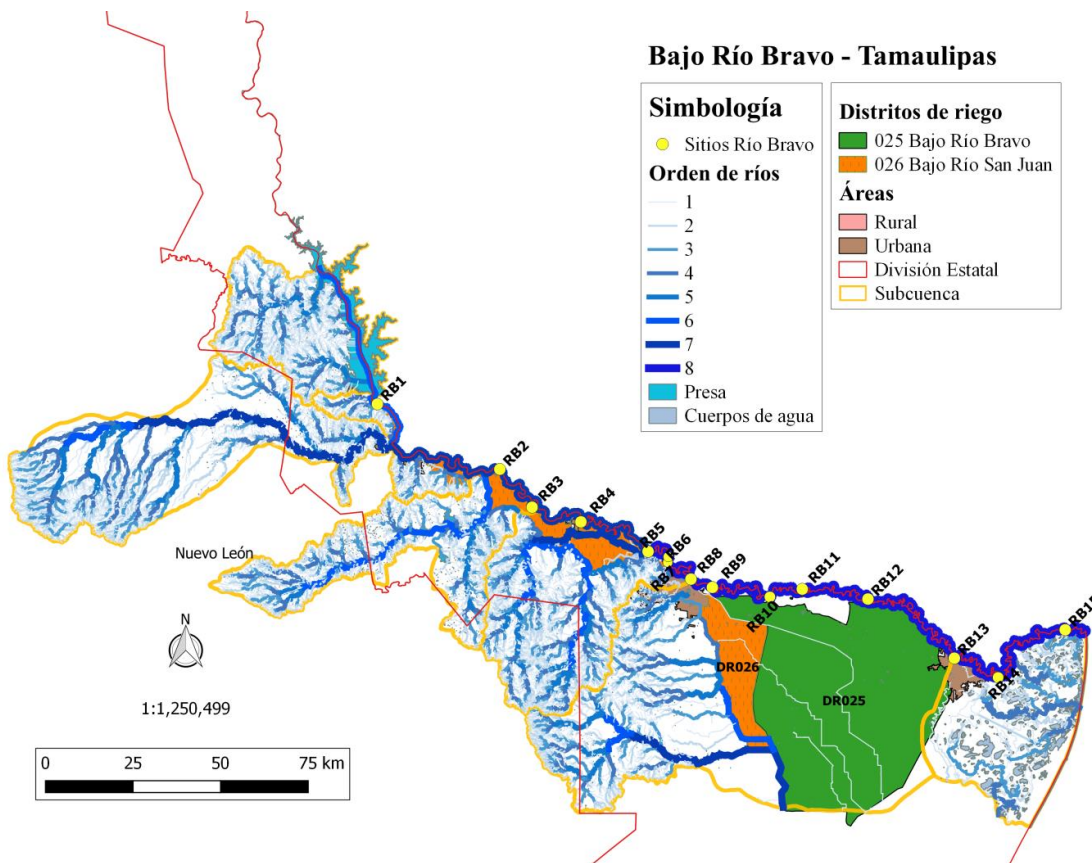
El estudio de calidad del agua realizado en el Bajo Río Bravo incluyó a 53 parámetros fisicoquímicos, 28 plaguicidas clorados, 38 plaguicidas fosforados en los 15 sitios del cauce principal, desde aguas abajo de la presa Internacional Falcón hasta la desembocadura al Golfo de México, abarcando cerca de 452 kilómetros del Bajo río Bravo y un total de 7140 análisis.

Las concentraciones obtenidas se compararon con el lineamiento para el Uso 1 de fuente de abastecimiento de agua de Conagua, 2016, para la DQO con el indicador de la Conagua y para el nitrógeno amoniacal con el lineamiento del Uso 3 protección de vida acuática.

Los sitios de muestreo del río Bravo, se presentan en la Figura 213 y las zonas de los Distritos de Riego y poblaciones que influyen en la calidad del agua del río.

Los parámetros que sobrepasaron los lineamientos para el Uso 1 en todos los sitios fueron: Fósforo total, sólidos disueltos totales, sulfuros, sulfatos, turbiedad y para el Uso 3 el nitrógeno amoniacal. La DQO en los sitios RB7 y RB15 se consideró contaminado de acuerdo al indicador de Conagua. Los coliformes fecales y *Escherichia coli* estuvieron presentes en altas concentraciones en los sitios de aguas abajo de presa Anzalduas y en los sitios cercanos a los centros de población como Reynosa y Matamoros.

Un total de 14 compuestos orgánicos fueron detectados en el mes de noviembre de 2015 en el sitio RB1, (aguas abajo de la presa Internacional Falcón), en bajas concentraciones, las cuales en todos los casos no sobrepasaron los lineamientos para los Usos 1 y 3, pudiendo ser aportados al río posiblemente por el manejo de la hidroeléctrica Falcón.



**Figura 213. Sitios de muestreo río Bravo, zonas de riego y poblaciones.**

La calidad del agua de los Afluentes se evaluó en 7 sitios con 53 parámetros fisicoquímicos, 28 plaguicidas clorados, 38 plaguicidas fosforados haciendo un total de 3332 análisis.

Los resultados se compararon con los lineamientos para el Uso 1 de la Ley Federal de Derechos y para DQO-DBO-SST los indicadores de Conagua, obteniéndose que en el sitio AF8 (Dren El Anhel) un total de 20 parámetros sobrepasan el lineamiento y los indicadores para: oxígeno disuelto, cloruros, demanda bioquímica de oxígeno,



demanda química de oxígeno, fluoruros, grasas y aceites, nitratos, nitritos, fosfatos total, sustancias activas al azul de metileno, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, sulfuros, sulfatos, turbiedad, cromo, mercurio, fenol, coliformes fecales; además del nitrógeno amoniacal para protección de vida acuática y la toxicidad.

Los parámetros que en todos los sitios de afluentes sobrepasaron el lineamiento para el Uso 1 fueron: cloruros, fosfatos totales, sólidos disueltos totales, sulfuros, sulfatos y turbiedad, además del nitrógeno amoniacal para protección de vida acuática.

Los compuestos orgánicos que se detectaron en bajas concentraciones y no sobrepasaron los lineamientos fueron: dibutilftalato, Bis,2(etilhexil)ftalato (DEHP), 2,4-diclorofenol, dietilftalato y, m y p cresol.

En cuanto a las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento, tomando entras y salidas de agua residual de las plantas, se realizaron un total de 4356 análisis fisicoquímicos y compuestos orgánicos, incluidos los enlistados en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Los parámetros que no cumplieron con los límites máximos permisibles de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 fueron: en las descargas de aguas residuales; **D1.-** DBO, GyA, SSed, SST, N-Total y CF. En **D2.-** SSed, SST y CF. En **D3.-** DBO, SST y CF. En **D4.-** CF.

En los efluentes de las plantas de tratamiento en **PT-1S** (Ciudad Mier) SST y CF; en **PT-2S** (Miguel Alemán) GyA, SST y CF; en **PT-3S** (Ciudad Camargo) DBO, GyA, SST, SSed y CF. En **PT-4S** (Reynosa 1) CF; En **PT-5S** (Reynosa 2) DBO, GyA, SST, N-Total y CF; En **PT-6S** (Matamoros) SST y CF.

La DQO en D1, PT-2S, PT-3S y PT-5S.

Otros parámetros que sobrepasan el lineamiento para el Uso 1 en todas las descargas y efluentes de plantas de tratamientos son: sulfatos, sulfuros, sólidos disueltos totales y turbiedad.

Los compuestos orgánicos que sobrepasaron el Uso 1 son Bis(2-Etilhexil)ftalato en **D1, D2, D3, D4, PT-2S, PT-3S, Pt-4S y PT-5S**. El Bromoformo en **D2, D4 y PT-4S**. El Fenol en **D4, PT-2S y PT-5S**.

La N-Nitrosodi-N-Propilamina en **D2, D3, D4 y PT-5S**, estuvo por arriba del criterio de protección de vida acuática.

## **CAPÍTULO 5 . DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA Y OPERACIÓN DE CINCO PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADAS EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO BRAVO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS.**

### **5.1. JUSTIFICACIÓN**

El análisis del funcionamiento y operación de seis plantas de tratamiento de aguas residuales, PTAR, de la zona de estudio del Bajo Río Bravo, en la parte norte del estado de Tamaulipas, es una de las actividades fundamentales para determinar las aportaciones de aguas residuales, municipales, industriales o agrícolas que los municipios realizan de forma directa al cauce del río Bravo o de manera indirecta a través de un cauce natural o canal.

Esta información permite conocer la calidad del agua de la descarga y evaluar el cumplimiento con la NOM-001-SEMARNAT-1996, según los parámetros que sancionan el vertimiento a cuerpos receptor.

### **5.2. OBJETIVO**

Realizar el diagnóstico de las instalaciones civiles, eléctricas y mecánicas de las seis Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la cuenca Baja del Río Bravo en el norte de Tamaulipas.

### **5.3. ALCANCE**

Diagnóstico de la infraestructura y de la operación de las seis plantas de tratamiento de aguas residuales

### **5.4. RESULTADOS DE LAS VISITAS Y EVALUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO**

La información obtenida se refiere a las plantas de tratamiento de aguas residuales y datos de la calidad de las aguas residuales influentes y efluentes de las plantas (históricas). El equipamiento es mínimo en los sistemas lagunares y amplio en las plantas de lodos activados y filtros percoladores de Reynosa. A continuación, se presenta un análisis detallado por cada una de las PTAR en estudio.

#### **5.4.1. PTAR's de Reynosa, Tams.**

El municipio de Reynosa, está ubicado en la parte norte de Tamaulipas. La cabecera municipal, situada en la ciudad de Reynosa se localiza a los 26º 04' de latitud norte y a los 98º 17' de latitud oeste, a una altura de 38 metros sobre el nivel medio del mar. Colinda al norte con los Estados Unidos de América, a través del Río Bravo y el municipio de Díaz Ordaz; al sur con los municipios de Río Bravo y Méndez y el Estado de Nuevo León; al este con los Estados Unidos de América, a través del Río Bravo y al oeste con el municipio de Díaz Ordaz y el Estado de Nuevo León.

Está integrado por 261 localidades, de las cuales las más importantes son: Reynosa, Los Altos, Los Cavazos, El Guerrero, Rancho Grande, Palo Blanco, Llorona Nueva, Las Burras, Santa Gertrudis, Rodolfo M. Rocha, 1o de Noviembre, Alfredo V. Bonfil, Nuevo Santa Ana y El Porvenir.

Hidrología.- El Municipio de Reynosa es cubierto por varios sistemas de irrigación, el Río San Juan y el Río Bravo. La principal fuente de abastecimiento la constituye el Río Bravo que irriga la zona sur, mientras que el Río San Juan proporciona riego y agua a la parte norte y centro del Municipio. Existe un gran número de canales artificiales creados para el apoyo de los Distritos de Riego, siendo los principales el Guillermo Rhode y el Anzaldúas.

El Canal de Anzaldúas parte de la Presa Anzaldúas, construida sobre el río Bravo, por la margen derecha de éste, en un punto situado 8 Km al Noroeste de Reynosa y 276 Km aguas arriba del Golfo de México, continúa su recorrido hacia el Sureste cruzando la ciudad de Reynosa y permanece con el mismo rumbo hasta 5 Km. adelante de la población de Río Bravo, donde cambia de dirección en ángulo recto hacia el Sur-Suroeste.

Tratamiento de AR.- La Ciudad de Reynosa trató, durante varias décadas, sus aguas residuales (AR) con una planta a base de lagunas de oxidación localizadas al noreste de la localidad entre el canal Anzaldúas y el Río Bravo.

El sistema de tratamiento originalmente se diseñó para dar servicio a una población de 270,000 habitantes considerando una aportación de 225 L/hab/día lo que significa que el gasto de diseño era de 700 litros por segundo.

El proceso de tratamiento estaba formado por una laguna aireada, que da origen a cinco trenes de tratamiento en paralelo. Cada tren de tratamiento se concibió para manejar un caudal de 140 L/s mediante una laguna facultativa, una laguna aerobia y una de maduración.

Los gastos reportados, mínimo y máximo de operación eran de 351 Lps y 1,265 Lps respectivamente, lo que implicaba un caudal medio de 800 lps, diferente a los 700 lps considerados, en el proyecto original. El diseño estimaba una carga orgánica en el influente de 16,200 Kg de DBO5/día descargando en el efluente final con una fluctuación entre 897 y 145 Kg de DBO5/día, que corresponden al mes más frío y cálido respectivamente.

Según los datos anteriores, se calculó que la DBO5 promedio en el influente era de 266 mg/l; debiendo descargar 15 mg/l en el mes de diciembre, mes más frío, y 2.4 mg/l en el mes de agosto, el más cálido. Esto significaba que la eficiencia total esperada en el tratamiento variaría del 94.5% al 99.1% para las condiciones más desfavorables y favorables, respectivamente.

De acuerdo con los datos del proyecto original, el agua a tratar debería pasar a un desarenador, luego a un medidor Parshall y posteriormente a una laguna airada mecánicamente de 6.15 Has de superficie y 2.40 m de profundidad con 14 aeradores mecánicos de 40 HP cada uno. Esta laguna tenía una forma rectangular de 477.5 m de largo por 136.5 m de ancho. Posteriormente el agua a tratar se distribuía a cada uno de los trenes de tratamiento, donde se tenía una laguna facultativa con una superficie de 1.16 Has y las otras cuatro de 1.24 Has, con una profundidad uniforme de 2.4 m. Estas lagunas tenían una forma rectangular con 113 m de ancho y una longitud de 115 m para la menor y 122.4 m para las restantes.

El efluente de una de estas lagunas pasa a una laguna aerobia con una superficie que varía de 1.95 a 2.04 Has con una profundidad uniforme de 1.8 m. Estas lagunas también tenían forma rectangular con un ancho de 113 m y 190 m de largo. Finalmente el agua pasaba a las lagunas de pulimento o maduración las cuales presentaban una superficie individual de 2.8 Has con la misma profundidad de 1.8 m; la forma de estas lagunas era rectangular con 113 m de ancho y 248 m de largo. El agua tratada era vertida por medio de estructuras de descarga al "Dren El Anheló" el cual escurre hacia el Río Bravo.

Para definir el caudal de diseño para la rehabilitación del sistema lagunar, se consideró que la Ciudad de Reynosa albergaba 420,294 habitantes y que para el término económico del proyecto con horizonte al año 2016 sería de 1'003,916 habitantes.

CONDICIONES A 2009.

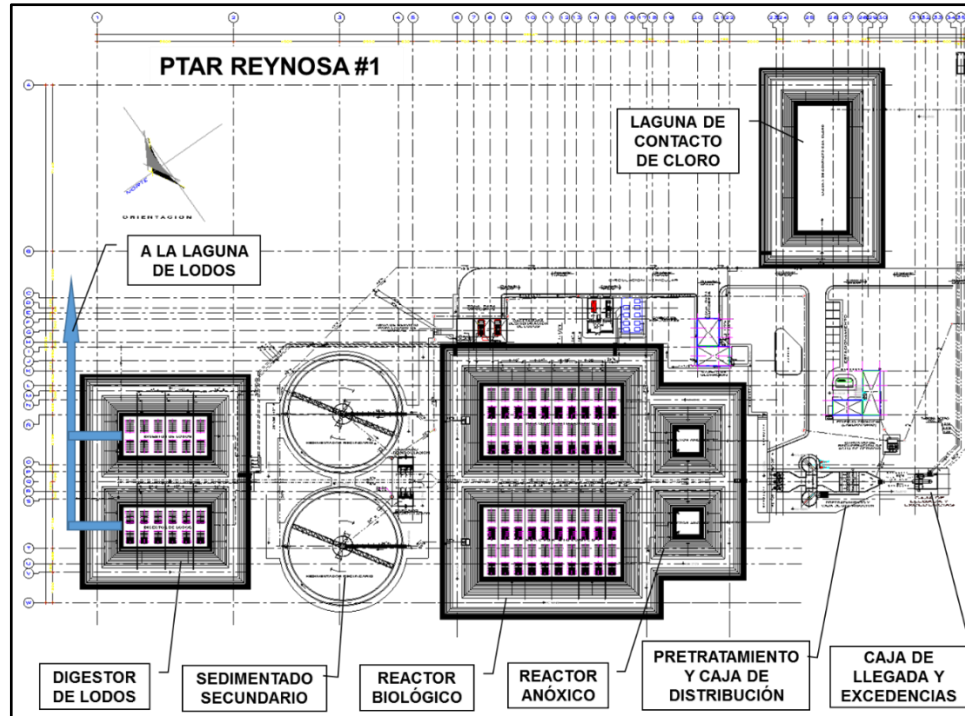
En el año del 2009 se realizó el proyecto de la PTAR Reynosa #1 y con fechas posteriores se procedió a la construcción de las unidades de tratamiento de aguas y lodos y su equipamiento electromecánico, concluyéndose hacia el 2012. El año siguiente se procede a su arranque y estabilización del proceso. La PTAR es operada por una empresa particular.

PTAR Reynosa 1.

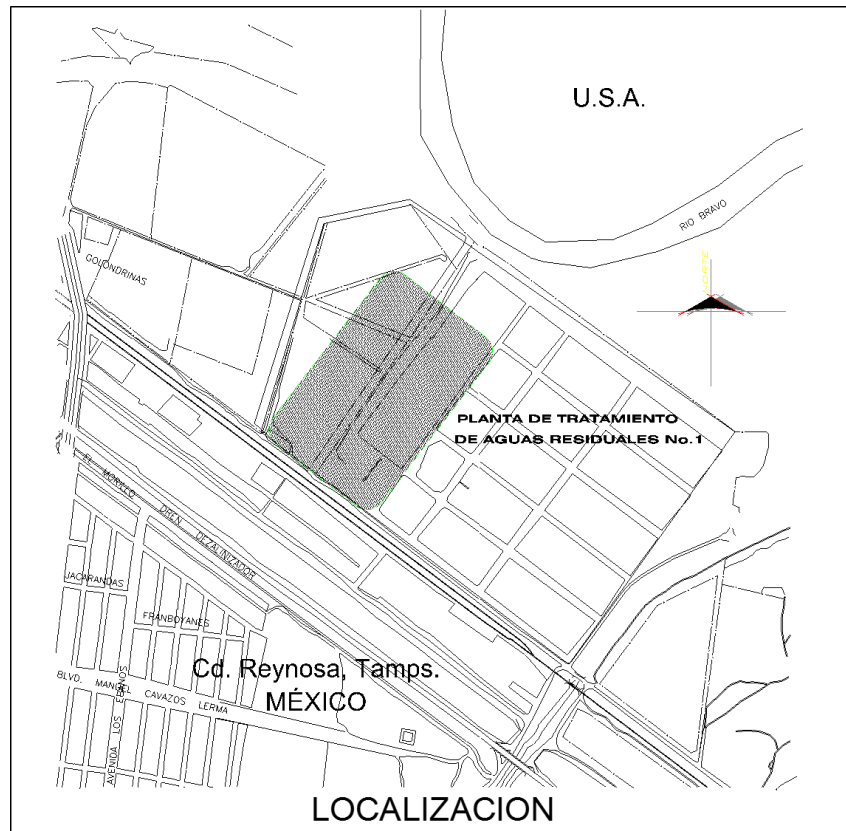
Consistente en la aplicación de un proceso de tratamiento, a nivel secundario, de lodos activados completamente mezclado, sedimentación secundaria y desinfección con cloro. Las ART se vierten al Dren El Anhelo, afluente del Río Bravo. Los lodos, producidos en exceso en el tratamiento de las aguas, se estabilizan en un reactor aerobio y se desecan en una de las antiguas lagunas de estabilización. Los lodos no se han retirado desde el inicio de operación de la planta. En la Tabla 75 se muestran los datos de proyecto y en la Figura 173 el plano de las instalaciones y en la Figura 174 la ubicación de la PTAR.

**Tabla 93. Datos de la PTAR Reynosa 1.**

PTAR REYNOSA #1				LÍNEA DE AGUA	
DATOS DE PROYECTO		ETAPA		PRETRATAMIENTO	
GASTOS DE DISEÑO		1a	2a	CRIBADO MEDIO Y FINO	
GASTO MEDIO	L/s	1000	1500	DESARENACIÓN MECÁNICA TIPO VORTEX	
NÚMERO DE MÓDULOS		2	1		
GASTO POR MÓDULOS	L/s	500	500	TRATAMIENTO SECUNDARIO	
CALIDAD DEL AGUA				REACTOR ANÓXICO Y BIOLÓGICO	
	unidad	INFLUENTE	EFLUENTE	SEDIMENTADOR CIRCULAR CON RASTRAS	
DBO5	mg/L	255	30	LAGUNA DE CONTACTO CON CLORO (GAS)	
SST	mg/L	155	30	LÍNEA DE LODOS	
DQO	mg/L	500	100	DIGESTOR AEROBIO	
NTK	mg/L	33	15	ESPESADOR DE LODOS	
PT	mg/L	8	5	DESHIDRATACIÓN, FILTRO PRENSA DE LODOS	
COL FEC	NMP/100 mL	1.00E+08	1000	REÚSO Y/O DISPOSICIÓN DE ART	
				DESCARGA A CUERPO RECEPTOR	
				DISPOSICIÓN DE LODOS	
				COMPOSTEO	
				MEJORAMIENTO DE LODOS	



**Figura 214. Plano de las instalaciones de la PTAR Reynosa 1.**



**Figura 215. Localización de la PTAR Reynosa 1.**

Los datos de calidad del agua históricos proporcionados por el Organismo Operador se muestra en la Tabla 76. Se señala con color amarillo, los datos que se reportan con valor cero, los cuales no pueden ser considerador, debido a que se debe señalar el valor del límite de detección de la técnica analítica empleada. Se detecta un valor de S. Sed en abril del 2014 que parece no ser congruente.

**Tabla 94. Datos de calidad del agua históricos**

PROMEDIOS DE CALIDAD AGOSTO 2013 A AGOSTO 2015 PTAR 1 REYNOSA																									
PARAMETRO	ago-13		sep-13		oct-13		nov-13		dic-13		PROMEDIO														
	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	
DQO ( mg/L )	233	97	237	46	283	31	302	57	319.33	43.45	165	158													
DBO5 ( mg/L )	171	48.8	198	20	182	15.4	274	17.5	272.8	12.85	121	116													
N-Total ( mg/L )	0	13.22	0	10.62	0	11.22	0	16.45	0	17.66	7	8													
N-amoniaco ( mg/L )	38.83	23.63	42.86	5.61	40.6	5.8	35	5.8	40.62	7.74	24.6	23.2													
Nitratos ( mg/L )	0	9.61	0	4.44	0	5.5	0	5.65	0	5.6	3.1	3.4													
P-total ( mg/L )	0	3.5	0	4.3	0	3	0	4.1	0	5	2.0	2.2													
pH	7.22	7.16	7.13	6.96	7.25	7.04	7.12	6.93	7.13	7.11	7.1	7.1													
Color ( Pt/Co )	486	268	806	60	858	103	894	96	888	55	451	448													
Conductividad ( µS/cm )	1146	1143	1149	1044	1257	1222	2208	2147	1063	933	1331	1350													
Temperatura ( °C )	30.91	30.88	30.45	30.15	28.01	28.3	24.13	24.23	22.62	22.37	27.2	26.8													
Ssed ( mL )	2.6	0.1	2.4	0.3	2.1	0.2	2.2	0.1	2.2	0.1	1.2	1.1													
SST ( mg/L )	251	74	192	21	146	29	202	22	148	14	110	96													
SSV ( mg/L )	188	58	147	16	95	24	113	20	92	12	77	65													

PARAMETRO	ENERO		feb-14		mar-14		abr-14		may-14		jun-14		jul-14		ago-14		sep-14		oct-14		nov-14		dic-14		PROMEDIO	
	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL
DQO ( mg/L )	318	44	291	48	290	38	328	44	274	44	319	42	317	35	326	33	271	23	277	23	236	28	214	33	288.42	36.25
DBO5 ( mg/L )	262.8	10.7	269.4	11.3	183.3	7.1	184.6	8.8	171.1	8.8	257.9	18.9	239.6	14.3	256.1	16.5	215.4	9.4	245.4	11	184.4	10	170.6	13.4	220.05	11.68
N-Total ( mg/L )	19.5	19.5	19.1	17.9			17.7		13.5		14				15		13.1		7.4		6.9		10.5		13.97	
N-amoniaco ( mg/L )	39.9	13.9	38.9	15.9	29.6	14.5	30.7	14.2	31.1	11	30	10.9	31.3	8.8	30	8.3	27.1	6.9	30.2	4.4	26.9	0.6	26.1	0.6	30.98	9.00
Nitratos ( mg/L )	5.7	5.7	4	3.2	3.3		2.7		3.1		3.1	0	4.4		7.6		6.2		4.3		3.8		6.1		4.53	
P-total ( mg/L )	5.3	5.3	4.6	3.9	4		2.4		2.5		2.5	0	2.4		2.6		2.1		2.1		2.5		3.2		3.13	
pH	7.1	7.03	7.12	7.04	7.22	6.98	7.2	7.07	7.18	7.12	7.45	7.35	7.6	7.36	7.49	7.3	7.58	7.33	7.51	7.21	7.39	7.2	7.6	7.31	7.37	7.19
Color ( Pt/Co )	864	50	739	47	719	42	735	46	750	52	780	56	778	38	733	47	685	38	749	29	548	34	602	53	723.5	44.3
Conductividad ( µS/cm )	1108	919	1266	1160	2504	2287	2557	2518	2309	2310	2292	2301	2289	2319	2246	2201	2129	2077	2384	2262	2437	2195	2298	2299	2151.6	2070.7
Temperatura ( °C )	22	19	20	20	21	22	24	25	25	25	25	25	28	28	30	30	29	29	27	27	24	24	23	23	24.83	24.75
Ssed ( mL )	1.7	0.1	1.5	0.1	1.6	0.1	1.46	1.2	1.4	0.1	2.1	0.3	1.9	0.1	2.8	0.1	3	0.1	1.8	0.1	1.6	0.2	1.5	0.2	13.91	1.13
SST ( mg/L )	162	13	160	13	131	12	79	14	134	10	136	11	172	9	253	12	276	13	213	15	200	22	197	28	176.08	14.33
SSV ( mg/L )	77	11	70	11	77	10	2	0.1	74	12	84	11	110	9	131	12	80	11	73	12	84	17	78.42	10.68		

PARAMETRO	ene-15		feb-15		mar-15		abr-15		may-15		jun-15		jul-15		ago-15		sep-15		oct-15		nov-15		dic-15		PROMEDIO		
	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	
DQO ( mg/L )	248	32	206	21	187.3	21.2	212	24	182	25	257	23	192	20	245	26	259	29								221	25
DBO5 ( mg/L )	153.1	11.3	166	7.9	135	8.8	106.8	7.1	140.9	8.4	131.5	6.6	139.8	8.1	150.8	9.6	140.8	13								141	9
N-Total ( mg/L )	9.6	63.6	9.4	50.2	6.4	49.2	5.2	49	4.7	42.1	3.6	58.7	4.4	55.9	3.94											52.7	5.9
N-amoniaco ( mg/L )	24.3	0.6	30.5	0.1	28.96	0.06	39.2	0.12	40.3	0.15	26.6	0.14	33.3	0.31	25.79	0.09										31.1	0.2
Nitratos ( mg/L )	6.8	6.8	4.4	3.6	3.6		2.9		2.5		2		1.63		1.85												3.21
P-total ( mg/L )	14.8	2.5	15.1	2.4	17	2.2	16.8	2	13.5	2.2	7.9	1.4	13.9	1.79	15.3	1.68		1.19							14.29	1.93	
pH	7.17	7.1	6.97	6.9	6.93	6.95	7.23	7.24	7.32	7.21	7.37	7.25	7.29	7.29	7.29	7.33	7.24	7.11								7.20	7.15
Color ( Pt/Co )	603	51	639	40	703	29	579	25	605	29	637	26	500	24	632	27	910	67								645	35
Conductividad ( µS/cm )	2256	2206	2133	2267	1933	2082	2256	2160	2214	2152	2194	2141	1936	1894	1885	1918	2187	2283								2110	2123
Temperatura ( °C )	20	20	22	23	23.8	23.8	25	25	26	26	26	26	27.5	27.5	28.7	28.8	27	26.9								25.11	25.22
Ssed ( mL )	2.3	0.3	1.6	0.1	2	0.3	1.1	0.1	1	0.2	1	0.1	1.3	0.1	1.9	0.2	1.4	0.2								1.51	0.18
SST ( mg/L )	267	35	153	21	188	8.8	126	15	147	19	127	14	128	16	133	22	126	13								155	18
SSV ( mg/L )	110	17	82	12	77	11	62	11	61	9	51	7	70	9	70	12	68	6								72	10

Las eficiencias de remoción de contaminantes se muestran en la Tabla 77, donde se aprecia el incremento continuo de la calidad de las Aguas Residuales Tratadas (ART), hasta presentar, en el año 2015, valores de remoción de DQO del 88.9 %, de DBO del 93.6% y de SST del 88.3%. La eficiencia de remoción de Nitrógeno Amoniacal es del 99.4%, es decir, que al degradar la materia orgánica carbonácea se procede a remover la nitrogenada. Sin embargo, se eleva la presencia de nitratos, lo que indica que el reactor anóxico presenta cierto grado de ineficiencia.

La evaluación de los tres años de información muestra valores inferiores a los del 2015, por la puesta en operación del sistema.

Tabla 95. Eficiencias de remoción de contaminantes de la PTAR Reynosa 1.

PARAMETRO	PROMEDIO MENSUAL									PROMEDIO GENERAL		EFIC GRAL
	2013			2014			2015			INFL	EFL	%
	INFL	EFL	%	INFL	EFL	%	INFL	EFL	%	INFL	EFL	%
DQO ( mg/L )	164.9	158.1	4.1	288.4	36.3	87.4	220.9	24.6	88.9	224.7	73.0	67.5
DBO5 ( mg/LI )	121.2	116.3	4.1	220.1	11.7	94.7	140.5	9.0	93.6	160.6	45.6	71.6
N-Total ( mg/L )	6.92	7.61	-10.0		13.97		52.67	5.95	88.7	29.79	9.17	69.2
N-amoniaco ( mg/L )	24.65	23.23	5.8	30.98	9	71.0	31.12	0.196	99.4	28.92	10.81	62.6
Nitratos ( mg/L )	3.08	3.39	-10.0		4.533			3.21		3.08	3.71	-20.5
P-total ( mg/L )	1.99	2.19	-10.0		3.133		14.29	1.929	86.5	8.139	2.417	70.3
pH	7.11	7.09		7.37	7.19		7.20	7.15		7.23	7.15	
Color ( Pt/Co )	451	448	0.8	724	44	93.9	645	35	94.5	607	176	71.0
Conductividad ( µS/cm)	1331	1350	-1.4	2152	2071	3.8	2110	2123	-0.6	1864	1848	0.9
Temperatura ( °C )	27.2	26.8		24.8	24.8		25.1	25.2		25.7	25.6	
Ssed ( ml/L )	1.23	1.09	11.1	13.91	1.13	91.9	1.51	0.18	88.2	5.55	0.80	85.6
SST ( mg/L )	110	96	12.8	176	14	91.9	155	18	88.3	147	43	70.9
SSV ( mg/L )	77	65	14.6	78	11	86.4	72	10	85.6	76	29	61.9

La calidad de las aguas residuales tratadas se compara con la contenida en la NOM-001-SEMARNAT-1996 vigente, relacionada con los cuerpos de agua naturales como lo son ríos, embalses naturales y artificiales, aguas costeras y humedales, además de suelos.

En las Tablas 78 se presentan los contaminantes sancionados en la Norma mencionada.

Tabla 96. Límites máximos permisibles de contaminantes de la NOM-001-SEMARNAT-1996

PARAMETROS	TABLA 2 LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BASICOS																			
	RIOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES (B)	
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)			
(miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	N.A.	N.A.	40.0	40.0
Potencial de Hidrógeno, pH	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10
Grasas y Aceites (2)	15.0	25.0	15.0	25.0	15.0	25.0	15.0	25.0	15.0	25.0	15.0	25.0	15.0	25.0	15.0	25.0	15.0	25.0	15.0	25.0
Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	N.A.	N.A.	1.0	2.0
Sólidos Suspendedos Totales	150.0	200.0	75.0	125.0	40.0	60.0	75.0	125.0	40.0	60.0	100.0	175.0	75.0	125.0	75.0	125.0	N.A.	N.A.	75.0	125.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	150.0	200.0	75.0	150.0	30.0	60.0	75.0	150.0	30.0	60.0	100.0	200.0	75.0	150.0	75.0	150.0	N.A.	N.A.	75.0	150.0
Nitrógeno Total	40.0	60.0	40.0	60.0	15.0	25.0	40.0	60.0	15.0	25.0	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15.0	25.0	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Fósforo Total	20.0	30.0	20.0	30.0	5.0	10.0	20.0	30.0	5.0	10.0	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5.0	10.0	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Coliformes Fecales (NMP/100)	1,000	2,000	1,000	2,000	1,000	2,000	1,000	2,000	1,000	2,000	1,000	2,000	1,000	2,000	1,000	2,000	1,000	2,000	1,000	2,000
Huevos de Helmintos (HH/L)																	1.0	5.0		

(1) Instantáneo (2) Muestra Simple Promedio Ponderado (3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.

Tabla 4. Continuación.....

TABLA 3 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS																				
PARAMETROS (*)  (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RIOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS				SUELO		HUMEDALES NATURALES (B)			
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)				Uso en riego agrícola (A)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.			P.M.	P.D.
Arsénico	0.20	0.40	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20	0.40	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20	0.40	0.10	0.20	0.20	0.40	0.10	0.20
Cadmio	0.20	0.40	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20	0.40	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20	0.40	0.10	0.20	0.05	0.10	0.10	0.20
Cianuro	2.00	3.00	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00	3.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	1.00	2.00	2.00	3.00	1.00	2.00
Cobre	4.00	6.00	4.00	6.00	4.00	6.00	4.00	6.00	4.00	6.00	4.00	6.00	4.00	6.00	4.00	6.00	4.00	6.00	4.00	6.00
Cromo	1.00	1.50	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00
Mercurio	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Níquel	2.00	4.00	2.00	4.00	2.00	4.00	2.00	4.00	2.00	4.00	2.00	4.00	2.00	4.00	2.00	4.00	2.00	4.00	2.00	4.00
Plomo	0.50	1.00	0.20	0.40	0.20	0.40	0.50	1.00	0.20	0.40	0.20	0.40	0.50	1.00	0.20	0.40	5.00	10.00	0.20	0.40
Zinc	10.00	20.00	10.00	20.00	10.00	20.00	10.00	20.00	10.00	20.00	10.00	20.00	10.00	20.00	10.00	20.00	10.00	20.00	10.00	20.00

P.D.= Promedio Diario      P.M.= Promedio Mensual      N.A.= No es aplicable

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

4.1 La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las Tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana. El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.

4.2 Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de **1,000 y 2,000** como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el **promedio mensual y diario**, respectivamente.

4.3 Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de **un huevo de helminto** por litro para riego restringido, y de **cinco huevos por litro** para riego no restringido, lo cual se llevará a cabo de acuerdo a la técnica establecida en el anexo 1 de esta Norma.

4.4 Al responsable de la descarga de aguas residuales que antes de la entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana se le hayan fijado condiciones particulares de descarga, podrá optar por cumplir los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma, previo aviso a la Comisión Nacional del Agua.

4.5. Los responsables de las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales deben cumplir con la presente Norma Oficial Mexicana de acuerdo con lo siguiente:

a) Las descargas municipales tendrán como límite las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 4. El cumplimiento es gradual y progresivo, conforme a los rangos de población. El número de habitantes corresponde al determinado en el XI Censo Nacional de Población y Vivienda, correspondiente a 1990, publicado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

b) Las descargas no municipales tendrán como plazo límite hasta las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5. El cumplimiento es gradual y progresivo, dependiendo de la mayor carga contaminante, expresada como demanda bioquímica de oxígeno5 (DBO5) o sólidos suspendidos totales (SST), según las cargas del agua residual, manifestadas en la solicitud de permiso de descarga, presentada a la Comisión Nacional del Agua

En la tabla 79 que se muestran a continuación se presentan los contaminantes sancionados en la NOM-001 seleccionando los valores que se refieren a ríos tipo C.



Tabla 97. Contaminantes sancionados en la NOM-001 seleccionando los valores que se refieren a ríos tipo C.

TABLA 2 DE LA NOM-001-SEMARNAT-1996-VIGENTE		
TABLA 2 LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BASICOS		
PARAMETROS	RIOS	
(miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Protección de vida acuática (C)	
	P.M.	P.D
Temperatura °C (1)	40.0	40.0
Potencial de Hidrógeno, pH	5-10	5-10
Grasas y Aceites (2)	15.0	25.0
Materia Flotante (3)	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1.0	2.0
Sólidos Suspendidos Totales	40.0	60.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	30.0	60.0
Nitrógeno Total	15.0	25.0
Fósforo Total	5.0	10.0
Coliformes Fecales (NMP/100)	1,000	2,000
Huevos de Helmintos (HH/L)		

(1) Instantáneo  
(2) Muestra Simple Promedio Ponderado  
(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.

TABLA 3 DE LA NOM-001-SEMARNAT-1996-VIGENTE		
TABLA 3 LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS		
PARAMETROS (*)	RIOS	
(miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Protección de vida acuática (C)	
	P.M.	P.D.
Arsénico	0.10	0.20
Cadmio	0.10	0.20
Cianuro	1.00	2.00
Cobre	4.00	6.00
Cromo	0.50	1.00
Mercurio	0.01	0.01
Níquel	2.00	4.00
Plomo	0.20	0.40
Zinc	10.00	20.00

P.D.= Promedio Diario  
P.M.= Promedio Mensual  
N.A.= No es aplicable

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.
4.1 La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las Tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana. El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.
4.2 Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de <b>1,000 y 2,000</b> como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el <b>promedio mensual y diario</b> , respectivamente.
4.3 Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de <b>un huevo de helminto</b> por litro para riego restringido, y de <b>cinco huevos por litro</b> para riego no restringido, lo cual se llevará a cabo de acuerdo a la técnica establecida en el anexo 1 de esta Norma.
4.4. Al responsable de la descarga de aguas residuales que antes de la entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana se le hayan fijado condiciones particulares de descarga, podrá optar por cumplir los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma, previo aviso a la Comisión Nacional del Agua.
4.5. Los responsables de las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales deben cumplir con la presente Norma Oficial Mexicana de acuerdo con lo siguiente:
a) Las descargas municipales tendrán como límite las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 4. El cumplimiento es gradual y progresivo, conforme a los rangos de población. El número de habitantes corresponde al determinado en el XI Censo Nacional de Población y Vivienda, correspondiente a 1990, publicado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
b) Las descargas no municipales tendrán como plazo límite hasta las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5. El cumplimiento es gradual y progresivo, dependiendo de la mayor carga contaminante, expresada como demanda bioquímica de oxígeno <sup>5</sup> (DBO <sub>5</sub> ) o sólidos suspendidos totales (SST), según las cargas del agua residual,

La comparación de contaminantes permite elaborar la Tabla 80 donde se muestran los parámetros medidos y su nivel de cumplimiento. Se observa que un valor unitario (1) corresponde al cumplimiento y uno cero (0) al incumplimiento de la norma. El año en que se cumplen todos los parámetros es el 2015.

**Tabla 98. Cumplimiento de los límites máximos permisibles**

TABLAS DE LA NOM-001-SEMARNAT-1996-VIGENTE											
TABLA 2 LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BASICOS											
PARAMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RIOS		PROMEDIO MENSUAL DE CONTAMINANTES BÁSICOS								
	Protección de vida acuática (C)		AÑO	2013	2014	2015	PROM GRAL	2013	2014	2015	PROM GRAL
	P.M.	P.D	PARAMETRO	EFL	EFL	EFL	EFL	CUMPLE NOM 1; NO CUMPLE 0			
Temperatura °C (1)	40.0	40.0	Temperatura ( °C )	26.83	24.75	25.22	25.60	1	1	1	1
Potencial de Hidrógeno, pH	5-10	5-10	pH	7.09	7.19	7.15	7.15	1	1	1	1
Grasas y Aceites (2)	15.0	25.0									
Materia Flotante (3)	ausente	ausente									
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1.0	2.0	Ssed ( ml/L )	1.09	1.13	0.18	0.80	0	0	1	1
Sólidos Suspendidos Totales	40.0	60.0	SST ( mg/L )	95.79	14.33	18.20	42.77	0	1	1	0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	30.0	60.0	DBO5 ( mg/L )	116.26	11.68	8.98	45.64	0	1	1	0
Nitrógeno Total	15.0	25.0	N-Total ( mg/L )	26.62	13.53	3.41	14.52	0	1	1	1
Fósforo Total	5.0	10.0	P-total ( mg/L )	2.19	3.13	1.93	2.42	1	1	1	1
Coliformes Fecales (NMP/100)	1,000	2,000									
Huevos de Helmintos (HH/L)											
			NÚM DE PARÁMETROS QUE CUMPLEN LA NOM					3	6	7	5

Como se observa al inicio del tratamiento la PTAR sólo cumplía con tres parámetros en el 2013, conforme se va estabilizando el proceso de tratamiento el cumplimiento de los límites máximos permisible aumento en 2015 a siete parámetros.

FOTOGRAFÍAS. Planta de tratamiento de aguas residuales Reynosa 1



**CAJA DE LLEGADA DE AGUA RESIDUAL Y DISTRIBUCIÓN.**



**PRETRATAMIENTO DE CRIBADO Y DESARENADO.**



**MEDIDOR DEL GASTO INFLUENTE DE AGUA RESIDUAL.**



**CAJA DE LLEGADA A REJILLAS DE DESBASTE GRUESO**



**MATERIALES REMOVIDOS POR LAS REJILLAS SE OBSERVA LA PRESENCIA DE PECES Y RESIDUOS PLÁSTICOS.**



**EN LA REJILLA DE DESBASTE FINO SE APRECIAN PECES DE TAMAÑO PEQUEÑO.**



**DESARENADOR CENTRÍFUGO**



**CLASIFICADOR DE ARENAS Y MATERIAL  
COLECTADO**

**SE APRECIA EL COLOR OSCURO DADO POR LA  
MATERIA ORGÁNICA IMPREGNADA EN LOS  
GRANOS DE ARENA.**



**REACTOR ANÓXICO. PERMITE LA MEZCLA DEL LODO DE RECIRCULACIÓN CON LAS AR.**



REACTOR BIOLÓGICO. SE APRECIAN FALLAS EN EL SISTEMA DE DIFUSORES.



REACTOR BIOLÓGICO. SE APRECIAN EL PASO DEL LICOR MEZCLADO AL SEDIMENTADOR SECUNDARIO.



REACTOR BIOLÓGICO Y SEDIMENTADOR SECUNDARIO



**SEDIMENTADOR SECUNDARIO Y CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS.**





**VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE SÓLIDOS DEL LICOR MEZCLADO A LOS 5 MIN Y CÁRCAMO DE RECIRCULACIÓN DE LODOS AL TANQUE ANÓXICO.**



**LAGUNA DE DIGESTIÓN AERÓBICA DE LODOS. SE APRECIA LA TUBERÍA DE DESCARGA A LAS LAGUNAS DEL SISTEMA FUERA DE OPERACIÓN.**







SISTEMA DE DESINFECCIÓN: CASETA DE CLORACIÓN Y LAGUNA DE CONTACTO DE CLORO.



EQUIPO PARA LA MEDICIÓN DEL GASTO DE ART. SE APRECIA UN GASTO DE 679 LPS.



CASETA DE SOPLADORES Y ALGUNAS EDIFICACIONES



**EDIFICIOS DE OPERACIONES Y LABORATORIO PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS Y LODOS.**



**DESCARGA DE ART AL DREN "EL ANHELO", AFLUENTE DEL RÍO BRAVO**



SISTEMA DE DESAGUADO MECÁNICO DE LODOS, MEDIANTE FILTROS BANDA.



SISTEMA DE DESAGUADO MECÁNICO DE LODOS. SE APRECIA LA MESA VIBRATORIA PARA EL ESPESAMIENTO DE LODOS Y EL FILTRO BANDA.



PTAR Reynosa 2.

Estructurada por un tratamiento preliminar, filtros rociadores, también conocidos como percoladores, sedimentadores secundarios y tanque de contacto de cloro. Los lodos producidos en exceso, en el tratamiento de las aguas, se estabilizan en un reactor anaeróbico y son desaguados en lechos de secado.

En las figuras 175 y 176 proporcionada por COMAPA del Estado de Tamaulipas se presenta el arreglo unifilar de las unidades de tratamiento y el diagrama de flujo y balance de masas.

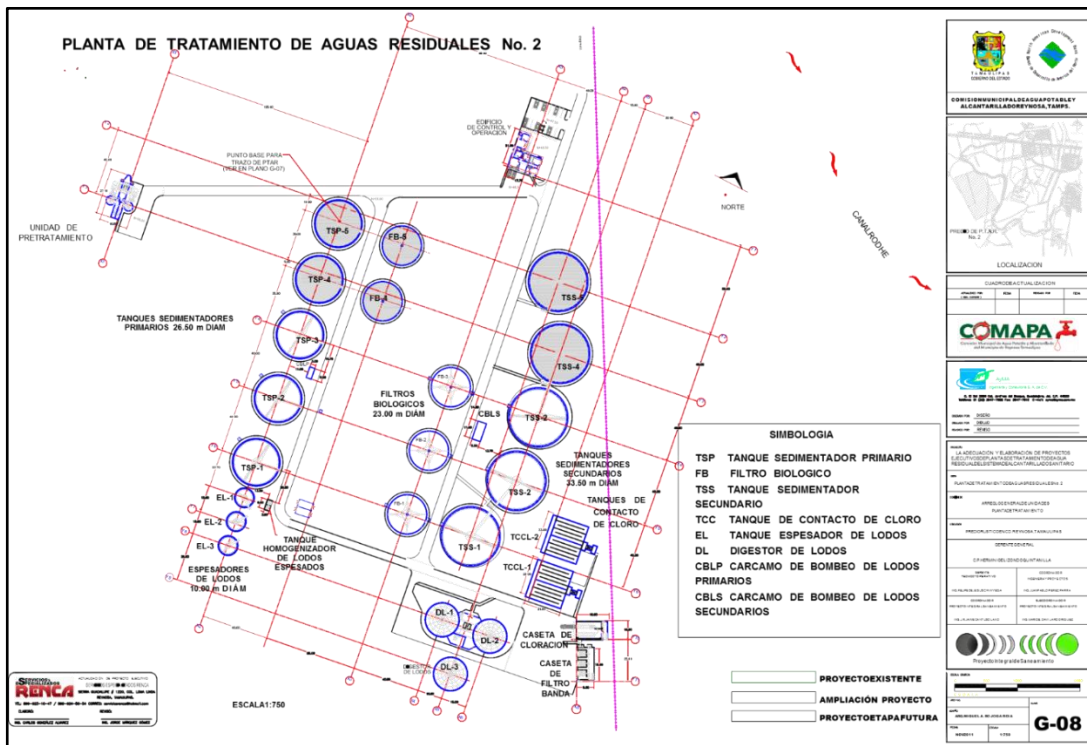


Figura 216. Arreglos de unidades de la PTAR Reynosa 2.

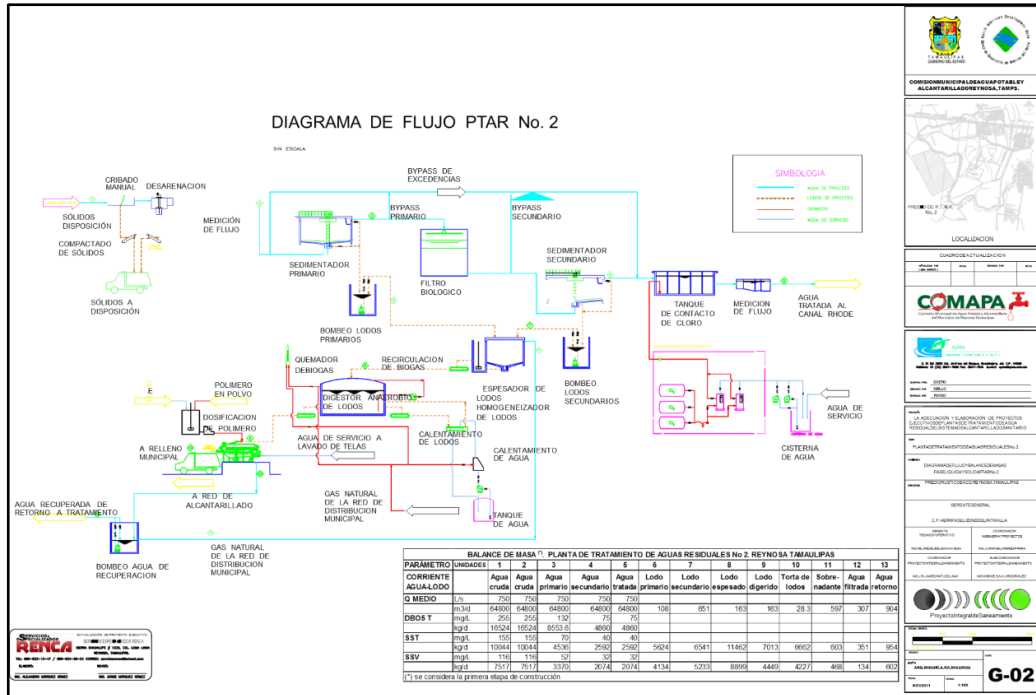


Figura 217. Diagrama de flujo y balances de masa. Fases líquida y sólida. PTAR Reynosa 2.

La PTAR presenta un módulo en operación y dos en arranque y estabilización, por lo que la calidad de las ART no presenta características adecuadas para el cumplimiento de la normatividad correspondiente.

La información del módulo en operación presenta la calidad que se da en la tabla 81. Se señalan celdas donde se aprecian valores cero no aceptados en la Química del Agua, donde es usual colocar el valor del límite de detección de la técnica analítica empleada.

Tabla 99. Calidad del agua de la planta de tratamiento de aguas residuales Reynosa 2.

PARAMETRO	ago-13		sep-13		oct-13		nov-13		dic-13		PROMEDIO	
	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL	INFL	EFL
DBO (mg/L)	432	110	436	109	431	129	424	130	419	132	428	122
DBO5 (mg/L)	276	57	277	55	280	67	276	68	273	66	276	63
N-Total (mg/L)	42.7	25.5	44	23.9	45	30.6	43.1	33.7	43.2	29.8	44	29
N-amoniaco (mg/L)	31.1	1.4	32.1	1.4	35.1	1.4	35.1	1.4	27.8	25.4	44	30
Nitrosos (mg/L)	7.1	6.6	6.6	6.6	15.8	12.4	12.4	12.4	12.3	11	11	11
P-total (mg/L)	7.08	7.68	7.02	7.47	7.11	7.54	7.1	7.6	7.9	7.73	7	8
pH	8.92	217	896	211	925	443	893	240	927	216	907	265
Color (Pt/Co)	1.363	883	1.315	837	1.269	864	1.296	801	1.315	818	1.312	841
Conductividad (µS/cm)	31.7	31.7	30.8	31	29.7	29.6	26.5	26.4	24.5	24.3	29	29
Temperatura (°C)	1.5	0.1	1.2	0.1	1.4	0.2	1.3	0.1	1.2	0.1	1.7	0.2
Ssd (m/L)	176	43	178	35	178	65	180	62	179	54	178	52
SST (mg/L)	139	44	142	27	139	30	130	32	130	34	136	33

En la tabla 82 se presentan los contaminantes sancionados en la normatividad vigente y los promedios de los años con información. Se observa que de los 7 parámetros sancionados con información en los años 2014 y 2015 cumplen 4. Se tienen deficiencias en DBO5, N total y P total.

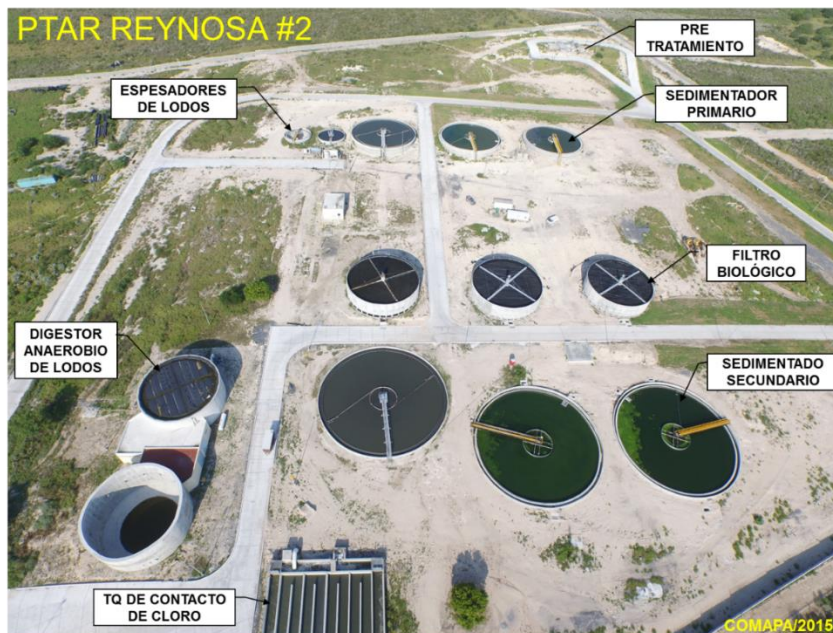
**Tabla 100. Cumplimiento de los límites máximos permisibles**

PARAMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)		RIOS Protección de vida acuática (C)		PROMEDIO MENSUAL DE CONTAMINANTES BÁSICOS									
		P.M.	P.D.	AÑO	2013	2014	2015	PROM GRAL	2013	2014	2015	PROM GRAL	
Temperatura °C (1)		40.0	40.0	PARAMETRO	EFL	EFL	EFL	EFL	CUMPLE NOM 1: NO CUMPLE 0				
Potencial de Hidrógeno, pH		5-10	5-10	Temperatura (°C)	28.6	24.3	25.1	26.0	1	1	1	1	
Grasas y Aceites (2)		15.0	25.0	pH	7.60	7.71	7.78	7.70	1	1	1	1	
Materia Flotante (3)		ausente	ausente	Ssed (ml/L)	0.12	0.11	0.10	0.11					
Sólidos Sedimentables (ml/l)		1.0	2.0	SST (mg/L)	52	39	35	42	1	1	1	1	
Sólidos Suspendidos Totales		40.0	60.0	DBO5 (mg/L)	62.6	66	65	64	0	0	0	0	
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5		30.0	60.0	N-Total (mg/L)	41.10	31.80	22.30	31.70	0	0	0	0	
Nitrógeno Total		15.0	25.0	P-total (mg/L)	6.66	9.48	11.36	9.16	0	0	0	0	
Fósforo Total		5.0	10.0										
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)		1,000	2,000										
Huevos de Helmintos (HH/L)													
				NÚM DE PARÁMETROS QUE CUMPLEN LA NOM					3	4	4	3	

Se observa que en los tres años analizados el cumplimiento de los LMP se presentó para los parámetros de temperatura, pH y Sólidos sedimentables.

FOTOGRAFÍAS.

En algunas fotografías panorámicas aparece la leyenda de COMAPA para reconocer la autoría del personal de esa institución que las obtuvo y que fueron gentilmente facilitadas para este estudio.



VISTA PANORÁMICA DE LA PTAR REYNOSA 2.



VISTAS PANORÁMICAS DE LA PTAR REYNOSA 2.



VISTAS PANORÁMICAS DE LA PTAR REYNOSA 2. Se observa el pretratamiento en etapa de construcción, foto derecha.



PRETRATAMIENTO Y CRIBA FINA



**PRETRATAMIENTO. DESARENADOR CENTRÍFUGO. SE OBSERVA EL PASO DEL AGUA PROVENIENTE DEL CRIBADO.**

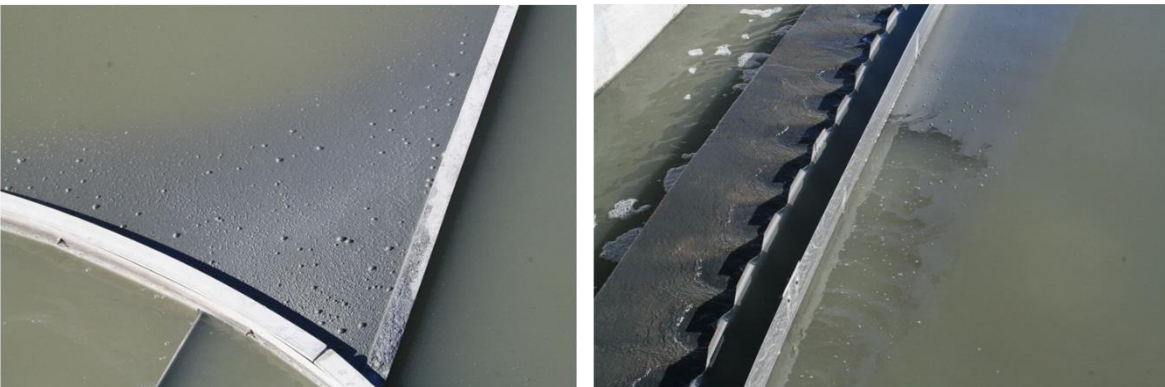


CLASIFICADOR DE ARENAS Y MEDIRO PARSHALL PARA AFORAR EL GASTO DE AGUA RESIDUAL A LOS SEDIMENTADORES PRIMARIOS





**(IZQ) SEDIMENTADOR PERIMARIO, FILTRO BIOLÓGICO Y SEDIMENTADOR SECUNDARIO.  
(DER) SEDIMENTADOR PRIMARIO Y ESPEJO DE AGUA)**



**(IZQ) SOBRENADANTE DE LA SEDIMENTACIÓN, RESULTANTE DE GIROS INDUSTRIALES.  
(DER) EFLUENTE CON COLORACIÓN OSCURA POR DESECHOS INDUSTRIALES.**



**(IZQ) FILTRO BIOLÓGICO, MOSTRANDO EL BRAZO REPARTIDOR DE AGUAS TRATADAS A NIVEL PRIMARIO SOBRE MÓDULOS. (DER) SE OBSERVA UN SOBREFLUJO DE AGUAS QUE LAVA LA BIOMASA DE LAS PAREDES DE LOS EMPAQUES. SE ENCUENTRA EN ETAPA DE ARRANQUE Y ESTABILIZACIÓN, POR LO QUE SERÍA RECOMENDABLE DISMINUIR EL GASTO DE AGUA Y REDUCIR LA VELOCIDAD DE ROTACIÓN DADA POR EL MOTOR.**

**PTAR REYNOSA #2**



**(IZQ) FILTRO BIOLÓGICO, MOSTRANDO LOS MÓDULOS DE EMPAQUE, EN LOS QUE SE APRECIA LA AUSENCIA DE BIOMASA.  
(DER) SE OBSERVA EL INSTRUMENTO QUE PERMITE CONTROLAR LA VELOCIDAD DEL BRAZO REPARTIDOR DE AGUAS EN EL FILTRO BIOLÓGICO.**

**PTAR REYNOSA #2**



**(IZQ) FILTRO BIOLÓGICO, QUE PERMITE APRECIAR SUS DIMENSIONES DE DIÁMETRO Y ALTURA.  
(DER) SE OBSERVA LA ESTRUCTURA POR LA QUE SE DESCARGAN LAS AGUAS A SU PASO POR EL MEDIO SINTÉTICO. NO SE RECIRCULAN AGUAS EFLUENTES NI DE LOS SEDIMENTADORES SECUNDARIOS.**

**PTAR REYNOSA #2**



**(IZQ) SEDIMENTADOR SECUNDARIO. (DER) TANQUE DE CONTACTO DE CLORO.**

### **PTAR REYNOSA #2**



**(IZQ) MEDIDOR PARSHALL PARA EL AFORO DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS, PROVENIENTES DE DESINFECCIÓN.  
(DER) SE APRECIA LA CASETA DE CLORACIÓN Y DEL EDIFICIO DE FILTROS BANDA PARA EL DESAGUADO DE LODOS.**

### **PTAR REYNOSA #2**



**(IZQ) DIGESTOR ANAERÓBICO DE LODOS, EN EL QUE SE ESTABILIZAN LOS LODOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS.  
(DER) CASETA DE LOS FILTROS BANDA PARA LA DESHIDRATACIÓN DE LOS LODOS ESTABILIZADOS.**

PTAR MATAMOROS.

#### Diseño Conceptual

El sistema de tratamiento seleccionado para la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Matamoros se basa en un sistema lagunar con desinfección natural mediante lagunas de maduración. Las estructuras de conducción y tratamiento consideradas en este proyecto incluyen:

Se recibe el caudal de aguas residuales después de pretratamiento de la estación de bombeo No. 42 en una caja repartidora de flujo que deriva el agua hacia las lagunas anaerobias.

Dos lagunas anaerobias con capacidad de tratamiento de 240 l/s cada una. Las dimensiones de estas lagunas en la parte superior del bordo son de 128 de largo y 61 m de ancho.

Caja repartidora de flujo para derivar el agua efluente de las lagunas anaerobias a las lagunas facultativas, estas cajas están diseñadas para recibir el caudal de cualquiera de las dos lagunas anaerobias y enviar el agua indistintamente a cualquiera de las lagunas facultativas.

Dos lagunas facultativas con capacidad de tratamiento de 205 lps cada una y una carga orgánica superficial de 182.7 kg de DBO/Ha con dimensiones en la parte superior del bordo de 544 metros de largo y con tres secciones de 48 metros para aproximar el patrón de flujo a flujo pistón. Adicionalmente se considera una laguna facultativa con capacidad de tratamiento para el caudal futuro adicional de 70 l/s que mide en su parte superior del talud 548 metros por un promedio de 90 metros de ancho.

El efluente de las lagunas facultativas se recibe en cajas derivadoras de flujo que envían el agua de manera paralela hacia las lagunas de maduración 1.

Se determinó la construcción de dos lagunas de maduración 1, con capacidad de tratamiento de 205 l/s cada una para recibir el efluente de cada una de las lagunas facultativas. Se tiene un tren adicional de 70 l/s que recibe el agua de la laguna facultativa de la misma capacidad. Las dimensiones de las lagunas de maduración 1 en su parte alta del talud es de 195 de largo con tres secciones de 48 metros de ancho cada uno.

El efluente de las lagunas de maduración 1, se capta en diferentes cajas de recepción de flujo que conducen el agua hacia el efluente en la primera etapa y al segundo tren de maduración en la segunda etapa.

En la parte final del tratamiento se instalará una canaleta tipo Parshall que permitirá la medición del flujo efluente tratado, esto permitirá confirmar y mantener al día el balance hidráulico, en virtud de que en la estación de bombeo No 42 se registrará el caudal bombeado a la planta de tratamiento.

La eficiencia de remoción de partículas de tamaño inferior al tamaño de diseño es proporcional a la relación de su velocidad de sedimentación con la velocidad de sedimentación de diseño.

El volumen de arenas a remover está en el rango de 7.5 a 90 litros por cada 1,000 metros cúbicos de agua residual.

Impacto ambiental, puede producirse olores desagradables si las arenas no son removidas con regularidad y contienen sólidos orgánicos. Para mitigar este problema se propusieron lavadores de arenas que aplicando una operación adecuada podrá minimizar este problema.

Requiere de mínimos de energía y la confiabilidad del proceso es poco expuesto a fallas de operación además los requerimientos de mano de obra calificada son mínimos.

El tiempo hidráulico de retención del agua en la laguna facultativa, calculado a partir del área resultante y tirante hidráulico asignado, fue de 8 y 13 días, para las lagunas de 205 L/s y 70 L/s, respectivamente.

La concentración de coliformes fecales, calculada para el efluente de la laguna facultativa, es de  $7.5 \times 10^5$  NMP/100 mL, logrando así una remoción porcentual de 99.01 %.

Desinfección.

Laguna de maduración.

El objetivo principal de la laguna de maduración es reducir el número de coliformes fecales a menos de 1,000 organismos por 100 mililitros como número más probable. El número y tamaño de las lagunas de maduración está gobernado por la calidad bacteriológica establecida para el efluente.

Para determinar la superficie de la laguna de maduración se utilizó el criterio de aplicar el 75% de la carga superficial de la laguna facultativa previa.

Calidad de las aguas residuales y residuales tratadas. - se tiene al alcance los resultados de dos muestreos realizado en el mes de enero del 2015 y proporcionados por el Organismo Operador, con los que es posible evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes. En la tabla 10, se muestran los resultados correspondientes, observándose:

La eficiencia de remoción de materia orgánica carbonácea, medida en términos de la  $DBO_5$ , varía del 63 al 97%, la de DQO de 79 a 92%.

La eficiencia de remoción de materia orgánica nitrogenada, en términos de nitrógeno total de Kjeldahl, varía del 34 al 62%. Aun cuando la concentración de nitrógeno del segundo muestreo es el doble del primero, la concentración de los efluentes permanece aproximadamente igual.

Se tiene una alta remoción de sustancias activas al azul de metileno, tal vez por el uso de detergentes lineales en su materia prima.

Las remociones de SST varían de 59 a 70%. La presencia de algas debería incrementar la concentración de este parámetro, lo que no sucede. No se tiene una explicación.

La relación de  $DBO_5$  a Nitrógeno y Fósforo de 100:5:1 es empleada para determinar los requerimientos de nutrientes en un proceso biológico de tratamiento biológico. Se observa que esta relación se satisface, siendo alto el valor del nitrógeno en el segundo muestreo. Esto se relaciona con la eficiencia de remoción de nitrógeno.

**Tabla 101. Calidad del agua de la PTAR Matamoros.**

PTAR MATAMOROS. REPORTE ANALÍTICO AR Y ART							
Fecha de muestreo:		20-ene-2015			31-ene-2015		
Clave de la muestra		52F	51F		85F	84F	
PARÁMETRO	UNIDAD	AR	ART	EFIC	AR	ART	EFIC
Cianuros	mg/L	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	
Coliformes fecales NMP	NMP/100ml	>24000	560		>24000	4	
DBO5	mg/L	153	4.96	96.8	70.9	26.5	62.6
DQO	mg/L	189	39.8	78.9	346	28.2	91.8
Grasas y aceites	mg/L	10	6	40	7	6	14.3
Huevos de Helmintos	HL	2	0	100	1	1	0.00
Materia flotante	--	aus	aus		aus	aus	
Arsénico	mg/L	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	
Cadmio	mg/L	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	
Cobre	mg/L	<0.05	<0.05		<0.05	<0.05	
Cromo total	mg/L	<0.05	<0.05		<0.05	<0.05	
Mercurio	mg/L	<0.005	<0.005		<0.005	<0.005	
Niquel	mg/L	<0.05	<0.05		<0.05	<0.05	
Plomo	mg/L	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	
Zinc	mg/L	0.142	0.0125	91.20	0.076	<0.05	
Fósforo	mg/L	3.47	0.862	75.16	1.79	<0.5	
Nitrógeno de Nitrato	mg/L	<0.1	0.373		<0.1	0.319	
Nitrógeno de Nitrito	mg/L	<0.01	0.065		<0.01	0.117	
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	23	15.2	33.9	40.9	15.7	61.6
Nitrógeno total	mg/L	23	15.6	32.2	40.9	16.2	60.4
pH	UpH	8.9	7.8		8.9	7.8	
S.A.A.M	mg/L	4.34	1.25	71.2	4.0	0.29	92.7
Sólidos sedimentables en agua	mL/L	0.1	<0.1		0.2	<0.1	
Sólidos suspendidos totales	mg/L	69	21	69.6	59	24	59.3
Temperatura	°C	12.3	12.3		20.7	18.5	
Relación entre parámetros							
Carbón, en términos de la DBO:	100		100			100	
Nitrógeno:	5		15			58	
Fósforo:	1		2.3			2.5	
DBO5 a DQO			0.81	0.12		0.20	0.94
SST a DBO5			0.45	4.23		0.83	0.91
S.A.A.M a DQO			0.023	0.031		0.012	0.010

La comparación de las concentraciones de contaminantes de los efluentes de los dos muestreos con los límites de concentración que señala la NOM 001 se presenta en la tabla 83.

Se observa que, de los 20 parámetros susceptibles de comparación, se cumplen 19, quedando fuera los valores de nitrógeno total de ambos muestreos.

**Tabla 102. Parámetros que cumplieron la NOM-001-SEMARNAT-1996**

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BASICOS Y METALES PESADOS				PTAR MATAMOROS. REPORTE ANALÍTICO ART. 2015			
PARAMETROS		RIOS				CUMPLE NOM 1; NO CUMPLE 0	
(miligramos por litro, excepto cuando se especifique)		Protección de vida acuática (C)					
		P.M.	P.D	20-ene	31-ene	20-ene	31-ene
1	Temperatura °C (1)	40.0	40.0	12.3	18.5	1	1
2	Potencial de Hidrógeno, pH	5-10	5-10	7.8	7.8	1	1
3	Grasas y Aceites (2)	15.0	25.0	6	6	1	1
4	Materia Flotante (3)	ausente	ausente	aus	aus	1	1
5	Sólidos Sedimentables (ml/l)	1.0	2.0	0.1	0.1	(1)	1
6	Sólidos Suspendidos Totales	40.0	60.0	21	24	1	1
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	30.0	60.0	4.96	26.5	1	1
8	Nitrógeno Total	15.0	25.0	15.6	16.2	0	0
9	Fósforo Total	5.0	10.0	0.862	0.5	(1)	1
10	Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1,000	2,000	560	0.5	1	1
11	Huevos de Helminetos (HH/L) (*)	1.0	5.0	0	0.9	1	1
12	Arsénico	0.10	0.20	0.09	0.09	(1)	1
13	Cadmio	0.10	0.20	0.09	0.09	(1)	1
14	Cianuro	1.00	2.00	0.02	0.02	(1)	1
15	Cobre	4.00	6.00	0.05	0.05	(1)	1
16	Cromo	0.50	1.00	0.05	0.05	(1)	1
17	Mercurio	0.01	0.01	0.005	0.005	(1)	1
18	Níquel	2.00	4.00	0.05	0.05	(1)	1
19	Plomo	0.20	0.40	0.02	0.02	(1)	1
20	Zinc	10.00	20.00	0.0125	0.05	(1)	1
(*) : parámetro para suelos (uso en riego agrícola)				NÚM DE PARÁMETROS QUE CUMPLEN LA NOM		19	19
(1): se omite la desigualdad							

PTAR CD MIER.

La información de este sistema es escueta y se reduce a unas páginas del Plan Maestro de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de Cd Mier, Tamaulipas (Servicios de Ingeniería e Informática SC, 2004).

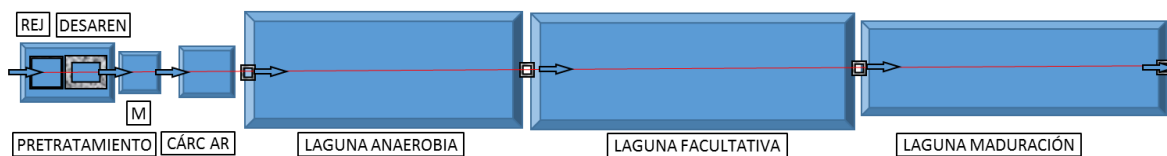
En el documento se señala la calidad de las aguas residuales provenientes de la población y se muestra en la Tabla 85.

**Tabla 103. Calidad del agua residual cruda esperada en Cd Mier.**

CALIDAD DE AGUA RESIDUAL CRUDA			
No.	CONTAMINANTES	UNIDAD	VALOR
1	DBO	mg/L	149
2	SST	mg/L	140
3	NITRÓGENO	mg/L	25
4	FÓSFORO	mg/L	6
5	GyA	mg/L	18
6	SST	mg/L	0.8
7	COLIS FEC	NMP/100 mL	3.24E+06

La determinación de la calidad requerida en las aguas residuales tratadas es que aguas abajo de la descarga de aguas tratadas se extrae agua para potabilización.

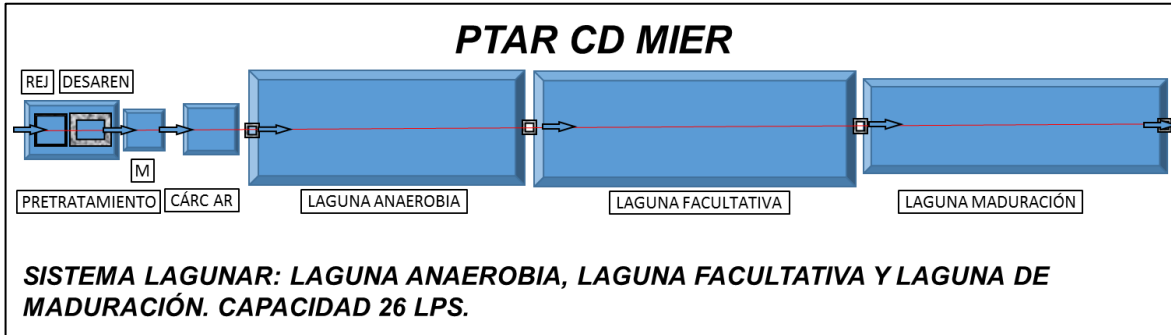
En la figura 177 se muestra el arreglo correspondiente cuyo monto de construcción es de un poco más de seis millones de pesos (año 2004). El costo de producción de agua residual tratada por metro cúbico calculado para ese año de construcción (2004) fue de \$1.33 m.n.



**Figura 218. Arreglo de la PTAR Cd. Mier**



FOTOGRAFÍAS. -



**PTAR CD MIER**



**(IZQ) LAGUNA FACULTATIVA. (DER) LAGUNA DE MADURACIÓN**

**PTAR CD MIER**



**VISTA PANORÁMICA DE LAS LAGUNAS. LA PROTECCIÓN DE LAS GEOMEMBRANAS SE DA A LOS TALUDES PERO NO A LA BASE DE FONDO DE LAS LAGUNAS.**

**PTAR CD MIER**



**(IZQ) VISTA DE LA LAGUNA ANAEROBIA CON PROBLEMAS DE FILTRACIÓN DE LAS AR.  
(DER) REGIÓN ALEDAÑA A LAS LAGUNAS.**

En la Figura 178 se presenta un sitio de ubicación del predio de la PTAR Miguel Alemán consistente en laguna de estabilización y en la figura 179 el plano topográfico.



Figura 219. Ubicación de la PTAR Miguel Alemán. Zona de Influencia para el Predio de la Ampliación de la PTAR de Ciudad Miguel Alemán, Tamaulipas

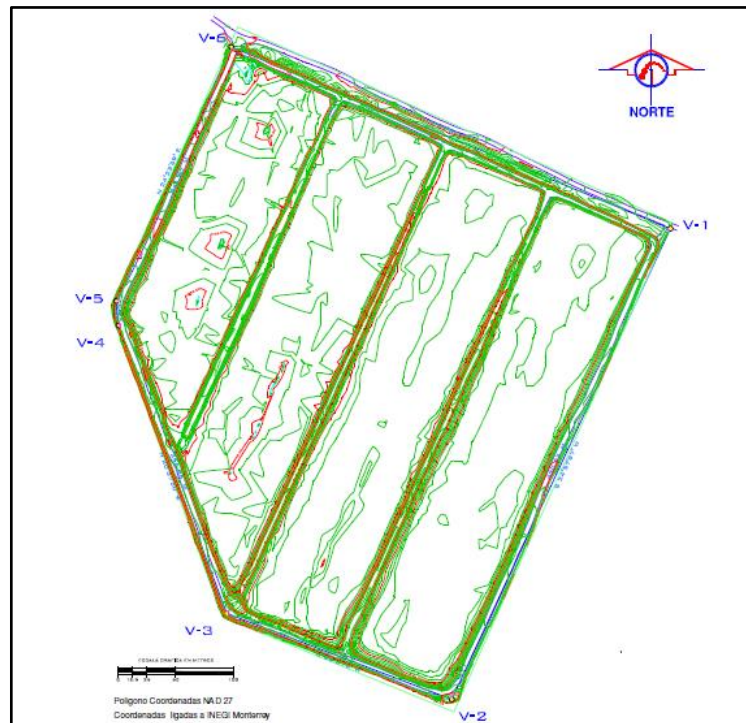
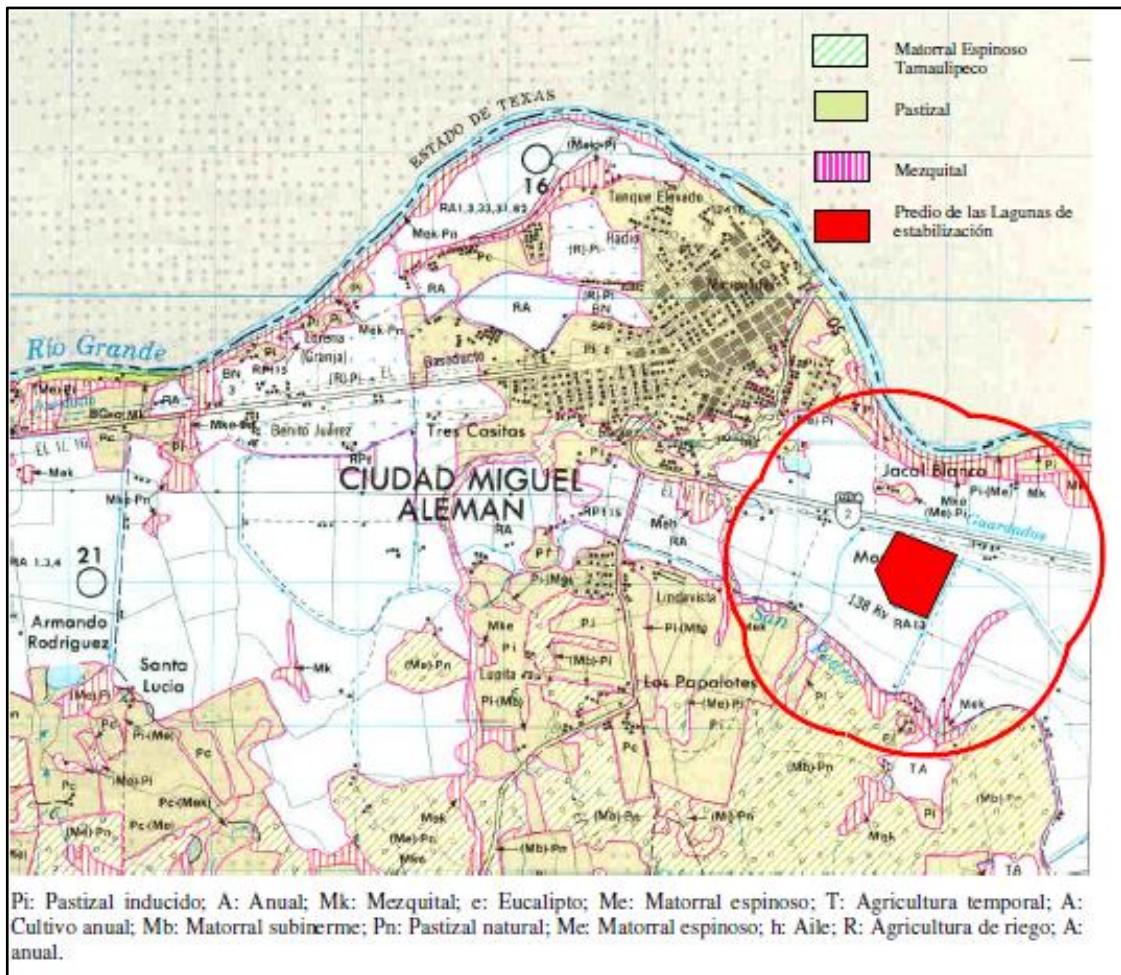


Figura 220. Plano topográfico con vértices del predio

En el entorno de 1,000 metros a la redonda se tienen predios agrícolas y la mancha urbana de Ciudad Miguel Alemán. El predio se encuentra rodeado de vialidades de terracería, la terracería que bordea al predio del lado este comunica con la carretera nacional 2 que bordea la parte noreste del estado de Tamaulipas. En el extremo norte de la zona de influencia se encuentra el río Bravo y alcanza una pequeña porción de territorio internacional de Estados Unidos de Norteamérica. En el noroeste se encuentra Ciudad Miguel Alemán, sin embargo, dentro de un radio de 1.0 km sólo una pequeña porción de la mancha urbana es alcanzada.

Dentro del predio se tiene vegetación generalmente observada en humedales en las áreas más húmedas y mezquites y huizaches en las zonas que no se encuentran saturadas de agua. En la Figura 180 se presentan los usos de suelo en la zona de estudio y alrededores.

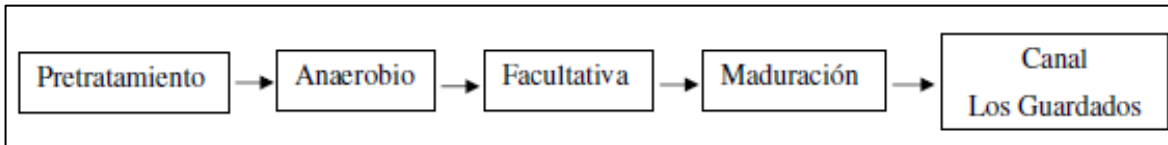


**Figura 221. Tipos de Uso de Suelo del Municipio de Ciudad Miguel Alemán**

Los sistemas lagunares presentan sencillez en la operación y bajos costos de operación y mantenimiento ya que sólo requiere a dos operadores para realizar el mantenimiento y monitoreo de la calidad del agua, y sólo se requiere un mínimo de electricidad para su operación ya que las aguas residuales son distribuidas a las lagunas sucesivas por gravedad.

Este sistema de tratamiento consta primero de lagunas anaerobias que tienen como características particulares ser muy pequeñas comparadas con las lagunas facultativas, debido a que el tiempo de retención hidráulico es menor. Además de ello, la carga orgánica volumétrica (kg DBO/m<sup>3</sup>), aplicada a este tipo de lagunas, es mucho mayor a la carga que se aplica a las lagunas facultativas y de maduración (pulimento), además de contar con un tirante hidráulico superior a 3.5 metros, lo que impide el paso de rayos solares y dificultan la solubilización del oxígeno, lo que, aunado a la fuerte carga orgánica aplicada, provoca las condiciones anaerobias que caracterizan a este tipo de lagunas.

En la Figura 181 se presenta un diagrama sencillo que explica el proceso.



**Figura 222. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de las aguas residuales**

Como unidad de tratamiento subsiguiente, se rehabilitará la laguna facultativa, que tiene como características generales un tirante de agua inferior a 1.8 metros y tiempo de retención entre de 16.5 días, motivo por el cual requieren mayor superficie que las lagunas anaerobias. En las lagunas facultativas existen condiciones aeróbicas en la parte superior de la columna de agua, en tanto que a medida que se avanza hacia el fondo, se reduce la cantidad de oxígeno disponible para los microorganismos, pero no llega a alcanzar las condiciones sépticas de una laguna anaerobia.

En las lagunas facultativas se llevan a cabo reacciones y transformaciones biológicas con las que el agua residual se va depurando y, a su vez, existe una mortandad de coliformes debido a las condiciones de insolación y a la competencia que existe en el medio biológico de las lagunas.

Como paso final del tratamiento, el efluente de las lagunas facultativas se conduce a las lagunas de maduración, en donde el objetivo principal es “pulir” la calidad de agua efluente de las lagunas facultativas. En las lagunas de maduración existe una menor remoción de materia orgánica comparada con las lagunas facultativas y anaerobias, pero en ellas es donde se alcanzan los niveles de desinfección deseados como consecuencia de los efectos de la insolación y radiación solar, aunadas a la competencia entre organismos. Estas lagunas tienen un tirante hidráulico de 1.5 metros.

En estas lagunas existe alto crecimiento de algas que generan un color verde en la superficie de la laguna. Generalmente, este tipo de lagunas requieren de más de un paso para alcanzar los requerimientos de calidad bacteriológica marcados en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

En este tren lagunar, la laguna facultativa lleva a cabo la depuración mayoritaria de la carga orgánica en el influente, por su parte, las lagunas de maduración cumplen con la remoción de la materia orgánica restante, además de complementar el proceso de desinfección. Es muy común requerir dos o más lagunas de maduración para alcanzar los niveles de calidad requeridos, en función de la temperatura del mes más frío y la concentración de coliformes fecales en el agua cruda. En la tabla 86 se presenta el resumen de los procesos.

**Tabla 104. Resumen de Ingeniería Básica del Sistema Lagunar**

<b>PTAR MIGUEL ALEMÁN</b>		
LAGUNA Y DIMENSIONES	unidad	valor
<b>LAGUNA ANAEROBIA</b>		
Gasto de AR	lps	75
	m <sup>3</sup> /d	6480
No. Lagunas construidas		1
Ancho	m	51
Largo	m	127
Tirante hidráulico	m	3.5
Volumen	m <sup>3</sup>	22670
Tiempo hidráulico de retención	d	3.28
Carga orgánica volumétrica resultante (1)	g/mm <sup>3</sup> *d	77
Área requerida	m <sup>2</sup>	8410
<b>LAGUNA FACULTATIVA</b>		
No. Lagunas construidas		2
Carga orgánica recomendada*	kg/ha/día	166
Carga orgánica máxima para evitar inhibición por amoníaco		
CSM = 400.6 (1.0993) <sup>(T<sub>ai</sub>-20)</sup>	kg/ha/día	249.5
Carga orgánica influente	kg/día	466.6
Tiempo de retención	d	15.5
Area mínima	ha	2.8
Profundidad	m	1.8
Tiempo de retención hidráulica	días	16.5
Rel. largo/ancho		15
Ancho de recorrido por laguna	m	45
Largo de recorrido por laguna	m	660
<b>LAGUNA DE MADURACIÓN</b>		
No. Lagunas construidas		2
Ancho medio de recorrido de la laguna	m	40
Longitud media de recorrido de la laguna	m	360
Alimentación de Agua Cruda	l/s	112.5
Gasto por tren	l/s	37.5
DBO del influente	mg/l	135.0
Coliformes fecales en efluente	NMP/100 ml	700
Superficie en cada paso	ha	1.44
Profundidad	m	1.5
Volumen	m <sup>3</sup>	24,480
Tiempo de retención	días	6.7
Carga orgánica superficial calculada*	kg/ha-d	70
Carga orgánica volumétrica	gDBO/m <sup>3</sup> día	4.6

FOTOGRAFÍAS.

**PTAR MIGUEL ALEMÁN**



**(IZQ) EQUIPO LAVADOR DE GASES PRODUCTORES DE MALOS OLORES PROVENIENTES DE LAS AR DEL CÁRCAMO DE RECOLECCIÓN Y BOMBEO A LAS LAGUNAS. (DER) EQUIPO DE TRATAMIENTO DE AR: CRIBADO Y DESARENACIÓN CON LAVADO DE ARENAS.**

**PTAR MIGUEL ALEMÁN**



**(IZQ) MÚLTIPLE DE DESCARGA DE AR AL SISTEMA LAGUNAR. (DER) DESARENADOR CENTRÍFUGO DE AR.**

**PTAR MIGUEL ALEMÁN**



**(IZQ) EQUIPO DE CRIBADO DE AR. (DER) DESARENADOR DE AR.**

### **PTAR MIGUEL ALEMÁN**



**(IZQ) CAJA DE RECEPCIÓN DE AR.**  
**(DER) CANAL DE CONDUCCIÓN DE LA CAJA AL MEDIDOR PARSHALL.**

### **PTAR MIGUEL ALEMÁN**



**(IZQ) CANAL PARSHALL PARA EL AFORO DE AR. (DER) DESCARGA LIBRE DEL CANAL PARSHALL.**



## **PTAR MIGUEL ALEMÁN**



**(IZQ) CAJA DE RECEPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AR. (DER) SE HAN REALIZADO ALGUNOS CORTES PARA PERMITIR LA SALIDA DE LAS AR EN CONDICIONES DE GASTOS EXTRAORDINARIOS AL CANAL LOS GUARDADOS.**

## **PTAR MIGUEL ALEMÁN**



**(IZQ) DESCARGA DE AR DE LA CAJA DE RECEPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN A LA LAGUNA ANAERÓBICA Y SU PASO, A TRAVÉS DE CAJAS DE VÁLVULAS, A LA LAGUNA FACULTATIVA.**

**(DER) VISTA DE LA LAGUNA ANAERÓBICA JUNTO CON LA CAJA DE RECEPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AR EN FLUJO HACIA LAS LAGUNAS DE MADURACIÓN.**

### **PTAR MIGUEL ALEMÁN**



**PASO DE LAS AGUAS DE LA LAGUNA ANAEROBOIA A LAS LAGUNAS DE MADURACIÓN. (IZQ) SE OBSERVAN LOS BAFLES QUE PERMITEN LA CIRCULACIÓN DE LAS AGUAS EN TIPO PISTÓN, ASEGURANDO ALTAS EFICIENCIAS DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES. (DER) SE APRECIA LA PRESENCIA DE AVES, HACIENDO RESALTAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS.**

### **PTAR MIGUEL ALEMÁN**



**(IZQ) CIRCULACIÓN DE LAS AGUAS EN LA LAGUNA FACULTATIVA. (DER) ESTRUCTURA QUE PERMITE EL PASO DE LAS AGUAS DE LA LAGUNA FACULTATIVA A LA DE MADURACIÓN.**

### **PTAR MIGUEL ALEMÁN**



**VISTA PANORÁMICA DE LAS LAGUNAS DE MADURACIÓN.  
(IZQ) SE APRECIA UNA ZONA DE BAJA VELOCIDAD DEL AGUA Y CRECIMIENTO DE  
MALEZA ACUÁTICA.  
(DER) AL FONDO SE APRECIA EL CÁRCAMO DE BOMBEO DE ART.**

### **PTAR MIGUEL ALEMÁN**



**(IZQ) CAJA DE RECEPCIÓN DE AGUAS DE LA LAGUNA DE MADURACIÓN HACIA EL  
CÁRCAMO DE BOMBEO.  
(DER) CAJA DE PASO DE AGUAS AL CÁRCAMO DE BOMBEO**

### **PTAR MIGUEL ALEMÁN**



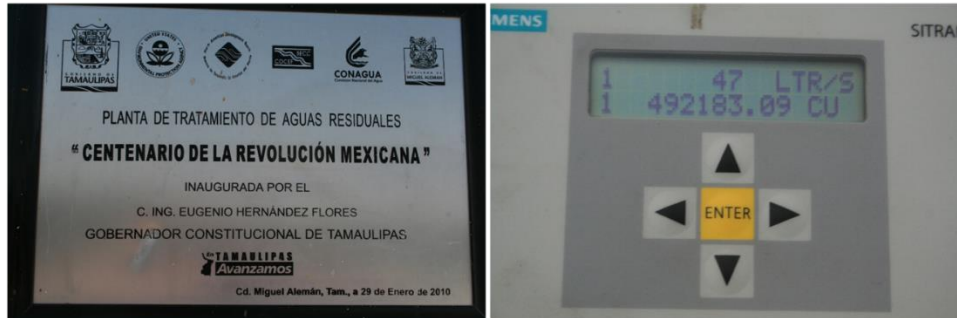
**(IZQ) SALIDA DE LAS ART DE LA LAGUNA DE MADURACIÓN.  
(DER) CÁRCAMO DE BOMBEO DE ART Y CASETA CON EL EQUIPO DE MEDICIÓN DE  
CAUDALES.**

**PTAR MIGUEL ALEMÁN**



**(IZQ) DESCARGA DE ART AL CANAL LOS GURDADOS O PARA SU USO EN LA AGRICULTURA.**  
**(DER) CALIDAD DE LAS ART. ES DE LLAMAR LA ATENCIÓN LA BAJA CONCENTRACIÓN DE ALGAS AL NO DETECTARSE VISUALMENTE UNA COLORACIÓN VERDOSA.**

**PTAR MIGUEL ALEMÁN**



**(IZQ) PLACA DE INAUGURACIÓN DE LA PTAR. SU INICIO DE OPERACIÓN FUE EN EL AÑO 2010.**  
**(der) MEDICIÓN DEL GASTO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS, ART, MEDIANTE UN MEDIDOR ULTRASÓNICO. EL GASTO DE 47 LPS ES INFERIOR AL DE DISEÑO DE 75 LPS. EN TIEMPOS DE LLUVIAS EL GASTO ES SUPERIOR AL DE DISEÑO POR POCAS HORAS.**

**PTAR MIGUEL ALEMÁN**

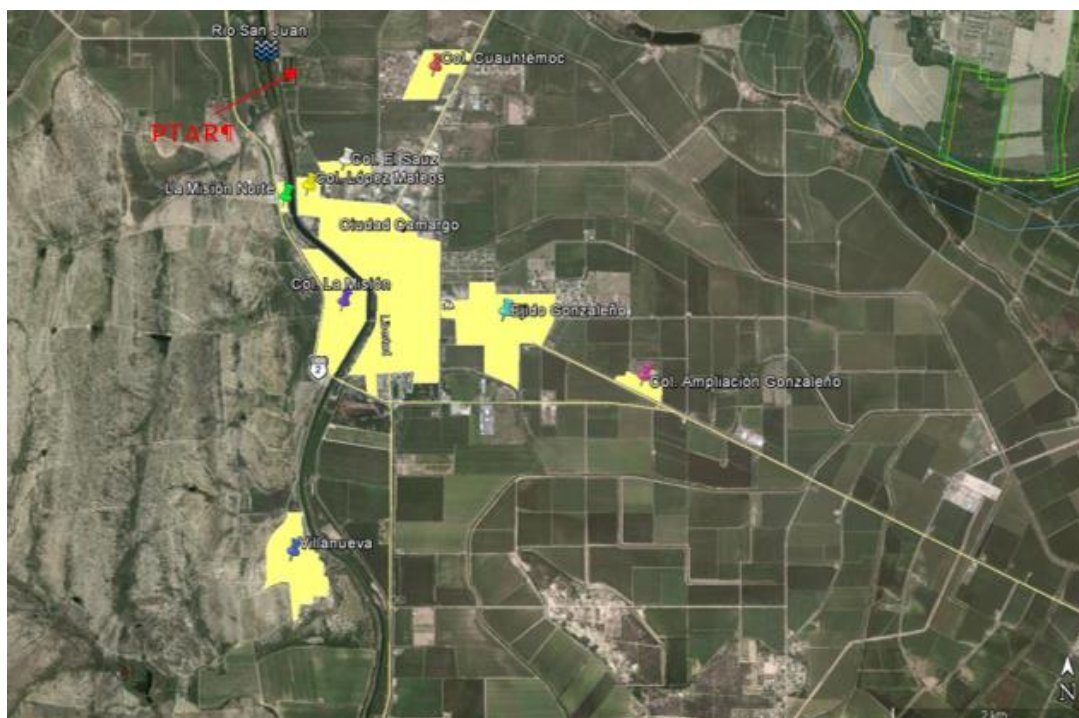


**(IZQ) EQUIPO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA SU USO EN CASOS DE ENMERGENCIA.**  
**(DER) CÁRCAMO DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS Y UNIDAD DE MEDICIÓN DE GASTO.**

## PTAR CAMARGO

### LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO.

El municipio de Camargo está ubicado en la parte norte del estado de Tamaulipas, la cabecera municipal lleva el mismo nombre y se localiza en los 26° 19' de latitud norte y 98° 06' de longitud oeste, a una altura de 68 metros sobre el nivel del mar. En la figura 182 se muestra la ubicación de PTAR.



**Figura 223. Localización de la PTAR en el Municipio de Camargo, Tamaulipas**

La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Ciudad de Camargo trata las aguas residuales de la cabecera municipal y de las colonias que se listan a continuación, con referencia a su ubicación respecto al río San Juan:

#### Margen Derecha río San Juan:

- Col. López Mateos
- Ejido Gonzaleño
- Colonia Ampliación Gonzaleño
- Colonia El Sauz
- Colonia Cuauhtémoc
- Infonavit Nuevo Camargo

#### Margen izquierda del río San Juan:

- Colonia La Misión
- La Misión Norte
- Villanueva / Benito Juárez

El gasto medio de agua residual que se aforó en Ciudad Camargo en el 2012, sumando los valores de los tres sitios que corresponden a las entradas de agua a los cárcamos fue de 15.1 L/s, con un mínimo de 12.0 L/s y máximo de 18.4 L/s.

La relación del valor del caudal medio de agua residual con el obtenido como dotación de agua potable, a partir de los datos de micromedición, de 27.5 L/s, es de 0.55, el cual es demasiado bajo para lo típicamente esperado de 0.80.

En virtud del grado de incertidumbre en la información del gasto y calidad del agua de las aguas residuales generadas en Ciudad Camargo, se realizaron campañas de aforo y muestreo en distintas épocas del año con el propósito de contar con bases de diseño confiables. Estos trabajos se llevaron a cabo con la participación de laboratorios acreditados para aforo de las corrientes y muestreo del agua. Las campañas se realizaron en los meses de julio y noviembre del 2014 y en febrero del 2015.

La población total que se encuentra asentada en las áreas de aportación hacia los dos puntos de descarga del agua residual en los cuales se realizaron los aforos sería de 7,825 habitantes, sin embargo la cobertura de alcantarillado se podría asumir que es del 93.8%, según los datos de los servicios disponibles en las viviendas que también se recaban como parte del Censo del INEGI, con lo que la población tributaria hacia los cárcamos de bombeo sería de 7,340 habitantes.

De esta forma, con la población tributaria y el gasto aforado de agua residual, 18.31 L/s, la aportación per cápita que se obtiene es de 216 l/hab/día. La relación entre esta aportación con la dotación de agua potable de 280 l/hab/día, es del 0.77, que se encuentra en el rango típico para este parámetro.

Se presenta en la tabla 87, a continuación, a manera de resumen, los valores mediante los cuales se determina la aportación de agua residual para la población de Ciudad Camargo.

**Tabla 105. Resumen de aportaciones de agua residual de la población de Cd. Camargo.**

Gasto aforado	18.31 L/seg
Población total en área de servicio	7,825 hab
Cobertura del servicio de drenaje	93.80%
Población tributaria a los puntos de aforo	7,340 hab
Aportación per – cápita resultante	216 l/hab/día
Dotación de agua potable obtenida por separado	280 l/hab/día
Coeficiente de aportación	0.77

En el proyecto realizado por conducto de la CEAT, en el año 2012, el gasto medio de diseño que se consideró para la planta de tratamiento fue de 25 L/s.

Calidad del agua residual cruda. - La información que se estuvo inicialmente disponible de calidad de agua residual cruda de Camargo fue la correspondiente al estudio “Elaboración de Proyecto Cárcamo de Bombeo y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, para Camargo Tamps.” (Roca Constructora, 2012), los datos son de una muestra entregada por el Consultor al laboratorio ambiental de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno de Tamaulipas. El muestreo y análisis (Tabla 88) se efectuó en noviembre del 2012, sin señalar si la muestra era instantánea o compuesta.

**Tabla 106. Resultados de calidad del agua residual.**

<b>Parámetro</b>	<b>Concentración (mg/l, salvo que se indique otra)</b>
pH, unidades de pH	7.74
Sólidos sedimentables, mL/L	4
Grasas y aceites	73
DBO	214
SST	970
NTK	67.4
Fósforo total	9.24
Coliformes fecales, NMP/100 ml	> 24,000
Huevos de helminto, H/L	0
Cianuros	< 0.015
Cadmio	< 0.02
Cobre	0.07
Cromo	< 0.07
Mercurio	< 0.001
Níquel	0.14
Plomo	< 0.21
Zinc	0.61

La evaluación de los resultados de calidad de agua reportados se permite realizar los siguientes comentarios:

- Las concentraciones corresponden, con excepción de los SST, a agua residual típica municipal con carga media/baja de contaminantes.
- El valor de SST representa una condición atípica, ya que la relación usual de SST entre DBO en agua residual municipal es de 0.8 a 1.1 veces, en este caso es 4.5 veces.
- La concentración de NTK es elevada, de la que resulta una relación NTK/DBO de 0.31, mientras que el rango usual para esta relación es de 0.10 a 0.20.
- La concentración de Fósforo es moderadamente baja, con una relación DBO/P de 23, en tanto que el rango usual es de 20 a 50.
- Las concentraciones de cianuro y metales pesados son bajas, como corresponde a un agua residual municipal sin influencia de descargas industriales de giros aportadores de este tipo de contaminantes.
- El valor de coliformes fecales, crítico para el diseño de un sistema de tipo lagunar, corresponde al límite superior de la técnica analítica empleada en el laboratorio, no al real, por lo que no se cuenta con información adecuada.

Actualización del estudio. - para complementar la información disponible que se había obtenido en el proyecto previo del año 2012, se efectuaron muestreos en los meses de julio y noviembre del año 2014, y del mes de febrero del 2015, con un total de cuatro días de muestreo.

Los valores de las concentraciones de los diferentes contaminantes se reportan por los laboratorios y se concentran en la tabla 89.

**Tabla 107. Resultados de calidad del agua residual.**

Parámetro	Unidad	Fecha de Muestreo						
		17/07/2014	03/11/2014	05/11/2014	23/02/2015	24/02/2015	25/02/2015	26/02/2015
Cianuros Totales	mg/L		0.0029	0.0034	0.0041	0.0058	0.0057	0.0085
Arsénico Total	mg/L		0.002	0.002	ND	0.001	0.001	0.001
Cadmio Total	mg/L		ND	ND	ND	ND	ND	ND
Coliformes Fecales EC - 1	NMP/100 ml	221	9.30E+06	4.30E+05	2.40E+07	2.30E+06	9.30E+06	9.30E+05
Coliformes Fecales EC - 3	NMP/100 ml		2.40E+06	4.30E+06	4.30E+06	2.40E+06	4.30E+06	9.30E+05
Coliformes Fecales EC - 5	NMP/100 ml		2.40E+06	2.40E+08	2.40E+07	2.40E+06	1.50E+06	2.40E+05
Conductividad Electrolítica (Profunda)	uS/cm	1755	2633					
Cromo Total	mg/L		ND	ND	ND	ND	ND	ND
Coliformes Totales VB -1	NMP/100 ml	547	9,300,000	430,000	4,300,000	4,300,000	9,300,000	930,000
Coliformes Totales VB -3	NMP/100 ml		2,400,000	4,300,000	930,000	2,400,000	9,300,000	1,500,000
Coliformes Totales VB -5	NMP/100 ml		2,400,000	240,000,000	4,300,000	9,300,000	4,300,000	1,500,000
Cobre Total	mg/L		0.04	0.04	0.02			0.03
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L		116.1	108.9	190.8	184.8	138.9	125.1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	152	179.1	150.5	218.7	349.4	222.9	172.9
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	211	448	429	467	647	497	367
Mercurio	mg/L		ND	ND	ND		ND	ND
Níquel Total	mg/L		ND	ND	ND		ND	ND
Plomo Total	mg/L		0.12	0.11				
Promedio de pH*	U pH	7.48	7.46	7.44	7.18	7.22	7.31	7.14
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	952	537	661	2197	2148	2319	2416
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.2	ND	0.5	0.3	0.6	1	0.5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	37	147	335	115	146	237	122
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/L	32	124	115	88	131	183	83
Promedio de Temperatura del Agua*	°C	30.2	26.1	20.3	18.5	18.3		23.6
Zinc Total	mg/L		0.21	0.16	0.14	0.26	0.18	0.16
Nitrógeno Total Kjeldhal (NTK)	mg/L	14.6	46.54	48.13	69.2	76.4	68.5	55.2
Fósforo Total	mg/L	10.2	7.03	6.86			8.16	5.52
Promedio Ponderado de Grasas y Aceites	mg/L	12.1	66.5	17.7	28.4	196.3	31.4	34.4
Promedio de Conductividad*	uS/cm	1755	2422	2113	3108	3121		2993

Los muestreos se realizaron tomando muestras simples cada dos a tres horas hasta alcanzar 6 de ellas en el día, de estas se obtuvo una muestra compuesta la cual fue enviada para su análisis al laboratorio. Como ya se mencionó, particularmente para los días de noviembre y febrero, en los cuales se tomaron muestras también del Cárcamo Norte, se integró la muestra compuesta para cada uno de los puntos de muestreo, y con ambas se obtuvo una muestra compuesta final para su análisis en laboratorio, ya que no se preveían diferencias en las características del agua residual entre ambos sitios, además de que esta será en realidad la condición en que se recibirá el agua residual en el influente de la planta de tratamiento.

Una vez que se dispuso de la información de los reportes de análisis de laboratorio, se hizo su estudio para obtener valores promedio y percentiles, de donde se desprenden los siguientes comentarios:

- Los resultados corresponden a agua residual típica municipal con carga media/baja de contaminantes.
- El valor de SST representa una condición ligeramente alta, ya que la relación usual de SST entre DBO en agua residual municipal es de 0.8 a 1.1 veces, en este caso es 1.16.
- La relación NTK/DBO obtenida de las concentraciones de NTK y DBO reportadas es de 0.28, el rango usual para esta relación es de 0.10 a 0.20.



- La relación DBO/P presenta un resultado de 23.9, el cual se mantiene en el rango usual que es de 20 a 50.
- Las concentraciones de cianuro y metales pesados, que se analizaron en las muestras de noviembre y febrero, siguieron siendo bajas, como corresponde según ya se mencionó a un agua residual municipal sin influencia de descargas industriales apreciables.

La PTAR está delimitada al Oeste por la margen derecha del río San Juan, y al este por la margen izquierda del canal sublatera 512; este canal a su vez concluye en la zona de aportación del Dren Puertecitos.

La calidad del agua efluente de la PTAR de Ciudad Camargo será para cuerpo receptor tipo “B”, como se manifiesta en la Ley Federal de Derechos para cuerpos de agua en el municipio de Camargo, tales como el Río San Juan y el Río Bravo, el primero de ellos será directamente el receptor final de la descarga del tratamiento, aunque de cualquier forma termina siendo afluente del segundo. En la tabla 90 se comparan los límites promedio establecidos en la norma mencionada, con las concentraciones de diseño, asimismo se presenta la eficiencia requerida para cada uno de los parámetros.

**Tabla 108. Eficiencia requerida la descarga a cuerpo receptor.**

<b>Calidad del agua cruda y eficiencia requerida*</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Promedio mensual</b>	<b>Agua Residual cruda</b>	<b>Eficiencia requerida</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	75	220	65.90%
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	75	261	71.30%
Nitrógeno Total	mg/l	40	68	41.24%
Fósforo Total	mg/l	20	9	Np
Coliformes Fecales	NMP / 100 ml	1000	7,950,000	99.99%
Grasas y aceites	mg/l	15	68	77.90%
Sólidos Sedimentables	ml/l	1	1.2	16.80%
*Límites máximos permisibles de contaminantes de las descargas de aguas residuales en ríos de uso público urbano (B) según la Norma NOM-001.				
Np no presenta problema, ya que se encuentra dentro de los límites de la NOM 001				

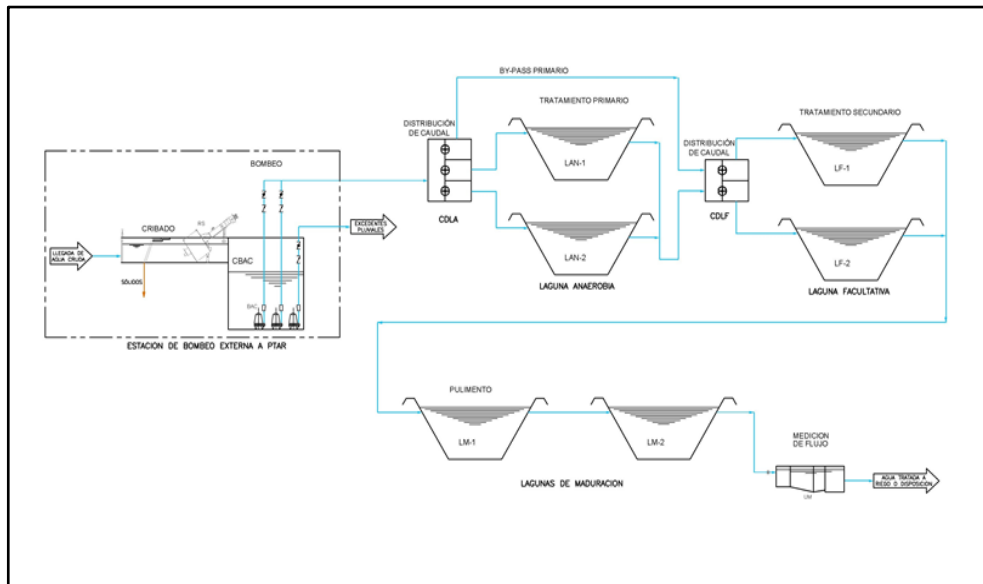
La eficiencia de remoción de contaminantes requerida por el proceso de tratamiento se presenta en la última columna, el porcentaje está calculado respecto del límite máximo permisible Promedio Mensual. Se toma como referencia el promedio mensual establecido en la NOM-001, con el objetivo de diseñar el sistema de tratamiento con capacidad para absorber las variaciones y sobrecargas en la concentración de contaminantes en el influente.

En la tabla 91 se presenta un resumen de las unidades de proceso que conforman el tren de tratamiento de agua.

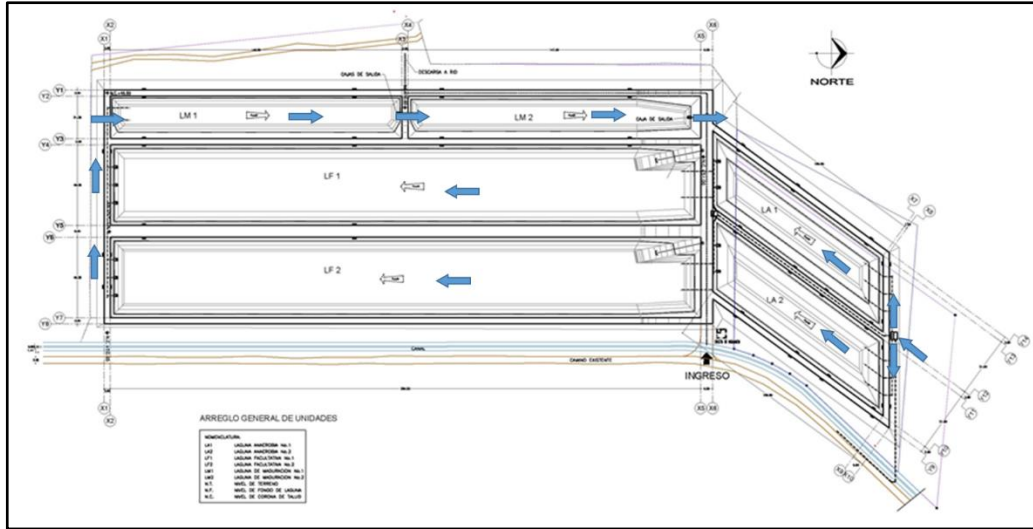
**Tabla 109. Tren de tratamiento para Ciudad Camargo**

<b>Unidades de proceso del tren de agua</b>		
<b>Unidad</b>	<b>No. de unidades</b>	<b>TAG</b>
Caja Distribuidora a Lagunas anaerobias	1	CDLA-1
Lagunas Anaerobias	2	LAN-1 LAN-2
Caja Distribuidora a Lagunas facultativas	1	CDLF-1
Lagunas Facultativas	2	LF-1 LF-2
Lagunas de Maduración	2	LM-1 LM-2
Medidor Efluente	1	UM-1

Diseño funcional del tren de tratamiento de agua. - A continuación se presenta el diagrama de flujo de proceso de la PTAR así como el arreglo de unidades de proyecto y la descripción de cada una de las unidades que intervienen en el sistema de tratamiento del agua (Figuras 183 y 184). Los criterios y variables definitivas utilizadas en el cálculo y dimensionamiento de las unidades y equipos de proceso del sistema de tratamiento, se indican en la descripción de cada unidad o en tablas al final de la misma.



**Figura 224. Diagrama de flujo para el sistema lagunar**

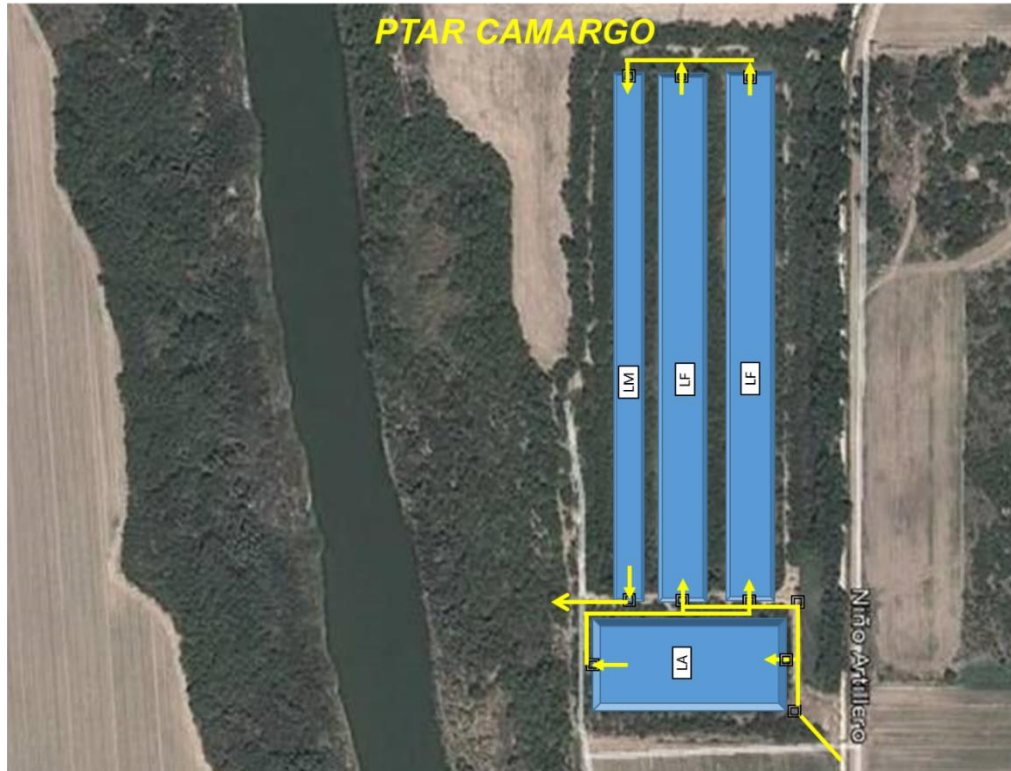


**Figura 225. Arreglo de unidades Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

Para el proyecto de la PTAR de Ciudad Camargo, se contempló la impermeabilización del fondo y taludes interiores de las lagunas mediante el uso de geomembrana de polietileno de alta densidad, por la cual se puede considerar que no existirá pérdida de agua por infiltración al subsuelo.

FOTOGRAFÍAS





### PTAR CAMARGO



(IZQ) CAJA DE LLEGADA DE AR Y PASO A LAS LAGUNAS ANAEROBIAS.  
(DER) SE ABRE LA VÁLVULA PARA PERMITIR EL PASO DE LAS AR. SE APRECIA EL  
COLOR OSCURO DE LAS AGUAS.

### **PTAR CAMARGO**



***(IZQ) RECORRIDO DE LAS AR EN LA LAGUNA ANAEROBIA. (DER) SE APRECIA LA GRAN CANTIDAD DE VEGETACIÓN SOBRE LOS BORDES Y TALUDES, QUE SEÑALA LA FALTA DE MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES.***

### **PTAR CAMARGO**



***(IZQ) LAGUNA DE MADURACIÓN. (DER) VEGETACIÓN EXISTENTE.***

### **PTAR CAMARGO**



***LA GRAN CANTIDAD DE VEGETACIÓN Y LA FALLA EN LA IMPERMEABILIZACIÓN DEL FONDO DE LAS LAGUNAS ANAEROBIAS, FACULTATIVAS Y DE MADURACIÓN IMPIDE LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS. EL BALANCE DE PÉRDIDAS ENTRE LO QUE SE CONSUME POR LA VEGETACIÓN Y LO QUE SE INFILTRA NO SE HA ESTABLECIDO.***

#### **5.5. EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA ACTUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS Y LODOS DE LAS PTAR'S.**

Los resultados de las diferentes campañas de medición de la calidad FQB de las AR y ART se emplean para determinar si la tecnología actual empleada en las diferentes plantas de tratamiento es adecuada para cumplir los parámetros de calidad que se sancionan en la NOM-001-SEMARNAT-96.

La información relacionada con las diferentes PTAR hacen ver que se consideró la descarga en cuerpos de agua superficiales tipo B, exceptuando la PTAR Reynosa 1 que por sus Condiciones Particulares de Descarga (CPD's) se ajusta a valores de 20:20 (DBO5:SST).

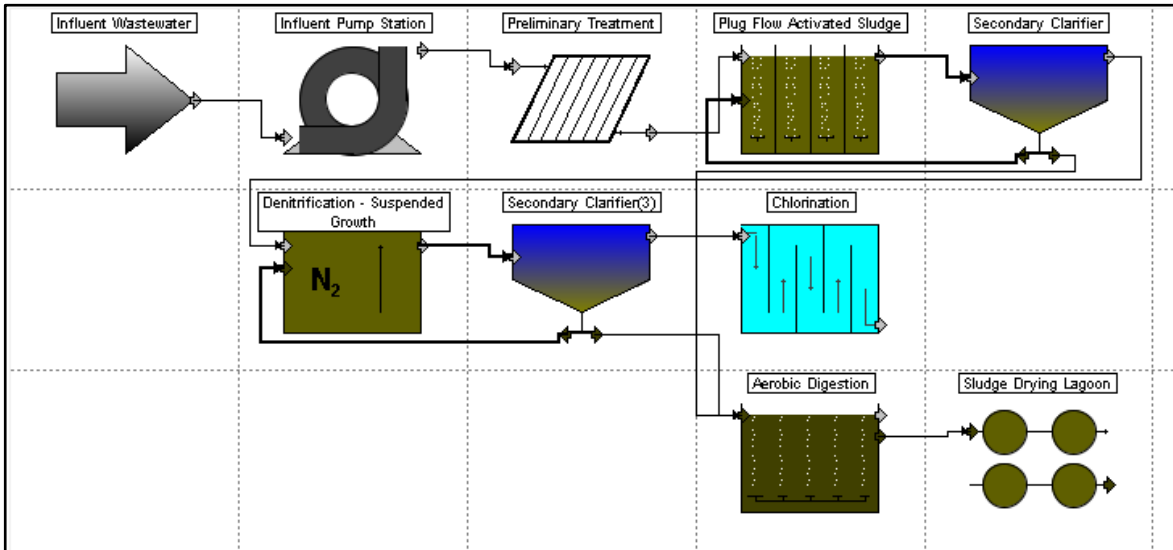
En la tabla 92 se resumen los valores de los parámetros y contaminantes de la NOM-001-SEMARNAT-1996 para los tres tipos de usos de aguas de cuerpos superficiales naturales A, B y C.

**Tabla 110. Parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-1996**

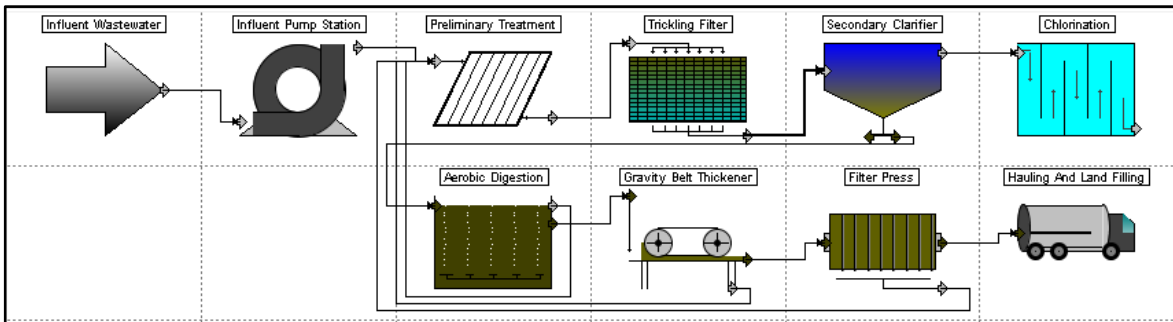
	PARAMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RIOS					
		Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)	
		P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
1	Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40.0	40.0	40.0	40.0
2	Potencial de Hidrógeno, pH	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10
3	Grasas y Aceites (2)	15.0	25.0	15.0	25.0	15.0	25.0
4	Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
5	Sólidos Sedimentables (ml/l)	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0
6	Sólidos Suspendidos Totales	150.0	200.0	75.0	125.0	40.0	60.0
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	150.0	200.0	75.0	150.0	30.0	60.0
8	Nitrógeno Total	40.0	60.0	40.0	60.0	15.0	25.0
9	Fósforo Total	20.0	30.0	20.0	30.0	5.0	10.0
10	Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1,000	2,000	1,000	2,000	1,000	2,000
11	Huevos de Helmintos (HH/L)	1.0	5.0				
12	Arsénico	0.20	0.40	0.10	0.20	0.10	0.20
13	Cadmio	0.20	0.40	0.10	0.20	0.10	0.20
14	Cianuro	2.00	3.00	1.00	2.00	1.00	2.00
15	Cobre	4.00	6.00	4.00	6.00	4.00	6.00
16	Cromo	1.00	1.50	0.50	1.00	0.50	1.00
17	Mercurio	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
18	Níquel	2.00	4.00	2.00	4.00	2.00	4.00
19	Plomo	0.50	1.00	0.20	0.40	0.20	0.40
20	Zinc	10.00	20.00	10.00	20.00	10.00	20.00

La información de los sistemas de tratamiento de la PTAR se ingresó al programa Capdet, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los EUA, que permite conocer la calidad de las aguas residuales tratadas por sistemas que simulan la operación de los prototipos.

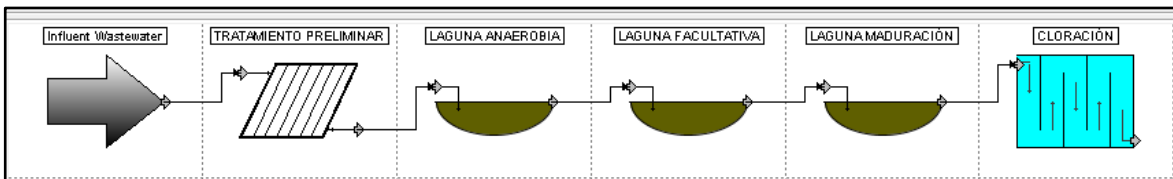
Su empleo se basa en dar la información de la calidad FQB de un conjunto de parámetros y, en el caso de las plantas en estudio, las dimensiones de las unidades de tratamiento de los diferentes trenes de aguas y lodos. En las figuras de la 185 a la 190 se muestran los trenes de tratamiento del programa, para cada planta.



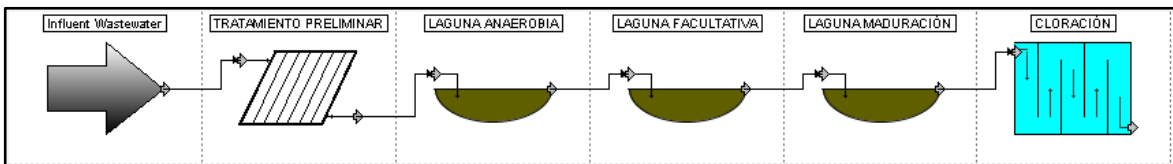
**Figura 226. PTAR REYNOSA 1**



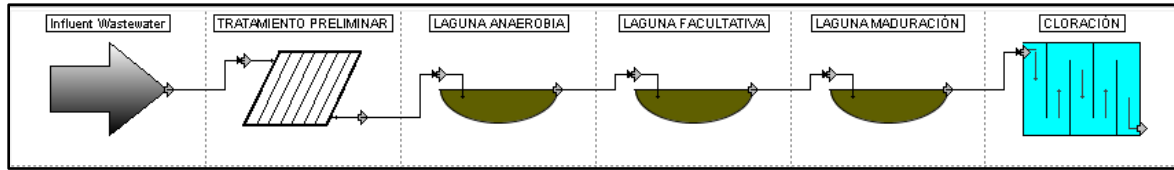
**Figura 227. PTAR REYNOSA 2.**



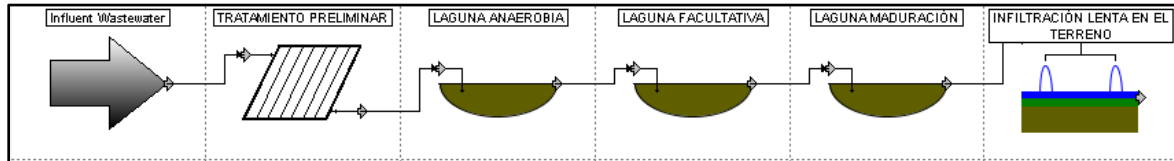
**Figura 228. PTAR MATAMOROS ESTE.**



**Figura 229. PTAR CD MIER.**



**Figura 230. PTAR MIGUEL ALEMÁN.**



**Figura 231. PTAR CAMARGO.**

## 5.6.- CONCLUSIONES GENERALES

Evaluación de las PTAR existentes

La información recopilada en los trabajos de campo y gabinete proviene principalmente de las memorias de diseño de las plantas de tratamiento, proporcionadas por los responsables de las actividades de operación y mantenimiento de los sistemas.

Es reducida en lo relacionado con la calidad y cantidad de las aguas que ingresan al tratamiento y de las aguas residuales tratadas. En algunos sistemas es posible un diagnóstico de la calidad de las aguas tratadas comparándola con la normatividad de la NOM-001-SEMARNAT-1996 vigente. Por lo general no se lleva una bitácora de operación y en algunos sistemas el mantenimiento es prácticamente nulo, lo que explica el crecimiento de vegetación en los bordes y taludes de las lagunas y en la filtración de las aguas en las bases.

La información relacionada con la calidad de las AR y ART de las plantas de tratamiento de aguas residuales resaltan lo siguiente: que las PTAR cumplen con los límites que fija la norma para su descarga a cuerpos de agua superficiales tipo A y B, el cumplimiento para la descarga en cuerpos tipo C es necesario la remoción de materia orgánica nitrogenada. Algunos sistemas no cumplen con los niveles de coliformes fecales principalmente por la deficiencia en la operación de las unidades de desinfección.



## 5.7. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PTAR'S Y ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

En el periodo de marzo del 2015 a abril del 2016 se realizaron cuatro muestreos para evaluar la calidad actual de las AR y ART de las PTAR que descargan al río Bravo en la parte de aguas abajo de la presa Internacional Falcón hasta la desembocadura en el Golfo de México.

Las claves de las descargas puntuales y plantas de tratamiento ubicadas en los cerca de 422 km de recorrido del Bajo Río Bravo se presentan en la tabla 93.

**Tabla 111. Claves de identificación de las Plantas de Tratamiento y descargas puntuales.**

No	CLAVE	NOMBRE
	D1	Tanque Imoff Población Nuevo Guerrero
	D2	Descarga Ciudad Reynosa aguas arriba de Puente Internacional Reynosa-Hidalgo
	D3	Descarga Ciudad Reynosa aguas arriba de Puente Internacional Reynosa-Hidalgo
	D4	Descarga de Matamoros, calle Ignacio Ramírez
	D5	Descarga Fraccionamiento Las Palmas
1	PT-1E	PTAR Ciudad Mier (Entrada)
	PT-1S	PTAR Ciudad Mier (Salida)
2	PT-2E	PTAR Miguel Alemán (Entrada)
	PT-2S	PTAR Miguel Alemán (Salida)
3	PT-3E	PTAR Camargo (Entrada)
	PT-3S	PTAR Camargo (Salida)
4	PT-4E	PTAR Reynosa 1 (Entrada)
	PT-4S	PTAR Reynosa 1 (Salida)
5	PT-5E	PTAR Reynosa 2 (Entrada)
	PT-5S	PTAR Reynosa 2 (Salida)
6	PT-6E	PTAR Este Matamoros (Entrada)
	PT-6S	PTAR Este Matamoros (Salida)

Se realizaron 75 parámetros analíticos en cada una de las descargas y plantas de tratamiento, correspondiendo 37 parámetros convencionales; 3 microbiológicos, 8 metales pesados, un metaloide, 22 orgánicos sintéticos y 4 pruebas de toxicidad. En la tabla 94 se muestran estos parámetros y sus unidades de medición.

**Tabla 112. Parámetros analizados a las descargas y plantas de tratamiento.**

1	TEMPERATURA °C	26	FÓSFORO TOTAL mg P/L	51	TOXICIDAD Vibrio fischeri UT
2	pH (UpH)	27	SDT mg/L	52	TOXICIDAD Daphnia magna CE <sub>50</sub> (%)
3	CONDUCTIVIDAD µs/cm	28	SÓLIDOS SEDIMENTABLES mL/L	53	TOXICIDAD Daphnia magna UT
4	OXÍGENO DISUELTO mg/L	29	SST mg/L	54	BIS(2-ETILHEXIL)FTALATO µg/L
5	DBO <sub>5</sub> TOTAL mg/L	30	ST mg/L	55	N-NITROSODI-N-PROPILAMINA µg/L
6	DBO <sub>5</sub> SOLUBLE mg/L	31	SAAM mg/L	56	AROCLOR 1248 µg/L
7	DQO TOTAL mg/L	32	SULFATOS mg/L	57	AROCLOR 1260 µg/L
8	DQO SOLUBLE mg/L	33	SULFUROS mg/L	58	1,4-DICLORO-BENCENO µg/L
9	CLORUROS mg/L	34	TURBIEDAD UNT	59	BENCENO µg/L
10	COLOR VERDADERO UPt-CO al	35	COD mg/L	60	TOLUENO µg/L
11	COLOR VERDADERO pH	36	COS mg/L	61	ETILBENCENO µg/L
12	DUREZA TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	37	COT mg/L	62	m,p XILENOS µg/L
13	FENOLES TOTALES mg/L	38	COLIFORMES FECALES NMP/100 mL	63	o-XILENO µg/L
14	FLUORUROS mg/L	39	ESCHERICHIA COLI NMP/100 mL	64	COLORFORMO CHCl <sub>3</sub> µg/L
15	GRASAS Y ACEITES mg/L	40	NÚMERO DE HUEVOS DE HELMINTO HH/L	65	BROMODICLOROMETANO CHCl <sub>2</sub> Br µg/L
16	NITRÓGENO AMONIACAL N-NH <sub>3</sub> mg/L	41	As mg/L	66	DIBROMOCOLOROMETANO CHCl Br <sub>2</sub> µg/L
17	NITRATOS N-NO <sub>3</sub> mg/L	42	Cd mg/L	67	BROMOFORMO CHBr <sub>3</sub> µg/L
18	NITRITOS N-NO <sub>2</sub> mg/L	43	Cu mg/L	68	THM's TOTALES µg/L
19	N-ORGÁNICO mg/L	44	Cr mg/L	69	2,4,6-TRICLOROFENOL µg/L
20	N-TOTAL Kj mg/L	45	Hg mg/L	70	2,3-DICLOROFENOL µg/L
21	N-TOTAL mg/L	46	Ni mg/L	71	FENOL µg/L
22	P-INORGÁNICO mg/L	47	Pb mg/L	72	M Y P-CRESOL µg/L
23	P-INORGÁNICO DISUELTO mg/L	48	Zn mg/L	73	N-NITROSODIFENILAMINA µg/L
24	P-ORGÁNICO mg/L	49	CIANUROS mg/L	74	DIETILFTALATO µg/L
25	P-(ORTO) mg/L	50	TOXICIDAD Vibrio fischeri CE <sub>50</sub> (%)	75	DIBUTILFTALATO µg/L

En la tabla 95 y 96 se presentan las concentraciones obtenidas para cada muestreo en las descargas de aguas residuales y en los influentes (entrada) y efluentes (salida) de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 113. Parámetros, contaminantes y concentraciones obtenidas en los cuatro muestreos a las descargas.

PARÁMETRO	D1	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D4	D5
1 TEMPERATURA °C	19	29	20	25	18	30	24	23	17	32	24	24	19	31	24	26	18
2 pH (UpH)	7.27	7.81	6.49	7.53	8.11	7.64	8.19	7.74	7.81	7.33	7.78	7.52	7.32	7.56	7.25	7.87	7.83
3 CONDUCTIVIDAD µs/cm	2891	2060	2682	2437	211.7	1203	1182	1262	545	1246	1281	1252	1301	1635	1708	1730	253.6
4 OXIG DISUELTO mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	7.44	5.4	8	0.2	4.64	4.21	0.2	0.2	6.73	7.63	2.2	0.2	
5 DBO <sub>5</sub> TOTAL mg/L	46	55	86	106	30	11	7	39	56	56	48	8	56	51	31	29	24
6 DBO <sub>5</sub> SOLUBLE mg/L	36	19	54	66	9	9	6	38	26	22	43	8	23	35	11	25	3
7 DQO TOTAL mg/L	152	95	269	348	165	40	32	221	242	116	134	106	72	82	196	169	30
8 DQO SOLUBLE mg/L	128	75	180	223	147	20	30	114	142	79	85	47	54	66	86	70	19
9 CLORUROS mg/L	268	190	193	219	12.2	147	98.1	276	52.5	150	286	66	147	227	135	181	16.2
10 COLOR VERDADERO UPI-CO al	30	20	40	60	20	17.5	20	30	20	20	20	25	15	17.5	40	25	12.5
11 COLOR VERDADERO pH	7.93	7.78	8.14	8.79	7.97	7.86	8.44	8.22	7.55	7.93	8.34	8.29	7.77	7.7	8.19	8.83	8.02
12 DUREZA TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	765	570	633	619	282	307	317	415	423	329	418	320	365	379	427	404	73.4
13 FENOLES TOTALES mg/L	0.01	0.0111	0.0154	0.0237	0.0111	0.0111	0.0089	0.0111	0.0111	0.0104	0.0018	0.0111	0.0111	0.0111	0.0066	0.001	0.0111
14 FLUORUROS mg/L	0.99	0.776	1.98	0.025	0.746	0.37	0.158	0.45	0.729	0.378	0.498	0.151	0.925	0.3	0.66	0.158	0.479
15 GRASAS Y ACEITES mg/L	15	17	18	15	15	10	10	15	10	10	15	10	15	10	10	10	15
16 NITRÓGENO AMONICAL N-NH <sub>3</sub> mg/L	0.65	17.6	43.5	45.5	0.652	10.4	0.088	11.9	5.02	1.36	11.6	6.78	0.769	10.4	9.33	8.28	26.2
17 NITRATOS N-NO <sub>3</sub> mg/L	0.2	0.8	1.2	0.146	0.356	1.2	0.338	1.3	0.118	1.7	1.5	0.247	0.777	1	1.4	0.178	0.48
18 NITRITOS N-NO <sub>2</sub> mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	0.0752	0.32	0.02	0.02	0.0213	0.02	0.02	0.02	0.1853	0.02	0.04	0.02	0.0278
19 N-ORGANICO mg/L	38.5	4.78	8.9	14.9	2.12	3.7	0.82	8.5	11.7	4.47	6.9	4.42	5.6	1.37	7.07	3.92	7.3
20 N-TOTAL Kj mg/L	39.4	19.1	51.3	55.3	2.73	3.8	1.1	15	16.7	13.1	15.7	4.1	6.37	14.4	14.2	12.9	33.5
21 N-TOTAL mg/L	39.6	19.9	52.5	55.5	3.16	5.3	1.4	16.3	16.7	14.8	17.2	4.3	7.33	15.4	15.6	13	34
22 P-INORGÁNICO mg/L	1.89	4.85	5.2	1.26	0.04	1.65	0.22	1.52	1.23	0.22	1.52	1.23	1.47	1.24	1.34	0.41	
23 P-INORGÁNICO DISUELTO mg/L	1.38	1.41	4.32	1.3	0.56	1.16	0.015	1.28	1.06	0.79	1.46	0.11	0.41	1.27	0.06	0.88	0.41
24 P-ORGÁNICO mg/L	1.63	0.54	0.51	0.07	0.41	0.23	0.015	0.11	0.41	0.98	0.08	0.25	0.41	0.34	0.06	0.23	0.41
25 P-(ORTO) mg/L	1.15	0.82	4.5	1.24	0.41	0.61	0.015	0.3	0.61	0.22	0.69	0.09	0.41	0.72	1.08	0.8	0.41

PARÁMETRO O CONTAMINANTE	D1	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D4	D5
26 FÓSFORO TOTAL mg P/L	3.45	2.04	4.89	5.71	1	1	1	2	2.05	1.56	2	1.54	1	1.39	1	1.92	1
27 SDT mg/L	2021	1410	1644	1440	144	752	778	1131	416	782	1140	812	872	958	1090	1106	143
28 SÓLIDOS SEDIMENTABLES mL/L	0.1	0.1	3	4.3	1.3	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.5	0.2	0.5	1206	0.1
29 SST mg/L	28	34	315	208	550	27	15	12	2220	18	38	15	24	26	64	46	15
30 ST mg/L	2064	1436	1678	1710	604	780	786	1158	616	816	1158	818	924	998	1152	1206	164
31 SAAM mg/L	0.693	0.635	0.877	0.817	0.13	1.92	0.12	4.73	0.216	0.13	4.87	0.644	0.224	0.755	1.03	1.33	0.13
32 SULFATOS mg/L	937	592	696	407	30.3	266	372	118	472	373	168	310	615	373	175	29	
33 SULFUROS mg/L	2.73	3.5	10.8	15.9	0.79	10.1	0.94	3.75	0.83	0.45	3.75	1.89	0.83	6.87	3.22	0.47	0.79
34 TURBIEDAD UNT	18	38	130	37	4.1	25	15	6.4	9.2	6.5	5	25	55	60			
35 COD mg/L	22.24	12.87	25.03	46.72	9.96	17.44	6.17	14.7	18.83	9.088	14.4	14.47	11.92	14.26	17.62	21.22	6.54
36 COS mg/L	7.365	5.28	35.47	8	1.86	6.8	2.91	16.16	2.71	0.152	12.08	0.73	0.8	4.45	5.39	1.37	0
37 COT mg/L	29.605	18.15	60.5	54.72	11.82	24.24	9.08	30.86	21.54	9.24	26.48	15.2	12.72	18.71	23.01	22.59	6.54
38 COLIFORMES FECALES NMP/100 mL	24000	24000			24000	24000	2400		24000	24000		24000	24000	24000		24000	24000
39 ESCHERICHIA COLI NMP/100 mL	24000	24000	70	24000	24000	24000	2400		24000	24000		24000	24000	24000		24000	24000
40 NÚMERO DE HUEVOS DE HELMINTO HH/L			4		1			0	1			2		1		0	1
41 As mg/L	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005	0.003
42 Cd mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
43 Cu mg/L	0.06	0.06	0.06	0.1	0.06	0.06	0.1	0.06	0.06	0.06	0.06	0.1	0.06	0.06	0.06	0.1	0.06
44 Cr mg/L	0.4	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.4
45 Hg mg/L	0.004	0.004	0.001	0.001	0.004	0.004	0.001	0.001	0.004	0.004	0.001	0.001	0.004	0.004	0.001	0.001	0.004
46 Ni mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
47 Pb mg/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
48 Zn mg/L	0.26	0.11	0.1	0.2	0.29	0.19	0.2	0.1	0.27	0.24	0.1	0.2	0.25	0.71	0.1	0.2	0.2
49 CIANUROS mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
50 TOXICIDAD Vibrio fischeri CE <sub>50</sub> (%)	ND	11.622	39.079	33.163	ND	6.773	ND	9.723	42.178	ND	13.43	ND	ND	ND	ND	31.066	ND

PARÁMETRO O CONTAMINANTE	D1	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D4	D5
51 TOXICIDAD Vibrio fischeri UT	ND	8.604	2.558	3.015	ND	14.764	ND	10.284	2.37	ND	7.446	ND	ND	ND	ND	3.218	ND
52 TOXICIDAD Daphnia magna CE <sub>50</sub> (%)				63.668			ND					ND					4.837
53 TOXICIDAD Daphnia magna UT				1.57			ND					ND					20.673
54 BIS(2-ETILHEXIL)FALATO µg/L	98.1867	24.9366			311.40		0.9299		77.91	0.2751			58.43	0.99			
55 N-NITROSODI-N-PROPILAMINA µg/L	0.2342	8.3855			69.07		0.6931		95.90	1.002			83.65	12.73			
56 AROCLOR 1248 µg/L	0.1	0.1384			1.0493		1.2091		0.4118	0.9542			0.1	0.1			
57 AROCLOR 1260 µg/L	0.1	0.1			0.1		0.1		0.1	0.1			0.1	0.1			
58 1,4-DICLORO-BENCENO µg/L	0.21				2.04				0.22					2.69			
59 BENCENO µg/L	0.608	0.21			0.608	0.21			0.608	0.21			0.608	0.21			0.608
60 TOLUENO µg/L	0.451	0.28			0.451	0.28			0.451	0.28			0.451	0.28			0.451
61 ETILBENCENO µg/L	0.6216	0.21			0.6216	0.21			0.6216	0.21			0.6216	0.21			0.6216
62 m,p XILENOS µg/L	0.54	0.56			0.54	0.56			0.54	0.56			0.54	0.56			0.54
63 o-XILENO µg/L	0.5	0.21			0.5	0.21			0.5	0.21			0.5	0.21			0.5
64 CLOROFORMO CHCl <sub>3</sub> µg/L	2.53	4.81			0.4969	13.46			0.51	0.39			2.33	5.73			0.4969
65 BROMODICLOROMETANO CHCl <sub>2</sub> Br µg/L	0.7138	0.28			0.7138	10.29			0.7138	0.28			3.22	2			0.7138
66 DIBROMOCLOMETANO CHCl Br <sub>2</sub> µg/L	0.5399	0.21			0.5399	10.68			0.5399	0.21			4.79	3.41			0.5399
67 BROMOFORMO CHBr <sub>3</sub> µg/L	0.49	0.28			0.49	5.92			0.49	0.28			3.35	2.46			0.49
68 THM's TOTALES µg/L	0.0025	0.0048			0.0007	0.0404			0.0007	0.0004			0.0137	0.0136			0.0007
69 2,4,6-TRICLOROFENOL µg/L																	
70 2,3-DICLOROFENOL µg/L																	
71 FENOL µg/L																	
72 M Y P-CRESOL µg/L																	
73 N-NITROSODIFENILAMINA µg/L																	
74 DIETILFALATO µg/L																	
75 DIBUTILFALATO µg/L																	

**Tabla 114. Parámetros, contaminantes y concentraciones obtenidas en los cuatro muestreos a los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales.**

PARÁMETRO	PTAR REYNOSA 1											
	INF1	INF2	INF3	INF4	EFL1	EFL2	EFL3	EFL4	EFIC 1	EFIC 2	EFIC 3	EFIC 4
1 TEMPERATURA °C	17	24	30	26	18	23	33	26	-5.9	4.2	-10.0	0.0
2 pH (UpH)	7.61	7.37	7.34	7.62	7.3	7.25	7.27	7.31	4.1	1.6	1.0	4.1
3 CONDUCTIVIDAD µs/cm	1700	2026	1972	1851	2157	1768	1746	1790	-26.9	12.7	11.5	3.3
4 OXÍGENO DISUELTO mg/L	3.08	0.2	0.2	0.2	8.18	5.6	7.98	6	-166	-2700	-3890	-2900
5 DBO <sub>5</sub> TOTAL mg/L	98	29	90	89	2	18	10	5	98.0	37.9	88.9	94.4
6 DBO <sub>5</sub> SOLUBLE mg/L	20	20	43	79	2	8	8	4	90.0	60.0	81.4	94.9
7 DQO TOTAL mg/L	547	317	204	842	59	43	54	62	89.2	86.4	73.5	92.6
8 DQO SOLUBLE mg/L	191	92	108	220	57	32	42	56	70.2	65.2	61.1	74.5
9 CLORUROS mg/L	284	431	216	146	368	273	224	107	-29.6	36.7	-3.7	26.7
10 COLOR VERDADERO UPt-CO al	25	40	40	60	10	20	15	25	60.0	50.0	62.5	58.3
11 COLOR VERDADERO pH	7.54	8.29	8.17	8.45	7.87	8.47	7.98	8.11	-4.4	-2.2	2.3	4.0
12 DUREZA TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	647	798	406	429	508	577	390	410	21.5	27.7	3.9	4.4
13 FENOLES TOTALES mg/L	0.015	0.022	0.0158	0.028	0.0111	0.0021	0.0111	0.001	26.0	90.6	29.7	96.4
14 FLUORUROS mg/L	1.81	1.87	0.593	0.612	0.977	0.18	0.687	0.222	46.0	90.4	-15.9	63.7
15 GRASAS Y ACEITES mg/L	15	10	15	32	15	10	15	10	0.0	0.0	0.0	68.8
16 NITRÓGENO AMONIACAL N-NH <sub>3</sub> mg/L	13	23.3	16.4	23.7	0.652	4.56	11.3	0.254	95.0	80.4	31.1	98.9
17 NITRATOS N-NO <sub>3</sub> mg/L	0.118	2.1	1.4	0.232	9.85	3.4	2.4	1.47	-8247	-62	-71	-534
18 NITRITOS N-NO <sub>2</sub> mg/L	0.0213	0.02	0.02	0.02	0.0213	2.52	0.05	0.12	0.0	-12500	-150	-500
19 N-ORGÁNICO mg/L	8.6	10.9	7.7	12.7	4.97	3.31	3.81	0.816	42.2	69.6	50.5	93.6
20 N-TOTAL Kj mg/L	21.6	28.1	20.5	25.5	5.49	5.9	12.3	1.3	74.6	79.0	40.0	94.9
21 N-TOTAL mg/L	21.6	30.2	21.9	26	15.3	11.8	14.8	3	29.2	60.9	32.4	88.5
22 P-INORGÁNICO mg/L		3.05	2.47	3.83		0.61	0.32	0.79		80.0	87.0	79.4
23 P-INORGÁNICO DISUELTO mg/L	0.93	2.45	1.6	0.3	1.61	0.43	0.26	0.8	-73.1	82.4	83.8	-166.7
24 P-ORGÁNICO mg/L	1.29	0.47	0.58	1.09	0.41	0.05	0.18	0.11	68.2	89.4	69.0	89.9
25 P-(ORTO) mg/L	0.78	1.1	0.65	0.28	1.64	0.47	0.18	0.79	-110	57.3	72.3	-182.1
26 FÓSFORO TOTAL mg P/L	1	1	2.49	3.76	1	1	1	1	0.0	0.0	59.8	73.4
27 SDT mg/L	1274	1657	1230	1084	1510	1722	1076	1168	-18.5	-3.9	12.5	-7.7
28 SÓLIDOS SEDIMENTABLES mL/L	4	0.2	1	7	0.1	0.1	0.1	0.1	97.5	50.0	90.0	98.6
29 SST mg/L	725	440	120	210	15	20	18	15	98	95	85	93
30 ST mg/L	1764	2152	1330	1180	1520	1738	1098	1168	13.8	19.2	17.4	1.0
31 SAAM mg/L	0.373	0.926	0.859	1.05	0.13	0.13	1.39	0.677	65.1	86.0	-61.8	35.5
32 SULFATOS mg/L	317	437	336	331	485	488	191	354	-53.0	-11.7	43.2	-6.9
33 SULFUROS mg/L	0.66	6.65	11.2	5.2	0.45	0.3		0.63	31.8	95.5	100.0	87.9
34 TURBIEDAD UNT		320	85	75		24	6.6	2		92.5	92.2	97.3
35 COD mg/L	18.7	25.86	25.6	48.35	8.41	7.52	10.24	9.99	55.0	70.9	60.0	79.3
36 COS mg/L	2.24	11.04	6.77	8.22	0.84	2.66	2.04	1.09	62.5	75.9	69.9	86.7
37 COT mg/L	20.94	36.9	32.37	56.57	9.25	10.18	12.28	11.08	55.8	72.4	62.1	80.4
38 COLIFORMES FECALES NMP/100 mL	24000		24000	24000	3		40	3	100.0		99.8	100.0
39 ESCHERICHIA COLI NMP/100 mL	24000		24000	24000	3		40	3	100.0		99.8	100.0
40 NÚMERO DE HUEVOS DE HELMINTO HH/L	1				1	0	0	1	0.0			
41 As mg/L	0.008	0.009	0.003	0.004	0.003	0.006	0.004	0.005	62.5	33.3	-33.3	-25.0
42 Cd mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0
43 Cu mg/L	0.06	0.06	0.06	0.1	0.06	0.06	0.06	0.1	0.0	0	0	0
44 Cr mg/L	0.4	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
45 Hg mg/L	0.004	0.001	0.004	0.001	0.004	0.001	0.004	0.001	0.0	0.0	0.0	0.0
46 Ni mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
47 Pb mg/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
48 Zn mg/L	0.035	0.21	0.2	0.2	0.17	0.1	0.2	0.2	-385.7	52.4	0.0	0.0
49 CIANUROS mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0
50												
51 TOXICIDAD Vibrio fischeri UT	16.123	79.55	2.142	34.47	ND	ND	ND	ND				
52												
53 TOXICIDAD Daphnia magna UT				1.487				ND				
54 BIS(2-ETILHEXIL)FTALATO µg/L		0.663	85.133			3.3194	61.566			-401	28	
55 N-NITROSODI-N-PROPILAMINA µg/L		14.22	143.97			0.1	23.668			99.3	83.6	
56 AROCLOR 1248 µg/L		0.114	0.1			0.1	0.1			12.6	0.0	
57 AROCLOR 1260 µg/L		0.1	0.1			0.1	0.1			0.0	0.0	
58 1,4-DICLORO-BENCENO µg/L			2.14				0.56				73.8	
59 BENCENO µg/L	0.608		0.21		0.608		0.21		0.0		0.0	
60 TOLUENO µg/L	0.451		3.92		0.451		0.11		0.0		97.2	
61 ETILBENCENO µg/L	0.6216		0.21		0.6216		0.21		0.0		0.0	
62 m,p XLENOS µg/L	0.54		0.94		0.54		0.56		0.0		40.4	
63 o-XLENO µg/L	0.5		0.56		0.5		0.21		0.0		62.5	
64 CLOROFORMO CHCl <sub>3</sub> µg/L	3.14		8.46		4.54		2.65		-44.6		68.7	
65 BROMODICLOROMETANO CHCl <sub>2</sub> Br µg/L	0.7138		0.72		16.75		0.31		-2247		56.9	
66 DIBROMOCLOFORMO CHCl <sub>2</sub> Br <sub>2</sub> µg/L	0.5399		0.21		39.4		0.21		-7198		0.0	
67 BROMOFORMO CHBr <sub>3</sub> µg/L	0.49		0.28		49.46		0.28		-9994		0	
68 THM's TOTALES µg/L	0.0037		0.0092		0.1102		0.003		-2845		68	
69 2,4,6-TRICLOROFENOL µg/L								0.1				
70 2,3-DICLOROFENOL µg/L												
71 FENOL µg/L												
72 M Y P-CRESOL µg/L												
73 N-NITROSODIFENILAMINA µg/L												
74 DIETILFTALATO µg/L												
75 DIBUTILFTALATO µg/L								0.48				

Continuación .....

PARÁMETRO	PTAR REYNOSA 2											
	INF1	INF2	INF3	INF4	EFL1	EFL2	EFL3	EFL4	EFIC 1	EFIC 2	EFIC 3	EFIC 4
1 TEMPERATURA °C	19	32	26	25	20	30	24	24	-5.3	6.3	7.7	4.0
2 pH (UpH)	7.28	6.74	6.91	7.45	7.37	6.78	7.04	7.64	-1.2	-0.6	-1.9	-2.6
3 CONDUCTIVIDAD µs/cm	813	1813	1924	2457	1379	3480	3466	2425	-69.6	-91.9	-80.1	1.3
4 OXÍGENO DISUELTO mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	3.14	2.05	0.2	0.2	-1470	-925	0	0
5 DBO <sub>5</sub> TOTAL mg/L	46	145	137	316	58	173	61	140	-26.1	-19.3	55.5	55.7
6 DBO <sub>5</sub> SOLUBLE mg/L	32	129	81	279	39	109	57	128	-21.9	15.5	29.6	54.1
7 DQO TOTAL mg/L	189	548	518	971	231	413	298	338	-22.2	24.6	42.5	65.2
8 DQO SOLUBLE mg/L	160	269	211	419	122	241	182	224	23.8	10.4	13.7	46.5
9 CLORUROS mg/L	82.2	215	285	312	166	226	252	155	-102	-5.1	11.6	50.3
10 COLOR VERDADERO UPT-CO al	25	60	40	70	40	50	40	70	-60	16.7	0.0	0.0
11 COLOR VERDADERO pH	7.43	8.12	8.16	8.41	7.58	8.16	8.23	8.52	-2	-0.5	-0.9	-1.3
12 DUREZA TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	259	384	461	459	294	367	471	446	-14	4.4	-2.2	2.8
13 FENÓLES TOTALES mg/L	0.0111	0.037	0.0242	0.0435	0.0228	0.0543	0.034	0.007	-105	-45.6	-40.5	84.1
14 FLUORUROS mg/L	0.637	0.517	0.62	0.348	0.843	0.695	0.805	0.005	-32	-34.4	-29.8	98.6
15 GRASAS Y ACEITES mg/L	15	49	12	54	15	20	17	12	0	59.2	-41.7	77.8
16 NITRÓGENO AMONIAICAL N-NH <sub>3</sub> mg/L	13	28.4	28.3	53.1	26.2	32.5	30.4	42.5	-102	-14.4	-7.4	20.0
17 NITRATOS N-NO <sub>3</sub> mg/L	1.01	1.3	1.4	0.214	0.12	2.1	1.9	0.268	88	-62	-36	-25
18 NITRITOS N-NO <sub>2</sub> mg/L	0.0213	0.02	0.02	0.02	0.0783	0.02	0.02	0.02	-268	0	0	0
19 N-ORGÁNICO mg/L	12.1	9.91	12.5	14.9	8.05	8.33	13	9.8	33.5	15.9	-4.0	34.2
20 N-TOTAL Kj mg/L	25.1	36	32.9	64.8	34.2	38.5	34.7	48.8	-36.3	-6.9	-5.5	24.7
21 N-TOTAL mg/L	26.1	37.3	34.3	65	34.4	40.6	36.6	49	-31.8	-8.8	-6.7	24.6
22 P-INORGÁNICO mg/L		5.72	4.23	10.4		4.93	4.29	3.6		13.8	-1.4	65.4
23 P-INORGÁNICO DISUELTO mg/L	1.86	3.75	3.58	2.96	1.63	3.84	3.96	0.47	12.4	-2.4	-10.6	84.1
24 P-ORGÁNICO mg/L	0.98	0.73	0.42	1.7	1.75	1.02	0.41	4.18	-78.6	-39.7	2.4	-145.9
25 P-(ORTO) mg/L	0.81	1	4.09	2.96	1.55	0.75	4.1	0.34	-91.4	25.0	-0.2	88.5
26 FÓSFORO TOTAL mg P/L	1.09	5.58	4.66	10.93	3.91	5.42	5.19	7.21	-258.7	2.9	-11.4	34.0
27 SDT mg/L	499	2446	1567	1342	830	1022	1396	1370	-66.3	58.2	10.9	-2.1
28 SÓLIDOS SEDIMENTABLES mL/L	1.0	2.5	0.5	1.0	0.2	0.2	0.2	0.5	80.0	92.0	60.0	50.0
29 SST mg/L	120	188	138	228	36	124	100	90	70	34	28	61
30 ST mg/L	626	2618	1672	1574	880	1130	1456	1426	-40.6	56.8	12.9	9.4
31 SAAM mg/L	0.311	1.33	3.66	0.57	0.738	2.14	1.61	2.08	-137.3	-60.9	56.0	-264.9
32 SULFATOS mg/L	169	540	485	133	155	766	374	292	8.3	-41.9	22.9	-119.5
33 SULFUROS mg/L	3.22	28.1	18.5	15.1	0.99	23.9	5.3	2.05	69.3	14.9	71.4	86.4
34 TURBIEDAD UNT		110	65	180		65	55	60		40.9	15.4	66.7
35 COD mg/L	19.89	62.29	42.52	114.8	21.88	59.31	33.28	58.4	-10.0	4.8	21.7	49.1
36 COS mg/L	5.01	10.81	23.79	1.5	10.14	9.83	29.34	11.81	-102.4	9.1	-23.3	-687.3
37 COT mg/L	24.9	73.1	66.31	116.3	32.02	69.14	62.62	70.21	-28.6	5.4	5.6	39.6
38 COLIFORMES FECALES NMP/100 mL	24000	24000		24000	3	24000		24000	100.0	0.0		0.0
39 ESCHERICHIA COLI NMP/100 mL	24000	24000		24000	3	24000	430	24000	100.0	0.0		0.0
40 NUMERO DE HUEVOS DE HELMINTO HH/L	4				1	0	0	1	75.0			
41 As mg/L	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003	0.0	25.0	0.0	0.0
42 Cd mg/L	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0	0	0	0
43 Cu mg/L	0.06	0.06	0.06	0.10	0.06	0.06	0.06	0.10	0.0	0	0	0
44 Cr mg/L	0.40	0.40	0.40	0.20	0.40	0.40	0.40	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0
45 Hg mg/L	0.004	0.004	0.001	0.001	0.004	0.004	0.001	0.001	0.0	0.0	0.0	0.0
46 Ni mg/L	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0
47 Pb mg/L	0.50	0.54	0.50	0.86	0.50	0.50	0.50	0.50	0	7.4	0.0	41.9
48 Zn mg/L	0.22	0.68	0.10	0.20	0.26	0.29	0.10	0.20	-18.2	57.4	0.0	0.0
49 CIANUROS mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0
50												
51 TOXICIDAD Vibrio fischeri UT	17.06	4.19	32.15	77.64	ND	1.80	8.16	4.93		57.1	74.6	93.7
52												
53 TOXICIDAD Daphnia magna UT				4.40				1.37				68.8
54 BIS(2-ETILHEXIL)FTALATO µg/L		366.8	0.95			394.0	13.31			-7	-1301	
55 N-NITROSODI-N-PROPILAMINA µg/L		302.2	26.42			162.1	62.05			46.4	-134.8	
56 AROCLOR 1248 µg/L		0.10	0.10			0.10	0.10			1.7	0.0	
57 AROCLOR 1260 µg/L		0.10	0.10			0.10	0.10			0.0	0.0	
58 1,4-DICLORO-BENCENO µg/L		2.23				0.21				90.6		
59 BENCENO µg/L	0.608	0.210			0.608	0.210			0.0	0.0		
60 TOLUENO µg/L	0.760	7.500			0.451	2.970			40.7	60.4		
61 ETILBENCENO µg/L	0.622	0.210			0.622	0.210			0.0	0.0		
62 m,p XILENOS µg/L	0.540	0.560			0.540	0.560			0.0	0.0		
63 o-XILENO µg/L	0.500	0.210			0.500	0.210			0.0	0.0		
64 CLOROFORMO CHCl <sub>3</sub> µg/L	0.940	5.800			4.260	0.210			-353	96.4		
65 BROMODICLOROMETANO CHCl <sub>2</sub> Br µg/L	0.714	0.280			0.714	0.280			0.0	0.0		
66 DIBROMOCOLOROMETANO CHCl Br <sub>2</sub> µg/L	0.540	0.210			0.540	0.210			0.0	0.0		
67 BROMOFORMO CHBr <sub>3</sub> µg/L	0.490	0.280			0.490	0.280			0	0		
68 THM's TOTALES µg/L	0.001	0.0058			0.0043	0.0003			-353	95		
69 2,4,6-TRICLOROFENOL µg/L												
70 2,3-DICLOROFENOL µg/L								1.26				
71 FENOL µg/L								7.52				
72 M Y P-CRESOL µg/L								40.58				
73 N-NITROSODIFENILAMINA µg/L								0.48				
74 DIETILFTALATO µg/L								1.60				
75 DIBUTILFTALATO µg/L								0.73				

Continuación....

PARÁMETRO	PTAR CD MIER											
	INF1	INF2	INF3	INF4	EFL1	EFL2	EFL3	EFL4	EFIC	EFIC 2	EFIC 3	EFIC 4
1 TEMPERATURA °C	19		23	26			19	26	100		17.391	0
2 pH (UpH)	7.34		6.7	7.66			7.46	9.75	100		-11.34	-27.28
3 CONDUCTIVIDAD µs/cm	3782		2053	2358			2574	2731	100		-25.38	-15.82
4 OXÍGENO DISUELTO mg/L	1.91		0.2	0.2			4.4	8	100		-2100	-3900
5 DBO <sub>5</sub> TOTAL mg/L	206		23	46			23	68	100		0	-47.83
6 DBO <sub>5</sub> SOLUBLE mg/L	132		19	37			10	42	100		47.368	-13.51
7 DQO TOTAL mg/L	144		79	351			118	299	100		-49.37	14.815
8 DQO SOLUBLE mg/L	119		72	156			77	126	100		-6.944	19.231
9 CLORUROS mg/L	458		129	181			312	339	100		-141.9	-87.29
10 COLOR VERDADERO UPT-CO al	25		30	50			30	40	100		0	20
11 COLOR VERDADERO pH	7.87		8.26	8.75			8.13	8.6	100		1.5738	1.7143
12 DUREZA TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	795		420	448			462	421	100		-10	6.0288
13 FENOLES TOTALES mg/L	0.0111		0.0041	0.001			0.006	0.001	100		-46.34	0
14 FLUORUROS mg/L	0.991		0.682	0.472			0.61	0.586	100		10.557	-24.15
15 GRASAS Y ACEITES mg/L	15		10	10			10	10	100		0	0
16 NITRÓGENO AMONIAICAL N-NH <sub>3</sub> mg/L	15.5		16.5	23.8			5.18	5.91	100		68.606	75.168
17 NITRATOS N-NO <sub>3</sub> mg/L	0.118		0.5	0.214			1	0.338	100		-100	-57.94
18 NITRITOS N-NO <sub>2</sub> mg/L	0.0213		0.02	0.02			0.02	0.02	100		0	0
19 N-ORGÁNICO mg/L	4.3		1.9	4.8			3.12	12.5	100		-64.21	-160.4
20 N-TOTAL Kj mg/L	19.9		13.1	25.8			0.5	0.5	100		96.183	98.062
21 N-TOTAL mg/L	19.9		13.6	26			1.5	1	100		88.971	96.154
22 P-INORGÁNICO mg/L			1.6	3.35			1.94	1.46			-21.25	56.418
23 P-INORGÁNICO DISUELTO mg/L	1.02		1.47	0.38			1.76	0.02	100		-19.73	94.737
24 P-ORGÁNICO mg/L	0.73		0.09	0.54			0.55	0.02	100		-511.1	96.296
25 P-(ORTO) mg/L	0.92		0.53	0.35			1.02	0.015	100		-92.45	95.714
26 FÓSFORO TOTAL mg P/L	2.4		1.91	3.01			2.94	1.92	100		-53.9	36.2
27 SDT mg/L	2703		1315	1480			1754	1874	100		-33.4	-26.6
28 SÓLIDOS SEDIMENTABLES mL/L	0.1		0.1	0.2			0.1	0.1	100		0.0	50
29 SST mg/L	15		20	20			50	140	100		-150.0	-600
30 ST mg/L	2742		1330	1492			1798	2054	100		-35.2	-37.7
31 SAAM mg/L	1.01		0.746	2.7			0.136	0.401	100		81.8	85.1
32 SULFATOS mg/L	1001		480	337			647	818	100		-34.8	-142.7
33 SULFUROS mg/L	1.12		6.72	33.8			0.95	1.57	100		85.9	95.4
34 TURBIEDAD UNT			22	90			76	280			-245.5	-211.1
35 COD mg/L	17.692		14.74	21.62			27.53	41.42	100		-86.8	-91.6
36 COS mg/L	5.29		6.97	0.5			1.29	3.12	100		81.5	-524
37 COT mg/L	22.98		21.71	22.12			28.82	44.54	100		-32.7	-101.4
38 COLIFORMES FECALES NMP/100 mL	24000		1500				40	750	100		97.3	
39 ESCHERICHIA COLI NMP/100 mL	24000		930				40	430	100		95.7	
40 NÚMERO DE HUEVOS DE HELMINTO HH/L	1						7	1	100			
41 As mg/L	0.003		0.003	0.003			0.003	0.003	100		0	0
42 Cd mg/L	0.1		0.1	0.1			0.1	0.1	100		0	0
43 Cu mg/L	0.06		0.06	0.1			0.06	0.1	100		0	0
44 Cr mg/L	0.4		0.4	0.2			0.4	0.2	100		0	0
45 Hg mg/L	0.004		0.001	0.001			0.001	0.001	100		0	0
46 Ni mg/L	0.2		0.2	0.2			0.2	0.2	100		0	0
47 Pb mg/L	0.5		0.5	0.5			0.5	0.5	100		0	0
48 Zn mg/L	17.55		0.1	0.2			0.1	0.2	100		0	0
49 CIANUROS mg/L	0.02		0.02	0.02			0.02	0.02	100		0	0
50												
51 TOXICIDAD Vibrio fischeri UT	ND		ND	42.8				ND				
52												
53 TOXICIDAD Daphnia magna UT				TOX100%			22.447					
54 BIS(2-ETILHEXIL)FTALATO µg/L			0.963				6.5759				-583	
55 N-NITROSODI-N-PROPILAMINA µg/L			0.1				0.1				0	
56 AROCLOR 1248 µg/L			0.1				0.1				0	
57 AROCLOR 1260 µg/L			0.1								100	
58 1,4-DICLORO-BENCENO µg/L												
59 BENCENO µg/L	0.608								100			
60 TOLUENO µg/L	0.78								100			
61 ETILBENCENO µg/L	0.6216								100			
62 m,p XILENOS µg/L	0.54								100			
63 o-XILENO µg/L	0.5								100			
64 CLOROFORMO CHCl <sub>3</sub> µg/L	3.14								100			
65 BROMODICLOROMETANO CHCl <sub>2</sub> Br µg/L	0.7138								100			
66 DIBROMOCLOROMETANO CHCl Br <sub>2</sub> µg/L	0.5399								100			
67 BROMOFORMO CHBr <sub>3</sub> µg/L	0.49								100			
68 THM's TOTALES µg/L	0.0031								100			
69 2,4,6-TRICLOROFENOL µg/L												
70 2,3-DICLOROFENOL µg/L												
71 FENOL µg/L												
72 M Y P-CRESOL µg/L												
73 N-NITROSODIFENILAMINA µg/L												
74 DIETILFTALATO µg/L												
75 DIBUTILFTALATO µg/L												

Continuación .....

PARÁMETRO	PTAR MIGUEL ALEMÁN											
	INF1	INF2	INF3	INF4	EFL1	EFL2	EFL3	EFL4	EFIC 1	EFIC 2	EFIC 3	EFIC 4
1 TEMPERATURA °C	17	32	21	24	17	32	19	24	0.0	0.0	9.5	0.0
2 pH (UpH)	6.7	7.74	7.33	7.48	7.35	6.99	7.3	7.41	-9.7	9.7	0.4	0.9
3 CONDUCTIVIDAD µs/cm	1488	1391	1516	1694	1364	1350	1393	1913	8.3	2.9	8.1	-12.9
4 OXIG DISUELTO mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	1.83	1.64	1.8	3	-815.0	-720.0	-800.0	-1400.0
5 DBO <sub>5</sub> TOTAL mg/L	158	30	98	204	29	46	39	118	81.6	-53.3	60.2	42.2
6 DBO <sub>5</sub> SOLUBLE mg/L	27	28	76	192	12	35	38	49	55.6	-25.0	50.0	74.5
7 DQO TOTAL mg/L	346	158	266	225	135	180	68	182	61.0	-13.9	74.4	19.1
8 DQO SOLUBLE mg/L	215	134	210	222	77	75	61	69	64.2	44.0	71.0	68.9
9 CLORUROS mg/L	155	144	138	139	144	179	125	201	7.1	-24.3	9.4	-44.6
10 COLOR VERDADERO UPT-CO al	60	100	60	70	40	30	40	70	33.3	70.0	33.3	0.0
11 COLOR VERDADERO pH	8.05	8.12	8.05	8.7	8.05	8.41	8.34	8.53	0.0	-3.6	-3.6	2.0
12 DUREZA TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	271	277	289	318	269	274	568	319	0.7	1.1	-96.5	-0.3
13 FENOLES TOTALES mg/L	0.0113	0.014	0.0163	0.0046	0.0111	0.0111	0.001	0.001	1.8	18.4	93.9	78.3
14 FLUORUROS mg/L	0.72	0.443	0.6	0.529	0.719	0.404	0.319	0.005	0.1	8.8	46.8	99.1
15 GRASAS Y ACEITES mg/L	15	15	21	10	15	15	10	16	0.0	0.0	52.4	-60.0
16 NITRÓGENO AMONICAL N-NH <sub>3</sub> mg/L	24.3	30.9	35.8	50.3	29.6	8.15	8.74	19	-21.8	73.6	75.6	62.2
17 NITRATOS N-NO <sub>3</sub> mg/L	0.118	1.4	1.3	0.232	0.206	0.6	1	0.299	-74.6	57.1	23.1	-28.9
18 NITRITOS N-NO <sub>2</sub> mg/L	0.0213	0.02	0.12	0.02	0.0213	0.02	0.29	0.05	0.0	0.0	-141.7	-150.0
19 N-ORGÁNICO mg/L	22.6	6.39	4.5	5.2	6.1	10.6	11.8	5	73.0	-65.9	-162.2	3.8
20 N-TOTAL Kj mg/L	46.9	33.1	35.5	51.5	35.7	17.3	0.5	6.9	23.9	47.7	98.6	86.6
21 N-TOTAL mg/L	46.9	34.5	36.9	52	35.9	17.9	2	7	23.5	48.1	94.6	86.5
22 P-INORGÁNICO mg/L		3.68	4.32	6.53		3.15	3.58	4.33		14.4	17.1	33.7
23 P-INORGÁNICO DISUELTO mg/L	1.03	1.47	3.59	0.46	1.16	2.21	3.25	3.05	-12.6	-50.3	9.5	-563.0
24 P-ORGÁNICO mg/L	3.59	0.58	0.67	0.68	1.39	0.52	0.59	0.37	61.3	10.3	11.9	45.6
25 P-(ORTO) mg/L	1.26	1.43	3.71	0.43	0.68	1.29	3.03	3.03	46.0	9.8	18.3	-604.7
26 FÓSFORO TOTAL mg P/L	5.21	3.79	5.75	6.32	4.23	3.15	4.53	4.06	18.8	16.9	21.2	35.8
27 SDT mg/L	844	734	808	893	775	836	788	888	8.2	-13.9	2.5	0.6
28 SÓLIDOS SEDIMENTABLES mL/L	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	-100.0	50.0	0.0
29 SST mg/L	108	28	52	32	42	76	44	37	61.1	-171.4	15.4	-15.6
30 ST mg/L	954	770	858	914	816	908	830	922	14.5	-17.9	3.3	-0.9
31 SAAM mg/L	2.12	3.79	1	5.77	0.165	0.13	0.229	0.252	92.2	96.6	77.1	95.6
32 SULFATOS mg/L	231	180	252	200	170	162	203	206	26.4	10.0	19.4	-3.0
33 SULFUROS mg/L	8.7	21.8	17.3	64.6	2.63	3.1	1.43	1.57	69.8	85.8	91.7	97.6
34 TURBIEDAD UNT		17	54	130		130	46	60		-664.7	14.8	53.8
35 COD mg/L	35.53	23.81	26.21	34.49	16.33	22.96	23.52	25.29	54.0	3.6	10.3	26.7
36 COS mg/L	15.95	13.28	2.85	0.48	8.59	3.44	1.03	51.77	46.1	74.1	63.9	
37 COT mg/L	51.48	37.09	47.86	34.97	24.92	26.4	24.55	77.06	51.6	28.8	48.7	-120.4
38 COLIFORMES FECALES NMP/100 mL	24000	24000		11000	24000	40	430	230	0.0	99.8		97.9
39 ESCHERICHIA COLI NMP/100 mL	24000	24000		11000	11000	40	430	230	54.2	99.8		97.9
40 NÚMERO DE HUEVOS DE HELMINTO HH/L					1	0	0	3				
41 As mg/L	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.0	0.0	0.0	0.0
42 Cd mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
43 Cu mg/L	0.06	0.06	0.06	0.1	0.06	0.06	0.06	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
44 Cr mg/L	0.4	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
45 Hg mg/L	0.004	0.004	0.001	0.001	0.004	0.004	0.001	0.001	0.0	0.0	0.0	0.0
46 Ni mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
47 Pb mg/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
48 Zn mg/L	0.24	0.1	0.1	0.2	0.21	0.3	0.1	0.2	12.5	-200.0	0.0	0.0
49 CIANUROS mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0
50												
51 TOXICIDAD Vibrio fischeri UT	47.938	2.116	2.84	116.28	ND	TOX 100	ND	ND				
52												
53 TOXICIDAD Daphnia magna UT				1.954				ND				
54 BIS(2-ETILHEXIL)FTALATO µg/L		277.6	6.8499			34.518	7.3081			87.6	-6.7	
55 N-NITROSODI-N-PROPILAMINA µg/L		87.44	79.02			41.838	0.7794			52.1	99.0	
56 AROCLOR 1248 µg/L		0.116	0.1			0.4105	0.1403			-252.7	-40.3	
57 AROCLOR 1260 µg/L		0.1	0.1			0.1	0.1			0.0	0.0	
58 1,4-DICLORO-BENCENO µg/L		4.29				0.21				95.1		
59 BENCENO µg/L	0.608	0.21			0.608	0.21			0.0	0.0		
60 TOLUENO µg/L	0.451	1.63			0.451	0.13			0.0	92.0		
61 ETILBENCENO µg/L	0.6216	0.21			0.6216	0.21			0.0	0.0		
62 m,p XILENOS µg/L	0.54	0.56			0.54	0.56			0.0	0.0		
63 o-XILENO µg/L	0.5	0.21			0.5	0.21			0.0	0.0		
64 CLOROFORMO CHCl <sub>3</sub> µg/L	2.54	3.75			0.4969	0.46			80.4	87.7		
65 BROMODICLOROMETANO CHCl <sub>2</sub> Br µg/L	0.7138	0.28			0.7138	0.28			0.0	0.0		
66 DIBROMOCOLOROMETANO CHCl Br <sub>2</sub> µg/L	0.5399	0.21			0.5399	0.21			0.0	0.0		
67 BROMOFORMO CHBr <sub>3</sub> µg/L	0.49	0.28			0.49	0.28			0.0	0.0		
68 THM's TOTALES µg/L	0.0025	0.004			0.0007	0.0005			71.9	87.7		
69 2,4,6-TRICLOROFENOL µg/L												
70 2,3-DICLOROFENOL µg/L												
71 FENOL µg/L								6.01				
72 M Y P-CRESOL µg/L								6.58				
73 N-NITROSODIFENILAMINA µg/L												
74 DIETILFTALATO µg/L												
75 DIBUTILFTALATO µg/L												

Continuación .....

PARÁMETRO	PTAR CAMARGO												
	INF1	INF2	INF3	INF4	EFL1	EFL2	EFL3	EFL4	EFIC 1	EFIC 2	EFIC 3	EFIC 4	
1 TEMPERATURA °C	22	32	20	29	19	32	18	29	13.6	0.0	10.0	0.0	
2 pH (UpH)	6.12	7.05	7.39	8.52	7.22	7.21	7.19	8.37	-18.0	-2.3	2.7	1.8	
3 CONDUCTIVIDAD µs/cm	2854	3111	2746	2410	2594	2686	2803	2257	9.1	13.7	-2.1	6.3	
4 OXÍGENO DISUELTO mg/L	0.2	0.2	0.2	11	0.2	0.2	10.1	0.2	0.0	0.0	-4950	98.2	
5 DBO <sub>5</sub> TOTAL mg/L	171	148	120	118	69	43	43	111	59.6	70.9	64.2	5.9	
6 DBO <sub>5</sub> SOLUBLE mg/L	94	101	110	112	50	31	33	70	46.8	69.3	70.0	37.5	
7 DQO TOTAL mg/L	571	383	613	660	346	168	171	388	39.4	56.1	72.1	41.2	
8 DQO SOLUBLE mg/L	314	304	304	129	286	107	128	163	8.9	64.8	57.9	-26.4	
9 CLORUROS mg/L	330	403	281	324	330	414	273	216	0.0	-2.7	2.8	33.3	
10 COLOR VERDADERO UPT-CO al	60	200	60	70	80	50	15	70	-33.3	75.0	75.0	0.0	
11 COLOR VERDADERO pH	8.2	8.09	7.46	8.58	8.4	8.3	8.57	8.61	-2.4	-2.6	-14.9	-0.3	
12 DUREZA TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	600	662	628	559	552	576	518	616	8.0	13.0	17.5	-10.2	
13 FENÓLES TOTALES mg/L	0.037	0.029	0.0331	0.001	0.0111	0.0111	0.001	0.019	70.0	62.2	97.0	-1820.0	
14 FLUORUROS mg/L	0.567	0.491	0.622	0.129	0.807	0.461	0.573	0.005	-42.3	6.1	7.9	96.1	
15 GRASAS Y ACEITES mg/L	28	15	39	16	15	10	23	46.4	100.0	74.4	74.4	-43.8	
16 NITRÓGENO AMONIAICAL N-NH <sub>3</sub> mg/L	32	59.2	36.5	13.4	58.2	15.3	6.93	32.6	-81.9	74.2	81.0	-143.3	
17 NITRATOS N-NO <sub>3</sub> mg/L	0.118	1.3	4.7	0.202	0.125	0.5	0.9	0.441	-5.9	61.5	80.9	-118.3	
18 NITRITOS N-NO <sub>2</sub> mg/L	0.0213	0.02	0.02	0.02	0.0213	0.02	0.11	0.02	0.0	0.0	-450.0	0.0	
19 N-ORGÁNICO mg/L	43.7	9.77	24.1	22.1	2.1	7.15	6.07	19.1	95.2	26.8	74.8	13.6	
20 N-TOTAL Kj mg/L	75.7	63.7	46.7	23.3	60.3	22.4	0.5	37.2	20.3	64.8	98.9	-59.7	
21 N-TOTAL mg/L	75.7	65	51.4	24	60.4	22.9	2	38	20.2	64.8	96.1	-58.3	
22 P-INORGÁNICO mg/L		7.36	5.39	4.55		3.95	3.34	6.07		46.3	38.0	-33.4	
23 P-INORGÁNICO DISUELTO mg/L	0.65	1.69	4.3	1.14	1.13	3.69	2.43	0.57	-73.8	-118.3	43.5	50.0	
24 P-ORGÁNICO mg/L	5.81	0.1	1.32	0.71	3.57	0.94	0.27	0.015	38.6	-840.0	79.5	97.9	
25 P-(ORTO) mg/L	0.41	1.62	4.83	1.12	0.41	1.17	3.24	0.5	0.0	27.8	32.9	55.4	
26 FÓSFORO TOTAL mg P/L	7.78	7.33	4.94	5.16	5.89	4.13	4.06	5.57	24.3	43.7	17.8	-7.9	
27 SDT mg/L	1646	1838	1657	1722	1582	1788	1798	1670	3.9	2.7	-8.5	3.0	
28 SÓLIDOS SEDIMENTABLES mL/L	1.7	0.2	0.8	0.3	0.1	0.3	0.1	0.7	94.1	-50.0	87.5	-133.3	
29 SST mg/L	136	88	180	212	88	50	92	220	35.3	43.2	48.9	-3.8	
30 ST mg/L	1856	1912	1892	1942	1672	1848	1870	1810	9.9	3.3	1.2	6.8	
31 SAAM mg/L	1.72	4.29	3.92	0.365	1.54	0.458	0.488	0.861	10.5	89.3	87.6	-135.9	
32 SULFATOS mg/L	674	496	476	407	285	493	430	519	57.7	0.6	9.7	-27.5	
33 SULFUROS mg/L	13.5	55.5	39.4	9.29	14.8	4.89	0.93	5.04	-9.6	91.2	97.6	45.7	
34 TURBIEDAD UNT		55	130	270		50	26	150		9.1	80.0	44.4	
35 COD mg/L	55.97	49.37	48.19	34.52	22.49	22.54	30.33	35.59	59.8	54.3	37.1	-3.1	
36 COS mg/L	24.71	18.48	34.3	11.65	21.51	9.69	14.65	9.51	13.0	47.6	57.3	18.4	
37 COT mg/L	80.68	67.85	82.49	46.17	44	32.23	44.98	45.1	45.5	52.5	45.5	2.3	
38 COLIFORMES FECALES NMP/100 mL	24000	24000		24000	24000	24000		24000	0.0	0.0		0.0	
39 ESCHERICHIA COLI NMP/100 mL	24000	24000		24000	24000	24000		24000	0.0	0.0		0.0	
40 NÚMERO DE HUEVOS DE HELMINTO HH/L					1	8	0.1	4					
41 As mg/L	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.0	0.0	0.0	0.0	
42 Cd mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
43 Cu mg/L	0.06	0.06	0.06	0.1	0.06	0.06	0.06	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
44 Cr mg/L	0.4	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
45 Hg mg/L	0.004	0.004	0.001	0.001	0.004	0.004	0.001	0.001	0.0	0.0	0.0	0.0	
46 Ni mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
47 Pb mg/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	
48 Zn mg/L	0.3	0.15	0.13	0.2	0.29	0.25	0.1	0.21	3.3	-66.7	23.1	-5.0	
49 CIANUROS mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	
50													
51 TOXICIDAD Vibrio fischeri UT	6.182	4.052	6.024	1.791	51.975	2.491	ND	3.322	-741	38.5		-85.5	
52													
53 TOXICIDAD Daphnia magna UT				ND				ND					
54 BIS(2-ETILHEXIL)FTALATO µg/L		509.9	4.5863			41.761	9.9601			91.8	-117.2		
55 N-NITROSODI-N-PROPILAMINA µg/L		320	95.279			21.278	0.6894			93.3	99.3		
56 AROCLOR 1248 µg/L		0.206	0.1527			0.1	0.1157			51.4	24.2		
57 AROCLOR 1260 µg/L		0.1	0.1			0.1	0.1			0.0	0.0		
58 1,4-DICLORO-BENCENO µg/L		0.21				0.21				0.0	0.0		
59 BENCENO µg/L	0.608	0.21			0.608	0.21			0.0	0.0			
60 TOLUENO µg/L	1.73	0.83			1.73	3.73			0.0	-349.4			
61 ETILBENCENO µg/L	0.6216	0.21			0.6216	0.21			0.0	0.0			
62 m,p XILENOS µg/L	1.32	0.56			0.83	0.56			37.1	0.0			
63 o-XILENO µg/L	0.64	0.21			0.64	0.21			0.0	0.0			
64 CLOROFORMO CHCl <sub>3</sub> µg/L	0.53	1.75			0.4969	0.21			6.2	88.0			
65 BROMODICLOROMETANO CHCl <sub>2</sub> Br µg/L	0.7138	0.28			0.7138	0.28			0.0	0.0			
66 DIBROMOCOLOROMETANO CHCl Br <sub>2</sub> µg/L	0.5399	0.21			0.5399	0.21			0.0	0.0			
67 BROMOFORMO CHBr <sub>3</sub> µg/L	0.49	0.28			0.49	0.28			0.0	0.0			
68 THM's TOTALES µg/L	0.0007	0.002			0.0007	0.0003			0.0	84.0			
69 2,4,6-TRICLOROFENOL µg/L													
70 2,3-DICLOROFENOL µg/L													
71 FENOL µg/L													
72 M Y P-CRESOL µg/L													
73 N-NITROSODIFENILAMINA µg/L													
74 DIETILFTALATO µg/L													
75 DIBUTILFTALATO µg/L													



El análisis de las concentraciones y su comparación con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en la normatividad vigente (NOM-001-SEMARNAT-1996) para el cuerpo de agua Tipo B (Uso Público Urbano) se resume de la siguiente manera:

La PTAR Reynosa 1 presenta deficiencias en cuatro parámetros (Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total y Plomo);

PTAR Reynosa 2 en seis (Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Coliformes Fecales, Huevos de Helmintos y Plomo);

La PTAR Cd Mier en tres (Sólidos Suspendidos Totales, Huevos de Helmintos y Plomo);

La PTAR Miguel Alemán en seis (Grasas y Aceites, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Coliformes Fecales, Huevos de Helmintos y Plomo);

La PTAR Camargo en siete (Grasas y Aceites, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Coliformes Fecales, Huevos de Helmintos y Plomo).

Si comparamos los resultados con los LMP tomando al cuerpo de agua como Tipo C (Uso en Protección de Vida Acuática) se adiciona el parámetro que no cumple con la concentración para este uso, ya que por ser más estricto el Uso cambian algunas concentraciones:

La PTAR Reynosa 1 el Fósforo Total  
PTAR Reynosa 2, las Grasas y Aceites  
la PTAR Cd Mier la Demanda Bioquímica de Oxígeno;  
la PTAR Miguel Alemán (No se adiciona parámetro)  
la PTAR Camargo (No se adiciona parámetro)

La evaluación de la calidad de los efluentes de las PTAR, al compararlos con la NOM 001 para cuerpos de aguas tipos B y C, permite señalar que los sistemas de tratamiento no cumplen en algunos parámetros y las deficiencias son el resultado de fallas de operación y mantenimiento de las instalaciones. En algunos casos se aprecia que los altos conteos de bacterias Coliformes Fecales y Escherichia coli son resultado de la falta de desinfección en los sistemas de tratamiento.

Para que los efluentes de las PTAR cumplan con la norma, además de alcanzar las metas de calidad del agua en el mediano y largo plazo (Meta 2 y Meta 3 respectivamente) se analizan y presentan diversas alternativas de tratamiento que puedan alcanzar mejores eficiencias en el tratamiento, ya sea adicionando procesos unitarios a los ya existentes, o alternativas nuevas.

En la Tabla 97 se presentan 44 trenes de tratamiento de AR y estabilización de lodos. Son 6 grandes grupos de trenes en los que se fijan pretratamientos, tratamientos primarios y secundarios, basados en sedimentación primaria, flotación, primario avanzado, y reactores anaerobios de manto de lodos de flujo ascendente. Estos tratamientos son seguidos por lodos activados (reactor completamente mezclado o tipo pistón) y tratamiento avanzados como filtración, desinfección con luz ultravioleta, adsorción en torres de carbón activado granular, ósmosis inversa, desgasificación de gases, recarbonatación y tratamiento de lodos.

En algunos casos, cuando la concentración de materia orgánica carbonácea o nitrogenada es baja, se procede a emplear trenes basados en la flotación de sólidos y líquidos o fisicoquímicos, seguidos de desgasificación, filtración, adsorción en CAG, luz ultravioleta, ósmosis inversa y tratamiento de lodos.

El análisis presentado es el resultado de identificar los sistemas de tratamiento a nivel nacional y los complementados con tratamiento avanzados.

**Tabla 115. Trenes de tratamiento de AR y estabilización de lodos.**

TRENES DE TRATAMIENTO DE AGUAS Y LODOS PARA LAS DESCARGAS DE AR.			OPERACIONES O PROCESOS UNITARIOS - TRATAMIENTO DE AGUAS															TRATAMIENTO LODOS											
No	CVE DEL TREN	TREN DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ESTABILIZACIÓN DE LODOS	TRAT PRELM	SED PRIM	RAFA	FLOT SÓLIDOS	FQ + SS	LA + SS	FLOT LÍQUIDOS	(LA + NTR) + SS	DENITR+SS	DESASFIC	AJUSTE pH	RECARBONAT	FILTRACION	OZONACION	FILTRACION	DESASFIC	AJUSTE pH	ADSORCION 1	OSMOSIS INV	DESINFEC (CL)	DESINFEC (UV)	ESPESSAMIENTO	DIGESTION AEROBICA	ESTABIL CON CAL	LAGUNAS DE LODOS	LECHOS DE SECADO	
			1	1LA	PRE + SP + CL + LODOS	1	2																					1	2
2	2LA	PRE + SP + LA + SS + CL + LODOS	1	2																					1	2	3	4	5
3	3LA	PRE + SP + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + FIL + (UV) + ADS + LODOS	1	2						8	10					14	15								1	2	3	4	5
4	4LA	PRE + SP + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + FIL + (UV) + OI + LODOS	1	2						8	10					14	15								1	2	3	4	5
5	5LA	PRE + SP + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + ADS + (UV) + LODOS	1	2						8	10					16	14								1	2	3	4	5
6	6LA	PRE + SP + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + OI + (UV) + LODOS	1	2						8	10					16	14								1	2	3	4	5
7	7LA	PRE + SP + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + DESGA + OI + (UV) + LODOS	1	2						8	10					16	14	11	12						1	2	3	4	5
8	8LA	PRE + SP + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + DESGA + ADS1 + ADS2 + OI + (UV) + LODOS	1	2						8	10					16	14	11	12	17	18	19			1	2	3	4	5
9	1FLO	PRE + FLOT + CL + LODOS	1		4																				1	2	3	4	5
10	2FLO	PRE + FLOT + LA + SS + CL + LODOS	1		4	6																			1	2	3	4	5
11	3FLO	PRE + FLOT + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + FILT + (UV) + ADS + LODOS	1		4					8	10					14	15								1	2	3	4	5
12	4FLO	PRE + FLOT + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + FILT + (UV) + OI + LODOS	1		4					8	10					14	15								1	2	3	4	5
13	5FLO	PRE + FLOT + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FILT + ADS + (UV) + LODOS	1		4					8	10					16	14								1	2	3	4	5
14	6FLO	PRE + FLOT + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FILT + OI + (UV) + LODOS	1		4					8	10					16	14								1	2	3	4	5
15	7FLO	PRE + FLOT + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FILT + DESGA + OI + (UV) + LODOS	1		4					8	10					16	14	11	12						1	2	3	4	5
16	8FLO	PRE + FLOT + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FILT + DESGA + ADS1 + ADS2 + OI + (UV) + LODOS	1		4					8	10					16	14	11	12	17	18	19			1	2	3	4	5
17	1FQ	PRE + FQ + SS + CL + LODOS	1			5																			1	2	3	4	5
18	2FQ	PRE + FQ + LA + SS + UV + LODOS	1			5	6									15									1	2	3	4	5
19	3FQ	PRE + FQ + SS + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + FIL + UV + ADS + LODOS	1			5				8	10					14	15								1	2	3	4	5
20	4FQ	PRE + FQ + SS + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + FIL + UV + OI + LODOS	1			5				8	10					14	15								1	2	3	4	5
21	5FQ	PRE + FQ + SS + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + ADS + (UV) + LODOS	1			5				8	10					16	14								1	2	3	4	5
22	6FQ	PRE + FQ + SS + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + OI + (UV) + LODOS	1			5				8	10					16	14								1	2	3	4	5
23	7FQ	PRE + FQ + SS + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + DESGA + OI + (UV) + LODOS	1			5				8	10					16	14	11	12						1	2	3	4	5
24	8FQ	PRE + FQ + SS + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + DESGA + ADS1 + ADS2 + OI + (UV) + LODOS	1			5				8	10					16	14	11	12	17	18	19			1	2	3	4	5

TRENES DE TRATAMIENTO DE AGUAS Y LODOS PARA LAS DESCARGAS DE AR.			OPERACIONES O PROCESOS UNITARIOS - TRATAMIENTO DE AGUAS															TRATAMIENTO LODOS											
No	CVE DEL TREN	TREN DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ESTABILIZACIÓN DE LODOS	TRAT PRELM	SED PRIM	RAFA	FLOT SÓLIDOS	FQ + SS	LA + SS	FLOT LÍQUIDOS	(LA + NTR) + SS	DENITR+SS	DESASFIC	AJUSTE pH	RECARBONAT	FILTRACION	OZONACION	FILTRACION	DESASFIC	AJUSTE pH	ADSORCION 1	OSMOSIS INV	DESINFEC (CL)	DESINFEC (UV)	ESPESSAMIENTO	DIGESTION AEROBICA	ESTABIL CON CAL	LAGUNAS DE LODOS	LECHOS DE SECADO	
			25	1RAF	PRE + RAFA + CL + LODOS	1		3																				1	2
26	2RAF	PRE + RAFA + LA + SS + UV + LODOS	1		3											15									1	2	3	4	5
27	3RAF	PRE + RAFA + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + FIL + (UV) + ADS + LODOS	1		3					8	10					14	15								1	2	3	4	5
28	4RAF	PRE + RAFA + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + FIL + (UV) + OI + LODOS	1		3					8	10					14	15								1	2	3	4	5
29	5RAF	PRE + RAFA + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + ADS + (UV) + LODOS	1		3					8	10					16	14								1	2	3	4	5
30	6RAF	PRE + RAFA + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + OI + (UV) + LODOS	1		3					8	10					16	14								1	2	3	4	5
31	7RAF	PRE + RAFA + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + DESGA + OI + (UV) + LODOS	1		3					8	10					16	14	11	12						1	2	3	4	5
32	8RAF	PRE + RAFA + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + DESGA + ADS1 + ADS2 + OI + (UV) + LODOS	1		3					8	10					16	14	11	12	17	18	19			1	2	3	4	5
33	1FLO(+)	PRE + FLOT + DESGA + CL + LODOS	1			4										11	12								1	2	3	4	5
34	2FLO(+)	PRE + FLOT + DESGA + FILT + (UV) + ADS + LODOS	1			4										11	12	14	15						1	2	3	4	5
35	3FLO(+)	PRE + FLOT + DESGA + FILT + (UV) + OI + LODOS	1			4										11	12	14	15						1	2	3	4	5
36	4FLO(+)	PRE + FLOT + DESGA + OZ + FILT + ADS + (UV) + LODOS	1			4										11	12			16	14				1	2	3	4	5
37	5FLO(+)	PRE + FLOT + DESGA + OZ + FILT + OI + (UV) + LODOS	1			4										11	12			16	14				1	2	3	4	5
38	6FLO(+)	PRE + FLOT + DESGA + OZ + FILT + ADS + OI + (UV) + LODOS	1			4										11	12			16	14				1	2	3	4	5
39	1FQ(+)	PRE + FQ + DESGA + UV + LODOS	1			5										11	12			15					1	2	3	4	5
40	2FQ(+)	PRE + FQ + DESGA + FIL + UV + ADS + LODOS	1			5										11	12	14	15						1	2	3	4	5
41	3FQ(+)	PRE + FQ + DESGA + FIL + UV + OI + LODOS	1			5										11	12	14	15						1	2	3	4	5
42	4FQ(+)	PRE + FQ + DESGA + OZ + FIL + ADS + (UV) + LODOS	1			5										11	12			16	14				1	2	3	4	5
43	5FQ(+)	PRE + FQ + DESGA + OZ + FIL + OI + (UV) + LODOS	1			5										11	12			16	14				1	2	3	4	5
44	6FQ(+)	PRE + FQ + DESGA + OZ + FIL + ADS + OI + (UV) + LODOS	1			5										11	12			16	14				1	2	3	4	5

Simbología		
1	PRE	PRETRATAMIENTO (REJILLAS Y DESARENADOR)
2	SP	SEDIMENTADOR PRIMARIO
3	RAFA	REACTOR ANEROBICO CON MANTO DE LODOS DE FLUJO ASCENDENTE
4	FLOT	FLOTACION DE SÓLIDOS CON AIRE COMPRESADO
5	FQ + SS	TRATAMIENTO PRIMARIO AVANZADO
6	LA + SS	LODOS ACTIVADOS
7	FLOT LÍQUIDOS	FLOTACION DE LÍQUIDOS
8	LA + NTR + SS	LODOS ACTIVADOS CON NITRIFICACION
9	NIT	NITRIFICACION
10	DENITR	DENITRIFICACION
11	DESASFIC	DESASFICACION
12	pH	AJUSTE DE pH
13	RECARB	RECARBONACION
14	FIL	FILTRACION EN MEDIO DUAL, ARENA ANTRACITA
15	(UV)	DESINFECION CON LUZ ULTRAVIOLETA
16	OZ	OZONACION
17	FIL	FILTRACION EN MEDIO DUAL, ARENA ANTRACITA
18	DESASFIC	DESASFICACION
19	pH	AJUSTE DE pH
20	ADSORCION 1	ADSORCION EN CARBON ACTIVADO GRANULAR
21	OSMOSIS INV	OSMOSIS INVERSA
22	DESINFEC (CL)	DESINFECION CON CLORO
23	(UV)	DESINFECION CON LUZ ULTRAVIOLETA
24	OSMOSIS INV	OSMOSIS INVERSA
25	ESPESSAMIENTO	ESPESSAMIENTO, DIGESTION AEROBICA, DESAGUADO (LECHOS DE SECADO), DISP FINAL
26	ADSORCION 2	ADSORCION EN CARBON ACTIVADO GRANULAR
27	DIGESTION AEROBICA	DIGESTION AEROBICA
28	ESTABIL CON CAL	ESTABILIZACION CON CAL
29	LAGUNAS DE LODOS	LAGUNAS DE LODOS
30	LECHOS DE SECADO	LECHOS DE SECADO
31	PRELIMNAR	PRELIMNAR
32	BOMBEO INTERMEDIO	BOMBEO INTERMEDIO
33	SEDIMENTADOR PRIMARIO	SEDIMENTADOR PRIMARIO
34	FAJAS DE OZONACION	FAJAS DE OZONACION
35	FR	FILTRO ROTATORIO
36	BIO	BIOLOGICO
37	LAGUNA ANEROBICA	LAGUNA ANEROBICA
38	LAGUNA FACULTATIVA	LAGUNA FACULTATIVA
39	LAGUNA DE MADURACION	LAGUNA DE MADURACION
40	LAGUNA AERADA MECNICAMENTE	LAGUNA AERADA MECNICAMENTE
4		

**Tabla 116. Eficiencias de remoción de contaminantes por diferentes operaciones y procesos unitarios**

		EFICIENCIA DE REMOCION DE CONTAMINANTES POR DIFERENTES OPERACIONES O PROCESOS																															
NUMERO TOTAL	NUMERO PARTICULAR	GRUPO DE PARAMETROS Y/O CONTAMINANTES	PARAMETRO Y/O CONTAMINANTE	OPERACION O PROCESO UNITARIO																													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27			
				TREATAMIENTO PRELIMINAR	SED PRIM	HIDROT	PAFA	LAG ANAMBROBIAS	LAG FAC	LAG MADURACION	LAG AER CM	LAG AER PARC MEZ	FANJA OX-SS	FILTRO ROC-SS	BIOREACTORES	LAG + SS	FLOTACION DE SOLIDOS	FLOTACION DE LIQUIDOS	LA + NITR + SS	NITR-SS	BINTR-SS	FO + SED	DESIGASIFICACION	RECARBONATACION	FILTRACION	OZONACION	ADSORCION (CA)	BIOBARRERA	BIOFILTRACION (CL)	BIOFILTRACION (UV)			
1	1	FISICOS	COLOR	0	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	10	20	20	15	15	0	0	40	40	90	95	85	0	0	
2	2		TURBIDEZ	0	15	15	30	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	35	10	80	15	15	95	0	10	60	95	99	95	0	0		
3	1	MINERALES	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
4	2		CLORUROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	1	SOLIDOS	SOLIDOS TOTALES	0	15	15	10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	85	0	20	15	15	0	0	20	10	40	90	95	0	0		
6	2		SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	10	10	10	0	0	0	10	10	50	99	0	0		
7	3		SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	5	60	60	80	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	80	0	92	92	90	90	0	0	70	10	95	99	0	0	
8	4		SOLIDOS SEDIMENTABLES	20	60	60	60	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	0	85	85	85	85	0	0	50	20	100	100	0	0	
9	1	BIOLOGICOS	COLIFORMES FECALES	0	0	0	30	90	98	95	95	95	90	90	90	90	10	10	90	90	90	90	10	25	80	100	90	95	100	100	0	0	
10	2		COLIFORMES TOTALES	0	0	0	40	90	98	95	95	95	95	95	95	95	20	0	95	90	90	90	0	0	80	100	90	90	90	99	0	0	
11	3	HUEVOS DE HELMINTOS	80	30	85	90	90	90	90	90	90	90	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	20	85	95	100	95	100	95	0	0	
12	1	MATERIA ORGANICA	DBO TOTAL	0	30	45	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	95	30	20	99	99	50	60	0	0	35	98	99	99	0	0		
13	2		DBO5 SOLUBLE	0	0	0	78	78	78	78	78	78	78	90	90	90	90	0	0	99	99	45	0	0	0	60	80	95	99	0	0		
14	3		DBO TOTAL	0	40	40	75	75	75	75	75	75	75	95	95	95	95	38	20	98	98	30	40	0	0	30	95	99	99	0	0		
15	4		DBO SOLUBLE	0	0	0	45	45	45	45	45	45	45	98	98	98	98	0	0	98	99	35	0	0	0	10	40	90	90	0	0		
16	5		COD	0	0	0	50	50	45	45	45	45	45	85	85	85	90	0	0	90	90	35	0	0	0	30	50	70	90	0	0		
17	6		CCO5	0	0	0	55	55	50	50	50	50	50	90	90	90	95	0	0	95	95	40	0	0	0	35	60	80	95	0	0		
18	7		GOT	0	35	0	75	65	65	65	65	65	65	95	80	95	95	38	20	99	98	40	50	0	0	35	95	99	95	0	0		
19	1	GRASAS Y ACEITES	GRASAS Y ACEITES	0	15	10	99.9	99.9	50	40	40	40	67	68	69	70	96	15	95	95	99	100	0	0	30	50	65	80	0	0			
20	1	SUST ACTIVAS AL AZUL DE M	SAAM	0	0	0	15	17	18	19	20	21	22	23	24	25	85	95	25	5	10	60	10	0	0	10	90	99	0	0			
21	1	NUTRIENTES	NITROGENO AMONICAL	0	5	20	20	20	20	20	20	40	40	40	40	40	15	10	40	10	10	0	85	0	30	20	85	95	50	0	0		
22	2		NITROGENO TOTAL	0	5	20	15	15	15	15	15	15	30	30	30	30	16	98	98	0	0	0	0	60	0	10	60	90	40	0	0		
23	3		NITRITOS	0	5	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	0	0	
24	4		NITRATOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-100	-100	90	0	60	0	50	40	40	40	0	0	0		
25	5	NIK	0	5	25	25	25	25	25	25	25	45	45	45	45	45	45	45	15	15	15	5	90	0	15	25	65	95	60	0	0		
26	6	FOSFORO TOTAL	0	5	18	20	20	20	20	20	20	30	30	30	30	30	12	0	40	40	15	75	60	0	70	0	85	95	0	0			
27	1	FENOLES TOTALES	FENOLES TOTALES	0	20	20	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
28	1	METALES PESADOS TOTALES	CROMO TOTAL	0	30	20	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		
29	2		NIQUEL TOTAL	0	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	15	0	10	10	10	67	0	20	30	20	40	90	0	0	
30	3		COBRE	0	20	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	15	0	10	10	10	73	0	30	50	20	40	95	0	0	
31	4		ZINC TOTAL	0	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	15	0	10	10	10	90	0	20	60	10	40	95	0	0	
32	5		ARSENICO TOTAL	0	25	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	25	25	0	25	15	10	10	0	30	20	50	85	0	0		
33	6		CADMIO TOTAL	0	30	30	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	55	30	0	55	10	10	77	0	30	50	40	92	95	0	0	
34	7		MERCURIO TOTAL	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	15	15	0	15	10	10	32	0	30	50	20	40	90	0	0	
35	8		PLOMO TOTAL	0	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	40	15	0	40	10	10	92	0	30	70	40	80	70	0	0	
36	1		1.- HIDROCARBUROS ALIFATICOS HALOGENADOS	CLOROFORMO	0	0	30	20	20	20	20	16	60	30	60	10	10	60	10	10	60	10	10	49	80	70	30	85	95	80	-30	0	
37	2			BROMOFORMO	0	0	30	20	20	20	20	16	60	30	60	10	10	60	10	10	60	10	10	30	80	70	30	60	95	80	-20	0	
38	3			DICLOROBROMOMETANO	0	0	30	20	20	20	20	16	60	30	60	10	10	60	10	10	60	10	10	30	80	70	30	60	95	75	-80	0	0
39	4			CLORODIBROMOMETANO	0	0	30	20	20	20	20	16	60	30	60	10	10	60	10	10	60	10	10	30	80	70	30	60	95	75	-60	0	0
40	1		2.- HIDROCARBUROS AROMATICOS HALOGENADOS	1,4 DICLOROBENCENO	0	30	25	12	20	20	16	15	50	25	25	25	50	10	30	50	10	10	55	90	40	30	60	40	80	-20	0	0	
41	1	3.- HIDROCARBUROS AROMATICOS	BENCENO	0	30	25	12	25				50	30	30	50	10	30	50	10	10	37	60	40	0	60	85	60	-20	0	0			
42	2		TOLUENO	0		25	12	45				90	30	30	90	10	30	90	10	10	37	60	40	0	60	80	60	-20	0	0			
43	3		ETILBENCENO	0		30	15	45				90	30	30	90	10	30	90	10	10	35	60	40	0	60	80	60	-20	0	0			
44	4		m-p XILENO									40	40	40	30	30	50	10	50	10	10	30	50	35	0	60	70	60	0	0	0		
45	5		o XILENO									40	40	40	30	30	50	10	50	10	10	30	50	35	0	60	70	60	0	0	0		
46	1	7.- NITROCOMPUUESTOS ALIFATICOS	n-NITROSODI-n-PROPILAMINA	0	0						15	15	20			20		0	20					0	0	0	50	85	95	0	0		
47	1	8.- NITROCOMPUUESTOS AROMATICOS	n-NITROSODIFENILAMINA	0	20	30	15				36	21	60	48	48	60		10	60					0	0	20	20	40	80	0	0		
48	1	9.- FENOLES	FENOL	0	20	50	25	25	25	45	40	85					90	20	20	90	85	10	49	25	0	10	40	60	95	20	0		
49	2		p-CLORO-m-CRESOL (4-Cloro-3-metilfenol)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											0	0	0	40	70	80	20	0	0	
50	1	10.- FENOLES CLORADOS	2-CLOROFENOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0											0	0	0	0	40	70	80	-20	0	0	
51	2		2,4 DICLOROFENOL	0	0	0	30	30	30	20	20	30												0	0	0	40	70	80	-20	0	0	
52	1	11.- BIFENILOS POLICLORADOS (PCB)	AROCLOR 1248	0	40	40	20				50	40	80	40	40	80								0	40	40	75	85	90	-20	0	0	
53	2		AROCLOR 1260	0	40	40	20					50	40	80	40	40	80								0	40							





Tabla 120. Efectividad de trenes de tratamiento complementarios a la PTAR Reynosa #2. Meta 3.

		EVALUACION DE TRENES DE TRATAMIENTO PARA LA PTAR REYNOSA #2																											
PARAMETROS Y/O CONTAMINANTES	CALL- DAD DE INFLUEN- TE PTAR	META ETAPA 3	EFC REQUIRI- DA	EFICIENCIAS DE REMOCION DE CONTAMINANTES POR TRENES DE TRATAMIENTO								CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS								CUMPLIMIENTO CON LA CALIDAD DE LA META 2 (0 CUMPLE. 1 NO CUMPLE)								NO CUM- PLEN	META ETAPA 3
				FR.1	FR.2	FR.3	FR.4	FR.5	FR.6	FR.7	FR.8	FR.1	FR.2	FR.3	FR.4	FR.5	FR.6	FR.7	FR.8	FR.1	FR.2	FR.3	FR.4	FR.5	FR.6	FR.7	FR.8		
COLOR VERDADERO UPL/CO	850	15	98.2	0.0	14.5	97.4	92.3	99.7	99.2	99.5	100.0	849.7	726.5	21.8	65.4	2.2	6.5	3.9	0.0	1	1	1	1	0	0	0	0	4	15
TURBEDAD UNT	180	10	94.4	0.0	83.0	99.9	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	180.0	30.6	0.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	10
CONDUCTIVIDAD µs/cm	2150	500	75.7	0.0	5.0	33.5	86.1	40.2	88.3	88.3	99.2	2149.6	2042.2	1429.5	40.8	1286.6	36.8	36.8	18.0	1	1	1	0	1	0	0	0	4	500
CLORUROS mg/L	312	250	19.9	0.0	0.0	30.0	95.0	30.0	95.0	95.0	97.6	312.0	312.0	216.4	15.6	216.4	15.6	15.6	7.6	1	1	0	0	0	0	0	0	2	250
ST mg/L	3816	550	79.0	0.0	32.0	67.4	94.8	70.6	95.1	95.1	96.2	3816.0	1790.2	854.5	142.4	798.1	128.2	128.2	46.1	1	1	1	0	1	0	0	0	4	550
SST mg/L	2446	500	79.6	0.0	5.0	57.3	99.1	61.5	99.2	99.2	99.8	2446.0	2323.7	1045.7	20.9	941.1	18.8	18.8	4.7	1	1	1	0	1	0	0	0	4	500
SST mg/L	189	30	84.1	0.0	94.3	99.9	100.0	99.9	100.0	100.0	100.0	179.8	10.8	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	30
SÓLIDOS SEDIMENTABLES mL/L	1.50	0.0500	96.7	0.0	95.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0.0500
COLORIMETROS FICHALES NMP/100 mL	2000	200	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200
ESPECIFICIDAD COLI NMP/100 mL	24000	10	100.0	99.0	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	240.0	120.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	10
HUECOS DE HELMINTO HHL	4	1.00	75.0	0.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1.00
DBO TOTAL mg/L	316	5	98.4	0.0	96.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	316.0	11.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	5
DBO5 SOLUBLE mg/L	279	3.0	98.9	0.0	90.0	99.4	100.0	99.9	100.0	100.0	100.0	279.0	27.9	1.7	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	3.0
DBO5 TOTAL mg/L	576	15	97.4	0.0	97.0	100.0	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	576.2	17.3	0.1	1.2	0.0	0.1	0.1	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	15
DBO5 SOLUBLE mg/L	419	10.0	97.6	0.0	98.0	99.6	99.8	99.8	99.9	99.9	100.0	419.0	6.4	1.5	0.8	0.9	0.5	0.5	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	10.0
COB mg/L	114.8	3.0	97.4	0.0	85.0	96.9	99.0	98.4	99.5	99.5	100.0	114.8	17.2	3.6	1.2	1.8	0.6	0.6	0.1	1	1	1	0	0	0	0	0	3	3.0
COD mg/L	23.79	2.0	91.6	0.0	90.0	96.7	99.7	99.5	99.9	99.9	100.0	23.8	2.4	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2.0
COT mg/L	116.3	2.5	97.9	0.0	87.0	99.9	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	116.3	45.1	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2.5
GRASAS Y ACEITES mg/L	54	10.0	81.5	0.0	72.8	93.3	96.2	96.7	96.1	96.1	99.9	54.0	14.7	3.6	2.1	1.8	1.0	1.0	0.1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	10.0
SAAM mg/L	3.66	0.10	97.3	0.0	23.0	92.3	99.2	93.1	99.3	99.4	100.0	3.7	2.8	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	1	1	1	0	1	0	0	0	4	0.10
NITROGENO AMONIAICAL NH4-N mg/L	63.1	0.5	99.1	0.0	71.5	94.0	98.0	95.2	98.4	99.8	100.0	63.1	15.1	3.2	1.1	2.5	0.8	0.1	0.0	1	1	1	1	1	1	1	0	6	0.5
N-TOTAL mg/L	83.91	10.0	88.1	0.0	60.1	76.1	84.0	76.1	84.0	87.6	99.6	83.9	33.5	20.1	5.0	20.1	5.0	2.0	0.3	1	1	1	0	1	0	0	0	4	10.0
NITROS NANO mg/L	0.0213	0.025	17.4	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.025
NITRATOS NANO mg/L	10.8	0.60	94.5	0.0	0.0	70.0	70.0	82.0	82.0	92.8	97.4	10.8	10.8	3.2	3.2	1.9	1.9	0.8	0.3	1	1	1	1	1	1	1	0	7	0.60
N-TOTAL Kj mg/L	84.8	5.0	92.3	0.0	79.1	84.5	97.8	88.3	98.3	99.8	100.0	84.8	13.5	10.1	1.4	1.0	0.1	0.1	0.0	1	1	1	0	1	0	0	0	4	5.0
FÓSFORO TOTAL mg P/L	32.8	0.050	99.6	0.0	33.5	97.0	99.0	97.0	99.0	99.6	100.0	32.8	21.8	1.0	0.327	1.0	0.327	0.131	0.003	1	1	1	1	1	1	1	0	7	0.050
FENOLES TOTALES mg/L	0.0435	0.30	>99.7	0.0	90.4	95.7	96.8	97.4	98.1	98.5	99.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.30
Cr mg/L	0.40	0.050	97.5	0.0	47.5	96.9	96.9	98.4	98.4	98.9	100.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0.050
Ni mg/L	0.2	0.050	230.0	0.0	14.5	64.1	94.0	71.3	95.2	96.2	98.6	0.200	0.173	0.072	0.012	0.057	0.010	0.008	0.003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.050
Cu mg/L	0.10	0.050	50.0	0.0	24.0	77.2	96.1	81.8	98.5	98.9	99.6	0.100	0.076	0.023	0.002	0.018	0.002	0.001	0.000	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0.050
Zn mg/L	0.68	0.020	97.06	0.0	14.5	79.5	98.3	81.5	98.46	98.8	99.6	0.7	0.6	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1	1	1	0	1	0	0	0	4	0.020
As mg/L	0.004	0.200	>990.0	0.0	36.3	74.5	92.4	79.6	93.9	95.7	98.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.200
Cd mg/L	0.10	0.004	96	0.0	47.5	97.9	98.7	98.7	99.2	99.4	100.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0.004
Hg mg/L	0.004	0.0005	88	0.0	19.0	75.7	96.0	80.6	96.8	97.7	99.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	1	0	1	0	0	0	4	0.0005
Pb mg/L	0.86	0.030	97	0.0	44.0	96.6	95.0	98.0	97.0	97.9	99.9	0.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	1	0	0	0	3	0.030
CLOROFORMO CHCl3 µg/L	6.8	30.0	417	0.0	9.0	97.6	90.2	99.6	98.5	99.9	100.0	5.8	5.3	0.1	0.6	0.021	0.085	0.005	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.0
BROMOFORMO CHBr3 µg/L	0.375	10.0	2967	0.0	16.0	97.6	90.2	99.0	96.1	99.8	100.0	0.4	0.3	0.029	0.037	0.004	0.015	0.001	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.0
DIBROMOCLOROMETANO CH2ClBr µg/L	0.5399	10.0	1752	0.0	26.0	97.6	97.6	99.0	95.1	99.7	100.0	0.5	0.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.0
BROMODICLOROMETANO CHCl2Br µg/L	0.7138	1.0	40	0.0	36.0	97.0	85.1	98.8	94.1	99.6	100.0	0.7	1.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0
1,4-DICLORO-BENCENO µg/L	2.23	10.0	948	0.0	37.0	78.0	92.7	91.2	97.1	99.8	99.9	2.2	1.4	0.5	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.0
BENCENO µg/L	0.698	50.0	8124	0.0	41.2	92.7	80.4	97.1	92.2	98.1	100.0	0.6	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.0
TOLUENO µg/L	7.5	200.0	2967	0.0	16.0	86.0	72.0	94.4	88.8	97.3	99.9	7.5	6.3	1.1	2.1	0.4	0.8	0.2	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200.0
ETILBENCENO µg/L	0.822	100.0	15988	0.0	16.0	86.0	72.0	94.4	88.8	97.3	99.9	0.6	0.5	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0
m.p. XILENOS µg/L	0.56	600.0	107043	0.0	30.0	79.0	72.0	91.6	88.8	96.4	99.7	0.6	0.4	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600.0
p-XILENO µg/L	0.5	600.0	119993	0.0	30.0	79.0	72.0	91.6	88.8	96.4	99.7	0.5	0.4	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600.0
N-NITROSODI-N-PROPIAMINA µg/L	302.2	58.5	80.64</																										



Tabla 122. Efectividad de trenes de tratamiento complementarios a la PTAR Cd Mier. Meta 3.

PARAMETROS Y/O CONTAMINANTES		CALIDAD INFLUENTE PTAR	META ETAPA 3 MODIF	EFIC REQ	EVALUACIÓN DE TRENES DE TRATAMIENTO PARA LA PTAR CD MIER														NO CUM PLEN	META ETAPA 3													
					LAG 1	LAG 2	LAG 3	LAG 4	LAG 5	LAG 6	LAG 7	LAG 8	LAG 9	LAG 10	LAG 11	LAG 12	LAG 13	LAG 14			LAG 15	LAG 16	LAG 17	LAG 18									
EFICIENCIAS DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES POR TRENES DE TRATAMIENTO					CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS														CUMPLIMIENTO CON LA CALIDAD DE LA META 3 (0 CUMPLE 1 NO CUMPLE)														
COLOR VERDADERO UPt-CO	50	15	70.0	0.0	27.1	97.8	93.4	99.8	99.3	99.6	100.0	50.0	36.5	1.1	3.3	0.1	0.3	0.2	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	15	
TURBIDAD UNT	90	10	88.9	0.0	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	80.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	
CONDUCTIVIDAD µs/cm	3782	500	86.8	0.0	14.3	22.8	98.3	30.6	98.5	98.5	98.7	2782	3243	2918	65	2626	58	58.4	47.3	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	4	500	
CLORUROS mg/L	488	250	45.4	0.0	0.0	10.0	95.0	10.0	95.0	95.0	96.0	488	488	412	23	412	23	22.9	18.5	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	4	250	
SST mg/L	2742	500	79.9	0.0	48.8	58.5	95.4	62.7	95.9	95.9	96.6	2742	1404	1137	126	1023	114	113.7	92.1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4	500	
SDI mg/L	1480	500	66.2	0.0	14.3	22.8	99.1	30.6	99.2	99.2	99.4	1480	1269	1142	13	1028	11	114.4	93.3	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4	500	
SST mg/L	20	30	-50.0	5.0	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	19.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	
SOLIDOS SEDIMENTABLES mL/L	0.2	0.050	75.0	20.0	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.050	
COIFORMES FECALES NMP/100 mL	24000	200	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	
ESCHERICHIA COLI NMP/100 mL	24000	10	100.0	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	240.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	
HUEVOS DE HELMINTO HH/L	1	1.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	
DBO5 TOTAL mg/L	206	5	97.5	0.0	95.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	206.0	8.8	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	
DBO5 SOLUBLE mg/L	132	3.0	97.7	0.0	98.9	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	132.0	1.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3.0	
DOO TOTAL mg/L	351	15	96.7	0.0	98.4	100.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	351.0	5.5	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	15	
DOO SOLUBLE mg/L	156	10.0	93.6	0.0	83.4	97.0	98.5	98.2	99.1	99.1	100.0	156.0	26.0	4.7	2.3	2.8	1.4	1.4	0.1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10.0	
COD mg/L	21.62	3.0	86.1	0.0	84.9	96.8	98.9	98.4	99.5	99.5	100.0	21.6	3.3	0.7	0.2	0.3	0.1	0.1	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3.0	
COS mg/L	6.97	2.0	71.3	0.0	88.8	98.5	99.6	99.4	99.9	99.9	100.0	7.0	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.0	
COT mg/L	22.98	2.5	89.1	0.0	95.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	23.0	1.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.5	
GRASAS Y ACEITES mg/L	15.00	10.0	33.3	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10.0	
SAAM mg/L	1.01	0.10	90.1	0.0	44.9	94.5	99.4	95.0	99.5	99.6	100.0	1.0	0.6	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.10	
NITROGENO AMONACAL N-NH3 mg/L	23.8	0.5	97.9	0.0	74.4	94.6	98.2	95.7	98.6	98.6	100.0	23.8	6.1	1.3	0.4	1.0	0.3	0.1	0.0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0.5	
N-TOTAL mg/L	26	10.0	61.5	0.0	63.2	77.9	94.5	77.9	94.5	97.8	99.6	26.0	9.6	5.7	1.4	5.7	1.4	0.6	0.1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10.0	
NITRITOS N-NO2 mg/L	0.0213	0.025	-17.4	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.025	
NITRATOS N-NO3 mg/L	0.5	0.0	-20.0	0.0	0.0	70.0	70.0	82.0	82.0	92.8	97.4	0.5	0.5	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
N-TOTAL N mg/L	0.51	5.0	80.6	0.0	83.1	87.4	98.8	94.8	99.1	99.8	100.0	0.51	4.4	3.2	0.5	2.4	0.3	0.0	0.0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	5.0	
FOSFORO TOTAL mg P/L	3.01	0.050	98.3	0.0	48.8	97.7	99.2	97.7	99.2	99.7	100.0	3.0	1.5	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0.050	



Tabla 123. Efectividad de trenes de tratamiento complementarios a la PTAR Miguel Alemán. Meta 2

EVALUACIÓN DE TRENES DE TRATAMIENTO PARA LA PTAR MIGUEL ALEMÁN																															
PARAMETROS Y/O CONTAMINANTES	CALIDAD INFLUENTE PTAR	META ETAPA MOQIF	EFIC REO	EFICIENCIAS DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES POR TRENES DE TRATAMIENTO												CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS							CUMPLIMIENTO CON LA CALIDAD DE LA META 2 (0 CUMPLE, 1 NO CUMPLE)					NO CUM PLEN	META ETAPA 2		
				LAG 1	LAG 2	LAG 3	LAG 4	LAG 5	LAG 6	LAG 7	LAG 8	LAG 9	LAG 10	LAG 11	LAG 12	LAG 13	LAG 14	LAG 15	LAG 16	LAG 17	LAG 18	LAG 19	LAG 20	LAG 21	LAG 22	LAG 23	LAG 24			LAG 25	LAG 26
COLOR VERDADERO UPH-CO	100	75	25.0	0.0	27.1	97.8	93.4	99.8	99.3	99.6	100.0	100.0	72.9	2.2	6.6	0.2	0.7	0.4	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	75	
TURBEDAD UNT	130	10	92.3	0.0	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	130.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	10	
CONDUCTIVIDAD µs/cm	1694	1500	11.5	0.0	14.3	22.8	96.3	30.6	96.5	96.5	96.7	1694.0	1452.4	1307.2	29.0	1176.4	26.1	26.1	21.2	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1500	
CLORURO mg/L	155	250	61.3	0.0	0.0	10.0	95.0	10.0	95.0	95.0	96.0	155.0	155.0	139.5	7.8	139.5	7.8	7.8	6.3	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250	
ST mg/L	954	550	42.3	0.0	48.8	58.5	95.4	62.7	95.9	95.9	96.6	954	488	396	44	396	40	40	32.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	550	
SDI mg/L	893	500	44.0	0.0	14.3	22.8	99.1	30.6	99.2	99.2	99.4	893	766	689	8	689	7	7	5.6	0.0	1	1	1	0	1	0	0	0	4	500	
SST mg/L	106	50	63.7	5.0	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	102.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	50	
SOLIDOS SEDIMENTABLES mL/L	0.20	0.1000	50	20.0	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1000	
COLIFORMES FECALES NMP/100 mL	24000	10	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
ESCHERICHIA COLI NMP/100 mL	24000	2	100	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	240	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
HUEVOS DE HELMINTO HH/L	1.00	0.10	90	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.10
DBO, TOTAL mg/L	204	10	95.1	0.0	95.7	90.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	204	8.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10
DBO5 SOLUBLE mg/L	192	2.5	98.7	0.0	98.9	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	192	2.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.5
DBO TOTAL mg/L	225	20	91.1	0.0	98.4	100.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	225	3.5	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20
DOO SOLUBLE mg/L	222	4.0	98.2	0.0	83.4	97.0	98.5	98.2	99.1	99.1	100.0	222	36.9	6.6	3.3	4.0	2.0	2.0	0.1	0.0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3	4.0
CO2 mg/L	35.53	4.0	88.7	0.0	84.5	96.8	96.9	96.4	99.5	99.3	100.0	35	5.4	1.1	0.4	0.6	0.2	0.2	0.0	0.0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	4.0
CO3 mg/L	15.95	3.0	81.2	0.0	88.8	98.5	99.5	99.4	99.9	99.9	100.0	16	1.8	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3.0
COT mg/L	51.48	5.0	90.3	0.0	95.7	100.0	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	51	2.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5.0
GRASAS Y ACEITES mg/L	21.00	10.0	52.4	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10.0
SAAM mg/L	5.77	0.50	91.3	0.0	44.8	94.5	99.4	95.0	99.5	99.6	100.0	5.8	3.2	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0.50
NITROGENO AMONACAL N-NH3 mg/L	60.3	5.0	90.1	0.0	74.0	94.8	96.3	95.7	98.6	99.0	100.0	60	12.9	2.7	0.9	2.2	0.7	0.1	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	5.0
N-TOTAL mg/L	52.0	10.0	80.8	0.0	63.2	77.9	94.5	77.9	94.5	97.8	99.6	52	19.2	11.5	2.9	11.5	2.9	1.1	0.2	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	10.0
NITRITO N-NO2 mg/L	0.12	0.050	58.3	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.050
NITRATO N-NO3 mg/L	1.40	5.00	<257.1	0.0	0.0	70.0	70.0	82.0	82.0	92.8	97.4	1.4	1.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.00
N-TOTAL Kj mg/L	51.50	7.5	85.4	0.0	83.1	87.4	98.2	90.6	98.7	99.9	100.0	52	8.7	6.5	0.9	4.8	0.7	0.1	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	7.5
FOSFORO TOTAL mg P/L	6.32	0.100	98.4	0.0	48.6	97.7	99.2	97.7	99.2	99.7	100.0	6.3	3.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	4	0.100
FENOLAS TOTALES mg/L	0.016	1.0	-8035.0	0.0	99.7	99.9	99.9	99.9	99.9	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	
Cr mg/L	0.400	0.050	99	0.0	57.8	97.9	97.5	98.7	98.7	99.1	100.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0.050
Ni mg/L	0.200	0.010	95	0.0	14.3	64.0	94.0	71.2	95.2	96.2	98.6	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	5	0.010
Cu mg/L	0.100	1.0	-900	0.0	14.3	74.3	97.9	79.4	98.3	98.8	99.6	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0
Zn mg/L	0.240	5.0	-1983	0.0	14.3	79.4	96.3	81.5	98.5	98.8	99.6	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.0
As mg/L	0.003	0.050	-1567	0.0	38.6	75.4	92.6	80.3	94.1	95.9	99.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.050
Cd mg/L	0.100	0.010	90	0.0	57.8	98.3	98.9	99.0	99.4	99.6	100.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0.010
Hg mg/L	0.004	0.001	75	0.0	27.1	78.1	96.4	82.5	97.1	98.0	99.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0.001
Pb mg/L	0.500	0.050	90	0.0	48.8	96.9	95.4	98.2	97.2	98.1	99.9	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0.050
CLOROFORMO CHCl3 µg/L	3.75	30.0	-700	0.0	33.4	98.2	92.8	99.7	98.9	99.0	100.0	3.8	2.5	0.1	0.3	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.0
BROMOFORMO CHBr3 µg/L	0.49	2.0	-308	0.0	38.6	98.2	92.8	99.3	97.1	99.8	100.0	0.49	3.00	0.01	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.0
DIBROMOCLOROMETANO CHClBr2 µg/L	0.540	14.0	-2493	0.0	7.8	98.2	91.0	99.3	96.4	99.8	100.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.0
BROMODICHLOROMETANO CHCl2Br µg/L	0.714	1.9	-166	0.0	18.1	98.2	91.0	99.3	96.4	99.8	100.0	0.7	0.6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9
1,4-DICHLORO BENCENO µg/L	400	400	100	0.0	32.4	76.9	92.1	90.5	96.8	99.8	99.9	400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400
BENCENO µg/L	0.698	10.0	-1545	0.0	20.9	90.1	7																								







Tabla 127. Resumen Trenes de tratamiento y cumplimiento de criterios de las Metas 2 y 3.

TREN	PTAR REYNOSA #1	META 2 <sup>(1)</sup>	META 3 <sup>(2)</sup>
1LA	PRE + SP + CL + LODOS	30	35
2LA	PRE + SP + LA + SS + CL + LODOS	22	28
3LA	PRE + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + FIL + (UV) + ADS + LODOS	6	11
4LA	PRE + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + FIL + (UV) + OI + LODOS	2	2
5LA	PRE + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + ADS + (UV) + LODOS	4	10
6LA	PRE + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + OI + (UV) + LODOS	0	1
7LA	PRE + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + DESGA + OI + (UV) + LODOS	0	1
8LA	PRE + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + DESGA + ADS1 + ADS2 + OI + (UV) + LODOS	0	0
TREN	PTAR REYNOSA #2	META 2 <sup>(1)</sup>	META 3 <sup>(2)</sup>
FR 1	PRE + SP + CL + LODOS	33	35
FR 2	PRE+SP+FR+SS+CL	28	32
FR 3	PRE + SP + FR + SS + FIL + (UV) + ADS + LODOS	9	17
FR 4	PRE + SP + FR + SS + FIL + (UV) + OI + LODOS	3	7
FR 5	PRE + SP + FR + SS + OZ + FIL + ADS + (UV) + LODOS	8	15
FR 6	PRE + SP + FR + SS + OZ + FIL + OI + (UV) + LODOS	2	4
FR 7	PRE + SP + FR + SS + OZ + FIL + DESGA + OI + (UV) + LODOS	1	3
FR 8	PRE + SP + FR + SS + OZ + FIL + DESGA + ADS1 + ADS2 + OI + (UV) + LODOS	0	0
TREN	PTAR CD MIER	META 2 <sup>(1)</sup>	META 3 <sup>(2)</sup>
LAG 1	PRE + SP + CL + LODOS	29	30
LAG 2	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + CL + LODOS	16	20
LAG 3	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + FIL + (UV) + ADS + LODOS	8	11
LAG 4	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + FIL + (UV) + OI + LODOS	2	2
LAG 5	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + OZ + FIL + ADS + (UV) + LODOS	7	11
LAG 6	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + OZ + FIL + OI + (UV) + LODOS	1	2
LAG 7	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + OZ + FIL + DESGA + OI + (UV) + LODOS	0	2
LAG 8	PRE + SP + (LAN + LFAC + LMAD) + OZ + FIL + DESGA + ADS1 + ADS2 + OI + (UV) + LODOS	0	1
TREN	PTAR MIGUEL ALEMÁN	META 2 <sup>(1)</sup>	META 3 <sup>(2)</sup>
LAG 1	PRE + SP + CL + LODOS	33	34
LAG 2	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + CL + LODOS	17	23
LAG 3	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + FIL + (UV) + ADS + LODOS	7	13
LAG 4	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + FIL + (UV) + OI + LODOS	2	3
LAG 5	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + OZ + FIL + ADS + (UV) + LODOS	6	12
LAG 6	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + OZ + FIL + OI + (UV) + LODOS	1	3
LAG 7	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + OZ + FIL + DESGA + OI + (UV) + LODOS	0	1
LAG 8	PRE + SP + (LAN + LFAC + LMAD) + OZ + FIL + DESGA + ADS1 + ADS2 + OI + (UV) + LODOS	0	0
TREN	PTAR CAMARGO	META 2 <sup>(1)</sup>	META 3 <sup>(2)</sup>
LAG 1	PRE + SP + CL + LODOS	33	34
LAG 2	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + CL + LODOS	23	27
LAG 3	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + FIL + (UV) + ADS + LODOS	12	16
LAG 4	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + FIL + (UV) + OI + LODOS	4	5
LAG 5	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + OZ + FIL + ADS + (UV) + LODOS	11	16
LAG 6	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + OZ + FIL + OI + (UV) + LODOS	1	5
LAG 7	PRE + (LAN + LFAC + LMAD) + OZ + FIL + DESGA + OI + (UV) + LODOS	0	2
LAG 8	PRE + SP + (LAN + LFAC + LMAD) + OZ + FIL + DESGA + ADS1 + ADS2 + OI + (UV) + LODOS	0	1

(1) Y (2): NÚMERO DE PARÁMETROS O CONTAMINANTES QUE NO CUMPLEN LOS LÍMITES DE CONCENTRACIÓN DE LOS CRITERIOS DE CALIDAD DE LAS METAS 2 Y 3

En la Tabla 109 se muestran los criterios a modificar de tal forma que se puedan cumplir los criterios de calidad de las Metas 2 y 3 con los mismos trenes. De esta forma:

Si se modifica el criterio de sulfuros de la Meta 3 es posible el uso del Tren 6LA para el cumplimiento de ambas Metas de la PTAR Reynosa #1.

Para la PTAR Reynosa #2 es deseable modificar 2 criterios de la Meta 2 y 4 de la Meta 3 para aplicar el Tren FR-6 en ambas etapas.

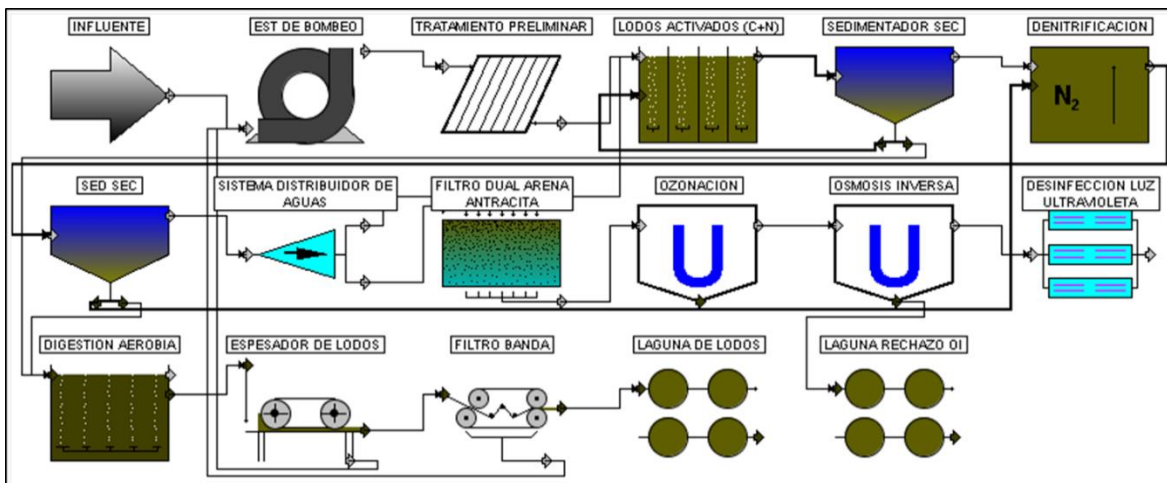
Para el caso de los sistemas lagunares, se considera adecuado modificar los valores de las metas de los contaminantes que no son satisfechos por los diferentes trenes de tratamiento, a fin de hacer rentable la adecuación de la PTAR existentes con el Tren LAG 4.

PTAR Cd Mier Ni y Sulfuros de la Meta 2 y Zn y sulfuros de la Meta 3:

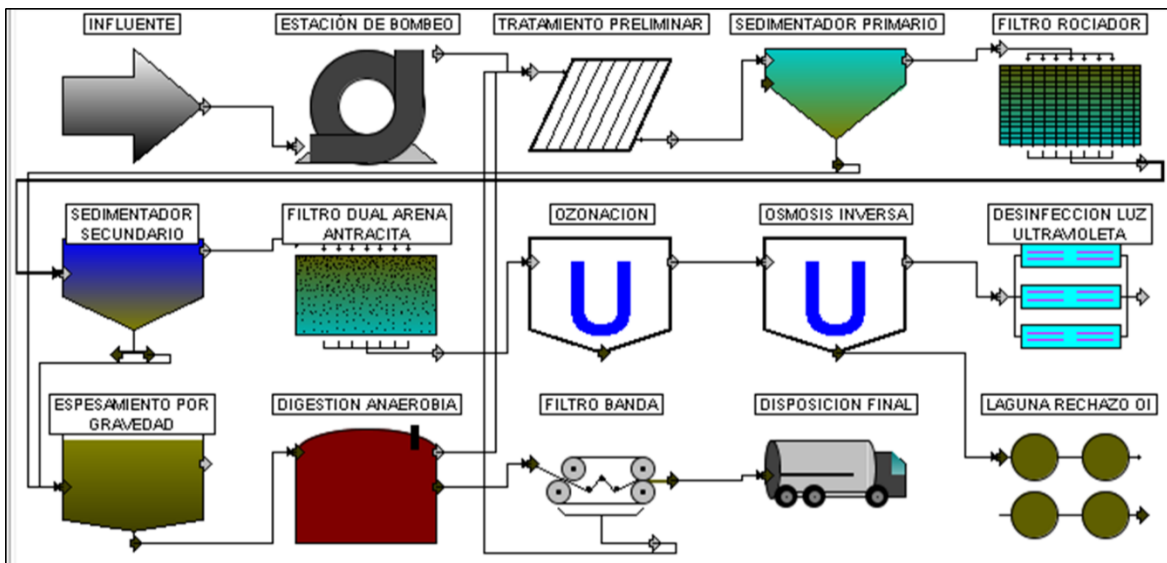
PTAR Miguel Alemán: Ni y sulfuros de la Meta 2 y N Amoniacal y Bis 2-etilhexilftalato y sulfuros.

PTAR Camargo: DQO soluble, Nitrógeno de nitratos, Ni y Fósforo total para la Meta 2. El cumplimiento de los criterios de la Meta 3 se alcanzan modificando Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno de nitratos, Fósforo Total, Bis(2-etilhexil) ftalato, Sulfuros.

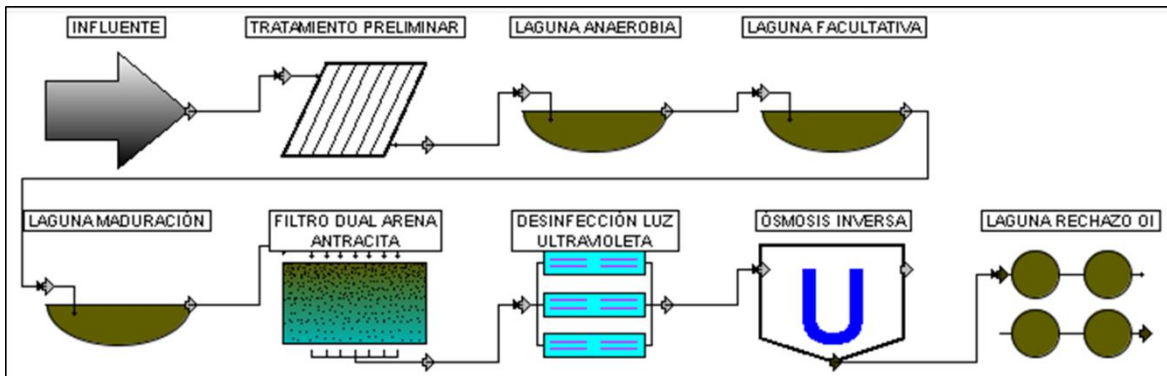
En las figuras de la 191 a la 195 se presentan la mejor alternativa de tratamiento para cada una de las plantas de tratamiento de aguas residuales evaluadas.



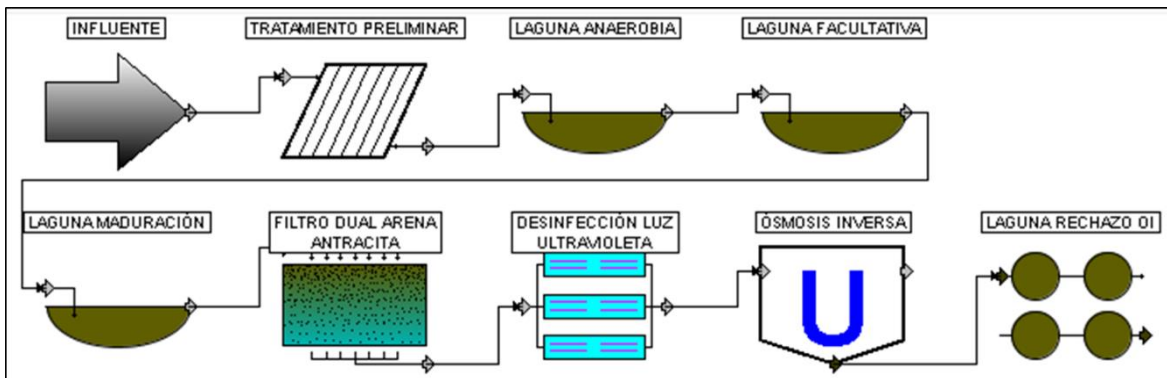
**Figura 232. Tren de tratamiento 6LA para las AR de la PTAR Reynosa #1.**



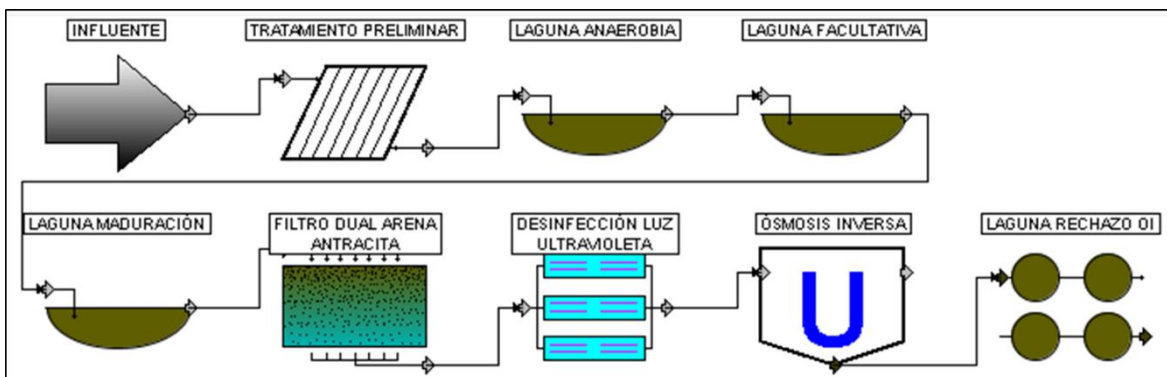
**Figura 233. Tren de tratamiento 6FR para las AR de la PTAR Reynosa #2.**



**Figura 234. Tren de tratamiento LAG 4 para las AR de la PTAR Cd Mier.**



**Figura 235. Tren de tratamiento LAG 4 para las AR de la PTAR Miguel Alemán.**



**Figura 236. Tren de tratamiento LAG 4 para las AR de la PTAR Camargo.**

Los costos de inversión, operación y mantenimiento de los trenes de tratamiento estudiados se analizaron para diferentes gastos de aguas, las corridas se realizaron variando los flujos de AR. En las Tablas 110 a 114 se presentan los costos en dólares americanos para cada una de las PTAR's.

**Tabla 128. Costos de inversión, operación y mantenimiento PTAR Reynosa #1.**

TREN DE TRATAMIENTO AGUAS Y LODOS	Inversión construc y equipamiento, (\$)	Operación (\$/año)	Mantenim (\$/año)	Materiales (\$/año)	Químicos (\$/año)	Energía E (\$/año)
01 PTAR REX 1. Q 750 LPS (1)	\$99,742,000	\$831,000	\$418,000	\$1,930,000	\$1,880,000	\$5,210,000
01 PTAR REX 1. Q 1000 LPS(2)	\$127,549,000	\$974,000	\$497,000	\$2,480,000	\$2,510,000	\$6,870,000
01 PTAR REX 1. Q 1250 LPS(3)	\$151,906,000	\$1,110,000	\$571,000	\$3,000,000	\$3,130,000	\$8,520,000
01 PTAR REX 1. Q 1500 LPS(4)	\$176,774,000	\$1,230,000	\$639,000	\$3,530,000	\$3,750,000	\$10,100,000
01 PTAR REX 1. Q 2000 LPS(5)	\$227,321,000	\$1,470,000	\$775,000	\$4,550,000	\$5,000,000	\$13,500,000

**Tabla 129. Costos de inversión, operación y mantenimiento PTAR Reynosa #2**

TREN DE TRATAMIENTO AGUAS Y LODOS	Inversión construc y equipamiento, (\$)	Operación (\$/año)	Mantenim (\$/año)	Materiales (\$/año)	Químicos (\$/año)	Energía E (\$/año)
02 PTAR REX 2. Q 250 LPS(1)	\$33,093,500	\$299,000	\$115,000	\$567,000	\$77,100	\$671,000
02 PTAR REX 2. Q 500 LPS(2)	\$54,813,000	\$407,000	\$158,000	\$1,050,000	\$150,000	\$1,250,000
02 PTAR REX 2. Q 750 LPS(3)	\$74,497,000	\$366,260	\$202,400	\$1,510,540	\$224,180	\$1,816,892
02 PTAR REX 2. Q 1000 LPS(4)	\$95,393,000	\$618,000	\$242,000	\$1,970,000	\$297,000	\$2,370,000
02 PTAR REX 2. Q 1250 LPS(5)	\$118,944,000	\$716,000	\$278,000	\$2,430,000	\$368,000	\$2,890,000

**Tabla 130. Costos de inversión, operación y mantenimiento PTAR Cd Mier.**

TREN DE TRATAMIENTO AGUAS Y LODOS	Inversión construc y equipamiento, (\$)	Operación (\$/año)	Mantenim (\$/año)	Materiales (\$/año)	Químicos (\$/año)	Energía E (\$/año)
03 PTAR CD MIER. Q10 LPS	\$2,020,000	\$84,100	\$12,900	\$27,300	\$2,140	\$25,900
03 PTAR CD MIER. Q20 LPS(2)	\$3,090,000	\$98,600	\$15,600	\$47,600	\$3,960	\$47,100
03 PTAR CD MIER. Q30 LPS(3)	\$4,040,000	\$109,000	\$17,700	\$67,100	\$5,750	\$67,500
03 PTAR CD MIER. Q40 LPS(4)	\$4,870,000	\$117,000	\$19,200	\$86,000	\$7,520	\$87,300
03 PTAR CD MIER. Q50 LPS(5)	\$5,750,000	\$124,000	\$20,600	\$105,000	\$9,340	\$107,000

**Tabla 131. Costos de inversión, operación y mantenimiento PTAR Miguel Alemán.**

TREN DE TRATAMIENTO AGUAS Y LODOS	Inversión construc y equipamiento, (\$)	Operación (\$/año)	Mantenim (\$/año)	Materiales (\$/año)	Químicos (\$/año)	Energía E (\$/año)
04 PTAR MIGUEL ALEMÁN. Q25 LPS(1)	\$3,500,000	\$104,000	\$17,000	\$57,800	\$4,960	\$58,500
04 PTAR MIGUEL ALEMÁN. Q50 LPS(2)	\$5,640,000	\$124,000	\$21,200	\$106,000	\$9,590	\$109,000
04 PTAR MIGUEL ALEMÁN. Q75 LPS(3)	\$7,570,000	\$147,000	\$24,400	\$153,000	\$14,300	\$160,000
04 PTAR MIGUEL ALEMÁN. Q100 LPS(4)	\$9,650,000	\$149,000	\$26,400	\$203,000	\$18,500	\$207,000
04 PTAR MIGUEL ALEMÁN. Q125 LPS(5)	\$11,300,000	\$159,000	\$28,500	\$249,000	\$22,900	\$254,000

**Tabla 132. Costos de inversión, operación y mantenimiento PTAR Camargo.**

TREN DE TRATAMIENTO AGUAS Y LODOS	Inversión construc y equipamiento, (\$)	Operación (\$/año)	Mantenim (\$/año)	Materiales (\$/año)	Químicos (\$/año)	Energía E (\$/año)
05 PTAR CAMARGO. Q10 LPS(1)	\$1,990,000	\$84,100	\$12,900	\$27,300	\$2,140	\$25,900
05 PTAR CAMARGO. Q15 LPS(2)	\$2,520,000	\$92,300	\$14,500	\$37,700	\$3,060	\$36,700
05 PTAR CAMARGO. Q20 LPS(3)	\$3,090,000	\$98,800	\$15,900	\$48,000	\$4,060	\$48,200
05 PTAR CAMARGO. Q25 LPS(4)	\$3,550,000	\$104,000	\$16,900	\$57,800	\$4,960	\$58,500
05 PTAR CAMARGO. Q30 LPS(5)	\$4,010,000	\$109,000	\$17,900	\$67,600	\$5,890	\$68,900

Para determinar los costos de inversión, operación, mantenimiento, depreciación y los de producción de aguas tratadas, por metro cúbico, en moneda nacional, se hace uso de una hoja de cálculo, donde se selecciona el



monto, en moneda nacional del dólar americano, para la amortización se considera una vida útil de las instalaciones de 20 años y una tasa de interés del 12%.

Para el caso de la PTAR Reynosa # 1, tomando en cuenta las instalaciones existentes, se requiere de una inversión de 682 millones de pesos para hacer que la PTAR cumpla con la calidad requerida para las Metas 2 (Fuente de Abastecimiento de agua) y 3 (Protección de Vida Acuática). El costo de producción de las aguas tratadas es de \$21.58/m<sup>3</sup>, considerando que todas las unidades son nuevas (Tabla 115).

**Tabla 133. Costos de inversión, operación y mantenimiento. Instalaciones complementarias PTAR Reynosa #1.**

TREN DE TRATAMIENTO	Inversión construc	Operación	Mantenim	Materiales	Químicos	Energía E
AGUAS Y LODOS	y equipamiento, (\$)	(\$/año)	(\$/año)	(\$/año)	(\$/año)	(\$/año)
FILTRACIÓN	\$59,400,000	\$183,000	\$121,800	\$1,540,000	\$0	\$266,000
OZONACION	\$63,600,000	\$586,000	\$454,000	\$706,000	\$70,800	\$8,420,000
OSMOSIS INVERSA	\$224,000,000	\$1,122,000	\$710,000	\$32,400,000	\$3,240,000	\$33,000,000
DESINFECCION LUZ ULTRAVIOLETA	\$20,600,000	\$0	\$133,000	\$206,000	\$86,200	\$858,000
OTROS COSTOS	\$314,402,828					
<b>TOTAL</b>	<b>\$682,002,828</b>	<b>\$1,891,000</b>	<b>\$1,418,800</b>	<b>\$34,852,000</b>	<b>\$3,397,000</b>	<b>\$42,544,000</b>

Para la PTAR Reynosa #2, son necesarios 596 millones de pesos para completar el tratamiento de la PTAR Reynosa #2 y cumplir las condiciones de las Metas 2 y 3. El costo de agua tratada es de \$13.71/m<sup>3</sup>, en MN (Tabla 116).

**Tabla 134. Costos de inversión, operación y mantenimiento. Instalaciones complementarias PTAR Reynosa #2**

TREN DE TRATAMIENTO	Inversión construc	Operación	Mantenim	Materiales	Químicos	Energía E
AGUAS Y LODOS	y equipamiento, (\$)	(\$/año)	(\$/año)	(\$/año)	(\$/año)	(\$/año)
FILTRO DUAL ARENA ANTRACITA	\$48,200,000	\$157,000	\$97,000	\$1,264,000	\$0	\$204,000
OZONACION	\$52,800,000	\$536,000	\$390,000	\$604,000	\$60,400	\$6,500,000
OSMOSIS INVERSA	\$174,200,000	\$1,040,000	\$616,000	\$24,600,000	\$2,460,000	\$25,200,000
DESINFECCION LUZ ULTRAVIOLETA	\$15,140,000	\$0	\$90,800	\$151,400	\$63,200	\$630,000
OTROS COSTOS	\$305,562,113	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>TOTAL</b>	<b>\$595,902,113</b>	<b>\$1,733,000</b>	<b>\$1,193,800</b>	<b>\$26,619,400</b>	<b>\$2,583,600</b>	<b>\$32,534,000</b>

La inversión requerida para hacer que la PTAR Cd Mier cumpla con los estándares de calidad de las Metas 2 y 3 es de 40 millones de pesos, MN. El costo por metro cúbico de agua tratada asciende a \$22.65, MN (Tabla 117).

**Tabla 135. Costos de inversión, operación y mantenimiento. Instalaciones complementarias PTAR Cd Mier.**

TREN DE TRATAMIENTO	Inversión construc	Operación	Mantenim	Materiales	Químicos	Energía E
AGUAS Y LODOS	y equipamiento, (\$)	(\$/año)	(\$/año)	(\$/año)	(\$/año)	(\$/año)
FILTRACION	\$4,440,000	\$19,920	\$9,620	\$158,800	\$0	\$6,140
DESINFECCION LUZ ULTRAVIOLETA	\$1,484,000	\$0	\$7,600	\$14,840	\$4,320	\$42,800
OSMOSIS INVERSA	\$7,220,000	\$416,000	\$202,000	\$748,000	\$74,800	\$876,000
LAGUNA RECHAZO OI	\$73,600	\$35,200	\$16,880	\$0	\$0	\$0
OTROS COSTOS	\$26,661,470	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>TOTAL</b>	<b>\$39,879,070</b>	<b>\$471,120</b>	<b>\$236,100</b>	<b>\$921,640</b>	<b>\$79,120</b>	<b>\$924,940</b>

Se requiere un capital de 108.7 millones de pesos para remodelar las instalaciones de la PTAR Miguel Alemán y cumplir con la calidad que se señala en los criterios de las Metas 2 y 3 (Tabla 118).

**Tabla 136. Costos de inversión, operación y mantenimiento. Instalaciones complementarias PTAR Miguel Alemán.**

TREN DE TRATAMIENTO AGUAS Y LODOS	Inversión construc y equipamiento, (\$)	Operación (\$/año)	Mantenim (\$/año)	Materiales (\$/año)	Químicos (\$/año)	Energía E (\$/año)
FILTRACION	\$8,300,000	\$42,400	\$21,600	\$242,000	\$0	\$22,200
DESINFECCION LUZ ULTRAVIOLETA	\$5,940,000	\$0	\$31,600	\$59,400	\$17,240	\$171,600
OSMOSIS INVERSA	\$23,000,000	\$756,000	\$292,000	\$2,680,000	\$268,000	\$2,980,000
LAGUNA RECHAZO OI	\$298,000	\$49,600	\$27,600	\$0	\$0	\$0
OTROS COSTOS	\$71,104,805	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>TOTAL</b>	<b>\$108,642,805</b>	<b>\$848,000</b>	<b>\$372,800</b>	<b>\$2,981,400</b>	<b>\$285,240</b>	<b>\$3,173,800</b>

Para la PTAR Ciudad Camargo se requieren 36 millones de pesos para la remodelación de la PTAR y cumplir la calidad de las aguas de las Metas 2 y 3 (Tabla 119).

**Tabla 137. Costos de inversión, operación y mantenimiento. Instalaciones complementarias PTAR Ciudad Camargo.**

TREN DE TRATAMIENTO AGUAS Y LODOS	Inversión construc y equipamiento, (\$)	Operación (\$/año)	Mantenim (\$/año)	Materiales (\$/año)	Químicos (\$/año)	Energía E (\$/año)
FILTRACION	\$4,380,000	\$16,900	\$8,080	\$144,800	\$0	\$4,640
DESINFECCION LUZ ULTRAVIOLETA	\$1,484,000	\$0	\$7,560	\$14,840	\$4,320	\$42,800
OSMOSIS INVERSA	\$5,600,000	\$386,000	\$185,800	\$568,000	\$56,800	\$670,000
LAGUNA RECHAZO OI	\$81,600	\$37,200	\$18,120	\$0	\$0	\$0
OTROS COSTOS	\$24,250,270	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>TOTAL</b>	<b>\$35,795,870</b>	<b>\$440,100</b>	<b>\$219,560</b>	<b>\$727,640</b>	<b>\$61,120</b>	<b>\$717,440</b>

## 5.8. CONCLUSIONES COSTOS PLANTAS DE TRATAMIENTO META 2 Y 3

Del análisis del funcionamiento y operación de las PTAR de Cd Mier, Miguel Alemán, Camargo y Reynosa #1 y #2, en la zona de estudio, se concluye que todas presentan tratamientos biológicos a nivel secundario siendo las tres primeras sistemas lagunares, la cuarta lodos activados y la última filtro rociador.

La información de los resultados de calidad física, química y biológica (FQB), de las aguas influentes y efluentes de las PTAR, tanto de parámetros convencionales como de metales pesados y orgánicos sintéticos, en la Base del IMTA se detecta un total de 3127 datos, los que se emplean para el dictamen de funcionamiento de las PTAR, junto con información de los organismos responsables de estos sistemas.

El estudio del comportamiento de los efluentes, respecto al cumplimiento de la NOM-001 SEMARNAT-1996 para cuerpos de aguas receptores tipos "B" (uso público urbano) y "C" (protección de la vida acuática) comparando los Promedios Mensuales y la concentración de los efluentes de las PTAR al 85% de probabilidad. Los parámetros o contaminantes fuera de norma, respecto a cuerpos de agua tipo B, son:

- La PTAR Reynosa #1 presenta deficiencias en cuatro parámetros (Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total y Plomo);
- PTAR Reynosa #2 en seis (Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Coliformes Fecales, Huevos de Helmintos y Plomo);
- la PTAR Cd Mier en tres (Sólidos Suspendidos Totales, Huevos de Helmintos y Plomo);
- la PTAR Miguel Alemán en seis (Grasas y Aceites, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Coliformes Fecales, Huevos de Helmintos y Plomo);
- la PTAR Camargo en siete (Grasas y Aceites, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Coliformes Fecales, Huevos de Helmintos y Plomo).

El comportamiento de las PTAR en relación con la evaluación de los efluentes para satisfacer las demandas de calidad de cuerpos receptores tipo C, considerando la posibilidad de la reclasificación del cuerpo de agua en estudio, es el siguiente.

La PTAR Reynosa #1 cumple con 14 parámetros y no cumple con cinco (Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Fósforo Total y Plomo. Sin información de Materia flotante).

La PTAR Reynosa #2 cumple con 12 parámetros y no cumple con siete (Grasas y Aceites, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Coliformes Fecales y Plomo. Dos no presentan información (Materia flotante y Huevos de Helmintos).

La PTAR Cd Mier cumple con 15 parámetros y no cumple con cuatro (Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Huevos de Helmintos y Plomo. Uno no presenta información (Materia flotante).

La PTAR Miguel Alemán cumple con 14 parámetros y no cumple con seis (Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Coliformes Fecales, Huevos de Helmintos y Plomo). Sin información de Materia flotante.

La PTAR Camargo cumple con once parámetros y no cumple con ocho (Grasas y Aceites, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Coliformes Fecales, Huevos de Helmintos y Plomo). Uno no presenta información (Materia flotante).

Los parámetros sin cumplimiento obedecen a problemas de diseño y operación. En relación con Plomo el proceso no presenta posibilidades de remoción.

La evaluación de la calidad deseada en la segunda y tercera etapas de planeación se realizó seleccionando los parámetros y contaminantes de los usos 1 (Fuente de abastecimiento para uso público urbano) y 3 (Protección a la vida acuática: Agua dulce incluye humedales). Concluyendo lo siguiente:

La PTAR Reynosa #1 cumple con todos los criterios de calidad de la Meta 2 con el Tren 6LA y los de la Meta 3 con el 8LA.

La PTAR Reynosa #2 cumple los criterios de las Metas 2 y 3 con el Tren FR 8.

Las PTAR Cd Mier y Camargo cumplen los criterios de calidad de la Meta 2 con el Tren LAG 7, pero no cumplen con un criterio (sulfuros) con ninguno de los trenes. La explicación está en que las lagunas anaeróbicas incrementan las concentraciones de este contaminante.

La PTAR Miguel Alemán satisface los criterios de calidad de la Meta 2 con el Tren LAG-7 y los de la Meta 3 con el Tren LAG-8.

Es de notar que la información complementaria en la que el Tren 2LA es similar al tren de la PTAR Reynosa #1 y no cumple 28 de los 60 criterios de la Meta 2 y 32 de los 60 de la Meta 3. El tren FR-2 es similar a la PTAR Reynosa #2 y no cumple 28 criterios de la Meta 2 y 32 de la Meta 3. El tren LAG-2 es similar a las PTAR de Cd Mier, Miguel Alemán y Camargo y se aprecia que no son cumplidos, en las Metas 2 y 3: 16 y 20; 17 y 23; y 23 y 27 criterios de cada planta. Es importante considerar esta información pues señala la necesidad de la remodelación de los actuales sistemas de tratamiento.

Se requieren las siguientes inversiones para lograr el cumplimiento de calidad de las Metas 2 y 3:

PTAR Reynosa #1: 682 millones de pesos para un gasto de 1000 lps.

PTAR Reynosa #2: 596 millones de pesos para un gasto de 750 lps.

PTAR Cd Mier: 39.9 millones de pesos para un gasto de 20 lps.

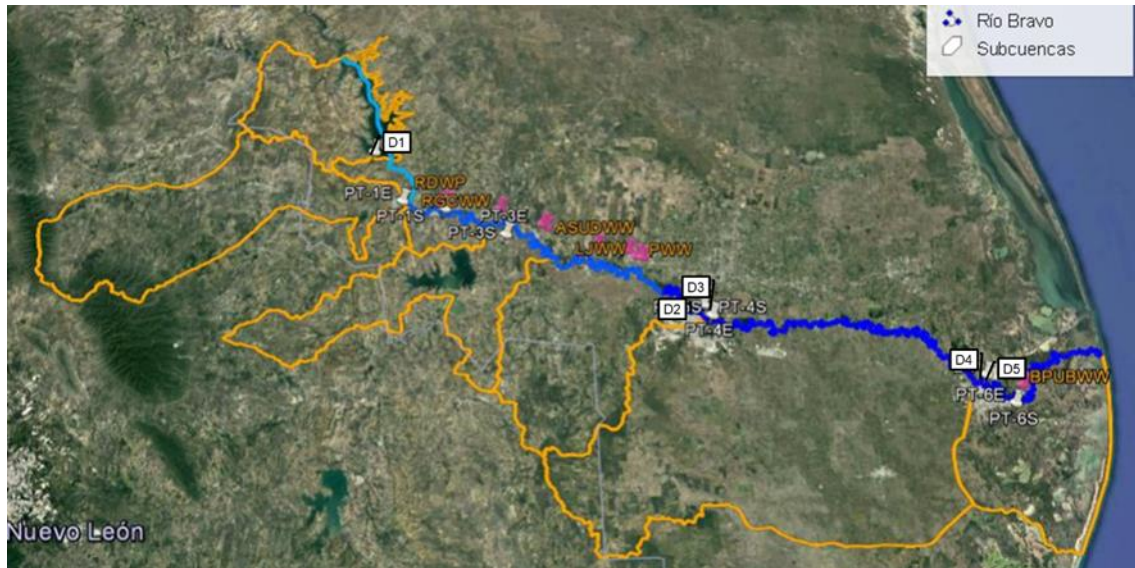
PTAR Miguel Alemán: 108.6 millones de pesos para 75 lps

PTR Camargo: 35.6 millones de pesos para 15 lps.

En total se requieren alrededor de 1463 millones de pesos para remodelar los sistemas de tratamiento existentes con unidades de ósmosis inversa y desinfección con luz ultravioleta, entre otros, para un gasto total de 1860 lps, que se podría emplear en la agricultura, con mucho éxito.

### 5.9. DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES

En referencia a las descargas domésticas directas al río Bravo se ubicaron 5, las cuales se presentan en la figura 196 y en la tabla 120 las claves.



**Figura 237. Localización de las descargas de Aguas Residuales (AR).**

**Tabla 138. Clave de las descargas de aguas residuales.**

No	CLAVE	NOMBRE
1	D1	Tanque Imoff Población Nuevo Guerrero
2	D2	Descarga Ciudad Reynosa aguas arriba de Puente Internacional Reynosa-Hidalgo
3	D3	Descarga Ciudad Reynosa aguas arriba de Puente Internacional Reynosa-Hidalgo
4	D4	Descarga de Matamoros, calle Ignacio Ramírez
5	D5	Descarga Fraccionamiento Las Palmas

La Tabla 121 se presenta la calidad FQB de las aguas residuales de las cinco descargas en estudio. Se aprecian los 60 parámetros o contaminantes que se consideran para la 1ª, 2ª y 3ª etapas de planeación. Se añaden los 15 contaminantes o parámetros no tomados en cuenta para esta evaluación, pero sí en las estimaciones de sus efectos en el ecosistema. La descarga D5 fue muestreada con éxito una sola vez y son los datos que se emplean en el estudio de la selección de los trenes de tratamiento y en el análisis de costos.

**Tabla 139. Calidad FQB de las descargas de AR al Río Bravo.**

ESTACIÓN	D1					D1	D2					D2
	Tanque Imoff Población Nuevo Guerrero						Descarga Ciudad Reynosa aguas arriba de Puente Internacional Reynosa-Hidalgo					
	i	1	2	3	4		i	1	2	3	4	
MUESTREO	%F	15	38	62	85	So	%F	15	38	62	85	So
ANÁLISIS DE PROBABILIDAD	4	D1	D1	D1	D1	4	D2	D2	D2	D2	D2	So
PARÁMETRO Y/O CONTAMINANTE												
10) COLOR VERDADERO UPTCO al		20	30	40	60	60	17.5	20	20	30	30	30
34) TURBIEDAD UNT		18.0	38	130		130	4.1	25	37.0			37
3) CONDUCTIVIDAD µs/cm		2060	2437	2682	2891	2891	211.7	1182	1203	1262	1262	1262
9) CLORUROS mg/L		190	193	219	268	268	12.2	98.1	147	276	276	276
30) ST mg/L		1436	1678	1710	2064	2064	604	780	786	1158	1158	1158
27) SDT mg/L		1410	1440	1644	2021	2021	144	752	778	1131	1131	1131
29) SST mg/L		28	34	315	208	208	12	15	27	550	550	550
28) SÓLIDOS SEDIMENTABLES mL/L		0.1	0.1	3.0	4.3	4.3	0.1	0.1	1.3	1.9	1.9	1.9
38) COLIFORMES FECALES NMP/100 mL		24000	24000			24000	2400	24000	24000			24000
39) ESCHERICHIA COLI NMP/100 mL		70	24000	24000	24000	24000	2400	24000	24000			24000
40) NÚMERO DE HUEVOS DE HELMINTO HH/L		4				4	0	1				1
5) DBO <sub>5</sub> TOTAL mg/L		46	55	86	106	106	7	11	30	39	39	39
6) DBO <sub>5</sub> SOLUBLE mg/L		19	36	54	66	66	6	9	9	38	38	38
7) DQO TOTAL mg/L		95	152	269	348	348	32	40	165	221	221	221
8) DQO SOLUBLE mg/L		75	128	180	223	223	20	30	114	147	147	147
35) COD mg/L		12.87	22.24	25.03	46.72	46.72	6.17	9.96	14.70	17.44	17.44	17.44
36) COS mg/L		5.28	7.365	8.00	35.47	35.47	1.86	2.91	6.80	16.16	16.16	16.16
37) COT mg/L		18.15	29.605	54.72	60.50	60.50	9.08	11.82	24.24	30.86	30.86	30.86
15) GRASAS Y ACEITES mg/L		15	17	18		18	10	10	15	15	15	15
31) SAAM mg/L		0.635	0.693	0.817	0.877	0.877	0.120	0.13	1.92	4.73	4.73	4.73
16) NITRÓGENO AMONIACAL NNH <sub>3</sub> mg/L		0.652	17.6	43.5	45.5	45.5	0.068	0.652	10.4	11.9	11.9	11.9
21) NTOTAL mg/L		19.9	39.6	52.5	55.5	55.5	1.4	3.16	5.3	16.3	16.3	16.3
18) NITRITOS NNO <sub>2</sub> mg/L		0.02	0.02	0.02	0.0213	0.0213	0.02	0.02	0.0752	0.32	0.32	0.32
17) NITRATOS NNO <sub>3</sub> mg/L		0.146	0.195	0.8	1.2	1.2	0.338	0.356	1.2	1.3	1.3	1.3
20) NTOTAL Kj mg/L		19.1	39.4	51.3	55.3	55.3	1.1	2.73	3.8	15.0	15.0	15.0
26) FÓSFORO TOTAL mg P/L		2.04	3.45	4.89	5.71	5.71	2.00	1	1	1	1	1
13) FENÓLES TOTALES mg/L		0.0111	0.0111	0.0154	0.0237	0.0237	0.001	0.0089	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111
44) Cr mg/L		0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
46) Ni mg/L		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
43) Cu mg/L		0.06	0.06	0.06	0.10	0.10	0.06	0.06	0.06	0.1	0.1	0.1
48) Zn mg/L		0.1	0.11	0.2	0.26	0.26	0.1	0.19	0.2	0.29	0.29	0.29
41) As mg/L		0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
42) Cd mg/L		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
45) Hg mg/L		0.001	0.001	0.004	0.004	0.004	0.001	0.001	0.004	0.004	0.004	0.004
47) Pb mg/L		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
64) CLOROFORMO CHCl <sub>3</sub> µg/L		2.53	4.81			4.81	0.4969	13.46				13.46
67) BROMOFORMO CHBr <sub>3</sub> µg/L		0.28	0.49			0.49	0.49	5.92				5.92
66) DIBROMOCLOROMETANO CHClBr <sub>2</sub> µg/L		0.21	0.5399			0.5399	0.5399	10.68				10.68
65) BROMODICLOROMETANO CHCl <sub>2</sub> Br µg/L		0.28	0.7138			0.7138	0.7138	10.29				10.29
58) 1,4-DICLOROBENCENO µg/L		0.21				0.21	2.04					
59) BENCENO µg/L		0.21	0.608			0.608	0.21	0.608				0.608
60) TOLUENO µg/L		0.28	0.451			0.451	0.451	5.92				5.92
61) ETILBENCENO µg/L		0.21	0.6216			0.6216	0.21	0.6216				0.6216
62) m,p XILENOS µg/L		0.54	0.56			0.56	0.54	0.56				0.56
63) oXILENO µg/L		0.21	0.5			0.5	0.21	0.5				0.5
55) N-NITROSODINPROPILAMINA µg/L		0.2342	8.3855			8.3855	0.6931	69.07				69.07
73) N-NITROSODIFENILAMINA µg/L												
71) FENOL µg/L												
72) M Y P CRESOL µg/L												
70) 2,3-DICLOROFENOL µg/L												
69) 2,4,6-TRICLOROFENOL µg/L												
56) AROCLOR 1248 µg/L		0.10	0.1384			0.1384	1.0493	1.2091				1.2
57) AROCLOR 1260 µg/L		0.10	0.10			0.10	0.10	0.10				0.10
54) BIS(2ETILHEXIL)FTALATO µg/L		24.937	98.187			98.187	0.9299	311.4				311.4
74) DIETILFTALATO µg/L												
75) DIBUTILFTALATO µg/L												
49) CIANUROS mg/L		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
32) SULFATOS mg/L		407	592	696	937	937	30.3	256	266	372	372	372
33) SULFUROS mg/L		2.73	3.50	10.8	15.9	15.9	0.79	0.94	3.75	10.1	10.1	10.1
14) FLUORUROS mg/L		0.025	0.776	0.991	1.98	1.98	0.158	0.370	0.450	0.746	0.746	0.746
1) TEMPERATURA °C		19	20	25	29	29	18	23	24	30	30	30
2) pH (UpH)		6.49	7.27	7.53	7.81	7.81	7.64	7.74	8.11	8.19	8.19	8.19
4) OXÍGENO DISUELTO mg/L		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.20	5.40	7.44	8	8	8
11) COLOR VERDADERO pH		7.78	7.93	8.14	8.79	8.79	7.86	7.97	8.22	8.44	8.44	8.44
12) DUREZA TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>		570	619	633	765	765	282	307	317	415	415	415
19) INORGÁNICO mg/L		4.78	8.90	14.9	38.8	38.8	0.820	2.12	3.70	8.50	8.50	8.50
22) PINORGÁNICO mg/L		1.89	4.85	5.20		5.2	0.04	1.26	1.65			
23) PINORGÁNICO DISUELTO mg/L		1.30	1.38	1.41	4.32	4.32	0.015	0.56	1.16	1.28	1.28	1.28
24) PORGÁNICO mg/L		0.07	0.51	0.54	1.63	1.63	0.015	0.11	0.23	0.41	0.41	0.41
25) P(ORTO) mg/L		0.82	1.15	1.24	4.50	4.50	0.015	0.3	0.41	0.61	0.61	0.61
50) TOXICIDAD Vibrio fischeri CE <sub>50</sub> (%)		ND	11.622	39.079	33.163	33.163	ND	9.723	ND	6.773	6.773	6.773
51) TOXICIDAD Vibrio fischeri UT		ND	8.604	2.558	3.015	3.015	ND	10.284	ND	14.764	14.764	14.764
52) TOXICIDAD Daphnia magna CE <sub>50</sub> (%)					63.668	63.668			ND			
53) TOXICIDAD Daphnia magna UT					1.570	1.570			ND			
68) THM's TOTALES mg/L		0.00253	0.00481			0.00481	0.00071	0.04035				0.04

Continuación .....

ESTACIÓN	Descarga Ciudad Reynosa aguas arriba de Puente Internacional Reynosa-Hidalgo					Descarga de Matamoros, calle Ignacio Ramirez					Descarga Frac. Las Palmas	
	D3	1	2	3	4	D4	1	2	3	4	D5	1
MUESTREO	%F	15	38	62	85	%F	15	38	62	85	%F	50
ANÁLISIS DE PROBABILIDAD	D3	D3	D3	D3	So	D4	D4	D4	D4	So	D5	So
PARÁMETRO Y/O CONTAMINANTE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1
10 COLOR VERDADERO UPTICO al		20	20	20	25	25	12.5	15	17.5	25	25	12.5
34 TURBIEDAD UNT		6.4	6.5	9.2		9.2	25.0	55.0	60.0		60	
3 CONDUCTIVIDAD µs/cm		545	1246	1252	1281	1281	254	1301	1635	1708	1708	253.6
9 CLORUROS mg/L		52.5	66.0	150	286	286	16.2	135	147	181	181	16.2
30 ST mg/L		616	816	818	1158	1158	164	924	998	1152	1152	164
27 SDT mg/L		416	782	812	1140	1140	143	872	958	1090	1090	143
29 SST mg/L		15	18	38	2220	2220	15	24	26	46	46	15
28 SÓLIDOS SEDIMENTABLES mL/L		0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	0.2	0.5	0.5	0.5	0.1
38 COLIFORMES FECALES NMP/100 mL		24000	24000	24000		24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000
39 ESCHERICHIA COLI NMP/100 mL		24000	24000	24000		24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000
40 NÚMERO DE HUEVOS DE HELMINTO HH/L		1	2			2	0	1			1	1
5 DBO <sub>5</sub> TOTAL mg/L		8	48	56	56	56	24	29	31	51	51	24
6 DBO <sub>5</sub> SOLUBLE mg/L		8	22	26	43	43	3	11	23	25	25	3
7 DQO TOTAL mg/L		106	116	134	242	242	30	72	82	169	169	30
8 DQO SOLUBLE mg/L		47	85	79	142	142	19	54	66	70	70	19
35 COD mg/L		9.088	14.40	14.47	18.83	18.83	11.92	14.26	17.62	21.22	21.22	6.54
36 COS mg/L		0.152	0.73	2.71	12.08	12.08	0.80	1.37	4.45	5.39	5.39	
37 COT mg/L		9.24	15.20	21.54	26.48	26.48	12.72	18.71	22.59	23.01	23.01	6.54
15 GRASAS Y ACEITES mg/L		10	10	15	15	15	10	10	15	15	15	15
31 SAAM mg/L		0.13	0.216	0.644	4.87	4.87	0.13	0.224	0.755	1.03	1.03	0.13
16 NITRÓGENO AMONIACAL NH <sub>3</sub> mg/L		1.36	5.02	6.78	11.6	11.6	0.769	8.28	9.33	10.4	10.4	26.2
21 INTOTAL mg/L		4.3	14.8	16.7	17.2	17.2	7.33	13	15.4	15.6	15.6	34
18 NITRITOS NNO <sub>2</sub> mg/L		0.02	0.02	0.02	0.0213	0.0213	0.02	0.02	0.0278	0.04	0.04	0.0278
17 NITRATOS NNO <sub>3</sub> mg/L		0.118	0.247	1.5	1.7	1.7	0.178	0.480	0.777	1.0	1.0	0.48
20 INTOTAL Kj mg/L		4.1	13.1	15.7	16.7	16.7	6.37	12.9	14.2	14.4	14.4	33.5
26 FÓSFORO TOTAL mg P/L		1.54	1.56	2.00	2.05	2.05	1	1	1	1.39	1.39	1
13 FENOLES TOTALES mg/L		0.0018	0.0104	0.0111	0.0111	0.0111	0.001	0.0066	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111
44 Cr mg/L		0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
46 Ni mg/L		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
43 Cu mg/L		0.06	0.06	0.06	0.10	0.10	0.06	0.06	0.06	0.10	0.10	0.06
48 Zn mg/L		0.10	0.20	0.27	0.24	0.24	0.1	0.2	0.25	0.71	0.71	0.2
41 As mg/L		0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005	0.005	0.003
42 Cd mg/L		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
45 Hg mg/L		0.001	0.001	0.004	0.004	0.004	0.001	0.001	0.004	0.004	0.004	0.004
47 Pb mg/L		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
64 CLOROFORMO CHCl <sub>3</sub> µg/L		0.39	0.51			0.51	2.33	5.73			5.73	0.4969
67 BROMOFORMO CHBr <sub>3</sub> µg/L		0.28	0.49			0.49	2.46	3.35			3.35	0.49
66 DIBROMOCLOROMETANO CHClBr <sub>2</sub> µg/L		0.21	0.5399			0.54	3.41	4.79			4.79	0.5399
65 BROMODICLOROMETANO CHCl <sub>2</sub> Br µg/L		0.28	0.7138			0.71	2	3.22			3.22	0.7138
58 1,4-DICLOROBENCENO µg/L		0.22				0.22	2.69				2.69	
59 BENCENO µg/L		0.21	0.608			0.61	0.21	0.608			0.608	0.608
60 TOLUENO µg/L		0.28	0.451			0.45	0.451	1.79			1.79	0.451
61 ETILBENCENO µg/L		0.21	0.6216			0.62	0.21	0.6216			0.6216	0.6216
62 m.p XILENOS µg/L		0.54	0.56			0.56	0.54	0.56			0.56	0.54
63 oXILENO µg/L		0.21	0.5			0.50	0.21	0.5			0.5	0.5
55 N-NITROSODINPROPILAMINA µg/L		1.0020	95.90			95.90	12.7265	83.6532			83.6532	
73 N-NITROSODIFENILAMINA µg/L												
71 FENOL µg/L												
72 M Y P CRESOL µg/L												
70 2,3-DICLOROFENOL µg/L												
69 2,4,6-TRICLOROFENOL µg/L												
56 AROCLOR 1248 µg/L		0.4118	0.9542			0.95	0.1	0.1			0.10	
57 AROCLOR 1260 µg/L		0.10	0.10			0.10	0.1	0.1			0.10	
54 BIS(2ETILHEXIL)FTALATO µg/L		0.2751	77.9124			77.91	0.99	58.43			58.43	
74 DITILFTALATO µg/L												
75 DIBUTILFTALATO µg/L												
49 CIANUROS mg/L		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
32 SULFATOS mg/L		118	168	373	472	472	29.0	175	310	373	373	29
33 SULFUROS mg/L		0.45	0.83	1.89	3.75	3.75	0.47	0.79	0.83	3.22	3.22	0.79
14 FLUORUROS mg/L		0.151	0.378	0.498	0.729	0.729	0.158	0.300	0.479	0.660	0.660	0.479
1 TEMPERATURA °C		17	24	24	32	32	18	19	24	26	26	18
2 pH (UpH)		7.33	7.52	7.78	7.81	7.81	7.25	7.32	7.56	7.83	7.83	7.83
4 OXÍGENO DISUELTO mg/L		0.2	0.2	4.21	4.64	4.64	0.2	2.2	6.73	7.63	7.63	
11 COLOR VERDADERO pH		7.55	7.93	8.29	8.34	8.34	7.70	7.77	8.02	8.19	8.19	8.02
12 DUREZA TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>		320	329	418	423	423	73.4	365	379	404	404	73.4
19 NORGÁNICO mg/L		4.42	4.47	6.90	11.7	11.7	1.37	3.92	5.60	7.07	7.07	7.3
22 PINORGÁNICO mg/L		0.22	1.23	1.52			1.24	1.34	1.47			
23 PINORGÁNICO DISUELTO mg/L		0.11	0.79	1.06	1.46	1.46	0.06	0.41	0.41	0.88	0.88	0.41
24 PORGÁNICO mg/L		0.08	0.25	0.41	0.98	0.98	0.06	0.23	0.34	0.41	0.41	0.41
25 P(ORTO) mg/L		0.09	0.22	0.61	0.69	0.69	0.41	0.41	0.72	0.80	0.80	0.41
50 TOXICIDAD Vibrio fischeri CE <sub>50</sub> (%)		42.178	ND	13.43	ND		ND	ND	ND	31.066		
51 TOXICIDAD Vibrio fischeri UT		2.370	ND	7.446	ND		ND	ND	ND	3.218		
52 TOXICIDAD Daphnia magna CE <sub>50</sub> (%)					ND					4.837		
53 TOXICIDAD Daphnia magna UT					ND					20.673		
68 THM s TOTALES mg/L		0.00039	0.0007138			0.000714	0.01360	0.01369			0.0137	0.0007

La determinación de la calidad deseada en las tres etapas de planeación se realiza seleccionando los parámetros y contaminantes de la NOM-001 para la primera etapa y los usos 1 (Fuente de abastecimiento para uso público urbano) y 3 (Protección a la vida acuática: Agua dulce incluye humedales), de la Ley Federal de Derechos del Agua, para las etapas 2 y 3, respectivamente.

En la Tabla 122 se muestran los parámetros de interés que sancionan la calidad de las aguas que se deben producir para cumplir con la Meta 1. Se emplean los límites de los promedios mensuales.

**Tabla 140. Límites de concentración de contaminantes para la meta 1**

TABLA 2 DE LA NOM-001-SEMARNAT-1996-VIGENTE			
TABLA 2 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS, METALES PESADOS Y CIANUROS			
PARAMETROS		RIOS	
(miligramos por litro, excepto cuando se especifique)		Protección de vida acuática (C)	
		P.M.	P.D.
1	Temperatura °C (1)	40	40
2	Potencial de Hidrógeno, pH	5-10	5-10
3	Grasas y Aceites (2)	15	25
4	Materia Flotante (3)	ausente	ausente
5	Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2
6	Sólidos Suspendidos Totales	40	60
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno <sub>5</sub>	30	60
8	Nitrógeno Total	15	25
9	Fósforo Total	5	10
10	Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1000	2000
11	Huevos de Helmintos (HH/L)	1	5
12	Arsénico	0.1	0.2
13	Cadmio	0.1	0.2
14	Cianuro	1	2
15	Cobre	4	6
16	Cromo	0.5	1
17	Mercurio	0.005	0.01
18	Níquel	2	4
19	Plomo	0.2	0.4
20	Zinc	10	20

(1) Instantáneo
(2) Muestra Simple Promedio Ponderado
(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.
P.D.= Promedio Diario
P.M.= Promedio Mensual
N.A.= No es aplicable

En la Tabla 123 se presentan los 60 parámetros y contaminantes seleccionados de los 75 evaluados analíticamente, y los límites de concentración, de acuerdo con las referencias consultadas, para su uso en la evaluación de la calidad de las aguas residuales tratadas de las Metas 2 y 3.



Tabla 141. Límites de concentración de contaminantes para las Metas 2 y 3.

META	2	3	OBSERVACIONES	
USO	1	3		
PARÁMETROS (Unidades en mg/L si no se indican otras)	Fuente de abastecimiento o para uso público urbano	Protección a la vida acuática: Agua dulce incluye humedales.	FUENTE DE INFORMACIÓN	
10	COLOR VERDADERO UPT-CO al	75	15	LFD 2016
34	TURBIEDAD UNT	10	10	LFD 2016
3	CONDUCTIVIDAD µs/cm	1500	500	CRITERIOS AGUA POTABLE
9	CLORUROS mg/L	250	250	CRIT ECOLOGICOS
30	ST mg/L	550	550	LFD 2016
27	SDT mg/L	500	500	LFD 2016
29	SST mg/L	50	30	LFD 2016
28	SÓLIDOS SEDIMENTABLES mL/L	0.1000	0.050	FFH-CONAGUA
38	COLIFORMES FECALES NMP/100 mL	10	200	CRIT ECOLOGICOS (0 PARA AP)
39	ESCHERICHIA COLI NMP/100 mL	2	10	FFH-CONAGUA
40	HUEVOS DE HELMINTO HH/L	0.10	1.00	METAS INTERM RIOS
5	DBO <sub>5</sub> TOTAL mg/L	10	5	FFH-CONAGUA
6	DBO <sub>5</sub> SOLUBLE mg/L	2.5	3.0	FFH-CONAGUA
7	DQO TOTAL mg/L	20	15	FFH-CONAGUA
8	DQO SOLUBLE mg/L	4.0	10.0	FFH-CONAGUA
35	COD mg/L	4.0	3.0	FFH-CONAGUA
36	COS mg/L	3.0	2.0	FFH-CONAGUA
37	COT mg/L	5.0	2.5	FFH-CONAGUA
15	GRASAS Y ACEITES mg/L	10.0	10.0	LFD 2016
31	SAAM mg/L	0.50	0.10	LFD 2016
16	NITRÓGENO AMONICAL N-NH <sub>3</sub> mg/L	5.0	0.5	LFD 2016 (NO SANCIONA AP) (0.5 CRITERIO AP)
21	N-TOTAL mg/L	10.0	10.0	CRITERIOS AGUA POTABLE METAS INTERM 15
18	NITRITOS N-NO <sub>2</sub> mg/L	0.050	0.025	LFD 2016 NO SANCIONA USO 3
17	NITRATOS N-NO <sub>3</sub> mg/L	5.00	0.60	LFD 2016 NO SANCIONA USO 3
20	N-TOTAL Kj mg/L	7.5	5.0	FFH-CONAGUA
26	FÓSFORO TOTAL mg P/L	0.100	0.050	LFD 2016
13	FENOLES TOTALES mg/L	1.0	0.30	CRIT ECOL PARA MA NO SANCIONA AP META INTERM RIOS
44	Cr mg/L	0.050	0.050	LFD 2016 (0.05 Y 0.05)
46	Ni mg/L	0.010	0.600	LFD 2016
43	Cu mg/L	1.0	0.050	LFD 2016
48	Zn mg/L	5.0	0.020	LFD 2016
41	As mg/L	0.050	0.200	LFD 2016
42	Cd mg/L	0.010	0.004	LFD 2016
45	Hg mg/L	0.001	0.0005	LFD 2016
47	Pb mg/L	0.050	0.030	LFD 2016
64	CLOROFORMO CHCl <sub>3</sub> µg/L	30.0	30.0	LFD 2016
67	BROMOFORMO CHBr <sub>3</sub> µg/L	2.0	10.0	LFD 2016 (NO SANCIONA USO 3) (METAS INTERM 10)
66	DIBROMOCLOROMETANO CHClBr <sub>2</sub> µg/L	14.0	10.0	CRIT NORMA AGUA POTABLE FFH
65	BROMODICLOROMETANO CHCl <sub>2</sub> Br µg/L	1.9	1.0	CRIT NORMA AGUA POTABLE FFH
58	1,4-DICLORO-BENCENO µg/L	400	10.0	CRIT ECOL CAL COMO DICLOROBENCENOS NO SANCIONA M
59	BENCENO µg/L	10.0	50.0	LFD 2016
60	TOLUENO µg/L	700	200	LFD 2016
61	ETILBENCENO µg/L	300	100	LFD 2016
62	m,p XILENOS µg/L	2000	600	METAS 2 Y 3 RÍO ATOYAC. METAS INTERM 5000 µg/L
63	o-XILENO µg/L	2000	600	METAS 2 Y 3 RÍO ATOYAC. METAS INTERM 5000 µg/L
55	N-NITROSODI-N-PROPILAMINA µg/L	50.0	58.5	LFD 2016 no se sanciona AP. CRIT ECOLÓGICOS 50 MA
73	N-NITROSODIFENILAMINA µg/L	50.0	58.5	LFD 2016
71	FENOL µg/L	1.0	100.0	LFD 2016
72	M Y P-CRESOL µg/L	1800	1500	CRIT NORMA AGUA POTABLE
70	2,3-DICLOROFENOL µg/L	30.0	20.0	CRIT ECOL (como 2,4 diclorofeno)
69	2,4,6-TRICLOROFENOL µg/L	10.0	10.0	LFD 2016
56	AROCLOR 1248 µg/L	0.1	0.5	LFD 2016 (como hidr aromát poliaromát) NO SE SANCIONA USO
57	AROCLOR 1260 µg/L	0.1	0.5	LFD 2016 (como hidr aromát poliaromát) NO SE SANCIONA USO
54	BIS(2-ETILHEXIL)FTALATO µg/L	32.0	9.4	LFD 2016
74	DIETILFTALATO µg/L	350	9.4	LFD 2016
75	DIBUTILFTALATO µg/L	313	150	CRIT NORMA AGUA POTABLE
49	CIANUROS mg/L	0.020	0.0050	LFD 2016
32	SULFATOS mg/L	250	150	LFD 2016 (NO SANCIONA USO 3)
33	SULFUROS mg/L	0.20	0.0020	LFD 2016
14	FLUORUROS mg/L	1.4	1.0	LFD 2016

5.10. ANÁLISIS DE COSTOS PARA CUMPLIR META 1.

La tecnología de tratamiento de AR a nivel nacional permite identificar un conjunto de procesos y operaciones unitarias que hace posible alcanzar la calidad requerida en las aguas residuales tratadas para cumplir las metas de calidad. En la Tabla 124 se muestra un conjunto de 8 trenes de tratamiento en donde se desglosan las operaciones y procesos unitarios en el tratamiento de aguas y lodos resultantes de la purificación de las aguas. Se aprecian procesos de tratamiento avanzado como ozonación, adsorción con carbón activado granular, ósmosis inversa y desgasificación, entre otros.

Tabla 142. Trenes de tratamiento para las descargas de AR al Río Bravo. Meta 1.

PARAMETRO Y/O CONTAMINANTE	OPERACIÓN O PROCESO UNITARIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
		TRATAMIENTO PRELIMINAR	SED PRIM	LA + SS	(LA + NITR) + SS	DENITR+SS	OZONACION	FILTRACION	OSMOSIS INVERSA	DESINFECION (CL)	DESINFECION (UV)	DESINFECION (UV)	ADJUSTE pH	ADSORCION (CA) 1	ADSORCION (CA) 2	OSMOSIS INVERSA	TRATAMIENTO DE LODOS
1LA PRE + SP + CL + LODOS		X	X														Y
2LA PRE + SP + LA + SS + CL + LODOS		X	X	X													Y
3LA PRE + SP +(LA+NIT) + SS + (UV) + LODOS		X	X		X												Y
4LA PRE + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + FIL + (UV) + OI + LODOS		X	X		X	X		X	X							X	Y
5LA PRE +(LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + ADS + (UV) + LODOS		X	X		X	X	X	X	X					X		X	Y
6LA PRE + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + OI + (UV) + LODOS		X	X		X	X	X	X	X							X	Y
7LA PRE + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + DESGA + OI + (UV) + LODOS		X	X		X	X	X	X	X			X	X		X	X	Y
8LA PRE + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + DESGA + ADS1 + ADS2 + OI + (UV) + LODOS		X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	Y

La evaluación de la calidad resultante del paso de las AR por cada una de las operaciones y procesos unitarios se presentan en la Tabla 125 y 126, que es una continuación de la anterior, y se muestran las eficiencias de cada unidad de tratamiento y las eficiencias parciales de remoción del contaminante, así como, en la última columna de cada tren, la eficiencia total.

Tabla 143. Eficiencias de remoción de contaminantes por las diferentes operaciones y procesos unitarios de tratamiento.

NUMERO	PARAMETRO Y/O CONTAMINANTE	EFICIENCIA DE REMOCION DE CONTAMINANTES POR DIFERENTES OPERACIONES O PROCESOS UNITARIOS																		
		1	2	3	6	4	7	8	9	10	5	11	12	13	14	16	17	19	20	15
	OPERACIÓN O PROCESO UNITARIO	TRATAMIENTO PRELIMINAR	SED PRIM	RAFA	LA + SS	FLOTACION DE SOLIDOS	FLOTACION DE LIQUIDOS	(LA + NITR) + SS	NITR+SS	DENITR+SS	FQ + SED	DESINFECION	AJUSTE pH	RECARBONATAION	FILTRACION	OZONACION	ADSORCION (CA)	OSMOSIS INVERSA	DESINFECION (CL)	DESINFEC (UV)
1	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	5	60	80	85	80	0	92	92	90	90	0		0	70	10	95	99	0	0
2	SOLIDOS SEDIMENTABLES	20	60	60	85	0	85					0		0	50	20	100	100	0	0
3	COLIFORMES FECALES	0	0	30	90	10	10	90	90	90	10		25	80	99,999	90	95	100,0	100,0	
4	HUEVOS DE HELMINTOS		80	85	85	85	85	85	85	95	20		85	95	100	95	100	95		
5	DBO TOTAL	0	30	65	95	30	20	99	99	50	60	0		0	35	98	99	99	0	0
6	GRASAS Y ACEITES	0	15	99.9	70	96	15	95	95	99	100	0		0	30	50	65	80	0	0
7	NITROGENO TOTAL	0	5	20	30	16		98	98	0	0	60		0	10	0	60	90	40	0
8	FOSFORO TOTAL	0	5	18	30	12	0	40	40	15	75	60		0	70	0	85	95	0	0
9	CROMO TOTAL	0	30	25	50	15	0	50	10	10	10	0		30	70	50	80	80	0	0
10	NIQUEL TOTAL	0	10	5	10	15	0	10	10	10	67	0		20	30	20	40	90	0	0
11	COBRE	0	20	5	10	15	0	10	10	10	73	0		30	50	20	40	95	0	0
12	ZINC TOTAL	0	10	5	10	15	0	10	10	10	90	0		20	60	10	40	95	0	0
13	ARSENICO TOTAL	0	25	15	25	25	0	25	15	10	10	0		30	20	20	50	85	0	0
14	CADMIO TOTAL	0	30	30	55	30	0	55	10	10	77	0		30	50	40	92	95	0	0
15	MERCURIO TOTAL	0	10	10	15	15	0	15	10	10	32	0		30	50	20	40	90	0	0
16	PLOMO TOTAL	0	30	20	40	15	0	40	10	10	92	0		30	70	40	80	70	0	0
17	CIANUROS	0	0	5	10	15	0	10	10	10	25	0		0	0	10	40	90	0	0

Tabla 144. Eficiencias de remoción de contaminantes por diferentes trenes de tratamiento

NUMERO	OPERACIÓN O PROCESO UNITARIO	1					1LA					2					2LA					3					3LA				
							1	2	20	1	2	1	2	6	20	1	2	3	1	2	8	15	1	2	3						
		PRELIMINAR	SED PRIM	DESINFECCION (CL)	E <sub>1+2</sub>	E <sub>1+2+3</sub>	PRELIMINAR	SED PRIM	DESINFECCION (CL)	E <sub>1+2</sub>	E <sub>1+2+3</sub>	PRELIMINAR	SED PRIM	DESINFECCION (CL)	E <sub>1+2</sub>	E <sub>1+2+3</sub>	E <sub>1+2+3+4</sub>	PRELIMINAR	SED PRIM	(LA + NITR) + SS	DESINFECC (UV)	E <sub>1+2</sub>	E <sub>1+2+3</sub>	E <sub>1+2+3+4</sub>							
1	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	5	60	0	62.0	62.0	5	60	85	0	62.0	94.3	94.3	5	60	92	0	62.0	97.0	97.0											
2	SOLIDOS SEDIMENTABLES	20	60	0	68.0	68.0	20	60	85	0	68.0	95.2	95.2	20	60	85	0	68.0	95.2	95.2											
3	COLIFORMES FECALES	0	0	100	0.0	100.0	0	0	90	100	0.0	90.0	100.0	0	0	90	100	0.0	90.0	100.0											
4	HUEVOS DE HELMINTOS	0	80	95	80.0	99.0	0	80	85	95	80.0	97.0	99.9	0	80	85	0	80.0	97.0	97.0											
5	DBO TOTAL	0	30	0	30.0	30.0	0	30	95	0	30.0	96.5	96.5	0	30	99	0	30.0	99.3	99.3											
6	GRASAS Y ACEITES	0	15	0	15.0	15.0	0	15	70	0	15.0	74.5	74.5	0	15	95	0	15.0	95.8	95.8											
7	NITROGENO TOTAL	0	5	40	5.0	43.0	0	5	30	40	5.0	33.5	60.1	0	5	98	0	5.0	98.1	98.1											
8	FOSFORO TOTAL	0	5	0	5.0	5.0	0	5	30	0	5.0	33.5	33.5	0	5	40	0	5.0	43.0	43.0											
9	CROMO TOTAL	0	30	0	30.0	30.0	0	30	50	0	30.0	65.0	65.0	0	30	50	0	30.0	65.0	65.0											
10	NIQUEL TOTAL	0	10	0	10.0	10.0	0	10	10	0	10.0	19.0	19.0	0	10	10	0	10.0	19.0	19.0											
11	COBRE	0	20	0	20.0	20.0	0	20	10	0	20.0	28.0	28.0	0	20	10	0	20.0	28.0	28.0											
12	ZINC TOTAL	0	10	0	10.0	10.0	0	10	10	0	10.0	19.0	19.0	0	10	10	0	10.0	19.0	19.0											
13	ARSENICO TOTAL	0	25	0	25.0	25.0	0	25	25	0	25.0	43.8	43.8	0	25	25	0	25.0	43.8	43.8											
14	CADMIUM TOTAL	0	30	0	30.0	30.0	0	30	55	0	30.0	68.5	68.5	0	30	55	0	30.0	68.5	68.5											
15	MERCURIO TOTAL	0	10	0	10.0	10.0	0	10	15	0	10.0	23.5	23.5	0	10	15	0	10.0	23.5	23.5											
16	PLOMO TOTAL	0	30	0	30.0	30.0	0	30	40	0	30.0	58.0	58.0	0	30	40	0	30.0	58.0	58.0											
17	CIANUROS	0	0	0	0.0	0.0	0	0	10	0	0.0	10.0	10.0	0	0	10	0	0.0	10.0	10.0											

Continuación...

NUMERO	OPERACIÓN O PROCESO UNITARIO	4														4LA														5														5LA													
																1	2	8	10	14	15	19	1	2	3	4	5	6	1	2	8	10	14	17	15	1	2	3	4	5	6	7															
		PRELIMINAR	SED PRIM	(LA + NITR) + SS	DENITR-SS	FILTRACION	DESINFECC (UV)	OSMOSIS INVERSA	E <sub>1+2</sub>	E <sub>1+2+3</sub>	E <sub>1+2+3+4</sub>	E <sub>1+2+3+4+5</sub>	E <sub>1+2+3+4+5+6</sub>	E <sub>1+2+3+4+5+6+7</sub>	PRELIMINAR	SED PRIM	(LA + NITR) + SS	DENITR-SS	OZONACION	FILTRACION	ADSORCION (CA)	DESINFECC (UV)	E <sub>1+2</sub>	E <sub>1+2+3</sub>	E <sub>1+2+3+4</sub>	E <sub>1+2+3+4+5</sub>	E <sub>1+2+3+4+5+6</sub>	E <sub>1+2+3+4+5+6+7</sub>	E <sub>1+2+3+4+5+6+7+8</sub>																												
1	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	5	60	92	90	70	0	99	62.0	97.0	99.7	99.9	99.9	100.0	5	60	92	90	10	70	95	0	62.0	97.0	99.7	99.9	100.0	100.0																													
2	SOLIDOS SEDIMENTABLES	20	60	85	0	50	0	100	68.0	95.2	95.2	97.6	97.6	100.0	20	60	85	0	20	50	100	0	68.0	95.2	95.2	96.2	98.1	100.0	100.0																												
3	COLIFORMES FECALES	0	0	90	90	80	100	95	0.0	90.0	99.0	99.8	100.0	100.0	0	0	90	90	100	80	90	100	0	0.0	90.0	99.0	100.0	100.0	100.0																												
4	HUEVOS DE HELMINTOS	0	80	85	85	95	0	100	80.0	97.0	99.6	100.0	100.0	100.0	0	80	85	85	100	95	95	0	80.0	97.0	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0																												
5	DBO TOTAL	0	30	99	50	35	0	99	30.0	99.3	99.7	99.8	99.8	100.0	0	30	99	50	98	35	99	0	30.0	99.3	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0																												
6	GRASAS Y ACEITES	0	15	95	99	30	0	80	15.0	95.8	100.0	100.0	100.0	100.0	0	15	95	99	50	30	65	0	15.0	95.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0																												
7	NITROGENO TOTAL	0	5	98	0	10	0	90	5.0	98.1	98.1	98.3	98.3	99.8	0	5	98	0	0	10	60	0	5.0	98.1	98.1	98.1	98.3	99.3	99.3																												
8	FOSFORO TOTAL	0	5	40	15	70	0	95	5.0	43.0	51.6	85.5	85.5	99.3	0	5	40	15	0	70	85	0	5.0	43.0	51.6	51.6	85.5	97.8	97.8																												
9	CROMO TOTAL	0	30	50	10	70	0	80	30.0	65.0	68.5	90.6	90.6	98.1	0	30	50	10	50	70	80	0	30.0	65.0	68.5	84.3	95.3	99.1	99.1																												
10	NIQUEL TOTAL	0	10	10	10	30	0	90	10.0	19.0	27.1	49.0	49.0	94.9	0	10	10	10	20	30	40	0	10.0	19.0	27.1	41.7	59.2	75.5	75.5																												
11	COBRE	0	20	10	10	50	0	95	20.0	28.0	35.2	67.6	67.6	98.4	0	20	10	10	20	50	40	0	20.0	28.0	35.2	48.2	74.1	84.4	84.4																												
12	ZINC TOTAL	0	10	10	10	60	0	95	10.0	19.0	27.1	70.8	70.8	98.5	0	10	10	10	10	60	40	0	10.0	19.0	27.1	34.4	73.8	84.3	84.3																												
13	ARSENICO TOTAL	0	25	25	10	20	0	85	25.0	43.8	49.4	59.5	59.5	93.9	0	25	25	10	20	20	50	0	25.0	43.8	49.4	59.5	67.6	83.8	83.8																												
14	CADMIUM TOTAL	0	30	55	10	50	0	95	30.0	68.5	71.7	85.8	85.8	99.3	0	30	55	10	40	50	92	0	30.0	68.5	71.7	83.0	91.5	99.3	99.3																												
15	MERCURIO TOTAL	0	10	15	10	50	0	90	10.0	23.5	31.2	65.6	65.6	96.6	0	10	15	10	20	50	40	0	10.0	23.5	31.2	44.9	72.5	83.5	83.5																												
16	PLOMO TOTAL	0	30	40	10	70	0	70	30.0	58.0	62.2	88.7	88.7	96.6	0	30	40	10	40	70	80	0	30.0	58.0	62.2	77.3	93.2	98.6	98.6																												
17	CIANUROS	0	0	10	10	0	0	90	0.0	10.0	19.0	19.0	19.0	91.9	0	0	10	10	10	0	40	0	0.0	10.0	19.0	27.1	27.1	56.3	56.3																												

Continuación....

NUMERO	OPERACION O PROCESO UNITARIO	6A															7A																		
		1	2	8	10	16	14	19	10	1	2	3	4	5	6	7	1	2	8	10	16	14	11	12	19	15	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	5	60	92	90	10	70	99	0	62.0	97.0	99.7	99.7	99.9	100.0	100.0	5	60	92	90	10	70	0	0	99	0	62.0	97.0	99.7	99.7	99.9	99.9	99.9	100.0	100.0
2	SOLIDOS SEDIMENTABLES	20	60	85	0	20	50	100	0	68.0	95.2	95.2	96.2	98.1	100.0	100.0	20	60	85	0	20	50	0	0	100	0	68.0	95.2	95.2	96.2	98.1	98.1	98.1	100.0	100.0
3	COLIFORMES FECALES	0	0	90	90	100	80	95	100	0.0	90.0	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0	0	90	90	100	80	10	25	95	100	0.0	90.0	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
4	HUEVOS DE HELMINTOS	0	80	85	85	100	95	100	0	80.0	97.0	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0	0	80	85	85	100	95	20	85	100	0	80.0	97.0	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
5	DBO TOTAL	0	30	99	50	98	35	99	0	30.0	99.3	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	0	30	99	50	98	35	0	0	99	0	30.0	99.3	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
6	GRASAS Y ACEITES	0	15	95	99	50	30	80	0	15.0	95.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0	15	95	99	50	30	0	0	80	0	15.0	95.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
7	NITROGENO TOTAL	0	5	98	0	0	10	90	0	5.0	98.1	98.1	98.1	98.3	99.8	99.8	0	5	98	0	0	10	60	0	90	0	5.0	98.1	98.1	98.1	98.3	99.3	99.3	99.9	99.9
8	FOSFORO TOTAL	0	5	40	15	0	70	95	0	5.0	43.0	51.6	51.6	85.5	99.3	99.3	0	5	40	15	0	70	60	0	95	0	5.0	43.0	51.6	51.6	85.5	94.2	94.2	99.7	99.7
9	CROMO TOTAL	0	30	50	10	50	70	80	0	30.0	65.0	68.5	84.3	95.3	99.1	99.1	0	30	50	10	50	70	0	30	80	0	30.0	65.0	68.5	84.3	95.3	96.7	96.7	99.3	99.3
10	NIQUEL TOTAL	0	10	10	10	20	30	90	0	10.0	19.0	27.1	41.7	59.2	95.9	95.9	0	10	10	10	20	30	0	20	90	0	10.0	19.0	27.1	41.7	59.2	92.2	92.2	96.7	96.7
11	COBRE	0	20	10	10	20	50	95	0	20.0	28.0	35.2	48.2	74.1	98.7	98.7	0	20	10	10	20	50	0	30	95	0	20.0	28.0	35.2	48.2	74.1	74.1	81.9	99.1	99.1
12	ZINC TOTAL	0	10	10	10	10	60	95	0	10.0	19.0	27.1	34.4	73.8	98.7	98.7	0	10	10	10	10	60	0	20	95	0	10.0	19.0	27.1	34.4	73.8	73.8	79.0	99.0	99.0
13	ARSENICO TOTAL	0	25	25	10	20	20	85	0	25.0	43.8	49.4	59.5	67.6	95.1	95.1	0	25	25	10	20	20	0	30	85	0	25.0	43.8	49.4	59.5	67.6	67.6	77.3	96.6	96.6
14	CADMIUM TOTAL	0	30	55	10	40	50	95	0	30.0	68.5	71.7	83.0	91.5	99.6	99.6	0	30	55	10	40	50	0	30	95	0	30.0	68.5	71.7	83.0	91.5	94.0	94.0	99.7	99.7
15	MERCURIO TOTAL	0	10	15	10	20	50	90	0	10.0	23.5	31.2	44.9	72.5	97.2	97.2	0	10	15	10	20	50	0	30	90	0	10.0	23.5	31.2	44.9	72.5	80.7	80.7	98.1	98.1
16	PLOMO TOTAL	0	30	40	10	40	70	70	0	30.0	58.0	62.2	77.3	93.2	98.0	98.0	0	30	40	10	40	70	0	30	70	0	30.0	58.0	62.2	77.3	93.2	93.2	95.2	98.6	98.6
17	CIANUROS	0	0	10	10	10	0	90	0	0.0	10.0	19.0	27.1	27.1	92.7	92.7	0	0	10	10	10	0	0	90	0	0.0	10.0	19.0	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	92.7	92.7

Continuación ....

NUMERO	OPERACION O PROCESO UNITARIO	8A																						
		1	2	8	10	16	14	11	12	17	18	19	15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	5	60	92	90	10	70	0	0	95	95	99	0	62.0	97.0	99.7	99.7	99.9	99.9	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0
2	SOLIDOS SEDIMENTABLES	20	60	85	0	20	50	0	0	100	100	100	0	68.0	95.2	95.2	96.2	98.1	98.1	98.1	100.0	100.0	100.0	100.0
3	COLIFORMES FECALES	0	0	90	90	100	80	10	25	90	90	95	100	0	80.0	97.0	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
4	HUEVOS DE HELMINTOS	0	80	85	85	100	95	20	85	95	95	100	0	80.0	97.0	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
5	DBO TOTAL	0	30	99	50	98	35	0	0	99	99	99	0	30.0	99.3	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
6	GRASAS Y ACEITES	0	15	95	99	50	30	0	0	65	65	80	0	15.0	95.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
7	NITROGENO TOTAL	0	5	98	0	0	10	60	0	60	60	90	0	5.0	98.1	98.1	98.1	98.3	99.3	99.3	99.7	99.9	100.0	100.0
8	FOSFORO TOTAL	0	5	40	15	0	70	60	0	85	85	95	0	5.0	43.0	51.6	51.6	85.5	94.2	94.2	99.7	99.9	100.0	100.0
9	CROMO TOTAL	0	30	50	10	50	70	0	30	80	80	80	0	30.0	65.0	68.5	84.3	95.3	96.7	96.7	99.3	99.9	100.0	100.0
10	NIQUEL TOTAL	0	10	10	10	20	30	0	20	40	40	90	0	10.0	19.0	27.1	41.7	59.2	59.2	67.3	80.4	88.2	98.8	98.8
11	COBRE	0	20	10	10	20	50	0	30	40	40	95	0	20.0	28.0	35.2	48.2	74.1	74.1	81.9	89.1	93.5	99.7	99.7
12	ZINC TOTAL	0	10	10	10	10	60	0	20	40	40	95	0	10.0	19.0	27.1	34.4	73.8	73.8	79.0	87.4	92.4	99.6	99.6
13	ARSENICO TOTAL	0	25	25	10	20	20	0	30	50	50	85	0	25.0	43.8	49.4	59.5	67.6	67.6	77.3	88.7	94.3	99.1	99.1
14	CADMIUM TOTAL	0	30	55	10	40	50	0	30	92	92	95	0	30.0	68.5	71.7	83.0	91.5	91.5	94.0	99.5	100.0	100.0	100.0
15	MERCURIO TOTAL	0	10	15	10	20	50	0	30	40	40	90	0	10.0	23.5	31.2	44.9	72.5	72.5	80.7	88.4	93.1	99.3	99.3
16	PLOMO TOTAL	0	30	40	10	40	70	0	30	80	80	70	0	30.0	58.0	62.2	77.3	93.2	93.2	95.2	99.0	99.8	99.9	99.9
17	CIANUROS	0	0	10	10	10	0	0	0	40	40	90	0	0.0	10.0	19.0	27.1	27.1	27.1	27.1	56.3	73.8	97.4	97.4

En la Tabla 127 se presenta la información de los contaminantes que son removidos por los trenes de tratamiento para la meta 1 (cumplimiento con la NOM-001-SEMARNAT-1996) y en donde el cero (0) representa que cumple con la NOM y 1 que no cumple con la NOM y no fue removido el contaminante con el tren de tratamiento.



Tabla 146. Costos de inversión, operación y mantenimiento por unidad de tratamiento para las cinco descargas.

DESC (1)						
Process	Construction	Oper(/yr)	Maint(/yr)	Mat(/yr)	Chem(/yr)	Energy(/yr)
BOMBEO INTERMEDIO	\$1,236,000	\$129,200	\$77,200	\$8,660	\$0	\$12,260
TRATAMIENTO PRELIMINAR	\$520,000	\$112,200	\$53,200	\$13,020	\$0	\$9,420
SEDIMENTADOR PRIMARIO	\$1,116,000	\$135,800	\$59,000	\$11,160	\$0	\$12,000
LODOS ACTIVADOS CM (C+N)	\$3,680,000	\$370,000	\$159,000	\$26,200	\$0	\$165,000
SEDIMENTADOR SECUNDARIO	\$1,332,000	\$135,800	\$59,000	\$13,320	\$0	\$12,000
DESINFECCION LUZ ULTRAVIOLETA	\$1,484,000	\$0	\$7,980	\$14,840	\$4,320	\$42,800
ESPESAMIENTO DE LODOS	\$512,000	\$14,540	\$13,600	\$5,120	\$0	\$3,960
DIGESTOR AEROBIO	\$2,060,000	\$258,000	\$93,400	\$18,500	\$0	\$160,800
LECHOS DE SECADO	\$414,000	\$139,600	\$47,200	\$3,720	\$0	\$0
DISPOSICION FINAL	\$950,000	\$900	\$0	\$400,000	\$0	\$0
<b>TOTAL</b>	<b>\$13,304,000</b>	<b>\$1,296,040</b>	<b>\$569,580</b>	<b>\$514,540</b>	<b>\$4,320</b>	<b>\$418,240</b>
DESC (2)						
Process	Construction	Oper(/yr)	Maint(/yr)	Mat(/yr)	Chem(/yr)	Energy(/yr)
BOMBEO INTERMEDIO	\$828,000	\$105,000	\$60,000	\$5,800	\$0	\$2,460
TRATAMIENTO PRELIMINAR	\$191,600	\$65,200	\$32,600	\$4,780	\$0	\$4,480
SEDIMENTADOR PRIMARIO	\$640,000	\$135,800	\$58,200	\$6,400	\$0	\$12,000
LODOS ACTIVADOS CM (C+N)	\$2,620,000	\$314,000	\$129,400	\$21,600	\$0	\$108,000
SEDIMENTADOR SECUNDARIO	\$1,332,000	\$135,800	\$58,200	\$13,320	\$0	\$12,000
DESINFECCION LUZ ULTRAVIOLETA	\$1,484,000	\$0	\$7,860	\$14,840	\$4,320	\$42,800
ESPESAMIENTO DE LODOS	\$512,000	\$7,840	\$8,180	\$5,120	\$0	\$3,040
DIGESTOR AEROBIO	\$1,408,000	\$222,000	\$78,400	\$16,200	\$0	\$107,200
LECHOS DE SECADO	\$280,000	\$139,600	\$46,600	\$2,520	\$0	\$0
DISPOSICION FINAL	\$942,000	\$380	\$0	\$400,000	\$0	\$0
<b>TOTAL</b>	<b>\$10,237,600</b>	<b>\$1,125,620</b>	<b>\$479,440</b>	<b>\$490,580</b>	<b>\$4,320</b>	<b>\$291,980</b>
DESC (3)						
Process	Construction	Oper(/yr)	Maint(/yr)	Mat(/yr)	Chem(/yr)	Energy(/yr)
BOMBEO INTERMEDIO	\$1,422,000	\$137,200	\$85,600	\$9,960	\$0	\$19,600
TRATAMIENTO PRELIMINAR	\$716,000	\$133,400	\$64,000	\$17,920	\$0	\$11,940
SEDIMENTADOR PRIMARIO	\$1,350,000	\$135,800	\$61,200	\$13,500	\$0	\$12,000
LODOS ACTIVADOS CM (C+N)	\$5,460,000	\$378,000	\$169,600	\$27,200	\$0	\$167,400
SEDIMENTADOR SECUNDARIO	\$1,332,000	\$135,800	\$61,200	\$13,320	\$0	\$12,000
DESINFECCION LUZ ULTRAVIOLETA	\$1,484,000	\$0	\$8,260	\$14,840	\$4,320	\$42,800
ESPESAMIENTO DE LODOS	\$512,000	\$88,800	\$60,000	\$5,120	\$0	\$8,580
DIGESTOR AEROBIO	\$4,960,000	\$610,000	\$258,000	\$39,000	\$0	\$1,608,000
LECHOS DE SECADO	\$3,280,000	\$338,000	\$133,000	\$29,400	\$0	\$0
DISPOSICION FINAL	\$1,084,000	\$11,760	\$0	\$460,000	\$0	\$0
<b>TOTAL</b>	<b>\$21,600,000</b>	<b>\$1,968,760</b>	<b>\$900,860</b>	<b>\$630,260</b>	<b>\$4,320</b>	<b>\$1,882,320</b>
DESC (4)						
Process	Construction	Oper(/yr)	Maint(/yr)	Mat(/yr)	Chem(/yr)	Energy(/yr)
BOMBEO INTERMEDIO	\$1,236,000	\$129,200	\$76,600	\$8,660	\$0	\$12,260
TRATAMIENTO PRELIMINAR	\$518,000	\$111,800	\$52,800	\$12,960	\$0	\$9,380
SEDIMENTADOR PRIMARIO	\$1,116,000	\$135,800	\$58,800	\$11,160	\$0	\$12,000
LODOS ACTIVADOS CM (C+N)	\$2,980,000	\$334,000	\$144,200	\$24,000	\$0	\$111,400
SEDIMENTADOR SECUNDARIO	\$1,332,000	\$135,800	\$58,800	\$13,320	\$0	\$12,000
DESINFECCION LUZ ULTRAVIOLETA	\$1,484,000	\$0	\$7,920	\$14,840	\$4,320	\$42,800
ESPESAMIENTO DE LODOS	\$512,000	\$6,080	\$6,720	\$5,120	\$0	\$2,740
DIGESTOR AEROBIO	\$1,408,000	\$222,000	\$79,000	\$16,200	\$0	\$107,200
LECHOS DE SECADO	\$248,000	\$139,600	\$47,000	\$2,240	\$0	\$0
DISPOSICION FINAL	\$940,000	\$260	\$0	\$400,000	\$0	\$0
<b>TOTAL</b>	<b>\$11,774,000</b>	<b>\$1,214,540</b>	<b>\$531,840</b>	<b>\$508,500</b>	<b>\$4,320</b>	<b>\$309,780</b>
DESC (5)						
Process	Construction	Oper(/yr)	Maint(/yr)	Mat(/yr)	Chem(/yr)	Energy(/yr)
BOMBEO INTERMEDIO	\$1,074,000	\$121,000	\$70,800	\$7,520	\$0	\$7,360
TRATAMIENTO PRELIMINAR	\$376,000	\$94,000	\$45,200	\$9,420	\$0	\$7,400
SEDIMENTADOR PRIMARIO	\$880,000	\$135,800	\$58,600	\$8,800	\$0	\$12,000
LODOS ACTIVADOS CM (C+N)	\$2,380,000	\$328,000	\$139,000	\$23,000	\$0	\$109,600
SEDIMENTADOR SECUNDARIO	\$1,332,000	\$135,800	\$58,600	\$13,320	\$0	\$12,000
DESINFECCION LUZ ULTRAVIOLETA	\$1,484,000	\$0	\$7,900	\$14,840	\$4,320	\$42,800
ESPESAMIENTO DE LODOS	\$512,000	\$1,900	\$2,640	\$5,120	\$0	\$1,660
DIGESTOR AEROBIO	\$1,408,000	\$222,000	\$78,600	\$16,200	\$0	\$107,200
LECHOS DE SECADO	\$194,800	\$139,600	\$46,800	\$1,760	\$0	\$0
DISPOSICION FINAL	\$934,000	\$40	\$0	\$400,000	\$0	\$0
<b>TOTAL</b>	<b>\$10,574,800</b>	<b>\$1,178,140</b>	<b>\$508,140</b>	<b>\$499,980</b>	<b>\$4,320</b>	<b>\$300,020</b>
DESCARGA DE AR						
Process	Construction	Oper(/yr)	Maint(/yr)	Mat(/yr)	Chem(/yr)	Energy(/yr)
DESC (1)	\$13,304,000	\$1,296,040	\$569,580	\$514,540	\$4,320	\$418,240
DESC (2)	\$10,237,600	\$1,125,620	\$479,440	\$490,580	\$4,320	\$291,980
DESC (3)	\$21,600,000	\$1,968,760	\$900,860	\$630,260	\$4,320	\$1,882,320
DESC (4)	\$11,774,000	\$1,214,540	\$531,840	\$508,500	\$4,320	\$309,780
DESC (5)	\$10,574,800	\$1,178,140	\$508,140	\$499,980	\$4,320	\$300,020

Los trenes de tratamiento estructurados con las operaciones y procesos unitarios que se consideran adecuados para la remoción de contaminantes al nivel requerido en las Metas 2 y 3, se muestran en la Tabla 128. Se toma en cuenta que siendo los mismos que los empleados para la Meta 1 por considerar que alguno de ellos se habilitará tomando las unidades de tratamiento ya existentes de la etapa anterior. La tabla 129 resume el número de contaminantes que no son removidos al nivel requerido, según los criterios de calidad de las Metas 2 y 3.

**Tabla 147. Número de contaminantes no removidos por los trenes de tratamiento en estudio.**

UNIDADES DE LOS TRENES DE TRATAMIENTO DE AGUAS Y LODOS								
1LA	PRE + SP + CL + LODOS							
2LA	PRE + SP + LA + SS + CL + LODOS							
3LA	PRE + SP +(LA+NIT) + SS + DENIT + SS + FIL + (UV) + ADS + LODOS							
4LA	PRE + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + FIL + (UV) + OI + LODOS							
5LA	PRE +(LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + ADS + (UV) + LODOS							
6LA	PRE + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + OI + (UV) + LODOS							
7LA	PRE + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL +DESGA + OI + (UV) + LODOS							
8LA	PRE + (LA+NIT) + SS + DENIT + SS + OZ + FIL + DESGA + ADS1 + ADS2 + OI + (UV) +							

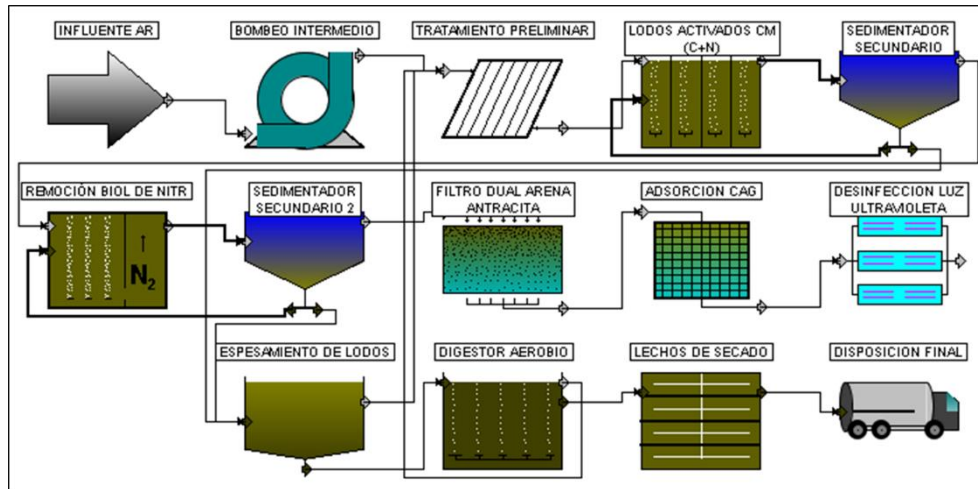
  

TREN	1LA	2LA	3LA	4LA	5LA	6LA	7LA	8LA
DESCARGA CUMPLIMIENTO CON LA CALIDAD DE LA META 2 (0 CUMPLE. 1 NO CUMPLE)								
D 1	30	23	7	2	5	0	0	0
D 2	31	19	2	2	1	0	0	0
D 3	26	17	2	1	2	0	0	0
D 4	27	16	2	1	1	0	0	0
D 5	16	10	1	1	1	0	0	0

TREN	1LA	2LA	3LA	4LA	5LA	6LA	7LA	8LA
DESCARGA CUMPLIMIENTO CON LA CALIDAD DE LA META 3 (0 CUMPLE. 1 NO CUMPLE)								
D 1	35	27	12	2	10	2	1	0
D 2	36	24	9	1	9	1	1	0
D 3	34	23	8	1	7	1	0	0
D 4	32	21	7	1	6	1	0	0
D 5	20	12	5	1	5	1	0	0

Los costos de inversión, operación y mantenimiento de las PTAR para las cinco descargas de AR se determinan empleando el programa para PC, el que requiere de información relacionada con la calidad de las AR, los costos de mano de obra, costos de materiales, sustancias químicas, energía eléctrica y valor de terrenos. Se ha introducido esta información en el programa y se presentan las unidades de tratamiento de aguas y lodos para cumplir las Metas 2 y 3 modificadas y que permite realizar las corridas con el programa para PC para obtener los costos de inversión, operación y mantenimiento de las PTAR (Figura 198).



**Figura 239. Tren de tratamiento para las descargas de AR. Metas 2 y 3.**

Los costos en moneda nacional para cada una de las PTAR, considerando un valor de cambio de \$20 MN por \$1.0 USD se presentan en la tabla 130.

**Tabla 148. Costos de inversión. Operación y mantenimiento de las PTAR**

<b>TREN DE TRATAMIENTO AGUAS Y LODOS</b>	<b>Inversión construc y equipamiento, (\$)</b>	<b>Operación (\$/año)</b>	<b>Mantenim (\$/año)</b>	<b>Materiales (\$/año)</b>	<b>Químicos (\$/año)</b>	<b>Energía E (\$/año)</b>
DESC (1), Q= 5 LPS	\$26,074,000	\$1,736,260	\$728,780	\$704,740	\$4,320	\$497,100
DESC (2), Q=1 LPS	\$17,391,400	\$1,509,720	\$631,440	\$606,580	\$4,320	\$403,840
DESC (3), Q= 8 LPS	\$42,812,000	\$2,552,860	\$1,092,480	\$854,600	\$4,320	\$2,191,100
DESC (4), Q= 5 LPS	\$24,172,000	\$1,693,640	\$707,240	\$701,420	\$4,320	\$442,580
DESC (5), Q= 3 LPS	\$20,808,000	\$1,621,560	\$676,060	\$664,020	\$4,320	\$422,680

### 5.11. CONCLUSIONES DESCARGAS AGUAS RESIDUALES

Para el tratamiento de las cinco descargas puntuales que llegan al Bajo Río Bravo se analizó que para cubrir la meta 1 de cumplimiento de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996, se requiere el tren de tratamiento 3LA, consistente en tratamiento preliminar, sedimentador primario, laguna aerada, y desinfección con UV, además del tratamiento de lodos. La inversión, construcción y equipamiento para cumplir con las metas de calidad, intermedia y de protección de vida acuática, es del orden de 17 millones (Descarga 2) hasta 42 millones (Descarga 3) y se adicionarían trenes de tratamiento para cumplir con las metas.



## CAPÍTULO 6 . MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL BAJO RÍO BRAVO

Para modelar la calidad del agua en la Cuenca Baja del Río Bravo, en conjunto con CONAGUA TCEQ, IWBC, CILA, y el IMTA, se definió utilizar el modelo LA-QUAL, el cual es un modelo unidimensional en condiciones estacionarias. Este programa fue desarrollado por la Watershed Support Division del Louisiana Department of Environmental Quality. Tiene como antecedente el modelo QUAL-I desarrollado por el Texas Water Development Board con una empresa consultor entre 1970 y 1971. Posteriormente la EPA con el apoyo de un contratista modificaron el código para la aplicación en el río Mississippi, generando la versión QUAL-II. Entre 1978 y 1984, el Texas Departamente of Water Resources, conocida actualmente como TCEQ (Texas Commission on Environmental Quality), para aplicarlo a corrientes en el estado de Texas, modificaron el código para generar la versión llamada QUAL-TX, el cual le agregaron opciones para permitir simular el efecto de la salinidad por dispersión de mareas, la inhibición de la nitrificación, el manejo de condiciones de frontera aguas abajo, posibilidad de analizar esquemas complejos y la posibilidad de efectuar el análisis de sensibilidad. En 1985, la EPA reviso los modelos QUAL-II y QUAL-TX e incorporo características de ambas versiones en el modelo QUAL2E. Actualmente se tiene una versión del QUAL2E con interface de ingreso de datos y manejo de salidas en macros de Excel denominada QUAL2K.

Por su lado, el Louisiana Department of Environmental Quality y una empresa consultora en 1999, desarrollo el LA-QUAL tomando como base la versión 3.4 del modelo QUAL-TX, y fue desarrollado como herramienta para evaluar el programa de cargas totales máximas diarias (TMDL) en el estado de Louisiana. EL programa se puede descargar de la página de Louisiana Department of Environmental Quality; la versión del LA-QUAL que se utilizó en este estudio fue la 9.38. <http://www.deq.louisiana.gov/portal/tabid/130/Default.aspx>. La descripción del manejo del modelo se presenta en el Anexo 1.

### 6.1. DIVISIÓN DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO BRAVO EN ZONAS Y ELEMENTOS DIFERENCIALES.

Para fines de modelación el río Bravo se dividió en seis zonas, el límite de cada zona corresponde a un sitio de muestreo en el río. El río Bravo presenta dos afluentes principales o tributarios como el río Álamo y el río San Juan. También son considerados algunos drenes como tributarios, esto son; Rancherías, Puertecitos, Huizache, Morillo y El Anhel. En la tabla 131 se muestra las zonas establecidas en la parte Baja del Río Bravo.

De la figura 199|Error! No se encuentra el origen de la referencia. a la 207, se ilustra la segmentación de la zona de estudio desde la presa Internacional Falcón hasta la desembocadura al Golfo de México, para fines de la modelación. En los 147 segmentos que fue dividido la zona de estudio, se indican los elementos computacionales que constituyen cada segmento, las zonas clasificadas, la ubicación de afluentes, las descargas de aguas residuales y las estaciones de monitoreo. El color azul corresponde a sitios de monitoreo en el cauce principal, verde Afluentes o Drenes y rojo Descargas de aguas residuales y Plantas de Tratamiento. De igual manera se indica la geometría de cada afluente y dren y su segmentación respectiva. La longitud total del río desde la salida de la presa Internacional Falcón hasta la desembocadura fue de 452.822 kilómetros.

**Tabla 149. Zonas de modelación del río Bravo y afluentes**

ZONA	TRIBUTARIO	DELIMITACIÓN	CARACTERÍSTICAS
1	Presa Internacional Falcón – San Juan	Inicia a la salida de la presa Internacional Falcón en el km 452.82, y termina después de la confluencia del río San Juan en el km 388.16,	Longitud de la zona 64.66 km. Inicia en la terminal hidroeléctrica Falcón. Del lado mexicano, recibe los afluentes arroyo Coronel, río Álamo, arroyo urbano Miguel Alemán y río San Juan, además de los drenes Mier y Rancherías. En esta zona se localizan varias descargas indirectas al río Bravo como la descarga de Nuevo Guerrero incorporada en el arroyo El Coronel; la descarga de la PTAR

ZONA	TRIBUTARIO	DELIMITACIÓN	CARACTERÍSTICAS
		después de la estación RB-2.	de Ciudad Mier interceptada por el Dren Mier; la descarga de la PTAR de la localidad Miguel Alemán interceptada por el Dren Rancherías; y la descarga de la PTAR de la ciudad de Camargo, interceptada por el río San Juan. De los Estados Unidos de América, el río Bravo, recibe flujo de la puerta Este de la presa Falcón; aliviadero de la presa Falcón; Arroyo Morteros; y el tributario Salinero; además de las descargas municipales de Roma drinking water facility outfall, Roma planta de tratamiento y Río Grande City planta de tratamiento. En este tramo se ubican las estaciones de muestreo RB-1 y RB-2
2	San Juan – Presa Anzalduas	Inicia después de la confluencia del río San Juan y después de la estación en río RB2, en el km 388.16 a la altura de Río Grande City y termina en el vaso de la presa Anzalduas en el km 281.24, entre las estaciones de río RB6 y RB7.	Longitud de la zona 106.92 km. Del lado Mexicano recibe los drenes Puertecitos, Huizache, Gustavo Díaz Ordaz y El Morillo. En esa zona se ubican las localidades de Valadeces y Gustavo Díaz Ordaz. En la margen izquierda, del lado de Estados Unidos de América, se incorpora al río Bravo el arroyo Los Olmos, el dren Union WW y el dren LJISD WW, además de las descargas municipales Union WSC WWTF, incorporada al dren Union WW; las descargas de la plantas de tratamiento de Agua Sud, La Joya ISD, La Joya y Penitas. En esta zona se ubican las estaciones de muestreo RB-3, RB-4, RBG-5 y RB-6.
3	Presa Anzalduas – Nuevo Progreso	Inicia en la presa Anzalduas en el km 281.24 y termina en el puente Internacional en Nuevo Progreso en el km 204.22	Longitud de la zona de 77.02 km. Del lado Mexicano se tiene la derivación de caudales en el canal Anzalduas y recibe los escurrimientos del dren El Anhelito. Con respecto a localidades en esta zona, se tienen las descargas de la PTAR de Ciudad de Reynosa, en el dren El Anhelito y con dos descargas directas al río Bravo, Ciudad Reynosa y Lib. Echeverría. Del lado de Estados Unidos de América no se tienen descargas al río Bravo. En esta zona se ubican las estaciones de muestreo RB-7, RB-8, RB-9 y RB-10.
4	Nuevo Progreso – San Benito	Inicia en el puente internacional en Nuevo Progreso en el km 204.22 y termina a la altura de San Benito en el km 158.93.	Longitud de la zona 45.29 km. Tanto del lado Mexicano como de Estados Unidos de América no se tienen afluentes ni descargas directas al río Bravo. En esta zona se ubican las estaciones de muestreo RB-11 y RB-12.
5	San Benito – Antes de Matamoros	Inicia en San Benito en el km 158.93 y termina antes de Matamoros en el km 111.78.	Longitud de la zona 47.15 km. Tanto del lado Mexicano como de Estados Unidos de América no se tienen afluentes ni descargas directas al río Bravo.
6	Matamoros - Desembocadura	Inicia antes de la Ciudad de Matamoros en el km 111.78 y termina en la desembocadura con el Golfo de México.	Longitud de la zona 111.78 km. Del lado Mexicano se tiene la derivación de la potabilizadora de Matamoros y se ubican dos descargas directas al río Bravo de la misma localidad. Del lado de Estados Unidos de América se tienen las descargas de la planta de generación de Brownsville y la descarga de la planta de tratamiento Brownsville Southside. En esta zona se ubican las estaciones de muestreo RB-13, RB-14, y RB-15.

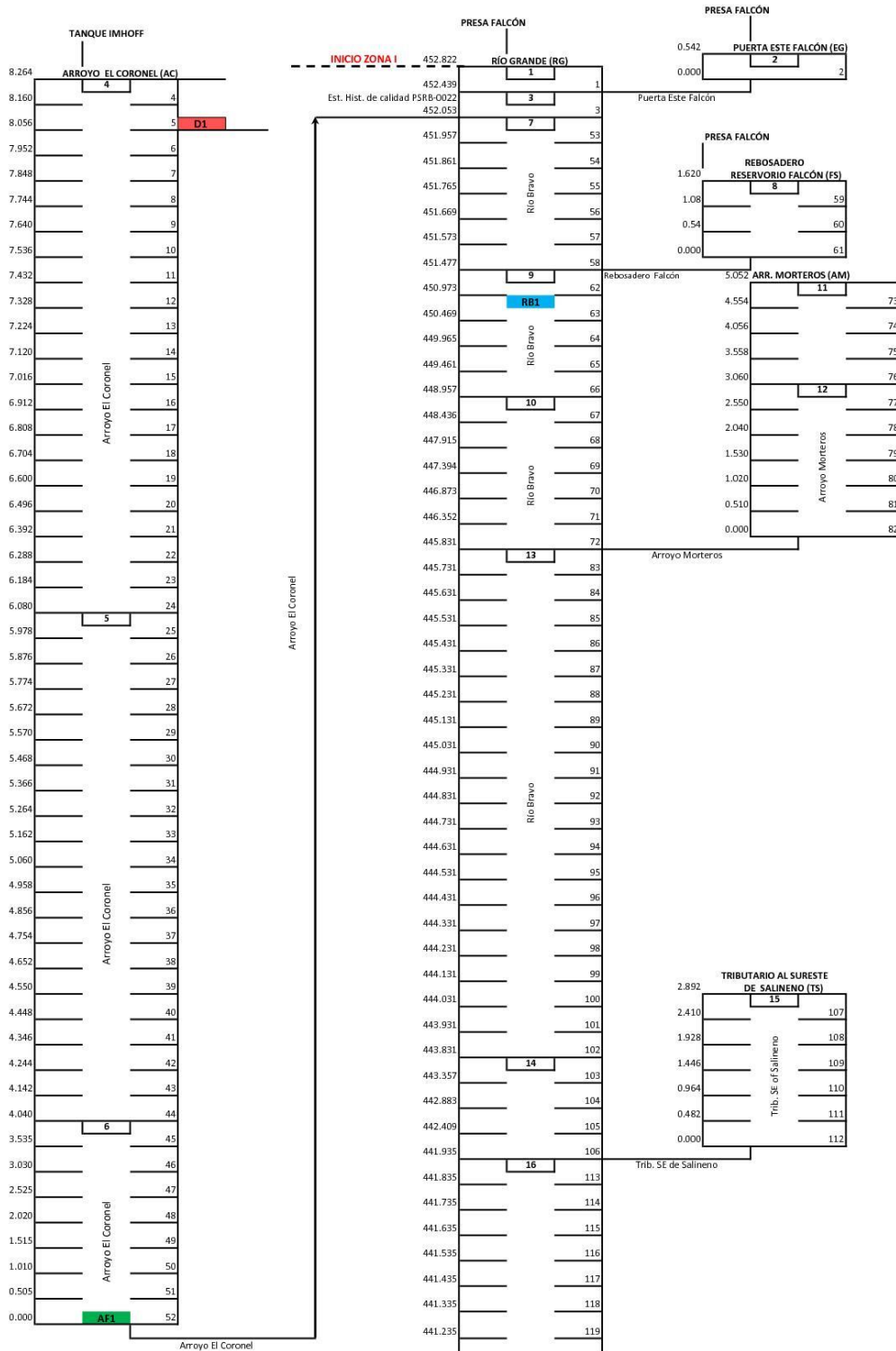
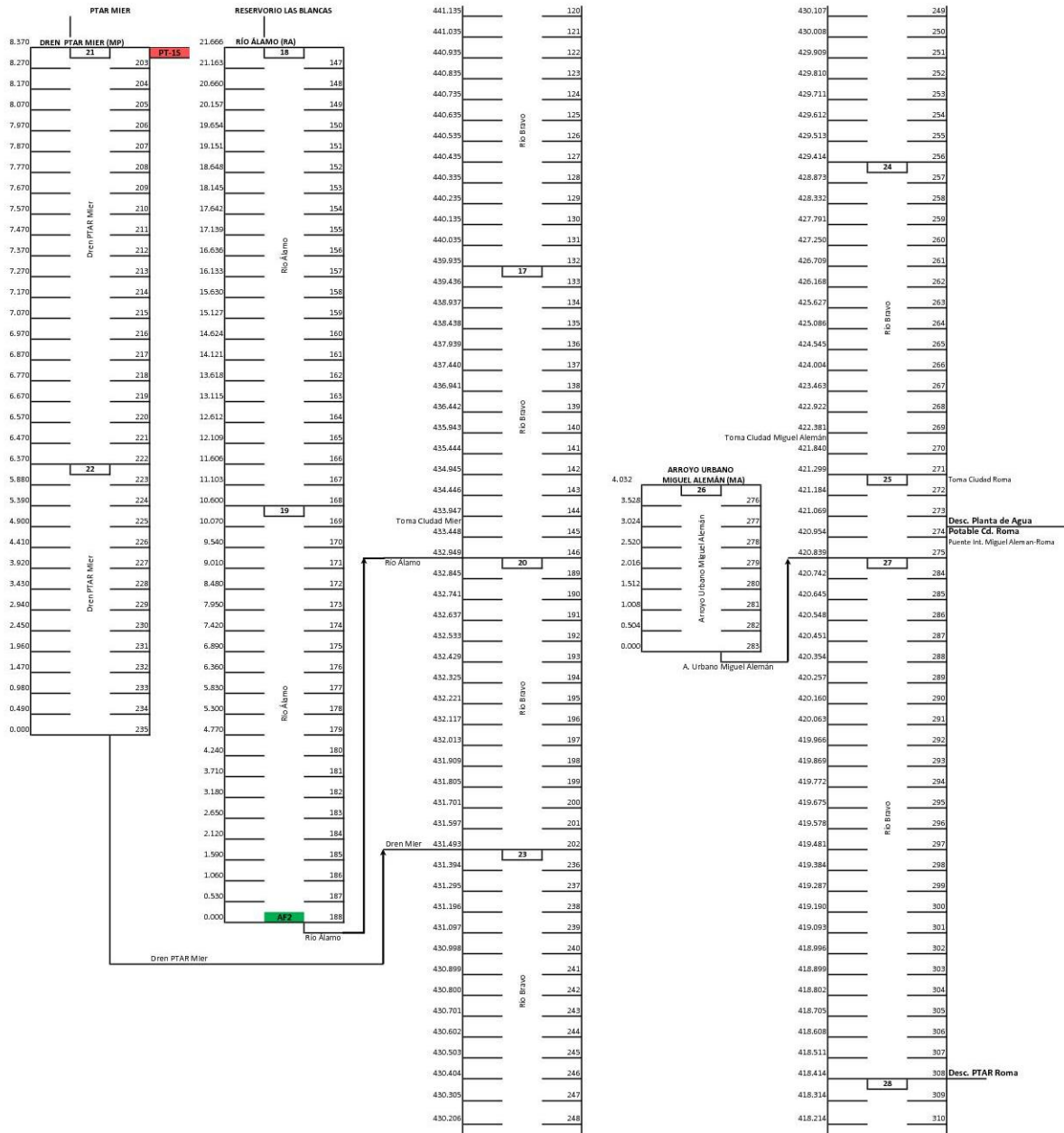


Figura 240. Segmentación del Bajo Río Bravo y afluentes, parte 1. El color azul corresponde a sitios de monitoreo en el cauce principal, verde Afluentes o Drenes y rojo Descargas de aguas residuales y Plantas de Tratamiento.



**Figura 241. Continuación de la Segmentación, parte 2.**

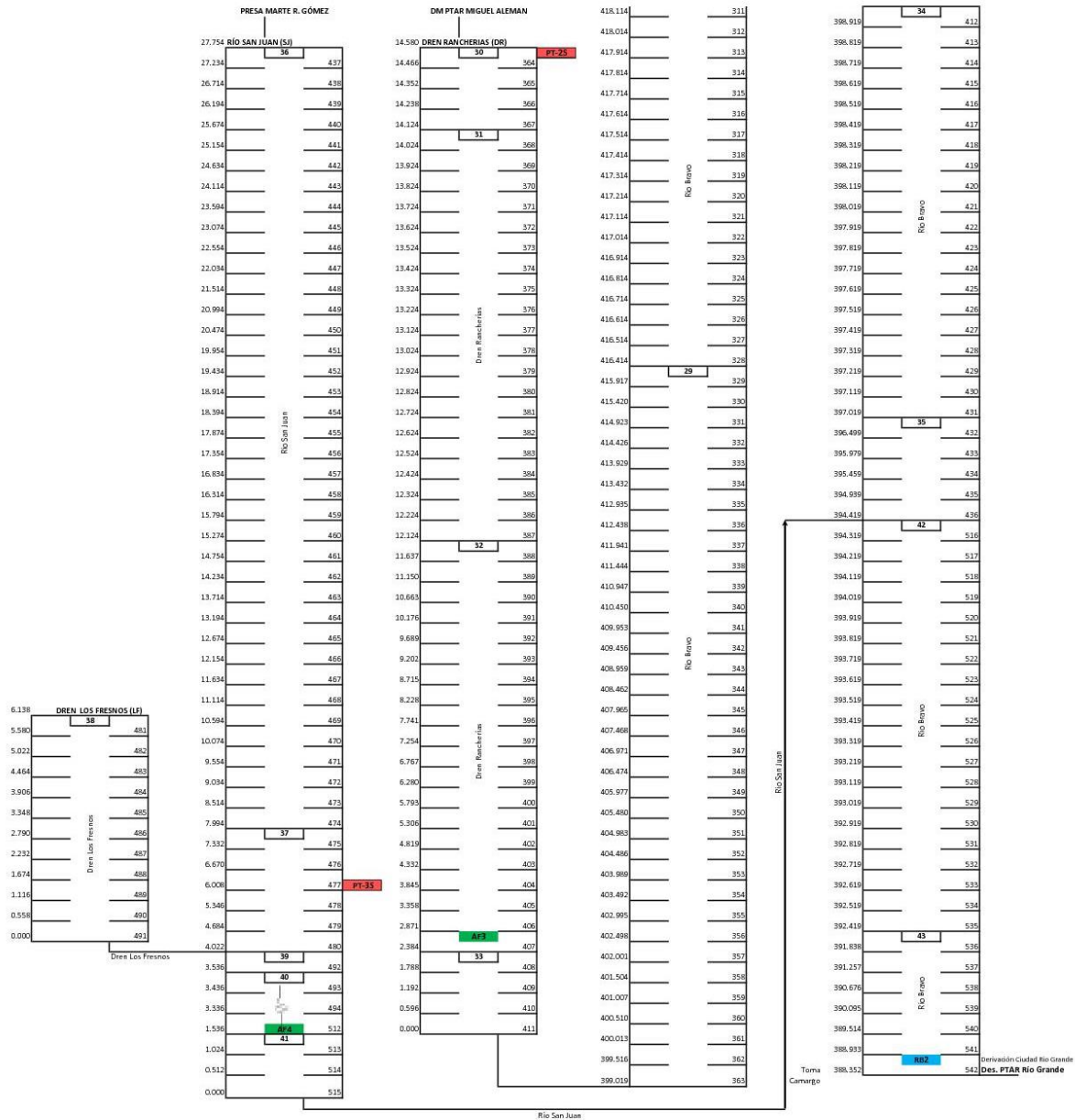


Figura 242. Continuación de la Segmentación, parte 3.

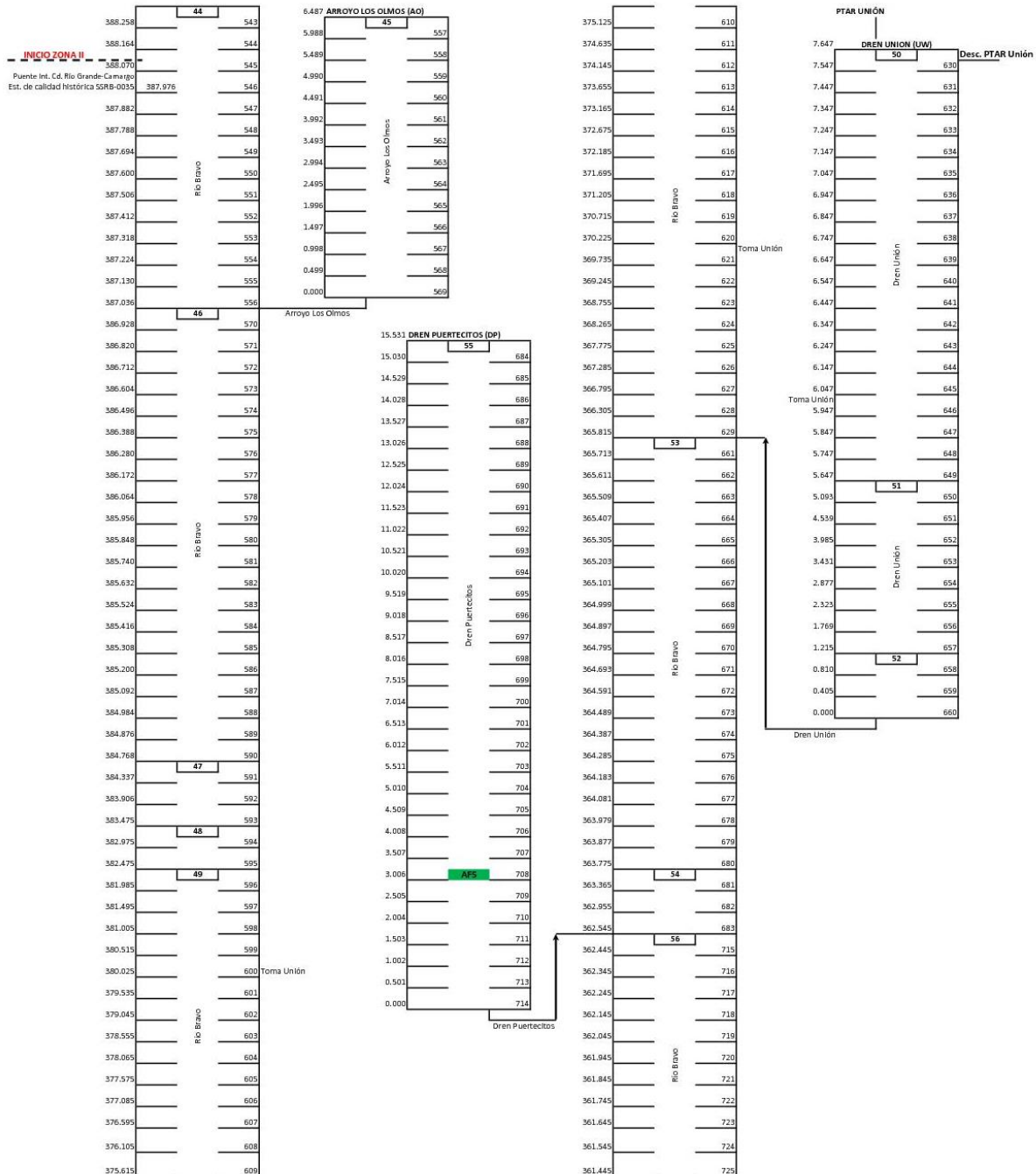
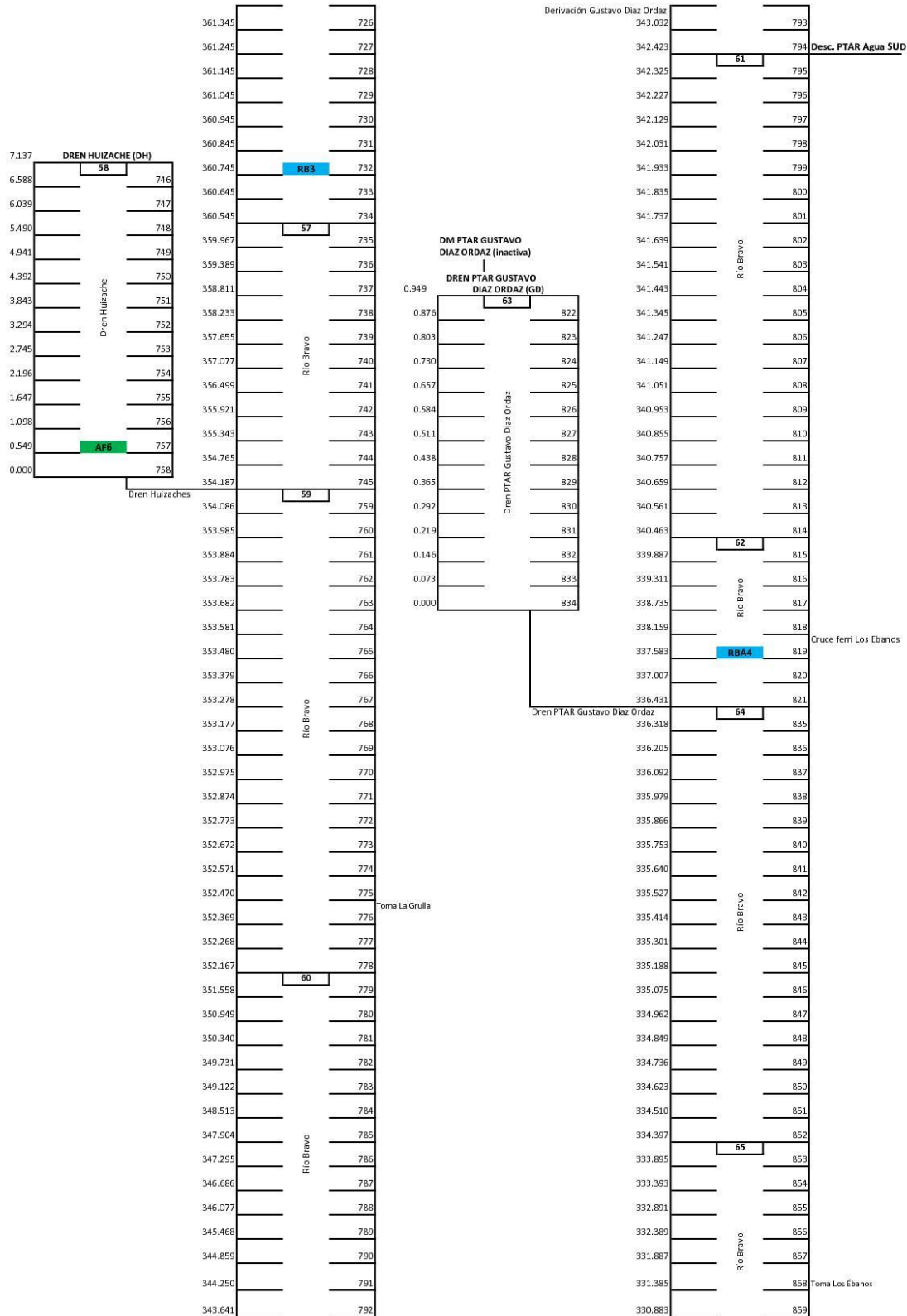


Figura 243. Continuación de la Segmentación, parte 4.



**Figura 6. 1. Continuación de la Segmentación, parte 5.**

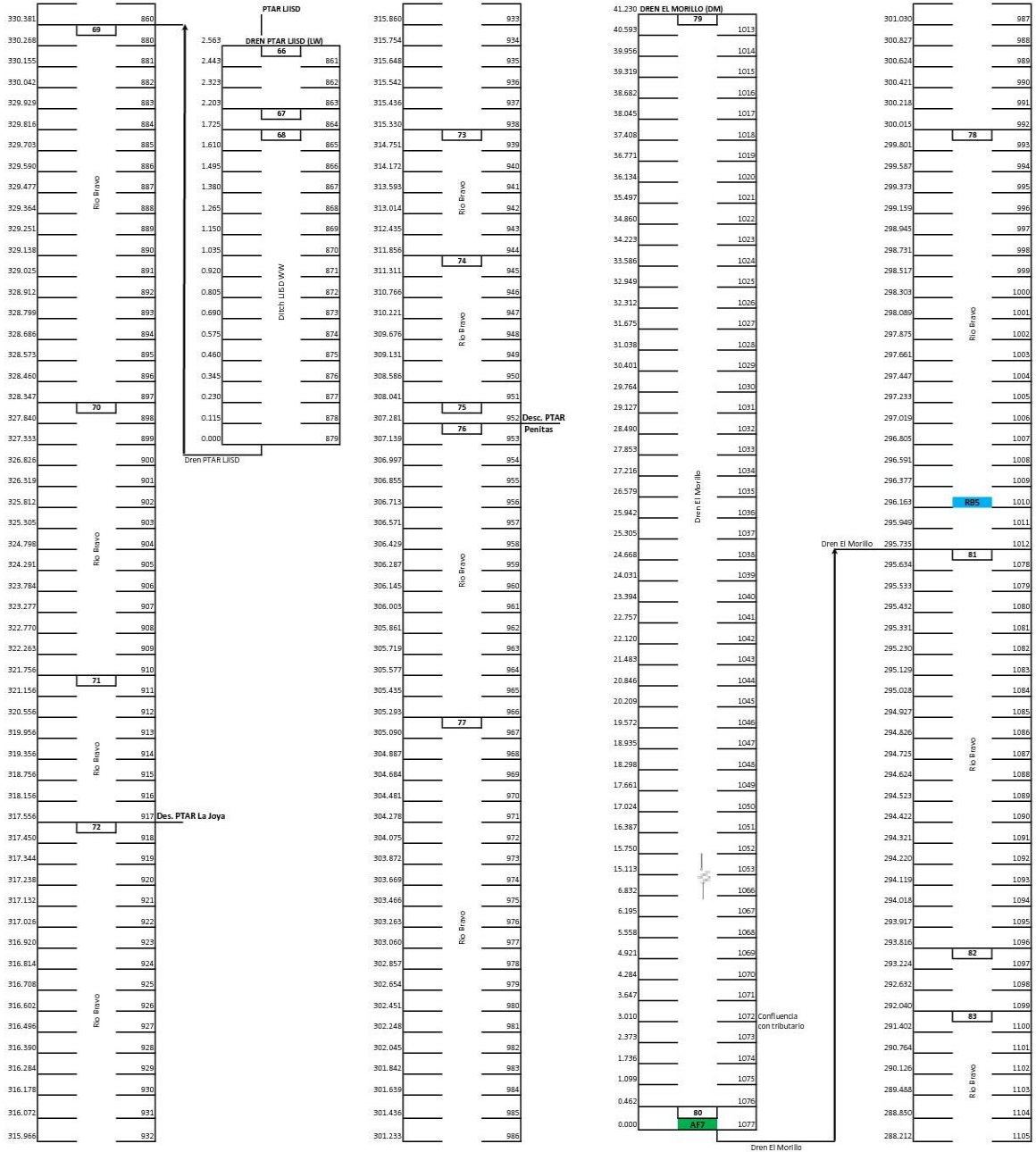


Figura 244. Continuación de la Segmentación, parte 6.



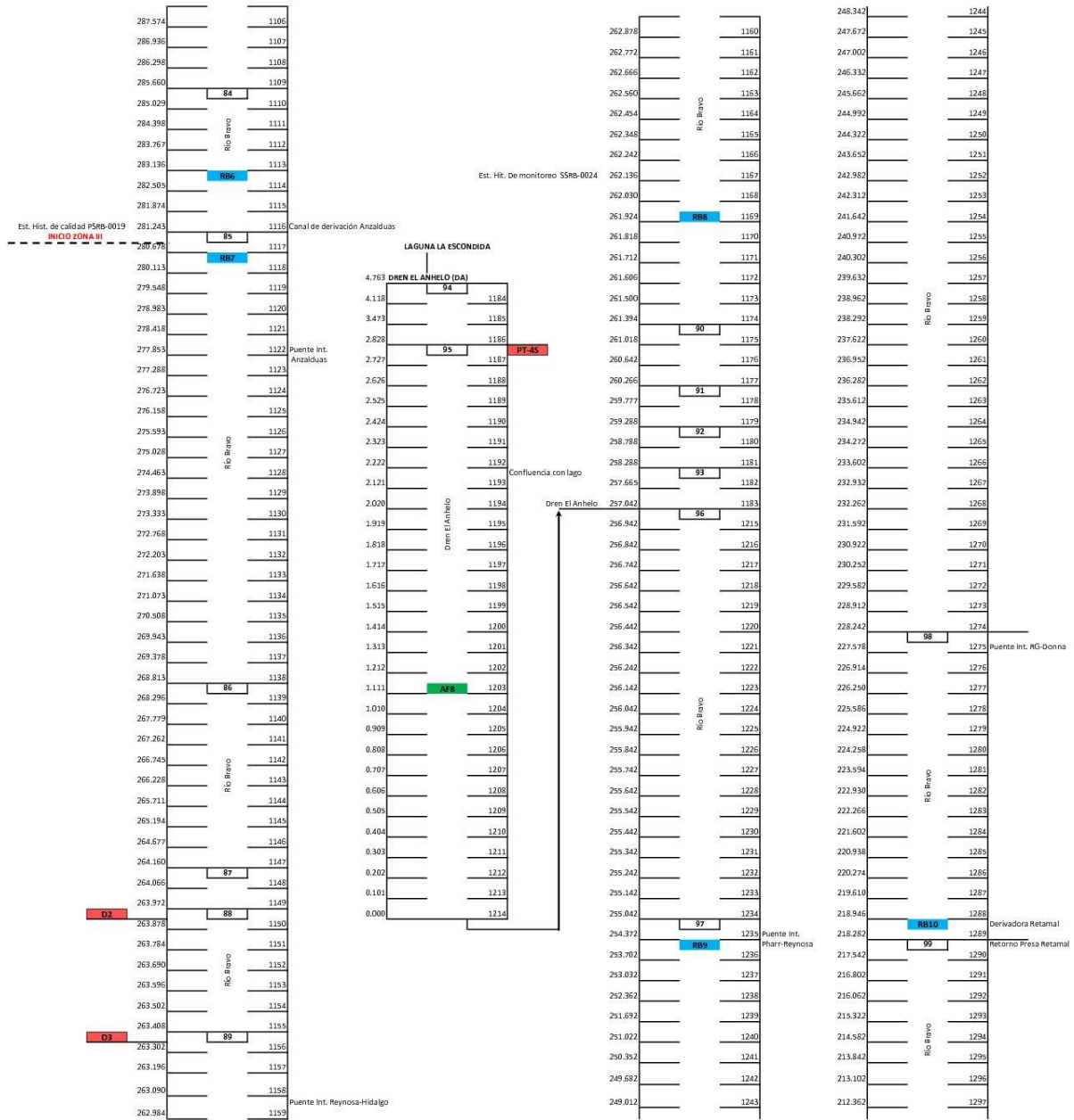


Figura 245. Continuación de la Segmentación, parte 7.

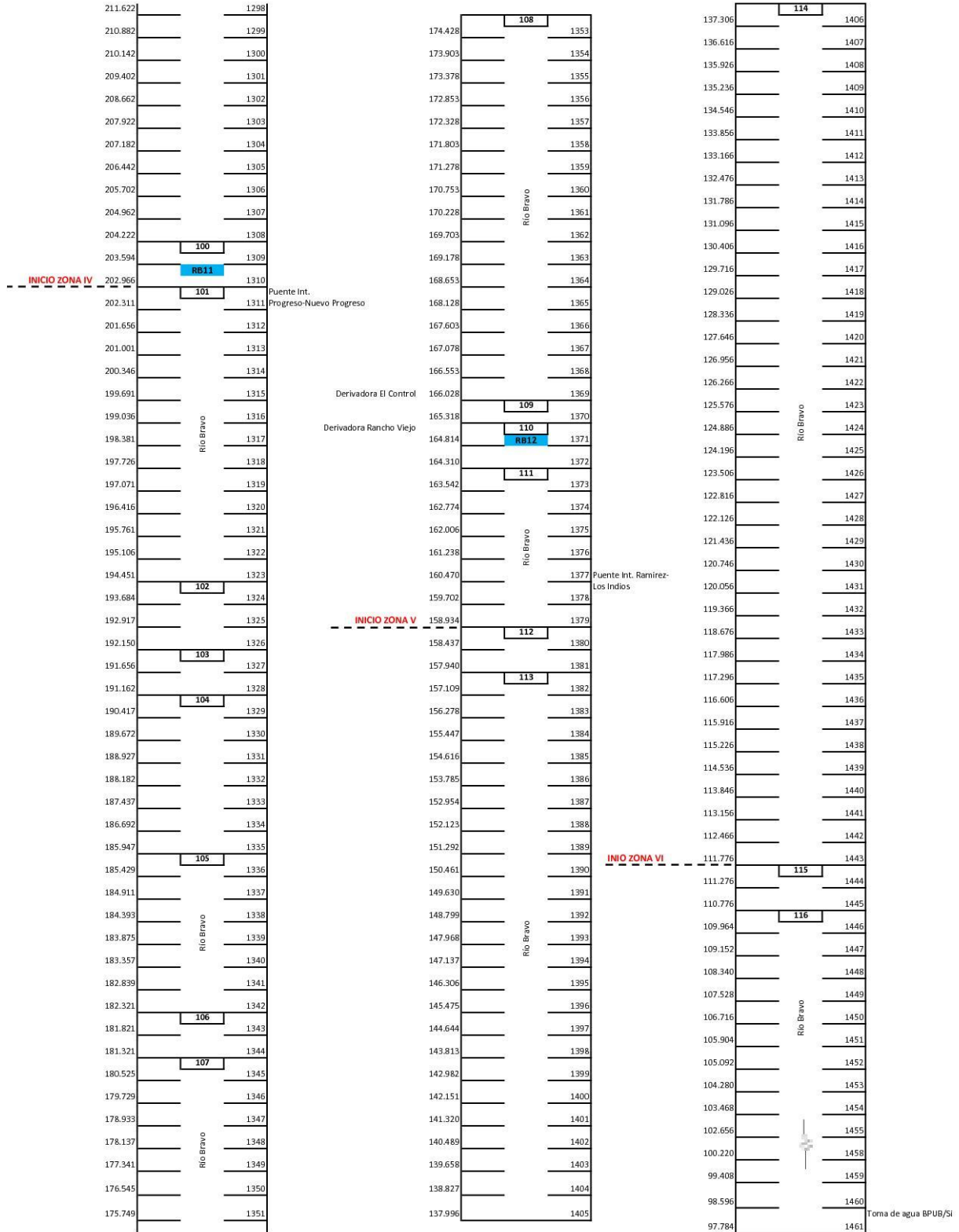


Figura 246. Continuación de la Segmentación, parte 8.

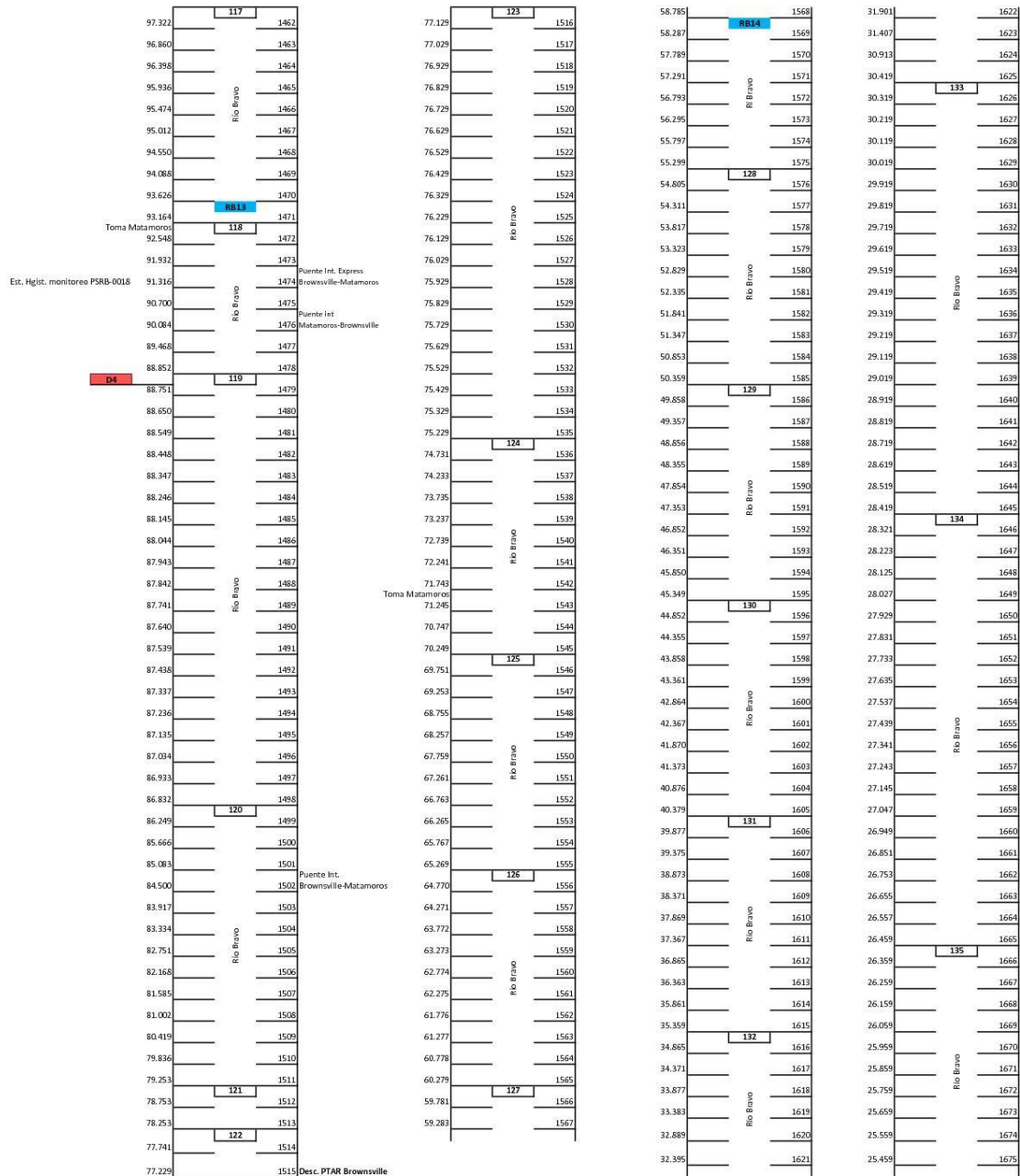


Figura 247. Continuación de la Segmentación, parte 9.

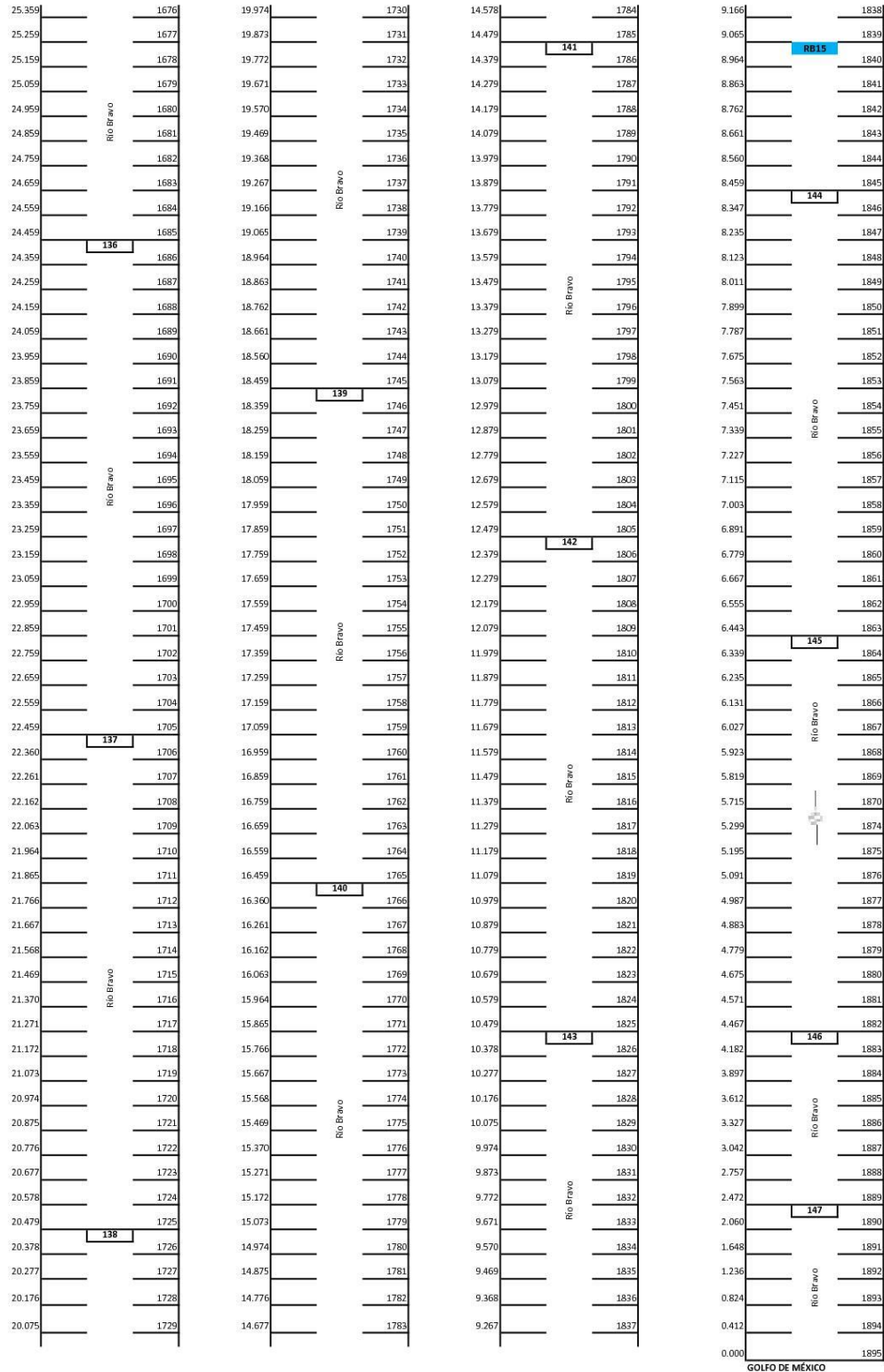


Figura 248. Continuación de la Segmentación, parte 10.

## 6.2. APORTACIÓN DE FUENTES NO PUNTUALES

La descripción de la aportación de fuentes no puntuales fue consensada y manejada con los especialistas de TCEQ y del IMTA, con el desarrollo de la metodología de Fuentes no Puntuales en Estado Estacionario por TCEQ (TCEQ, 2017) y aplicada en el modelo LAQUAL con la información adquirida por ambas instituciones.

Por su naturaleza, las fuentes de contaminación no puntuales son difíciles de caracterizar y cuantificar. A diferencia de las fuentes puntuales, las cuales pueden ser monitoreadas en los sitios de las descargas, las fuentes no puntuales afectan la calidad del agua del cuerpo receptor en amplias áreas geográficas, lo que complica su medición directa. Uno de los métodos utilizado más ampliamente para caracterizar fuentes no puntuales es a través del análisis geoespacial.

Para efectuar la estimación del aporte por fuentes no puntuales en el río Bravo, se utilizó una metodología llamada bajo condiciones estacionarias, en la cual no se incluyen las fuentes no puntuales que entran al río Bravo bajo condiciones de escurrimiento generado por lluvias.

Esta aproximación consiste en efectuar el cálculo del aporte de tres categorías de fuentes; 1) por localidades urbanas, 2) por fuentes no puntuales agrícolas, y 3) por el aporte de vida silvestre. Se utiliza una metodología geoespacial desarrollada por Lynch, 2012. A continuación, se presenta los resultados obtenidos de aplicar dicha metodología aplicada al segmento del río Bravo entre la presa Falcón y desembocadura.

### 6.2.1. Fuentes no puntuales de localidades

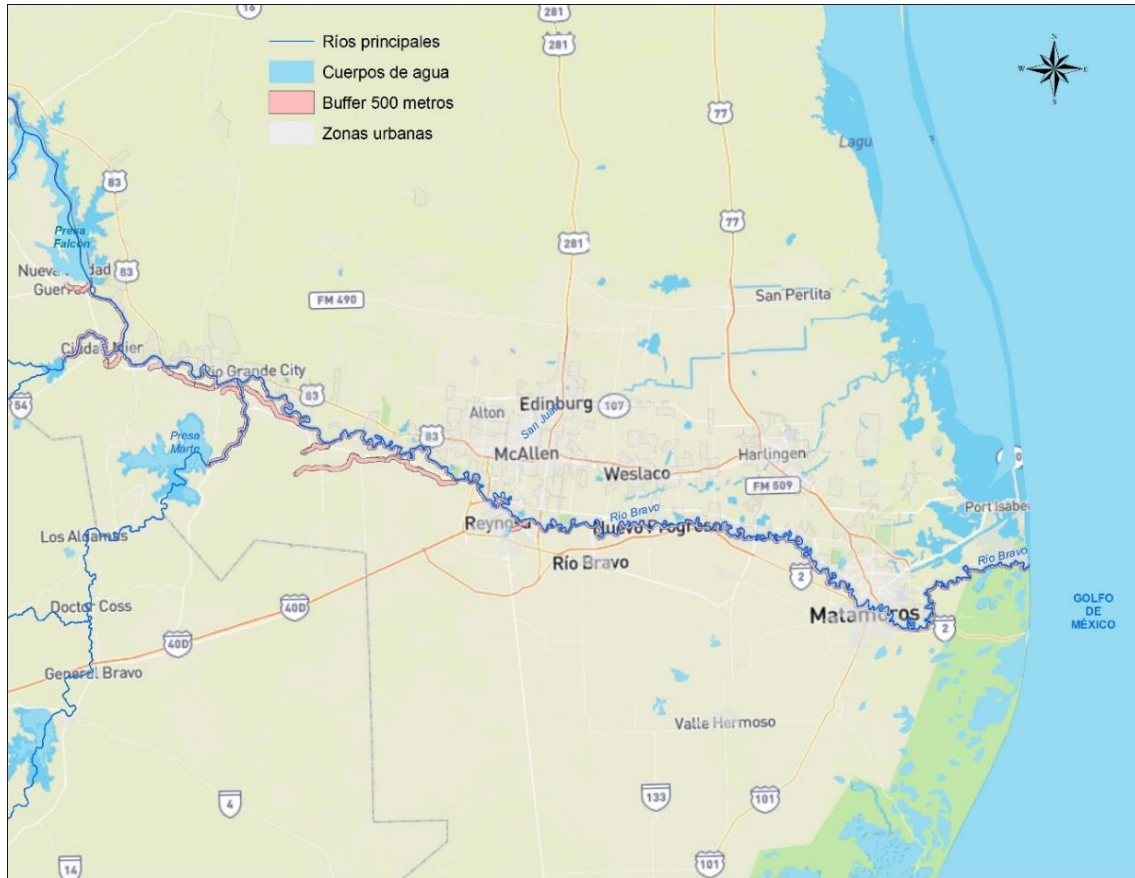
Las fuentes no puntuales por aporte de localidades pueden subdividirse en dos categorías principales: 1) contribuciones de contaminantes por mal funcionamiento o inadecuadas instalaciones de saneamiento en sitio como pueden ser sistemas sépticos con fugas o mal funcionamiento, y 2) aporte de contaminantes de personas que carecen de cualquier forma de sistema de saneamiento.

Puesto que estas fuentes provienen de residentes que viven en la cuenca, se utiliza información de censos, información de saneamiento y los límites geográficos de las subcuencas en donde se ubican las localidades con esta problemática, para cuantificar el número de residentes con acceso a servicios de alcantarillado, acceso solo a sistemas de tratamiento de aguas residuales en sitio y sin acceso a sistemas de tratamiento de aguas residuales. La fuente de información consultada fue el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010), y para la delimitación de las subcuencas se utilizó también información de INEGI.

Las fuentes no puntuales tienen como principal mecanismo el lavado y transporte debido a la escorrentía de la lluvia. En el caso de los contaminantes de fuentes no puntuales estacionarias, estas son mucho menos móviles en el medio ambiente. Por lo tanto, solo hay dos posibles mecanismos de transporte de contaminantes: 1) la deposición directa e indirecta en el cuerpo de agua receptor, incluidos afluentes y zanjas, y 2) la infiltración y transporte a través de aguas subterráneas freáticas poco profundas. Por esta razón, se consideraran como posibles aporte de cargas de contaminantes, aquellas que se ubican dentro de un buffer de 500 metros a partir de la ribera del río Bravo y sus afluentes, (Figura 208).

La información del Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI se utilizó a dos niveles; 1) a nivel de municipio, y 2) a nivel de localidad. También el censo proporciona información de saneamiento y drenaje clasificando por el tipo de tratamiento de aguas residuales recibido por los residentes.

La información del censo de INEGI de 2010, agregada a nivel de municipio, clasifica a los residentes del municipio de acuerdo con el tipo de disposición de aguas residuales. Las categorías incluyen; 1) alcantarillado público, 2) fosas sépticas, 3) descargas directas a un vado o acantilado, (4) descargas directas a un cuerpo de agua superficial, y (5) sin "drenaje". Sin embargo, la agregación de los datos a nivel de municipio lo hace inadecuado para estimar el número de residentes del municipio que viven dentro de un búfer ribereño de 500 metros a un cuerpo receptor. Los datos de INEGI agregados a nivel de localidad, disponibles como una capa o shapefile de puntos en GIS, proporciona suficiente detalle geoespacial para el análisis figura 209, sin embargo, estos datos no proporcionan información detallada sobre el tipo de disposición de aguas residuales disponible para los residentes de cada localidad; únicamente información sobre si hay o no disponibilidad de drenaje a los residentes.



**Figura 249. Representación de buffer de 500 metros**

Para estimar la distribución de los residentes que viven dentro del buffer de 500 metros, por tipo de disposición de aguas residuales, se aplicó la proporción entre el número de residentes del municipio que caen bajo cada categoría de disposición de aguas residuales, al número de residentes de las localidades dentro de cada municipio que se ubican dentro de la zona ribereña de 500 metros (Figura 210).

La tabla 132, resume los resultados del análisis geoespacial realizado para determinar el número y la distribución por tipo de disposición de aguas residuales de los habitantes que viven a menos de 500 metros del Bajo Río Bravo y de sus afluentes.

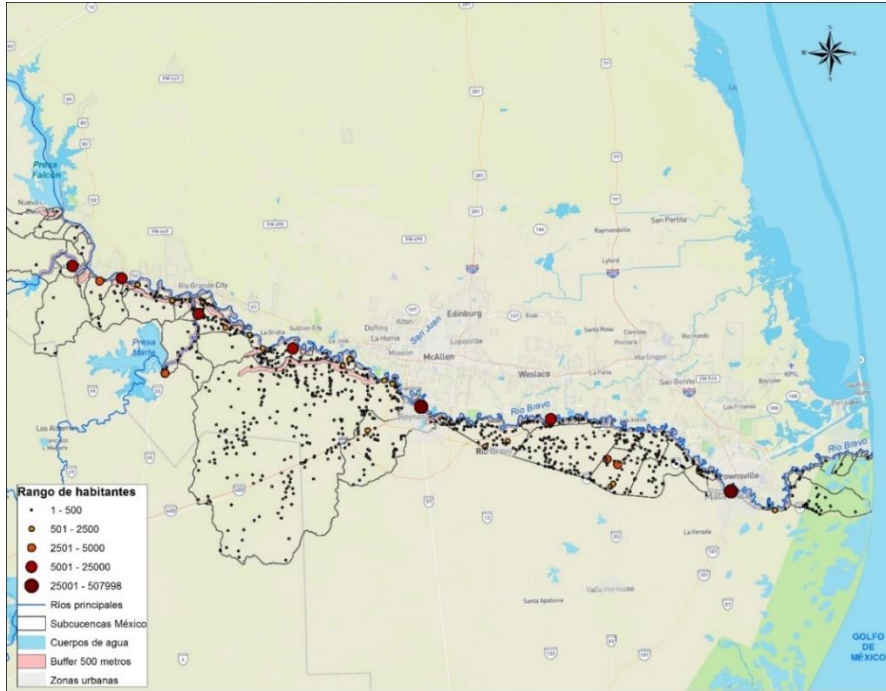


Figura 250. Capa de puntos de localidades en la cuenca.

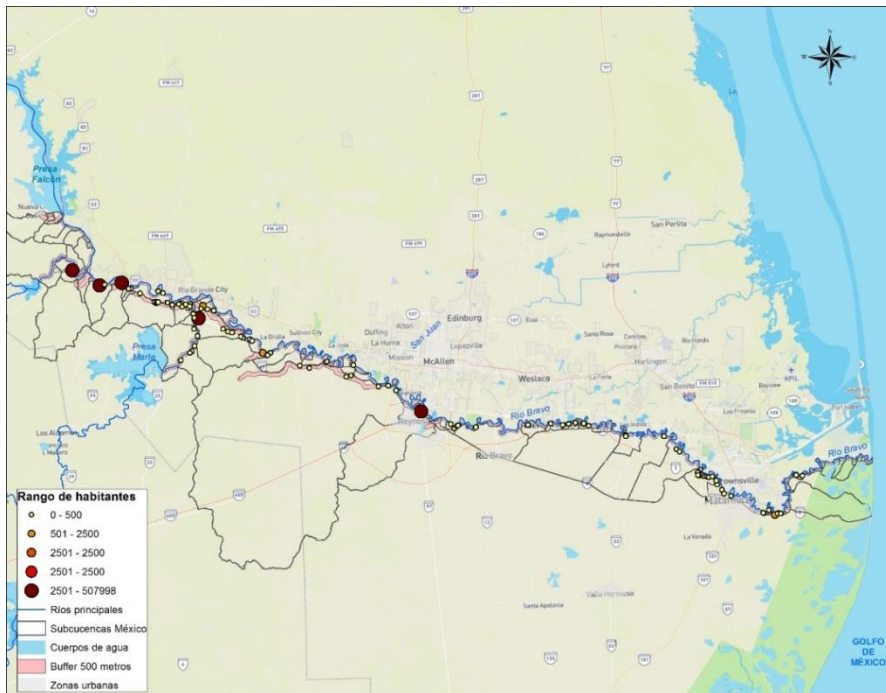


Figura 251. Análisis geoespacial de localidades dentro del buffer

**Tabla 150. Habitantes dentro del buffer de 500 metros y tipos de servicio de disposición de aguas residuales**

HABITANTES DENTRO DEL BUFFER DE 500 M	HABITANTES CON SERVICIO DE DRENAJE	HABITANTES CON SISTEMA SÉPTICO	HABITANTES SIN ALGÚN TIPO DE SERVICIO DE DRENAJE
44,449	31,732	8,580	4,137

### 6.2.2. Fuentes no puntuales pecuarias y por vida silvestre

Las fuentes no puntuales estacionarias de origen agrícola en la cuenca hidrográfica se pueden subdividir en dos categorías principales; 1) contribuciones contaminantes de ganado y animales domésticos, y 2) contribuciones contaminantes de flujos de retorno de riego. Estos dos tipos de fuentes de contaminación no puntuales resultan de actividades agrícolas diferentes, y su caracterización requiere de diferentes fuentes de datos y métodos de análisis de la información.

Las fuentes de datos utilizadas incluyen; 1) el límite de las cuencas hidrográficas, 2) la capa GIS de uso de suelo, y 3) los Censos Agrícola y Ganadero y Forestal 2007 (INEGI, 2007).

#### *Pecuario*

El método de análisis para caracterizar las fuentes agrícolas no puntuales en la cuenca hidrográfica fue tomado de Lynch, 2012. La información del censo pecuario se tiene a nivel municipal con datos de ganado bovino, equino, ovino y caprino. Los cerdos domésticos, pollos, patos y gansos fueron excluidos del análisis porque, a diferencia de los animales de pastoreo, estas especies generalmente se confinan en áreas donde no se producen contribuciones continuas de contaminantes no puntuales.

Para cada municipio incluido en la cuenca, se calcularon las densidades de ganado bovino, equino, ovino y caprino por kilómetro cuadrado. Enseguida se calculó la superficie de uso de suelo que sustenta el pastoreo en las porciones de los municipios que están dentro de la cuenca hidrográfica. Lynch, define estos hábitats o usos de suelo como bosques y pastizales, figura 211.

La Ecuación 1 permite calcular el número total de animales de pastoreo en cada subcuenca, multiplicando el área de hábitat de pastoreo por la densidad de cada uno de los cuatro tipos de animales de pastoreo en las áreas del municipio dentro de cada subcuenca.

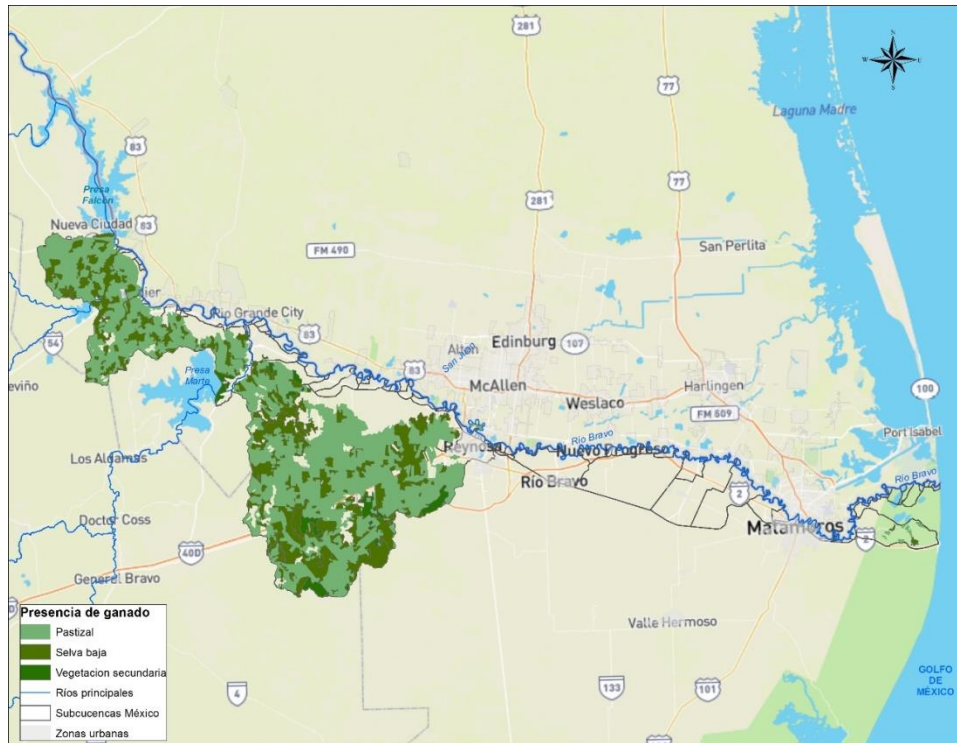
$$AN_j = AR_j * \rho_i \quad (1)$$

Donde  $AN_j$  es el total de animales en cada subcuenca  $j$ ,  $AR_j$  es el área total de hábitat de pastoreo ( $\text{km}^2$ ) en la subcuenca  $j$ ,  $\rho_i$  es la densidad del animal en cada municipio  $i$ . La tabla 133 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra los resultados del análisis.



**Tabla 151. Número estimado de ganado en las áreas adecuadas para esta actividad**

VACAS	CABALLOS	OVEJAS	CABRAS
1,879	16	113	19



**Figura 252. Áreas adecuadas para presencia de ganado en la cuenca**

**Flujos de retorno de riego**

Otra fuente de contaminación del agua superficial relacionada con las actividades agrícolas en la cuenca son los flujos de retorno agrícolas. El método de riego más común utilizado en ambos países es el riego por inundación, el cual satura los suelos produciendo exceso de agua de riego. El exceso de agua de irrigación puede fluir directamente de los campos agrícolas a los canales de drenaje como retornos de riego, pero más comúnmente, el exceso de agua de riego se acumula en el subsuelo superficial debajo de la zona de raíces en donde puede viajar lateralmente como agua subterránea freática, la cual también fluye hacia las zanjas o canales de drenaje agrícola o directamente a los ríos como flujo base.

Bajo condiciones adecuadas, el exceso de agua de riego puede filtrar las sales disueltas de los suelos agrícolas, movilizándolos y concentrándolos debajo de las zonas de raíces de los cultivos irrigados, junto con otros componentes, incluyendo materia orgánica disuelta, fertilizantes y pesticidas. Como resultado, los flujos de retorno de riego pueden ser una fuente importante de estos contaminantes en la cuenca.

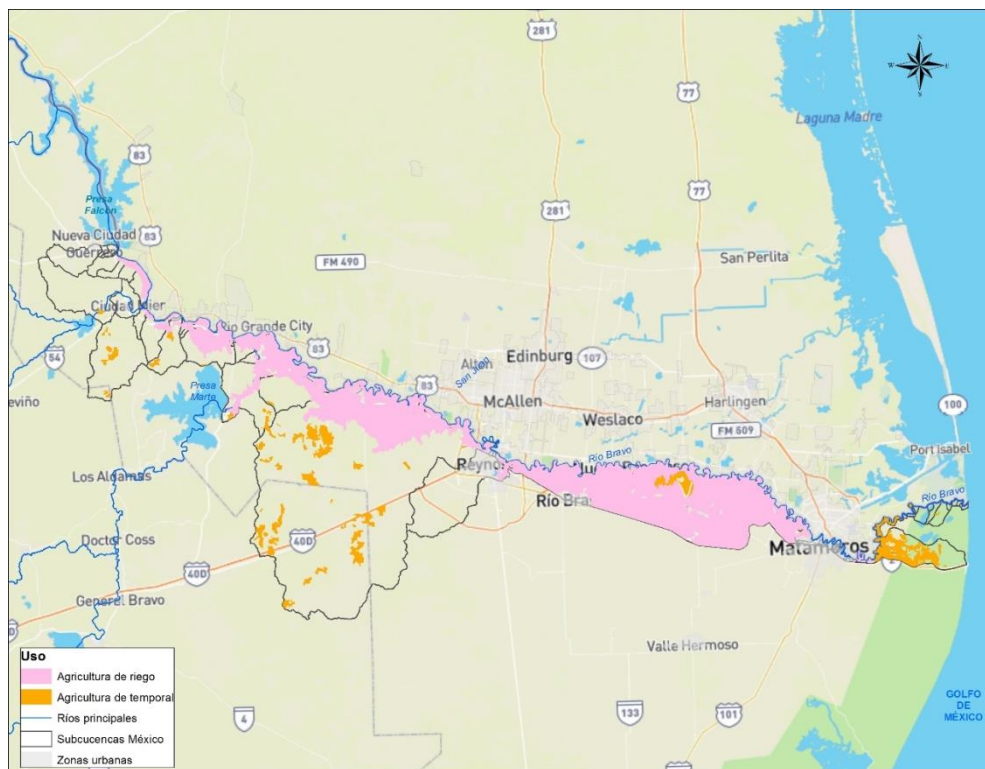
Una cantidad significativa de tierras agrícolas en la cuenca se riega con el agua del río Bravo y con los dos principales afluentes, el Río Álamo o el Río San Juan. Se tiene un área aproximada de 1,770 Km<sup>2</sup> dedicada a la producción de

cultivos. Sin embargo, no toda esta superficie agrícola es de riego. Para calcular el área de tierras de riego, se utilizó una capa de GIS de uso del suelo binacional desarrollada para el proyecto BEHI (USGS, 2015). Asumiendo que la mayoría de la superficie de riego que contribuyen con flujos de retorno de riego al río Bravo, son las que están adyacentes o cercanas a el río y sus afluentes, se tomó como criterio el considerar a las áreas de riego dentro de un buffer de 30 km.

La figura 212, muestra las zonas de riego en la cuenca. Con esta información se estima que en EE. UU. y en la cuenca del río Bravo se tiene una superficie de riego de 227.24 Km<sup>2</sup>. Con respecto al lado Mexicano, la superficie de zonas de riego se estima en 887.83 Km<sup>2</sup>, es decir cuatro veces el área irrigada en los EE. UU.

La diferencia en las superficies de tierras agrícolas irrigadas, se debe a la diferencia en la hidrología que existe entre las dos subcuencas nacionales, así como a la manera en que cada país aprovecha el agua mediante bombea del río Bravo.

La mayor parte del agua utilizada para riego agrícola en la cuenca hidrográfica del río Bravo, proviene de las presas Las Blancas y Marte R. Gómez, que son embalses ubicados en los dos afluentes principales del río, es decir el Río Álamo y el Río San Juan, respectivamente. Otro porcentaje para riego se extrae de las presas Anzalduas y Retamal. En este caso el agua para riego, se envía a canales de distribución a través de grandes áreas agrícolas, de donde se distribuye a campos agrícolas individuales a través de canales laterales.



**Figura 253. Zonas agrícolas de riego en la cuenca**

Agua arriba de la presa de Anzalduas, la cual se ubica cerca de Reynosa, cinco grandes drenes agrícolas colectan los retornos de riego de una parte de las áreas agrícolas; estos son los drenes Rancherías, Los Fresnos, Puertecitos,

Huizache y El Morillo. Cuatro de estos cinco drenes descargan directamente hacia el río Bravo aguas arriba de la presa Anzalduas. El quinto dren, Los Fresnos, desemboca en el Río San Juan aproximadamente a 4 km de la confluencia con el río Bravo.

Aguas abajo de la presa Anzalduas, los flujos de retorno agrícola, son conducidas a través de una serie de canales que fluyen en dirección sureste, y finalmente se descargan en las marismas que bordean la Laguna Madre.

### 6.2.3. Fuentes no puntuales por vida silvestre

Las especies de vida silvestre se consideran fuentes de contaminantes en las aguas superficiales, debido a los desechos que producen en forma de heces. De forma similar al procedimiento para calcular el aporte por ganado, la contribución de contaminantes por vida silvestre al agua superficial del río Bravo, se limita a la deposición directa de heces. En este caso se consideran solo tres especies principales de vida silvestre, venados, jabalíes y aves acuáticas, basado en la abundancia y por potencial contribución de contaminantes de estos animales. Las fuentes de información utilizadas para caracterizar fuentes no puntuales de vida silvestre en la cuenca incluyen la capa GIS de uso del suelo binacional desarrollada como parte del BEHI (USGS, 2015), y las estimaciones de densidades de población silvestre de; 1) Departamento de Parques y Vida Silvestre de Texas (TPWD, 2010), 2) Instituto de Recursos Renovables y Naturales de la Universidad Texas A&M (Texas A & M, 2002) y 3) Smith, 2002.

#### *Venados y cerdos salvajes (jabalíes)*

A diferencia del ganado, que pastorean abiertamente y con cierta frecuencia acceden a los cuerpos de agua, los animales salvajes tienden a concentrarse en las áreas ribereñas. Después de Lynch, 2012, y en consenso en reuniones con los investigadores de la Iniciativa de Calidad del Agua del Bajo Río Bravo/Grande (LRGWQI, por sus siglas en inglés) definieron un corredor ribereño de vida silvestre de 300 pies (91 metros) para tomar en cuenta esta tendencia. Se asumieron valores de densidad estándar para estas especies tomados de literatura e investigaciones. Tanto para los venados como para cerdos salvajes, se asignaron los usos de suelo bosque, arbustos, pastizales, agricultura y humedales como hábitats factibles a encontrar estas especies, figura 213.

En Texas, las poblaciones de venados son monitoreadas de acuerdo con las Unidades de Gestión de Manejo, que son unidades de tierra en las que el Departamento de Parques y Vida Silvestre de Texas (TPWD) estudia las concentraciones de venados. La Unidad de Gestión de Recursos Número 8 incluye la porción de los EE. UU., que se encuentra en la cuenca hidrográfica del río Bravo o Grande. A partir de estudios realizados entre 2009 y 2010, el TPWD estimó que la Unidad de Gestión de Recursos Número 8 tenía una densidad de 3.21 venados por kilómetro cuadrado (Lynch, 2012). Para jabalíes, se usaron valores obtenidos por el Instituto de Recursos Renovables y Naturales de la Universidad Texas A & M, que estima densidades en Texas entre 0.51 y 0.95 cerdos por kilómetro cuadrado (Texas A & M, 2011). Para fines del estudio se utilizó un valor de 0.95 cerdos por kilómetro cuadrado.

La ecuación 2 calcula el número total de especies de vida silvestre en la subcuenca. En esta expresión, se multiplica el área total de hábitat factible para cada especie de interés, por la densidad de población descrita anteriormente.

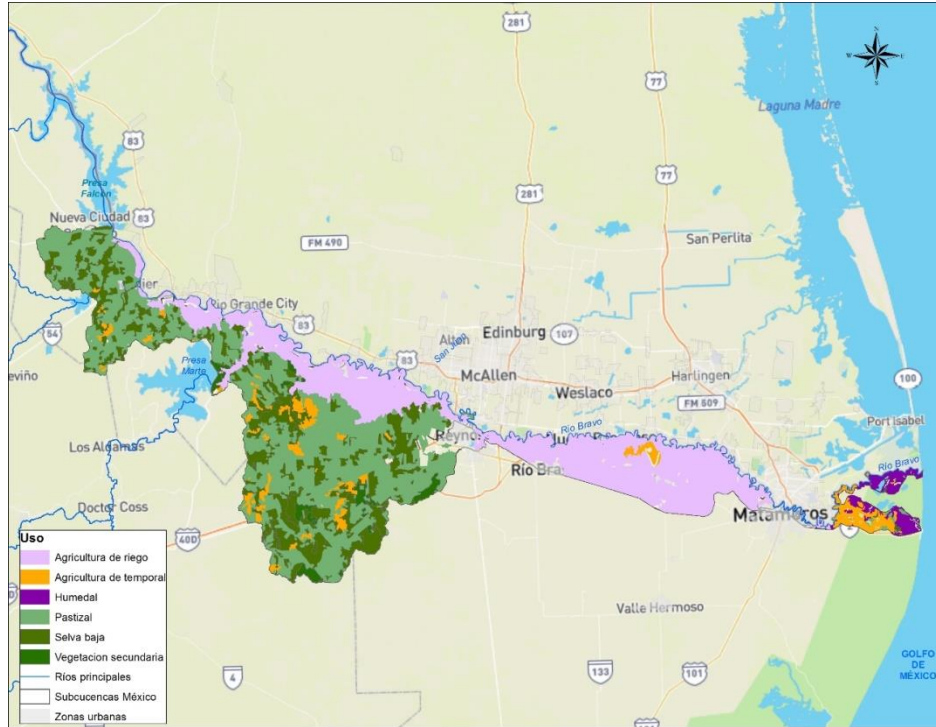


Figura 254. Hábitats factibles para venados y jabalíes en la cuenca

$$ANW_j = HB_j * pRA_j * \rho \quad (2)$$

En donde  $ANW_j$  es el número total de animales en la subcuenca  $j$ ,  $HB_j$  es el área total de hábitat en la subcuenca  $j$  ( $\text{km}^2$ ),  $pRA_j$  es la proporción de hábitat adecuado en la subcuenca  $j$  que está dentro del buffer ribereño (91 metros) y  $\rho$  es la densidad de población de animales silvestres (población /  $\text{km}^2$ ).

El análisis determinó que, en toda la cuenca, hay un total de  $84,3 \text{ km}^2$  de hábitat adecuado para la presencia de venados y jabalíes dentro de los corredores ribereños, es decir, los 91 metros del Bajo Río Bravo o en los afluentes.

Dado que no existen estimaciones de población de venados y jabalíes del lado Mexicano, se utilizaron los valores de densidades de población de animales silvestres de los EE. UU.

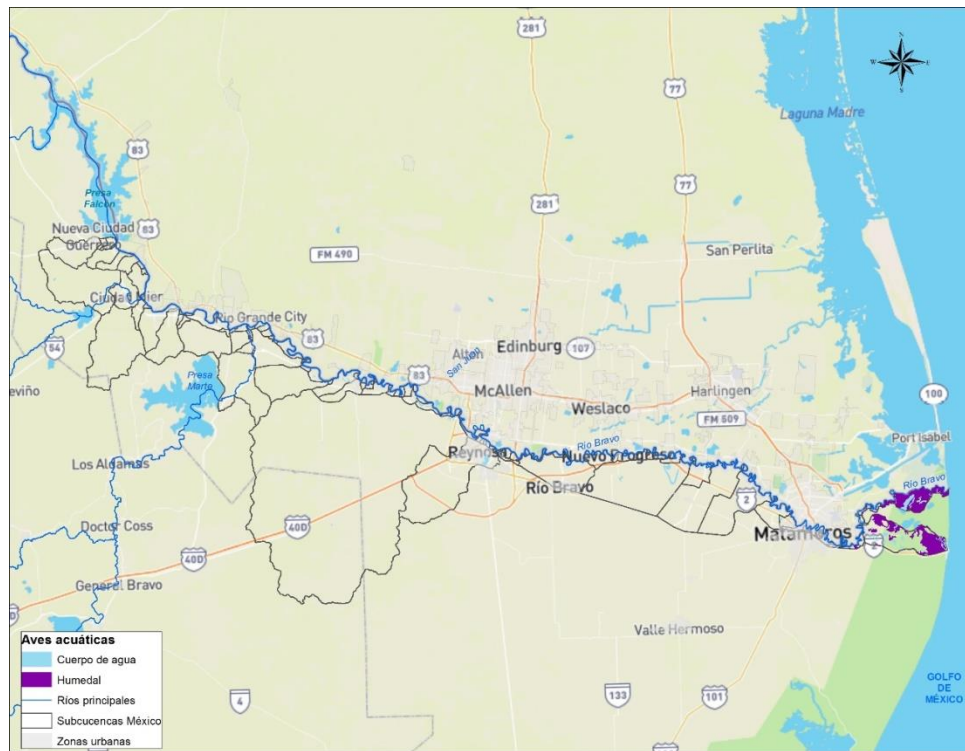
### Aves acuáticas

La Costa del Golfo de México es un lugar importante para la migración estacional de aves acuáticas. Muchas de las aves acuáticas permanecen en las áreas de humedales de la desembocadura del Río Bravo. Esta zona divide a la Laguna Madre en Texas de la Laguna Madre de Tamaulipas; desde la costa hasta aproximadamente el área urbana de Brownsville y Matamoros (Tunnel, 2002). El área es la zona preferida de hibernación para muchos tipos de gansos salvajes, así como patos moteados y patos verde azulado. También se pueden encontrar otros tipos de aves acuáticas migratorias y costeras en la subcuenca del Río Bravo, sin embargo, las especies dominantes de aves acuáticas en la cuenca son los gansos y patos silvestres (Lynch, 2012).

Siguiendo el método descrito en Lynch, 2012, los investigadores del LRGWQI estimaron las densidades de población de aves acuáticas en la subcuenca utilizando los porcentajes de las especies más abundantes en la vertiente del Bajo Río Bravo, Smith, 2002, y multiplicando por la población de aves acuáticas en el área de la costa baja de Texas, según un estudio realizado Servicio de Vida Silvestre y Pesca de Estados Unidos (USFWS por sus siglas en inglés)

durante la temporada de invierno de 1980-81 (USFWS, 1981). Las densidades de población de gansos resultante fueron 31.77 por km<sup>2</sup>, y 34.54 por km<sup>2</sup> para los patos. Estos valores se utilizaron en el análisis de las especies de aves acuáticas en la vertiente del Río Bravo.

Los usos de la tierra atribuidos a las aves acuáticas en la cuenca correspondieron a los humedales y cuerpos de agua, figura 214.



**Figura 255. Hábitat de aves acuáticas en la subcuenca hidrográfica LRG / RB**

Estos dos usos de suelo suman una superficie de aproximadamente 197 km<sup>2</sup>, calculándose un total de 22.4 km<sup>2</sup> de hábitat adecuado para aves acuáticas dentro de los corredores ribereños (91 metros) en la cuenca.

A diferencia de la hipótesis de densidades de población uniformes en los hábitats seleccionados, planteada por investigadores del LRGWQI con otras especies de vida silvestre, en este caso la densidad de aves acuáticas se consideró variable. Se asumió una disminución de la densidad de población de gansos y patos con respecto a la distancia a la costa, usando un método de ponderación de distancia inversa, basado en la distancia desde la zona de desembocadura del Río Bravo (es decir, disminuyendo de Brownsville y Matamoros hasta la presa Internacional Falcón).

La tabla 134, muestra las poblaciones estimadas de especies silvestres representativas dentro del corredor ribereño (91 metros) en ambos lados de la subcuenca hidrográfica del Bajo Río Bravo.

**Tabla 152. Poblaciones estimadas de vida silvestre dentro del corredor ribereño (91 metros)**

ESPECIES SILVESTRES	ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	MÉXICO
Venados	72	174
Jabalíes	12	39
Aves acuáticas	528	258

En la tabla 135, se resumen las cargas estimadas utilizando la metodología descrita anteriormente, para el caso de asentamientos humanos, actividad pecuaria y vida silvestre.

**Tabla 153. Resumen de cargas por asentamientos humanos, pecuario y vida silvestre**

TIPO	TOTAL	DBO	NO	CF	SST	PO	NH <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	SALINIDAD	CI	SDT
Personas (US)	10,641	18.0	0.9	5.23E+11	18.0	0.5	2.0	0.3	0.2	30.6	12.2	40.8
Personas (Mx)	49,699	179.3	7.8	5.22E+12	179.3	4.3	20.4	4.4	2.2	305.6	122.2	408
Caballos	117	41.1	5.5	2.23E+10	54.4	1.3	1.7	0.0	0.5	0.1	0.0	0.1
Ganado	7,627	2363.8	375.2	1.76E+13	1883.6	9.1	127.1	32.6	4.6	3.7	1.5	4.4
Puercos	133	26.6	2.0	1.55E+11	14.2	0.5	2.5	0.3	1.0	0.0	0.0	0.1
Ovejas	529	0.8	2.9	2.01E+12	12.6	0.4	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
Cabras	732	4.3	2.3	1.63E+12	11.4	0.5	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
Venados	246	4.6	1.5	1.74E+12	6.4	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Jabalíes	51	1.7	0.5	6.37E+11	2.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Aves Ac.	786	2.8	0.8	1.11E+12	2.9	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
Personas	60,340	197	9	5.74E+12	197	5	22	5	2	336	134	448
Animales	10,221	2,446	391	2.49E+13	1988	12	132	33	7	4	1	5
<b>Total</b>		<b>2,643</b>	<b>399</b>	<b>3.06E+13</b>	<b>2,185</b>	<b>17</b>	<b>154</b>	<b>38</b>	<b>9</b>	<b>340</b>	<b>135</b>	<b>453</b>

Las cargas están expresadas en kg/día excepto para CF las cuales se expresan en NMP/día.

En la tabla 136, se muestra la distribución de cargas por fuentes no puntuales en cada uno de los 147 elementos en las cual fue dividido la zona de estudio para la modelación con el LAQUAL, estos valores se mantuvieron constantes para cada uno de los cuatro meses.

**Tabla 154. Distribución de cargas por fuentes no puntuales estacionarias**

CORRIENTE	ELEMENTO	DBO	NO	CF	SDT	PO	NH <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	SALINIDAD	CL	SDT
1	1	1.5	0.2	1.08E+10	1.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	3	0.4	0.1	2.70E+09	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	4	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	5	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	6	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	7	4.0	0.6	2.97E+10	3.2	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
4	8	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	9	174.5	27.9	1.46E+12	141.0	0.8	9.4	2.4	0.4	0.3	0.1	0.3
1	10	100.4	16.1	8.55E+11	81.3	0.4	5.4	1.4	0.2	0.2	0.1	0.2
5	11	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	12	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	13	83.2	12.8	8.02E+11	67.9	0.5	4.8	1.2	0.2	8.1	3.2	10.7
1	14	1.5	0.2	1.08E+10	1.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	15	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	16	13.9	2.2	1.14E+11	11.4	0.1	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
1	17	146.4	23.9	1.67E+12	120.8	0.8	7.9	2.0	0.4	0.2	0.1	0.3
7	18	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	19	8.6	0.4	2.50E+11	8.6	0.2	1.0	0.2	0.1	14.6	5.9	19.5
1	20	20.8	3.3	1.71E+11	16.9	0.1	1.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
8	21	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	22	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	23	13.3	2.1	1.26E+11	11.0	0.1	0.7	0.2	0.0	0.3	0.1	0.4
1	24	386.3	60.8	3.40E+12	313.8	1.8	21.2	5.4	0.9	14.1	5.6	18.7
1	25	82.3	9.0	1.41E+12	73.4	1.1	6.5	1.5	0.5	60.3	24.1	80.4
9	26	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	27	3.3	0.5	3.77E+10	2.7	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	28	37.2	5.9	3.05E+11	30.3	0.2	2.0	0.5	0.1	0.1	0.0	0.1
1	29	783.1	124.4	6.56E+12	636.3	3.7	42.1	10.6	1.8	6.1	2.4	8.0
10	30	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	31	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	32	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	33	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	34	3.3	0.5	2.55E+10	2.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
1	35	127.6	20.3	1.04E+12	103.6	0.6	6.8	1.7	0.3	0.3	0.1	0.4
11	36	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	37	0.9	0.0	2.75E+10	0.9	0.0	0.1	0.0	0.0	1.6	0.6	2.1
12	38	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	39	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	40	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	41	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	42	6.7	1.1	6.04E+10	5.4	0.0	0.4	0.1	0.0	0.2	0.1	0.2
1	43	20.0	3.2	1.87E+11	16.4	0.1	1.1	0.3	0.0	0.6	0.2	0.7
1	44	0.8	0.1	1.59E+10	0.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.7	0.3	0.9
13	45	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	46	1.5	0.2	2.56E+10	1.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	47	9.2	1.4	8.70E+10	7.5	0.0	0.5	0.1	0.0	0.9	0.4	1.2
1	48	2.5	0.4	2.05E+10	2.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	49	227.5	36.3	1.97E+12	184.9	1.1	12.2	3.1	0.5	0.5	0.2	0.6
14	50	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	51	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	52	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	53	0.4	0.1	1.75E+10	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

CORRIENTE	ELEMENTO	DBO	NO	CF	SDT	PO	NH <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	SALINIDAD	CL	SDT
1	54	2.2	0.3	1.76E+10	1.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	55	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	56	7.7	0.5	1.96E+11	7.4	0.2	0.8	0.2	0.1	10.7	4.3	14.3
1	57	66.9	6.1	1.41E+12	61.7	1.1	5.9	1.3	0.5	66.7	26.7	89.0
16	58	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	59	55.8	8.9	4.56E+11	45.4	0.3	3.0	0.8	0.1	0.1	0.0	0.1
1	60	46.3	7.8	7.83E+11	39.5	0.3	2.5	0.6	0.1	0.1	0.0	0.1
1	61	18.8	0.8	5.51E+11	18.8	0.5	2.1	0.5	0.2	32.0	12.8	42.6
1	62	18.8	0.8	5.77E+11	18.9	0.5	2.1	0.5	0.2	32.0	12.8	42.6
17	63	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	64	0.0	0.0	1.66E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	65	46.7	7.5	4.11E+11	37.9	0.2	2.5	0.6	0.1	0.1	0.0	0.1
18	66	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	67	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	68	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	69	0.4	0.1	9.89E+09	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	70	10.9	1.9	6.89E+11	12.8	0.3	0.8	0.2	0.1	5.4	2.2	7.3
1	71	0.2	0.0	3.49E+10	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2
1	72	0.0	0.0	8.57E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	73	0.1	0.0	3.40E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	74	0.8	0.1	3.94E+10	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	75	2.6	0.1	7.83E+10	2.6	0.1	0.3	0.0	0.0	4.5	1.8	6.0
1	76	0.9	0.0	2.95E+10	0.9	0.0	0.1	0.0	0.0	1.5	0.6	2.0
1	77	0.5	0.1	3.70E+10	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	78	0.5	0.1	1.75E+11	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	79	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	80	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	81	0.0	0.0	4.29E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	82	0.0	0.0	4.29E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	83	0.3	0.0	4.60E+10	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.4
1	84	0.1	0.0	2.58E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
1	85	5.5	1.0	2.43E+11	5.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
1	86	1.5	0.3	6.06E+10	1.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	87	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	88	0.0	0.0	1.43E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	89	0.0	0.0	2.86E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	90	0.0	0.0	1.43E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	91	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	92	0.0	0.0	3.09E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	93	0.0	0.0	1.43E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	94	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	95	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	96	0.0	0.0	1.48E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	97	1.7	0.3	3.02E+11	1.9	0.1	0.1	0.0	0.0	1.1	0.4	1.5
1	98	0.6	0.1	8.64E+10	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	99	0.7	0.2	1.37E+11	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	100	0.0	0.0	2.86E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	101	4.5	0.2	2.00E+11	4.6	0.1	0.5	0.1	0.1	7.4	3.0	9.8
1	102	8.0	0.4	2.48E+11	8.0	0.2	0.9	0.2	0.1	13.6	5.4	18.1
1	103	0.0	0.0	2.90E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	104	0.1	0.0	3.69E+10	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
1	105	0.1	0.0	3.01E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	106	0.0	0.0	1.43E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	107	0.1	0.0	4.31E+10	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	108	0.3	0.1	9.82E+10	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



CORRIENTE	ELEMENTO	DBO	NO	CF	SDT	PO	NH <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	SALINIDAD	CL	SDT
1	109	0.0	0.0	1.66E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	110	0.0	0.0	0.00E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	111	4.2	0.2	1.51E+11	4.3	0.1	0.5	0.1	0.1	7.1	2.8	9.4
1	112	0.0	0.0	1.43E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	113	0.8	0.2	2.08E+11	1.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.5	0.2	0.7
1	114	2.4	0.3	3.12E+11	2.6	0.1	0.2	0.0	0.0	2.9	1.1	3.8
1	115	0.0	0.0	3.80E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
1	116	9.5	0.5	3.89E+11	9.6	0.2	1.1	0.2	0.1	15.7	6.3	20.9
1	117	0.1	0.0	3.76E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1	118	1.8	0.1	5.39E+10	1.8	0.0	0.2	0.0	0.0	3.1	1.2	4.1
1	119	0.0	0.0	2.86E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	120	0.1	0.0	4.68E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	121	0.0	0.0	2.86E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	122	0.0	0.0	1.48E+09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	123	0.1	0.0	2.23E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	124	0.1	0.0	2.24E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
1	125	0.1	0.0	3.74E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	126	0.1	0.0	4.02E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	127	15.2	0.7	4.68E+11	15.2	0.4	1.7	0.4	0.2	25.5	10.2	34.0
1	128	0.1	0.0	2.99E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	129	27.9	3.6	4.22E+11	20.6	0.4	2.0	0.4	0.6	0.1	0.0	0.1
1	130	0.2	0.0	6.17E+10	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	131	0.1	0.0	4.97E+10	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	132	0.1	0.0	3.99E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	133	0.1	0.0	2.33E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	134	0.2	0.0	1.69E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	135	0.2	0.0	1.41E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	136	0.2	0.0	1.55E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	137	0.3	0.0	2.27E+10	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	138	0.1	0.0	2.30E+10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	139	0.5	0.0	2.38E+10	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	140	1.9	0.1	3.20E+10	1.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
1	141	0.5	0.1	3.29E+10	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	142	5.2	0.4	4.92E+10	2.9	0.1	0.5	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0
1	143	4.1	0.3	4.90E+10	2.2	0.1	0.4	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0
1	144	0.5	0.0	2.80E+10	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	145	0.5	0.0	2.23E+10	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	146	0.4	0.0	1.80E+10	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	147	0.5	0.0	2.38E+10	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Las cargas están expresadas en kg/día excepto para CF las cuales se expresan en NMP/día

### 6.3. EXTRACCIONES Y APORTACIONES

Los caudales de extracciones en el caso de EUA, corresponden a los equipos de bombeo que extraen agua del río Bravo y afluentes. Las estadísticas de estas extracciones la llevan la sección Americana IBWC y se registró en una base de datos denominada "TCEQ Water Master". En este caso se utilizaron los valores promedio mensuales de los principales usuarios, correspondiente a las campañas de muestreo y se ingresaron como extracciones en el modelo. Para el caso de los usuarios menores se efectuó una distribución de los caudales de extracción en función de la densidad de bombas por tramo y efectuando ajustes con los datos de caudal de extracción de los usuarios grandes.

Para el caso de México no existen estadísticas de extracción de los equipos de bombeo que extraen para riego. Los dos puntos en las cuales se tiene datos precisos de extracción, son en la presa Anzalduas y en Retamal. Para el caso

de las extracciones directas a lo largo del río Bravo del lado mexicano para uso potable se utilizaron los valores reportados por CONAGUA.

En la tabla 137 se presentan las extracciones que se consideraron en el modelo, indicando en su caso si están del lado de México o Estados Unidos.

**Tabla 155. Listado de extracciones de agua para uso urbano o riego**

TRAMO	EXTRACCIÓN	
	MÉXICO	ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA
13		Falcon WSC intake
17	Toma agua Cd. Mier	
24	Toma agua Miguel Alemán	
25		Roma intake
44		Rg City intake
49		Union WSC intake
59		La Grulla intake
60	Toma agua G. Díaz Ordaz	
71		Havana pump
74		Mission pump
76		Edinburg pump
78		United pump
83		Tovar pump
84		Chimney pump
85	Anzalduas	
86		Mcallen pump
91		Pharr/San Juan pump
98		Donna pump
100		Progreso pump
102		Mercedes pump
103		Willacy/Delta pump
105		Santa Maria pump
106		La Feria pump
108		Adams Gardens pump
110	Matamoros El Control	Harlingen pump; San Benito pump
114		Paloma pump
115		Los Fresnos pump
117		Silas Ray intake
118	Toma Matamoros #1	
121		Barreda/jardin pump
124	Toma Matamoros #2	

Los volúmenes de extracción totales para cada una de las fechas de muestreo y por país se muestran en la tabla 138. En la tabla 139, se indican los volúmenes de extracción para cada una de las fechas de muestreo y por tramo. En la tabla, se muestran las extracciones totales por país, y en la figura 215 a la figura 219 las extracciones por fecha.

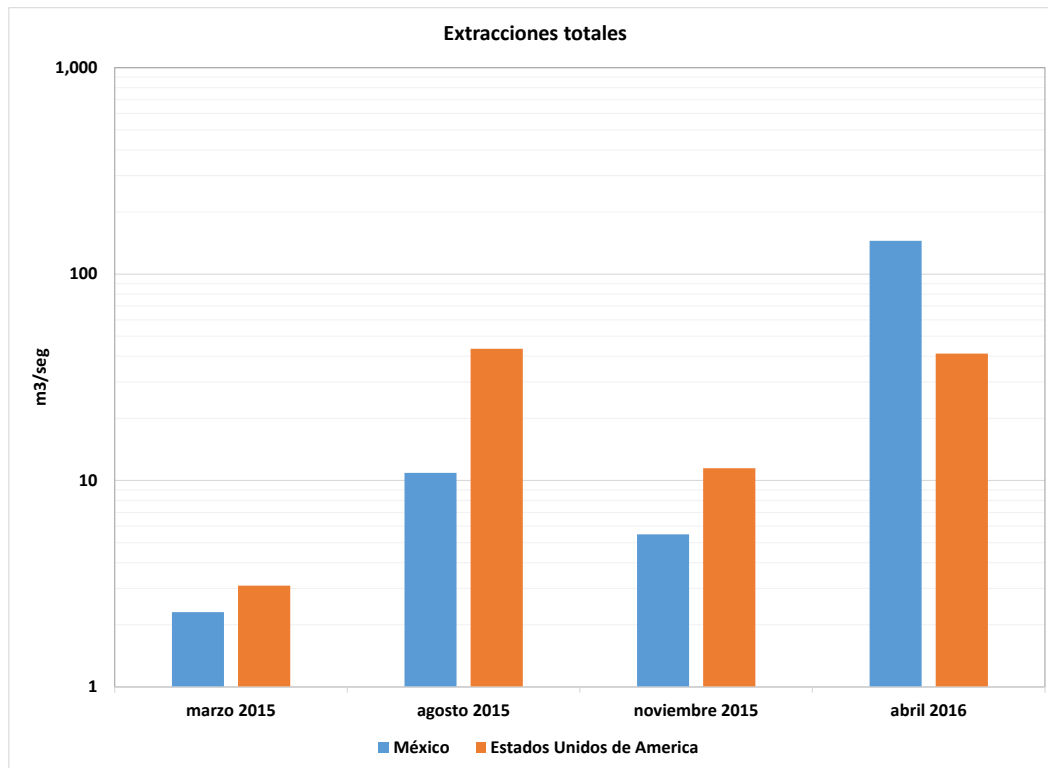
**Tabla 156. Extracciones totales por fecha de muestreo**

FECHA	EXTRACCIÓN TOTAL (M <sup>3</sup> /S)	
	MÉXICO	ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA
marzo 2015	2.303	3.093
agosto 2015	10.878	43.425
noviembre 2015	5.488	11.474
abril 2016	144.894	41.180

**Tabla 157. Extracciones por tramo y fecha de muestreo**

Tramo	Distancia Km	Marzo 2015		Agosto 2015		Noviembre 2015		Abril 2016	
		México	EUA	México	EUA	México	EUA	México	EUA
13	446	0.000	0.004	0.000	0.024	0.000	0.012	0.000	0.012
17	440	0.016	0.000	0.024	0.000	0.018	0.000	0.014	0.000
24	429	0.106	0.000	0.124	0.000	0.105	0.000	0.107	0.000
25	421	0.000	0.033	0.000	0.120	0.000	0.058	0.000	0.098
44	388	0.000	0.060	0.000	0.127	0.000	0.080	0.000	0.147
49	382	0.000	0.024	0.000	0.030	0.000	0.018	0.000	0.021
59	354	0.000	0.026	0.000	0.051	0.000	0.026	0.000	0.035
60	352	0.012	0.000	0.012	0.000	0.012	0.000	0.012	0.000
71	322	0.000	0.000	0.000	0.837	0.000	0.699	0.000	0.182
74	312	0.000	0.000	0.000	0.760	0.000	0.429	0.000	0.394
76	307	0.000	0.577	0.000	3.309	0.000	0.623	0.000	2.646
78	300	0.000	0.693	0.000	2.923	0.000	1.517	0.000	1.976
83	292	0.000	0.091	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.119
84	286	0.000	0.112	0.000	0.272	0.000	0.095	0.000	0.162
85	281	0.000	0.000	8.548	0.000	3.407	0.000	142.667	0.000
86	269	0.000	0.497	0.000	1.294	0.000	0.000	0.000	1.417
91	260	0.000	0.275	0.000	4.411	0.000	2.645	0.000	4.025
98	228	0.000	0.000	0.000	3.727	0.000	0.799	0.000	3.696
100	204	0.000	0.000	0.000	1.116	0.000	0.000	0.000	0.929
102	194	0.000	0.114	0.000	8.034	0.000	3.289	0.000	9.231
103	192	0.000	0.000	0.000	8.240	0.000	0.000	0.000	9.577
105	186	0.000	0.000	0.000	0.539	0.000	0.173	0.000	0.530
106	182	0.000	0.044	0.000	2.608	0.000	0.201	0.000	1.337
108	175	0.000	0.000	0.000	1.221	0.000	0.000	0.000	1.100
110	165	0.093	1.043	0.095	10.737	0.071	3.213	0.091	12.000
114	138	0.000	0.000	0.000	0.029	0.000	0.000	0.000	0.095

Tramo	Distancia Km	Marzo 2015		Agosto 2015		Noviembre 2015		Abril 2016	
		México	EUA	México	EUA	México	EUA	México	EUA
115	112	0.000	0.000	0.000	1.457	0.000	0.000	0.000	2.167
117	98	0.000	0.543	0.000	1.363	0.000	0.810	0.000	0.580
118	93	1.806	0.000	1.806	0.000	1.631	0.000	1.742	0.000
121	79	0.000	0.000	0.000	0.936	0.000	0.000	0.000	0.705
124	75	0.270	0.000	0.270	0.000	0.244	0.000	0.260	0.000



**Figura 256. Extracciones totales por país y fecha de muestreo**

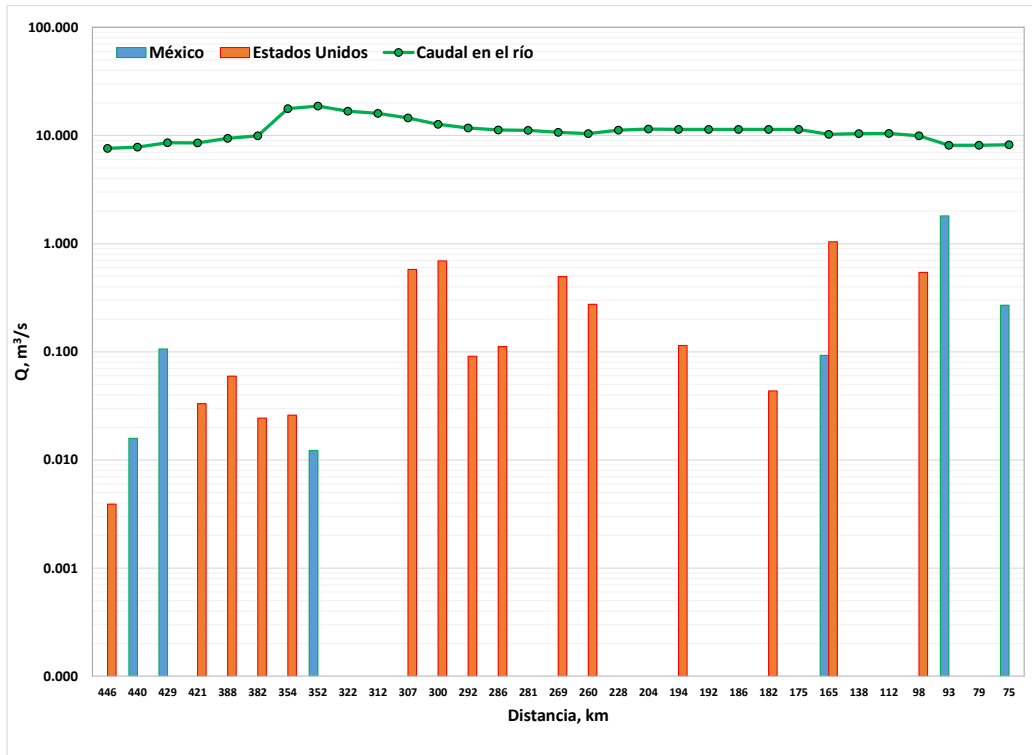


Figura 257. Extracciones en el mes de marzo de 2015

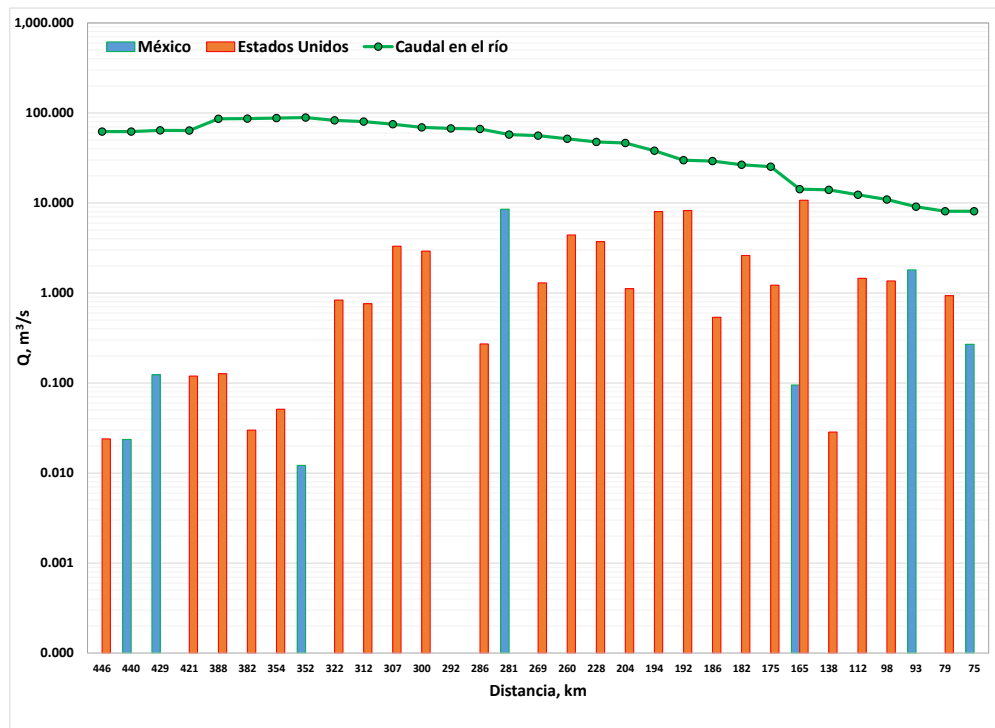


Figura 258. Extracciones en el mes de agosto de 2015

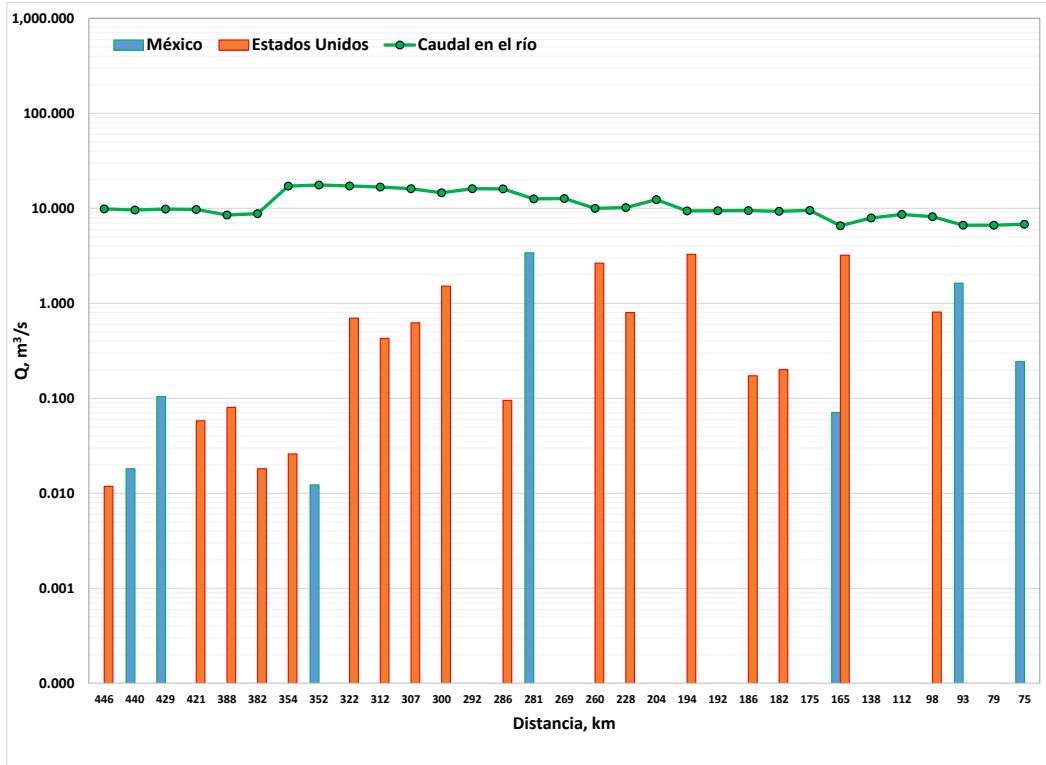


Figura 259. Extracciones en el mes de noviembre de 2015

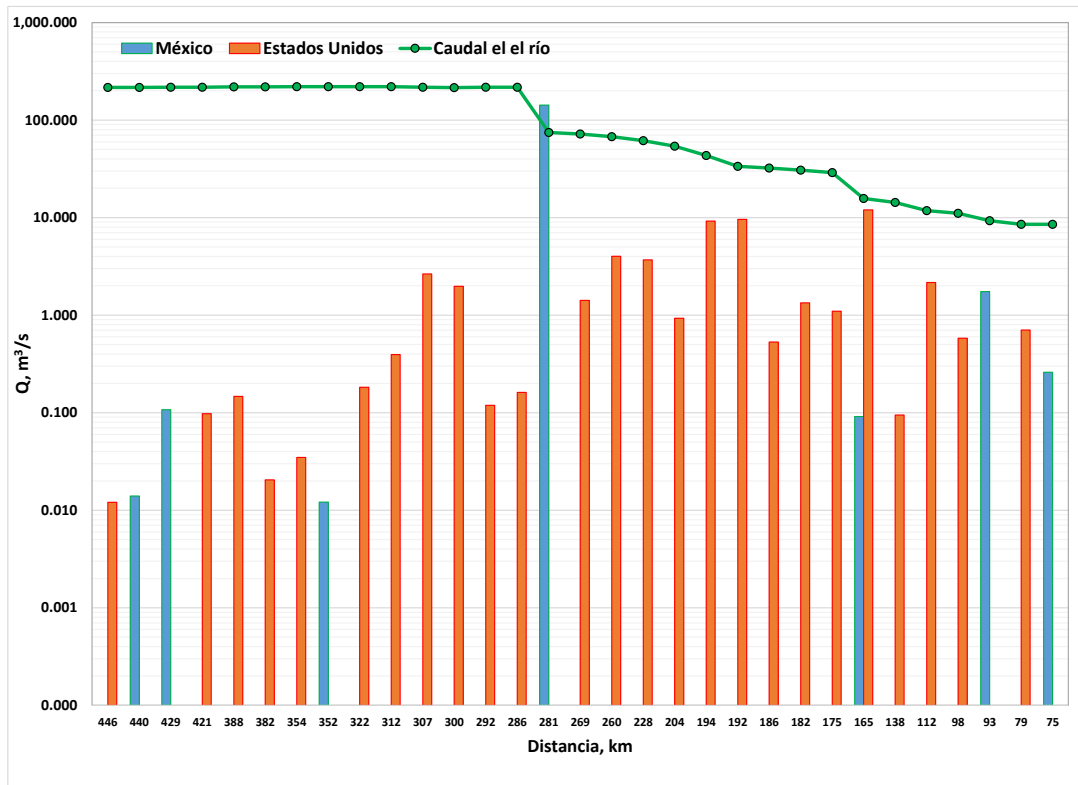


Figura 260. Extracciones en el mes de abril de 2015

La información de caudales en los drenes que reporta CILA se utilizaron como punto de partida para calcular los flujos de retorno agrícolas y para la calibración de los caudales en el Bajo Río Bravo. En algunos casos se reportan datos de drenes combinados como es el caso de los drenes Rancherías y Los Fresnos los cuales se reportan como uno solo. Otro caso similar es el de los drenes Huizaches e indios, el cual es un afluente del dren Puertecitos. Para tener una idea del aporte individual de cada uno de estos drenes, se estimó la cobertura de superficie de riego que tiene cada uno de estos drenes para desagregar volúmenes de aporte de cada uno. En este caso el flujo del dren Puertecitos incluye los del dren Los Indios, y al flujo del dren Rancherías, se le restaron los flujos del dren Los Fresnos. El dren Los Fresnos se consideró por separado, con confluencia al Río San Juan, en un sitio aguas abajo de donde CILA mide el caudal en este río.

Una vez separados los caudales de aporte de cada dren, se calculó la aportación por área, simplemente al dividir el caudal de cada dren por la superficie de riego que cubre cada uno, para obtener valores promedio de caudal por hectárea. Los valores de rendimiento obtenidos se extrapolaron a las subcuencas de aportación que se encuentran entre cada uno de los 147 segmentos del Río Bravo para estimar un caudal de aportación por retornos agrícolas en ambos países. Por ejemplo, los rendimientos obtenidos para el dren Puertecitos se extrapolaron a todas las subcuencas ubicadas en el tramo entre Río Grande City y Los Ébanos. Estos valores de rendimiento estuvieron sujetos a ajuste en el proceso de calibración de caudales. Los valores obtenidos de contribución de flujos de retorno se presentan en la tabla 140, que son la suma de los caudales aportados por la parte de Estados Unidos de América y México.

De esta manera los dos parámetros principales que se utilizaron para la calibración de los caudales observados, fueron el ajuste en los rendimientos calculados para las subcuencas y los caudales no medidos entre los tramos. El criterio de ajuste fue el mantener al mínimo el volumen de los caudales no medidos y en segundo lugar el mantener los rendimientos de las áreas agrícolas dentro de valores dados en literatura, inciso 1.3. Otro ajuste fueron los caudales en los elementos iniciales o de inicio de tramo, aunque en menor medida ya que se supusieron valores bajos de inicio dado que en algunos afluentes los caudales fueron nulos.

En la figura 220 a la figura 223 se ilustra, respectivamente, los caudales calibrados en las simulaciones de los meses de marzo 2015, agosto 2015, noviembre 2015 y abril 2016.

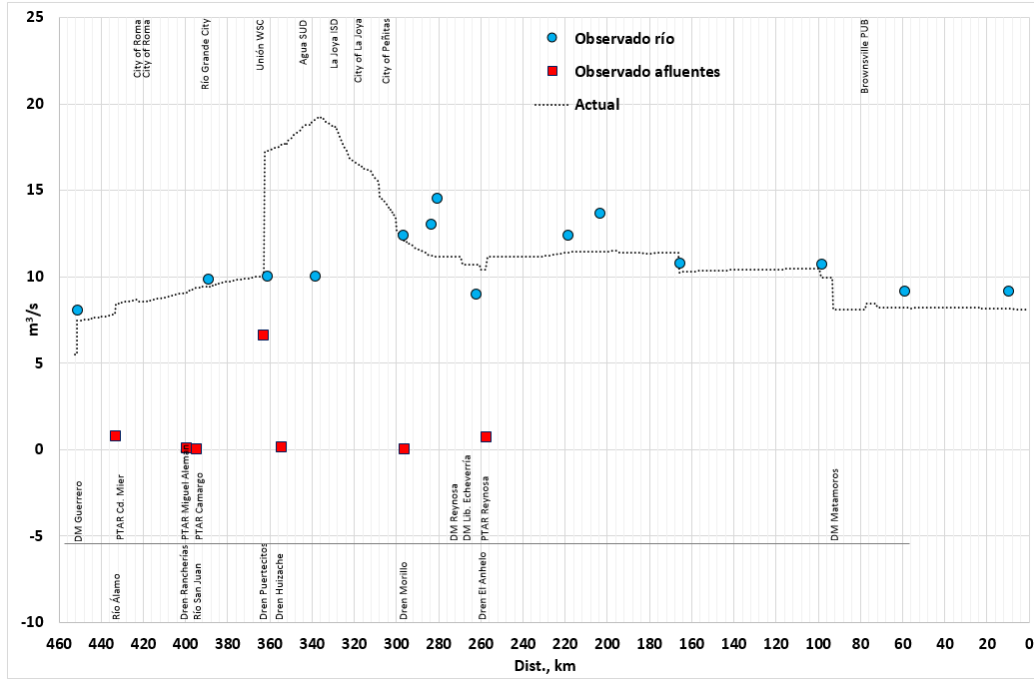


Figura 261. Caudales en el Bajo Río Bravo, marzo 2015

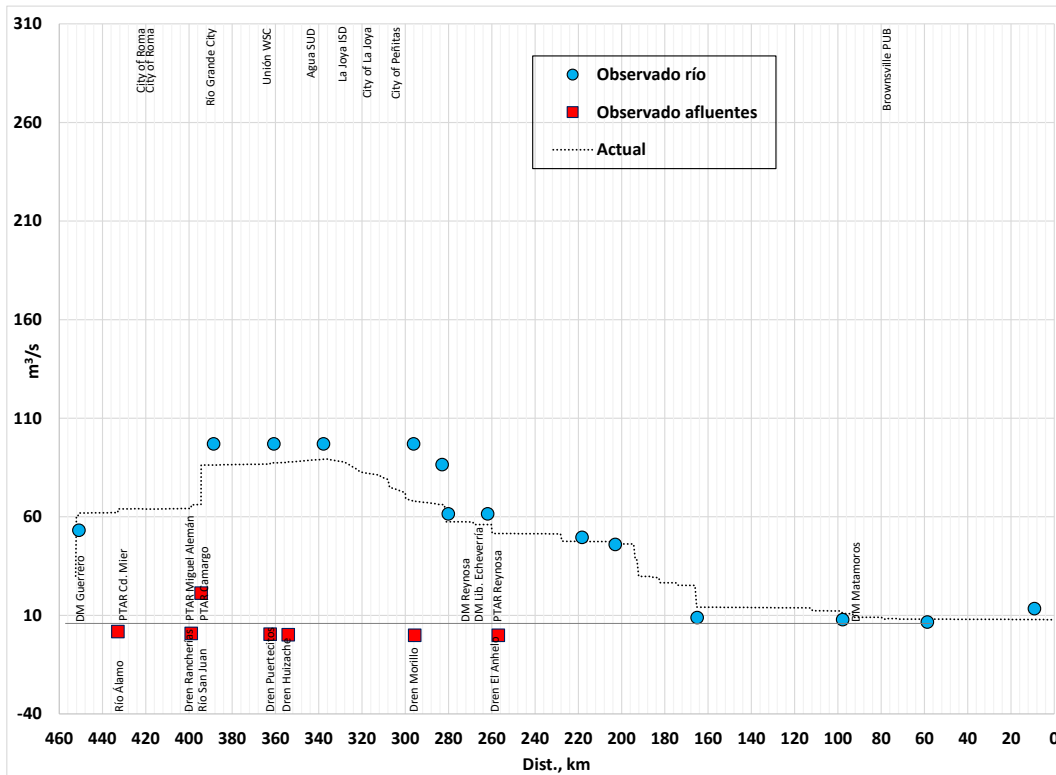


Figura 262. Caudales en el Bajo Río Bravo, agosto 2015



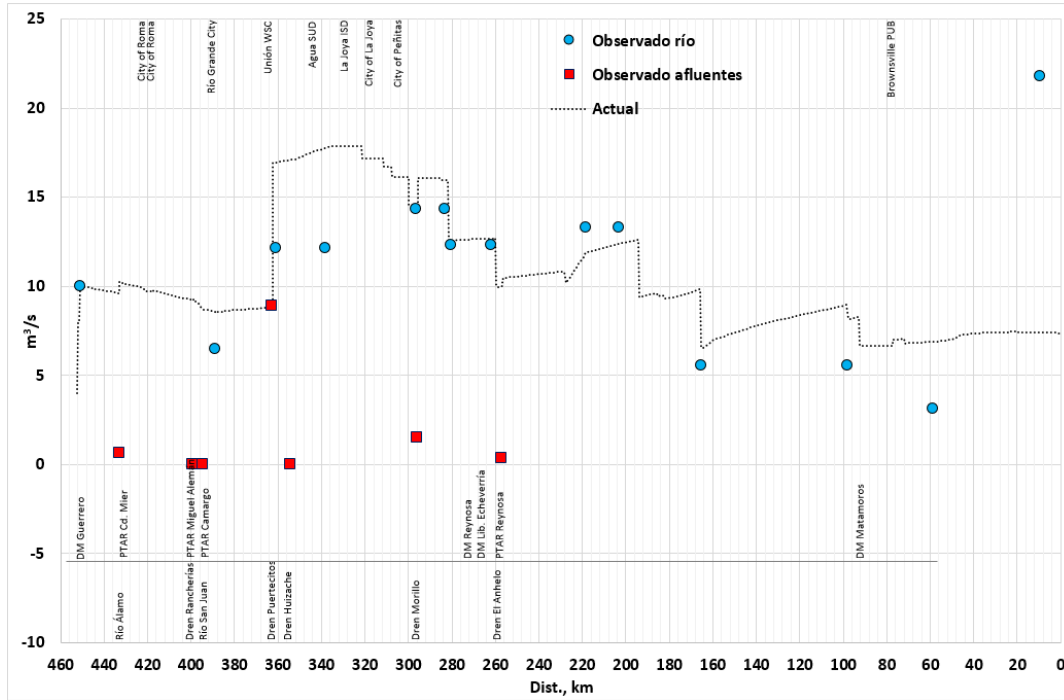


Figura 263. Caudales en el Bajo Río Bravo, noviembre 2015

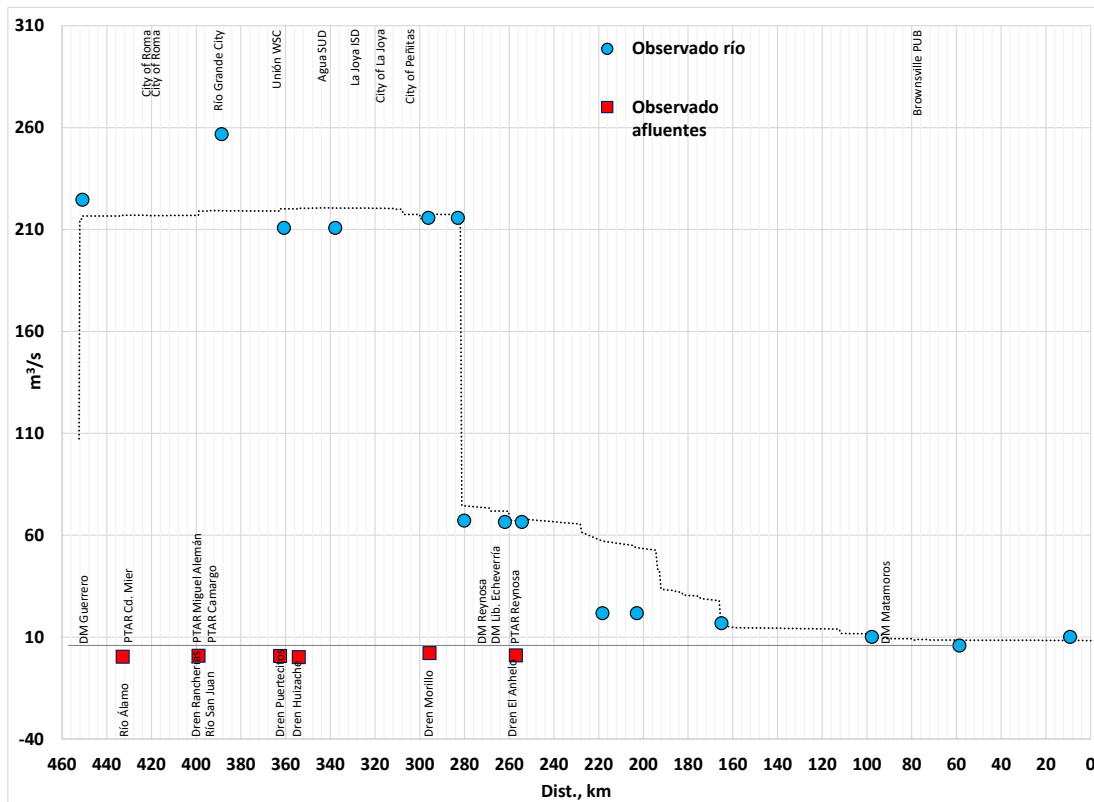


Figura 264. Caudales en el Bajo Río Bravo, abril 2016

**Tabla 158. Contribución por retornos agrícolas en cada segmento del Bajo Río Bravo en m3/s**

CORRIENTE	SEGMENTO	ELEMENTO	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
1	RG	1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	EG	2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	3	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	EC	4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	EC	5	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	EC	6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	7	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
4	FS	8	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	9	0.01199	0.01199	0.00180	0.00899
1	RG	10	0.05742	0.05742	0.00861	0.04307
5	MO	11	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
5	MO	12	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	13	0.08357	0.08357	0.01254	0.06268
1	RG	14	0.03684	0.03684	0.00553	0.02763
6	SA	15	0.00017	0.00017	0.00003	0.00013
1	RG	16	0.03422	0.03422	0.00513	0.02566
1	RG	17	0.19805	0.19805	0.02971	0.14854
7	AL	18	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
7	AL	19	0.00000	1.31400	0.07900	0.00000
1	RG	20	0.00449	0.00449	0.00067	0.00337
8	MI	21	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
8	MI	22	0.01845	0.01845	0.00277	0.00646
1	RG	23	0.05006	0.05006	0.00751	0.03755
1	RG	24	0.19008	0.19008	0.02851	0.14256
1	RG	25	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
9	MA	26	0.00310	0.00310	0.00047	0.00233
1	RG	27	0.01779	0.01779	0.00267	0.01334
1	RG	28	0.02415	0.02415	0.00362	0.01811
1	RG	29	0.51725	0.51725	0.07759	0.38794
10	RA	30	0.00092	0.03152	0.00069	0.06251
10	RA	31	0.00138	0.04709	0.00103	0.09339
10	RA	32	0.02570	0.87939	0.01928	1.74410
10	RA	33	0.00147	0.05023	0.00110	0.09961
1	RG	34	0.06927	0.06927	0.01039	0.05195
1	RG	35	0.13073	0.13073	0.01961	0.09805
11	SJ	36	0.01493	0.02240	0.01493	0.03136
11	SJ	37	0.00403	0.01209	0.00484	0.00806

CORRIENTE	SEGMENTO	ELEMENTO	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
12	LF	38	0.01955	0.02359	0.01667	0.16280
11	SJ	39	0.00046	0.00046	0.00046	0.00046
11	SJ	40	0.00388	0.00647	0.00431	0.00647
11	SJ	41	0.00399	0.00798	0.00399	0.00798
1	RG	42	0.02457	0.02457	0.00369	0.01843
1	RG	43	0.06469	0.06469	0.00970	0.04852
1	RG	44	0.06453	0.06453	0.03227	0.04840
13	LO	45	0.00279	0.00279	0.00279	0.00279
1	RG	46	0.08903	0.08903	0.04452	0.06677
1	RG	47	0.04915	0.04915	0.02457	0.03686
1	RG	48	0.04215	0.04215	0.02107	0.03161
1	RG	49	0.39878	0.39878	0.19939	0.29909
14	UN	50	0.00026	0.00052	0.00026	0.00026
14	UN	51	0.00020	0.00039	0.00020	0.00020
14	UN	52	0.00035	0.00070	0.00035	0.00035
1	RG	53	0.02910	0.02910	0.01455	0.02183
1	RG	54	0.01116	0.01116	0.00558	0.00837
15	PU	55	7.21600	0.63750	8.15055	1.07250
1	RG	56	0.03198	0.03198	0.01599	0.02399
1	RG	57	0.29598	0.29598	0.14799	0.22199
16	HU	58	0.12000	0.27600	0.02683	0.29000
1	RG	59	0.06144	0.06144	0.03072	0.04608
1	RG	60	1.10554	1.10554	0.55277	0.82916
1	RG	61	0.03296	0.03296	0.01648	0.02472
1	RG	62	0.45718	0.45718	0.22859	0.34288
17	GO	63	0.00335	0.00168	0.00168	0.00923
1	RG	64	0.01369	0.00274	0.00274	0.04106
1	RG	65	0.02175	0.00435	0.00435	0.06524
18	LJ	66	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
18	LJ	67	0.00008	0.00002	0.00002	0.00024
18	LJ	68	0.00260	0.00052	0.00052	0.00780
1	RG	69	0.00598	0.00120	0.00120	0.01794
1	RG	70	0.12798	0.02560	0.02560	0.38395
1	RG	71	0.02549	0.00510	0.00510	0.07646
1	RG	72	0.01354	0.00271	0.00271	0.04063
1	RG	73	0.01437	0.00287	0.00287	0.04310
1	RG	74	0.04482	0.00896	0.00896	0.13446
1	RG	75	0.02054	0.00411	0.00411	0.06163

CORRIENTE	SEGMENTO	ELEMENTO	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
1	RG	76	0.01635	0.00327	0.00327	0.04906
1	RG	77	0.06769	0.01354	0.01354	0.20306
1	RG	78	0.05037	0.01007	0.01007	0.15111
19	EM	79	1.02360	0.23687	1.50568	2.19807
19	EM	80	0.00090	0.00021	0.00132	0.00193
1	RG	81	0.00989	0.00198	0.00198	0.02968
1	RG	82	0.00532	0.00106	0.00106	0.01597
1	RG	83	0.02390	0.00478	0.00478	0.07170
1	RG	84	0.00698	0.00140	0.00140	0.02093
1	RG	85	0.02319	0.00928	0.18555	0.00186
1	RG	86	0.00261	0.00104	0.02085	0.00021
1	RG	87	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	88	0.00011	0.00005	0.00092	0.00001
1	RG	89	0.00092	0.00037	0.00736	0.00007
1	RG	90	0.00241	0.00096	0.01927	0.00019
1	RG	91	0.00165	0.00066	0.01319	0.00013
1	RG	92	0.00153	0.00061	0.01226	0.00012
1	RG	93	0.00422	0.00169	0.03372	0.00034
20	EA	94	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
20	EA	95	0.15458	0.00561	0.15728	0.50564
1	RG	96	0.00944	0.00378	0.07553	0.00076
1	RG	97	0.05569	0.02228	0.44552	0.00446
1	RG	98	0.23935	0.09574	1.91479	0.01915
1	RG	99	0.06455	0.02582	0.51643	0.00516
1	RG	100	0.00395	0.00158	0.03160	0.00032
1	RG	101	0.03280	0.01312	0.26239	0.00262
1	RG	102	0.01459	0.00584	0.11673	0.00117
1	RG	103	0.00518	0.00207	0.04143	0.00041
1	RG	104	0.01689	0.00676	0.13513	0.00135
1	RG	105	0.00865	0.00346	0.06917	0.00069
1	RG	106	0.00140	0.00056	0.01119	0.00011
1	RG	107	0.02247	0.00899	0.17974	0.00180
1	RG	108	0.04556	0.01822	0.36448	0.00364
1	RG	109	0.00196	0.00078	0.01567	0.00016
1	RG	110	0.00107	0.00043	0.00854	0.00009
1	RG	111	0.06338	0.02535	0.50707	0.00507
1	RG	112	0.00126	0.00050	0.01008	0.00010
1	RG	113	0.10310	0.04124	0.82483	0.00825

CORRIENTE	SEGMENTO	ELEMENTO	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
1	RG	114	0.09738	0.03895	0.77900	0.00779
1	RG	115	0.00131	0.00052	0.01050	0.00010
1	RG	116	0.04584	0.01834	0.36674	0.00367
1	RG	117	0.01579	0.00632	0.12634	0.00126
1	RG	118	0.00069	0.00028	0.00556	0.00006
1	RG	119	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	120	0.00077	0.00031	0.00617	0.00006
1	RG	121	0.00009	0.00004	0.00074	0.00001
1	RG	122	0.00065	0.00026	0.00518	0.00005
1	RG	123	0.00100	0.00040	0.00802	0.00008
1	RG	124	0.00449	0.00180	0.03590	0.00036
1	RG	125	0.00499	0.00200	0.03994	0.00040
1	RG	126	0.00428	0.00171	0.03423	0.00034
1	RG	127	0.00780	0.00312	0.06237	0.00062
1	RG	128	0.00962	0.00385	0.07700	0.00077
1	RG	129	0.03536	0.01415	0.28292	0.00283
1	RG	130	0.01117	0.00447	0.08935	0.00089
1	RG	131	0.00492	0.00197	0.03935	0.00039
1	RG	132	0.00452	0.00181	0.03615	0.00036
1	RG	133	0.00033	0.00013	0.00265	0.00003
1	RG	134	0.00110	0.00044	0.00877	0.00009
1	RG	135	0.00251	0.00100	0.02010	0.00020
1	RG	136	0.00208	0.00083	0.01663	0.00017
1	RG	137	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	138	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	139	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	140	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	141	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	142	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	143	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	144	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	145	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	146	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1	RG	147	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Asociado a los caudales, le fueron asignadas concentraciones a los parámetros que normalmente se asocian a los retornos agrícolas. Se tomaron valores revisados de literatura, en específico se usó la referencia de un estudio realizado en el río Colorado en el estado de Texas, el cual drena los retornos de una zona de riego que se ubica en

la cuenca Baja del Río Bravo, Enciso, 2012. Como ejemplo se indican a continuación los valores que se asociaron para Cloruros y SDT en cada elemento para las contribuciones por aporte de áreas agrícolas (Tabla 141 y Tabla 142). De igual manera se le asociaron valores de Salinidad, Oxígeno Disuelto, DBO, Nitrógeno Orgánico, Nitrógeno Amoniacal, Ortofosfatos, Coliformes Fecales, SST y Fósforo Orgánico, partiendo con valores dados en la referencia de Enciso, 2012 y efectuando ajustes posteriores para calibrar a los valores observados.

**Tabla 159. Valores de Cloruros asignados a los elementos por campaña**

CORRIENTE	SEGMENTO	ELEMENTO	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
1	RG	1	300.0	350.0	300.0	350.0
2	EG	2	300.0	350.0	300.0	350.0
1	RG	3	300.0	350.0	300.0	350.0
3	EC	4	300.0	350.0	300.0	350.0
3	EC	5	300.0	350.0	300.0	350.0
3	EC	6	300.0	350.0	300.0	350.0
1	RG	7	300.0	350.0	300.0	350.0
4	FS	8	300.0	350.0	300.0	350.0
1	RG	9	300.0	350.0	300.0	350.0
1	RG	10	300.0	350.0	300.0	350.0
5	MO	11	300.0	350.0	300.0	350.0
5	MO	12	300.0	350.0	300.0	350.0
1	RG	13	300.0	350.0	300.0	350.0
1	RG	14	300.0	350.0	300.0	350.0
6	SA	15	300.0	650.0	300.0	350.0
1	RG	16	300.0	350.0	300.0	350.0
1	RG	17	300.0	350.0	300.0	350.0
7	AL	18	200.0	350.0	200.0	350.0
7	AL	19	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	20	200.0	350.0	200.0	350.0
8	MI	21	200.0	350.0	200.0	350.0
8	MI	22	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	23	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	24	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	25	200.0	350.0	200.0	350.0
9	MA	26	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	27	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	28	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	29	200.0	350.0	200.0	350.0
10	RA	30	675.0	950.0	675.0	350.0
10	RA	31	675.0	950.0	675.0	350.0
10	RA	32	675.0	950.0	675.0	350.0

CORRIENTE	SEGMENTO	ELEMENTO	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
10	RA	33	675.0	950.0	675.0	350.0
1	RG	34	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	35	200.0	350.0	200.0	350.0
11	SJ	36	100.0	350.0	100.0	350.0
11	SJ	37	100.0	350.0	100.0	350.0
12	LF	38	200.0	350.0	200.0	350.0
11	SJ	39	100.0	350.0	100.0	350.0
11	SJ	40	100.0	350.0	100.0	350.0
11	SJ	41	100.0	350.0	100.0	350.0
1	RG	42	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	43	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	44	200.0	350.0	200.0	350.0
13	LO	45	200.0	650.0	200.0	350.0
1	RG	46	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	47	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	48	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	49	200.0	350.0	200.0	350.0
14	UN	50	75.0	265.0	75.0	350.0
14	UN	51	75.0	265.0	75.0	350.0
14	UN	52	75.0	265.0	75.0	350.0
1	RG	53	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	54	200.0	350.0	200.0	350.0
15	PU	55	310.0	205.0	310.0	350.0
1	RG	56	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	57	200.0	350.0	200.0	350.0
16	HU	58	375.0	340.0	375.0	350.0
1	RG	59	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	60	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	61	200.0	350.0	200.0	350.0
1	RG	62	200.0	350.0	200.0	350.0
17	GO	63	200.0	370.0	200.0	350.0
1	RG	64	300.0	150.0	300.0	350.0
1	RG	65	300.0	150.0	300.0	350.0
18	LJ	66	350.0	350.0	350.0	350.0
18	LJ	67	350.0	350.0	350.0	350.0
18	LJ	68	350.0	350.0	350.0	350.0
1	RG	69	375.0	150.0	375.0	350.0
1	RG	70	375.0	150.0	375.0	350.0

CORRIENTE	SEGMENTO	ELEMENTO	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
1	RG	71	375.0	150.0	375.0	350.0
1	RG	72	375.0	150.0	375.0	350.0
1	RG	73	375.0	150.0	375.0	350.0
1	RG	74	375.0	150.0	375.0	350.0
1	RG	75	375.0	150.0	375.0	350.0
1	RG	76	375.0	150.0	375.0	350.0
1	RG	77	375.0	150.0	375.0	350.0
1	RG	78	375.0	150.0	375.0	350.0
19	EM	79	1000.0	1280.0	1000.0	350.0
19	EM	80	1000.0	1280.0	1000.0	350.0
1	RG	81	400.0	150.0	400.0	350.0
1	RG	82	400.0	150.0	400.0	350.0
1	RG	83	400.0	150.0	400.0	350.0
1	RG	84	400.0	150.0	400.0	350.0
1	RG	85	400.0	150.0	400.0	350.0
1	RG	86	400.0	150.0	400.0	350.0
1	RG	87	400.0	150.0	400.0	350.0
1	RG	88	400.0	150.0	400.0	350.0
1	RG	89	400.0	150.0	400.0	350.0
1	RG	90	400.0	150.0	400.0	350.0
1	RG	91	400.0	150.0	400.0	350.0
1	RG	92	400.0	150.0	400.0	350.0
1	RG	93	400.0	150.0	400.0	350.0
20	EA	94	350.0	370.0	350.0	350.0
20	EA	95	350.0	370.0	350.0	350.0
1	RG	96	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	97	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	98	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	99	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	100	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	101	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	102	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	103	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	104	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	105	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	106	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	107	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	108	150.0	150.0	150.0	350.0



CORRIENTE	SEGMENTO	ELEMENTO	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
1	RG	109	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	110	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	111	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	112	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	113	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	114	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	115	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	116	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	117	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	118	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	119	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	120	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	121	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	122	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	123	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	124	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	125	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	126	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	127	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	128	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	129	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	130	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	131	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	132	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	133	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	134	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	135	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	136	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	137	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	138	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	139	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	140	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	141	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	142	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	143	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	144	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	145	150.0	150.0	150.0	350.0
1	RG	146	150.0	150.0	150.0	350.0

CORRIENTE	SEGMENTO	ELEMENTO	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
1	RG	147	150.0	150.0	150.0	350.0

**Tabla 160. Valores de Sólidos Disueltos Totales asignados a los elementos por campaña**

CORRIENTE	SEGMENTO	ELEMENTO	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
1	RG	1	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
2	EG	2	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	3	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
3	EC	4	700.0	1450.0	2943.0	2943.0
3	EC	5	700.0	1450.0	2943.0	2943.0
3	EC	6	700.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	7	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
4	FS	8	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	9	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	10	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
5	MO	11	700.0	1450.0	2943.0	2943.0
5	MO	12	700.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	13	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	14	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
6	SA	15	700.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	16	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	17	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
7	AL	18	1000.0	1450.0	2943.0	2943.0
7	AL	19	1000.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	20	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
8	MI	21	650.0	1450.0	2943.0	2943.0
8	MI	22	650.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	23	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	24	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	25	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
9	MA	26	750.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	27	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	28	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	29	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
10	RA	30	4600.0	1450.0	2943.0	2943.0
10	RA	31	4600.0	1450.0	2943.0	2943.0
10	RA	32	4600.0	1450.0	2943.0	2943.0
10	RA	33	4600.0	1450.0	2943.0	2943.0

CORRIENTE	SEGMENTO	ELEMENTO	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
1	RG	34	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	35	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
11	SJ	36	700.0	1450.0	2943.0	2943.0
11	SJ	37	700.0	1450.0	2943.0	2943.0
12	LF	38	700.0	1450.0	2943.0	2943.0
11	SJ	39	700.0	1450.0	2943.0	2943.0
11	SJ	40	700.0	1450.0	2943.0	2943.0
11	SJ	41	700.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	42	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	43	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	44	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
13	LO	45	5.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	46	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	47	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	48	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	49	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
14	UN	50	450.0	1450.0	2943.0	2943.0
14	UN	51	450.0	1450.0	2943.0	2943.0
14	UN	52	450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	53	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	54	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
15	PU	55	1010.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	56	1450.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	57	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
16	HU	58	1750.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	59	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	60	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	61	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	62	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
17	GO	63	1000.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	64	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	65	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
18	LJ	66	1000.0	1450.0	2943.0	2943.0
18	LJ	67	1000.0	1450.0	2943.0	2943.0
18	LJ	68	1000.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	69	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	70	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	71	600.0	1450.0	2943.0	2943.0

CORRIENTE	SEGMENTO	ELEMENTO	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
1	RG	72	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	73	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	74	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	75	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	76	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	77	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	78	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
19	EM	79	4700.0	1450.0	2943.0	2943.0
19	EM	80	4700.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	81	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	82	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	83	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	84	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	85	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	86	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	87	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	88	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	89	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	90	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	91	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	92	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	93	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
20	EA	94	1800.0	1450.0	2943.0	2943.0
20	EA	95	1800.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	96	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	97	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	98	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	99	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	100	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	101	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	102	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	103	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	104	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	105	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	106	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	107	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	108	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	109	600.0	1450.0	2943.0	2943.0

CORRIENTE	SEGMENTO	ELEMENTO	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
1	RG	110	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	111	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	112	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	113	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	114	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	115	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	116	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	117	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	118	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	119	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	120	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	121	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	122	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	123	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	124	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	125	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	126	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	127	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	128	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	129	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	130	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	131	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	132	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	133	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	134	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	135	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	136	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	137	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	138	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	139	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	140	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	141	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	142	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	143	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	144	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	145	600.0	1450.0	2943.0	2943.0
1	RG	146	600.0	1450.0	2943.0	2943.0

#### 6.4. SIMULACIÓN DEL ESCENARIO DE PROPUESTA DE DECLARATORIA

La calibración del modelo para los parámetros básicos (Cloruros, SDT, SST, NT, PT, DBO y Coliformes Fecales) le correspondió efectuarla al TCWQ, para las cuatro campañas efectuadas en marzo, agosto y noviembre de 2015 y abril del 2016, además de un sinóptico realizado por la parte americana en julio de 2014, y adicionalmente con los valores promedio de los cinco meses.

El trabajo de calibración contempló un ajuste hidrológico de caudales que permitiese reproducir los caudales aforados durante los muestreos. En este ajuste hidrológico se efectuó un análisis de todas las extracciones para los usos agrícola y urbano que se dan en la parte baja del río Bravo, y se estimaron los caudales de aportación por retornos agrícolas tal como se describió anteriormente. Asociado a estos caudales, está el asumir una concentración de estos incrementos de caudal y para cada parámetro simulado, con el fin de que el resultado del modelo se ajustara a las concentraciones observadas en el cauce principal. Estos valores de concentración en los incrementos de caudal a lo largo de los elementos de cálculo se les atribuyen a aportaciones de origen no puntual.

En la Tabla A1 a la Tabla A4 del Anexo 2, se muestra los incrementos de concentraciones y en la Tabla A5 a la Tabla A6 del mismo Anexo, se muestra los incrementos de cargas en el Bajo Río Bravo, para todos los parámetros simulados, y para cada mes de simulación respectivamente.

Inicialmente la Gerencia de Calidad del Agua de CONAGUA sugirió un escenario de límites máximos permisibles en las descargas con la incorporación de parámetros adicionales, los cuales fueron detectados durante las campañas de muestreo, y los cuales cuentan con un criterio en la Ley Federal de Derechos de Agua, tabla 143.

Por parte de los Estados Unidos de América, se consideran los límites máximos permitidos definidos en los permisos de descarga de la TCEQ para las localidades que vierten directamente al río Bravo y por mes, los cuales están indicadas de la tabla 144 a la tabla 147. En ambos casos se consideran para las PTAR, los caudales correspondientes a la capacidad de diseño.

Al ingresar las condiciones particulares descritas anteriormente para ambos países, y para cada uno de los cuatro meses en los archivos calibrados del modelo LA-QUAL, se obtuvieron las curvas de respuesta para cada uno de los parámetros simulados.

En el caso de los parámetros adicionales que no tienen una interacción directa en el balance de oxígeno de la corriente, se consideró simularlos como conservativos o no conservativos, en función a su comportamiento observado en el río. En el caso que un parámetro no reportarse concentraciones en el río en los muestreos, o estas estuvieran por debajo de su límite de detección, se consideró simularlo como conservativo.

En la Tabla 148 a la tabla 161, se muestra los valores para cada parámetro modelado de las descargas de México. Solo se indican los parámetros que exceden los criterios de calidad del agua en el río. En estas tablas se muestra también el límite máximo permisible correspondiente del proyecto de declaratoria. Para los metales pesados se presentan las tablas que tienen valores por arriba del límite de detección. De acuerdo con estas Tablas se realizaron las simulaciones en la que se le asignó el valor del criterio solo a aquellas descargas que superaron el criterio establecido.

**Tabla 161. Guías de calidad del agua para escenario Declaratoria**

PARÁMETRO	UNIDADES	PROMEDIO MENSUAL
<b>LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS</b>		
Temperatura	°C	35
Grasas y Aceites	mg/L	15
Materia Flotante	Malla de 3 mm	ausente
Sólidos Sedimentables	mL/L	1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	60
Nitrógeno Total	mg/L	25
Fósforo Total	mg/L	15
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	5
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	150
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1,250
<b>Límites Máximos Permisibles para contaminantes microbiológicos</b>		
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	1,000
Escherichia Coli	NMP/100 mL	576
<b>Límites Máximos Permisibles para metales y cianuros</b>		
Arsénico Total	mg/L	0.2
Cadmio Total	mg/L	0.2
Cianuros Totales	mg/L	1
Cobre Total	mg/L	4
Cromo Total	mg/L	1
Mercurio Total	mg/L	0.1
Níquel Total	mg/L	2
Plomo Total	mg/L	0.2
Zinc Total	mg/L	10
<b>Límites Máximos Permisibles para contaminantes inorgánicos</b>		
Boro	mg/L	3.5
Fluoruros Totales	mg/L	5
Manganeso Total	mg/L	2
Cloruros	mg/L	1,000
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	5
Sulfuros Totales	mg/L	1
Sulfatos Totales	mg/L	1,000
<b>Límites Máximos Permisibles para contaminantes orgánicos</b>		
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	mg/L	0.1
Cloroformo	mg/L	0.15
Diclorobencenos (Mezcal de isómeros)	mg/L	0.05
Dietilftalato	mg/L	0.08
Etilbenceno	mg/L	0.5
Fenoles Totales	mg/L	0.5
Tolueno	mg/L	1
<b>Límites Máximos Permisibles para Toxicidad</b>		
Toxicidad ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> )	Unidad de Toxicidad	2
<b>Límites Máximos Permisibles Otros</b>		
Color Verdadero	Pt-Co	100
Conductividad	µS/cm	2,000
pH (Unidades de pH)	mg/L	6.5-8.5

**Tabla 162. Condiciones particulares de descarga para el mes de marzo en localidades de EUA.**

Localidad	Q (l/s)	DBO5	SST	NH <sub>3</sub> -N	OD	CL <sup>-</sup>	SDT	Sal.	NO <sub>3</sub> -N	N-Org.	PO <sub>4</sub> -P	P-Org.	Clorofila a
City of Roma	19.72	NA (1.5)	25	NA (2.0)	NA (5.0)	182	630	0.49	0.08	0.51	0.03	0.12	780.0
City of Roma	87.63	20	20	NA (2.2)	4.0	278	856	0.70	26.5	4.0	4.46	1.16	8.0
City of Rio Grande	65.72	20	20	NA (18.2)	2.0	405	996	0.89	11.0 <sup>^</sup>	4.0	4.00	1.00	11.4
Unión WSC	33.91	10	15	3	4.0	335	1042	0.87	15.0	2.0	4.00	1.00	3.2
Agua SUD	61.34	10	15	3	4.0	439	1360	1.00	23.3	2.35	5.22	1.59	241.2
La Joya ISD	0.55	20	20	NA (48.2)	2.0	517	1416	1.78	34.1	4.0	4.14	5.27	4.0
City of La Joya	64.40	20	20	3	4.0	480	1270	0.93	13.0 <sup>^^</sup>	8.85	3.00	2.00	976.8
City of Penitas	32.86	20	20	NA (2.0)	4.0	997	2308	1.76	26.3 <sup>4</sup>	4.0	4.83	1.00	1.5
Brownsville PUB	560.8	10	15	3	4.0	1236	2686	2.19	20.3	2.0	3.00	3.04	1.8

Valores en negritas son valores específicos en los permisos TPDES. NA-Sin valor, aplica para DBO y N Amoniacal, el valor en paréntesis es el valor estimado. ^Asumiendo NH<sub>3</sub>-N=12, ^^Asumiendo N-Orgánico=4. Temperatura en °C, todas las concentraciones en mg/l excepto Coliformes que se expresa en NMP/100 mL y Salinidad en PPT.

**Tabla 163. Condiciones particulares de descarga para el mes de noviembre en localidades de EUA.**

Localidad	Q (l/s)	DBO5	SST	NH <sub>3</sub> -N	OD	CL <sup>-</sup>	SDT	Sal.	NO <sub>3</sub> -N	N-Org.	PO <sub>4</sub> -P	P-Org.	Clorofila a
City of Roma	19.72	NA (1.5)	25	NA (2.0)	NA (7.8)	140	644	0.53	0.08	0.94	0.03	0.12	7.8
City of Roma	87.63	20	20	NA (2.0)	4.0	202	962	0.74	31.7	4.0	6.69	2.91	3.7
City of Rio Grande	65.72	20	20	NA (18.2)	2.0	299	888	0.87	11.0 <sup>^</sup>	4.0	4.00	1.00	11.4
Unión WSC	33.91	10	15	3	4.0	358	1094	0.95	15.0	2.0	4.00	1.55	3.2
Agua SUD	61.34	10	15	3	4.0	260	970	0.81	27.6	2.94	5.31	1.59	241.2
La Joya ISD	0.55	20	20	NA (27.2)	2.0	250	1500	1.00	28.75	4.0	3.97	4.73	2.75
City of La Joya	64.40	20	20	3	4.0	333	1166	1.05	13.0 <sup>^^</sup>	12.12	4.56	2.00	976.8
City of Penitas	32.86	20	20	NA (2.0)	4.0	704	1854	1.69	35.8	4.0	6.28	2.56	1.5
Brownsville PUB	560.80	10	15	3	4.0	877	2312	2.04	22.1	2.0	3.00	2.00	1.8

Valores en negritas son valores específicos en los permisos TPDES. NA-Sin valor, aplica para DBO y N Amoniacal, el valor en paréntesis es el valor estimado. ^Asumiendo NH<sub>3</sub>-N=12, ^^Asumiendo N-Orgánico=4. Temperatura en °C, todas las concentraciones en mg/l excepto Coliformes que se expresa en NMP/100 mL y Salinidad en PPT.



**Tabla 164. Condiciones particulares de descarga para el mes de agosto en localidades de EUA.**

Localidad	Q (l/s)	DBO5	SST	NH <sub>3</sub> -N	OD	CL <sup>-</sup>	SDT	Sal.	NO <sub>3</sub> -N	N-Org.	PO <sub>4</sub> -P	P-Org.	Clorofila a
City of Roma	19.72	NA (1.5)	25	NA (2.0)	NA (7.6)	130	726	0.52	0.19	0.51	0.02	0.12	7.8
City of Roma	87.63	20	20	NA (2.0)	4.0	224	1112	0.78	37.0	4.0	4.46	2.07	3.7
City of Rio Grande	65.72	20	20	NA (18.2)	2.0	246	960	0.76	11.0 <sup>^</sup>	4.0	4.00	1.00	11.4
Unión WSC	33.91	10	15	3	4.0	197	960	0.82	15.0	2.0	4.00	1.12	4.0
Agua SUD	61.34	10	15	3	4.0	237	2050	0.77	21.1	2.0	4.98	2.80	241.2
La Joya ISD	0.55	20	20	NA (27.2)	2.0	250	1000	0.80	28.75	4.0	3.97	4.73	2.75
City of La Joya	64.40	20	20	3	4.0	484	1500	1.29	13.0 <sup>^^</sup>	13.92	3.00	2.00	1009.0
City of Penitas	32.86	20	20	NA (2.0)	4.0	604	2332	1.82	26.34	4.0	4.64	1.00	1.5
Brownsville PUB	560.80	10	15	3	4.0	547	1956	1.48	19.70	2.0	3.91	2.00	1.8

Valores en negritas son valores específicos en los permisos TPDES. NA-Sin valor, aplica para DBO y N Amoniacal, el valor en paréntesis es el valor estimado. <sup>^</sup>Asumiendo NH<sub>3</sub>-N=12, <sup>^^</sup>Asumiendo N-Orgánico=4. Temperatura en °C, todas las concentraciones en mg/l excepto Coliformes que se expresa en NMP/100 mL y Salinidad en PPT.

**Tabla 165. Condiciones particulares de descarga para el mes de abril en localidades de EUA.**

Localidad	Q (l/s)	DBO5	SST	NH <sub>3</sub> -N	OD	CL <sup>-</sup>	SDT	Sal.	NO <sub>3</sub> -N	N-Org.	PO <sub>4</sub> -P	P-Org.	Clorofila a
City of Roma	19.72	NA (3.5)	25	NA (5.9)	NA (7.8)	143	952	0.56	0.08	0.51	0.02	0.49	7.8
City of Roma	87.63	20	20	NA (2.0)	4.0	198	1082	0.75	31.1	4.0	4.90	1.16	3.7
City of Rio Grande	65.72	20	20	NA (52.0)	2.0	218	902	0.86	11.0 <sup>^</sup>	4.0	4.00	1.00	11.4
Union WSC	33.91	10	15	3	4.0	209	1102	0.72	15.0	2.0	4.60	1.50	3.2
Agua SUD	61.34	10	15	3	4.0	215	1120	0.80	22.3	2.9	6.40	2.2	241.2
La Joya ISD	0.55	20	20	NA (27.2)	2.0	225	1336	0.83	28.75	4.0	3.97	4.73	2.75
City of La Joya	64.40	20	20	3	4.0	356	1466	1.10	13.0 <sup>^^</sup>	8.85	3.00	2.10	976.8
City of Penitas	32.86	20	20	NA (3.0)	4.0	646	2330	1.78	32.3	4.0	4.64	1.00	1.5
Brownsville PUB	560.80	10	15	3	4.0	600	2058	1.57	24.5	2.0	3.70	2.00	1.8

Valores en negritas son valores específicos en los permisos TPDES. NA-Sin valor, aplica para DBO y N Amoniacal, el valor en paréntesis es el valor estimado. <sup>^</sup>Asumiendo NH<sub>3</sub>-N=12, <sup>^^</sup>Asumiendo N-Orgánico=4. Temperatura en °C, todas las concentraciones en mg/l excepto Coliformes que se expresa en NMP/100 mL y Salinidad en PPT.

**Tabla 166. Caudal en descargas y capacidad instalada en caso de PTAR (L/s)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016	CAPACIDAD INSTALADA
D1	4.28	3.33	2.50	2.33	--
PT-1S	0.00	1.40	1.40	2.80	20
PT-2S	40.00	27.00	45.00	37.33	75
PT-3S	3.31	4.33	2.28	3.31	--
D2	0.58	0.07	0.01	0.01	--
D3	8.11	2.74	0.92	0.01	--
PT-4S	616.67	550.0	750.0	550.00	1,000
D4	0.75	0.75	0.75	0.75	--

**Tabla 167. Conductividad (Unidades de pH)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016	PROPUESTA DECLARATORIA
D1	2,891	2,060	2,682	2,437	2,000
PT-1S	SD	SD	2,574	2,731	2,000
PT-2S	1,364	1,350	1,393	1,913	2,000
PT-3S	2,594	2,686	2,803	2,257	2,000
D2	212	1,203	1,262	1,182	2,000
D3	545	1,246	1,281	1,252	2,000
PT-4S	2,157	1,746	1,768	1,790	2,000
D4	1,301	1,635	1,708	1,730	2,000

SD – sin dato, < LD – menor a límite detección,   - excede propuesta declaratoria

**Tabla 168. Oxígeno Disuelto (mg/L)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016	PROPUESTA DECLARATORIA
D1	< LD	< LD	< LD	< LD	5.0
PT-1S	SD	SD	4.4	8.0	5.0
PT-2S	1.8	1.6	1.8	3.0	5.0
PT-3S	< LD	< LD	10.1	< LD	5.0
D2	7.4	5.4	< LD	8.0	5.0
D3	4.6	4.2	< LD	< LD	5.0
PT-4S	8.2	8.2	5.6	6.0	5.0
D4	6.7	7.6	2.2	< LD	5.0

SD – sin dato, < LD – menor a límite detección,   - por debajo de propuesta declaratoria

**Tabla 169. Grasas y Aceites (mg/L)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016	PROPUESTA DECLARATORIA
D1	< LD	SD	17	18	15
PT-1S	SD	SD	< LD	< LD	15
PT-2S	< LD	< LD	< LD	16	15
PT-3S	< LD	SD	< LD	23	15
D2	< LD	< LD	< LD	< LD	15
D3	< LD	< LD	< LD	< LD	15
PT-4S	< LD	< LD	< LD	< LD	15
D4	< LD	< LD	< LD	< LD	15

SD – sin dato, < LD – menor a límite detección,   - excede propuesta declaratoria

**Tabla 170. Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016	PROPUESTA DECLARATORIA
D1	28	34	315	208	60
PT-1S	95	95	50	84	60
PT-2S	42	76	44	37	60
PT-3S	88	50	92	220	60
D2	550	27	12	7	60
D3	2,220	18	38	7	60
PT-4S	7	18	20	7	60
D4	24	26	64	46	60

SD – sin dato, < LD – menor a límite detección,   - excede propuesta declaratoria

**Tabla 171. Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016	PROPUESTA DECLARATORIA
D1	46	55	86	106	60
PT-1S	45	45	23	68	60
PT-2S	12	46	39	118	60
PT-3S	69	43	43	111	60
D2	30	11	39	7	60
D3	56	56	48	8	60
PT-4S	1	10	18	5	60
D4	56	51	31	29	60

SD – sin dato, < LD – menor a límite detección,   - excede propuesta declaratoria

**Tabla 172. Nitrógeno Total (mg/L)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016	PROPUESTA DECLARATORIA
D1	39.3	19.9	52.5	55.4	25
PT-1S	1.32	1.32	1.8	0.9	25
PT-2S	35.9	17.9	2.0	7.2	25
PT-3S	60.4	22.9	2.3	37.6	25
D2	2.9	5.6	16.3	3.0	25
D3	16.8	14.8	17.2	4.4	25
PT-4S	15.2	14.8	11.8	2.9	25
D4	7.3	1.9	2.9	1.6	25

SD – sin dato, < LD – menor a límite de detección,   - excede propuesta declaratoria

**Tabla 173. Coliformes Fecales (NMP/100mL)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016	PROPUESTA DECLARATORIA
D1	≥24000	≥24000	≥24000	≥24000	1,000
PT-1S	395	395	40	750	1,000
PT-2S	≥24000	40	430	230	1,000
PT-3S	≥24000	≥24000	≥24000	≥24000	1,000
D2	≥24000	≥24000	≥24000	≥24000	1,000
D3	≥24000	≥24000	≥24000	≥24000	1,000
PT-4S	2	40	≥24000	2	1,000
D4	≥24000	≥24000	≥24000	≥24000	1,000

SD – sin dato, < LD – menor a límite de detección,   - excede propuesta declaratoria

**Tabla 174. Demanda Química de Oxígeno (mg/L)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016	PROPUESTA DECLARATORIA
D1	152	95	269	348	150
PT-1S	SD	SD	118	299	150
PT-2S	135	180	68	182	150
PT-3S	346	168	171	388	150
D2	165	40	221	32	150
D3	242	116	134	106	150
PT-4S	59	54	43	62	150
D4	72	82	196	169	150

SD – sin dato, < LD – menor a límite de detección,   - excede propuesta declaratoria

**Tabla 175. Nitrógeno Amoniacal (mg/L)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016	PROPUESTA DECLARATORIA
D1	0.3	15.9	42.5	42.4	5
PT-1S	0.1	0.1	0.2	0.03	5
PT-2S	29.6	8.0	0.2	4.7	5
PT-3S	58.2	15.3	0.2	20.5	5
D2	0.3	2.4	9.7	1.1	5
D3	5.0	9.0	10.2	2.1	5
PT-4S	0.3	9.2	3.2	0.3	5
D4	0.8	0.2	0.5	0.1	5

SD – sin dato, < LD – menor a límite de detección, ■ - excede propuesta declaratoria

**Tabla 176. Sólidos Disueltos Totales (mg/L)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016	PROPUESTA DECLARATORIA
D1	2,021	1,410	1,644	1,440	1,250
PT-1S	1,814	1,814	1,754	1,874	1,250
PT-2S	775	836	788	888	1,250
PT-3S	1,582	1,788	1,798	1,670	1,250
D2	144	752	1,131	778	1,250
D3	416	782	1,140	812	1,250
PT-4S	1,510	1,076	1,722	1,168	1,250
D4	872	958	1,090	1,106	1,250

SD – sin dato, < LD – menor a límite de detección, ■ - excede propuesta declaratoria

**Tabla 177. Sulfuros (mg/L)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016	PROPUESTA DECLARATORIA
D1	2.73	3.50	10.8	15.90	1
PT-1S	SD	SD	0.95	1.57	1
PT-2S	2.63	3.10	1.43	1.57	1
PT-3S	14.8	4.89	0.93	5.04	1
D2	0.79	10.10	3.75	0.94	1
D3	0.83	0.45	3.75	1.89	1
PT-4S	0.45		< LD	0.63	1
D4	0.83	6.87	3.22	0.47	1

SD – sin dato, < LD – menor a límite de detección, ■ - excede propuesta declaratoria

**Tabla 178. Escherichia Coli (NMP/100mL)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016	PROPUESTA DECLARATORIA
D1	≥24000	≥24000	70	≥24000	576
PT-1S	SD	SD	40	430	576
PT-2S	11,000	40	430	230	576
PT-3S	≥24000	≥24000	≥24000	≥24000	576
D2	≥24000	≥24000	≥24000	2,400	576
D3	≥24000	≥24000	≥24000	≥24000	576
PT-4S	< LD	40	≥24000	< LD	576
D4	≥24000	≥24000	≥24000	≥24000	576

SD – sin dato, < LD – menor a límite de detección,   - excede propuesta declaratoria

**Tabla 179. Bis(2-Etilhexil)ftalato (µg/L)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016	PROPUESTA DECLARATORIA
D1	SD	98.19	24.94	1.93	100
PT-1S	SD	SD	22.45	0.92	100
PT-2S	SD	34.52	7.31	1.77	100
PT-3S	SD	41.76	9.96	18.68	100
D2	SD	311.40	0.93	22.49	100
D3	SD	77.91	0.28	1.42	100
PT-4S	SD	61.57	3.32	1.18	100
D4	SD	58.43	0.99	2.85	100

SD – sin dato, < LD – menor a límite de detección,   - excede propuesta declaratoria

Los parámetros que exceden los criterios de calidad dados en la Ley Federal de Derechos, en la NOM-127-SSA y los indicadores de calidad dados por CONAGUA son el Fósforo, los Sólidos Disueltos Totales, los Sulfuros, Coliformes Fecales y Escherichia Coli, como se señala en la tabla 162.

**Tabla 180. Parámetros que exceden los criterios de calidad del agua**

MES	FÓSFORO	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	SULFUROS	COLIFORMES FECALES	ESCHERICHIA COLI
Marzo 2015					
Agosto 2015					
Noviembre 2015					
Abril 2016					

Se efectuaron las modelaciones para los meses de marzo, noviembre, y agosto de 2015 y abril del 2016. Se presentan solo los resultados de aquellos parámetros que excedieron los criterios señalados, y que muestran algún cambio en el río con los valores indicados como "Propuesta de declaratoria", ver figura 224 a la figura 233.

6.1.1. Resultados del mes de marzo de 2015

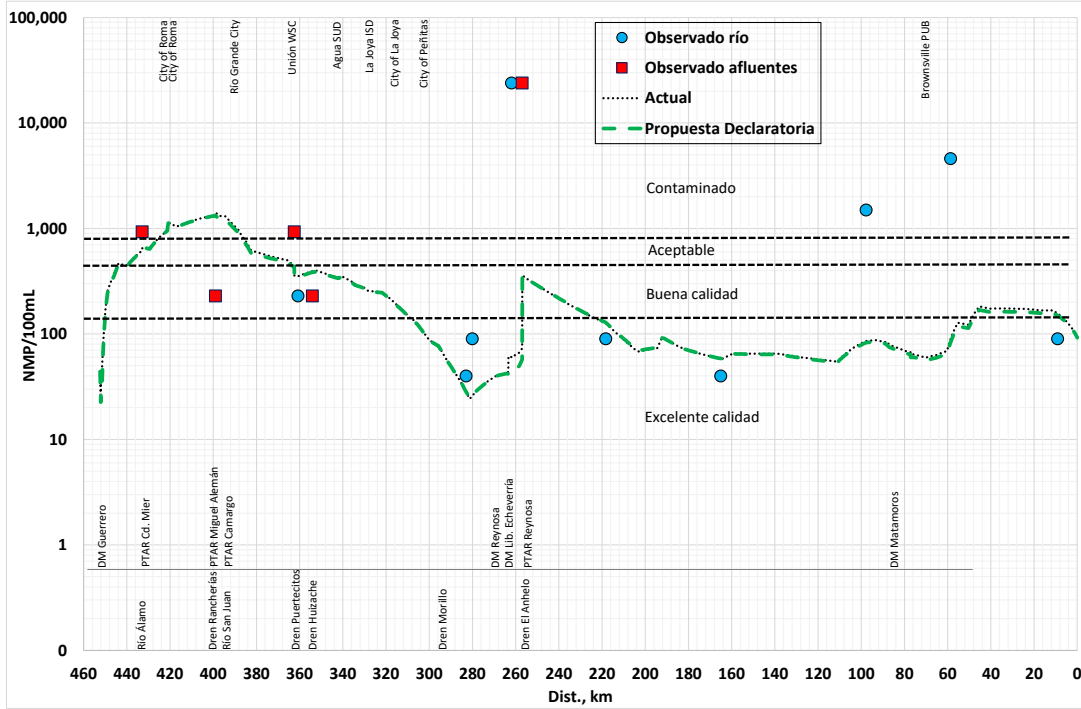


Figura 265. Escherichia Coli

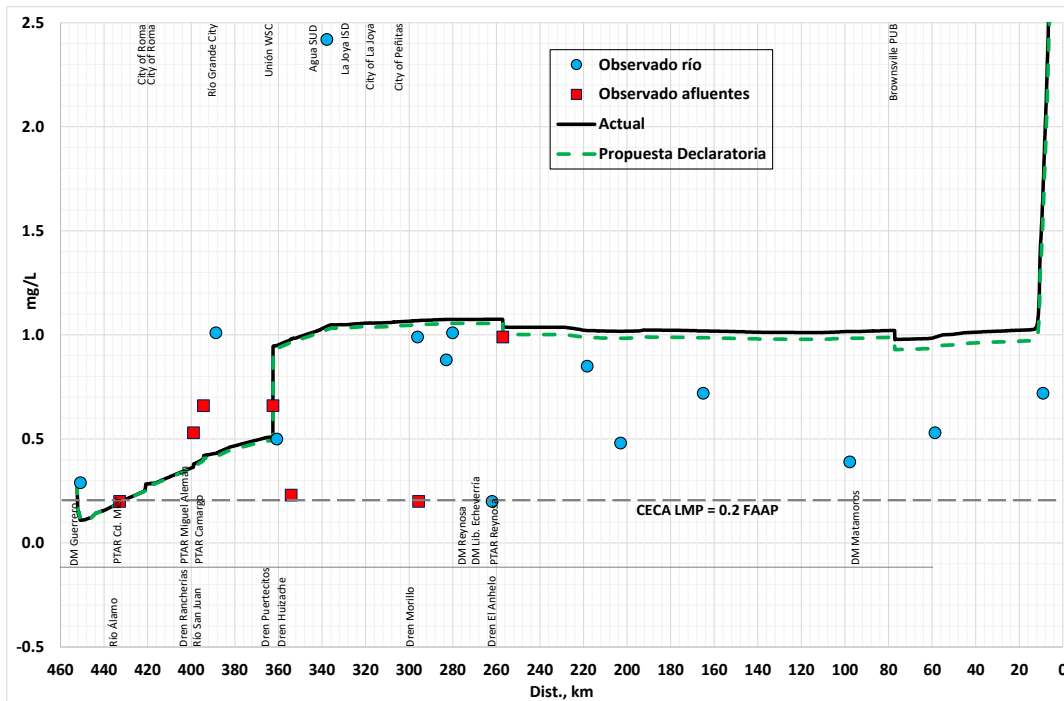


Figura 266 . Sulfuros

6.4.2. Resultados del mes de agosto de 2015

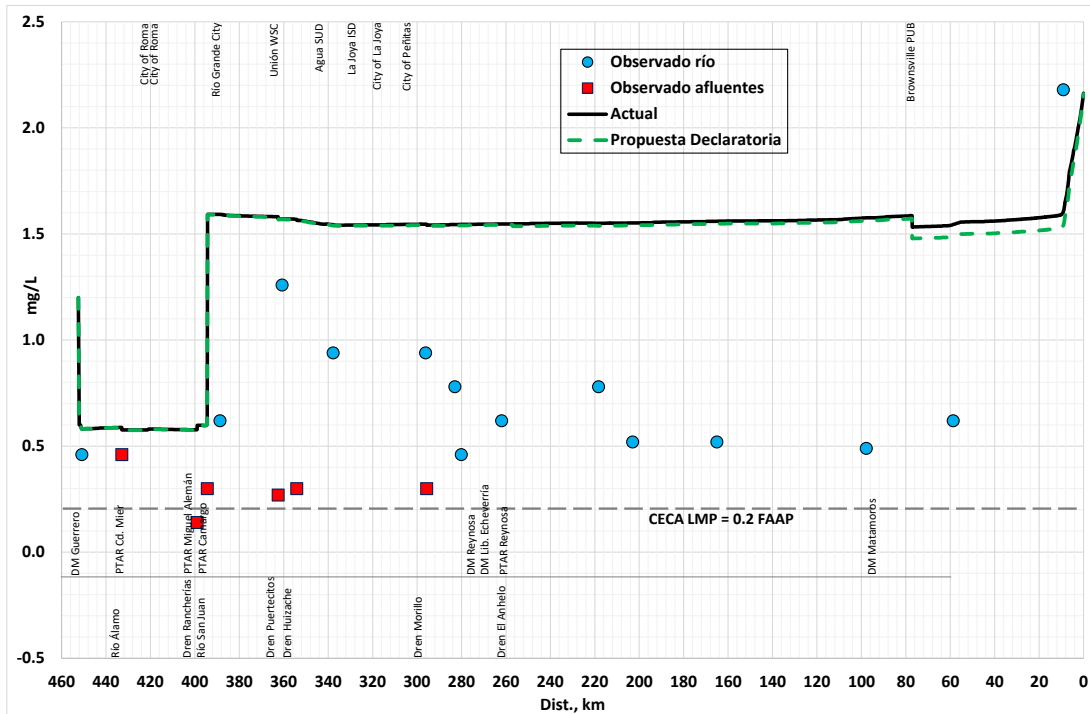


Figura 267. Sulfuros

6.4.3. Resultados del mes de noviembre de 2015

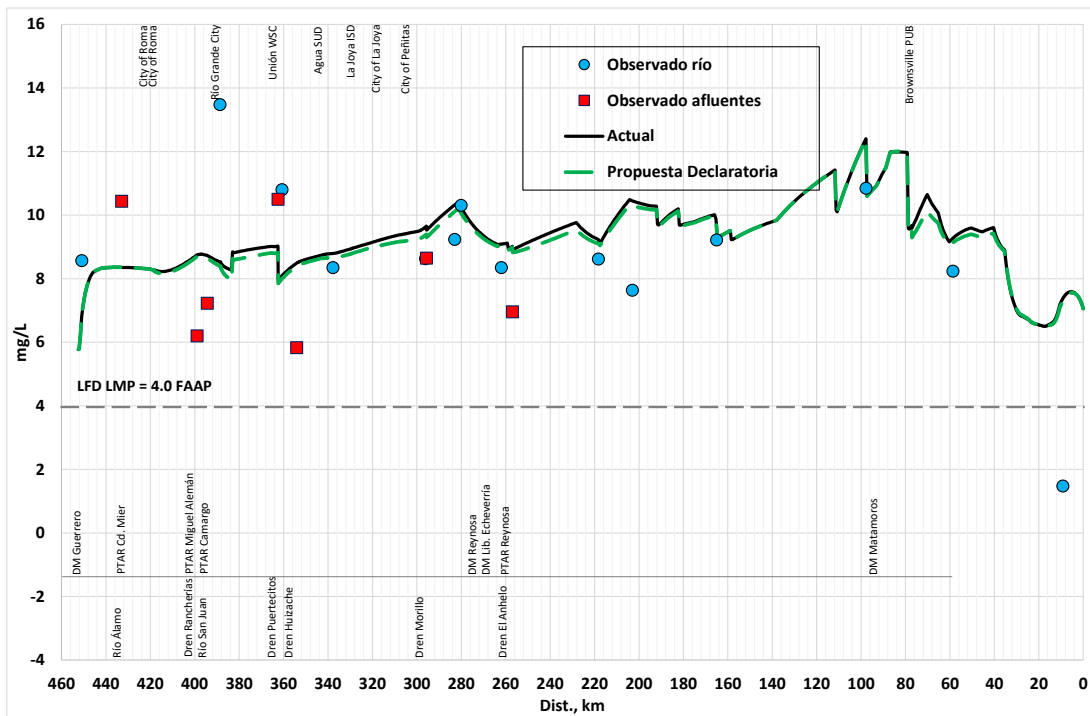


Figura 268. Oxígeno Disuelto



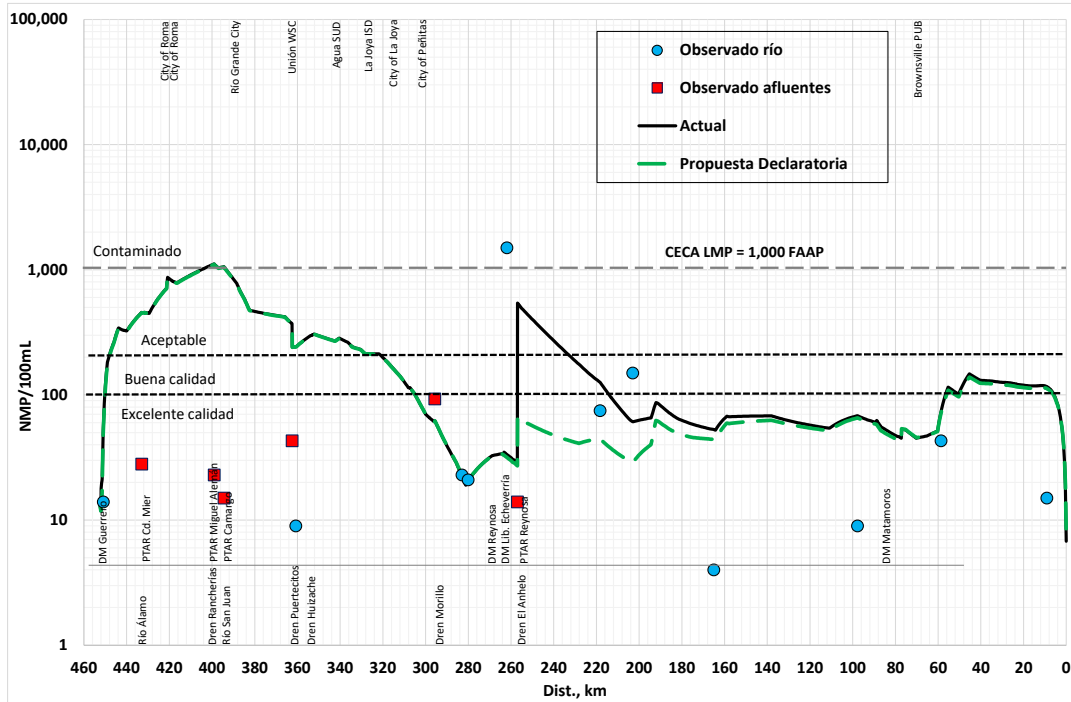


Figura 269. Coliformes Fecales

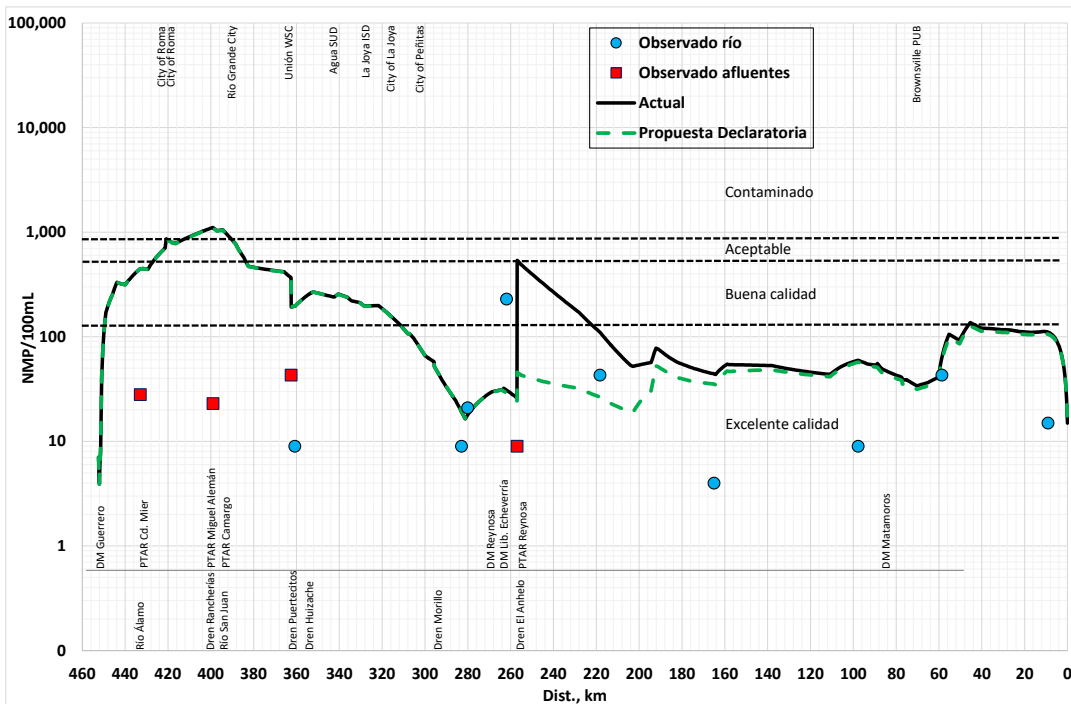


Figura 270. Escherichia Coli

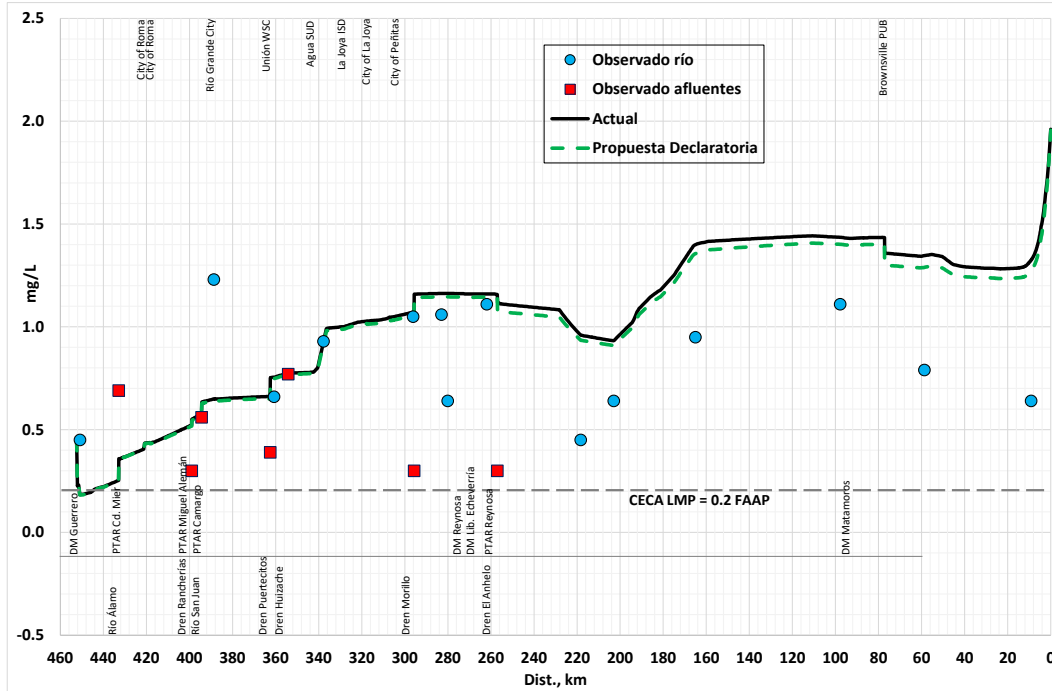


Figura 271. Sulfuros

6.4.4. Resultados del mes de abril de 2016

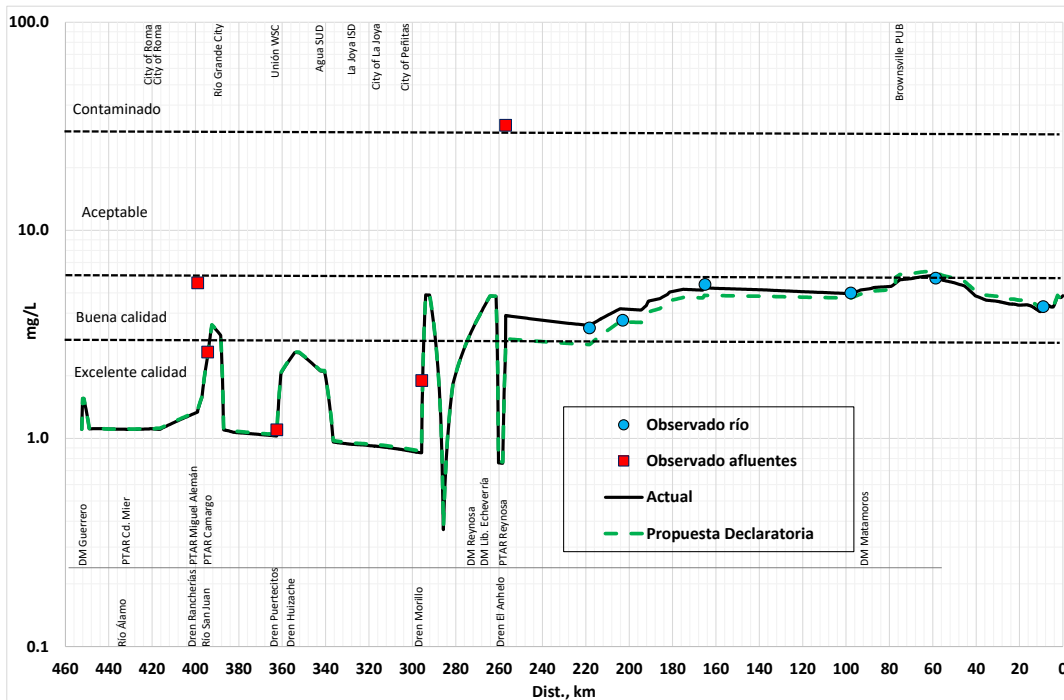


Figura 272. Demanda Bioquímica de Oxígeno

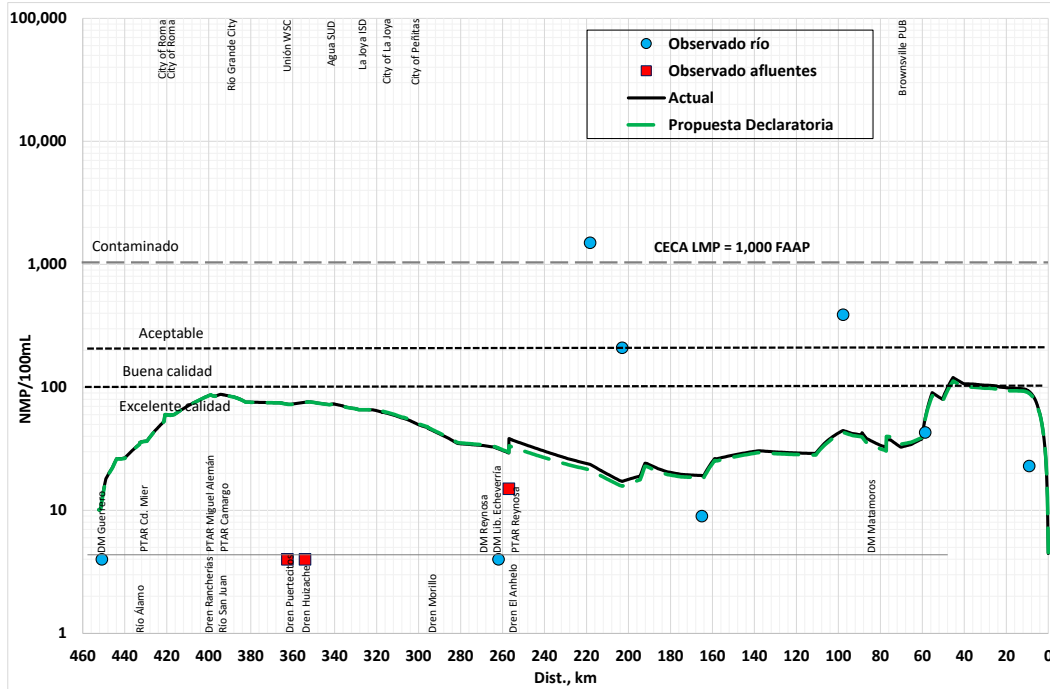


Figura 273. Coliformes Fecales

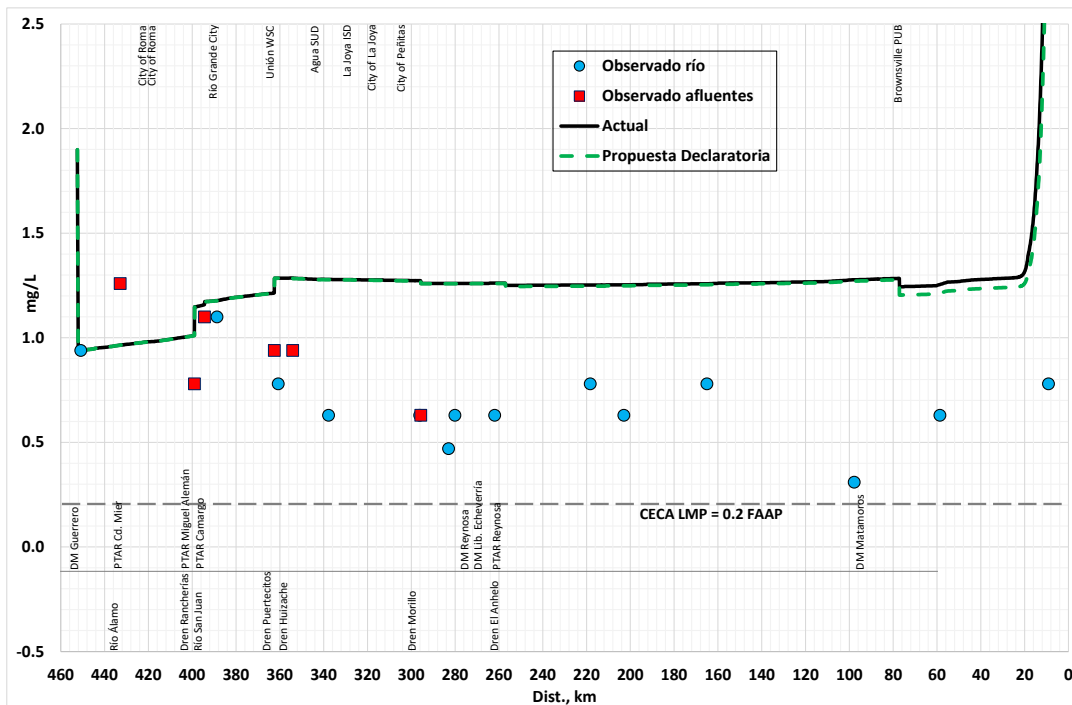


Figura 274. Sulfuros

## 6.5. SIMULACIÓN DE DRENES COMO DESCARGAS

Otro escenario considerado en este capítulo fue el simular los drenes como descargas. Se simularon en este caso los parámetros que superaron los criterios de calidad del agua actuales en el río Bravo para el uso FAAP. Estas simulaciones especiales consistieron en considerar a los drenes como descargas directas al río Bravo, y tratando de encontrar las concentraciones que permitan cumplir con los criterios de calidad en el río Bravo. Las descargas PT-1S, PT-2S y PT-4S que vierten a los drenes Mier, Rancherías y El Anhelito no se tomaron en cuenta, únicamente a estos drenes como una descarga directa al río Bravo. Los parámetros que superaron los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89 en el río fueron; Fósforo, Sólidos Disueltos Totales y Sulfuros. En estas simulaciones, se seleccionaron todos los drenes, las descargas a los afluentes naturales y las descargas directas al río Bravo; y se consideraron las concentraciones observadas durante las cuatro campañas de muestreo.

Se realizaron las simulaciones correspondientes para Fósforo, SDT, Sulfuros en los meses de marzo, agosto, y noviembre de 2015 y abril de 2016, transformando los drenes como si fueran descargas directas al río, y reemplazando aquellas concentraciones que superan el límite máximo permisible dado en la propuesta de declaratoria por el valor de la declaratoria, como se indica en tabla 164 a la tabla 166 con celdas resaltadas con color.

En la figura 234 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** a la figura 241, se muestra el comportamiento de cada parámetro con las condiciones de calidad definidas anteriormente, y solo en los que se ve una mejora en el río, al regular a los drenes.

**Tabla 181. Fósforo Total (mg/L)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
<b>DESCARGA</b>				
D1 (Arroyo El Coronel)	2.78	2.43	5.36	5.27
PT-3S (Río San Juan)	3.77	4.89	3.61	6.08
D2 (Río Bravo)	0.40	1.49	1.76	0.05
D3 (Río Bravo)	0.81	1.20	1.60	1.48
D4 (Río Bravo)	0.40	1.81	1.30	1.57
<b>DREN</b>				
Mier	0.07	0.21	0.89	0.49
Rancherías	1.23	0.18	2.87	0.14
Los Fresnos	0.10	0.15	0.11	0.07
Puertecitos	0.05	0.06	0.07	0.05
Huizache	0.06	0.06	0.10	0.07
Gustavo Diaz Ordaz	0.09	0.21	0.15	0.08
El Morillo	0.05	0.11	0.08	0.05
El Anhelito	1.43	0.53	0.42	0.40

ASe supera el límite máximo permisible

**Tabla 182. Sólidos Disueltos Totales (mg/L)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
<b>DESCARGA</b>				
D1 (Arroyo El Coronel)	2,021	1,410	1,644	1,440
PT-3S (Río San Juan)	1,582	1,788	1,798	1,670
D2 (Río Bravo)	144	752	1,131	778
D3 (Río Bravo)	416	782	1,140	812
D4 (Río Bravo)	872	958	1,090	1,106
<b>DREN</b>				
Mier	667	1,516	2,433	2,596
Rancherías	2,431	1,129	1,527	2,839
Los Fresnos	795	1,979	3,352	3,025
Puertecitos	1,010	1,482	2,940	2,947
Huizache	1,768	1,471	3,126	2,930
Gustavo Diaz Ordaz	882	753	1,946	847
El Morillo	4,748	1,717	2,963	2,947
El Anheló	1,664	1,281	1,949	1,489

ASe supera el límite máximo permisible

**Tabla 183. Sulfuros (mg/L)**

DESCARGA	MARZO 2015	AGOSTO 2015	NOVIEMBRE 2015	ABRIL 2016
<b>DESCARGA</b>				
D1 (Arroyo El Coronel)	2.73	3.50	10.8	15.90
PT-3S (Río San Juan)	14.8	4.89	0.93	5.04
D2 (Río Bravo)	0.79	10.10	3.75	0.94
D3 (Río Bravo)	0.83	0.45	3.75	1.89
D4 (Río Bravo)	0.83	6.87	3.22	0.47
<b>DREN</b>				
Mier	1.49	0.01	6.46	11.17
Rancherías	2.22	1.08	4.32	15.28
Los Fresnos	1.68	0.03	11.30	16.42
Puertecitos	1.55	0.01	0.85	15.99
Huizache	1.56	0.02	0.93	0.02
Gustavo Diaz Ordaz	0.99	0.98	2.45	0.71
El Morillo	1.57	0.01	2.01	0.01
El Anheló	0.51	0.70	0.23	0.54

ASe supera el límite máximo permisible

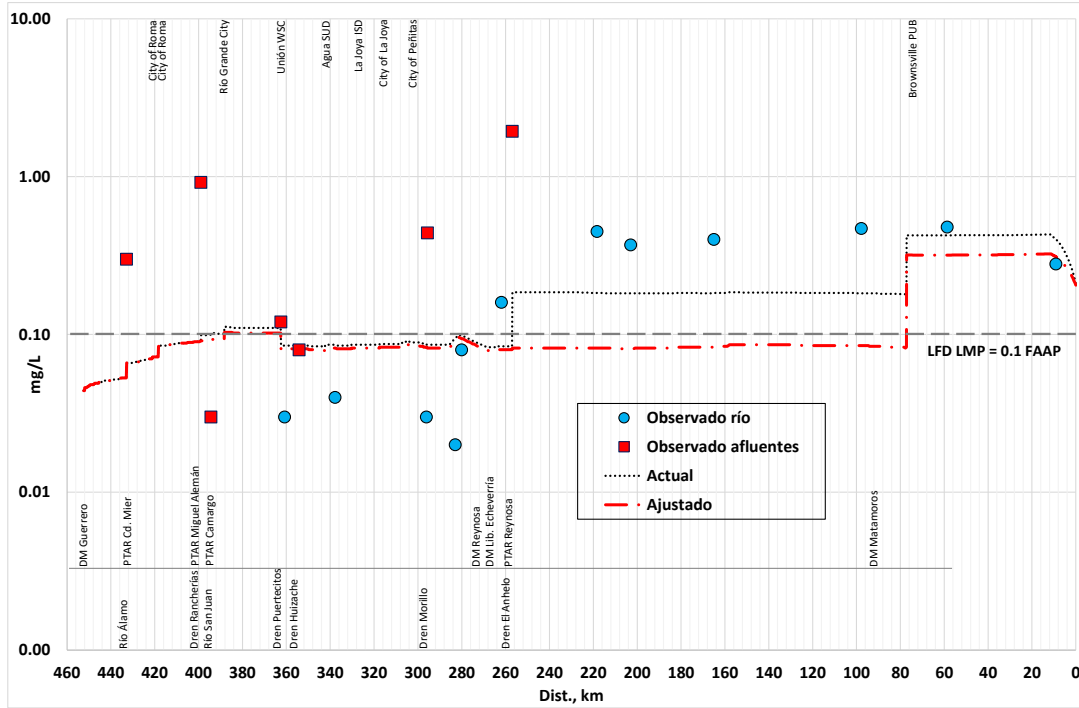


Figura 275. Fosforo marzo 2015

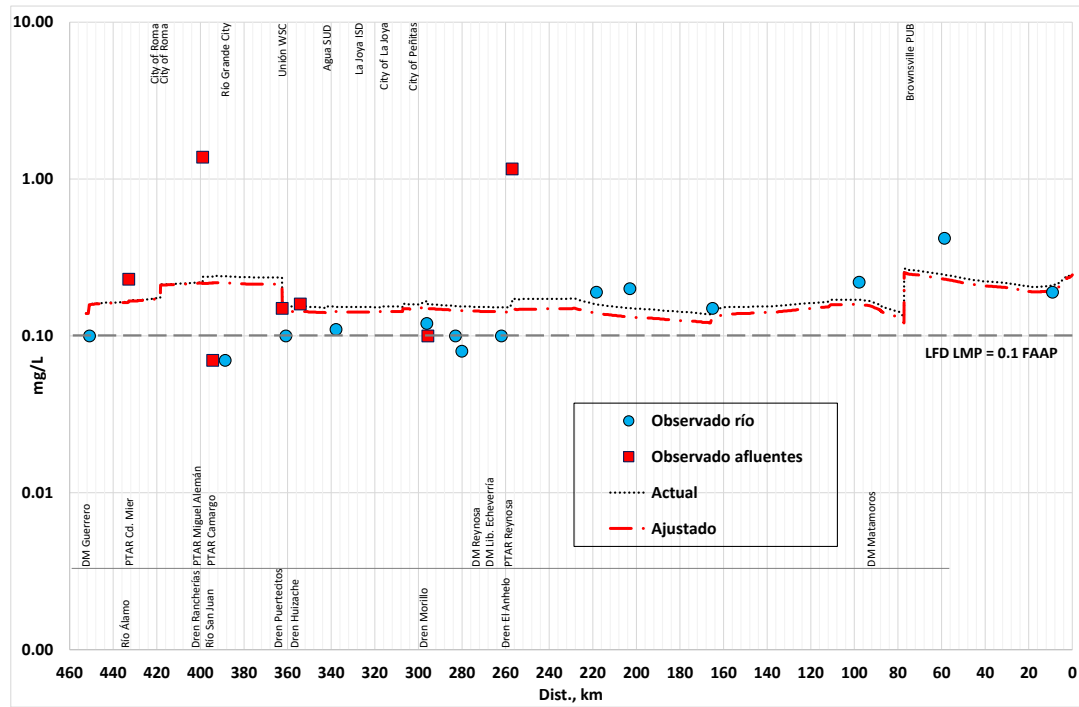


Figura 276. Fosforo noviembre 2015

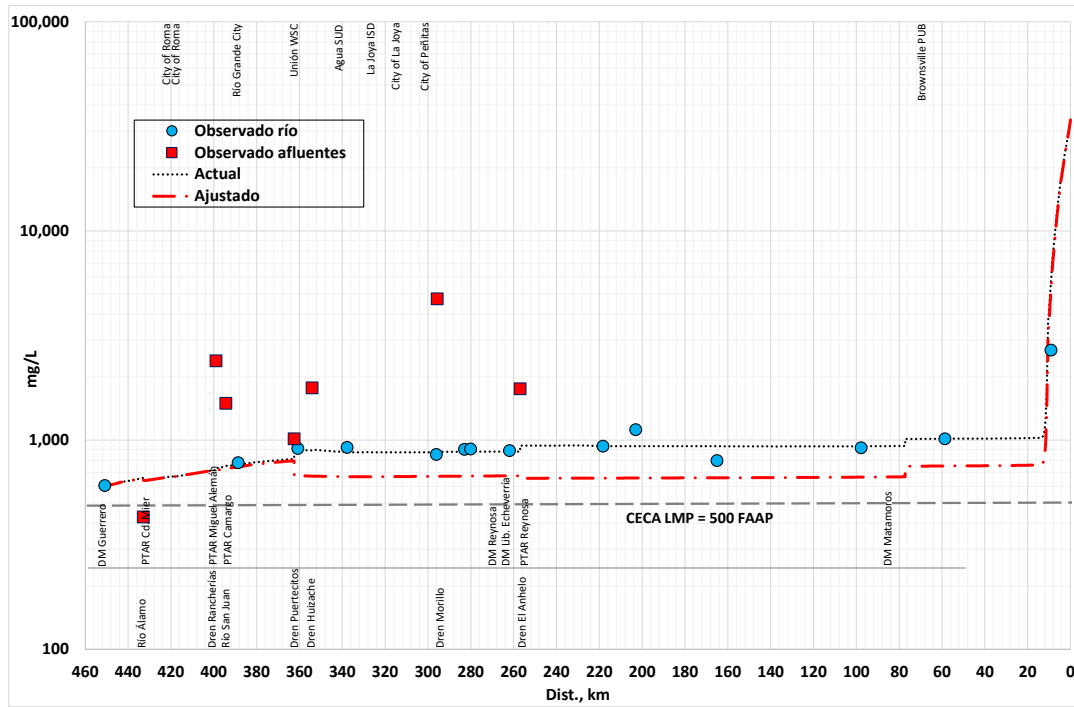


Figura 277. Sólidos Disueltos Totales Marzo 2015

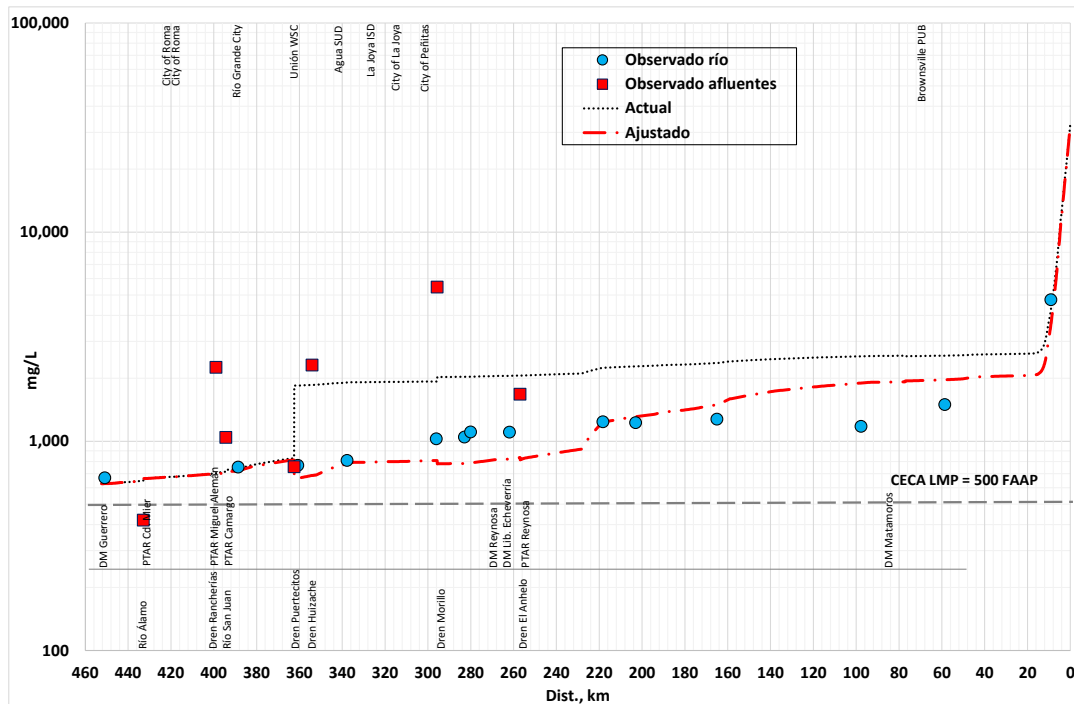


Figura 278. Sólidos Disueltos Totales Noviembre 2015

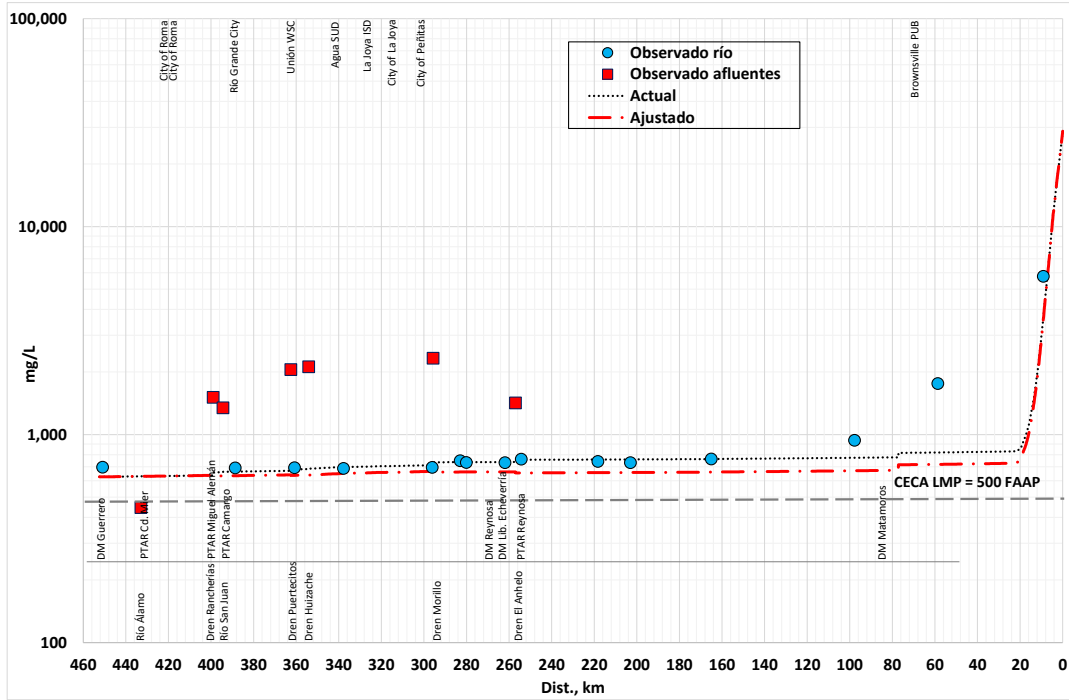


Figura 279. Sólidos Disueltos Totales Abril 2016

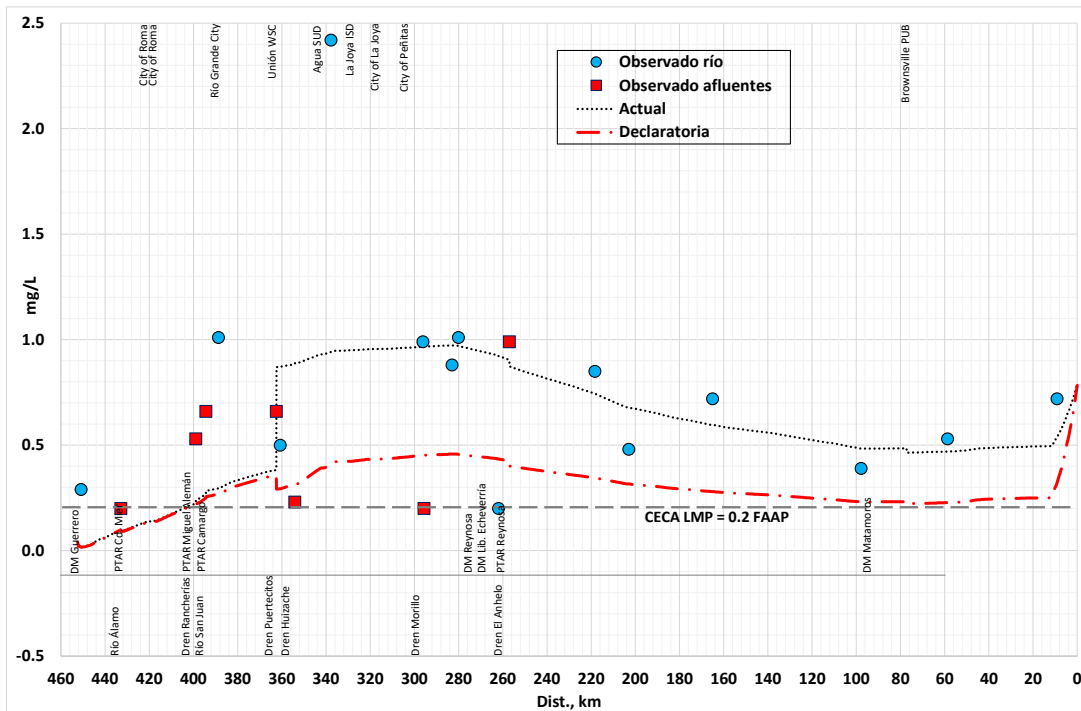


Figura 280. Sulfuros Marzo 2015



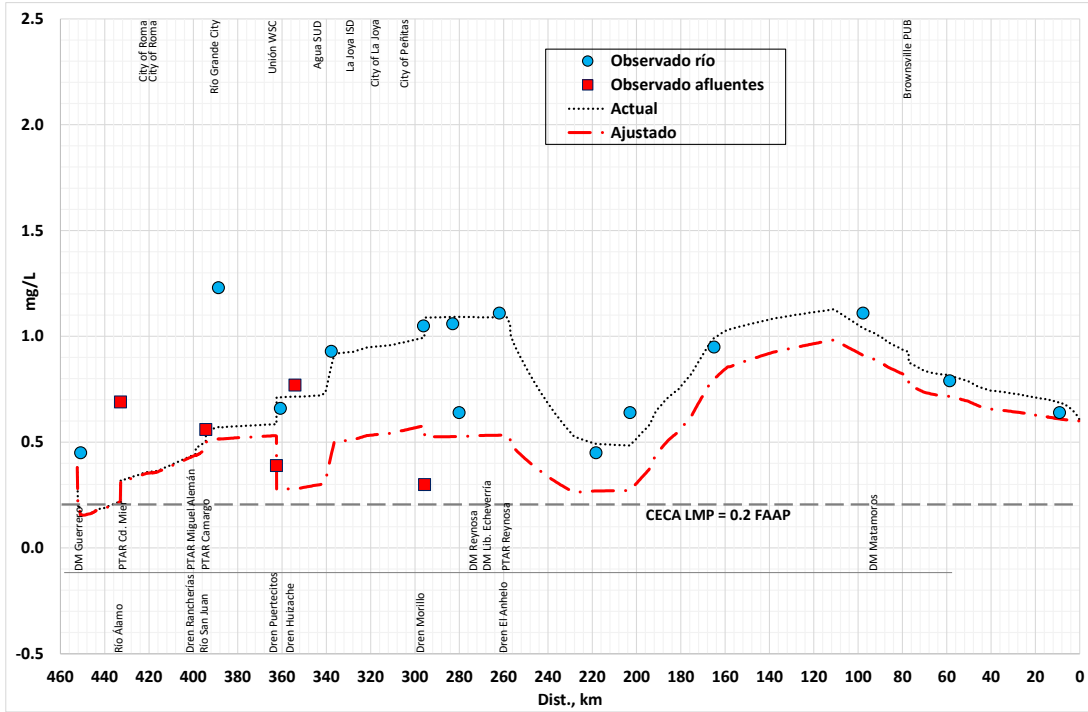


Figura 281. Sulfuros Noviembre 2015

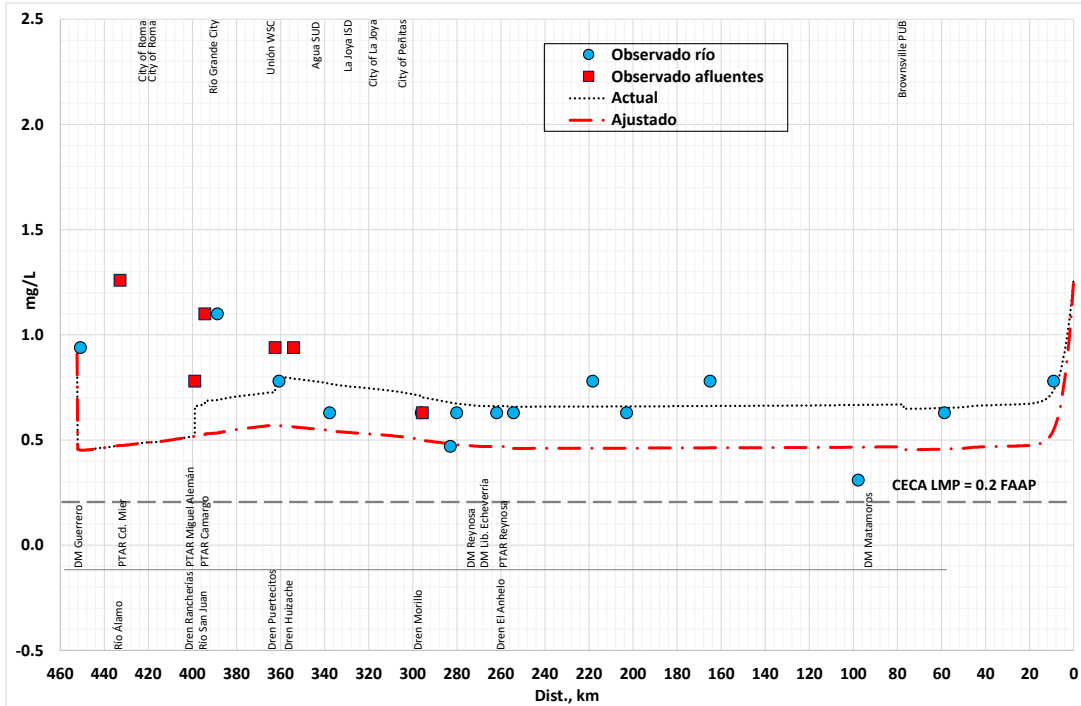


Figura 282. Sulfuros Abril 2016

Los resultados de las simulaciones considerando los drenes como descargas, y asignándole condiciones particulares a estos drenes para cumplir con los criterios ecológicos en río se resume a continuación;

En relación al Fósforo, en marzo baja la concentración por abajo del criterio por el efecto de la disminución de las descargas del Dren El Anhelo y hasta antes de la incorporación de la descarga de Brownsville, en agosto, noviembre y abril no existe cambio con respecto al escenario de descarga normales.

Con respecto a los Sólidos Disueltos Totales, en marzo con la incorporación del Dren Puertecitos se logra bajar en 200 mg/L la concentración en el río, no obstante no se cumple con el criterio, en agosto no se tiene un cambio significativo, en noviembre después de Puertecitos baja la concentración de 2,000 a 700 mg/L en el río pero se sigue excediendo el criterio de 500 mg/L, y en abril se obtiene una disminución de 100 mg/L en la concentración en el río pero esta se mantiene arriba de los 500 mg/L.

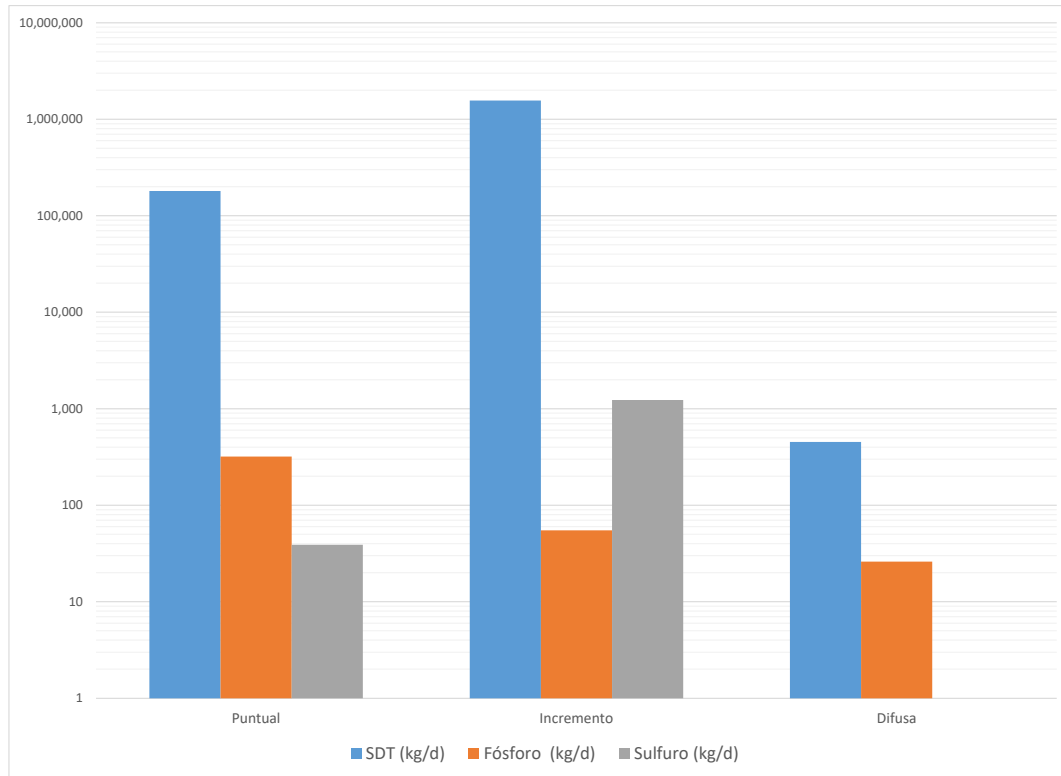
Los Sulfuros en el mes de marzo el dren Puertecitos permite bajar la concentración en el río de 0.9 a 0.3 mg/L pero se mantiene por arriba del criterio de 0.2 mg/L, en el mes de agosto no se tiene cambio alguno en el comportamiento de este parámetro, en noviembre el dren Puertecitos permite bajar la concentración en el río de 0.7 a 0.3 mg/L pero se mantiene por arriba del criterio, y en el mes de abril el mismo dren Puertecitos baja la concentración de 0.6 a 0.5 mg/L pero al igual que en los demás meses se está por arriba del criterio.

La razón por la cual no es posible reducir las concentraciones de estos parámetros en el río al fijar condiciones de descarga a los drenes, se debe a que se está considerando la aportación de fuentes no puntuales correspondientes a retornos agrícolas, aportación por animales de granja, silvestres y población sin servicio de drenaje principalmente. Es decir, se tiene una incorporación de carga debido al aporte a lo largo del río de origen no puntual, lo que origina un incremento en la concentración de varios parámetros en el río, independiente de los valores iniciales en cada tramo, y al aporte de descargas puntuales de aguas residuales.

En la tabla 167 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** a la tabla 170 y en la figura 242 a la figura 245, se indican la magnitud de las cargas por fuente, en donde además se señala la carga correspondiente por incremento debido a retornos agrícolas, en donde se puede apreciar que la magnitud del aporte de las fuentes no puntuales e incrementos, en ciertos meses supera al de las fuentes puntuales.

**Tabla 184. Aportaciones por fuente en el mes de marzo 2015**

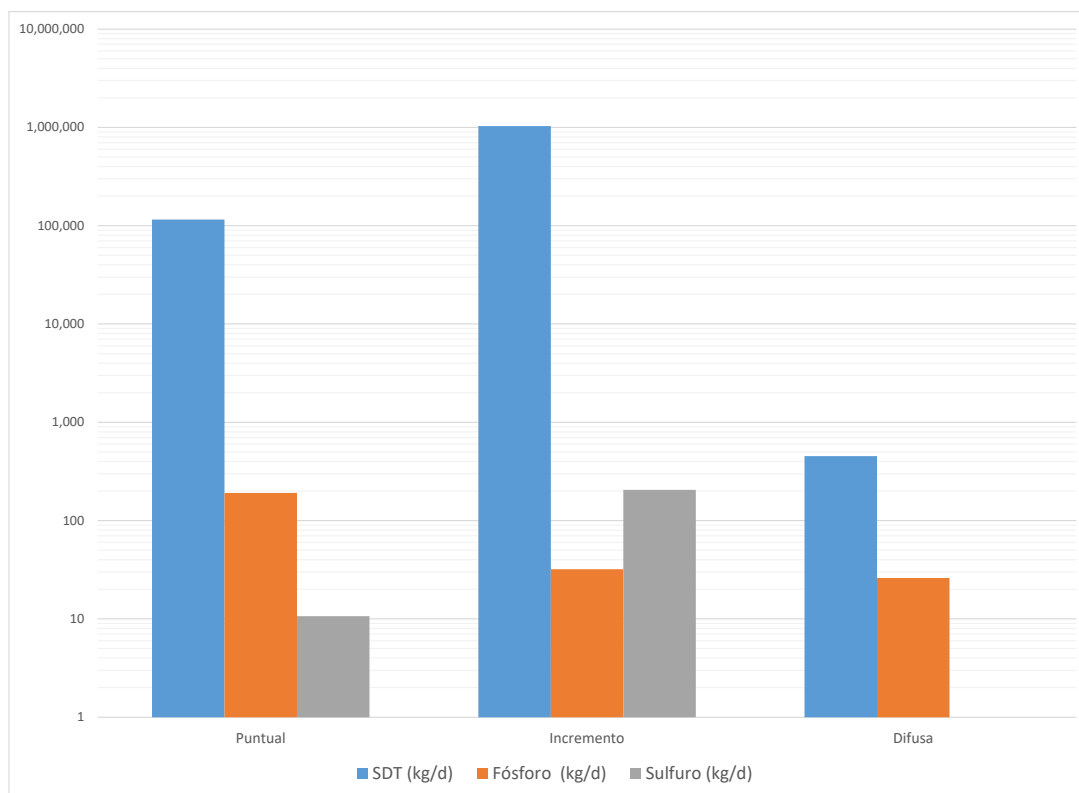
PARÁMETRO	PUNTUAL	INCREMENTO	DIFUSA
Cloruro (kg/día)	63,497	399,801	136
SDT (kg/día)	180,727	1,560,349	452
DBO (kg/día)	468	1,232	2,643
Nitrógeno (kg/día)	1,833	1,125	590
Fósforo (kg/día)	320	55	26
SST (kg/día)	2,947	152,285	2,185
Coliformes Fecales(NMP/100 mL)	1.5E+12	1.2E+12	3.1E+13
Sulfuro (kg/día)	39	1,232	No aporta



**Figura 283. Aportaciones por fuente en el mes de marzo 2015**

**Tabla 185. Aportaciones por fuente en el mes de agosto 2015**

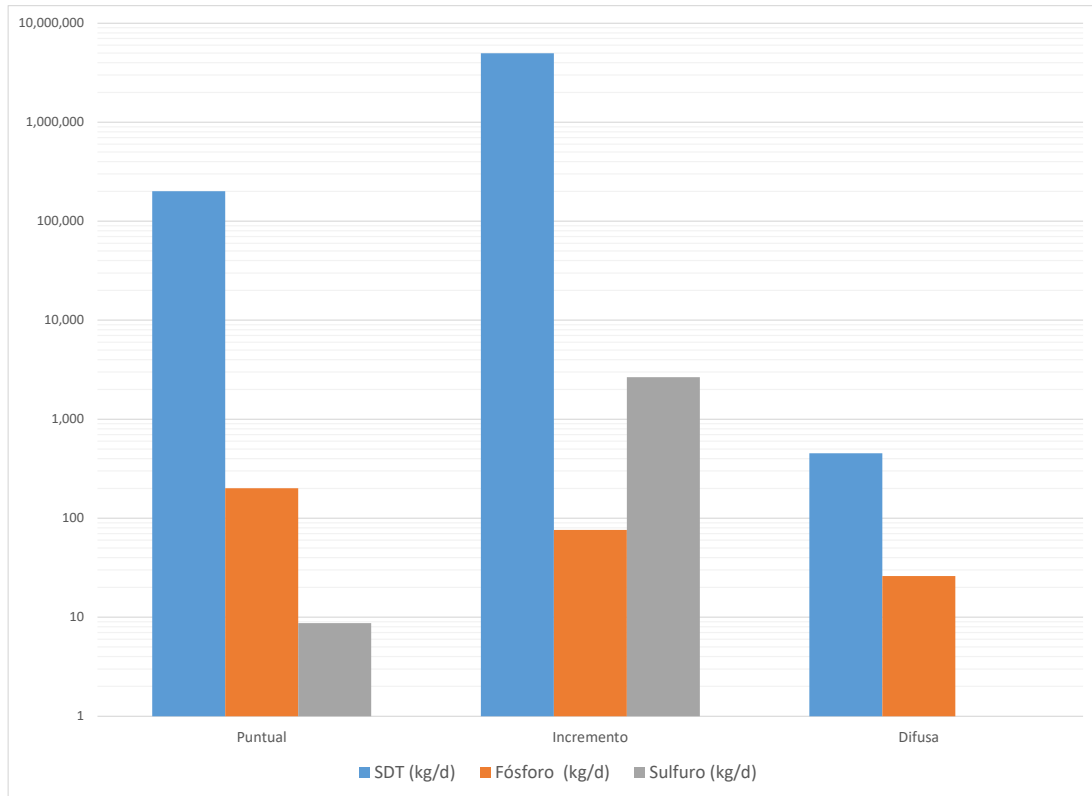
PARÁMETRO	PUNTUAL	INCREMENTO	DIFUSA
Cloruro (kg/d)	27,757	213,873	136
SDT (kg/d)	115,325	1,033,751	452
DBO (kg/d)	751	713	2,643
Nitrógeno (kg/d)	1,466	640	590
Fósforo (kg/d)	191	32	26
SST (kg/d)	1,530	88,118	2,185
Coliformes Fecales(NMP/100 mL)	2.6E+11	7.1E+11	3.1E+13
Sulfuro (kg/d)	11	205	No aporta



**Figura 284. Aportaciones por fuente en el mes de agosto 2015**

**Tabla 186. Aportaciones por fuente en el mes de noviembre 2015**

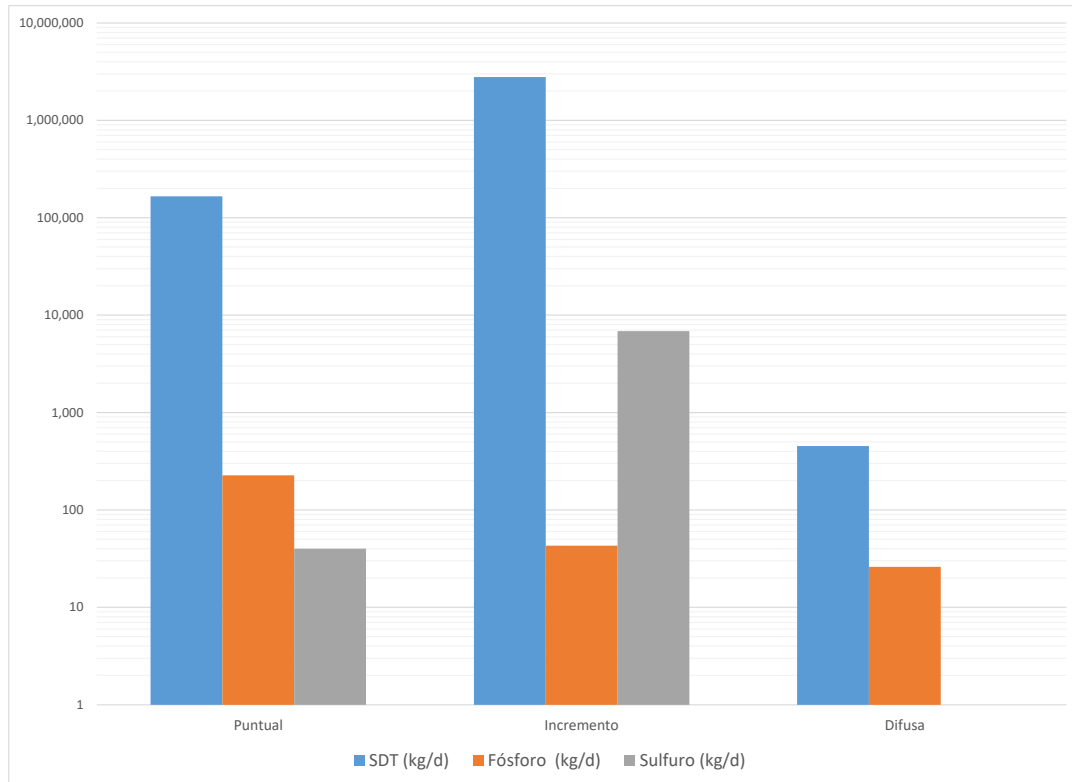
PARÁMETRO	PUNTUAL	INCREMENTO	DIFUSA
Cloruro (kg/d)	49,665	590,576	136
SDT (kg/d)	200,570	4,965,888	452
DBO (kg/d)	1,479	1,687	2,643
Nitrógeno (kg/d)	1,784	1,515	590
Fósforo (kg/d)	201	76	26
SST (kg/d)	1,970	208,558	2,185
Coliformes Fecales(NMP/100 mL)	1.6E+13	1.7E+12	3.1E+13
Sulfuro (kg/d)	9	2,658	No aporta



**Figura 285. Aportaciones por fuente en el mes de noviembre 2015**

**Tabla 187. Aportaciones por fuente en el mes de abril 2016**

PARÁMETRO	PUNTUAL	INCREMENTO	DIFUSA
Cloruro (kg/d)	27,168	14,367	136
SDT (kg/d)	166,006	2,781,160	452
DBO (kg/d)	12,150	1,256	2,643
Nitrógeno (kg/d)	3,971	3,679	590
Fósforo (kg/d)	227	43	26
SST (kg/d)	1,391	116,803	2,185
Coliformes Fecales(NMP/100 mL)	1.1E+12	9.5E+10	3.1E+13
Sulfuro (kg/d)	40	6,854	No aporta



**Figura 286. Aportaciones por fuente en el mes de abril 2016**

## 6.6. RESULTADOS

Los resultados de la modelación del escenario de propuesta de Declaratoria indican lo siguiente:

**Oxígeno Disuelto;** Para los cuatro meses, y asignando los valores de la propuesta de declaratoria a las descargas, y los valores observados en el caso de que estos fueran mayores, se encontró en las simulaciones que no se presenta efecto alguno en la curva de Oxígeno Disuelto en el río, y se cumple el criterio de 5.0 mg/L en los cuatro meses.

**Grasas y Aceites;** En los meses de noviembre, agosto del 2015 y abril del 2016 se observa que el criterio de 10 mg/L (FAAP) se ve superado en los drenes Puertecitos y Anhelito. Al correr con el valor de la propuesta de declaratoria, no hay cambios en la curva de GyA en el río, y el criterio de 10 mg/L no se ve superado en todo el río Bravo.

**SAAM;** En noviembre un sitio en el río excede el criterio de la LFD y en agosto el dren El Anhelito también supera el criterio de 0.5 mg/L. Los valores observados en las descargas estuvieron por debajo del valor propuesto en la declaratoria (5 mg/L). La simulación indica un comportamiento similar al observado, y el criterio en el río no se excede en algún sitio del Bajo Río Bravo.

**Sólidos Suspendidos Totales;** Al comparar los valores observados con el criterio de calidad dado por CONAGUA, el río Bravo mantiene un estatus de calidad del agua de “excelente” a “aceptable”, excepto en marzo, cuando el dren El Anhelito indica un estatus de contaminado y en abril los Drenes Rancherías y El Morillo indican el mismo estatus. Al ingresar el valor en las descargas propuesto en la declaratoria, se obtiene un comportamiento para este parámetro similar al observado en cada uno de los meses de muestro.

Demanda Bioquímica de Oxígeno; Este parámetro de acuerdo a los indicadores de calidad del agua de CONAGUA, presenta condiciones de calidad de “excelente” a “aceptable” en el río Bravo. Al asignar el límite permisible de la declaratoria no se muestra cambio alguno con respecto a la curva de comportamiento observada en los cuatro meses.

Nitrógeno Total; Los registros indican que los valores de NT oscilan entre 0.3 a 6.3 mg/L en el río Bravo para los cuatro meses de muestreo. Se observaron valores cercanos a los 50 mg/L en el Dren El Anhelito. Al correr con los límites máximos de la declaratoria en las descargas, no se observa cambio con respecto a los valores observados en los cuatro meses en el río. No existe criterio de calidad del agua para este parámetro en cuerpos de agua superficiales.

Nitrógeno Amoniacal; Las simulaciones para marzo indican un máximo de 0.56 mg/L en el río. Para los otros 3 meses, el máximo en el río no sobrepasa 0.2 mg/L. En este mes se observaron los valores más altos (7 mg/L) en Dren Anhelito y Rancherías. El dren Anhelito y descarga de Brownsville incrementan la concentración en el río en 0.17 a 0.20 mg/L en las zonas 3 y 6 respectivamente. Al correr con el límite máximo de la declaratoria, no se observa cambio alguno con respecto a los valores observados en los cuatro meses en el río. No existe criterio de calidad del agua para este parámetro para el uso fuente de abastecimiento de agua potable.

Fósforo Total; Este parámetro presente valores abajo del criterio de calidad en los meses de marzo y noviembre al inicio del río, desde la presa Internacional Falcón hasta el Dren El Anhelito. Para el resto de los meses todo el río supera el criterio. Al asignar el límite máximo de la declaratoria en las descargas, se observa un comportamiento similar al observado para cada mes de muestreo.

Arsénico; En el río no se sobrepasa el criterio de 50 µg/L. Los valores registrados en las descargas esta por abajo del límite de detección de la técnica y de los valores guía propuestos. Se registraron valores durante los cuatro muestreos y la máxima concentración en río ocurre después del río San Juan con 7 µg/L en el mes de noviembre. El Dren El Morillo mantiene concentraciones entre 7 a 10 µg/L, y en Dren El Anhelito entre 3 a 8 µg/L. Al asignar en el modelo el límite máximo de la declaratoria, no se presenta cambio alguno con respecto a las curvas de comportamiento observadas.

Cadmio; En el río el Cadmio no sobrepasa el criterio de 10 µg/L. Todos los valores reportados en las descargas están por abajo del límite de detección. La máxima concentración en río se da en marzo con un valor de 1.8 µg/L en desembocadura, y en agosto los valores no sobrepasan los 1.5 µg/L. En cuanto a los afluentes, en marzo el río Álamo reporta 1.9 µg/L, y en agosto el Dren Rancherías registra el valor más alto con 4.1 µg/L. Al asignar en el modelo el límite máximo de la declaratoria, no se presenta cambio alguno con respecto a las curvas de comportamiento observadas.

Cobre; En el río no se sobrepasa el criterio de 1 mg/L. No se tienen valores observados en río ni en afluentes, las concentraciones están por debajo de límite de detección. Dado que las concentraciones en las descargas están también por debajo de límite de detección, se asumen para los cuatro meses curvas de no respuesta o de concentración cero.

Cromo; En el Bajo Río Bravo no se sobrepasa el criterio de 0.05 mg/L. No se tienen valores observados en río en marzo, noviembre y abril. En agosto dos estaciones de río reportan 0.045 y 0.022 mg/L. En el mes de abril el Dren El Anhelito reporta una concentración arriba del criterio con 0.053 mg/L. Al simular el límite máximo de la declaratoria en las descargas para el mes de agosto, se observa una curva de comportamiento similar a la observada. Para los meses de marzo, noviembre y abril se tienen curvas de no respuesta o de concentración cero.

Cianuro; En el Bajo Río Bravo no se sobrepasa el criterio de 0.2 mg/L. No se tienen valores observados en río, todos están por debajo de límite de detección. Dado que las concentraciones en las descargas están también por debajo de límite de detección, se asumen para los cuatro meses curvas de no respuesta o de concentración cero.

Mercurio; Se tiene un criterio de 1.0 µg/L. En los meses de marzo, agosto y abril las concentraciones registradas tanto en río, afluentes y descargas están por debajo del límite de detección de la técnica. En el mes de noviembre se tuvieron valores registrados en río entre 1.1 a 1.3 µg/L y en Drenes entre 1.0 a 1.6 µg/L. Asignando el límite máximo de la declaratoria en las descargas para el mes de noviembre, el modelo predice un comportamiento similar a la curva observada. Para los demás meses, es decir marzo, agosto y abril se tienen curvas de no respuesta o de concentración cero.

Níquel; Para este parámetro se tiene un criterio de 0.01 mg/L. Para los meses de marzo, noviembre y abril, todos los valores en río, afluentes, drenes y descargas están por abajo del límite de detección. En el mes de agosto se detectaron valores en río y drenes que sobrepasaron el criterio señalado. Así en río se registraron dos valores con 0.052 y 0.060 mg/L, y en drenes tres valores entre 0.052 a 0.072 mg/L. El modelo predice para agosto, y con el límite máximo de la declaratoria, un comportamiento similar al observado para este mes. Para los demás meses, es decir marzo, noviembre y abril, se tienen curvas de no respuesta o de concentración cero.

Plomo; El criterio de 50 µg/L no se sobrepasa en el río. Solo en marzo se observaron valores de este parámetro, siendo los valores en drenes los más altos entre 5 a 23 µg/L, con el valor más alto en Dren Huizache. Respecto al río los valores oscilaron entre 5 a 12 µg/L con el valor más alto en la desembocadura. En el mes de abril solo se registró una concentración en el río San Juan con 5 µg/L. El modelo predice para marzo con el límite máximo de la declaratoria, un comportamiento similar al observado para este mes. Para los demás meses, es decir agosto, noviembre y abril, se tienen curvas de no respuesta o de concentración cero.

Zinc; Este parámetro no sobrepasa el criterio de 5 mg/L en el río. Para el mes de marzo el modelo predice una concentración entre 0.018 a 0.100 mg/L y en el mes de agosto, inicia con una concentración de cero y sube a 0.06 mg/L después del río San Juan. Para los meses de abril y noviembre los valores en río, afluentes, drenes y descargas están por abajo del límite de detección, por tanto, para estos meses se tienen curvas de no respuesta o de concentración cero. Con respecto a marzo y agosto, con los límites máximos de la declaratoria, la curva de comportamiento de este parámetro es la misma a la observada.

Coliformes Fecales; En el mes de marzo y noviembre se observó en la zona 1 del Bajo Río Bravo a la altura del dren Rancherías condiciones de calidad del agua "contaminada" de acuerdo al indicador de calidad del agua de la CONAGUA. Las simulaciones de calidad con el modelo, indican que para los meses de marzo y noviembre y con el límite máximo de la declaratoria en las descargas, disminuye la concentración de Coliformes Fecales en el Bajo Río Bravo a partir del Dren El Anhelito (zona 3). Para los meses de agosto y abril, este escenario no cambia la calidad del agua en cuanto a Coliformes con respecto a las condiciones actuales. Cabe señalar que la condición de calidad del agua se mantiene entre "excelente" a "aceptable" en todo el río, excepto en el segmento señalado y en los meses de marzo y noviembre.

Escherichia Coli; Se tiene un comportamiento similar a los Coliformes Fecales. En el mes de marzo y noviembre se observó una zona en la parte alta con condiciones cercanas a "contaminada" de acuerdo al criterio de calidad del agua de CONAGUA. Para este parámetro y al asignar el límite máximo de la declaratoria, las simulaciones indican que no cambian las condiciones observadas, excepto en el mes de noviembre, en el cual se tiene una mejora en la calidad del agua a partir del Anhelito, al pasar de condiciones de calidad "aceptable" a "excelente" en el río a partir del sitio señalado.



Demanda Química de Oxígeno; Este parámetro tiende a ir de una calidad excelente en la parte inicial de río y tiende a bajar su calidad a aceptable hacia la desembocadura. Durante los cuatro meses el Dren El Anheló presentó condiciones de “contaminado” respecto al indicador de calidad del agua de CONAGUA. El escenario de asignar el límite máximo de la declaratoria, no altera las condiciones observadas en el río. La modelación del mes de agosto indica que el río presenta condiciones de calidad “contaminado” a partir del río San Juan, pero en este mes no se tienen valores observados en el río con que calibrar.

Sólidos Disueltos Totales; Los valores observados en río están entre 600 a 1,000 mg/L en los meses de marzo, agosto y abril, y alcanza un valor de 3,000 en el mes de noviembre. Con el escenario de asignar el límite máximo de la declaratoria en descargas, no se percibe cambio alguno respecto a los valores observados en los cuatro meses. Los valores altos se presentaron en los afluentes y drenes. En todo el río se tienen concentraciones que sobrepasan el criterio de 500 mg/L.

Color; Los valores reportados en los muestreos indican un rango de variación entre 4 a 30 UPt-Co. Los resultados de la simulación del escenario de asignar el límite máximo de la declaratoria en descargas, indican un comportamiento similar al observado en los cuatro meses. Este parámetro no supera el criterio de 75 Pt-Co en ningún sitio del río.

Conductividad; Los valores en el río muestran concentraciones entre 370 a 2,764  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Al igual que los SDT, los drenes y afluentes reportan los valores de hasta 6,466  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el dren Morillo. El escenario de asignar el límite máximo de la declaratoria en descargas, predice concentraciones similares a las observadas en los cuatro meses. No existe criterio para este parámetro.

Sulfatos; Las concentraciones en el río no superaron el criterio de 500 mg/L en los cuatro muestreos. No obstante, en los muestreos, cuatro drenes exceden el criterio mencionado. Al correr el escenario de asignar el límite máximo de la declaratoria en descargas, los valores obtenidos por el modelo coinciden con los valores observados en cada uno de los cuatro meses, es decir no afecta al río los valores guía asignados a las descargas en este escenario.

Boro; Los valores en el río oscilan entre 0.048 y 0.66 mg/L, y el criterio indica un valor de 1 mg/L. Con escenario de asignar el límite máximo de la declaratoria en descargas, no se observa cambio alguno respecto a los valores observados en los cuatro meses, y estos se mantienen por abajo del criterio mencionado. Cabe señalar que durante los muestreos el dren Morillo excede el criterio en 3 de las 4 campañas.

Fluoruro; Las concentraciones en el río oscilan entre 0.3 y 0.9 mg/L, el criterio indica un valor de 1.5 mg/L. Con escenario de asignar el límite máximo de la declaratoria en descargas, no hay cambio alguno con respecto al comportamiento observado durante los cuatro muestreos. Durante las campañas de muestreo de marzo y noviembre, los drenes Morillo y El Anheló excedieron el criterio señalado.

Cloruros; Este parámetro presentó valores altos en cinco drenes durante las campañas de muestreo de marzo y agosto. No obstante, los valores en el río están por abajo del criterio de 250 mg/L. El modelo predice este comportamiento para los valores observados, y para el escenario “declaratoria” los valores coinciden con los valores actuales, es decir no hay cambio en el río al asumir los valores guía de este escenario.

Sulfuros; Se tiene un criterio de 0.2 mg/L para ese parámetro. En las cuatro campañas de muestreo los valores exceden este criterio al presentar concentraciones entre 0.29 a 1.26 mg/L. Al correr el escenario “declaratoria”, no se presenta cambio con respecto a los valores observados en los cuatro meses y se excede el criterio.

Fenoles; No hay criterio para este parámetro. Se registraron valores en el río en noviembre entre 1.8 y 4.5  $\mu\text{g}/\text{L}$  (en los otros 3 meses no se reportan valores). Con escenario de asignar el límite máximo de la declaratoria en descargas,

el comportamiento en el río en el mes de noviembre es similar al observado, es decir no se tiene efecto al asumir los valores guía en las descargas. Para los tres meses restantes, al tener valores por abajo del límite de detección, se asumieron valores de concentración 0, y por ende se tiene una respuesta “cero” en el río.

Manganeso; El criterio para este parámetro es de 0.1 mg/L. Los valores en el río están entre 20 a 73 mg/L. Es decir, se excede el criterio en todo el río. Con el escenario de asignar el límite máximo de la declaratoria en descargas el comportamiento de este parámetro es similar al observado en los cuatro meses, es decir las descargas con los valores guía no alteran las concentraciones observadas en el río.

Cloroformo; Se tiene un criterio para este parámetro de 30 µg/L. No se observaron valores de Cloroformo en el río durante los muestreos. En las descargas se registraron valores en los meses de marzo y agosto. Solo se tiene una curva de respuesta durante el mes de marzo y con el escenario de asignar el límite máximo de la declaratoria en descargas, el comportamiento es el mismo al observado. Para el resto de los meses (agosto, noviembre y abril) se tiene una curva de respuesta “cero”, al asumir valores cero en las descargas.

Etilbenceno; Se tiene un criterio para este parámetro de 300 µg/L. No se observaron valores en el río ni en las descargas durante los muestreos. Al asumir valores cero en las descargas (al ser menores que el valor guía dado en el escenario de asignar el límite máximo de la declaratoria en descargas, y al no tener un aporte no puntual, se tiene una curva de respuesta “cero” para los cuatro meses.

Bis 2-Etilhexil Ftalato; Se tiene un criterio para este parámetro de 32 µg/L. En el mes de noviembre se registró un valor en el Dren El Anheló de 1.1 µg/L, en el mes de abril se registraron valores en el río por debajo de 0.5 µg/L y en el Dren El Anheló de 6.12 µg/L. Para el caso del escenario de asignar el límite máximo de la declaratoria en descargas, se tiene que la respuesta del río respecto a este parámetro es la misma que la observada. En los meses de marzo y noviembre se tiene una respuesta cero del río, en el mes de agosto se tiene un incremento hasta de 10 µg/L por efecto del dren Rancherías, y en el mes de abril una respuesta con un ligero incremento de hasta 0.4 µg/L. En todos los casos los valores no exceden el criterio en el río.

Dietilftalato; Se tiene un criterio para este parámetro de 350 µg/L. Solo en el mes de abril se registraron valores de 0.53 µg/L en río y 1.77 µg/L en el Dren El Anheló. Al asumir valores cero en las descargas (al ser menores que el valor guía dado en el escenario de asignar el límite máximo de la declaratoria en descargas, y al no tener aportes no puntuales, se tiene una curva de respuesta “cero” para los cuatro meses.

Tolueno; Se tiene un criterio para este parámetro de 700 µg/L. No se observaron valores en el río durante los muestreos. Se reportan concentraciones en las descargas en marzo y agosto. Al asumir valores cero en las descargas (los valores están por debajo del límite de detección), las dadas por las guías en el escenario de asignar el límite máximo de la declaratoria en descargas, y al no tener aportes no puntuales, se obtienen curvas de respuesta “cero” para los cuatro meses.

Diclorobencenos; Se tiene un criterio para este parámetro de 400 µg/L. No se observaron valores en el río durante los muestreos. Se registraron concentraciones en las descargas en agosto. Al asumir los valores cero en las descargas (los valores están por debajo del límite de detección), y al no tener aportes no puntuales, se obtienen curvas de respuesta “cero” para los cuatro meses.

En la tabla 171, se presenta el resumen por parámetro analizado y modelado con los escenarios de la NOM-001-SEMARNAT y con la Declaratoria.

Los resultados de la modelación con los escenarios de cumplimiento normativo, y de la Declaratoria, indican un comportamiento similar a las condiciones actuales, ya que el río Bravo en general, presenta bajas concentraciones

de contaminantes como la DBO, DQO, SST, NT, metales pesados y compuestos orgánicos. Al asignar el valor límite máximo de la propuesta de declaratoria, se observó una disminución en la concentración de los siguientes parámetros; Nitrógeno Amoniacal, Coliformes Fecales y Escherichia Coli, en las zonas 1 y 3. Los parámetros que no disminuyen sus concentraciones fueron; Sólidos Disueltos Totales, Fósforo Total, Sulfuros y Manganeso, cuyas concentraciones en el río superan al criterio de calidad del agua para fuente de abastecimiento de agua potable.

El Bajo Río Bravo tiene una capacidad de dilución importante para la mayoría de los contaminantes en las seis zonas, exceptuando los que se señalan en el párrafo anterior. La concentración de Oxígeno Disuelto se mantiene a lo largo del cauce por arriba de los 5 mg/L, aún después de la zona 3 donde se concentran las fuentes puntuales de contaminación más importantes proveniente de la Ciudad de Reynosa.

Con la calibración y validación del modelo LAQUAL, se cuenta con una herramienta para utilizarse en el manejo y gestión del Bajo Río Bravo, de tal manera que permitirá predecir el impacto de las descargas actuales y potenciales, con alcances en la planificación del cumplimiento de la normatividad y estándares de calidad del agua para los usos establecidos.

**Tabla 188. Descripción de escenarios modelados por fecha de muestreo**

PARÁMETRO	MARZO	AGOSTO	NOVIEMBRE	ABRIL
<b>Oxígeno Disuelto</b>	Valores > 8 mg/L, los escenarios no alteran la concentración de OD. El mínimo observado fue de 5.7 mg/L.	Valores > 7 mg/L, los escenarios no alteran la concentración de OD.	Valores > 6.5 mg/L, los escenarios no alteran la concentración de OD. El mínimo observado fue de 5.8 mg/L.	Modelo predice valores > 8 mg/L, los escenarios no alteran la concentración de OD. Los valores observados indican un valor de 4 mg/L en río (Puente Pharr).
<b>Grasas y Aceites</b>	Criterio de 10 mg/L, pocos valores observados en río alrededor de 9 mg/L. El comportamiento no cambia al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria.	Sin datos observados en el río con que calibrar. Descargas por abajo límite de detección, se asumieron valores cero en las mismas. Curva de respuesta cero. Los datos observados indican incumplimiento en Puertecitos y Anheló (16 y 13 mg/L).	No hay efecto alguno al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria en la concentración de G y A en el río. Los datos observados indican incumplimiento en Anheló y estación en Matamoros (13.4 y 13.4 mg/L).	No hay efecto alguno al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria en la concentración de G y A en el río. Los datos observados indican incumplimiento en Anheló (13.4 mg/L).
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	Condición de calidad entre "excelente" a "aceptable", incremento por Puertecitos. No hay cambio al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria. Dren Anheló en condición de "contaminado" en este mes.	Condición de calidad entre "excelente" a "aceptable". No hay cambio al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria.	Condición de calidad entre "excelente" a "aceptable", incremento por Puertecitos. No hay cambio al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria.	Condición de calidad entre "excelente" a "aceptable", incremento por Puertecitos. No hay al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria. Valores en drenes Rancherías y Morillo indican calidad de contaminados.

PARÁMETRO	MARZO	AGOSTO	NOVIEMBRE	ABRIL
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	Condición de calidad entre “buena” a “aceptable”. No hay cambio al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria.	Condición de calidad entre “excelente” a “buena”. No hay cambio al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria.	Condición de calidad entre “excelente” a “buena”. No hay cambio al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria.	Condición de calidad entre “excelente” a “buena”. No hay cambio al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria. Dren Anhelo presenta condición de contaminado en este mes.
<b>Nitrógeno Total</b>	Valores observados en el río entre 0.9 a 4 mg/L. Dos drenes con concentraciones arriba de 10 mg/L. No hay cambio en la curva de comportamiento del NT al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria.	Valores observados en el río entre 2 a 4.6 mg/L. Dren Anhelo con concentraciones arriba de 40 mg/L. No hay cambio en la curva de comportamiento del al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria.	Valores observados en el río entre 0.3 a 3.6 mg/L. Valores observados en dos drenes cerca de 10 mg/L. No hay cambio en la curva de comportamiento del NT al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria.	Valores observados en el río entre 1 a 6.3 mg/L. Dren Anhelo con concentraciones arriba de 20 mg/L. No hay cambio en la curva de comportamiento del NT al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria.
<b>Fósforo Total</b>	Los valores observados indican incumplimiento a partir del Anhelo. Al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria el río incumple el Criterio después del Anhelo, y el río alcanza una concentración de 0.25 mg/L y sube después de Brownsville a 0.6 mg/L.	Los valores observados indican incumplimiento en todo el río. Al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria, el comportamiento es el mismo al observado en este mes. El Anhelo alcanza una concentración de 10 mg/L.	Los valores observados indican incumplimiento en todo el río excepto en dos estaciones. Al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria, el comportamiento es el mismo al observado en este mes.	Los valores observados indican incumplimiento a partir del Anhelo. Al asignar el límite máximo de la propuesta de declaratoria, el comportamiento es el mismo al observado en este mes. El Anhelo registra un observado de 2.13 mg/L.
<b>Arsénico</b>	Criterio de 50 µg/L. Los valores en el río están por debajo de 8 µg/L. No hay cambio en la curva de comportamiento del Arsénico al asignar el límite máximo de la declaratoria.	Los valores están entre 1.4 a 5 µg/L. No hay cambio en la curva de comportamiento del Arsénico al asignar el límite máximo de la declaratoria.	Los valores en el río están por debajo de 5.5 µg/L. No hay cambio en la curva de comportamiento del Arsénico al asignar el límite máximo de la declaratoria.	Los valores en el río están entre 0.9 a 3.5 µg/L. No hay cambio en la curva de comportamiento del Arsénico al asignar el límite máximo de la declaratoria.
<b>Cadmio</b>	Criterio de 10 µg/L. Se tiene solo un dato observado de 1.8 µg/l en desembocadura y 1.9 y 4.2 µg/l en	Los valores observados en el río están entre 0 a 1.3 µg/L. Los afluentes tienden a tener valores más altos, en	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero

PARÁMETRO	MARZO	AGOSTO	NOVIEMBRE	ABRIL
	afluentes. No hay cambio en la curva de comportamiento del Cadmio al asignar el límite máximo de la declaratoria.	Rancherías se registró un valor de 4.1 µg/L. No hay cambio en la curva de comportamiento del Cadmio al asignar el límite máximo de la declaratoria.	ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.
<b>Cobre</b>	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.
<b>Cromo</b>	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	Criterio 0.05 mg/L. Se presentaron dos valores observados en el río con valores abajo del criterio. No hay cambio en la curva de comportamiento del Cromo por los escenarios NOM y Declaratoria.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.
<b>Cianuro</b>	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.
<b>Mercurio</b>	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	Criterio en el río de 1.0 µg/L. Valores observados por arriba del Criterio tanto en río como en afluentes y drenes. No hay cambio en la curva de comportamiento del Mercurio en este mes al asignar el límite máximo de la declaratoria.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.

PARÁMETRO	MARZO	AGOSTO	NOVIEMBRE	ABRIL
<b>Níquel</b>	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	Criterio 0.01 mg/L. Dos valores observados en río y tres en afluentes exceden el Criterio. No hay cambio en la curva de comportamiento del Cromo al asignar el límite máximo de la declaratoria.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.
<b>Plomo</b>	Criterio 50 µg/L. El máximo valor observado es de 11.8 en desembocadura y 23 en Rancherías. No hay cambio en la curva de comportamiento del Plomo por los escenarios NOM y Declaratoria.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	Solo un dato observado en dren Rancherías con 5 µg/L. No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.
<b>Zinc</b>	Criterio 5.0 mg/L. Sin valores observados en río solo en descargas. Con escenarios se incrementa después del Anheló a 0.45 mg/L. No hay cambio en la curva de comportamiento del al asignar el límite máximo de la declaratoria.	Sin valores observados en río solo en descargas. No hay cambio en la curva de comportamiento del Zinc al asignar el límite máximo de la declaratoria.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No hay datos observados en el río, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.
<b>Coliformes Fecales</b>	Calidad entre excelente a contaminada en un segmento corto en la parte alta del río. El dren Anheló incrementa la concentración en río significativamente. No hay cambio en la curva de comportamiento de Coliformes al asignar el límite máximo de la declaratoria.	La calidad en el río se mantiene entre excelente a buena. No hay cambio en la curva de comportamiento de Coliformes al asignar el límite máximo de la declaratoria.	Calidad entre excelente a aceptable. Con los escenarios hay un cambio fuerte de calidad después del Anheló al pasar de calidad aceptable a excelente, en el resto del río los escenarios mantienen la curva de comportamiento del mes.	Calidad se mantiene en excelente en todo el río. No hay cambio en la curva de comportamiento de Coliformes al asignar el límite máximo de la declaratoria.

PARÁMETRO	MARZO	AGOSTO	NOVIEMBRE	ABRIL
<b>SAAM</b>	Sin datos observados en el río con que calibrar. Los valores en las descargas fueron menores a las guías. Curva de respuesta cero. Criterio de 0.5 mg/L,	Las concentraciones están por abajo del criterio de 0.5 mg/L. El escenario Declaratoria coincide con la curva observada con un máximo en 0.13 mg/L. Se tiene solo un valor observado después del Anheló de 0.15 mg/L y el Anheló excede el criterio.	Las concentraciones están por abajo del criterio de 0.5 mg/L. El escenario Declaratoria coincide con la curva observada con un valor máximo de 0.27 mg/L. En los datos observados hay incumplimiento en una estación al inicio del río (0.60 mg/L).	Las concentraciones están por abajo del criterio de 0.5 mg/L. El escenario Declaratoria coincide con la curva observada con un máximo en 0.23 mg/L.
<b>NH<sub>3</sub></b>	Valores del modelo por abajo de 0.56 mg/L, incremento por Anheló. Dos drenes con valores de 7 mg/L (Anheló y Rancherías). No hay cambio significativo en la curva de comportamiento del NH <sub>3</sub> al asignar el límite máximo de la declaratoria.	Solo con dos valores observados en este mes. El modelo predice concentraciones menores a 0.2 mg/L. No hay cambio en la curva de comportamiento del NH <sub>3</sub> al asignar el límite máximo de la declaratoria.	Valores por debajo de 0.2 mg/L. Dos valores observados en drenes por arriba de 1 mg/L. No hay cambio en la curva de comportamiento del NH <sub>3</sub> al asignar el límite máximo de la declaratoria.	Valores por debajo de 0.2 mg/L. Incremento por descarga de Anheló. No hay cambio en la curva de comportamiento del NH <sub>3</sub> al asignar el límite máximo de la declaratoria.
<b>Escherichia Coli</b>	Calidad entre excelente a contaminada en un segmento corto en la parte alta del río. El dren Anheló incrementa la concentración en río. Se registraron valores por arriba de 10,000 NMP/100 mL en Anheló y en el río. No hay cambio significativo en la curva de comportamiento de E. Coli al asignar el límite máximo de la declaratoria.	La calidad en el río se mantiene entre excelente. El dren Anheló mantiene calidad de contaminado. No hay cambio en la curva de comportamiento de E. Coli al asignar el límite máximo de la declaratoria.	Calidad entre excelente a contaminada en un segmento corto en la parte alta del río. El dren Anheló incrementa la concentración en río significativamente. Con el escenario Declaratoria hay un cambio fuerte de calidad después del Anheló al pasar de calidad aceptable a excelente, en el resto del río este escenario mantienen la curva de comportamiento observada.	Calidad del agua excelente. El escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no altera la curva de comportamiento de este parámetro.
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	Las concentraciones en el río tienden a ir de excelente a aceptable hacia aguas abajo. Dos valores observados en río y en el Anheló bajo condiciones de contaminado. No hay cambio en la curva de	Sin datos observados en río. Calidad excelente al inicio y cambia a contaminado a partir de las aportaciones del río San Juan. No hay cambio en la curva de comportamiento en el	Las concentraciones en el río tienden a ir de excelente a aceptable hacia aguas abajo. Dos valores observados en río y en el Anheló bajo condiciones de contaminado. No hay cambio en la curva de	Las concentraciones en el río tienden a ir de excelente a aceptable hacia aguas abajo. En los drenes Rancherías, Morillo y Anheló se presentan condiciones de contaminado. No hay cambio en la curva

PARÁMETRO	MARZO	AGOSTO	NOVIEMBRE	ABRIL
	comportamiento de DQO en el río por el escenario Declaratoria.	río de DQO por el escenario Declaratoria.	comportamiento de DQO en el río por el escenario Declaratoria.	de comportamiento de DQO en el río por el escenario Declaratoria.
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	Criterio de 500 mg/L. Los valores observados en el río están entre 600 a 1000 mg/L. Los afluentes y drenes presentaron los valores más altos. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de los SDT.	Los valores observados en el río están entre 620 a 850 mg/L. Los afluentes y drenes tienden a tener los valores más altos. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de los SDT.	Los valores observados en el río están entre 670 a 1500 mg/L. Hay un incremento después de Puertecitos y todos los valores exceden el valor Guía. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de los SDT.	Los valores observados en el río están entre 700 a 1760 mg/L. Los afluentes y drenes tienden a tener los valores más altos. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de los SDT.
<b>Color</b>	Se tiene un criterio en río de 75 Pt-Co. Los valores en el río están entre 8 a 15, es decir abajo del criterio. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento del Color en el río.	Los valores en el río están entre 2 a 10.6, es decir abajo del criterio. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento del Color en el río.	Los valores en el río están entre 5 a 30, es decir abajo del criterio. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento del Color en el río.	Los valores en el río están entre 4 a 15, es decir abajo del criterio. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento del Color en el río.
<b>Conductividad</b>	Los valores en el río muestran valores entre 1,200 a 1,400 después de Puertecillos. Los drenes y afluentes reportan valores altos y el Morillo registra un valor de 6466 $\mu$ S/cm. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de la Conductividad en el río.	Los valores en el río muestran valores entre 1,000 a 1,600. Los afluentes y drenes registran valores entre 2,100 a 5,900. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de la Conductividad en el río.	Los valores en el río muestran valores entre 370 a 2,017. El dren Morillo registro un valor de 6760. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de la Conductividad en el río.	Los valores en el río muestran valores entre 922 a 2,764. Los afluentes y drenes muestran valores entre 600 a 3,080. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de la Conductividad en el río.
<b>Sulfatos</b>	Se tiene un criterio en río de 500 mg/L. Los valores en el río están entre 90 y 350. Los valores observados en cuatro drenes exceden el criterio. Con escenario al asignar el	El modelo predice valores entre 100 a 300. Los valores en el río están entre 210 a 360. Los valores observados en drenes excepto el Anhelo exceden el criterio. Con escenario	El modelo predice valores entre 80 a 420. Los valores en el río están entre 200 a 390. Los valores observados en tres drenes exceden el Criterio. Con escenario al asignar el	El modelo predice valores entre 100 a 260. Los valores en el río están entre 170 a 460. Los valores observados en afluentes excepto en Anhelo y San Juan exceden el criterio. Con



PARÁMETRO	MARZO	AGOSTO	NOVIEMBRE	ABRIL
	límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de los Sulfatos en el río.	al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de los Sulfatos en el río.	límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de los Sulfatos en el río.	escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de los Sulfatos en el río.
<b>Boro</b>	Se tiene un criterio en río de 1 mg/L. Los valores en el río están entre 0.096 y 0.335. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento del Boro en el río.	Los valores en el río están entre 0.048 y 0.19. Los drenes y afluentes presentan valores entre 0.041 hasta 1.24 en dren El Morillo. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento del Boro en el río.	Los valores en el río están entre 0.09 y 0.66. El dren Morillo excede el Criterio con 1.76 mg/L. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento del Boro en el río.	Los valores en el río están entre 0.009 y 0.452. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento del Boro en el río.
<b>Fluoruro</b>	El criterio en río es de 1.5 mg/L. Los valores en el río están entre 0.7 y 0.9. El dren Morillo excede el Criterio con 1.91 mg/L. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de Fluoruro en el río.	Los valores en el río están entre 0.3 y 0.6 mg/L. Los drenes y afluentes presentan valores hasta 1.1 mg/L en El Morillo. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de Fluoruro en el río.	Los valores en el río están entre 0.6 y 0.8 mg/L. Los drenes Morillo y Anheló presentan valores observados arriba del Criterio. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de Fluoruro en el río.	Los valores en el río están entre 0.08 y 0.8 mg/L. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de Fluoruro en el río.
<b>Cloruros</b>	Se tiene un criterio en río de 250 mg/L. Los valores en el río están entre 100 y 247. Cinco drenes presentan valores por arriba del Criterio (Rancherías, Puertecitos, Huizache, Morillo y Anheló). Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de Cloruros en el río.	Los valores en el río están entre 100 y 378 (desembocadura). Cinco drenes presentan valores por arriba del Criterio (Rancherías, Puertecitos, Huizache, Morillo y Anheló). Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento en el río.	Los valores observados en río están entre 4 y 123. El modelo predice valores por arriba del criterio después del Anheló con valores hasta de 370 mg/L antes de desembocadura. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento en el río.	Los valores en el río están entre 2.9 y 10 mg/L. Es el mes con los valores más bajos registrados en los cuatro meses. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de Cloruros en el río.
<b>Sulfuros</b>	Se tiene un criterio en río de 0.2 mg/L. Los valores en el río están entre 0.29 y 1.01. Es	Los valores en el río están entre 0.46 y 1.26. Se excede el criterio en todo el río. En este caso	Los valores en el río están entre 0.45 y 1.23. Es decir se excede el criterio en todo el río.	Los valores en el río están entre 0.47 y 1.1. Es decir se excede el criterio en todo el río.

PARÁMETRO	MARZO	AGOSTO	NOVIEMBRE	ABRIL
	decir se excede el criterio en todo el río. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, se observa una disminución importante a partir de Puertecillos, no obstante la concentración de Sulfuros sigue excediendo el criterio.	se aprecia un incremento importante en la concentración a partir de San Juan. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de Sulfuros en el río.	Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de Sulfuros en el río.	Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de Sulfuros en el río.
<b>Fenoles</b>	No hay criterio para este parámetro en río. No se tienen datos observados en el río en este mes, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No se tienen datos observados en el río en este mes, y como los valores asumidos en las descargas fueron cero ya que todos los registros están por debajo de límite de detección, se tiene una curva de respuesta nula o cero.	Los valores en el río están entre 1.8 y 4.5 µg/L. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento de Fenoles en el río.	No se tienen datos observados en el río en este mes, y se reportaron algunos valores menores a la guía en las descargas, y otros por debajo de límite de detección, por lo tanto se tiene una curva de respuesta nula o cero.
<b>Manganeso</b>	El criterio en río para este parámetro es de 0.1 mg/L. Los valores en el río están entre 20 y 34. Es decir se excede el criterio en todo el río. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, y a partir de Puertecitos, hay una disminución en el río, no obstante se sigue excediendo el criterio.	Los valores en el río están entre 37 y 69. Es decir se excede el criterio en todo el río. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento del Manganeso en el río.	Los valores en el río están entre 23 y 73. Es decir se excede el criterio en todo el río. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, y a partir de Puertecitos, hay una disminución en el río, no obstante se sigue excediendo el criterio.	Los valores en el río están entre 24 y 69. Es decir se excede el criterio en todo el río. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento del Manganeso en el río.
<b>Cloroformo</b>	El criterio en río es de 30 µg/L. No se registraron valores en río. El modelo indica valores medios de 0.3 µg/L. Con escenario al asignar el límite máximo de la declaratoria, no hay cambios en el	No se tienen datos observados en el río en este mes, y se reportaron algunos valores menores a la guía en las descargas, y otros por debajo de límite de detección, por lo tanto se tiene una	No se tienen datos observados en el río en este mes ni en las descargas, es decir se reportaron valores por debajo de límite de detección, por lo tanto se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No se tienen datos observados en el río en este mes ni en las descargas, es decir se reportaron valores por debajo de límite de detección, por lo tanto se tiene una curva de

PARÁMETRO	MARZO	AGOSTO	NOVIEMBRE	ABRIL
	comportamiento del Cloroformo en el río.	curva de respuesta nula o cero.		
<b>Etilbenceno</b>	No se tienen datos observados en el río en este mes ni en las descargas, es decir se reportaron valores por debajo de límite de detección, por lo tanto se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No se tienen datos observados en el río en este mes ni en las descargas, es decir se reportaron valores por debajo de límite de detección, por lo tanto se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No se tienen datos observados en el río en este mes y no se determinó este parámetro en las descargas, por lo tanto se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No se tienen datos observados en el río en este mes y no se determinó este parámetro en las descargas, por lo tanto se tiene una curva de respuesta nula o cero.
<b>Bis 2-Etilhexil Ftalato</b>	El criterio en río para este parámetro es de 32 µg/L. No se tienen datos observados en el río en este mes y no se determinó este parámetro en las descargas, por lo tanto se tiene una curva de respuesta nula o cero.	No se registraron valores en río. Valor máximo en descargas de 98.2 µg/L. El modelo predice un valor máximo en el río de 10 µg/L. Con escenario de la declaratoria, no hay cambios en el comportamiento en el río.	No se tienen datos observados en el río en este mes, excepto en Anheló. Se registraron valores en descarga con un máximo de 24.9 µg/L. El modelo para el escenario Declaratoria predice una curva de respuesta nula o cero.	Se presentan datos en río con máximo de 1.19 µg/L en río y 6.12 µg/L en Anheló. El modelo predice para el escenario Declaratoria una respuesta similar a la curva observada para éste mes.
<b>Dietilftalato</b>	El criterio en río es de 350 µg/L. No existen valores observados en río y no se tienen registros en las descargas. El modelo para el escenario Declaratoria predice una curva de respuesta nula o cero.	No existen valores observados en río y no se tienen registros en las descargas. El modelo para el escenario Declaratoria predice una curva de respuesta nula o cero.	No existen valores observados en río y no se tienen registros en las descargas. El modelo para el escenario Declaratoria predice una curva de respuesta nula o cero.	No existen valores observados en río y no se tienen registros en las descargas. El modelo para el escenario Declaratoria predice una curva de respuesta nula o cero.
<b>Tolueno</b>	El criterio en río es de 700 µg/L. Sin registros en río. Solo una descarga reportó un valor de 1.73 µg/L. El modelo para el escenario Declaratoria predice una curva de respuesta nula o cero.	Sin registros en río. Cinco descargas reportaron valores con un máximo de 3.73 µg/L. El modelo para el escenario Declaratoria predice una curva cercana a cero con un incremento después de San Juan.	Sin registros en río. No se determinó este parámetro en descargas. El modelo para el escenario Declaratoria predice una curva de respuesta nula o cero.	Sin registros en río. No se determinó este parámetro en descargas. El modelo para el escenario Declaratoria predice una curva de respuesta nula o cero.
<b>Diclorobencenos</b>	El criterio en río es de 400 µg/L. No existen valores observados en río ni descargas. El modelo para el escenario Declaratoria predice una curva de respuesta nula o cero.	No existen valores observados en río y no se tienen registros en las descargas. El modelo para el escenario Declaratoria predice una curva de respuesta nula o cero.	No existen valores observados en río y no se tienen registros en las descargas. El modelo para el escenario Declaratoria predice una curva de respuesta nula o cero.	No existen valores observados en río y no se tienen registros en las descargas. El modelo para el escenario Declaratoria predice una curva de respuesta nula o cero.

## CAPÍTULO 7 . ANÁLISIS DE RIESGO SANITARIO-AMBIENTAL

En el presente capítulo, análisis de riesgo sanitario y ambiental, la finalidad es asignar magnitudes y probabilidades a los efectos adversos que ejercen los contaminantes presentes en el ambiente sobre la salud humana y la biota. Dicho análisis enfatiza en los aspectos de salud pública y se basa en la información planteada en los capítulos anteriores para la subcuenca y se retomarán datos que se consideran críticos para el cumplimiento de esta actividad.

### 7.1. Antecedentes del sitio

En un estudio como el que nos ocupa, es prioritario describir el sitio que se desea valorar, y para lograr esto, es necesario plantear claramente la problemática del sitio, esto es, definir que es, lo que motiva la evaluación de riesgos sanitarios y ambientales. También es necesario registrar toda la información y datos del lugar (localización, características geográficas, demográficas, socioeconómicas, de salud y ambiente, actividades económicas, usos del suelo y del agua, tipos de contaminantes, fuentes de contaminación, entre otras).

#### 7.1.1. Planteamiento del problema

A lo largo del Bajo Río Bravo, existen comunidades potencialmente expuestas a los contaminantes procedentes de descargas y de plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de dos distritos de riego (026 y 025), Bajo Río San Juan y Bajo Río Bravo respectivamente.

#### 7.1.2. Descripción del sitio

En el capítulo 1, se describe el marco físico en el que se ubica el proyecto, la subcuenca del Bajo Río Bravo en el estado de Tamaulipas, esto es se tiene el registro de: límites geográficos, clima, hidrografía, fisiografía y edafología, hidrometría, infraestructura hidráulica, usos del suelo y del agua. Asimismo, se presenta la información referente a: condiciones sociodemográficas, actividades económicas, servicios, infraestructura de tratamiento de descargas de aguas residuales. En el capítulo 2, se presenta la localización detallada de las fuentes de contaminación química y bacteriológica que afectan la calidad del agua del Bajo Río Bravo y del ambiente en general.

Para fines de análisis y evaluación del riesgo sanitario, se retoma la siguiente información:

- La subcuenca del área de estudio pertenecientes al Bajo Río Bravo se ubican en el Norte del Estado de Tamaulipas.
- La superficie total de los municipios que conforman el área de estudio es de 9,429 km<sup>2</sup>, albergando a 1,267,932 habitantes en 7 municipios y 1,622 localidades.

Con respecto a los usos del suelo, 30.65% de la superficie es agricultura de riego, 16.22% es agricultura de temporal, 21.54% pastizal cultivado, 8.40% matorral espinoso tamaulipeco y el uso urbano ocupa el 2.22%, la superficie restante consiste de bosque (pino, oyamel, encino), cuerpo de agua, y zonas de vegetación con el 20.97%.

De acuerdo a los resultados de las cuatro campañas de muestreo, en los parámetros inorgánicos (Metales) realizados en el laboratorio, se obtuvieron concentraciones en los afluentes de Cd en AF3, AF6 y AF7; mercurio

en AF2, AF5, AF6 y AF8; y Zn en AF8. En el río se presentó cromo en RB7 y mercurio en RB3, RB4, RB8, RB10 y RB11, las cuales excedieron los lineamientos de calidad del agua para el uso 3, protección a la vida acuática de 0.004, 0.0005, 0.02, 0.05 mg/L respectivamente.

## 7.2. POBLACIÓN POTENCIALMENTE EXPUESTA

En la región de estudio, el río recibe escorrentías, descargas y plantas de tratamiento que representan fuentes potenciales de exposición para la población que habita en un radio de 1 km del río, de tal manera que para fines de la evaluación, se considera como región de alta influencia o de interés un radio de 1 km (figuras 246 y 247), dentro de la subcuenca que conforma el área de estudio en el Bajo Río Bravo, iniciando aguas abajo de la presa Internacional Falcón hasta la desembocadura en el Golfo de México.

De lo anterior, se estima que, del 1,267,932 habitantes dentro del área de estudio, se encuentran en un radio de 1 km 1,086,737 habitantes distribuidos en 6 municipios y 136 localidades, y se encuentran altamente expuestos a los contaminantes del río, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales.

En la tabla 172 se presenta una estimación de la población potencialmente expuesta, y como se verá posteriormente, las zonas 3 y 6 son las más densamente pobladas y también las que se encuentran potencialmente expuestas a una mayor concentración y diversidad de analitos tóxicos.

**Tabla 189. Población potencialmente expuesta a los analitos presentes en el Bajo Río Bravo, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales.**

ÁREA	TOTAL
Habitantes en la subcuenca del río (área de estudio)	1,267,932
Habitantes en un radio de 1 km	1,086,737

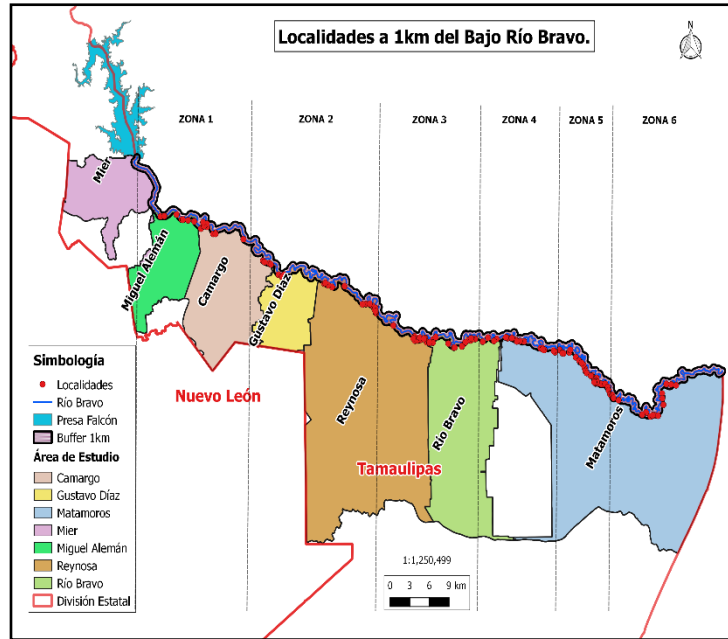


Figura 287. Delimitación del área de estudio.

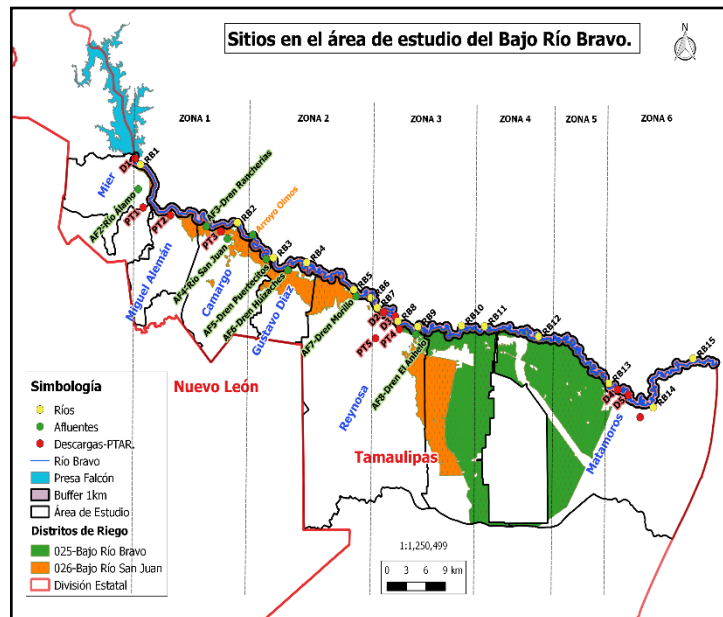


Figura 288. Zonas de los sitios de muestreo con potencial para constituir una fuente de exposición para la población.

### 7.3. IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE LAS RUTAS DE EXPOSICIÓN

Considerando los contaminantes o grupos de contaminantes que han sido reportados por diversos autores, y los detectados en el presente estudio, tanto en las descargas, plantas de tratamiento, así como a lo largo del río, es posible suponer lo siguiente:

Las fuentes de contaminación de todos los contaminantes detectados son básicamente las descargas y las plantas de tratamiento de aguas residuales y no podría descartarse el depósito de partículas de las emisiones agrícolas y/o industriales en algunas zonas:

Los compartimientos ambientales que podrían verse afectados son:

- Aire: compuestos volátiles y semivolátiles.
- Suelos agrícolas, como consecuencia de las prácticas de riego con agua del río en algunas zonas.

Los puntos de exposición de mayor riesgo:

- Agricultura de riego
- Comunidades que habitan en la ribera a corta distancia del río, las descargas y las plantas de tratamiento.

Las vías de exposición más probables son:

- Humanos: contacto primario por actividades agrícolas, inhalación de compuestos volátiles y semivolátiles; las condiciones del río impiden la exposición recreativa, sin embargo, el agua del río es una fuente de abastecimiento del agua para varias localidades.
- Flora: absorción de metales a través de la raíz.

La población humana en riesgo, es decir la población que sería receptora de los contaminantes del río, descargas y plantas de tratamiento en la cuenca del área de estudio en el Norte del Estado de Tamaulipas, se estima en más de 1 millón de personas, de las cuales 1,086,737 habitantes residen en un radio de 1 km del río o de descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales por esto tienen mayor potencial de exposición (figuras 246 y 247).

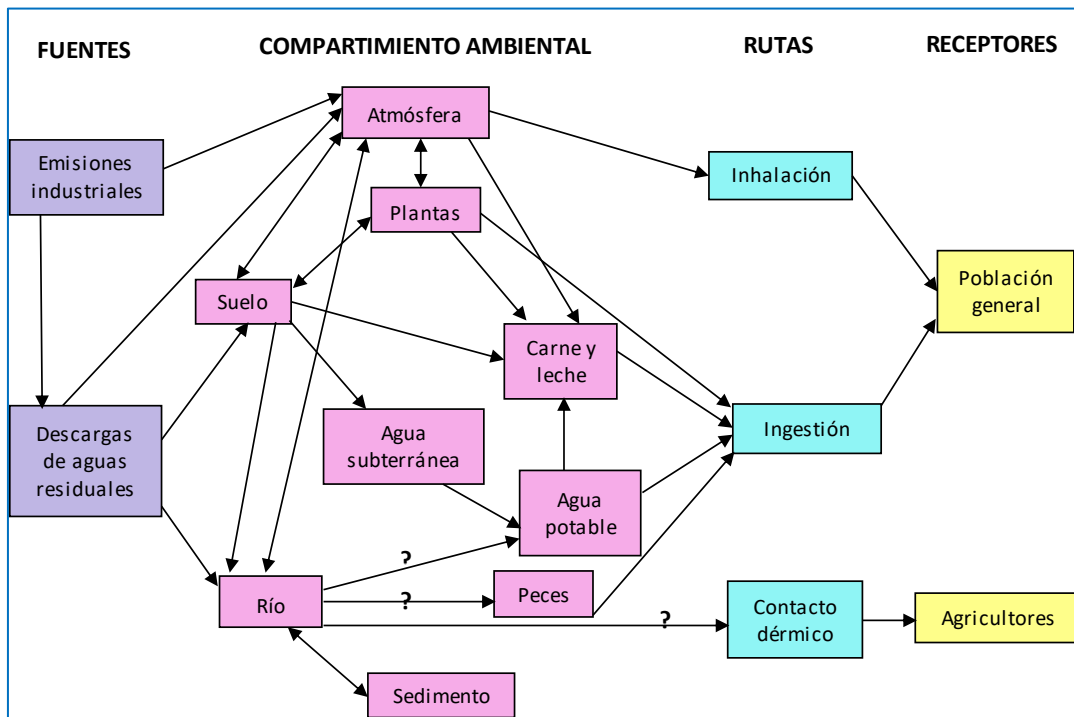
En la tabla 173, se presenta la estimación de la población potencialmente expuesta en un radio de 1 km, para cada una de las zonas en las cuales se seccionó el Bajo Río Bravo.

Es importante señalar que debido a las descargas de compuestos orgánicos e inorgánicos, es de suponer que debido al tipo de industrias que prevalecen en la región, las rutas de exposición incluyan como ya se anotó, la inhalación e ingestión para la población en general, y contacto dérmico para agricultores o trabajadores del campo, y con esta base se plantea una propuesta conceptual de exposición en el sitio (figura 248).

En el modelo propuesto, se asume que las emisiones a la atmósfera, además de constituir una vía aérea de exposición para la población en general, afectan al río como consecuencia del depósito de partículas, y que los compuestos volátiles y semivolátiles que se descarguen a éste, por volatilización y otros procesos fisicoquímicos, se incorporarán a la atmósfera.

**Tabla 190. Población potencialmente expuesta a contaminantes presentes en agua del río y descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales en cada una de las zonas en que se dividió el río.**

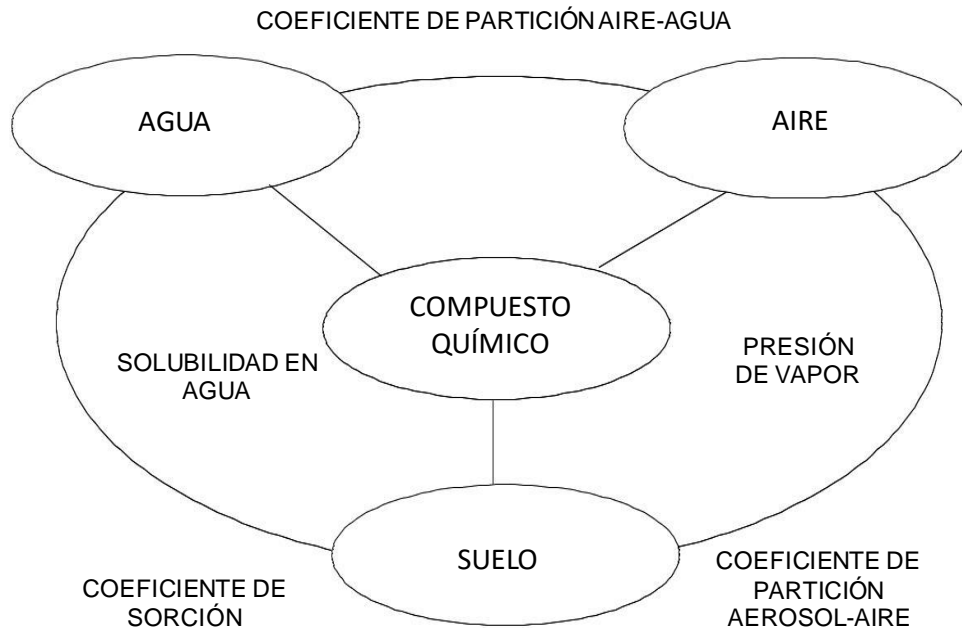
ZONAS DEL RÍO	HABITANTES EN UN RADIO DE 1 KM						TOTAL
	CAMARGO	GUSTAVO DÍAZ ORDAZ	MATAMOROS	MIGUEL ALEMÁN	REYNOSA	RÍO BRAVO	
1	758	0	0	25,873	0	0	26,631
2	442	2,017	0	0	3,596	0	6,055
3	0	0	0	0	589,527	389	589,916
4	0	0	630	0	0	10,368	10,998
5	0	0	2,477	0	0	0	2,477
6	0	0	450,660	0	0	0	450,660
Totales	1,200	2,017	453,767	25,873	593,123	10,757	1,086,737



**Figura 289. Modelo conceptual de exposición propuesto para el sitio.**



Esto es, una vez que un compuesto químico es emitido al ambiente, ya sea en fase gaseosa, sólida o en solución, no permanecerá estático necesariamente, sino que dependiendo de sus características fisicoquímicas y vida media de reacción en el agua, suelo y atmósfera, será más o menos probable encontrarlo en uno o más compartimientos ambientales (figura 249), como han propuesto MacKay y colaboradores (1996). Así, la población que reside en las cercanías de las descargas y las plantas de tratamiento de aguas residuales, agrícolas y en algunas zonas del río está potencialmente expuesta a contaminantes a través de diferentes rutas.



**Figura 290. Diagrama esquemático para representar la distribución de los contaminantes en el ambiente.**

## 7.4. ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN QUÍMICA EN EL AMBIENTE

### 7.4.1. Limitaciones del muestreo y análisis

De acuerdo con los objetivos el estudio de clasificación, las matrices analizadas fueron: agua del río Bravo, agua de tributarios y drenes importantes, así como las descargas y plantas de tratamiento de agua residual.

Si bien para el objetivo de clasificación del río, la información es adecuada y suficiente, para la evaluación de riesgos sanitarios, sobre todo en lo referente a la salud humana, habrá limitaciones e incertidumbre, relacionados con el contenido de compuestos potencialmente tóxicos en suelos, agua de uso y consumo humano, alimentos producidos en la región (carne, lácteos, productos agrícolas), polvos y aire, esto es:

- Monitoreo de los puntos de exposición de las rutas previamente identificadas
- Número de muestras estadísticamente definido.
- Frecuencia de muestreo, considerando la época de mayor exposición.

### 7.4.2. Contaminantes detectados

En la tabla 174 se presenta el listado de los analitos físicos y químicos inorgánicos y orgánicos determinados en las descargas y plantas de tratamiento y otros afluentes o drenes que afectan la calidad del agua a lo largo del río, ya sea en concentraciones traza o bien que rebasan la normativa nacional, algunos de los cuales pueden ser considerados preliminarmente peligrosos, ya que afectan al ambiente y tienen además el potencial de afectar la salud humana como se verá posteriormente.

**Tabla 191. Lista de analitos detectados superiores al límite en los 4 monitoreos 2015-2016.**

MONITOREO EN RÍO				
LOS CUATRO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO
Nitrógeno Amoniacal		OD RB2	OD RB15	
Fósforo Total			Color Verdadero RB3,10,13	Color Verdadero RB2-15
Sulfuros	SST RB8-RB15	SST RB2-RB15	SST RB3,RB10,11,13,14	SST RB3-RB15
		SAAM RB9	SAAM RB1,2,10,14 y 15	SAAM RB2,3,4 y 9
	Coliformes Fecales RB8, 13 y 14		Coliformes Fecales RB8	Coliformes Fecales RB10
		Cromo RB7		
			Mercurio RB3,4,8,10 y 11	
				Dimetilftalato RB14
Monitoreo en Afluentes				
Nitrógeno Amoniacal		OD AF3, 5		OD AF8
Fósforo Total	Cloruros AF3,4,6,7,8	Cloruros AF3,5,6,7,8		
Sulfuros	Color Verdadero AF3,8	Color Verdadero AF3,8	Color Verdadero AF3,4,5,8	Color Verdadero AF5,6,7,8
	Fluoruros AF3,6,7,8	Fluoruros AF7	Fluoruros AF 7, 8	
		GyA AF8	GyA AF8	GyA AF8
	SST AF2,3,6,7 y8	SST AF3,4,6,7 y8	SST AF3,5,6,7 y8	SST AF3,5,6,7 y8
		SAAM AF8	SAAM AF3,4,7 y8	SAAM AF8
	Coliformes Fecales AF2,5 y 8	Coliformes fecales AF8		
	Cadmio AF6	Cadmio AF3 y 7		
			Mercurio AF2,5,6,8	
				Zinc AF8
Monitoreo en Descargas y Plantas de Tratamiento				
Los cuatro	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
	DQO PT-3S, D3, PT-5S	DQO PT-5S	DQO D1, PT-5S	DQO D1, PT-3S, PT-5S
	N-Total D1, PT-3S	N-Total PT-5S	N-Total D1, S. Sed D1	N-Total D1, PT-5S
	SST PT-3S, D3, D4	SST PT-2S	SST D1, PT-3S, PT-5S	SST D1, PT-1S, PT-3S, PT-5S
	Coliformes fecales D1,D2,D3, D4,D5, PT-2S, PT-3S	Coliformes fecales D1,D2,D3, D4, PT-3S, PT-5S	Coliformes fecales D1,D2,D3, D4, PT-3S, PT-4S, PT-5S	Coliformes fecales D1,D2,D3, D4, PT-2S, PT-3S, PT-5S

		N-Nitrosodi-N-Propilamina D2, D3,PT-5S, D4		
--	--	--	--	--

Afluentes/Río – Lineamientos de calidad del agua de la Ley Federal de Derechos Uso 3 Protección de Vida Acuática.

Descargas/Efluente de Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) – Norma Oficial Mexicana 001 (NOM001)

Presencia de compuestos orgánicos por arriba de la LFD Uso 3.

### 7.4.3. Comportamiento ambiental de los contaminantes químicos

#### 7.4.3.1. Factores químicos que afectan el destino y transporte de contaminantes

Existen factores propios a la naturaleza química de los contaminantes que pueden influir en su transporte y destino en el ambiente, como son la solubilidad en agua, constante de la ley de Henry, coeficiente de partición carbono orgánico, coeficiente de partición octanol/agua, difusividad, factor de bioconcentración, tasas de transformación y degradación y vida media.

Por ejemplo:

- a) Los compuestos muy solubles en agua se adsorben con baja afinidad a los suelos, por lo que son rápidamente transportados desde el suelo contaminado hasta los cuerpos de agua superficial e incluso agua subterránea.
- b) Cuando la presión de vapor de un contaminante es alta con respecto a su solubilidad en agua, la constante de la ley de Henry (Hc) también es alta y el compuesto se evaporará e integrará a la atmósfera; así, un contaminante cuya constante de Henry es alto, tiene mayor posibilidad de volatilizarse que de permanecer en agua y esto sugiere que la inhalación es la vía de exposición, en tanto que si el contaminante químico tiene mayor solubilidad en agua con respecto a su presión de vapor, éste se disuelve principalmente en agua (IEH, 2004).

Con base en dichas características fisicoquímicas, en la tabla 175 se presentan las características de los compuestos orgánicos detectados, clasificándolos con respecto a su volatilidad, capacidad de sorción en suelo y solubilidad en agua. Asimismo, en la tabla 7.5, se sintetizan los parámetros fisicoquímicos que influyen en la capacidad de los metales traza y el ión cianuro para permanecer adheridos a partículas o disueltos en agua.

Es importante señalar que existen factores propios al sitio, que afectan las transformaciones y transporte de los contaminantes, entre estos factores se encuentran: el índice de precipitación anual, temperatura, velocidad y dirección de los vientos, geomorfología, hidrogeología, corrientes de aguas superficiales, características del suelo, flora y fauna, así como las obras para servicios (alcantarillas, drenaje).

Dado que las descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales llegan al río, a una temperatura que oscila entre los 17 y 32 °C, y la temperatura del río Bravo se encuentra entre 15 y 31 °C, se esperaría que, debido a los coeficientes de partición y presión de vapor de los compuestos orgánicos detectados, éstos sufrieran volatilización y pasaran con relativa facilidad a la atmósfera. (Tabla 176).

**Tabla 192. Características fisicoquímicas de compuestos orgánicos detectados en el Bajo Río Bravo, descargas y plantas de tratamiento de agua residual.**

Compuesto	Constante de la ley de Henry (adimensional) <sup>1</sup>		Coeficiente de partición carbón orgánico (L/kg) <sup>1</sup>		Log Coeficiente Octanol/agua <sup>1</sup>	Coeficiente Pez/agua (BAF) (L/kg) <sup>1</sup>	Solubilidad en agua (mg/L) <sup>1</sup>	Tendencia a permanecer en solución
	Valor	Volatilidad <sup>2</sup>	Valor	Sorción a suelo				
Benceno	2.27x10 <sup>-1</sup>	Muy alta	165.5	Moderada	2.13	8.7	1790	Alta
Bis(2-etilhexil)ftalato	1.1x10 <sup>-5</sup>	Moderada	165000	Muy fuerte	7.6	3.1E+02	0.27	Baja
Cloroformo	1.5x10 <sup>-1</sup>	Muy alta	35.04	Débil	1.97	6.6	7950	Alta
m-Cresol	3.5x10 <sup>-5</sup>	Moderada	434	Moderada	1.96	6.4	22700	Alta
Dibromocloroetano	3.2x10 <sup>-2</sup>	Muy alta	35.04	Débil	2.16	9.2	2700	Alta
1,4 diclorobenceno	9.85x10 <sup>-2</sup>	Muy alta	434	Moderada	3.44	8.9E+01	81.3	Media o posible
Dietilftalato	2.49x10 <sup>-5</sup>	Moderada	126.2	Moderada	2.42	1.5E+01	1080	Alta
Etilbenceno	3.22x10 <sup>-1</sup>	Muy alta	517.8	Moderada	3.15	3.1E-05	169	Media o posible
Fenol	1.36x10 <sup>-5</sup>	Moderada	268	Moderada	1.46	2.7	82800	Alta
Tolueno	2.71x10 <sup>-1</sup>	Muy alta	268	Moderada	2.73	2.5E+01	526	Media o posible
Xilenos (mezcla)	2.71x10 <sup>-1</sup>	Muy alta	443.1	Moderada	3.12	5.0E+01	106	Media o posible

<sup>1</sup>Factor de bioacumulación, BAF, por sus siglas en inglés

Fuente: Risk Assessment Information System

<sup>2</sup>También se consideró información de Díaz-Barriga, 1999.

**Tabla 193. Características fisicoquímicas de los cationes detectados en agua del río, descargas y/o plantas de tratamiento de agua residual.**

Tóxico	Punto de fusión (°C)	Solubilidad en agua (mg/L)	Coeficientes de partición: log Kd L/kg media (rango)			Coeficiente Pez/agua (BAF) (L/kg) <sup>1</sup>
			Suelo/agua	Mat. Susp./agua	Sedimento/agua	
Arsénico	817	0	3.2 (0.3-4.3)	3.9 (2.0-6.0)	2.4 (1.6-4.3)	3.0E+02
Cadmio	321.068	0	2.7 (0.1-5.0)	4.9 (2.8-6.3)	3.3 (0.5-7.3)	2.0E+02
Cobre	1084.62	0	2.5 (0.1-3.6)	4.7 (3.1-6.1)	3.5 (0.7-6.2)	2.0E+02
Mercurio (sales)	-38.83	0.06	3.6 (2.2-5.8)	5.3 (4.2-6.9)	4.9 (3.8-6.0)	1.0E+03
Níquel (sales sol.)	1455	0	2.9 (1-3.8)	4.4 (3.5-5.7)	3.9 (0.3-4.0)	1.0E+02
Plomo y compuestos	327.462	0	3.7 (0.7-5.0)	5.7 (3.4-6.5)	4.6 (0.2-7.0)	3.0E+02
Zinc	419.53	0	2.7 (-2.4-1.3)	5.0 (3.5-6.9)	4.1 (1.5-6.2)	1.0E+03

#### 7.4.3.2. Aplicación del modelo de fugacidad Nivel III v.2.80 para estimar la presencia de los compuestos químicos orgánicos volátiles detectados en los diferentes compartimientos ambientales

En el presente análisis del comportamiento ambiental de los analitos detectados en aguas de río y aguas residuales, se aplica un modelo de fugacidad Nivel III, el cual se basa en las propiedades físico-químicas del compuesto químico, para determinar su comportamiento en el ambiente.

El modelo es de tipo genérico, fue descrito por primera vez por Mackay, et al. (1992) y se basa también en el modelo EQC (MacKay et al., 1996); en cualquier caso, la herramienta requiere las propiedades químicas del compuesto (volátil, no volátil o insoluble en agua), incluyendo la vida media de reacción en cada compartimiento, y considera un área total de 100,000 km<sup>2</sup>, consistente en volúmenes definidos de aire, agua, suelo y sedimentos (Webster, 1998; Mackay, et al., 1996).

Finalmente, el modelo Nivel III genera un balance de masas completo y estima tanto la concentración como la fugacidad del compuesto químico bajo condiciones estáticas para cada compartimiento ambiental, deduce todos los flujos por reacción y transporte intermedio. Calcula la persistencia ambiental o tiempo de residencia como cantidad total del químico en el ambiente en condiciones estables dividido por la tasa de pérdida total (o tasa de entrada total, dado que son iguales en condiciones estáticas).

Debido a que el modelo Nivel III fue desarrollado en Canadá, que es un país con zonas ampliamente cubiertas con agua, consideramos que para regiones como la que nos ocupa, es necesario modificar algunos de los parámetros ambientales, ya que en general nuestro ambiente es pobre en agua. Para esto, se tomó como base el trabajo de Breitkopf, et al. (2000), quien plantea parámetros diferentes para un área industrial típica en el centro de Alemania (Tabla 177), sin modificar los parámetros de transporte del modelo regional genérico original ni el contenido de carbón orgánico en suelo, agua y sedimento (MacKay, et al., 1992) y considerando la tasa de precipitación promedio estimada en 0.0001 m/h, de acuerdo con registros disponibles en las estaciones hidrometeorológicas de la cuenca.

**Tabla 194. Parámetros de los compartimientos en ambientes rico y pobre en agua.**

PARÁMETRO	UNIDADES	AMBIENTE RICO	AMBIENTE POBRE
Volumen de aire	m <sup>3</sup>	6.05x10 <sup>12</sup>	6.05x10 <sup>12</sup>
Volumen de agua	m <sup>3</sup>	8.5x10 <sup>10</sup>	7.7x10 <sup>8</sup>
Volumen de suelo	m <sup>3</sup>	2.7x10 <sup>8</sup>	8.8x10 <sup>8</sup>
Volumen de sedimento	m <sup>3</sup>	1.3x10 <sup>8</sup>	4.6x10 <sup>6</sup>
Área aire/suelo	m <sup>2</sup>	1.8x10 <sup>9</sup>	5.904x10 <sup>9</sup>
Área aire/agua	m <sup>2</sup>	4.3x10 <sup>9</sup>	1.54x10 <sup>8</sup>
Volumen de la fracción de aerosol		2.0x10 <sup>-11</sup>	2.0x10 <sup>-11</sup>
Volumen de la fracción de la biota en agua		1.0x10 <sup>-6</sup>	1.0x10 <sup>-6</sup>
Volumen de la fracción de sedimento en agua		5.0x10 <sup>-6</sup>	1.3x10 <sup>-5</sup>
Volumen de la fracción de agua en suelo		0.3	0.3
Volumen de la fracción de aire en suelo		0.2	0.2
Volumen de la fracción de agua en sedimento		0.8	0.8
Tiempo de residencia por advección en aire	Horas	6.0	8.0
Tiempo de residencia por advección en agua	Horas	600	800

Por otro lado, en lo referente a la entrada de compuestos químicos al ambiente, solamente se considera la concentración presente en agua, dado que se desconocen las emisiones a la atmósfera y a los suelos y se incluyen aquéllos análisis cuyos valores de vida media de reacción se encuentra disponible en la literatura (Tabla 178).

**Tabla 195. Vida media de reacción de algunos de los análisis detectados en el Bajo Río Bravo, descargas y plantas de tratamiento de agua residual.**

ANALITO	AGUA	SEDIMENTO	AIRE	SUELO	REFERENCIAS
Benceno	8 a 16 días 11 días	Insignificante 220 días	4 horas a 2 días 5.9 días	11 días 190 días	ATSDR Dennis, et al., 1994 y Hertwich, et al., 1999.
Cadmio*	4-10 años		1-10 días		
1,4 diclorobenceno	38 días	180 días	38 días	520 días	Dennis, et al., 1994.
Clororformo	≈44 días	2 a 37 días	≈60-80 días	4.1 días	ATSDR, IPCS Beelen and Vlaardingen (2006).
Dibromocloro metano	43 minutos a 16 días con una vida media típica de reacción de 46 horas	Insignificante*	280 días*		* TOXNET
Dietilftalato	170 días	1,700 días	170 días	550 días	Wania and MacKay, 2001
Fenoles	55	550	17	170	MacKay, 2001
Tolueno	30 días 13 días	900 días 107 días	2 días 2.375 días	90 días 28 días	European Union, 2003 Hertwich, et al., 1999.

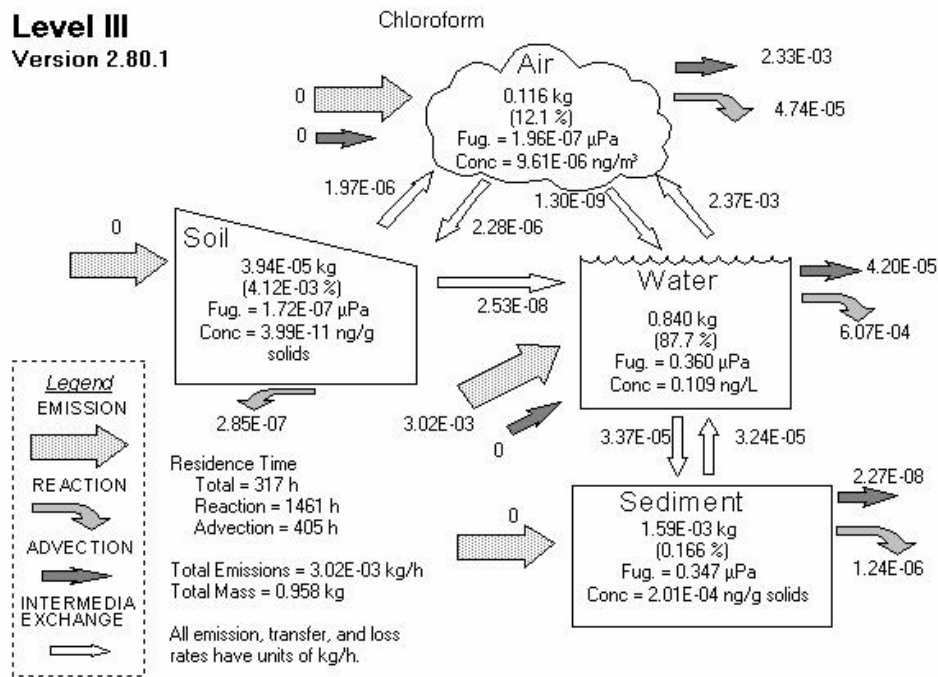
\* Tiempo de residencia.

Como puede observarse en las figuras 250 hasta la figura 254, las propiedades fisicoquímicas de los compuestos orgánicos, favorecen que éstos se distribuyan en agua, atmósfera y suelo, de tal manera que aún, cuando la población no ingiera directamente el agua, la inhalación e ingestión de partículas de suelo en la región constituyen rutas de exposición para los residentes.

Cabe señalar que hay diferencias entre los tramos en los que se dividió el río, tanto en el tipo de contaminantes, como en las concentraciones y el número de sitios, y si bien cuantitativamente la exposición puede variar, cualitativamente no ocurre esto, dadas las dimensiones que maneja el modelo; además es necesario insistir en que frecuencia y estacionalidad de los datos de monitoreo conllevan un alto grado de incertidumbre, por lo que la estimación es de tipo transversal.

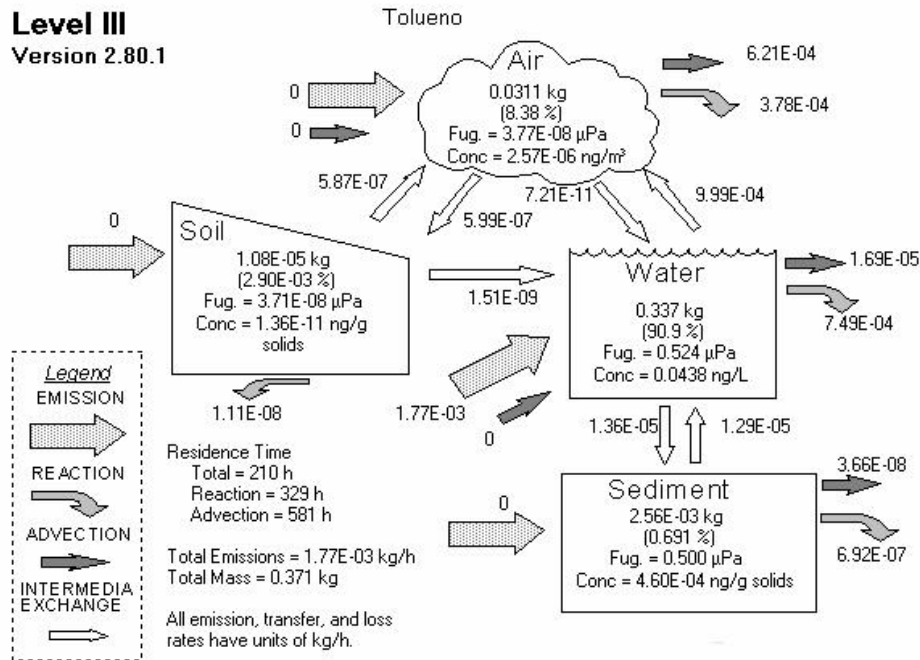
Por otro lado, la Agencia de Protección Ambiental de Canadá en su Lista de Substancias Prioritarias, que constituyen una exposición importante para la población, incluye algunos de los compuestos orgánicos detectados en la cuenca del Bajo Río Bravo. El criterio para considerar a un compuesto como prioritario, incluyó las fracciones de ingreso al organismo humano, la persistencia, con base en la vida media de degradación en cada compartimiento ambiental. Un compuesto es persistente si cumple uno de los cuatro criterios siguientes:

- a) Vida media en aire: 48 horas
- b) Vida media en agua: 4,320 horas (180 días)
- c) Vida media en suelo: 4,320 horas (180 días)
- d) Vida media en sedimento: 8,760 horas (365 días).



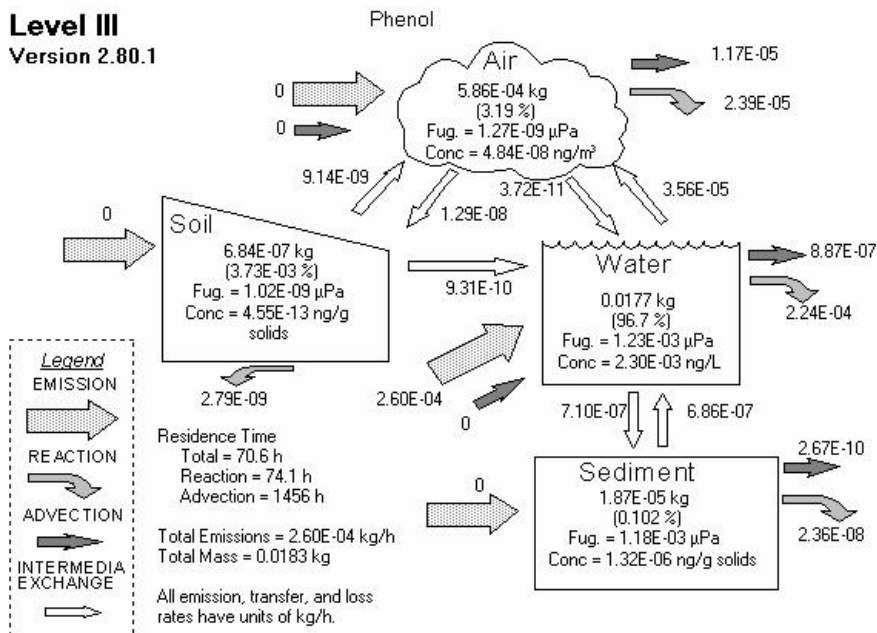
**Figura 291. Distribución ambiental del cloroformo.**

**Level III**  
Version 2.80.1



**Figura 292. Distribución ambiental del tolueno.**

**Level III**  
Version 2.80.1



**Figura 293. Distribución ambiental del fenol.**



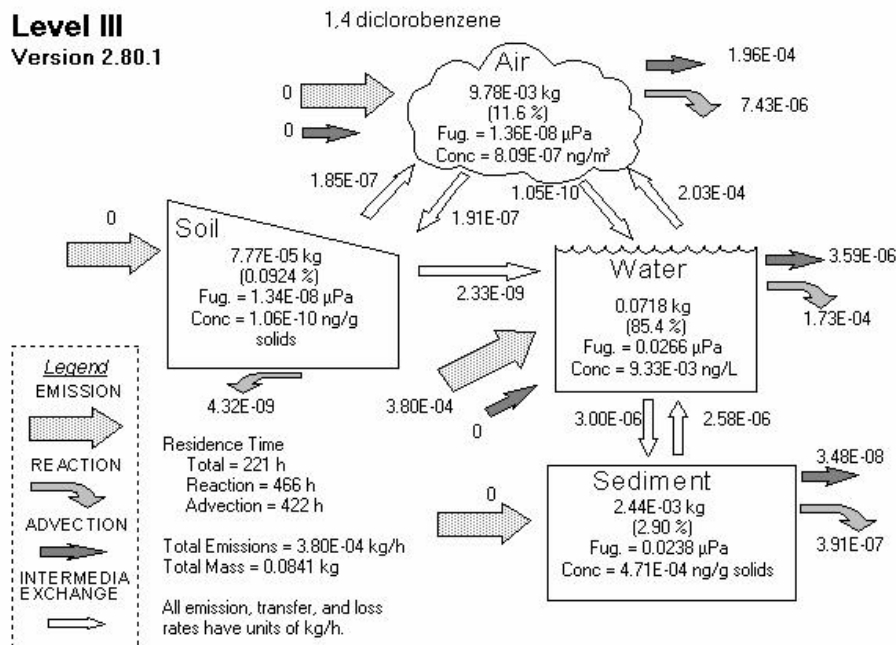


Figura 294. Distribución ambiental del 1,4-diclorobenceno.

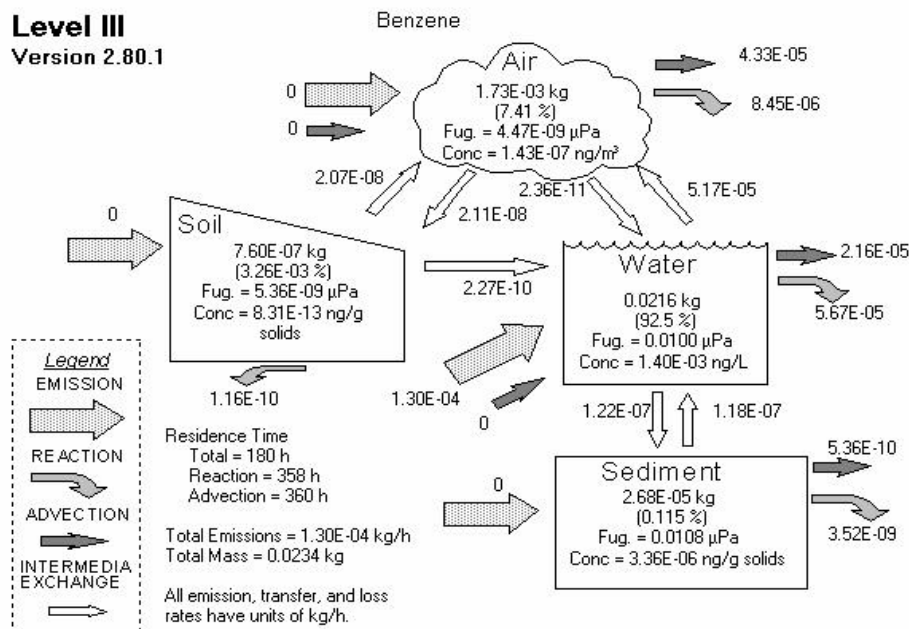


Figura 295. Distribución ambiental del benceno.

En la tabla 179 se presentan las vidas medias de degradación en aire y agua, de algunos compuestos detectados en el agua del río, descargas y plantas de tratamiento de agua residual.

**Tabla 196. Vida media de degradación y persistencia total, para algunos de los compuestos orgánicos detectados en agua del río, descargas y plantas de tratamiento de agua residual e incluidas en el listado de sustancias prioritarias de la Agencia de Protección Am**

Analito	Vida media de degradación (horas)		
	Aire	Agua	Persistencia total
Benceno	142	267.6	142
1,4-diclorobenceno	924	2,800	973
Tolueno	57	312	57.5
Xilenos	23.3	420	23.6

Fuente: MacLeod and Mck|one, 2004.

## 7.5. CONTAMINACIÓN BACTERIOLÓGICA Y ENFERMEDADES INFECCIOSAS INTESTINALES POR OTROS ORGANISMOS Y LAS MAL DEFINIDAS

La actual normativa para evaluar la calidad microbiológica del agua ya sea para consumo humano, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales o aguas para la explotación de especies comestibles, está basada en la medición de organismos indicadores de contaminación fecal, específicamente en México, los coliformes fecales, que si bien no necesariamente reflejan la diversidad y cantidad de microorganismos enteropatógenos de humanos que pudieran estar presentes en un cuerpo de agua, sí proporcionan información de la magnitud del problema. Por ejemplo, Se ha reportado asociación entre la densidad de los coliformes fecales y la frecuencia en la detección de Salmonella; con densidades de 1 a 200 UFC/100 mL.

De la misma manera que las especies de este género, otras especies de enterobacterias y parásitos patógenos oportunistas y patógenos estrictos pueden estar presentes con el potencial para causar infecciones intestinales ya sea por hidrottransmisión o por mala disposición de aguas residuales y excretas, esto dependerá en gran medida de sus características epidemiológicas.

En el Bajo Río Bravo, las cantidades de coliformes fecales (CF) que se detectaron sobre todo en las zonas 1, 3, y 6 (figura 255), son características principalmente de descargas y plantas de tratamiento de agua residual, y los cuales comprometen el uso de estas aguas para consumo humano, la agricultura, pesca o la recreación.

Desafortunadamente, la información estadística sobre tasas de mortalidad y morbilidad por municipio o por comunidad, no está disponible, ya que en general se registran por jurisdicción y entidad federativa.

El Diagnóstico sobre enfermedades gastrointestinales por estado de los Servicios de Salud de Tamaulipas cuenta con una plataforma con mapas que muestran los riesgos sanitarios de brotes por enfermedades diarreicas y hepatitis, por la circulación de patógenos como Salmonella, E. coli, coliformes fecales, enterococos intestinales, detectados mediante monitoreo ambiental, estudios con hisopos Cary Blair y el muestreo bacteriológico de alimentos, realizados en los municipios de las Jurisdicciones Sanitarias (Ver Figura 256) (Gobierno del Estado 2013).

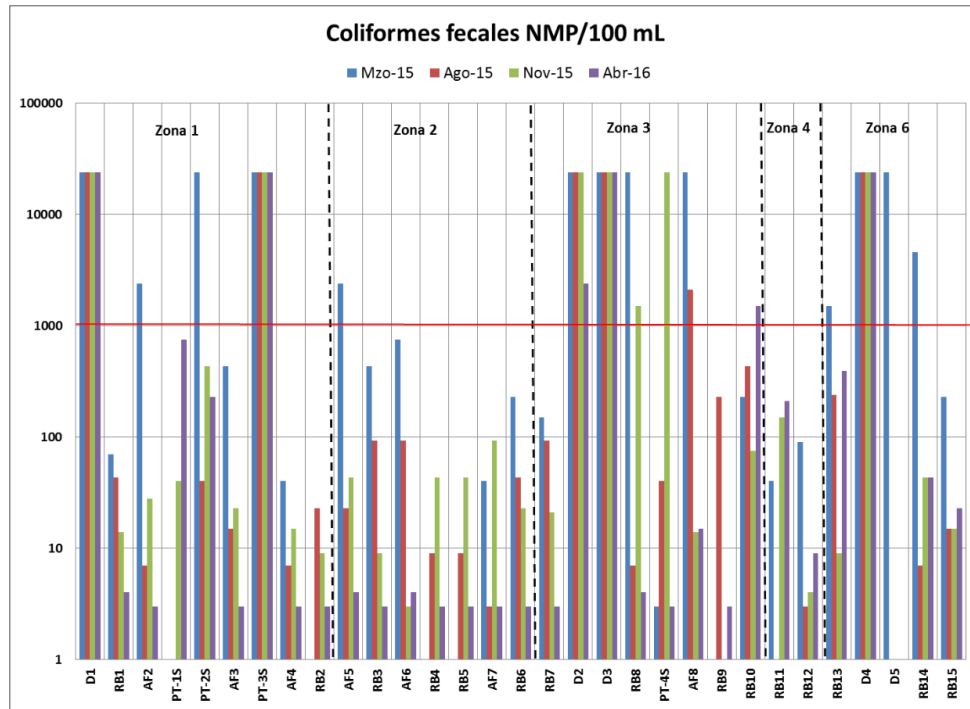


Figura 296. Coliformes fecales en el río, afluentes, descargas y plantas de tratamiento por zonas. Línea roja límite máximo permisible de la NOM-001-SEMARNAT-1996.



Figura 297. Mapa de riesgo sanitario y brotes. Tamaulipas 2013.

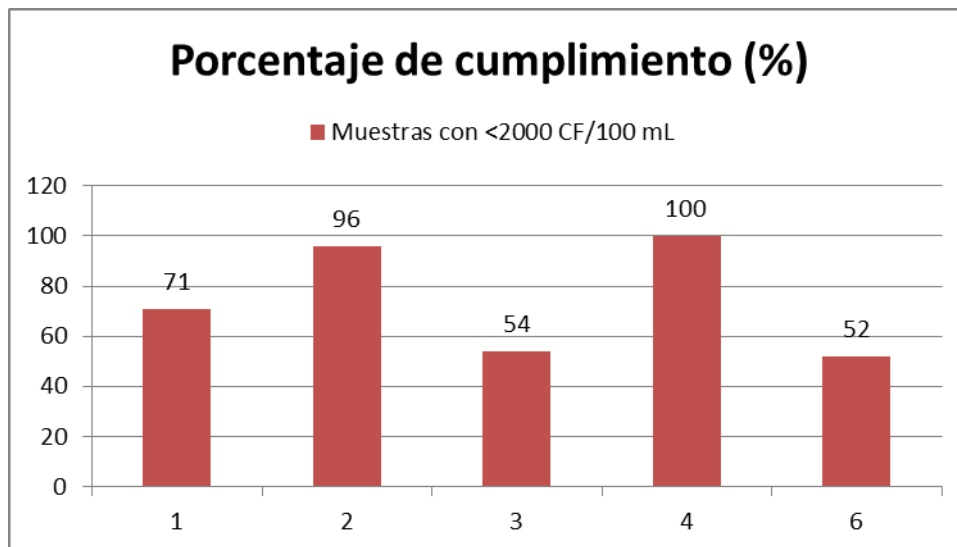
De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, “para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 mL para el promedio mensual y diario, respectivamente”.

Las cantidades de coliformes fecales que se encuentran presentes en el río, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales de la cuenca, rebasan con frecuencia espacial estos límites permisibles (Tabla 180), de tal manera que lo único que puede asumirse es que hay patógenos, particularmente de origen fecal, sin que sea posible definirlos.

**Tabla 197. Síntesis de los datos bacteriológicos por región del río Bravo.**

ZONA	COLIFORMES FECALES NMP/100 ML			
	PROMEDIO	MÁXIMO	MÍNIMO	MUESTRAS CON <2000 CF/100 ML (%)
1	6,685	24,000	3	71
2	169	24,000	3	96
3	8294	24,000	3	54
4	64	1500	3	100
6	7477	24,000	7	52

Si bien no hay relación entre la concentración de las bacterias indicadoras, si hay cierta tendencia entre tasas promedio mayores de mortalidad por enfermedades infecciosas intestinales y un bajo porcentaje de muestras que cumplió con el límite máximo permisible de la NOM-001-SEMARNAT-1996 de menos a 2000 coliformes fecales por 100 mL, de tal manera que en las zonas en donde se encuentran los niveles de menor cumplimiento las tasas de mortalidad por enfermedades infecciosas intestinales causadas por otros microorganismos y las mal definidas son más altas, como ocurre en las zonas 3 y 6 (figura 257).



**Figura 298. Porcentaje de muestras cuyas concentraciones de coliformes fecales fueron menores a 2000/100 mL como NMP.**

En un esquema de reúso del agua en la agricultura, que es uno de los aprovechamientos del río Bravo, de particular importancia es el contenido de huevos de nemátodos intestinales patógenos de humanos, tales como *Ascaris*, que cumplen parte de su ciclo de vida en el suelo, en donde pasan a la etapa infectante, constituyendo así un peligro potencial de helmintiasis para los trabajadores del campo.

La determinación de estos organismos incluyó el monitoreo solo en las descargas y plantas de tratamiento, en el río, podría suponerse debido a la prevalencia de helmintiasis en México y aunque se excretan en menor cantidad que los CF, sobreviven mayor tiempo en el ambiente extra intestinal, como puede verse en la tabla 181.

Los mecanismos de infección asociados a estos agentes infecciosos incluyen: contacto directo, diseminación en aerosoles, ingestión de productos irrigados con agua contaminada, contacto con cuerpos de agua contaminados. Los factores que influyen en el efecto de los patógenos son: tasa de muerte de los microorganismos, patogenicidad, dosis infectiva mínima, inmunización de la población, distancia de las áreas irrigadas a las viviendas, métodos, tiempo y duración de la irrigación, y las condiciones hidrogeológicas (BMZ-GTZ, 2000).

Los estudios epidemiológicos que se realizaron en México para evaluar los riesgos a la salud asociados con el uso de aguas residuales en la agricultura (Cifuentes, et al., 1993), indican que la exposición al agua residual cruda aumenta los riesgos de infección por *Ascaris lumbricoides* entre los niños y adultos. Los datos de la encuesta de sequía, mostraron que los niños es el grupo de mayor exposición, experimentan mayores riesgos a las enfermedades diarreicas e infecciones amibianas; estas últimas, aparentemente, en menor proporción.

**Tabla 198. Tiempos de sobrevivencia de algunos agentes patógenos en aguas, suelos y cultivos a 20 - 30 °C.**

PATÓGENOS	TIEMPO DE SOBREVIVENCIA (DÍAS)		
	AGUAS	SUELO	CULTIVOS
Enterovirus (incluye polio, echo y caxsackievirus)	<120, comúnmente <50	<100, comúnmente <20	<60, comúnmente <15
Coliformes fecales	<60, comúnmente <30	<70, comúnmente <20	<30, comúnmente <15
<i>Salmonella</i> spp	<60, comúnmente <30	<20	<30, comúnmente <15
<i>Shigella</i> spp	<30, comúnmente <10	<70, comúnmente <20	<10, comúnmente <5
<i>Vibrio cholerae</i>	<30, comúnmente <10	<20, comúnmente <10	<5, comúnmente <2
<i>Entamoeba histolytica</i>	<30, comúnmente <15	<20, comúnmente <10	<10, comúnmente <2
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Varios meses	Varios meses	<60, comúnmente <30

Fuente: Feachem, 1983.

En 1998, Ruiz-Palacios et al., llevaron a cabo una revisión sobre los riesgos para la salud de los agricultores y consumidores, asociados con las normas vigentes en México sobre el uso de aguas residuales en la agricultura, basado en los estudios epidemiológicos que el Instituto Nacional de la Nutrición (México) y la Escuela de Higiene y Medicina Tropical de Londres efectuaron en el Valle del Mezquital entre 1989 y 1992. Los resultados de estos estudios epidemiológicos sobre infecciones entéricas sugieren la necesidad de revisar la normatividad mexicana para la reutilización del agua residual en la agricultura considerando varios escenarios posibles:

Que no haya riesgo potencial de infección - que no se detecte indicadores fecales;

- Sin exceso de riesgo de infección - por encima de aquel riesgo por otras vías de transmisión;
- Un riesgo mínimo pero aceptado o reconocido - equilibrando factores económicos y de salud pública; y
- Minimizar la morbilidad en la población expuesta, consumidores, agricultores y población vecina a las áreas de riego.

Los estudios de México, sugieren que los escolares y los adultos que están en contacto directo con aguas residuales pueden estar en riesgo de contraer infecciones entéricas aún a un nivel de  $10^4$  CF/100 mL. Un nivel menor, de  $10^3$  CF/100 mL, como establece la norma vigente en México (1996), aumentaría la seguridad en sitios donde hay grandes poblaciones en riesgo a través del trabajo en el campo y donde hay niños expuestos frecuentemente.

## 7.6. SELECCIÓN PRELIMINAR DE CONTAMINANTES CRÍTICOS

Una vez que se ha analizado la información microbiológica y fisicoquímica de los análisis presentes en el río, las descargas de aguas residuales, así como la posibilidad de que dichos análisis se encuentren en más de un compartimiento ambiental, la alternativa para seleccionar y categorizar los contaminantes críticos, puede basarse en la comparación de las concentraciones detectadas contra valores de referencia nacionales y algunos valores internacionales.

Metodologías como la de la ATSDR, estandarizan la estimación de la importancia de los contaminantes, comparando la concentración en el medio ambiental de interés contra un valor de referencia denominado Guía de Evaluación para Medios Ambientales (EMEG, por sus siglas en inglés); el problema en este caso, es que la naturaleza del sitio y el monitoreo que se efectuó llevarían mucha incertidumbre en la aplicación de un valor como este, por lo que la selección se basará en comparar la concentraciones detectadas en agua, con los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua para fuentes de abastecimiento de agua potable y protección de la vida acuática, publicadas por la SEDUE, actualmente SEMARNAT (SEDUE, 1990).

Además, se considerarán otras características físicas y químicas de los análisis o contaminantes, tales como la posibilidad de migrar y por tanto encontrarse en más de un compartimiento ambiental (según el caso de acuerdo con los modelos de transporte-fugacidad presentados anteriormente), biológicas como la capacidad de los organismos acuáticos para bioconcentrar y bioacumular así como la biomagnificación a través de la cadena trófica, y de toxicidad para organismos de agua dulce y humanos, tomando como base los valores de referencia de toxicidad publicados en diversas bases de datos de la USEPA, ATSDR, RAIS, IRIS, INCHEM, TOXLINE y ECOTOX (tablas 182 a la 185).

Es importante anotar que no todos los análisis detectados poseen el potencial para causar efectos adversos sobre la biota acuática y la salud humana; por ejemplo, los compuestos mercuriales, de plomo y el benceno tienen alta toxicidad para ambos grupos de organismos; el arsénico es altamente tóxico y carcinógeno para humanos, pero no presenta toxicidad equivalente en organismos de otros niveles evolutivos, en tanto que análisis como los cloruros, el aluminio, el nitrógeno amoniacal, afectarán la viabilidad de organismos acuáticos, y sólo bajo circunstancias particulares, tales como accidentes o dosis excesivas, pondrán en riesgo la vida humana.

Por otro lado, si un analíto no presenta alta toxicidad, pero tiene la posibilidad de migrar a diferentes medios ambientales, éste será considerado crítico, aún, cuando se encuentre dentro de los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua para protección de la vida acuática y fuente de abastecimiento para uso y consumo humano, ya que uno de los aspectos importantes en la evaluación es proteger al ambiente, la salud humana y la vida silvestre.

En particular, para el caso de salud humana, específicamente de los cánceres asociados a exposiciones ambientales, diversas agencias internacionales han clasificado a los compuestos químicos y físicos en cinco grandes grupos, con base en las evidencias epidemiológicas:

- Grupo I o grupo A: Carcinógeno de humanos. Los datos de estudios epidemiológicos indican que hay relación causal entre el agente y el cáncer en humanos (por ejemplo, la asociación observada no se debe al azar, sesgos, covariables o confusores). La confianza en la inferencia de una relación causal se incrementa cuando la asociación es fuerte y se observa en varios estudios, cuando existe una relación dosis–respuesta o cuando la reducción de la exposición da lugar a una reducción en la incidencia de cáncer.
- Grupo II o grupo B. Los datos de estudios epidemiológicos son inadecuados para evaluar la carcinogenicidad ya sea porque la investigación no es pertinente, o porque existe un efecto importante debido al azar, sesgos y las covariables o variables confusoras no pueden ser excluidas como es deseable para los resultados. Pero hay evidencias de carcinogenicidad suficientes en especies animales, por ejemplo: incremento en la incidencia de tumores malignos en múltiples especies o cepas o en experimentos múltiples con diferentes rutas de exposición o dosis, o la incidencia, sitio o tipo de tumores es poco usual con la edad. La confianza en la suficiencia de los datos de estudios animales se incrementa cuando hay evidencia de una relación dosis–respuesta, que soporte los resultados de los estudios in vitro o las limitaciones de los bioensayos de carcinogenicidad, evidencia de las relaciones estructura–actividad o datos que soportan el mecanismo de carcinogenicidad.
- Grupo III o grupo C. Los datos de estudios epidemiológicos indican asociación entre la exposición y cáncer humano, pero las explicaciones alternativas tales como el azar, sesgo o confusores no pueden ser excluidos. Hay alguna evidencia de incremento en la incidencia de tumores en animales pero los datos se consideran inadecuados debido a que los estudios involucran a una sola especie, cepa o experimento o el diseño del estudio, los niveles dosificados, duración de la exposición y seguimiento, sobrevivencia, número de animales o reportes son inadecuados; los neoplasmas producidos ocurren de manera frecuente y espontánea y han sido difíciles de clasificar como malignos con el criterio histológico únicamente (por ejemplo, tumores de pulmón e hígado en ratones). El peso de la evidencia indica que el compuesto es genotóxico o los resultados están mezclados.
- Grupo IV o grupo D. No clasificable como carcinógeno de humanos. Los datos de estudios epidemiológicos y/o en animales son inadecuados (por ejemplo, hay limitaciones cualitativas o cuantitativas importantes, los estudios no pueden ser interpretados como se reportan ya sea la presencia o ausencia de carcinogenicidad). No hay datos de carcinogenicidad disponibles para la evaluación; y,
- Grupo V o E. Evidencia de no carcinogenicidad en humanos.

Tabla 199. Criterios ambientales para la selección de los contaminantes críticos.

Analito (mg/L)	Criterio ecológico <sup>1</sup> (mg/L)		Ámbito de concentración en agua	FBC FBA <sup>2</sup>	Biomagnificación <sup>3</sup>	Persistencia en el ambiente <sup>6</sup>	Posibilidad de migrar a diferentes medios	Toxicidad en organismos de agua dulce <sup>6</sup>	TRV (µg/L) <sup>4</sup>
	Protec. Vida acuática	Abastecimiento							
OD	5.0	4.0	1.06-13.4	NA	NA	NA	NA	Anaerobios	NA
SAAM	0.1	0.5	0.146-3.92	NA	No	No	No	Si	NR
SDT	NA <sup>5</sup>	500	143-5777	No aplica o no hay información disponible					
S. Sedimentables	NA	NA	<0.1-7.0						
SST	NA	1000	<6.27-2220						
pH	CE <sup>6</sup>	5-9	5.8-8.87						
N-amoniaco	0.06	--	<0.03-58.2	NA	No	No	Si	Si	NR
Nitratos	NA	5.0	<0.11-7.25	NR 1.5E+05	No	NA	NA	Si	NR
Nitritos	NA	0.05	<0.02-15.29	NR 1.5E+05	No	No	No	Si	NR
Fósforo total	0.1	0.1	<0.015-7.78	No aplica o no hay información disponible					
Sulfatos	0.005	500	63.9-2010	NR 1.0E+03	No aplica o no hay información disponible				
Sulfuros	0.002	0.2	0.20-55.5	NR 1.0E+03	No	Si	Si	Si	NR
Cloruros	250	250	2.89-1279	NR 1.0E+03	No	Si	No	Relativa	230,000
Cianuro	0.005	0.20	<0.02-0.03	NA	No	Si	Si	Si	5.2
Fenol	0.10	0.3	<0.01-0.074	3.9E+01 2.7E+00	No	No	Relativa	Si	5.2
Arsénico	0.27	0.05	<0.001-0.009	4.0E+00 3.0E+02	No	Si	No	Si	150
Cadmio	NA <sup>8</sup>	0.01	<0.001-0.0062	1.0E+03 2.0E+02	No	Si	No	Si	2.2
Cobre	NA <sup>8</sup>	1.0	<0.05-0.51	1.1E+02 2.0E+02	No	Si	No	Si	9.0
Cromo Total	NA <sup>8</sup>	NA <sup>1</sup>	<0.005-0.088	1.2E+02 2.0E+02	Baja	Si	No	Si (cromo VI)	11 <sup>9</sup>
Mercurio	0.00001	0.001	<0.001-0.0014	2.7E+04 1.0E+03	Alta	Si	Si	Si	0.0028 <sup>10</sup>
Níquel	NA <sup>8</sup>	0.01	<0.05-0.36	1.1E+02 1.0E+02	No	Si	No	Si	52
Plomo	NA <sup>8</sup>	0.05	<0.005-0.15	1.7E+04 3.0E+02	Baja	Si	No	Si	1.32-2.5
Zinc	NA <sup>8</sup>	5.0	<0.05-0.71	1.5E+04 1.0E+03	No	Si	No	Si	118
Benceno	0.05	0.01		2.2E+03 8.7E+00	No	Si	Si	Si	0.73



Analito (mg/L)	Criterio ecológico <sup>1</sup> (mg/L)		Ámbito de concentración en agua	FBC FBA <sup>2</sup>	Biomagnificación <sup>3</sup>	Persistencia en el ambiente <sup>6</sup>	Posibilidad de migrar a diferentes medios	Toxicidad en organismos de agua dulce <sup>6</sup>	TRV (µg/L) <sup>4</sup>
	Protec. Vida acuática	Abastecimiento							
Cloroformo	0.3	0.030	0.01346	6.9E+02 6.6E+00	No	No	Si	Baja	28
Dibromocloro metano	NA <sup>8</sup>	NA <sup>8</sup>	0.0394	NR 9.2E+00	No	Si	Si	Baja	NR
Diclorobencenos 1,2	0.01	0.4	0.00429 <sup>11</sup>	NR 8.7E+01	No	Si	Si	Si	14
1,3				1.0E+02 1.8E+03					50.2
1,4				8.9E+01					11.2
Tolueno	0.2	14.3	0.00592	3.0E+03 2.5E+01	No	Si	Si	Si	9.8
M,p-xileno m-xileno p-xileno	NA	NA	0.00132	NR 5.0E+01 3.2E+00 5.8E+01 3.1E+00 5.3E+01	No	Si	Si	Si, el isómero <i>para</i> es el más tóxico	1.8
Bromodiclorometano	NA	NA	0.00322	NR 6.9E+00	Información insuficiente	Si	Si	Información no disponible en la literatura	
Bis 2(etilhexil)ftalato	0.0094	0.032	0.5098	1.1E+05 3.1E+02	No	Si	Si	Si	3.0
Dietilftalato	0.0094	0.350	0.0016	2.1E+02 1.5E+01	No	Si	No	No	210
m-cresol	NA	NA	0.04641	NR 6.4E+00	Poco probable	No	Si	Baja	NR

NA: No aplica, NR: No reportado

<sup>1</sup>Fuente: Gaceta Ecológica, 1990

<sup>2</sup>Fuente: Risk Assessment Information System, 2005; USEPA, 1992

<sup>3</sup>Fuentes: ATSDR, ERD-AG-003, Stratford H. Kay, 1984; ANZECC, 2000; Kroupova, et al., 2005; IPCS-INCHEM, Rowe, et. Al., 1997

<sup>4</sup>TRV; Valor de referencia de toxicidad; USEPA, 1999.

<sup>5</sup>No aplica, no se establece criterio

<sup>6</sup>Depende de las condiciones naturales.

<sup>7</sup>Como arsénico III, actualmente estas concentraciones son más bajas debido a la carcinogenicidad

<sup>8</sup>No hay información para estimar la concentración que permita proteger la vida acuática

<sup>9</sup>Como cromo hexavalente

<sup>10</sup>Para metilmercurio

<sup>11</sup>Los criterios son para la suma de los isómeros, esta concentración corresponde al 1,2-diclorobenceno

<sup>12</sup>Valor de toxicidad. Es la expresión numérica de la relación dosis-respuesta de una sustancia, que se utiliza en las evaluaciones de riesgos. Los valores de toxicidad más utilizados en los programas son las dosis de referencia (efectos no cáncer) y el factor de pendiente (efectos carcinogénicos).

<sup>13</sup>RfD. Dosis de referencia. Es una estimación (que puede un factor de incertidumbre de uno o más órdenes de magnitud) del nivel de exposición diario para poblaciones humanas, incluyendo subpoblaciones sensibles, la cual probablemente no represente riesgos adversos a la salud apreciables durante el tiempo de vida. Las RfD'se desarrollan específicamente para proteger de la exposición a una población por largos períodos de tiempo.

<sup>14</sup>SF (factor de pendiente, slope factor). Es una estimación factible de la probabilidad de una respuesta por unidad de ingesta de una sustancia química a través de la vida. El factor de pendiente se usa para estimar el exceso en la probabilidad de que un individuo desarrolle cáncer como resultado de una exposición a un nivel particular de un carcinógeno potencial.

**Tabla 200. Problemas de salud asociados a exposiciones ambientales.**

PROBLEMA DE SALUD	DESCRIPCIÓN
Cáncer	Hay más de una centena de diferentes tipos de cáncer, pero la incidencia de algunos de éstos, se ha incrementado en los últimos años.
Genotoxicidad	La exposición puede dar lugar a cambios en el material genético, por ejemplo en el ácido desoxirribonucleico (ADN).
Defectos al nacer	Los defectos físicos o malformaciones que ocurran durante el desarrollo embrionario, dan como resultado un producto con deformaciones. Algunos agentes químicos pueden también afectar el crecimiento y desarrollo los niños de personas que han estado expuestas.
Daño reproductivo	Reducción de la fertilidad es la falta de capacidad de una pareja para procrear niños nacidos vivos, posiblemente debido a deficiencias en la calidad y/o cantidad de óvulos y/o esperma. Las exposiciones prenatales pueden afectar el desarrollo de los órganos reproductivos y sexuales, los cuales aparecen durante la infancia o adolescencia y desórdenes en el tracto reproductivo. Compuestos organoclorados que posiblemente causan desorden hormonal que da lugar a daño reproductivo.
Efectos del desarrollo y conductuales	Contaminantes que afectan el desarrollo y función del sistema nerviosos central, dan lugar a problemas del desarrollo y conductuales, por ejemplo problemas de aprendizaje en los niños.
Daño al sistema inmune	La exposición puede reducir la capacidad del organismo para protegerse y pelear contra agentes que causan enfermedad.
Efectos en el sistema respiratorio y circulatorio	Hay efectos directos en los pulmones, el corazón y vasos sanguíneos, volumen pulmonar y vías respiratorias aéreas.

**Tabla 201. Valores de toxicidad 12 por vía oral, de los analitos detectados en aguas del río, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales.**

Analito	Clasificación (USEPA) tumor	Factor de absorción gastro-intestinal	Especie del estudio base para la RfD	Órgano blanco para la dosis de referencia	Efecto crítico para la dosis de referencia	RfD <sup>13</sup> (mg/kg/día)	SF <sup>14</sup> (cáncer)	
Arsénico (inorgánico)	A: cáncer en humanos.	0.41	Humano	Piel	Hiperpigmentación queratosis y posibles complicaciones vasculares.	3.00E-04	1.50E+00	
Benceno	A: leucemia	0.97	Humano	Tejido sanguíneo	Decremento en la cuenta de linfocitos.	4.00E-03	5.50E-02	
Bis(2-etilhexil)ftalato	B2: carcinoma y adenoma en ratones.	0.19	Cerdos de Guinea	Hígado	Incremento en el peso relativo.	2.00E-02	1.40E-02	
Bromodiclorometano	B2: adenoma en células tubulares, adenocarcinoma.	0.98	Ratón	Riñon	Citomegalia	2.00E-02	6.2E-02	
Cadmio	No hay información para esta vía.	0.01	Humanos	Riñones, tejido óseo	Proteinuria significativa.	5.00E-04	NA	
Cianuro	D	0.17	Ratas	No registrado	Pérdida de peso, efectos tiroideos, degeneración de mielina.	2.00E-02	NA	
Cloroformo	B:tumores renales en ratas.	0.2	Perro	Hígado	Formación de quistes de grasa.	1.00E-02	6.10E-03	
Cobre	D	0.3	No hay información disponible para esta vía			4.00E-02	NA	
m-Cresol	C	0.5	Ratas	Tejido sanguíneo	Pérdida de peso y neurotoxicidad.	5.00E-02	NA	
Dibromoclorometano	C: adenoma y carcinoma en hígado de ratón.	0.6	Rata	Hígado	Lesiones.	2.00E-01	2.00E+00	
1,4 diclorobenceno	C: tumores en hígado de ratón.	0.9	No hay información disponible para esta vía					2.40E-02
Dietilftalato	D	0.9	Rata	NA	Pérdida de peso, decremento del crecimiento, alteración del peso de algunos órganos.	8.00E-01	NA	
Etilbenceno	No hay información para esta vía.	0.97	Rata	Hígado y riñón	Toxicidad	1.00E-01	NA	
Fenol	D	0.9	Rata	NA	Decremento en la ganancia de peso corporal de la madre en gestación.	3.00E-01	NA	
Mercurio (como metilmercurio)	C	0.9	Humano	Sistema nervioso central	Anormalidades neurológicas en el desarrollo.	1.00E-04	NA	
Níquel (sales solubles)	No hay información para clasificar.	0.27	Rata	No aplica	Decremento en el peso corporal y de algunos órganos.	2.00E-02	NA	

Analíto	Clasificación (USEPA) tumor	Factor de absorción gastro-intestinal	Especie del estudio base para la RfD	Órgano blanco para la dosis de referencia	Efecto crítico para la dosis de referencia	RfD <sup>13</sup> (mg/kg/día)	SF <sup>14</sup> (cáncer)
Nitratos	No hay información para clasificar.	0.5	Humano	Tejido sanguíneo	Exceso de 10% de síntomas clínicos de metahemoglobinemia	1.60E+00	NA
Nitritos	No hay información para clasificar.	0.5	Humano	Tejido sanguíneo	Exceso de 10% de síntomas clínicos de metahemoglobinemia	1.00E-01	NA
Nitrógeno amoniacal	No hay información para clasificar.		Humano	Snsorial	Sabor	No reportado	NA
Plomo	No hay información para clasificar.	No se considera adecuada una dosis de referencia dada la alta neurotoxicidad.					NA
Tolueno	D	0.8	Rata	Riñón	Incremento en el peso de riñón	8.00E-02	NA
Xilenos (mezcla)	D	0.92	Rata	Sistema nervioso central	Decremento en el peso corporal, incremento en la mortalidad	1.00E-02	NA
m-xileno	No hay información.	0.80	Rata	Sistema nervioso central	Hiperactividad	2.00E-02	NA

NA: No aplica

**Tabla 202. Valores de toxicidad por vía respiratoria, de los analitos detectados en el río, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales.**

Analito	Clasificación (USEPA) tumor	Especie del estudio base para la concentración de referencia	Órgano blanco para la concentración de referencia	Efecto crítico para la concentración de referencia	Dosis de referencia crónica (mg/kg/día)	Factor de pendiente (cáncer)
Arsénico (inorgánico)	A: cáncer pulmonar.	Humano	No hay información disponible para esta vía.			1.51E+01
Benceno	A: leucemia	Humano	Sangre	Decremento en la cuenta de linfocitos.	8.57E-03	2.73E-02
Bis(2-etilhexil)ftalato	No hay información disponible para esta vía.					
Cadmio	B: tumores en pulmón humano.	No hay información disponible para esta vía.			2.60E-04 (subcrónica)	6.30E+00
Cianuro	No hay información disponible para esta vía.					
Cloroformo	B: carcinoma Hepático.	No hay información disponible para esta vía.				8.05E-02
Cobre	No hay información disponible para esta vía					
m-Cresol						
Dibromoclorometano						
1,4 diclorobenceno	C: tumores en hígado de ratón.	Rata	Hígado	Incremento en el peso en hembras.	2.29E-01	Sin información

Dietilftalato	D	No hay información disponible para esta vía.			No aplica	
Etilbenceno	No hay información disponible para esta vía					
Fenol						
Mercurio (como metilmercurio)	No hay información disponible para esta vía.					
Níquel (sales solubles)	No hay información disponible para esta vía.					
Nitrógeno amoniacal (como amonio)	No hay clasificación.	Humano	Falta evidencia	2.86-E-02	No aplica	
Plomo	No se considera adecuada una dosis de referencia dada la alta neurotoxicidad.					
Tolueno	D	Humano	Sistema nervioso	Efecto neurológico	1.43E+00	No aplica
Xilenos (mezcla)	D	Ratas macho	Sistema nervioso central	Deterioro en la coordinación motora	2.86E-02	No aplica
m-xileno	No hay información para esta vía					
Zinc						

<sup>1</sup>Fuente: Gaceta Ecológica, 1990

<sup>2</sup>Fuente: Risk Assessment Information System, 2005; USEPA, 1992

<sup>3</sup>Fuentes: ATSDR, ERD-AG-003, Stratford H. Kay, 1984; ANZECC, 2000; Kroupova, et al., 2005; IPCS-INCHEM, Rowe, et. Al., 1997

<sup>4</sup>TRV; Valor de referencia de toxicidad; USEPA, 1999.

<sup>5</sup>No aplica, no se establece criterio

<sup>6</sup>Depende de las condiciones naturales.

<sup>7</sup>Como arsénico III, actualmente estas concentraciones son más bajas debido a la carcinogenicidad

<sup>8</sup>No hay información para estimar la concentración que permita proteger la vida acuática

<sup>9</sup>Como cromo hexavalente

<sup>10</sup>Para metilmercurio

<sup>11</sup>Los criterios son para la suma de los isómeros, esta concentración corresponde al 1,2-diclorobenceno

<sup>12</sup>Valor de toxicidad. Es la expresión numérica de la relación dosis-respuesta de una sustancia, que se utiliza en las evaluaciones de riesgos. Los valores de toxicidad más utilizados en los programas son las dosis de referencia (efectos no cáncer) y el factor de pendiente (efectos carcinogénicos).

<sup>13</sup>RfD. Dosis de referencia. Es una estimación (que puede un factor de incertidumbre de uno o más órdenes de magnitud) del nivel de exposición diario para poblaciones humanas, incluyendo subpoblaciones sensibles, la cual probablemente no represente riesgos adversos a la salud apreciables durante el tiempo de vida. Las RfD'se desarrollan específicamente para proteger de la exposición a una población por largos períodos de tiempo.

<sup>14</sup>SF (factor de pendiente, slope factor). Es una estimación factible de la probabilidad de una respuesta por unidad de ingesta de una sustancia química a través de la vida. El factor de pendiente se usa para estimar el exceso en la probabilidad de que un individuo desarrolle cáncer como resultado de una exposición a un nivel particular de un carcinógeno potencial.

## 7.7. CATEGORIZACIÓN DE CONTAMINANTES CRÍTICOS

Debido a las limitaciones en el número de datos por análisis y por estación de muestreo, la selección de contaminantes críticos será semicuantitativa considerando los siguientes factores y asignando un valor para jerarquizar el peso de cada factor.

### 7.7.1. Factores ambientales

- Posibilidad de que los contaminantes puedan migrar a otros compartimentos ambientales:
  - Sí= 1
  - No o no hay información suficiente= 0
- Persistencia en el ambiente
  - Sí=1;
  - No o no hay información suficiente= 0
- Cumplimiento de los Criterios ecológicos de calidad del agua para protección de la vida acuática y fuente de abastecimiento de agua potable.
  - 0= Cumple con ambos criterios o no hay criterio establecido.
  - 1= No cumple con alguno de los mismos dos criterios en al menos una estación de muestreo o un muestreo.
  - 2= No cumple con ambos criterios en al menos una estación de muestreo o un muestreo.

Considerando que el primer criterio para decidir el peso o jerarquía que tiene un análisis, es la posibilidad de migrar y estar presente en diferentes compartimentos ambientales, resulta relevante la presencia de los compuestos volátiles y semivolátiles incluyendo al mercurio. En este sentido los metales pesados y otros análisis no volátiles presentan poco problema, y se mantienen ya sea en solución en columna de agua o bien en sedimentos y partículas.

El siguiente criterio, es la persistencia ambiental. La literatura indica que los metales pesados son altamente persistentes en agua y sedimentos, así como algunos compuestos volátiles son también persistentes en fase gaseosa, una vez que pasan del agua a la atmósfera, tal es el caso del cianuro, el mercurio, los sulfuros, entre otros (se les asignó valor 1). Análisis poco persistentes o que tienen vidas medias de reacción cortas son el cloroformo, el etilbenceno y los fenoles entre otros (se les asignó valor 0, ver tabla 186).

El criterio siguiente, es de cumplimiento de estándares de calidad del agua para determinados usos. En la región de estudio, ya sea en el agua del río o en las descargas de aguas residuales, hay análisis que pueden migrar a diferentes compartimentos ambientales, son persistentes y su concentración rebasa los criterios ecológicos para protección de la vida acuática y fuente de abastecimiento para uso y consumo humano, tal es el caso del mercurio, sulfuros y Bis (2-etilhexil)ftalato (Gaceta Ecológica, enero de 1990).

**Tabla 203. Valor de los criterios ambientales para jerarquizar los análisis detectados en el Bajo Río Bravo, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales.**

Analíto	Posibilidad de migración a diferentes compartimientos ambientales	Persistencia en el ambiente	Cumplimiento de criterios ecológicos	Sumatoria
Mercurio	1	1	2	4
Sulfuros	1	1	2	4
Bis-2-(Etilhexil)ftalato	1	1	2	4
Cianuros	1	1	1	3
1,4 Diclorobenceno	1	1	0	2
Tolueno	1	1	0	2
Cloruros	0	1	1	2
Sulfatos	0	0	2	2
Benceno	1	1	0	2
Bromodiclorometano	1	1	0	2
m,p-xilenos	1	1	0	2
Nitrógeno amoniacal	1	0	1	2
Níquel	0	1	1	2
Plomo	0	1	1	2
Fenoles	0	0	2	2
Fósforo-total	0	0	2	2
SAAM	0	0	2	2
pH	0	1	0	1
Cloroformo	1	0	0	1
Cadmio	0	1	0	1
Dietilftalato	0	1	0	1
m-Cresol	1	0	0	1
Arsénico	0	1	0	1
Cobre	0	1	0	1
Cromo total	0	1	0	1
Zinc	0	1	0	1
Alcalinidad total	0	0	1	1
Nitratos	0	0	1	1
Nitritos	0	0	1	1
Sólidos disueltos totales	0	0	1	1
Sólidos sedimentables	0	0	1	1
Sólidos suspendidos totales	0	0	1	1

Existen dos puntos importantes a destacar con respecto al peso que tienen los factores ambientales en cuanto a los riesgos ambientales y sanitarios por contaminantes químicos. Primero, los análisis con mayor puntaje además de ser volátiles y semivolátiles, son persistentes en el ambiente y en términos generales tienen alto potencial tóxico para la biota de agua dulce y para humanos, como se verá posteriormente. El segundo se relaciona con parámetros como la alcalinidad y el potencial de hidrógeno, que si bien, aparentemente no representarían gran problema, lo cierto es que son relevantes en términos de la influencia que pueden ejercer en la toxicidad de análisis como los metales, por ejemplo.

### 7.7.2. Factores biológicos y de toxicidad en organismos acuáticos (aguas superficiales)

- Toxicidad para organismos acuáticos, indicada por el valor de referencia de toxicidad (TRV)
  - No, no está reportado, o no hay información suficiente= 0
  - TRV >1000, toxicidad baja=1
  - TRV en el rango de 100.1 a 1000, toxicidad media=2
  - TRV en el rango de 10.1 a 100, toxicidad alta=3
  - TRV ≤10, toxicidad muy alta=4
  - Cuando no haya valor de TRV reportado en la literatura, se asignará valor 1 a sustancias que esté reportada la toxicidad en organismos de agua dulce.
  
- Bioconcentración en organismos acuáticos. Indicada por el factor de bioconcentración en peces (FBC)
  - No, no hay información suficiente o FBC < 1.00 = 0
  - Baja: FBC en el rango de 1.00E+00 a 9.9E+01 = 1
  - Media: FBC en el rango de 1.00E+02 a 9.99E+02 = 2
  - Alta 1.00E+03 a 9.999E+04 = 3
  - Muy alta: FBC ≥ 1.00E+05 = 4
  
- Bioacumulación en organismos acuáticos. Indicada por el factor de bioacumulación en peces (FBA)
  - No, no hay información suficiente o FBA < 1.00 = 0
  - Baja: FBA en el rango de 1.00E+00 a 9.9E+01 = 1
  - Media: FBA en el rango de 1.00E+02 a 9.99E+02 = 2
  - Alta FBA 1.00E+03 a 9.999E+04 = 3
  - Muy alta: FBA ≥ 1.00E+05 = 4
  
- Biomagnificación en la cadena trófica en organismos acuáticos:
  - Sí = 1
  - No o no hay información suficiente = 0

Si bien, en diversas bases de datos de agencias internacionales es posible identificar valores de toxicidad, bioconcentración y bioacumulación de algunos analitos orgánicos e inorgánicos (tabla 187), existen pocos estudios o reportes referentes a la capacidad de biomagnificación a través de la cadena trófica para la mayoría de los compuestos que se liberan al ambiente.

En general se considera que las sustancias bioacumulativas hidrofóbicas, solubles en grasa que tienen altos coeficientes de partición octanol-agua ( $K_{ow} \geq 100,000$ ) se biomagnificarán; no obstante, existen dudas acerca de sustancia moderadamente hidrofóbicas. En el caso de compuestos de metales y metaloides como el cobre, cadmio, zinc y arsénico, no hay evidencia de biomagnificación (Barwick and Maher, 2003); para el mercurio, esta propiedad ha sido ampliamente demostrada (Barbosa, et al., 2003; PNUMA, 2002). Debido a esta falta de información, es que se decidió solamente asignar el valor 1 a las sustancias para las que hubiese evidencia publicada y reconocida y no es un factor al que se le pudiera dar un gran peso.

Entonces, el factor más importante es de la toxicidad para organismos acuáticos, que está de alguna manera relacionado con la bioconcentración y bioacumulación, pues las relaciones no son necesariamente lineales.



Los analitos más tóxicos para organismos de agua dulce son: mercurio, bis-2(etilhexil)ftalato, cadmio, plomo, el cobre, benceno, tolueno, dietilftalato, fenol, cianuro y los m,p- xilenos; en el siguiente nivel (TRV=3) se encuentran 1,4-diclorobenceno, níquel y cloroformo (tabla 187).

**Tabla 204. Valor de los criterios de toxicidad en organismos acuáticos para jerarquizar los analitos detectados en el Bajo Río Bravo, descargas y plantas de tratamiento de agua residual.**

Analito	Toxicidad	TRV	Bioacumulación	Bioconcentración	Biomagnificación a través de la cadena trófica	Sumatoria
Mercurio	1	4	3	3	1	12
Bis-2(Etilhexil)ftalato	1	4	2	4	0	11
Cadmio	1	4	2	3	0	10
Plomo	1	4	2	3	0	10
Zinc	1	2	3	4	0	10
Cobre	1	4	2	2	0	9
Benceno	1	4	1	3	0	9
Tolueno	1	4	1	3	0	9
Dietilftalato	1	4	1	2	0	8
1,4 Diclorobenceno	1	3	1	3	0	8
Fenoles	1	4	1	1	0	7
Níquel	1	3	2	2	0	8
Cloroformo	1	3	1	2	0	7
m,p-xilenos	1	4	1	0	0	6
Arsénico	1	2	2	1	0	6
Cianuros	1	4	0	0	0	5
Cloruros	1	1	3	0	0	5
Nitratos	1	0	4	0	0	5
Nitritos	1	0	4	0	0	5
Cromo total	0	0	2	2	0	4
Sulfatos	0	0	3	0	0	3
Sulfuros	0	0	3	0	0	3
m-Cresol	1	0	1	0	0	2
Bromodiclorometano	0	0	1	0	0	1
Nitrógeno amoniacal	1	0	0	0	0	1
pH	0	0	0	0	1	1
SAAM	1	0	0	0	0	1

Aparentemente, parámetros como el pH, alcalinidad, dureza y fosfatos no representan problemas de toxicidad, sin embargo, el efecto es indirecto, debido a que cambios en las condiciones de estos parámetros tienen el potencial de modificar la toxicidad de los metales pesados. El oxígeno disuelto y los fosfatos, causan serios problemas en cuanto a la diversidad y dinámica de las poblaciones microbianas en el cuerpo de agua y en este sentido también su papel en la toxicidad es indirecto.

### 7.7.3. Toxicidad para humanos por las vías oral y aérea

- Valores de toxicidad para las vías oral e inhalación, publicados en las bases de datos de la ATSDR, el IRIS (2005):
  - Carcinogenicidad:
    - D=0
    - C=1
    - B=2
    - A= 3
  - Toxicidad sistémica o no cáncer
    - No hay información o no es tóxico=0
    - Baja: RfD en el rango de 1.00E+00 a 9.9E-01= 1
    - Media: RfD en el rango de 1.00E-02 a 9.99E-02=2
    - Alta RfD 1.00E-03 a 9.999E-04=3
    - Muy alta: RfD  $\leq 1.00E-04$  =4

En la tabla 188 se presenta una síntesis de los valores de toxicidad para humanos. El primer criterio de categorización de los analitos es el del peso de evidencia sobre carcinogenicidad en humanos, para una o dos vías potenciales de exposición, seguido por la dosis de referencia para toxicidad sistémica.

Los analitos de mayor relevancia en la zona de estudio son el benceno y el arsénico, debido a que están clasificados como carcinógenos de humanos para las dos posibles vías de exposición identificadas.

Por su toxicidad sistémica, destaca la presencia de arsénico, mercurio, y plomo para el cual no se considera adecuado fijar una dosis de referencia dada su alta neurotoxicidad y por esto se le asignó valor de 4.

**Tabla 205. Valores de los criterios de carcinogenicidad y toxicidad sistémica en humanos para jerarquizar los analitos detectados en el río, descargas y plantas de tratamiento.**

Análito	Carcinogenicidad		Dosis de referencia		Peso del factor
	Vía oral	Vía aérea	Oral	Inhalación	
Benceno	3	3	2	3	11
Arsénico	3	3	4	0	10
Cadmio	3	0	3	0	6
Cloroformo	2	2	2	0	6
Bis-2-(Etilhexil)ftalato	2	0	2	0	4
Bromodichlorometano	2	0	2	0	4
Mercurio	0	1	4	0	5
m-Cresol	1	0	2	0	3
1,4 Diclorobenceno	0	1	0	1	2
Plomo	0	0	4	4	8
m,p-xilenos	0	0	2	2	4
Tolueno	0	0	2	1	3
Cianuros	0	0	2	0	2
Cobre	0	0	2	0	2
Dibromoclorometano	1	0	1	0	2
Dietilftalato	0	0	2	0	2

Análito	Carcinogenicidad		Dosis de referencia		Peso del factor
	Vía oral	Vía aérea	Oral	Inhalación	
Níquel	0	0	2	0	2
Nitrógeno amoniacal	0	0	0	2	2
Nitratos	0	0	1	0	1
Nitritos	0	0	1	0	1
Fenoles	0	0	1	0	1

De significado bajo o nulo en términos de la toxicidad para humanos, son análisis como: los cloruros, el cromo total (la información para asignar toxicidad no es adecuada), fosfato, sulfatos, sulfuros, y zinc, al igual que el pH, la dureza, sólidos y SAAM.

Considerando, una medida resumen (sumatoria) de los factores listados para categorizar los contaminantes detectados en el río, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales, el benceno parece altamente tóxico para humanos y para la vida acuática (tabla 189).

**Tabla 206. Peso de los análisis detectados en el Bajo Río Bravo, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales con base en la sumatoria de los valores obtenidos para los criterios ambientales y de toxicidad.**

Análito	Sumatoria de la carcinogenicidad y toxicidad en humanos	Sumatoria de la toxicidad en organismos acuáticos	Factores ambientales	Total
Benceno	11	9	2	22
Mercurio	5	12	4	21
Plomo	8	10	2	20
Bis-2-(Etilhexil)ftalato	4	11	4	19
Cadmio	6	10	1	17
Arsénico	10	6	1	17
Cloroformo	6	7	1	14
Tolueno	3	9	2	14
1,4 Diclorobenceno	2	8	2	12
m,p-xilenos	4	6	2	12
Cobre	2	9	1	12
Níquel	2	8	2	12
Dietilftalato	2	8	1	11
Zinc	0	10	1	11
Cianuros	2	5	3	10
Fenoles	1	7	2	10
Cloruros	0	5	2	7
Bromodichlorometano	4	1	2	7
Nitratos	1	5	1	7
Nitritos	1	5	1	7
Sulfuros	0	3	4	7
m-Cresol	3	2	1	6
Sulfatos	0	3	2	5
Nitrógeno amoniacal	2	1	2	5
Cromo total	0	4	1	5
SAAM	0	1	2	3
pH	0	1	1	2

El mercurio es un analito altamente relevante, pues si bien no está calificado con alto puntaje por la falta de evidencia de carcinogenicidad en humanos, es importante señalar y destacar su alta neurotoxicidad para humanos sobre todo en la fase de desarrollo, así como su alta toxicidad para la vida acuática y biomagnificación en la cadena trófica. El benceno, bis- 2(etilhexil)ftalato tienen importancia relevante, así como el plomo por la alta toxicidad para organismos acuáticos (tabla 189).

Debido a que no hay evidencia de toxicidad para la vida acuática o los humanos, en la siguiente fase de evaluación, se descartan los fosfatos, los sólidos en sus diversas formas y la alcalinidad.

## **7.8. EVALUACIÓN DE LAS ZONAS DEL BAJO RÍO BRAVO**

A continuación, se evaluarán las zonas del Bajo Río Bravo, integrando los antecedentes del sitio, la contaminación ambiental biológica, química y organoléptica, así como el puntaje de la toxicidad de los análisis para humanos y organismos de agua dulce, adaptando algunos criterios de la metodología propuesta por Díaz-Barriga (1999).

### **7.8.1. Población potencialmente expuesta**

Poblaciones cercanas al Bajo Río Bravo o a las descargas de aguas residuales en la cuenca:

- Distancia
  - 0-1500 m= 3 puntos
  - 1501-3000 m= 2 puntos
  
- Tamaño de la población
  - >100,000 personas= 4 puntos
  - 10,001 -100,000= 3 puntos
  - 1001-10,000= 2 puntos
  - ≤1000= 1 punto

Multiplicar la puntuación asignada al tamaño de la población por la puntuación asignada a la distancia.

El valor total es la sumatoria de ambas distancias. La zona 3 y 6, son las más densamente pobladas, seguidas por las 1 y la 4. En las zonas 2 y 5, hay un menor número de personas potencialmente expuestas (tabla 190).

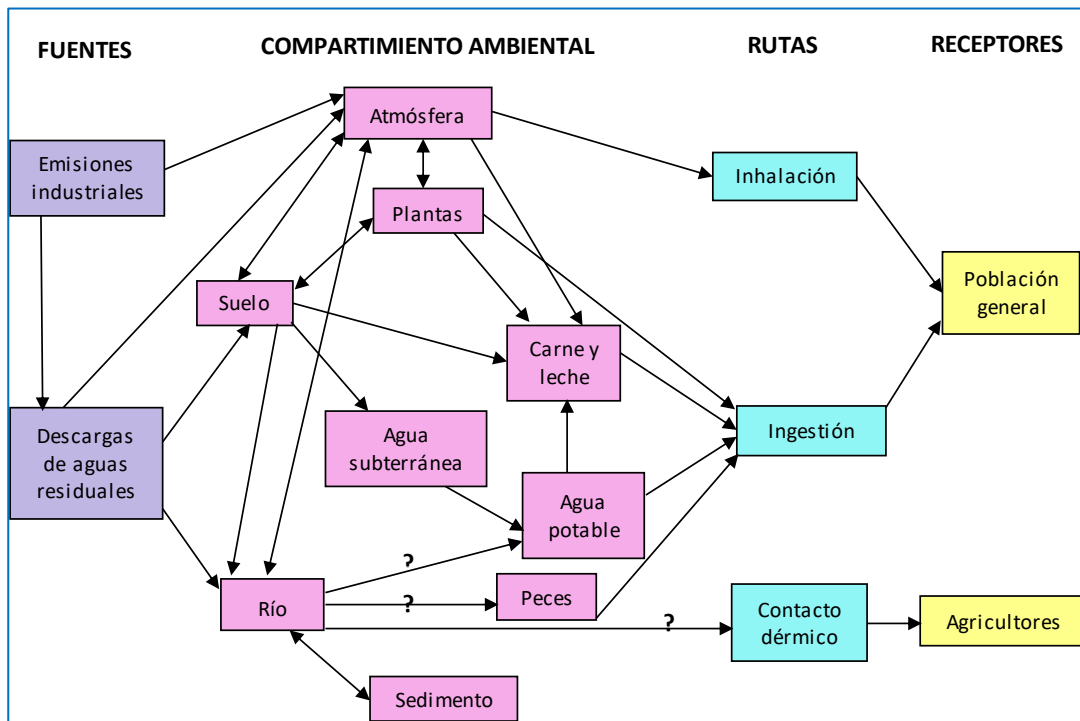
**Tabla 207. Puntuación de la población potencialmente expuesta en cada una de las zonas del río.**

Zona del río	Habitantes en un radio de 1 km	Puntos	Total
1	26,631	9	9
2	6,055	6	6
3	589,916	12	12
4	10,998	9	9
5	2,477	6	6
6	450,660	12	12

El modelo conceptual final de exposición en la cuenca local (Fig. 258), no incluye el consumo de pescado del río, ya que, al estar cerca del mar, el consumo es más bien de especies de pescado de mar y altamar. Para la población en general, las vías de exposición posibles son la inhalación y la ingestión de agua.

El ingreso de contaminantes a la población general por inhalación, resulta no sólo de las emisiones directas de las industrias al aire, esta vía incluye también los analitos volátiles que se descargan a la corriente o bien que están presentes en la misma descarga y por sus características físicoquímicas tienen la capacidad de ingresar a otros compartimientos ambientales, por lo que, además es factible la inhalación de analitos en aerosoles y partículas de suelo.

La ingestión de analitos con potencial tóxico para la población general, puede ocurrir eventualmente a través de partículas de suelo, productos de consumo frecuente que son producidos en la región y el agua potable.



**Figura 299. Modelo conceptual de exposición a analitos con potencial tóxico para los habitantes en la cuenca Baja del Río Bravo.**

### 7.8.2. Contaminación ambiental

Tipos de contaminantes o analitos presentes en el sitio, en al menos una estación de muestreo en cada zona del río:

- Microbiológicos (1 presencia, 0 ausencia)
- Toxicidad (asignar el valor más alto, con base en la escala de Porcella: 3 toxicidad alta; 2, toxicidad moderada; 1, toxicidad baja y 0 toxicidad no detectada)
- Inorgánicos (1 presencia, 0 ausencia)
- Orgánicos (1 presencia, 0 ausencia)
- Organolépticos (1 presencia, 0 ausencia)

De manera semicuantitativa, en la región de estudio por las actividades agrícolas y descargas municipales y de los drenes se ha disminuido poco las condiciones de calidad del agua como consecuencia de las actividades, y se han detectado en las zonas en que se dividió el río, toxicidad alta (indicada por la prueba de toxicidad *Vibrio fisheri* (Microtox)) en la zona 3, donde se concentra la población de Reynosa el DR026 y el Dren El Anhelito. Sin embargo, en el río en todos los sitios de monitoreo la toxicidad no fue detectada (tabla 191).

**Tabla 208. Puntuación del tipo de contaminantes presentes en el agua del río, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales.**

Zona del río	Microbiológicos	Toxicidad (Microtox)	Analitos orgánicos	Analitos inorgánicos	Organolépticos	Total
I	1	2	1	1	0	5
II	1	2	1	1	0	5
III	1	3	1	1	0	6
IV	1	0	1	1	0	3
V	0	0	0	0	0	0
VI	1	0	1	1	0	3

### 7.8.3. Contaminantes más significativos

Con base en el análisis y síntesis de la información de toxicidad que se presentó en los apartados 7.2 y 7.3, se ponderó la toxicidad, considerando que la sumatoria del puntaje es el 100% y, descartando contaminantes no persistentes o que no tienen posibilidad de migrar a otros compartimentos y sobre todo cuya toxicidad es nula tanto para organismos de agua dulce como para humanos. (Tabla 192).

**Tabla 209. Índice de peligrosidad de los analitos detectados en agua del río, descargas y plantas de tratamiento de aguas residuales.**

Analito	Toxicidad		Parámetros Ambientales	Grado de toxicidad	Toxicidad Ponderado
	Humana	Acuáticos			
Mercurio	9	8	4	4	8.4
Benceno	11	5	2	4	7.2
Arsénico	10	4	1	4	6
Plomo	4	6	2	4	4.8
Bis-2-(Etilhexil)ftalato	4	7	4	4	3.9
Cloroformo	6	4	1	3	3.9
Tolueno	3	5	2	3	3.3
1,4 Diclorobenceno	2	5	2	3	3
Níquel	2	5	2	3	2.7
Dietilftalato	2	4	1	3	2.4
Bromodichlorometano	4	1	2	3	2.1
Nitratos	1	5	1	3	2.1
Nitritos	1	5	1	3	2.1
m-Cresol	3	2	1	3	1.8
Dibromoclorometano	2	2	2	3	1.8
m,p-xilenos	4	2	2	2	1.6
Sulfuros	0	3	4	2	1.4
Cadmio	6	6	1	4	1.4
Fenoles	1	3	2	2	1.2
Sulfatos	0	3	2	2	1.2
Cromo total	0	4	1	2	1
Nitrógeno amoniacal	2	1	2	2	1
Zinc	0	8	1	0	0.9
pH	0	1	1	2	0.8
Cobre	2	5	1	0	0.8
Cianuros	2	1	4	0	0.7
Cloruros	0	4	2	0	0.7
SAAM	0	1	2	0	0.3
Alcalinidad total	0	0	1	2	0.2
Fosfato-total	0	0	2	0	0.2
Sólidos disueltos	0	0	1	0	0.1
Sólidos sedimentables	0	0	1	0	0.1
Sólidos suspendidos	0	0	1	0	0.1
Sumatoria	125.5		69.2		

## 7.9. CONCLUSIONES

De la información de los resultados de los parámetros orgánicos e inorgánicos analizados y de acuerdo a la evaluación de riesgo podemos concluir que principalmente afectan la calidad del agua son:

Mercurio, Benceno, Arsénico, Plomo, Bis-2-(Etilhexil)ftalato, Cloroformo.

Estos analitos fueron detectados en el río, afluentes, descargas de aguas residuales o plantas de tratamiento.

## CAPÍTULO 8 . ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES A PARTIR DE LA RECUPERACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO BRAVO

A nivel internacional, desde el año 2011 hasta el actual proceso de negociación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible del Milenio a fin de ampliarlos hasta el 2030, se ha puesto de manifiesto en diversos foros internacionales el importante papel que juegan tres elementos clave –el agua, la alimentación y la energía– y la interrelación entre los mismos.

Ante una sociedad global con 748 millones de personas sin acceso básico al agua, 805 millones que padecen hambre crónica y 1,300 millones sin acceso a la electricidad, la conclusión más inmediata parece evidente: seguir con la dinámica actual de desarrollo mundial no es el camino más adecuado para hacer frente a los desafíos pendientes, sino que es preciso desarrollar un enfoque integral para lograr un desarrollo sostenible e inclusivo que preste atención a las complejas interacciones entre la actividad humana y los ecosistemas, acentuadas éstas por los efectos del cambio climático. En este punto las relaciones entre elementos como el agua, la alimentación y la energía cobran especial relevancia.

Por su parte, en el último informe de las Naciones Unidas sobre cambio climático se señala que las proyecciones apuntan a que este fenómeno provocará que aumenten los riesgos conexos al clima existentes y se generen nuevas vulnerabilidades para los sistemas naturales y humanos. En dicho documento se enfatizan los siguientes aspectos:

- Problemas relacionados con el acceso de agua dulce, especialmente para las poblaciones que sufren las inundaciones fluviales.
- La extinción de especies de los ecosistemas terrestres debido a la modificación de sus hábitats.
- La mortalidad arbórea y el quebranto forestal debido al aumento de las temperaturas y las sequías.
- Los estados insulares situados a baja altitud tendrán que afrontar impactos muy fuertes por efectos de la elevación del nivel del mar.
- El aumento de la temperatura en 2 grados afectará a la producción de los cultivos de trigo, arroz y maíz en regiones tropicales y templadas, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de poblaciones enteras.
- Las zonas urbanas se verán afectadas por las precipitaciones extremas, las inundaciones, la contaminación del aire, las sequías y la escasez de agua.
- Las zonas rurales enfrentarán conflictos por el suministro de agua, la seguridad alimentaria y la merma de los ingresos agrícolas.
- Aumentará el desplazamiento de personas. Según un informe elaborado por siete universidades europeas, los desplazados por causas del cambio climático llegan a 25 millones -más del doble de los refugiados políticos- y pueden llegar a ser 200 millones en el 2050.

Sin duda las sequías severas e inundaciones destructivas en aumento constituyen una consecuencia más que nos está dejando el cambio climático y que impactan negativamente en nuestros pronósticos de crecimiento.

“La inseguridad hídrica es una amenaza. Por eso, tenemos que hablar de la gestión integral inteligente del agua. Los problemas que existen no son de escasez física, sino de gestión adecuada. La disponibilidad está afectada por el cambio climático”. Al respecto en un reporte reciente de la CEPAL, se afirma que en la mayoría de los casos la raíz de la controversia no es tanto la escasez física o real de los recursos físicos, sino una escasez construida, relativa, derivada de un amplio abanico de factores que incluyen el mal manejo, contaminación, monopolización de acceso y la transferencia de externalidades negativas (CEPAL (2015, p.1).



Por su parte, la Organización Mundial de la Salud estima que una persona necesita al menos 20 litros diarios para satisfacer sus necesidades básicas. Pero zonas de México, Cuba, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Chile, Argentina y Brasil padecen de uso insostenible del recurso, por lo que están expuestas a estrés hídrico.

El reporte “Agua y adaptación al cambio climático en las Américas”, elaborado por el Diálogo Regional de Política de Agua y Adaptación al Cambio Climático en las Américas, indica que aumentan las personas de la región que viven en medio de un alto grado de presión sobre los recursos hídricos. Se trata de personas que cuentan con menos de 1.000 metros cúbicos por habitante por año y que oscilarían entre 34 millones y 93 millones para 2020 y entre 101 millones y 200 millones en 2050.

Para el caso particular del Río Bravo, desde finales de la década de los noventa del pasado siglo XX se planteó la necesidad de hacer estudios de clasificación y saneamiento de la parte baja de la cuenca. A partir de 1996, con la suscripción del Acta 294 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), la aportación de importantes montos en subsidios aportados por México y los Estados Unidos de América, a través de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), y el apoyo de las agencias creadas *ex profeso* como la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) y el Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN), se ha estado impulsando de manera importante el desarrollo de infraestructura de agua potable y saneamiento en la franja fronteriza (CONACYT, 2012).

Con la participación de la SEMARNAT a través de CONAGUA y los organismos estatales y municipales de agua y la COCEF se participa en el desarrollo de proyectos mediante la certificación de los mismos, con base en el cumplimiento de requisitos, y el apoyo mediante asistencia técnica. Por su parte, el BDAN se encarga del financiamiento de proyectos mediante créditos y la administración de los recursos del Fondo de Infraestructura Ambiental Fronterizo (BEIF, por sus siglas en inglés), de la EPA, para los proyectos que cumplan con los criterios de elegibilidad y priorización.

De manera más reciente la CONAGUA con el apoyo del IMTA se han dado a la tarea de evaluar la calidad del agua en el río Bravo sus afluentes, determinar las principales fuentes de contaminación, la carga actual de contaminantes, la capacidad de asimilación y dilución, los límites máximos de descarga, y las concentraciones de contaminantes alcanzadas en los cuerpos de agua, en cada etapa de regulación. Con los resultados previstos se busca elaborar la Declaratoria de Clasificación del Bajo Río Bravo.

En este contexto, desde 1996 a nivel nacional, la Conagua ha iniciado la realización de estudios de clasificación en los siguientes ríos: Coatzacoalcos, Cazonas, La Antigua y Blanco en Veracruz; Apatlaco, Morelos; Turbio, Guanajuato; San Juan del Río, Querétaro; Atoyac, Puebla-Tlaxcala; así como el Tula en Hidalgo. Hasta la fecha 3 cuencas: la del río Coatzacoalcos, El Atoyac y San Juan del Río, Querétaro están clasificadas y han sido registradas en el Diario Oficial de la Federación (DOF); mientras que otros 6 ríos están en proceso de ser clasificados. Todos estos estudios requieren del análisis de costos y beneficios derivados de las inversiones y acciones adoptadas a fin de lograr la descontaminación de los cuerpos de agua en cuestión.

### **Percepción social sobre la situación del agua en el Río Bravo**

Entre las acciones que los gobiernos de México y los Estados Unidos han financiado para mejorar la calidad del agua del Bajo Río Bravo se encuentra el estudio “A Survey of citizen opinion about water quality in the Lower Rio Grande / Rio Bravo” realizado entre el 2011 y 2014 a efecto de conocer y examinar la opinión respecto a la calidad del agua, su importancia para la vida de los ciudadanos; solicitar información sobre qué se debe hacer para reducir la

contaminación y quién debe ser responsable de esto. También se exploró la disposición de los residentes locales a pagar para financiar acciones a efecto de limpiar las descargas al río. Para obtener esta información se llevaron a cabo encuestas a residentes y a personas involucradas con la temática a orillas del Río Bravo tanto del lado mexicano (Tamaulipas) como del americano (Texas).

En ambos lados de la frontera, se percibió que es importante sanearlo, ya que afecta negativamente su estilo y condiciones de vida. Se encontró que hay una alta tasa de percepción sobre que el río está muy contaminado: 92% de texanos y 88.4% de tamaulipecos.

Para un 88.8% según la encuesta lado americano (ELA) y 79.8% encuesta del lado mexicano (ELM) es importante que el río este limpio; Y sus razones son las siguientes: Por ser la principal fuente de agua: 42.6% (ELA) y 20.9% (ELM); para la salud humana 39.8% (ELA), 20% (ELM); para el ambiente y la agricultura, 22.4% (ELA), 36.2% (ELM).

Se mencionan las razones de la importancia de tener buena calidad del agua en el río: como fuente de agua para beber, salud humana (salud de los niños), agua para riego de cultivos y beneficio para el mismo ecosistema. En términos generales en ambos márgenes del río se percibe desconfianza hacia la calidad del agua.

Por ejemplo, se destaca que no hay disposición a realizar actividades recreativas en el río. De 55.4% a 79% no estarían dispuestos a nadar, pescar o realizar deportes acuáticos.

El 79.4% (ELA) y 73.8% (ELM) dijo que no se metería a nadar al río; el 63.7% (ELA) y 58.3% (ELM) no participaría en deportes acuáticos en el río; y un 55.4% (ELA) y 59.8% (ELM) señaló que no pescaría en el río.

Resulta interesante señalar que en las respuestas de actitud y percepción con relación a la calidad del agua a efecto de identificar las principales fuentes de contaminación, la mayoría consideró a la basura /*garbage*/ (¡no las descargas de aguas residuales!) como la principal fuente de contaminación del río; 40.3% (ELA) y 59.8% (ELM).

También se mencionan las posibles soluciones para lograr una mejora en la calidad del agua: fortalecer la legislación en materia de agua y mejorar el desempeño de las autoridades, recomendaciones generales para limpiar, inversiones o innovaciones tecnológicas, mejorar la educación y mejorar la administración del medio ambiente.

Sobre las acciones que se deben adoptar para mitigar y mejorar la calidad de la misma fueron del lado americano: Acciones de gobierno, 32.1%; Limpieza, 20.1%; Uso de tecnologías apropiadas 15.7%; Educación, 12.4%. Mientras que del lado mexicano fueron: Cambiar la actitud personal con 34%; Limpieza del cauce, 22.2%; Educación, 9%, Acciones gubernamentales, 8%.

Al respecto, es preciso mencionar que en el estudio se encontró una diferencia marcada de opinión con respecto a la responsabilidad institucional, de la población y usuarios. Los americanos consideran que esto está relacionado con el papel de las autoridades y la legislación, mientras que los mexicanos consideran que es necesario un cambio en la actitud y comportamiento individual.

Con referencia a la disposición a pagar (DAP) para contribuir en una mejora de calidad del recurso, que tiene relevancia e importancia directa con nuestro propio estudio sobre beneficios derivados de la descontaminación, los resultados de este estudio muestran de modo fehaciente como residentes de ambos lados de la frontera están preocupados por la condición del Río Bravo, sin importar las diferencias económicas, culturales o políticas, así como el hecho que un 57% del total de encuestados (USA y México) están dispuestos a pagar una cuota extra en su recibo de agua mensual para asegurar que el agua del Río Bravo sea lo suficientemente limpia para poder nadar.

Debemos destacar esto último por resultar bastante coincidente con nuestra propia encuesta DAP (de preferencias reveladas) de tipo piloto y control aplicada del lado mexicano, donde la disposición a pagar para mejorar las condiciones del cuerpo de agua fue del orden de 62% del total de encuestados.

Sin duda una diferencia sustantiva es el monto de aportación voluntaria, ya que en el caso de la DAP estadounidense oscila entre los 16 y 20 dólares/mes (Eaton, 2014), mientras que para el caso mexicano el promedio fue apenas de 14.3 pesos.

## 8.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El conocimiento de la cantidad y calidad de un recurso resulta un elemento básico para su mejor administración, uso y distribución, así como para lograr objetivos orientados a la sustentabilidad de la ruta del desarrollo de un país emergente como México.

El agua en cuerpos superficiales es un recurso renovable; sin embargo, puede llegar a estar tan contaminada por su uso en las ciudades como por las actividades productivas que ya no sea útil para otros propósitos y por lo mismo, tenga un efecto nocivo para la salud humana y para los mismos ecosistemas acuáticos. El no tratamiento de las aguas negras y residuales de la industria y la agricultura y su descarga al cuerpo receptor, implica altos riesgos para la salud, al mismo tiempo que afecta otras actividades relacionadas con los usos del agua como son la pesca y la propia agricultura.

A partir del año 2000 con la integración del Consejo de Cuenca del Río Bravo así como el Grupo de Seguimiento y Evaluación, ambas instancias señalaron la siguiente problemática:

- Escasez del recurso.
- Alto crecimiento de la demanda.
- Creciente competencia entre usos, usuarios y entidades federativas (ejemplo Nuevo León y Tamaulipas).
- Rezago en las coberturas de servicios básicos rurales.
- Contaminación de cauces y acuíferos.
- Sobreexplotación de acuíferos.
- Bajas eficiencias en el uso agrícola y en el uso municipal.
- Ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos.
- Insuficiente inversión en el sector.
- Deficiencias en sistemas de medición sobre la cantidad y calidad del recurso.

La mayoría de estos problemas tienen que ver no sólo con el diagnóstico del proyecto de investigación sobre beneficios por descontaminación, sino también con cuestiones referidas a la gestión integral de la cuenca hidrológica, aspectos que requieren ser resueltos si se quiere avanzar en la senda de la sustentabilidad del agua y del propio crecimiento económico.

El aprovechamiento sustentable del agua debe asumir la responsabilidad de reducir la presencia de contaminantes de todo tipo, así como el tratamiento de las descargas con el propósito de reintegrarla al entorno físico en condiciones apropiadas y emplearla en otras actividades manteniendo, al mismo tiempo, el equilibrio de los ecosistemas.

Consideramos que el proyecto forma parte de una tarea y esfuerzos con contenidos y alcances de importancia nacional, cuyo objetivo central es tener nuestros ríos y cuerpos de agua en condiciones favorables para la salud tanto de la población como de los propios ecosistemas hídricos, así como para contribuir al desarrollo ulterior del país y el buen desempeño de actividades humanas en general.

La problemática particular de la cuenca Baja del Río Bravo asociada a una situación de escasez y mala calidad del agua, además de la sobreexplotación de los acuíferos de la región y las aportaciones de descargas municipales e industriales de importantes ciudades como Reynosa y Matamoros, actualmente está en riesgo de limitar su desarrollo socioeconómico y cultural. Estas ciudades ribereñas durante las últimas décadas han tenido un importante pero desordenado crecimiento económico y demográfico. Ante esta situación es necesario implementar metas graduales que disminuyan las cargas actuales de contaminantes y que en el mediano plazo se pueda aprovechar de manera más eficiente y sustentable el recurso del agua en actividades productivas y de uso humano, sin comprometer la viabilidad de los ecosistemas ni la salud de las personas en el mediano y largo plazo.

En la zona de estudio se identificaron descargas del sector pecuario, de plantas de tratamiento de aguas residuales y de aportes por aguas residuales municipales sin tratamiento. El inventario tomó en cuenta que cerca de la mitad de ellos tienen actividad ganadera y/o agrícola; pocos municipios tienen a la manufactura como su principal actividad económica y el resto cuentan con buen número de comercios y servicios, como corresponde a ciudades de frontera. El agua para riego sigue siendo el principal usuario, con cerca del 80 por ciento del consumo total. Los distritos de riego abarcan una superficie de 300 mil has (CONAGUA 2006), de las cuales 219 mil pertenecen a los DR 025 y 026, ubicados en el área de estudio.

## 8.2. OBJETIVOS

En el presente trabajo se destacan las problemáticas multidimensionales, incompatibilidades e incongruencias entre crecimiento económico y la conservación debido, entre otras causas, a la debilidad técnica y la no aplicación del marco regulatorio establecido para el control de las descargas de aguas residuales mediante la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. El análisis busca mostrar y argumentar sobre los beneficios que se obtendrían con la adopción de acciones regulatorias técnicamente factibles, instauradas a través de la publicación y puesta en operación de la Declaratoria de Clasificación del Bajo Río Bravo que están asociadas a la mejora de la calidad en la cuenca baja del mismo y que comprende el estado de Tamaulipas, procurando que los beneficios sean superiores que las inversiones necesarias para su tratamiento y descontaminación.

Los objetivos centrales de este estudio son:

- Formular y establecer los factores y criterios requeridos para evaluar los costos, beneficios e impactos económicos de las declaratorias de clasificación de los cuerpos de agua en general.
- Determinar los procedimientos técnicos básicos necesarios para implementar las evaluaciones económicas de las declaratorias de clasificación de los cuerpos de agua.
- Formular y aplicar encuestas (abiertas y cerradas) para evaluar los beneficios económicos, sociales y ambientales por la descontaminación del río, y los impactos de la declaratoria de clasificación aplicada a la cuenca Baja del Río Bravo en el tramo de aguas abajo de la presa Internacional Falcón hasta su desembocadura en el Golfo de México.
- Evaluar los resultados aplicando los métodos de costo/beneficio (valoración contingente, costo de viaje, costo de reposición, disposición a pagar) económicos, sociales y ambientales de las declaratorias de clasificación de los cuerpos de agua.
- Considerar los beneficios potenciales que representarían para la región la mejora en la calidad del agua del río: beneficios en salud, agricultura (por la sustitución de cultivos), por el turismo inducido y por el potencial aumento de pesca y los costos evitados por degradación y agotamiento de recursos hídricos,

### 8.3. METODOLOGÍA Y MARCO CONCEPTUAL

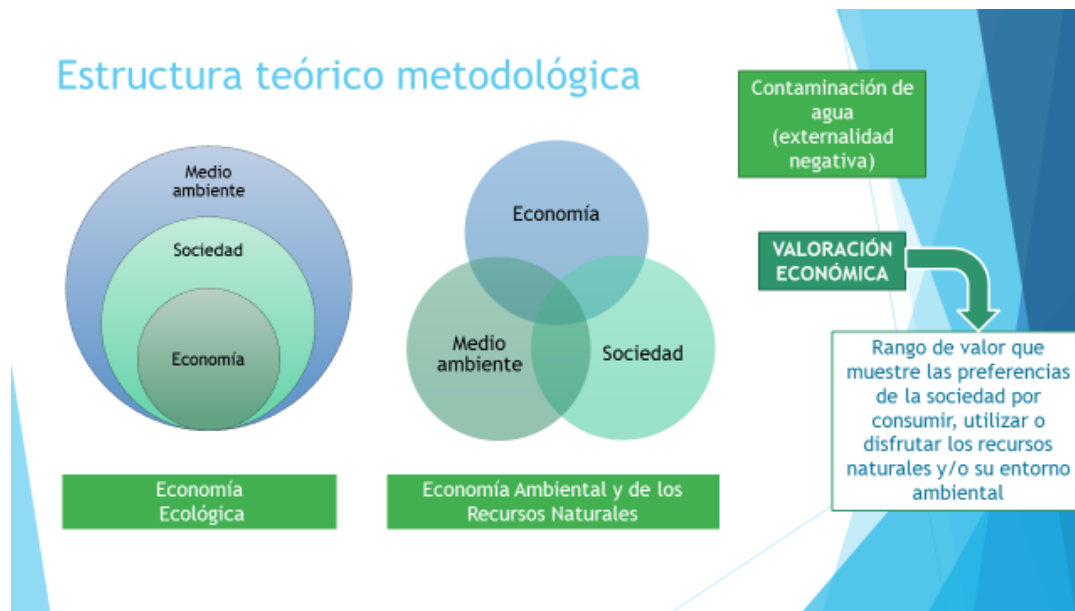
El presente estudio se basa en el análisis de costo-beneficio (CB) típico utilizado en la evaluación social y económica de un proyecto de inversión y desarrollo, buscando indicadores o criterios adecuados que permitieran tomar la decisión de realizar o no dicho proyecto. Este tipo de análisis sirve para establecer en forma conjunta una apreciación de los costos de desarrollo del proyecto y los beneficios del mismo. Sin embargo, el estudio deberá ir más allá y plantear datos cuantitativos y cualitativos, tangibles e intangibles incorporando de modo relevante la conectividad existente entre costos económicos, sociales, ambientales e institucionales. Para ello se recurrió a tres enfoques y marcos referenciales fundamentales: Economía ecológica, economía ambiental y el desarrollo sustentable.

A continuación, se mencionan los sectores de actividad, así como los criterios y la forma para contabilizar los beneficios económicos a partir de una mejora en la calidad del agua del Bajo Río Bravo (Tabla 193; Figura 259).

**Tabla 210. Metodologías para la cuantificación de beneficios económicos**

SECTOR	INDICADORES	FORMA DE VALORACIÓN
Salud	Número de enfermos relacionados con enfermedades de origen hídrico.	Costos evitados por daños a la salud a través de gastos realizados en el tratamiento de enfermedades y la pérdida de días laborales.
Agricultura	Rentabilidad de los principales cultivos de tallo corto y tallo largo.	Sustitución de cultivos derivado de un aumento de la calidad del agua.
Biodiversidad	Costos evitados por la pérdida y deterioro de los recursos naturales (hábitat).	Costos Totales por Agotamiento y Degradación Ambiental (CTADA) con respecto al Valor Agregado Censal Bruto de la región de acuerdo a la metodología del PINE.
Turismo	Afluencia de turistas y el gasto medio que realizan en sitios turísticos relacionados con el agua en la región.	Estimación de la derrama económica potencial esperada a través del gasto medio de los turistas.
Pesca	Valor de la producción pesquera y acuícola a precios de mercado.	Valoración de la pérdida de pesca en los cuerpos de agua, a precios de mercado debido a la mala calidad de agua.
Agua Potable	Sustitución de volumen de agua potable de pozos por fuentes superficiales y gasto en garrafones de agua.	Análisis cualitativo de la importancia de tener a disposición agua de fuentes superficiales. Gasto promedio en los hogares por uso de agua de garrafón.

Fuente: elaboración propia.



**Figura 300. Marco Metodológico para estimar beneficios**

A continuación, se exponen de manera resumida las actividades desarrolladas durante el trabajo de campo y en gabinete para la investigación:

- Inspección ocular de principales descargas desde Presa Internacional Falcón hasta la desembocadura del Golfo.
- Observación de urbanización en zona de riberas, industrias, comercios, desarrollos pesqueros, actividades agropecuarias, turismo, etc. (Incluye 8 municipios del Estado de Tamaulipas).
- Levantamiento de encuestas a turistas y a la población sobre la percepción del Río, el Servicio de suministro de agua potable, así como la disponibilidad a pagar para la conservación del mismo.
- Visitas de presas y represamientos para agua de riego y a los Distritos de Riego 025 y 026.
- Entrevistas y acopio de información de autoridades, principalmente de los organismos operadores de agua, de salud y turismo de la región.
- Acopio de información sobre censos económicos y demográficos a principales centros de salud y de algunos pobladores, así como personal de CONAGUA y empresarios.

Las encuestas de turismo se realizaron en ambos lados de la frontera con la finalidad de conocer la demanda turística en la región y la obtención de beneficios potenciales por ese concepto. Se indagó respecto a lugares preferidos de visita y recreación situados sobre la ribera del Bajo Río Bravo. Estas encuestas se hicieron a visitantes en lugares de atracción turística y/o de descanso. Entre otras preguntas se les consultó sobre su lugar de origen, el tipo de actividad turística que realizan, la percepción que tienen sobre las condiciones del río y el número de personas, días de visita, tipo y monto de gastos. Ello a fin de hacer una estimación de la afluencia turística, así como los gastos incurridos en esta actividad.

Por cuestiones de seguridad y logística, las primeras encuestas de turismo se hicieron principalmente en los municipios fronterizos de Mc Allen y Brownsville. Allí se aplicaron encuestas sobre demanda turística en el “Falcón State Park” y en el “Bentsen Bird Watching Center”, esto para tener una idea más clara de la derrama económica

que se genera en la misma región, pero con condiciones de seguridad óptimas las cuales permiten no sólo pasar tardes de recreación sino temporadas completas que van desde tres hasta cuatro y seis meses. Esto sucede gracias al hecho que turistas provenientes de estados como Oregón, Montana, Colorado y Ohio o incluso Canadá pasan la temporada de invierno en los “trailer park” a orillas del río, disfrutando del buen clima y ambiente natural que les proporciona el mismo.

Por otro lado, también se aplicaron algunas encuestas de turismo, así como acerca de la calidad y eficiencia del servicio de agua domiciliar y sobre la disponibilidad a pagar (DAP) para la conservación del río. Estas últimas se realizaron básicamente en las ciudades de Matamoros y Reynosa. En la encuesta DAP se les preguntó a los encuestados si conocen la playa de matamoros y las presas Falcón, Marte R. Gómez y Anzalduas; qué entienden por un área natural de conservación; qué es un servicio ambiental; así como aspectos relacionados con el suministro de agua potable, calidad y tarifas de pago y, finalmente, si estarían dispuestos a contribuir con una aportación económica para la conservación del Bajo Río Bravo.

Datos preliminares sobre disposición a pagar de la población fueron favorables, ya que el 62% de los entrevistados-usuarios aceptó dar una cooperación voluntaria mensual de diez pesos. Éste es un indicador de su percepción y voluntad de cooperar por los servicios ambientales que proporciona el río y para el saneamiento y conservación de sus principales lugares, tendientes a mejorar la dotación de un servicio fundamental como lo es el agua.

Las visitas a los Distritos de Riego (DR) 025 y 026 y las pláticas con algunos de sus usuarios fueron con la finalidad de conocer la viabilidad del cambio de cultivos de tallo largo a otros de tallo corto, una vez que se mejore la calidad del agua. Para ello se realizaron entrevistas con el personal de la CONAGUA encargados de la administración y gestión de dichos distritos en el municipio Díaz Ordaz y Río Bravo, Tamps. De esta manera se obtuvo información sobre el riego y su aplicación en ambos DR. Los regantes expresaron que la calidad del agua es buena (DR 025) y regular (DR 026). Entre otras, junto con el problema de mercados y comercialización para frutas y hortalizas, esta fue una de las razones por las que se aplicó la adicionalidad mínima del 10%.

Otra fuente de información fundamental fue la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) en el municipio de Reynosa. A través de entrevistas al personal gerencial y administrativo de dicha entidad, se obtuvo información relativa al estado y volúmenes de agua compartidos entre México y Estados Unidos.

En la ciudad de Matamoros se procedió no sólo a la aplicación de las encuestas mencionadas, sino de recopilación de datos provenientes del Organismo Operador (OO) –Junta de Agua y Drenaje (JAD)– para conocer gastos y costos por metro cúbico suministrado a los diversos usos, así como el pago de agua en bloque que realiza el OO a CONAGUA.

## **8.4. ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS**

La cuantificación de aquellos beneficios económicos tangibles e intangibles en la cuenca Baja del Río Bravo (correspondiente al lado mexicano) se realizó tomando en consideración las condiciones técnicas actuales y en virtud de la existencia de datos disponibles y accesibles.

### **8.4.1. Ecosistemas**

Para incorporar este criterio en la medición de beneficios, partimos del principio de la sustentabilidad integral de los ecosistemas, evaluando particularmente el ecosistema hidrológico, a través de la función de provisión de un servicio ambiental importantísimo como es dotación del agua. Se trata no sólo de procurar la sustentabilidad en la

agricultura, la pesca y la provisión de agua dulce para la población, sino para el mantenimiento del propio cuerpo de agua.

Altieri (1994) menciona que para evaluar la sustentabilidad de los ecosistemas es necesario tener en cuenta tres criterios: a) mantener la capacidad productiva de los mismos; b) preservar la flora y fauna y; c) conservar la capacidad del ecosistema para auto mantenerse y autorregularse. Sobre el primer criterio el autor apunta que una característica importante de su definición es la capacidad del ecosistema para mantener un rendimiento que no decline a lo largo del tiempo.

Los ecosistemas, a través de sus recursos naturales y procesos y/o funciones representan la base material de la economía y la sociedad, por lo tanto, su buen estado resulta imprescindible. Para valorar su biodiversidad en términos económicos en los márgenes del Río Bravo se puede hacer con base a la metodología del Producto Interno Neto Ecológico (PINE), también conocido como Cuentas Satélite en el marco del Sistema de Cuencas Económicas de México del INEGI.

Para estimar lo anterior se aplica una parte alícuota del 0.35% del valor del Producto Interno Bruto (PIB) a nivel nacional. En nuestro caso, consideramos el Valor Agregado Censal Bruto (VACB) de la zona de estudio, que correspondería a la pérdida de la calidad del recurso biótico a precios de mercado de los municipios que componen la cuenca.

A partir de la aplicación del método PINE, en la tabla 194 se establecen los beneficios ecológico-ambientales que se obtendrían de manera palpable por la descontaminación de la parte Baja del Río Bravo.

**Tabla 211. Beneficios estimados por la conservación de la biodiversidad en la cuenca Baja del Río Bravo**

UNIDAD	ANUAL	BENEFICIO BRUTO (TASA DE DESCUENTO DEL 10%)		
		5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS
<b>Pesos</b>	342,898,616	1,299,855,535	2,106,963,553	2,919,289,212
<b>Dólares*</b>	23,156,752	87,782,310	142,288,217	197,146,485
Nota: * Para la valoración de beneficios en dólares se consideró un tipo de cambio de 14.80 pesos por dólar americano.				
Fuente: estimaciones a partir de datos de los Censos Económicos 2009 y el Sistema de Cuentas Nacionales de México: cuentas económicas y ecológicas de México 2007-2011: año base 2003, INEGI.				

Bajo este enfoque, los beneficios ecológico-ambientales que se obtendrían de aumentar la calidad del agua en el Bajo Río Bravo serían aproximadamente de 343 millones de pesos al año y 2,919.3 millones en veinte años en valor presente neto con una tasa de descuento del 10%.

#### 8.4.2. Agricultura

En el área de estudio (zona Baja del Río Bravo) se encuentran los Distritos de Riego 025 (Bajo Río Bravo) y 026 (Bajo Río San Juan). En ambos distritos la eficiencia de conducción es del 50%, 12 puntos porcentuales por debajo de lo programado, por lo que se pierde el restante. En términos generales se utiliza más del 80% de la disponibilidad y suministro total de agua para todos los usos de la cuenca baja, para beneficiar 210 mil hectáreas (has) de superficie total de riego en el DR 025 y DR 026. Tal superficie supera el 40% sobre un total estatal de 550 mil has con un volumen concesionado promedio en los 5 últimos años de 600 millones de metros cúbicos. Por ejemplo, en el DR



026, con menor superficie, se riegan más de 74 mil has. En ambos DR hay un total de 18 mil productores, de los cuales una cuarta parte de los mismos pertenece al DR 026, agrupados en 13 asociaciones civiles de usuario.



**Figura 301. Canales de distribución de agua de riego y tierras de cultivo en Reynosa**

Como hemos señalado, la mayoría de las ciudades extraen agua del río, excepto en Reynosa que una buena parte proviene de la presa Marte R. Gómez. El dren Anheló va al Río Bravo en la presa Retamal, Municipio de Río Bravo y Anzalduas en Reynosa, se da control de avenidas. Los regantes se quejan de que el agua tratada en Monterrey no la derivan en volumen suficiente a los ríos Pesquería y San Juan, los cuales alimentan a la Presa Marte R. Gómez. Es decir, se habla de inestabilidad y disminución de los volúmenes de retorno de las plantas tratadoras.

Para este sector de actividad se pretende analizar los impactos positivos adicionales reflejados en la ampliación de la frontera agrícola de los dos DR en el área de estudio gracias a la disponibilidad y mejora en la calidad del agua para el riego agrícola.

El aumento de la producción agrícola de riego con agua superficial puede lograrse por el cambio y sustitución del tipo de cultivos en la misma unidad de superficie. Este último puede ocurrir a través de una mejora en los insumos agrícolas y tecnologías, así como en la mejora de la calidad de agua de riego o la sustitución de “aguas negras servidas” por aguas tratadas de mayor calidad.

En la zona de estudio, destacan tres cultivos de tallo largo por la proporción de la superficie sembrada que en conjunto representan el 99% de la misma: sorgo grano, maíz grano y algodón. El valor promedio de la producción de los cultivos de tallo largo en 2013 fue 19,695 pesos/ha. Por otra parte, existen otros cultivos de tallo corto tales como okra, zanahoria, tomate rojo, melón y pepino con un mayor valor de la producción (en promedio de 40,750 pesos), pero cuya superficie sembrada es muy marginal.

**Tabla 212. Sustitución de cultivos en agricultura de riego en la cuenca baja del Río Bravo**

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Rendimiento promedio "tallos cortos"	Pesos	40,750
Rendimiento promedio "tallos largos"	Pesos	19,695
Diferencia de rendimientos	Pesos	21,055
Superficie sembrada "tallos largos"	Hectárea	218,315
Factor de sustitución de superficie cultivable (10%)	Hectárea	21,832
Beneficio total esperado	Pesos	459,669,478
Fuente: elaboración a partir de datos del SIAP (2013), SAGARPA.		

Como podemos apreciar, no existe representatividad o correlación entre la superficie sembrada y el valor de la producción de los cultivos en la zona de estudio. La hipótesis sugerida es que con la mejora en la calidad del agua superficial de riego podría reducirse el costo marginal actual de los cultivos de tallo corto con respecto al costo de riego y con ello se estimularía un cambio o transición a la siembra de cultivos con una rentabilidad relativa mayor al promedio.

De acuerdo a lo anterior, se podrían obtener beneficios en agricultura de riego a partir de la sustitución de una superficie determinada de hectáreas sembradas de cultivos de tallo largo por cultivos más rentables de tallo corto. Lo que suponemos con esto es que si se mejorasen los parámetros de calidad del agua de la parte baja de la cuenca del Río Bravo, sería posible sustituir una parte de los actuales cultivos de tallo largo que tienen una rentabilidad relativamente baja por cultivos de tallo corto (o frutas "a ras de suelo") más rentables que demandan agua de mejor calidad con respecto a los parámetros actuales de la misma.

**Tabla 213. Beneficios estimados para agricultura de riego en la cuenca Baja del Río Bravo**

UNIDAD	ANUAL	BENEFICIO BRUTO (TASA DE DESCUENTO DEL 10%)		
		5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS
Pesos	459,669,478	1,742,508,977	2,824,469,956	3,913,425,394
Dólares	31,042,564	134,039,152	190,743,117	264,282,846
Fuente: estimaciones a partir de datos del SIAP, SAGARPA.				

De esta forma, en nuestro caso planteado, el número de hectáreas posibles a sustituir con respecto del total de la superficie sembrada de cultivos de tallo largo son 21,832 has. Esto supondría un beneficio anual de forma adicional de 459.7 millones de pesos al valor de la producción actual, lo que representaría un aumento de 13% sobre el valor de la producción de los cultivos en el área de estudio del año 2013.

Si bien se estima un periodo de varios años de transición para el reemplazo o cambio de cultivos de tallo corto, sin embargo, la utilidad se calcula a partir del primer año de la puesta en marcha del proyecto de depuración. Con esto, se esperaría obtener un beneficio económico de forma adicional de 3,913.4 millones de pesos en valor presente neto a veinte años con una tasa de descuento del 10%.

### 8.4.3. Pesca

La pesca es un rubro económico representativo dentro de la producción primaria del país y constituye una opción de subsistencia para comunidades donde se ha roto el tejido social y viven en condiciones de violencia. En la región bajo estudio existe pesca comercial y deportiva básicamente en las presas Falcón, Marte R. Gómez, el litoral (desembocadura en el Golfo de México), así como en la Laguna Madre. En las presas Blancas y Cuchillo, ubicada en Nuevo León, predomina la pesca deportiva. Dependiendo de la temporada, las principales especies de captura son el bagre, carpa, besugo, mojarra, tilapia y robalo.

En la tabla 197 se presentan los resultados de la actividad pesquera de agua dulce en los municipios de la zona de estudio. Para el año 2013, el valor de la producción fue aproximadamente de 38.9 millones de pesos. Este monto representa la base para la estimación de beneficios por mejora en la calidad del agua en los cuerpos de agua de la cuenca.

**Tabla 214. Valor de la producción de la actividad pesquera en los municipios de la cuenca Baja del Río Bravo (Pesos)**

MUNICIPIO	1998	2003	2008	2013
Camargo	3,685,000	13,923,000	30,627,000	21,435,000
Guerrero*	11,071,000	24,623,000	28,675,000	6,670,929
Gustavo Díaz Ordaz	45,376,000	0	0	0
Matamoros**	78,779,000	275,152,000	114,822,000	2,823,322
Miguel Alemán	739,000	1,518,000	3,406,000	8,012,000
Reynosa	1,118,000	8,450,000	1,375,000	0
Río Bravo	9,266,000	0	0	0
<b>Total</b>	<b>150,034,000</b>	<b>323,666,000</b>	<b>178,905,000</b>	<b>38,941,251</b>
Notas:				
* Para el año 2013 se tomó el valor de la producción de la Presa Falcón para las especies bagre, besugo y carpa.				
** Para el año 2013 solo se tomó en cuenta el valor de la producción para especies de agua dulce (trucha, besugo y bagre). En los años 1998, 2003 y 2008 los datos incluyen pesca de altamar.				
Fuente: Elaboración a partir de Indicadores sociodemográficos y económicos del Banco de Información INEGI; Censos Económicos 2014 del INEGI; Oficina federal de la SAGARPA en Matamoros, Tamaulipas; Centro de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER) 02, Guerrero, Tamaulipas.				

Para las presas Falcón y Marte R. Gómez están registradas 1,250 embarcaciones de 12 pies de eslora (información proporcionada por la Capitanía de Puerto a cargo del capitán Héctor Vela V.). De ellas 250 con permisos para pesca deportiva y el resto cuentan con permiso de carácter comercial y de uso doméstico (se supone que sólo la mitad de la flota se mantiene en buenas condiciones de navegación y producción). Se dice que hace 10 años había como once cooperativas, ahora en 2015 sólo trabajan 6 cooperativas en la Falcón y dos para la Marte R. Gómez. De acuerdo con informaciones periódicas entre diciembre 2014-enero 2015 se constató una reanimación del turismo y la pesca deportiva en la mega presa el Cuchillo.

Buena parte de la población restante se ve compelida a vivir de la pesca, sobreexplotando el recurso piscícola. Al ser laxos los controles y la inspección, se da el fenómeno de captura de peces de talla pequeña. De tal suerte, las condiciones socioeconómicas, los fallos en la regulación, así como la situación de inseguridad, serían los factores

que explican en buena medida la merma de la población de peces (pesquera y acuícola), más que la propia calidad del agua, ya que ésta es buena para su reproducción.

Panorama distinto se observa en la zona de la costa (litoral) y desembocadura, así como en la Laguna Madre, donde se ha mantenido estable la pesca durante los 10-12 últimos años. Según información obtenida en el organismo de pesca, ésta se encuentra en el “límite o máximo sostenible”. De cualquier forma, que se analice el fenómeno, pescar de más, la acidificación del agua, la contaminación y el cambio climático están destruyendo nuestros cuerpos de agua y litorales marinos, afectando seriamente especies enteras y el tamaño de la población piscícola. A ello se viene a agregar el problema de la inseguridad y violencia en la región bajo estudio.

En lo que respecta a estimación de beneficios futuros gracias al aumento en la calidad del agua de los cuerpos superficiales en la zona de estudio, consideramos un factor de aumento de la actividad valorada a precio de mercado del 10% sobre el valor actual (2013) de la producción pesquera. Dichos beneficios que podrían alcanzarse serían aproximadamente de 3.8 millones de pesos anualmente y 33.1 millones de pesos en veinte años en valor presente neto con una tasa del 10%, como se muestra en la tabla 198.

**Tabla 215. Beneficios estimados en pesca para la cuenca Baja del Río Bravo**

UNIDAD	ANUAL	BENEFICIO BRUTO (TASA DE DESCUENTO DEL 10%)		
		5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS
<b>Pesos</b>	3,894,125	14,761,798	23,927,713	33,152,882
<b>Dólares</b>	262,979	996,899	1,615,895	2,238,892

Fuente: estimaciones propias a partir de datos del Banco de Información INEGI; Censos Económicos 2014 del INEGI; Oficina federal de la SAGARPA en Matamoros, Tamaulipas; Centro de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER) 02, Guerrero, Tamaulipas.

Estos beneficios se esperan por la derrama económica de la activación pesquera en la región que sin duda representa una gran oportunidad.

#### 8.4.4. Turismo

##### Turismo transfronterizo

Parte del trabajo de campo realizado, consistió en hacer recorridos del lado americano en varios sitios y *spots* turísticos. Se levantaron encuestas sobre el tema, frecuencias de visitas y gastos *in situ* en el Falcon County Park (Roma) y en el Falcon State Park and Dam, existe alto turismo de Campers, embarcaciones de pesca y paseos en Aqua Motos. El costo promedio por renta/día oscila entre 8, 25 y 40 dólares, con acceso a conexiones eléctricas y palapas. Los Campers tipo *Caravan* llegan a instalarse y acampar hasta por 6 meses durante la temporada de invierno. El costo de entrada al parque es de 3 dólares. En el Parque reserva Bentsen el cobro es de 5 dólares por acceso, y reciben hasta 300 visitantes por semana para el avistamiento de aves, principalmente. Al lado hay un mariposario, también bastante frecuentado. Hay bastantes servicios y vigilancia de guarda parques. En total se percibieron más de 40 unidades tipo Campers en ambos sitios, con un cupo promedio de cuatro personas cada uno (Figura 261).



**Figura 302. Parque Estatal “Bentsen-Rio Grande Valley”**

Al mismo tiempo, se observa una fuerte declinación en el PIB de turismo transfronterizo, pasando de 80 mil millones de pesos el año 2000 a menos de 40 mil millones en el 2014. Ello debido a que este tipo de turismo es el que visita las zonas donde la violencia e inseguridad se ha instalado y recrudecido.

Para el análisis explicativo se utilizan los modelos de evaluación del impacto, que parten del modelo experimental clásico: que implica la conformación de dos poblaciones que se seleccionan aleatoriamente, el grupo con proyecto (grupo experimental), que recibe el estímulo (en este caso la construcción de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales), mientras que la otra que no es sometida a este proyecto, actúa como grupo control o grupo testigo. Para este último caso tomamos como referencia el turismo de frontera de los Estados Unidos. A ello se debe de agregar una variable muy importante que son las condiciones de inseguridad que se vive del lado sur de la frontera, situación que influye fuertemente en el alejamiento de visitantes turistas del lado mexicano.

De tal suerte se asume que la línea de base *ex ante* o grupo de control en condiciones óptimas y según la cláusula *ceteris paribus* sería la frecuencia del turismo del lado Americano del Río Grande. Para ello se propone una extrapolación tomando solamente el 50% de los datos de frecuencia y costo de viaje. Al mismo tiempo, del dato anterior solo se le atribuye el 15% como cifra probable de afluencia o adicionalidad, de existir condiciones favorables tanto del río como de seguridad de este lado de la frontera.

La competitividad turística se debe lograr además preservando las ventajas absolutas y mejorándolas, como es el caso de las playas, los estuarios y deltas del río con su riquísima y única flora y fauna, no creando desarrollos urbanos en aras de una ganancia de corto plazo que acabará devorándose a sí misma.

### **Turismo local**

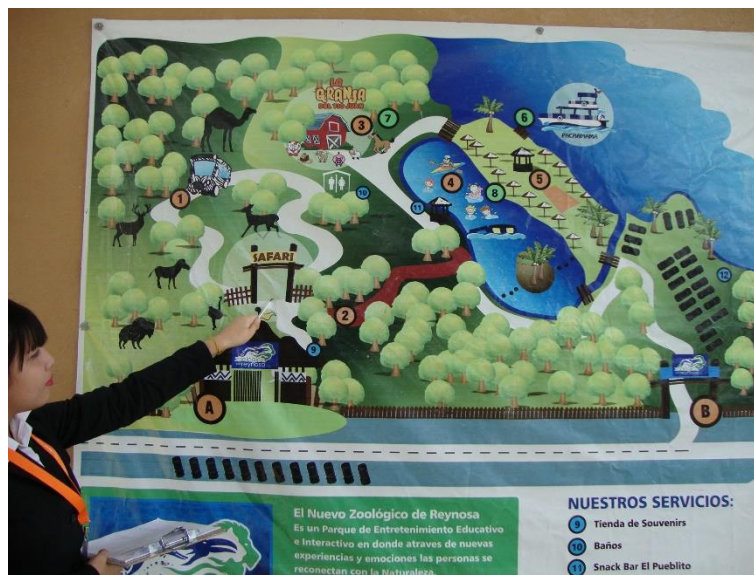
Tamaulipas cuenta con una abundante riqueza natural en sus 432 kilómetros de costa, presas, ríos y lagunas de agua dulce, que privilegian la práctica de la pesca deportiva. La Presa Internacional Falcón ubicada dentro de los municipios de Nueva Ciudad Guerrero en Tamaulipas y los condados de Zapata y Starr en Texas, muy cerca de Nuevo Laredo Tamaulipas y Laredo, son una excelente opción para la pesca deportiva encontrándose en ella especies como lobina, bagre, tilapia y mojarra.

Se ha destacado dentro de este renglón que las normas de apropiación y uso por turismo ecológico en general corresponden a:

- Caminata.
- Paisajismo: avistamiento de aves y flora y fauna nativas.
- Fotografía de fauna (águilas, halcones, venados de ribera, conejos, reptiles, cacería de patos y pesca de bagre, robalo, etc.), además de flora de semidesierto y el matorral tamaulipeco.
- Convivencia familiar en sitios turísticos relacionados al uso recreativo del Agua. En Reynosa existen este tipo de sitios de recreación: La playita, el Zoológico y el Centro Cultural municipal (Figura 5, 6 y 7). Por su parte, en Matamoros se habla básicamente de la playa y lugares de paseo sobre el margen del río, aunque infortunadamente no muy limpios y seguros.



**Figura 303. Pesca en el Río Bravo (Playitas, Reynosa)**



**Figura 304. Atractivos del Nuevo Zoológico y Playitas en Reynosa**

De esta forma el acceso y/o disponibilidad de agua limpia en áreas naturales adecuadas puede incentivar el aumento de turistas locales, nacionales e incluso internacionales (sobre todo de Estados Unidos) con la finalidad de desarrollar diversas actividades recreativas y de esparcimiento relacionadas con el recurso agua.

Para la cuantificación de beneficios económicos por actividades relacionadas al turismo, se estimó el gasto promedio de los turistas locales. En los sitios de muestreo, se identificó que los visitantes realizan viajes de tipo familiar en mayor proporción con un promedio de 6.75 personas por grupo. En lo que respecta al costo de viaje o el gasto realizado para visitar estos lugares, se estimó en 131.6 pesos per cápita. Esto incluye principalmente gastos en transporte, alimentación, bebidas y diversión.

De esta forma, la estimación del turismo inducido por el uso del agua con fines recreativos y/o de esparcimiento al mejorar la calidad de agua en la zona de estudio, se esperarí una afluencia adicional de alrededor de trece mil visitantes locales al año, por lo tanto, habría un aumento adicional de la actividad turística valuada en 4.4 millones de pesos al año y 37.5 millones de pesos a veinte años en valor presente neto con una tasa de descuento del 10% (Tabla 199).

**Tabla 216. Beneficios estimados en turismo inducido por el uso recreativo del agua en la cuenca baja del Río Turbio**

UNIDAD	ANUAL	BENEFICIO BRUTO (TASA DE DESCUENTO DEL 10%)		
		5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS
Pesos	4,408,522	16,711,766	27,088,457	37,532,230
Dólares	297,718	1,128,585	1,829,347	2,534,640

Fuente: estimaciones propias a partir de la Coordinación General de Turismo y Comercio de Tamaulipas y encuestas propias.



**Figura 305. Entrevista a turistas en el margen del Río Bravo**

#### 8.4.5. Salud pública

El consumo de agua en los municipios del área de estudio proviene directamente del Río Bravo (entre el 70 y 80%). Por su parte, el índice de tratamiento no sobrepasa el 50% del total de aguas servidas. Si bien no se detectan descargas importantes de la industria, excepto de la refinería de gas de Pemex en Reynosa y de algunas empresas maquiladoras, la mayoría de ellas proveniente del riego y fuentes difusas de ganadería y agricultura donde se utilizan agroquímicos y pesticidas. Estas descargas no van directamente al río sino a la Laguna Madre, al igual que a la Presa Retamal y un sistema de canales y “cauces de alivio” para control de avenidas y descargas.

La ONU señala que se debe invertir primero en el suministro y la provisión de agua de calidad, antes que en gastos a la salud, a la educación, el comercio, etc. Esto se justifica en la medida de que existen otros planteamientos donde se señala que la relación beneficio/costo por daños a la salud derivados de la mala calidad del agua puede ser de 1/12, es decir, invertir hoy un peso en calidad de agua significa ahorrarse doce pesos en costos por la salud el día de mañana (Congreso de Geografía 2008 del INEGI en Durango). Hutton y Haller (2004) retomando al Instituto Tropical de Suiza, señalan que, por cada dólar americano invertido en mejoras de agua y saneamiento, los beneficios económicos alcanzarían de 3 a 34 dólares, según el tipo de sistema de agua y la región donde se produce la inversión.

De esta manera, la inversión en infraestructura para tratar las aguas residuales supone la prevención de enfermedades y costos económicos evitados a la sociedad, particularmente en enfermedades gastrointestinales y/o crónico-degenerativas. Estas últimas originadas por consumir aguas subterráneas salobres o por la presencia de minerales pesados en la misma.

En la zona de estudio, a pesar de que las autoridades sanitarias tanto de Reynosa como de Matamoros no perciben enfermedades gastrointestinales de importancia en la población, esta no tiene la confianza de consumir agua directamente de la llave. Ello motiva que se consuma, en promedio, tres garrafones por familia a la semana.

Uno de los objetivos particulares del presente estudio fue estimar el costo de enfermedades asociadas a la mala calidad del agua del Río Bravo, destacando, al mismo tiempo, que este tema es de suma importancia para la población de la zona baja del Bravo. A continuación, se presentan los resultados por este concepto (Tablas 200 y 201).

**Tabla 217. Costos evitados por consulta médica en enfermedades relacionadas con la calidad del agua**

Unidad	Anual	Beneficio bruto (Tasa de descuento del 10%)		
		5 años	10 años	20 años
Pesos	4,796,379	18,182,050	29,471,673	40,834,278
Dólares	323,911	1,227,877	1,990,292	2,757,635

Nota: solo incluye enfermedades diarreicas agudas.

Fuente: estimaciones a partir de datos de la Secretaría de Salud del Estado de Tamaulipas y el Banco de Información Económica del INEGI.



**Tabla 218. Pérdidas productivas evitadas por ausentismo laboral debido a enfermedades relacionadas con la calidad del agua**

UNIDAD	ANUAL	BENEFICIO BRUTO (TASA DE DESCUENTO DEL 10%)		
		5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS
<b>Pesos</b>	68,621,062	260,127,815	421,646,722	584,209,786
<b>Dólares</b>	4,634,142	17,567,045	28,474,797	39,453,065
Nota: solo incluye enfermedades diarreicas agudas.				
Fuente: estimaciones a partir de datos de la Secretaria de Salud del Estado de Tamaulipas y el Banco de Información Económica del INEGI.				

De la suma de las tablas 200 y 201 se obtienen los beneficios totales derivados de los daños evitados a la salud, una vez que el cuerpo de agua se encuentre en mejores condiciones de calidad, mismos que aparecen en la tabla 202.

**Tabla 219. Beneficios en salud derivados de la descontaminación del agua en la Cuenca del Río Bravo**

UNIDAD	ANUAL	BENEFICIO BRUTO (TASA DE DESCUENTO DEL 10%)		
		5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS
<b>Pesos</b>	73,417,441	278,309,865	451,118,395	625,044,064
<b>Dólares</b>	4,958,053	18,794,921	30,465,089	42,210,700
Nota: solo incluye enfermedades diarreicas agudas.				
Fuente: estimaciones a partir de datos de la Secretaria de Salud del Estado de Tamaulipas y el Banco de Información Económica del INEGI.				

#### 8.4.6. Agua potable

La disponibilidad y abastecimiento de volúmenes de agua del Río Bravo son limitados y los suministros a futuro deben sujetarse a ello. Más aun, el agua concesionada para diversos usos supera por mucho entre el 60 y 70% de precipitaciones (lo renovable). Tal situación coloca a la cuenca Baja del Río Bravo como de alto estrés hídrico.

Joakim Harlin, asesor en el Programa para el desarrollo de las Naciones Unidas, en un reporte para la ONU señala que los países necesitan cambiar su comportamiento en relación al agua o su oferta no alcanzará para cubrir el 60% de la demanda en 15 años. En el marco de los objetivos del desarrollo sustentable, es necesario y entender que la gestión del agua está vinculada al éxito de otros objetivos, de ahí su importancia.

El agua considerada como activo económico, se encuentra conformado por todos los ecosistemas que sirven para regular el ciclo hidrológico (bosques de cabeceras, riberas, suelos, llanuras de inundación, lagunas, etc.) y por el conjunto de infraestructuras (embalses, canales, entre otros) que permiten adaptar los flujos naturales a los requerimientos de servicios del agua por parte de la economía (Young, 1996).

Young (1996) clasifica al valor del agua en diferentes clases: beneficios como *commodities*, como bien público, privado, estético y recreacional, además de obtener beneficios por la asimilación de residuos, además de su valor de no uso. Turner y Postle (1994) clasifican el uso del agua en cuatro categorías: extracción del agua para uso de

irrigación y uso agrícola, pesca, recreación y biodiversidad. Por parte, Rogers, Bathia y Hurber (1997) clasifican el valor económico del agua en: valor para los usuarios del agua, beneficios netos de flujos de retorno, beneficios netos de usos indirectos y ajuste para objetivos sociales como alivio a la pobreza.

Estas clasificaciones sirven para describir los componentes del valor del agua usando las categorías convencionales: valor de uso directo e indirecto. El primero relacionado al uso consuntivo tales como agua potable (Figura 265), irrigación y pesca, además de su uso no consuntivo (hidroelectricidad, recreación, etc.). Mientras que el valor de uso indirecto se relaciona a los servicios que provee el recurso agua. Los autores también se refieren a los diferentes métodos de valoración para las distintas categorías mencionadas entre los que se encuentran: el costo de viaje, precios hedónicos y valoración contingente.



**Figura 306. Obra de toma del Acueducto Anzalduas, Reynosa**

### ***Disposición a pagar***

Se han desarrollado y discutido diversos métodos para interiorizar las cuestiones ambientales en las evaluaciones económicas tradicionales. Los métodos más usados son el de costo de reemplazo y el método de cambio en la productividad; sin embargo, existen otros como el de productividad total de factores, precios hedónicos y valoración contingente. En el presente análisis se realizó un ejercicio de disposición a pagar (DAP) de la población de Reynosa y Matamoros con respecto al agua.

La DAP ayuda a predecir comportamientos de los individuos-usuarios y su comprensión de lo que significa un servicio ambiental. Procura también superar las fallas del mercado al establecer la posibilidad de compensaciones voluntarias orientadas a la conservación del río y mejorar la calidad del agua. La DAP no sólo contribuye a reconocer por parte de los usuarios, la existencia de externalidades que afectan la calidad y cantidad del recurso agua que consumen, sino que también funciona como un mecanismo económico de compensación y/o valoración del propio recurso –aparte de las tarifas–, particularmente cuando no tiene un precio de mercado adecuado.

Como ya se señaló, a fin de conocer las preferencias que podrían expresar los habitantes de la cuenca y la posibilidad de hacer una compensación voluntaria para su conservación, se aplicaron encuestas. A primera vista los

entrevistados mostraron cierto grado de ambigüedad e incertidumbre sobre la aportación pecuniaria que se les solicitó para mejorar el estado de la cuenca y aumentar la calidad de sus recursos hídricos. Esto, entre otras cosas, obedece a la desconfianza sobre el destino de los fondos, bien porque consideran que es el gobierno y no la sociedad o los propios usuarios los que deben contribuir para el mantenimiento y conservación del servicio ambiental en cuestión: el agua proveniente del Río Bravo.

Los resultados de la encuesta también nos muestran que el 47% de los entrevistados manifestó padecer escasez de agua en el suministro de agua potable de su casa. Esta situación está relacionada con la alta disposición a pagar por la conservación de los espacios naturales en la cuenca, ya que el 62% de las personas manifestó estar dispuesta a pagar. De estos, el 40% estaría dispuesto a hacerlo con 10 pesos, 13% con una cantidad mayor a 10 pesos y 8% una cantidad menor a 10 pesos. Esto refleja un interés social por tener acceso al agua de mejor calidad en la población de la cuenca, sin embargo, como ya se dijo, las personas mostraron cierta incertidumbre en relación al manejo de los recursos públicos.

### 8.5. BENEFICIOS TOTALES

Los beneficios económicos totales esperados por el saneamiento de la cuenca Baja del Río Bravo (solo para la parte de México), serían aproximadamente de 884.3 millones de pesos al año y 7,528.4 millones de pesos en un periodo de veinte años a valor presente con una tasa de descuento del 10% (Tabla 203).

**Tabla 220. Beneficios económicos totales esperados por la descontaminación de la cuenca Baja del Río Bravo**

CONCEPTO	UNIDAD	1 AÑO	5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS
<b>Biodiversidad</b>	Pesos	342,898,616	1,299,855,535	2,106,963,553	2,919,289,212
	Dólares	23,156,752	87,782,310	142,288,217	197,146,485
<b>Agricultura</b>	Pesos	459,669,478	1,742,508,977	2,824,469,956	3,913,425,394
	Dólares	31,042,564	134,039,152	190,743,117	264,282,846
<b>Turismo</b>	Pesos	4,408,522	16,711,766	27,088,457	37,532,230
	Dólares	297,718	1,128,585	1,829,347	2,534,640
<b>Pesca</b>	Pesos	3,894,125	14,761,798	23,927,713	33,152,882
	Dólares	262,979	996,899	1,615,895	2,238,892
<b>Salud pública</b>	Pesos	73,417,441	278,309,865	451,118,395	625,044,064
	Dólares	4,958,053	18,794,921	30,465,089	42,210,700
<b>Total</b>	Pesos	884,288,182	3,352,147,940	5,433,568,074	7,528,443,783
	Dólares	59,718,066	242,741,867	366,941,666	508,413,562

Fuente: elaboración a partir de estimaciones propias.

Finalmente, el valor total de los beneficios económicos aquí estimados al año representaría el 0.90% del Valor Agregado Censal Bruto de la zona de estudio de la cuenca.

## 8.6. CONCLUSIONES

La escasez y la contaminación de los cuerpos de agua constituyen graves problemas que amenazan a la población mundial. Hoy por hoy el agua representa uno de los recursos naturales que mayor atención y preocupación está captando por parte de los sectores público y privado. Ello es así en virtud que su disponibilidad se está alterando en varias partes del mundo atribuyendo a causas como el cambio climático, al deterioro de bosques y suelos, y al aumento de la contaminación; sin olvidar un efecto correlacional, donde la escasez de disponibilidad de agua en algunos ecosistemas importantes acelera aún más su degradación. De esta manera, es imprescindible una gestión y manejo adecuados de la cuenca del Río Bravo.

La debilidad normativa y la no aplicación de políticas y regulaciones del Estado sobre el control de las aguas residuales como sucede con la NOM-001-SEMARNAT-1996, es muestra clara de que el tema ambiental debiera ser un tema prioritario en la agenda gubernamental. Sin embargo, vale destacar el papel trascendental que juegan tanto el Estado como la sociedad civil para la declaratoria y buen manejo de áreas naturales protegidas, pues gracias a ello se cuenta ya con más del 12.5% del territorio nacional con áreas protegidas y de conservación.

Se percibe que muchos de los cambios y problemas que se manifiestan en la cuenca son emanados y consecuencia de una deficiente gestión de la misma. La contaminación urbano-industrial y las malas prácticas agrícolas y de riego son evidencia de ello. El establecimiento de las PTAR de acuerdo a los tipos y niveles de descargas y monitoreo de la contaminación constituyen una parte importante de la gestión y solución, si bien no suficiente, ya que se requerirán de otras medidas como son el control de la demanda y concesiones de agua de riego, las dotaciones a los municipios, así como el establecimiento de un sistema ordenado de pagos y tarifas progresivas y proporcionales a los diferentes usuarios, según volúmenes consumidos. En otras palabras, se requiere del establecimiento de una nueva cultura del agua (Saldívar, 2007), cuya meta última será la optimización de los consumos de parte de todos los usuarios y una disminución consecuente de los niveles de contaminación hídrica y externalidades negativas a lo largo de la parte baja de la cuenca del Río Bravo.

La integralidad de las políticas públicas requiere tener claridad sobre los procesos hidrológicos y los servicios que pueden proporcionar, así como el desarrollo de mecanismos y espacios para la resolución de conflictos entre los diferentes usos y usuarios de la cuenca. Muchos de estos conflictos se relacionan precisamente por las debilidades o deficiencias de los sistemas de gobernanza hídrica. (CEPAL, 2015)

Por ello, al tratarse de una cuenca transfronteriza, la gobernanza del agua y su buena gestión se convierten en un asunto altamente prioritario y de trascendencia.

Dado el trabajo de campo realizado, podemos señalar que las ventajas comparativas del uso de la cuenca no estarían siendo tanto para México como lo es para Estados Unidos, particularmente para el turismo, donde se aprecia una mayor valoración de su hábitat, a través de un mejor ordenamiento territorial, ya que privilegian los parques y áreas naturales protegidas en su ribera del río Bravo, situación no similar del lado mexicano.

Como contraparte a los beneficios factibles totales mostrados en la Tabla 11, tenemos las pérdidas en que actualmente se incurre como sociedad (externalidades negativas) al no afrontar con medidas adecuadas del manejo de las aguas residuales urbanas e industriales que descargan en este importante cuerpo de agua. Estamos hablando de una pérdida aproximada anual equivalente al 0.90% del Valor Agregado Censal Bruto de la región.

Particularmente, los beneficios esperados por mejorar los parámetros de calidad de agua del Río Bravo, una vez que se instalen las PTAR son significativos. Estos son del orden de 884 millones de pesos al año y 7,528 millones de pesos en un periodo de veinte años a valor presente con una tasa de descuento del 10%. Destacan por su proporción con respecto al total, la agricultura de riego, los sectores de la conservación del hábitat y salud. De llegar

a concretarse el proyecto, los beneficios serían del orden del 0.90% con respecto al Valor Agregado Censal Bruto de los municipios que forman parte del área de estudio.

Finalmente, se debe mencionar que la vulnerabilidad social por el tema de la inseguridad pública en la zona fronteriza norte de México reduciría a su vez, las capacidades institucionales y sociales para promover el desarrollo económico y social de la región, por lo que es preciso revertir esta situación a fin de lograr los resultados esperados, tal y como los que se mencionan en este análisis.

## CAPÍTULO 9 . ANTEPROYECTO DE DECLARATORIA DE CLASIFICACIÓN

Como base para fijar Condiciones Particulares a las Descargas de aguas residuales en el río Bravo, se elaboró el Anteproyecto de Declaratoria de Clasificación, de acuerdo a los resultados de este estudio.

### 9.1. DIAGRAMA UNIFILAR

A continuación, se presenta un esquema del Sistema Cuerpos de Agua - Descargas de aguas residuales:

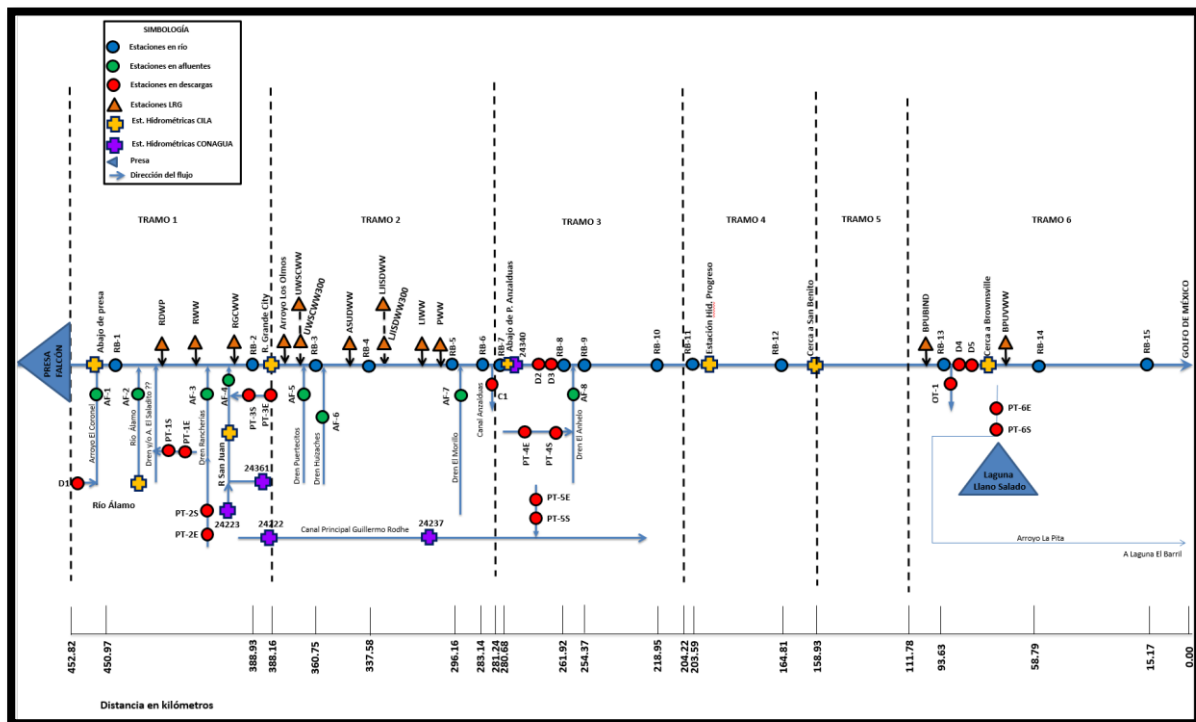


Figura 307. Esquema unifilar con los sitios de monitoreo del Bajo Río Bravo.

### 9.2. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CUERPOS DE AGUA CLASIFICADOS Y DE LAS ZONAS CLASIFICADAS DEL RÍO BRAVO Y SUS AFLUENTES

Se clasifican los cuerpos de agua denominados ríos Bravo, San Juan y Álamo; los arroyos El Coronel, El Saladito y La Pita; y el Canal Principal Guillermo Rodhe; de conformidad con la siguiente delimitación:

l) **Río Bravo:** La sección clasificada del río Bravo inicia en la cortina de la presa Falcón y finaliza en el Golfo de México, tiene una longitud de 452.8 kilómetros y se ubica dentro de las siguientes coordenadas:

b (inicio)	26.560046° de latitud norte	99.167449° de longitud oeste
a (final)	25.956415° de latitud norte	97.146764° de longitud oeste

**II) Río San Juan:** La sección clasificada del río San Juan tiene una longitud de 27.15 kilómetros y se ubica dentro de las siguientes coordenadas:

b (inicio)	26.198116° de latitud norte	98.927228° de longitud oeste
a (confluencia)	26.365178° de latitud norte	98.853371° de longitud oeste

**III) Río Álamo:** La sección clasificada del río Álamo tiene una longitud de 100.26 kilómetros y se ubica dentro de las siguientes coordenadas:

b (inicio)	26.407608° de latitud norte	99.232412° de longitud oeste
a (confluencia)	26.426125° de latitud norte	99.111475° de longitud oeste

**IV) Arroyo El Coronel:** La sección clasificada del arroyo El Coronel tiene una longitud de 12.39 kilómetros y se ubica dentro de las siguientes coordenadas:

b (inicio)	26.535878° de latitud norte	99.259089° de longitud oeste
a (confluencia)	26.537867° de latitud norte	99.169744° de longitud oeste

**V) Arroyo El Saladito:** La sección clasificada del arroyo El Saladito tiene una longitud de 6.94 kilómetros y se ubica dentro de las siguientes coordenadas:

b (inicio)	26.385194° de latitud norte	99.142428° de longitud oeste
a (confluencia)	26.423053° de latitud norte	99.109369° de longitud oeste

**VI) Arroyo La Pita:** La sección clasificada del Arroyo La Pita tiene una longitud de 67.16 kilómetros y se ubica dentro de las siguientes coordenadas:

b (inicio)	25.832664° de latitud norte	97.404490° de longitud oeste
a (confluencia)	25.741730° de latitud norte	97.350214° de longitud oeste

**VII) Canal Principal Guillermo Rodhe:** La sección clasificada del Canal Principal Guillermo Rodhe tiene una longitud de 228 kilómetros y se ubica dentro de las siguientes coordenadas:

b (inicio)	26.193558° de latitud norte	98.927852° de longitud oeste
a (confluencia)	25.567951° de latitud norte	97.818087° de longitud oeste

Las superficies a que se refieren las fracciones I, II, III, IV, V, VI y VII, se subdividen para efectos de la presente declaratoria en las ocho zonas siguientes:

**TABLA 1**

No.	ZONA	DELIMITACIÓN	CARACTERÍSTICAS
1	Presa Falcón – San Juan	Inicia a la salida de la presa Falcón en el km 452.82, y termina después de la confluencia del río San Juan en el km 388.16, después de la estación RB-2.	Longitud de la zona 64.66 km. Inicia en la terminal hidroeléctrica del lado Mexicano. Del lado Mexicano, recibe los afluentes arroyo Coronel, río Álamo y río San Juan, los drenes El Saladito y Rancherías, y se ubican las descargas de Ciudad Guerrero, Ciudad Mier, Ciudad Miguel Alemán y Ciudad Camargo. En los Estados Unidos de America recibe las descargas de Roma Drinking Water Facility Outfall, Roma Wastewater Treatment Facility y Río Grande City Wastewater Treatment Facility. En este tramo se ubican las estaciones de muestreo RB-1 y RB-2. Recibe 0.223 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 8.97 m <sup>3</sup> /s.
2	San Juan – Presa Anzaldúas	Inicia después de la confluencia del río San Juan en el km 388.16 a la altura de Rio Grande City y termina en el vaso de la presa Anzaldúas en el km 281.24.	Longitud de la zona 106.92 km. Del lado Mexicano recibe los drenes Puertecitos, Huizache y El Morillo. En esa zona se ubican las localidades de Valadeces, Gustavo Díaz Ordaz. En la margen izquierda en Estados Unidos de América recibe al arroyo Los Olmos y las descargas municipales Unnamed Ditch Unión WW, Agua Sud Wastewater Treatment Facility Outfall, La Joya ISD Wastewater Treatment Facility Outfall, La Joya Wastewater Treatment Facility y Penitas Wastewater Treatment Facility. En esta zona se ubican las estaciones de muestreo RB-3, RB-4, RBG-5 y RB-6. Recibe 4.46 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 18.9 m <sup>3</sup> /s.
3	Presa Anzaldúas – Nuevo Progreso	Inicia en la presa Anzaldúas en el km 281.24 y termina en el puente Internacional en Nuevo Progreso en el km 204.22	Longitud de la zona de 77.02 km. Del lado Mexicano se tiene la derivación de caudales en el canal Anzaldúas y recibe los escurrimientos del dren El Anhelito. Con respecto a localidades en esta zona, se tienen las descargas de la Ciudad de Reynosa, en el dren El Anhelito y con dos descargas directas al río Bravo. Del lado de Estados Unidos de América no se tienen descargas al río Bravo. En esta zona se ubican las estaciones de muestreo RB-7, RB-8, RB-9 y RB-10. Recibe 0.43 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 15.2 m <sup>3</sup> /s.
4	Nuevo Progreso – San Benito	Inicia en el puente internacional en Nuevo Progreso en el km 204.22 y termina a la altura de San Benito en el km 158.93.	Longitud de la zona de 45.29 km. Tanto del lado Mexicano como de Estados Unidos de América no se tienen afluentes ni descargas directas al río Bravo. En esta zona se ubican las estaciones de muestreo RB-11 y RB-12. Caudal de 13.7 m <sup>3</sup> /s.
5	San Benito – Antes de Matamoros	Inicia en San Benito en el km 158.93 y termina antes de Matamoros en el km 111.78.	Longitud de la zona de 47.15 km. Tanto del lado Mexicano como de Estados Unidos de América no se tienen afluentes ni descargas directas al río Bravo. Caudal de 10.8 m <sup>3</sup> /s.
6	Matamoros - Desembocadura	Inicia antes de la Ciudad de Matamoros en el km 111.78 y termina en la desembocadura con el Golfo de México.	Longitud de la zona de 111.78 km. Del lado Mexicano se tiene la derivación de la potabilizadora de Matamoros y se ubican dos descargas directas al río Bravo de la misma localidad. Del lado de Estados Unidos de América se tienen las descargas de Brownsville Power Plant y Brownsville



TABLA 1			
No.	ZONA	DELIMITACIÓN	CARACTERÍSTICAS
			Southside Wastewater Treatment Facility Outfall. En esta zona se ubican las estaciones de muestreo RB-13, RB-14, y RB-15. Recibe 0.42 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 11.4 m <sup>3</sup> /s.
A	Canal Guillermo Rodhe		Longitud de la zona de 228 km. Recibe 2.33 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 0.38 m <sup>3</sup> /s.
B	Arroyo La Pita		Longitud de la zona de 67.16 km. Recibe 1.95 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 0.58 m <sup>3</sup> /s.

### 9.3. ESCENARIOS DE REGULACIÓN DE CONTAMINANTES

La etapa inicial corresponde a la aplicación de la NOM-001, con base en la clasificación de los cuerpos de agua en la Ley Federal de Derechos. Es solo de referencia, porque en la actualidad ya todas las descargas debieron cumplir con la misma.

La etapa intermedia es un avance significativo para alcanzar la meta a largo plazo. Esta es la etapa en la que se da inicio a la aplicación de la Declaratoria. La fecha inicial de cumplimiento es el 1 de enero de 2020.

El escenario final es alcanzar la calidad del agua para su uso para la Protección de la Vida Acuática. Esta también es una etapa de referencia, ya que se propone se inicie en 2030. Sin embargo se recomienda hacer una evaluación de los avances alcanzados en la calidad del agua en el 2025, y ajustar la regulación de la etapa final, si es necesario.

### 9.4. CARGA ACTUAL DE CONTAMINANTES

La carga actual de contaminantes que reciben los ríos Bravo, San Juan y Álamo; los arroyos El Coronel, El Saladito y La Pita; y el Canal Principal Guillermo Rodhe; y sus afluentes; es la siguiente, de conformidad con las zonas señaladas:

TABLA 2								
Carga actual de contaminantes (kg/d)								
	Zona							
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan,	Drenes Puertecitos,	Dren El Anhele					

TABLA 2								
Carga actual de contaminantes (kg/d)								
	Zona							
	1	2	3	4	5	6	A	B
	Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Huizaches y El Morillo						
Grasas y Aceites	77	51	0	0	0	0	353	0
Sólidos Suspendidos Totales	434	37,567	11,654	0	0	207	1,890	4,134
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	223	4,459	430	0	0	421	2,333	1,954
Nitrógeno Total	34	910	965	0	0	106	867	413
Fósforo Total	51	218	116	0	0	195	117	76
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	3.6	4.2	0.7	0	0	22.7	35.5	19.4
Demanda Química de Oxígeno	1,217	13,926	5,094	0	0	3,364	6,912	5,976
Sólidos Disueltos Totales	27,975	1,519,772	104,733	0	0	121,065	24,937	115,345
Arsénico Total	0.042	3.304	0	0	0	0.146	0.076	0.150
Cadmio Total	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobre Total	0.45	0.21	0	0	0	0.54	0	0
Cromo Total	0	0	0	0	0	0	0	0
Mercurio Total	0.0004	0.004	0	0	0	0.0009	0	0
Níquel Total	0	0	0	0	0	0	0	0
Plomo Total	0	8	0	0	0	0.0018	0	0
Zinc Total	0.53	0.51	0.1	0	0	4.52	5.94	0
Cianuros Totales	0.17	0.14	0	0	0	0.46	0	0
Nitrógeno Amoniacal	142	631.8	419.1	0	0	82.9	648.8	18.7
Fenoles Totales	0	0	0	0	0	0.03	0.64	0
Sulfatos Totales	9,808	590,399	29,446	0	0	32,272	8,570	24,091
Boro	3	370	37	0	0	0	0	0
Fluoruros Totales	13.0	677	77.2	0	0	22.1	16.9	0
Cloruros	6,250	368,796	27,199	0	0	40,948	4,315	7,141
Sulfuros Totales	5	417.9	59.4	0	0	15.8	174.1	17.7
Manganeso Total	200	29449	2516	0	0	0	0	0
Cloroformo	0.01	0.06	0.0005	0	0	0.25	0.09	0
Etilbenceno	0	0	0	0	0	0	0	0
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.05	0.90	0.02	0	0	0.31	4.40	0
Dietilftalato	0	0	0	0	0	0	0.03	0

TABLA 2								
Carga actual de contaminantes (kg/d)								
	Zona							
	1	2	3	4	5	6	A	B
Tolueno	0	0	0.0002	0	0	0.009	0.06	0
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	0.003	0	0.0001	0	0	0.01	0	0

## 9.5. CAPACIDAD DE ASIMILACIÓN Y DILUCIÓN DE CONTAMINANTES

La capacidad de asimilación y dilución de contaminantes de las zonas señaladas en el artículo primero del presente instrumento son las siguientes:

TABLA 3								
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)								
	Zona							
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presas Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presas Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anhelito					
Grasas y Aceites	254	11,737	895	233	183	1,117	-28	536
Sólidos Suspendidos Totales	889	1,028	-8,075	931	734	4,260	-996	-1,158
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	218	11,257	763	310	245	1,068	-1,763	-962
Nitrógeno Total	518	1,813	526	388	306	667	-789	-289
Fósforo Total	-50	-159	-111.2	1	1	-190	-115	-53
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	2.2	185.0	6.8	2	1.5	-13.9	-27.9	-6.3
Demanda Química de Oxígeno	-334	17,507	-2,708	620	489	-386	-5,772	-3,991

TABLA 3								
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)								
	Zona							
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Sólidos Disueltos Totales	-14,585	-1,053,989	-69,376	9,193	7,152	-78,077	-8,521	-69,703
Arsénico Total	2.16	75.28	5.50	1.55	1.22	7.30	1.54	2.73
Cadmio Total	0.12	3.93	1.932	1.55	1.22	1.72	0.16	0.27
Cobre Total	2.18	83.52	3.30	0.82	0.64	3.29	3.39	5.9
Cromo Total	10.2	51.1	29.8	7.8	6.1	34.2	1.5	2.6
Mercurio Total	0.02	0.52	0.2198	0.08	0.06	0.20	0.02	0.04
Níquel Total	0.84	8.8	7.33	6.72	5.35	6.02	0.29	0.5
Plomo Total	2.78	18.93	11.6	3.1	2.45	14.89	0.87	1.68
Zinc Total	21.75	707.48	27.80	6.92	5.39	27.85	22.86	50.11
Cianuros Totales	0.11	8.76	0.35	0.09	0.07	-0.05	0.36	0.62
Nitrógeno Amoniacal	-31.4	-122.8	-120.9	16.4	61.1	162.9	-632.6	8.0
Fenoles Totales	11.02	373.15	29.82	7.76	6.1	37.19	9.17	16.14
Sulfatos Totales	7,803	-385,112	-14,531	3,878	6,074	-7,676	-399	-7,968
Boro	74.4	1,141.7	171.9	54.3	42.8	260.6	30.7	55.4
Fluoruros Totales	97.31	310.64	221.04	77.55	61.13	293.74	15.14	50.40
Cloruros	15,810	-48,249	32,454	15,511	12,226	33,506	3,891	5,797
Sulfuros Totales	1.12	-200.0	-43.55	4.12	3.2	3.48	-171.22	1.68
Manganeso Total	-156	-27,877	-2,396	31	24	149	2	99
Cloroformo	3.29	36.64	8.95	2.33	1.83	10.92	0.88	1.61
Etilbenceno	3.38	107.38	29.83	7.76	6.11	37.23	4.37	7.61
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.40	13.65	0.56	0.32	0.36	0.75	-3.81	1.03
Dietilftalato	1.76	62.87	4.77	1.21	0.95	5.68	2.25	3.97
Tolueno	7.76	246.38	58.77	15.51	12.23	60.00	9.96	17.45
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	1.10	39.29	2.98	0.78	0.61	3.71	1.43	2.48

## 9.6. LÍMITES MÁXIMOS DE DESCARGA

Los límites máximos de descarga de contaminantes para cada una de las zonas son las siguientes:

### Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el primer plazo

Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el primer plazo								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presas Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presas Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anhelito					
Temperatura (°C)	40	40	40	40	40	40	40	40
Grasas y Aceites	430	15,324	1,163	302	238	1,452	556	967
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1	1	1	1	1	1	1	1
Sólidos Suspendidos Totales	2,151	76,619	5,816	1,512	1,192	7,259	2,780	4,837
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	2,151	76,619	5,816	1,512	1,192	7,259	2,780	4,837
Nitrógeno Total	1,147	40,864	3,102	807	636	3,872	1,483	2,580
Fósforo Total	574	20,432	1,551	403	318	1,936	741	1,290
pH (Unidades de pH)	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10
Arsénico Total	2.87	102.16	7.75	2.02	1.59	9.68	3.71	6.45
Cadmio Total	2.87	102.16	7.755	2.02	1.59	9.68	3.71	6.45
Cobre Total	114.71	4,086.37	310.19	80.65	63.57	387.16	148.26	257.98
Cromo Total	14.34	510.80	38.77	10.08	7.95	48.40	18.53	32.25
Mercurio Total	0.143	5.108	0.388	0.1	0.079	0.484	0.185	0.322
Níquel Total	57.36	2,043.18	155.10	40.33	31.79	193.58	74.13	129
Plomo Total	5.74	204.32	15.51	4.03	3.18	19.36	7.41	12.9
Zinc Total	286.8	10,215.9	775.5	201.6	158.9	967.9	370.7	644.9

Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el primer plazo								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Cianuros Totales	28.68	1,021.59	77.55	20.16	15.89	96.79	37.07	64.49
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Nota: Los límites máximos de descarga están en kg/d a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida. Para temperatura, materia flotante, sólidos sedimentables, pH, color, conductividad, coliformes fecales, *escherichi coli*, y toxicidad aguda, los límites máximos de descarga se expresan en sus respectivas unidades de concentración.

### Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el plazo intermedio

Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el plazo intermedio <sup>b</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Grasas y Aceites	397	14,145	1,074	279	220	1,340	513	893
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1	1	1	1	1	1	1	1
Sólidos Suspendedos Totales	1,588	56,580	4,295	1,117	880	5,361	2,053	3,572
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	1,588	56,580	4,295	1,117	880	5,361	2,053	3,572
Nitrógeno Total	662	23,575	1,790	465	367	2,234	855	1,488
Fósforo Total	397	14,145	1,074	279	220	1,340	513	893
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	6.5-8.5	6.5-8.5

Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el plazo intermedio <sup>b</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	132.4	4,715.0	357.9	93.1	73.4	446.7	171.1	297.7
Demanda Química de Oxígeno	3,971	141,451	10,738	2,792	2,201	13,402	5,132	8,930
Sólidos Disueltos Totales	33,090	1,178,759	89,479	23,266	18,339	111,681	42,768	74,416
Color (Pt - Co)	100	100	100	100	100	100	100	100
Conductividad (mS/cm)	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Arsénico Total	2.65	94.30	7.16	1.86	1.47	8.93	3.42	5.95
Cadmio Total	2.65	94.30	7.158	1.86	1.47	8.93	3.42	5.95
Cobre Total	105.89	3,772.03	286.33	74.45	58.68	357.38	136.86	238.13
Cromo Total	13.24	471.50	35.79	9.31	7.34	44.67	17.11	29.77
Mercurio Total	0.13	4.72	0.36	0.09	0.07	0.45	0.17	0.30
Níquel Total	52.94	1,886.01	143.17	37.23	29.34	178.69	68.43	119.07
Plomo Total	5.29	188.60	14.32	3.72	2.93	17.87	6.84	11.91
Zinc Total	264.7	9,430.1	715.8	186.1	146.7	893.4	342.1	595.3
Cianuros Totales	26.47	943.01	71.58	18.61	14.67	89.34	34.21	59.53
Nitrógeno Amoniacal	132.4	4,715.0	357.9	93.1	73.4	446.7	171.1	297.7
Fenoles Totales	13.24	471.50	35.79	9.31	7.34	44.67	17.11	29.77
Sulfatos Totales	26,472	943,007	71,583	18,613	14,671	89,345	34,214	59,533
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	576	576	576	576	576	576	576	576
Boro	92.7	3,300.5	250.5	65.1	51.3	312.7	119.8	208.4
Fluoruros Totales	132.4	4,715.0	357.9	93.1	73.4	446.7	171.1	297.7
Cloruros	26,472	943,007	71,583	18,613	14,671	89,345	34,214	59,533
Sulfuros Totales	26.5	943.0	71.6	18.6	14.7	89.3	34.2	59.5

Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el plazo intermedio <sup>b</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Manganeso Total	52.94	1,886.01	143.17	37.23	29.34	178.69	68.43	119.07
Cloroformo	3.97	141.45	10.74	2.79	2.20	13.40	5.13	8.93
Etilbenceno	13.24	471.50	35.8	9.31	7.34	44.67	17.11	29.77
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	2.65	94.30	7.16	1.86	1.47	8.93	3.42	5.95
Dietilftalato	2.12	75.44	5.73	1.49	1.17	7.15	2.74	4.76
Tolueno	26.5	943.0	71.6	18.6	14.7	89.3	34.2	59.5
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	1.32	47.15	3.58	0.93	0.73	4.47	1.71	2.98
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> ) (Unidades de Toxicidad)	2	2	2	2	2	2	2	2

Nota: Los límites máximos de descarga están en kg/d a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida. Para temperatura, materia flotante, sólidos sedimentables, pH, color, conductividad, coliformes fecales, *escherichi coli*, y toxicidad aguda, los límites máximos de descarga se expresan en sus respectivas unidades de concentración.



**TABLA 7**

**Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo<sup>3</sup>**

Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Grasas y Aceites	331	11,788	895	233	183	1,117	325	536
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1	1	1	1	1	1	1	1
Sólidos Suspendidos Totales	1,324	38,595	3,579	931	734	4,467	894	2,977
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	441	15,717	1,193	310	245	1,489	570	992
Nitrógeno Total	551	2,724	1,491	388	306	773	78	125
Fósforo Total	2	59	4.46	1.2	0.9	5	2	23
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	6.5-8.5	6.5-8.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	5.8	189.3	7.6	1.9	1.5	8.8	7.6	13.1
Demanda Química de Oxígeno	882	31,434	2,386	620	489	2,978	1,140	1,984
Sólidos Disueltos Totales	13,390	465,783	35,357	9,193	7,152	42,988	16,416	45,642
Color (Pt - Co)	15	15	15	15	15	15	15	15
Conductividad (µS/cm)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Arsénico Total	2.21	78.58	5.97	1.55	1.22	7.45	1.62	2.88
Cadmio Total	0.12	3.97	1.932	1.55	1.22	1.72	0.16	0.27
Cobre Total	2.63	83.72	3.30	0.82	0.64	3.83	3.39	5.90
Cromo Total	10.17	51.13	29.83	7.76	6.11	34.25	1.52	2.57
Mercurio Total	0.02	0.53	0.2198	0.08	0.06	0.20	0.02	0.04

**TABLA 7**

**Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo<sup>3</sup>**

Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Níquel Total	0.84	8.78	7.3330	6.72	5.35	6.02	0.29	0.50
Plomo Total	2.78	26.61	11.93	3.10	2.45	14.89	0.87	1.68
Zinc Total	22.3	708.0	27.9	6.9	5.4	32.4	28.8	50.1
Cianuros Totales	0.28	8.90	0.355	0.09	0.07	0.41	0.36	0.62
Nitrógeno Amoniacal	110.3	509.0	298.3	16.4	61.1	245.8	16.2	26.7
Fenoles Totales	11.03	373.15	29.83	7.76	6.11	37.23	9.81	16.14
Sulfatos Totales	17,611	205,288	14,915	3,878	6,074	24,597	8,171	16,124
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	200	200	200	200	200	200	200	200
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	126	126	126	126	126	126	126	126
Boro	77.2	1,511.5	208.8	54.3	42.8	260.6	30.7	55.4
Fluoruros Totales	110.3	987.3	298.3	77.6	61.1	315.9	32.0	50.4
Cloruros	22,060	320,547	59,653	15,511	12,226	74,454	8,206	12,938
Sulfuros Totales	6.4	217.8	15.8	4.1	3.2	19.3	2.9	19.3
Manganeso Total	44.12	1,571.68	119.31	31.02	24.45	148.91	1.56	99.22
Cloroformo	3.31	36.70	8.95	2.33	1.83	11.17	0.97	1.61
Etilbenceno	3.38	107.38	29.83	7.76	6.11	37.23	4.37	7.61
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.46	14.55	0.58	0.32	0.36	1.05	0.59	1.03
Dietilftalato	1.8	62.87	4.77	1.21	0.95	5.68	2.28	3.97
Tolueno	7.8	246.4	58.8	15.5	12.2	60.0	10.0	17.5
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	1.10	39.29	2.98	0.78	0.61	3.72	1.43	2.48
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> )	1	1	1	1	1	1	1	1

TABLA 7								
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo <sup>3</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
(Unidades de Toxicidad)								

### 9.7. METAS DE CALIDAD DEL AGUA

Las metas de calidad del agua para las zonas a que se refiere el artículo 1 del presente instrumento, son las siguientes:

Metas de calidad del agua por zonas clasificadas en el plazo inicial

TABLA 8.- PLAZO 1								
Metas de Calidad del Agua por zonas clasificadas <sup>4</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Temperatura (°C)	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
Grasas y Aceites	10	10	10	10	10	10	10	10
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Sólidos Suspendidos Totales	30	30	30	30	30	30	50	63
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	8.0	5.8	5.9	4.9	4.9	4.9	44.3	35.8
Nitrógeno Total	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	23.7	7.5
Fósforo Total	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	3.2	1.4
pH (Unidades de pH)	5 - 10	5 - 10	5 - 10	5 - 10	5 - 10	5 - 10	5 - 10	5 - 10
Arsénico Total	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cadmio Total	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Cobre Total	0.11	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cromo Total	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Mercurio Total	0.0007	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Níquel Total	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Plomo Total	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Zinc Total	0.90	0.47	0.45	0.44	0.43	0.41	0.39	0.15
Cianuros Totales	0.011	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000

<sup>4</sup> Las metas de calidad del agua están en mg/L a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida.

**Metas de calidad del agua por zonas clasificadas en el plazo intermedio**

TABLA 9.-PLAZO 2								
Metas de Calidad del Agua por zonas clasificadas <sup>5</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Temperatura (°C)	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35
Grasas y Aceites	10	10	10	10	10	10	10	10
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Sólidos Suspendidos Totales	30	30	30	30	30	30	41	54
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	8.0	5.8	5.9	4.9	4.9	4.9	35.6	35.8
Nitrógeno Total	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	14.9	7.5
Fósforo Total	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	3.2	1.4
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	6.5-8.5	6.5-8.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.0	0.4
Demanda Química de Oxígeno	11	14	17	17	16	19	90	102
Sólidos Disueltos Totales	606	833	852	841	830	836	729	943
Color (Pt - Co)	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Conductividad (µS/cm)	< 2,000	< 2,000	< 2,000	< 2,000	< 2,000	< 2,000	< 2,000	< 2,000
Arsénico Total	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cadmio Total	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Cobre Total	0.11	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cromo Total	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

TABLA 9.-PLAZO 2								
Metas de Calidad del Agua por zonas clasificadas <sup>5</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Mercurio Total	0.0007	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Níquel Total	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100
Plomo Total	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Zinc Total	0.9	0.47	0.45	0.44	0.43	0.41	0.39	0.15
Cianuros Totales	0.011	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005
Nitrógeno Amoniacal	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	3	0.5
Fenoles Totales	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sulfatos Totales	250	386	359	344	340	333	261	462
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	< 1,000	< 1,000	< 1,000	< 1,000	< 1,000	< 1,000	< 1,000	< 1,000
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	< 576	< 576	< 576	< 576	< 576	< 576	< 576	< 576
Boro	1	1	1	1	1	1	1	1
Fluoruros Totales	1	1	1	1	1	1	1	1
Cloruros	250	250	250	250	250	250	250	250
Sulfuros Totales	0.28	0.4	0.4	0.42	0.42	0.37	0.6	0.36
Manganeso Total	17.80	10.17	9.80	9.67	9.5	8.83	0.05	4.8
Cloroformo	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Etilbenceno	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.019	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.063	0.009
Dietilftalato	0.16	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.04	0.03
Tolueno	0.31	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	0.18	0.11	0.16	0.15	0.15	0.14	0.05	0.03
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> ) (Unidades de Toxicidad)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2

<sup>5</sup> Las metas de calidad del agua están en mg/L a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida.

**Metas de calidad del agua por zonas clasificadas en el plazo final**

TABLA 10.- PLAZO 3								
Metas de Calidad del Agua por zonas clasificadas <sup>6</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Temperatura (°C)	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35
Grasas y Aceites	10	10	10	10	10	10	10	10
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Sólidos Suspendidos Totales	30	30	30	30	30	30	30	54
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	7.9	5.8	5.7	4.9	4.9	4.8	12.3	15.1
Nitrógeno Total	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Fósforo Total	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4
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	6.5-8.5	6.5-8.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
Demanda Química de Oxígeno	10.1	13.0	11.4	10.0	10.0	11.3	25.6	31.1
Sólidos Disueltos Totales	593	593	593	585	577	566	500	730
Color (Pt - Co)	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Conductividad (µS/cm)	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000
Arsénico Total	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cadmio Total	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Cobre Total	0.11	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cromo Total	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Mercurio Total	0.0007	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Níquel Total	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

TABLA 10.- PLAZO 3								
Metas de Calidad del Agua por zonas clasificadas <sup>6</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Plomo Total	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Zinc Total	0.9	0.47	0.45	0.44	0.43	0.41	0.39	0.15
Cianuros Totales	0.011	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005
Nitrógeno Amoniacal	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Fenoles Totales	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sulfatos Totales	250	250	250	250	250	250	250	258
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	< 126	< 126	< 126	< 126	< 126	< 126	< 126	< 126
Boro	1	1	1	1	1	1	1	1
Fluoruros Totales	1	1	1	1	1	1	1	1
Cloruros	250	250	250	250	250	250	250	250
Sulfuros Totales	0.28	0.27	0.27	0.26	0.26	0.24	0.08	0.31
Manganeso Total	17.8	10.2	9.8	9.67	9.55	8.83	0.05	4.8
Cloroformo	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Etilbenceno	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.019	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.017	0.009
Dietilftalato	0.16	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.04	0.03
Tolueno	0.31	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	0.18	0.11	0.16	0.15	0.15	0.14	0.05	0.03
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> ) (Unidades de Toxicidad)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

<sup>6</sup> Las metas de calidad del agua están en mg/L a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida.



## 9.8 Guías para estimar condiciones particulares de descarga

### Estudio de Clasificación del río Bravo y sus afluentes Guías para las Condiciones Particulares de Descarga<sup>1</sup>, por zona

ZONA	1	
NOMBRE	Presa Falcón – San Juan	
CORRIENTE PRINCIPAL	Río Bravo	Etapa
AFLUENTES <sup>2</sup>	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Intermedia Final
Temperatura (°C)	35	35
Grasas y Aceites	15	15
Materia Flotante	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1	1
Sólidos Suspendidos Totales	60	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	60	20
Nitrógeno Total	25	25
Fósforo Total	15	0.08
pH (Unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	5	0.27
Demanda Química de Oxígeno	150	40
Sólidos Disueltos Totales	1,250	607
Color (Pt - Co)	100	15
Conductividad (µS/cm)	2,000	1,000
Arsénico Total	0.1	0.1
Cadmio Total	0.1	0.006
Cobre Total	4	0.1
Cromo Total	0.5	0.5
Mercurio Total	0.005	0.001
Níquel Total	2	0.038
Plomo Total	0.2	0.13
Zinc Total	10	1
Cianuros Totales	1	0.01
Nitrógeno Amoniacal	5	5
Fenoles Totales	0.5	0.5
Sulfatos Totales	1,000	798
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1,000	200
Escherichia coli (NMP/100 mL)	250	126
Boro	3.5	3.5
Fluoruros Totales	5	5
Cloruros	1,000	1,000
Sulfuros Totales	1	0.3
Manganeso Total	2	2
Cloroformo	0.15	0.15
Etilbenceno	1	0.15
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.1	0.02
Dietilftalato	0.08	0.08
Tolueno	1	0.4
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	0.1	0.05

ZONA	1	
NOMBRE	Presa Falcón – San Juan	
CORRIENTE PRINCIPAL	Río Bravo	Etapa
AFLUENTES <sup>2</sup>	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Intermedia Final
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> )(Unidades de toxicidad)	2	1

<sup>1</sup> Las guías están en mg/L, a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida.

<sup>2</sup> Se indican algunos afluentes, en sentido enunciativo, no limitativo.

ZONA	2	
NOMBRE	San Juan - Presa Anzaldúas	
CORRIENTE PRINCIPAL	Río Bravo	Etapa
AFLUENTES <sup>2</sup>	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Intermedia Final
Temperatura (°C)	35	35
Grasas y Aceites	15	15
Materia Flotante	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1	1
Sólidos Suspendedos Totales	60	49
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	60	20
Nitrógeno Total	25	3
Fósforo Total	15	0.07
pH (Unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	5	0.24
Demanda Química de Oxígeno	150	40
Sólidos Disueltos Totales	1,250	593
Color (Pt - Co)	100	15
Conductividad (µS/cm)	2,000	1,000
Arsénico Total	0.1	0.1
Cadmio Total	0.1	0.01
Cobre Total	4	0.1
Cromo Total	0.5	0.1
Mercurio Total	0.005	0.001
Níquel Total	2	0.011
Plomo Total	0.2	0.0
Zinc Total	10	0.9
Cianuros Totales	1	0.01
Nitrógeno Amoniacal	5	1
Fenoles Totales	0.5	0.5
Sulfatos Totales	1,000	261
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1,000	200
Escherichia coli (NMP/100 mL)	250	126
Boro	3.5	1.9
Fluoruros Totales	5	1
Cloruros	1,000	408
Sulfuros Totales	1	0.3
Manganeso Total	2	2
Cloroformo	0.15	0.05
Etilbenceno	1	0.1

ZONA	2	
NOMBRE	San Juan - Presa Anzaldúas	
CORRIENTE PRINCIPAL	Río Bravo	
AFLUENTES <sup>2</sup>	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	
	Intermedia	Final
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.1	0.02
Dietilftalato	0.08	0.08
Tolueno	1	0.3
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	0.1	0.05
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> )(Unidades de toxicidad)	2	1

<sup>1</sup> Las guías están en mg/L, a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida.

<sup>2</sup> Se indican algunos afluentes, en sentido enunciativo, no limitativo.

ZONA	3	
NOMBRE	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	
CORRIENTE PRINCIPAL	Río Bravo	
AFLUENTES <sup>2</sup>	Dren El Anheló	
	Intermedia	Final
Temperatura (°C)	35	35
Grasas y Aceites	15	15
Materia Flotante	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1	1
Sólidos Suspendidos Totales	60	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	60	20
Nitrógeno Total	25	25
Fósforo Total	15	0.07
pH (Unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	5	0.13
Demanda Química de Oxígeno	150	40
Sólidos Disueltos Totales	1,250	593
Color (Pt - Co)	100	15
Conductividad (µS/cm)	2,000	1,000
Arsénico Total	0.1	0.1
Cadmio Total	0.1	0.03
Cobre Total	4	0.1
Cromo Total	0.5	0.5
Mercurio Total	0.005	0.004
Níquel Total	2	0.123
Plomo Total	0.2	0.2
Zinc Total	10	0.5
Cianuros Totales	1	0.01
Nitrógeno Amoniacal	5	5
Fenoles Totales	0.5	0.5
Sulfatos Totales	1,000	250
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1,000	200
Escherichia coli (NMP/100 mL)	250	126
Boro	3.5	3.5
Fluoruros Totales	5	5
Cloruros	1,000	1,000
Sulfuros Totales	1	0.3
Manganeso Total	2	2

ZONA	3	
NOMBRE	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	
CORRIENTE PRINCIPAL	Río Bravo	
AFLUENTES <sup>2</sup>	Dren El Anheló	
	Intermedia	Final
Cloroformo	0.15	0.15
Etilbenceno	1	0.5
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.1	0.01
Dietilftalato	0.08	0.08
Tolueno	1	1
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	0.1	0.05
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> )(Unidades de toxicidad)	2	1

<sup>1</sup> Las guías están en mg/L, a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida.

<sup>2</sup> Se indican algunos afluentes, en sentido enunciativo, no limitativo.

ZONA	4	
NOMBRE	Nuevo Progreso - San Benito	
CORRIENTE PRINCIPAL	Río Bravo	
AFLUENTES <sup>2</sup>		
	Intermedia	Final
Temperatura (°C)	35	35
Grasas y Aceites	15	15
Materia Flotante	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1	1
Sólidos Suspendidos Totales	60	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	60	20
Nitrógeno Total	25	25
Fósforo Total	15	0.07
pH (Unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	5	0.12
Demanda Química de Oxígeno	150	40
Sólidos Disueltos Totales	1,250	593
Color (Pt - Co)	100	15
Conductividad (µS/cm)	2,000	1,000
Arsénico Total	0.1	0.1
Cadmio Total	0.1	0.1
Cobre Total	4	0.1
Cromo Total	0.5	0.5
Mercurio Total	0.005	0.005
Níquel Total	2	0.433
Plomo Total	0.2	0.2
Zinc Total	10	0.4
Cianuros Totales	1	0.01
Nitrógeno Amoniacal	5	1
Fenoles Totales	0.5	0.5
Sulfatos Totales	1,000	250
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1,000	200
Escherichia coli (NMP/100 mL)	250	126
Boro	3.5	3.5
Fluoruros Totales	5	5

ZONA	4	
NOMBRE	Nuevo Progreso - San Benito	
CORRIENTE PRINCIPAL	Río Bravo	
AFLUENTES <sup>2</sup>	Intermedia	Final
Cloruros	1,000	1,000
Sulfuros Totales	1	0.3
Manganeso Total	2	2
Cloroformo	0.15	0.15
Etilbenceno	1	0.5
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.1	0.02
Dietilftalato	0.08	0.08
Tolueno	1	1
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	0.1	0.05
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> )(Unidades de toxicidad)	2	1

<sup>1</sup> Las guías están en mg/L, a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida.

<sup>2</sup> Se indican algunos afluentes, en sentido enunciativo, no limitativo.

ZONA	5	
NOMBRE	San Benito - Antes de Matamoros	
CORRIENTE PRINCIPAL	Río Bravo	
AFLUENTES <sup>2</sup>	Intermedia	Final
Temperatura (°C)	35	35
Grasas y Aceites	15	15
Materia Flotante	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1	1
Sólidos Suspendidos Totales	60	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	60	20
Nitrógeno Total	25	25
Fósforo Total	15	0.07
pH (Unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	5	0.12
Demanda Química de Oxígeno	150	40
Sólidos Disueltos Totales	1,250	585
Color (Pt - Co)	100	15
Conductividad (µS/cm)	2,000	1,000
Arsénico Total	0.1	0.1
Cadmio Total	0.1	0.1
Cobre Total	4	0.1
Cromo Total	0.5	0.5
Mercurio Total	0.005	0.005
Níquel Total	2	0.438
Plomo Total	0.2	0.2
Zinc Total	10	0.4
Cianuros Totales	1	0.01
Nitrógeno Amoniacal	5	5
Fenoles Totales	0.5	0.5
Sulfatos Totales	1,000	497
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1,000	200

ZONA	5	
NOMBRE	San Benito - Antes de Matamoros	
CORRIENTE PRINCIPAL	Río Bravo	
AFLUENTES <sup>2</sup>	Intermedia	Final
Escherichia coli (NMP/100 mL)	250	126
Boro	3.5	3.5
Fluoruros Totales	5	5
Cloruros	1,000	1,000
Sulfuros Totales	1	0.3
Manganeso Total	2	2
Cloroformo	0.15	0.15
Etilbenceno	1	0.5
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.1	0.03
Dietilftalato	0.08	0.08
Tolueno	1	1
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	0.1	0.05
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> )(Unidades de toxicidad)	2	1

<sup>1</sup> Las guías están en mg/L, a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida.

<sup>2</sup> Se indican algunos afluentes, en sentido enunciativo, no limitativo.

ZONA	6	
NOMBRE	Matamoros - Desembocadura	
CORRIENTE PRINCIPAL	Río Bravo	
AFLUENTES <sup>2</sup>	Intermedia	Final
Temperatura (°C)	35	35
Grasas y Aceites	15	15
Materia Flotante	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1	1
Sólidos Suspendidos Totales	60	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	60	20
Nitrógeno Total	25	10
Fósforo Total	15	0.07
pH (Unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	5	0.12
Demanda Química de Oxígeno	150	40
Sólidos Disueltos Totales	1,250	577
Color (Pt - Co)	100	15
Conductividad (µS/cm)	2,000	1,000
Arsénico Total	0.1	0.1
Cadmio Total	0.1	0.023
Cobre Total	4	0.1
Cromo Total	0.5	0.5
Mercurio Total	0.005	0.003
Níquel Total	2	0.081
Plomo Total	0.2	0.2
Zinc Total	10	0.4
Cianuros Totales	1	0.01
Nitrógeno Amoniacal	5	3
Fenoles Totales	0.5	0.5

ZONA	6	
NOMBRE	Matamoros - Desembocadura	
CORRIENTE PRINCIPAL	Río Bravo	
AFLUENTES <sup>2</sup>	Intermedia	Final
Sulfatos Totales	1,000	330
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1,000	200
Escherichia coli (NMP/100 mL)	250	126
Boro	3.5	3.5
Fluoruros Totales	5	4.2
Cloruros	1,000	1,000
Sulfuros Totales	1	0.3
Manganeso Total	2	2
Cloroformo	0.15	0.15
Etilbenceno	1	0.50
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.1	0.01
Dietilftalato	0.08	0.08
Tolueno	1	0.8
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	0.1	0.05
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> )(Unidades de toxicidad)	2	1

<sup>1</sup> Las guías están en mg/L, a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida.

<sup>2</sup> Se indican algunos afluentes, en sentido enunciativo, no limitativo.

ZONA	A	
NOMBRE	Canal Guillermo Rodhe	
CORRIENTE PRINCIPAL	Canal Guillermo Rodhe	
AFLUENTES <sup>2</sup>	Intermedia	Final
Temperatura (°C)	35	35
Grasas y Aceites	15	11
Materia Flotante	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1	1
Sólidos Suspendidos Totales	60	31
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	60	20
Nitrógeno Total	25	3
Fósforo Total	15	0.08
pH (Unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	5	0.27
Demanda Química de Oxígeno	150	40
Sólidos Disueltos Totales	1,250	576
Color (Pt - Co)	100	15
Conductividad (µS/cm)	2,000	1,000
Arsénico Total	0.1	0.1
Cadmio Total	0.1	0.006
Cobre Total	4	0.1
Cromo Total	0.5	0.1
Mercurio Total	0.005	0.001
Níquel Total	2	0.010
Plomo Total	0.2	0.03

ZONA	A	
NOMBRE	Canal Guillermo Rodhe	
CORRIENTE PRINCIPAL	Canal Guillermo Rodhe	
AFLUENTES <sup>2</sup>		
	Intermedia	Final
Zinc Total	10	1
Cianuros Totales	1	0.01
Nitrógeno Amoniacal	5	1
Fenoles Totales	0.5	0.3
Sulfatos Totales	1,000	287
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1,000	200
Escherichia coli (NMP/100 mL)	250	126
Boro	3.5	1.1
Fluoruros Totales	5	1.1
Cloruros	1,000	288
Sulfuros Totales	1	0.1
Manganeso Total	2	0.1
Cloroformo	0.15	0.03
Etilbenceno	1	0.15
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.1	0.02
Dietilftalato	0.08	0.08
Tolueno	1	0.4
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	0.1	0.05
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> )(Unidades de toxicidad)	2	1

<sup>1</sup> Las guías están en mg/L, a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida.

<sup>2</sup> Se indican algunos afluentes, en sentido enunciativo, no limitativo.

ZONA	B	
NOMBRE	Arroyo La Pita	
CORRIENTE PRINCIPAL	Arroyo La Pita	
AFLUENTES <sup>2</sup>		
	Intermedia	Final
Temperatura (°C)	35	35
Grasas y Aceites	15	11
Materia Flotante	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1	1
Sólidos Suspendidos Totales	60	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	60	20
Nitrógeno Total	25	3
Fósforo Total	15	0.47
pH (Unidades de pH)	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	5	0.27
Demanda Química de Oxígeno	150	40
Sólidos Disueltos Totales	1,250	920
Color (Pt - Co)	100	15
Conductividad (µS/cm)	2,000	1,000
Arsénico Total	0.1	0.1
Cadmio Total	0.1	0.006
Cobre Total	4	0.1



ZONA	B	
NOMBRE	Arroyo La Pita	Etapa
CORRIENTE PRINCIPAL	Arroyo La Pita	Intermedia Final
AFLUENTES <sup>2</sup>		
Cromo Total	0.5	0.1
Mercurio Total	0.005	0.001
Níquel Total	2	0.010
Plomo Total	0.2	0.03
Zinc Total	10	1
Cianuros Totales	1	0.01
Nitrógeno Amoniacal	5	1
Fenoles Totales	0.5	0.3
Sulfatos Totales	1,000	325
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	1,000	200
Escherichia coli (NMP/100 mL)	250	126
Boro	3.5	1.1
Fluoruros Totales	5.0	1
Cloruros	1,000	261
Sulfuros Totales	1	0.4
Manganeso Total	2	2
Cloroformo	0.15	0.03
Etilbenceno	1	0.15
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.1	0.02
Dietilftalato	0.08	0.08
Tolueno	1	0.4
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	0.1	0.05
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> )(Unidades de toxicidad)	2	1

<sup>1</sup> Las guías están en mg/L, a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida.

<sup>2</sup> Se indican algunos afluentes, en sentido enunciativo, no limitativo.

### Guías para las Condiciones Particulares de Descarga, para descargas municipales, de 2,501 a 20,000 habitantes<sup>1</sup>

ZONAS	1, 2, 3, 4, 5, 6, A y B	
CORRIENTE PRINCIPAL	Río Bravo y sus afluentes	Plazo Único
Temperatura (°C)		35
Grasas y Aceites		15
Materia Flotante		ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)		1
Sólidos Suspendidos Totales		60
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)		60
Nitrógeno Total		25
Fósforo Total		15
pH (Unidades de pH)		6.5-8.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)		5
Demanda Química de Oxígeno		150
Sólidos Disueltos Totales		1,250
Color (Pt - Co)		100
Conductividad (µS/cm)		2,000

ZONAS	1, 2, 3, 4, 5, 6, A y B	
CORRIENTE PRINCIPAL	Río Bravo y sus afluentes	Plazo Único
Arsénico Total		0.1
Cadmio Total		0.1
Cobre Total		4
Cromo Total		0.5
Mercurio Total		0.005
Níquel Total		2
Plomo Total		0.2
Zinc Total		10
Cianuros Totales		1
Nitrógeno Amoniacal		5
Fenoles Totales		0.5
Sulfatos Totales		1,000
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)		1,000
Escherichia coli (NMP/100 mL)		250
Boro		3.5
Fluoruros Totales		5.0
Cloruros		1,000
Sulfuros Totales		1
Manganeso Total		2
Cloroformo		0.15
Etilbenceno		1
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato		0.1
Dietilftalato		0.08
Tolueno		1
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)		0.1
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> )(Unidades de toxicidad)		2

<sup>1</sup> Las guías están en mg/L, a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida.

## ANTEPROYECTO DE DECLATORIA DE CLASIFICACIÓN DEL RÍO BRAVO Y SUS AFLUENTES

**BLANCA ELENA JIMÉNEZ CISNEROS**, Director General de la Comisión Nacional del Agua, Órgano Administrativo Desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 27 párrafo quinto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 1, 2, 4, 7 fracciones II, V y VII, 9 fracciones I, VI, XVII, XXXV, XXXVI, XXXVII, XXXIX, XLV y LIV, 86 fracciones II, III, IV, V, IX y XII, 87 y 89 primer párrafo de la Ley de Aguas Nacionales; 2 fracciones IV, VII y XI 133, 137, 140, 141 y 142 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales y 1, 8, 13 fracciones I, XI, XV inciso b), XIX, XXVII y XXX del Reglamento Interior de la Comisión Nacional del Agua, y

### CONSIDERANDO

Que de conformidad con lo establecido en el artículo 4o. de la Ley de Aguas Nacionales, corresponde al Ejecutivo Federal, la autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes, quien las ejercerá directamente o a través de la Comisión Nacional del Agua;

Que la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento confieren atribuciones al Ejecutivo Federal para determinar los parámetros que deberán cumplir las descargas, la capacidad de asimilación y dilución de los cuerpos de aguas nacionales y las cargas de contaminantes que éstos puedan recibir, así como las metas de calidad y los plazos para alcanzarlas, mediante la expedición de Declaratorias de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales, las cuales se publicarán en el Diario Oficial de la Federación;

Que la Declaratoria de Clasificación de cuerpos de Aguas Nacionales, es un instrumento que, de acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, debe tomarse en cuenta para otorgar permisos de descarga, fijando condiciones particulares que permitirán alcanzar las metas de calidad en plazos, en etapas sucesivas;

Que las aguas del río Bravo, ha sufrido alteración en su calidad con motivo de las descargas de aguas residuales, provenientes de procesos industriales, asentamientos humanos y de retorno agrícola, que vierten 5.5 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno, 49.9 toneladas al día de sólidos suspendidos totales, 2.6 toneladas al día de nutrientes, 0.13 toneladas al día de grasas y aceites, 0.019 toneladas al día de metales pesados, y 0.0017 toneladas al día de compuestos orgánicos tóxicos, entre otros, más contaminación microbiológica;

Que las aguas del Canal Guillermo Rodhe, ha sufrido alteración en su calidad con motivo de las descargas de aguas residuales, provenientes de procesos industriales, y asentamientos humanos, que vierten 2.33 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno, 1.9 toneladas al día de sólidos suspendidos totales, 0.98 toneladas al día de nutrientes, 0.35 toneladas al día de grasas y aceites, 0.006 toneladas al día de metales pesados, y 0.0046 toneladas al día de compuestos orgánicos tóxicos, entre otros, más contaminación microbiológica;

Que las aguas del Arroyo La Pita, ha sufrido alteración en su calidad con motivo de las descargas de aguas residuales, provenientes de procesos industriales, y asentamientos humanos, que vierten 1.95 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno, 4.1 toneladas al día de sólidos suspendidos totales, 0.49 toneladas al día de nutrientes, y 0.0002 toneladas al día de metales pesados, entre otros, más contaminación microbiológica;

Que es de utilidad pública la promoción y ejecución de las medidas y acciones necesarias para proteger, mejorar, conservar y restaurar las cuencas, acuíferos, cauces, zonas federales, vasos y demás depósitos de agua de propiedad nacional, así como la infiltración de aguas para reabastecer mantos acuíferos y la derivación de las aguas de una cuenca o región hidrológica hacia otras;

Que la Comisión Nacional del Agua realizó el estudio para la clasificación del río Bravo y sus afluentes, el cual se encuentra disponible para su consulta en la Gerencia de Calidad del Agua, sita en Calzada México-Xochimilco No. 4985, Colonia Guadalupe, CP 14388, Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México.

Que con base en el estudio de clasificación antes mencionado, se determinó que aún con el cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-1996, no es suficiente para alcanzar la calidad del agua requerida para los usos de dichos cuerpos de agua, por lo que he tenido a bien expedir la siguiente:

**DECLARATORIA DE CLASIFICACIÓN DE LOS RÍOS BRAVO, SAN JUAN Y ÁLAMO; LOS ARROYOS EL CORONEL, EL SALADITO Y LA PITA; EL CANAL PRINCIPAL GUILLERMO RODHE; Y SUS AFLUENTES.**

**ARTÍCULO 1.-** Se clasifican los cuerpos de agua denominados ríos Bravo, San Juan y Álamo; los arroyos El Coronel, El Saladito y La Pita; y el Canal Principal Guillermo Rodhe; de conformidad con la siguiente delimitación:

**I) Río Bravo:** La sección clasificada del río Bravo inicia en la cortina de la presa Falcón y finaliza en el Golfo de México, tiene una longitud de 452.8 kilómetros y se ubica dentro de las siguientes coordenadas:

b (inicio)	26.560046° de latitud norte	99.167449° de longitud oeste
a (final)	25.956415° de latitud norte	97.146764° de longitud oeste

**II) Río San Juan:** La sección clasificada del río San Juan tiene una longitud de 27.15 kilómetros y se ubica dentro de las siguientes coordenadas:

b (inicio)	26.198116° de latitud norte	98.927228° de longitud oeste
a (confluencia)	26.365178° de latitud norte	98.853371° de longitud oeste

**III) Río Álamo:** La sección clasificada del río Álamo tiene una longitud de 100.26 kilómetros y se ubica dentro de las siguientes coordenadas:

b (inicio)	26.407608° de latitud norte	99.232412° de longitud oeste
a (confluencia)	26.426125° de latitud norte	99.111475° de longitud oeste

**IV) Arroyo El Coronel:** La sección clasificada del arroyo El Coronel tiene una longitud de 12.39 kilómetros y se ubica dentro de las siguientes coordenadas:

b (inicio)	26.535878° de latitud norte	99.259089° de longitud oeste
a (confluencia)	26.537867° de latitud norte	99.169744° de longitud oeste

**V) Arroyo El Saladito:** La sección clasificada del arroyo El Saladito tiene una longitud de 6.94 kilómetros y se ubica dentro de las siguientes coordenadas:

b (inicio)	26.385194° de latitud norte	99.142428° de longitud oeste
a (confluencia)	26.423053° de latitud norte	99.109369° de longitud oeste

**VI) Arroyo La Pita:** La sección clasificada del Arroyo La Pita tiene una longitud de 67.16 kilómetros y se ubica dentro de las siguientes coordenadas:

b (inicio)	25.832664° de latitud norte	97.404490° de longitud oeste
a (confluencia)	25.741730° de latitud norte	97.350214° de longitud oeste

**VII) Canal Principal Guillermo Rodhe:** La sección clasificada del Canal Principal Guillermo Rodhe tiene una longitud de 228 kilómetros y se ubica dentro de las siguientes coordenadas:

b (inicio)	26.193558° de latitud norte	98.927852° de longitud oeste
a (confluencia)	25.567951° de latitud norte	97.818087° de longitud oeste

Las superficies a que se refieren las fracciones I, II, III, IV, V, VI y VII, se subdividen para efectos de la presente declaratoria en las ocho zonas siguientes:

TABLA 1			
No.	Zona	Delimitación	Características
1	Presa Falcón – San Juan	Inicia a la salida de la presa Falcón en el km 452.82, y termina después de la confluencia del río San Juan en el km 388.16, después de la estación RB-2.	Longitud de la zona 64.66 km. Inicia en la terminal hidroeléctrica del lado Mexicano. Del lado Mexicano, recibe los afluentes arroyo Coronel, río Álamo y río San Juan, los drenes El Saladito y Rancherías, y se ubican las descargas de Ciudad Guerrero, Ciudad Mier, Ciudad Miguel Alemán y Ciudad Camargo. En los Estados Unidos de America recibe las descargas de Roma Drinking Water Facility Outfall, Roma Wastewater Treatment Facility y Río Grande City Wastewater Treatment Facility. En este tramo se ubican las estaciones de muestreo RB-1 y RB-2. Recibe 0.223 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 8.97 m <sup>3</sup> /s.
2	San Juan – Presa Anzaldúas	Inicia después de la confluencia del río San Juan en el km 388.16 a la altura de Rio Grande City y termina en el vaso de la presa Anzaldúas en el km 281.24.	Longitud de la zona 106.92 km. Del lado Mexicano recibe los drenes Puertecitos, Huizache y El Morillo. En esa zona se ubican las localidades de Valadeces, Gustavo Díaz Ordaz. En la margen izquierda en Estados Unidos de América recibe al arroyo Los Olmos y las descargas municipales Unnamed Ditch Unión WW, Agua Sud Wastewater Treatment Facility Outfall, La Joya ISD Wastewater Treatment Facility Outfall, La Joya Wastewater Treatment Facility y Penitas Wastewater Treatment Facility. En esta zona se ubican las estaciones de muestreo RB-3, RB-4, RBG-5 y RB-6. Recibe 4.46 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 18.9 m <sup>3</sup> /s.
3	Presa Anzaldúas – Nuevo Progreso	Inicia en la presa Anzaldúas en el km 281.24 y termina en el puente Internacional en Nuevo Progreso en el km 204.22	Longitud de la zona de 77.02 km. Del lado Mexicano se tiene la derivación de caudales en el canal Anzaldúas y recibe los escurrimientos del dren El Anhelito. Con respecto a localidades en esta zona, se tienen las descargas de la Ciudad de Reynosa, en el dren El Anhelito y con dos descargas directas al río Bravo. Del lado de Estados Unidos de América no se tienen descargas al río Bravo. En esta zona se ubican las estaciones de muestreo

			RB-7, RB-8, RB-9 y RB-10. Recibe 0.43 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 15.2 m <sup>3</sup> /s.
4	Nuevo Progreso – San Benito	Inicia en el puente internacional en Nuevo Progreso en el km 204.22 y termina a la altura de San Benito en el km 158.93.	Longitud de la zona de 45.29 km. Tanto del lado Mexicano como de Estados Unidos de América no se tienen afluentes ni descargas directas al río Bravo. En esta zona se ubican las estaciones de muestreo RB-11 y RB-12. Caudal de 13.7 m <sup>3</sup> /s.
5	San Benito – Antes de Matamoros	Inicia en San Benito en el km 158.93 y termina antes de Matamoros en el km 111.78.	Longitud de la zona de 47.15. Tanto del lado Mexicano como de Estados Unidos de América no se tienen afluentes ni descargas directas al río Bravo. Caudal de 10.8 m <sup>3</sup> /s.
6	Matamoros - Desembocadura	Inicia antes de la Ciudad de Matamoros en el km 111.78 y termina en la desembocadura con el Golfo de México.	Longitud de la zona de 111.78 km. Del lado Mexicano se tiene la derivación de la potabilizadora de Matamoros y se ubican dos descargas directas al río Bravo de la misma localidad. Del lado de Estados Unidos de América se tienen las descargas de Brownsville Power Plant y Brownsville Southside Wastewater Treatment Facility Outfall. En esta zona se ubican las estaciones de muestreo RB-13, RB-14, y RB-15. Recibe 0.42 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 11.4 m <sup>3</sup> /s.
A	Canal Guillermo Rodhe		Longitud de la zona de 228 km. Recibe 2.33 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 0.38 m <sup>3</sup> /s.
B	Arroyo La Pita		Longitud de la zona de 67.16 km. Recibe 1.95 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 0.58 m <sup>3</sup> /s.

**ARTÍCULO 2.-** Para efectos de esta Declaratoria, se estará a las definiciones establecidas por la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento así como a las siguientes definiciones y referencias:

- I. **Asimilación:** Proceso mediante el cual se transforma la materia orgánica biodegradable a través de reacciones bioquímicas.
- II. **Capacidad de asimilación y dilución:** Es la capacidad de autodepuración del cuerpo de agua; se obtiene de la diferencia entre el límite máximo de descarga y la carga actual aportada por las descargas de aguas residuales. Se expresa en unidades de masa por tiempo e indica la cantidad de contaminantes que puede recibir el cuerpo de agua, sin que se rebase la meta de calidad. Capacidad de asimilación y dilución menor o igual a cero, significa que el cuerpo de agua no admite carga adicional del contaminante. Un valor positivo indica una capacidad de asimilación y dilución que no ha sido rebasada.
- III. **Carga no restringida:** La concentración del contaminante multiplicada por el caudal de la descarga, medidos antes de aplicar el tratamiento correspondiente.
- IV. **Dilución:** Disminución de la concentración de contaminantes que se da por efecto del mezclado de descargas o afluentes con un cuerpo de agua.
- V. **Decreto:** Cualquiera de los que enseguida se mencionan:

Decreto por el que se condonan y eximen contribuciones y accesorios en materia de derechos por uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales a los contribuyentes que se indican, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 17 de noviembre de 2004.

Decreto por el que se condonan y eximen contribuciones y accesorios en materia de derechos por uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales a cargo de los municipios, entidades federativas, Distrito Federal, organismos operadores o comisiones estatales o responsables directos de la prestación del servicio de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de diciembre de 2001.

Decreto por el que se establece el Programa de facilidades para regularizar el pago de derechos federales en materia de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de diciembre de 2005.

Reglas de carácter general para la aplicación del Decreto por el que se condonan y eximen contribuciones y accesorios en materia de derechos por uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales a cargo de los municipios, entidades federativas, Distrito Federal, organismos operadores o comisiones estatales o responsables directos de la prestación del servicio de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de mayo de 2002.

Decreto por el que se condonan y eximen contribuciones y accesorios en materia de derechos por uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales a los municipios, entidades federativas, Distrito Federal, organismos operadores, comisiones estatales o cualquier otro tipo de organismo u órgano, que sean los responsables directos de la prestación del servicio de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de diciembre de 2002.

Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de mayo de 2002 y mediante el cual se modifica el artículo tercero, primer párrafo, del “Decreto por el que se condonan y eximen contribuciones y accesorios en materia de derechos por uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales a cargo de los municipios, entidades federativas, Distrito Federal, organismos operadores o comisiones estatales o responsables directos de la prestación del servicio de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, publicado el 21 de diciembre de 2001”.

- VI. Límite máximo de descarga:** Es la carga total admisible de contaminante, expresada en unidades de masa por tiempo, por zona del cuerpo de agua, con excepción de la temperatura, materia flotante, sólidos sedimentables, pH, color, conductividad eléctrica, coliformes fecales, *escherichia coli* y toxicidad aguda, en cuyo caso los límites máximos de descarga son las concentraciones guías expresadas en sus respectivas unidades de concentración, sin que, en ambos casos, se rebase la meta de calidad del agua establecida.
- VII. Metas de calidad:** Valores guía de las concentraciones de los parámetros de calidad del agua cuya presencia en el cuerpo de agua garanticen que el agua tiene calidad aceptable para un uso particular o múltiple, beneficiando la sustentabilidad del recurso, la salud del hombre y el ecosistema.
- VIII. Parámetro:** Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua.

**ARTÍCULO 3.-** La carga actual de contaminantes que reciben los ríos Bravo, San Juan y Álamo; los arroyos El Coronel, El Saladito y La Pita; y el Canal Principal Guillermo Rodhe; y sus afluentes; es la siguiente, de conformidad con las zonas señaladas en el artículo primero del presente instrumento:

TABLA 2								
Carga actual de contaminantes (kg/d)								
	Zona							
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presas Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presas Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anhelito					
Grasas y Aceites	77	51	0	0	0	0	353	0
Sólidos Suspendidos Totales	434	37,567	11,654	0	0	207	1,890	4,134
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	223	4,459	430	0	0	421	2,333	1,954
Nitrógeno Total	34	910	965	0	0	106	867	413
Fósforo Total	51	218	116	0	0	195	117	76
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	3.6	4.2	0.7	0	0	22.7	35.5	19.4
Demanda Química de Oxígeno	1,217	13,926	5,094	0	0	3,364	6,912	5,976
Sólidos Disueltos Totales	27,975	1,519,772	104,733	0	0	121,065	24,937	115,345
Arsénico Total	0.042	3.304	0	0	0	0.146	0.076	0.150
Cadmio Total	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobre Total	0.45	0.21	0	0	0	0.54	0	0
Cromo Total	0	0	0	0	0	0	0	0
Mercurio Total	0.0004	0.004	0	0	0	0.0009	0	0
Níquel Total	0	0	0	0	0	0	0	0
Plomo Total	0	8	0	0	0	0.0018	0	0
Zinc Total	0.53	0.51	0.1	0	0	4.52	5.94	0
Cianuros Totales	0.17	0.14	0	0	0	0.46	0	0



TABLA 2								
Carga actual de contaminantes (kg/d)								
	Zona							
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Nitrógeno Amoniacal	142	631.8	419.1	0	0	82.9	648.8	18.7
Fenoles Totales	0	0	0	0	0	0.03	0.64	0
Sulfatos Totales	9,808	590,399	29,446	0	0	32,272	8,570	24,091
Boro	3	370	37	0	0	0	0	0
Fluoruros Totales	13.0	677	77.2	0	0	22.1	16.9	0
Cloruros	6,250	368,796	27,199	0	0	40,948	4,315	7,141
Sulfuros Totales	5	417.9	59.4	0	0	15.8	174.1	17.7
Manganeso Total	200	29449	2516	0	0	0	0	0
Cloroformo	0.01	0.06	0.0005	0	0	0.25	0.09	0
Etilbenceno	0	0	0	0	0	0	0	0
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.05	0.90	0.02	0	0	0.31	4.40	0
Dietilftalato	0	0	0	0	0	0	0.03	0
Tolueno	0	0	0.0002	0	0	0.009	0.06	0
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	0.003	0	0.0001	0	0	0.01	0	0

**ARTÍCULO 4.-** La capacidad de asimilación y dilución de contaminantes de las zonas señaladas en el artículo primero del presente instrumento son las siguientes:

TABLA 3								
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)								
	Zona							
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Grasas y Aceites	254	11,737	895	233	183	1,117	-28	536
Sólidos Suspendidos Totales	889	1,028	-8,075	931	734	4,260	-996	-1,158
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	218	11,257	763	310	245	1,068	-1,763	-962
Nitrógeno Total	518	1,813	526	388	306	667	-789	-289
Fósforo Total	-50	-159	-111.2	1	1	-190	-115	-53
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	2.2	185.0	6.8	2	1.5	-13.9	-27.9	-6.3
Demanda Química de Oxígeno	-334	17,507	-2,708	620	489	-386	-5,772	-3,991
Sólidos Disueltos Totales	-14,585	-1,053,989	-69,376	9,193	7,152	-78,077	-8,521	-69,703
Arsénico Total	2.16	75.28	5.50	1.55	1.22	7.30	1.54	2.73
Cadmio Total	0.12	3.93	1.932	1.55	1.22	1.72	0.16	0.27
Cobre Total	2.18	83.52	3.30	0.82	0.64	3.29	3.39	5.9
Cromo Total	10.2	51.1	29.8	7.8	6.1	34.2	1.5	2.6
Mercurio Total	0.02	0.52	0.2198	0.08	0.06	0.20	0.02	0.04
Níquel Total	0.84	8.8	7.33	6.72	5.35	6.02	0.29	0.5
Plomo Total	2.78	18.93	11.6	3.1	2.45	14.89	0.87	1.68
Zinc Total	21.75	707.48	27.80	6.92	5.39	27.85	22.86	50.11
Cianuros Totales	0.11	8.76	0.35	0.09	0.07	-0.05	0.36	0.62
Nitrógeno Amoniacal	-31.4	-122.8	-120.9	16.4	61.1	162.9	-632.6	8.0
Fenoles Totales	11.02	373.15	29.82	7.76	6.1	37.19	9.17	16.14
Sulfatos Totales	7,803	-385,112	-14,531	3,878	6,074	-7,676	-399	-7,968
Boro	74.4	1,141.7	171.9	54.3	42.8	260.6	30.7	55.4
Fluoruros Totales	97.31	310.64	221.04	77.55	61.13	293.74	15.14	50.40

TABLA 3								
Capacidad de asimilación y dilución por zonas clasificadas (kg/d)								
	Zona							
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Cloruros	15,810	-48,249	32,454	15,511	12,226	33,506	3,891	5,797
Sulfuros Totales	1.12	-200.0	-43.55	4.12	3.2	3.48	-171.22	1.68
Manganeso Total	-156	-27,877	-2,396	31	24	149	2	99
Cloroformo	3.29	36.64	8.95	2.33	1.83	10.92	0.88	1.61
Etilbenceno	3.38	107.38	29.83	7.76	6.11	37.23	4.37	7.61
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.40	13.65	0.56	0.32	0.36	0.75	-3.81	1.03
Dietilftalato	1.76	62.87	4.77	1.21	0.95	5.68	2.25	3.97
Tolueno	7.76	246.38	58.77	15.51	12.23	60.00	9.96	17.45
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	1.10	39.29	2.98	0.78	0.61	3.71	1.43	2.48

**ARTÍCULO 5.-** Para los contaminantes que se señalan en la tabla 4 se establecen como plazos de cumplimiento los establecidos en las tablas 5 y 6.

TABLA 4	
Contaminantes	
Plazo 1	Plazos 2 y 3
Temperatura	Temperatura
Grasas y aceites	Grasas y aceites
Materia flotante	Materia flotante
Sólidos sedimentables	Sólidos sedimentables
Sólidos suspendidos totales	Sólidos suspendidos totales
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)
Nitrógeno total	Nitrógeno total
Fósforo total	Fósforo total
Potencial de hidrógeno	Potencial de hidrógeno
Arsénico	Arsénico
Cadmio	Cadmio
Cobre	Cobre

Cromo	Cromo
Mercurio	Mercurio
Níquel	Níquel
Plomo	Plomo
Zinc	Zinc
Cianuros	Cianuros
Coliformes fecales	Coliformes fecales
	<i>Escherichia coli</i>
	Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> )
	Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)
	Demanda química de oxígeno
	Sólidos Disueltos Totales
	Color
	Conductividad eléctrica
	Nitrógeno amoniacal
	Fenoles totales
	Sulfatos
	Boro
	Fluoruros Totales
	Cloruros
	Sulfuros Totales
	Manganeso Total
	Cloroformo
	Etilbenceno
	Bis-(2-Etilhexil) Ftalato
	Dietilftalato
	Tolueno
	Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)

TABLA 5				
Descargas municipales (rango de población)		Plazos de cumplimiento		
		Plazo 1	Plazo 2	Plazo 3
Para aquellos que se apegaron al Decreto <sup>1</sup> .	Mayor de 50,000 habitantes	No aplica	01 de enero de 2020	01 de enero de 2030
	De 20,001 a 50,000 habitantes	No aplica	01 de enero de 2020	01 de enero de 2030
	De 2,501 a 20,000 habitantes	No aplica	01 de enero de 2020	01 de enero de 2030
Para aquellos que no se apegaron al Decreto <sup>2</sup> .	Mayor de 50,000 habitantes	No aplica	01 de enero de 2020	01 de enero de 2030
	De 20,001 a 50,000 habitantes	No aplica	01 de enero de 2020	01 de enero de 2030
	De 2,501 a 20,000 habitantes	No aplica	01 de enero de 2020	01 de enero de 2030

TABLA 6				
Descargas no municipales (carga contaminante)		Plazos de cumplimiento <sup>1</sup>		
Demanda bioquímica de oxígenos (toneladas/día)	Sólidos suspendidos totales (toneladas/día)	Plazo 1	Plazo 2	Plazo 3
Mayor a 3.0	Mayor a 3.0	No aplica	01 de enero de 2020	01 de enero de 2030
De 1.2 a 3.0	De 1.2 a 3.0	No aplica	01 de enero de 2020	01 de enero de 2030
Menor de 1.2	Menor de 1.2	No aplica	01 de enero de 2020	01 de enero de 2030

<sup>1</sup> En los casos en que se señala “No aplica”, es en razón de que se consideran parámetros que ya debieron cumplirse de conformidad con la Norma Oficial Mexicana.

<sup>2</sup> En los casos en que se señala “No aplica”, es en razón de que la fecha de cumplimiento está de acuerdo al programa de acciones que en su momento celebraron de conformidad con los decretos señalados en el artículo 2 del presente instrumento.

**ARTÍCULO 6.-** Los límites máximos de descarga de contaminantes para cada una de las zonas a que se refiere el artículo 1 son las siguientes:

TABLA 7								
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo <sup>3</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presas Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presas Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anhelito					
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Grasas y Aceites	331	11,788	895	233	183	1,117	325	536
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1	1	1	1	1	1	1	1
Sólidos Suspendidos Totales	1,324	38,595	3,579	931	734	4,467	894	2,977

**TABLA 7**

**Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo<sup>3</sup>**

Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	441	15,717	1,193	310	245	1,489	570	992
Nitrógeno Total	551	2,724	1,491	388	306	773	78	125
Fósforo Total	2	59	4.46	1.2	0.9	5	2	23
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	6.5-8.5	6.5-8.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	5.8	189.3	7.6	1.9	1.5	8.8	7.6	13.1
Demanda Química de Oxígeno	882	31,434	2,386	620	489	2,978	1,140	1,984
Sólidos Disueltos Totales	13,390	465,783	35,357	9,193	7,152	42,988	16,416	45,642
Color (Pt - Co)	15	15	15	15	15	15	15	15
Conductividad (µS/cm)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Arsénico Total	2.21	78.58	5.97	1.55	1.22	7.45	1.62	2.88
Cadmio Total	0.12	3.97	1.932	1.55	1.22	1.72	0.16	0.27
Cobre Total	2.63	83.72	3.30	0.82	0.64	3.83	3.39	5.90
Cromo Total	10.17	51.13	29.83	7.76	6.11	34.25	1.52	2.57
Mercurio Total	0.02	0.53	0.2198	0.08	0.06	0.20	0.02	0.04
Níquel Total	0.84	8.78	7.3330	6.72	5.35	6.02	0.29	0.50
Plomo Total	2.78	26.61	11.93	3.10	2.45	14.89	0.87	1.68
Zinc Total	22.3	708.0	27.9	6.9	5.4	32.4	28.8	50.1
Cianuros Totales	0.28	8.90	0.355	0.09	0.07	0.41	0.36	0.62
Nitrógeno Amoniacal	110.3	509.0	298.3	16.4	61.1	245.8	16.2	26.7
Fenoles Totales	11.03	373.15	29.83	7.76	6.11	37.23	9.81	16.14
Sulfatos Totales	17,611	205,288	14,915	3,878	6,074	24,597	8,171	16,124

TABLA 7								
Límites máximos de descarga por zonas clasificadas en el tercer plazo <sup>3</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	200	200	200	200	200	200	200	200
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	126	126	126	126	126	126	126	126
Boro	77.2	1,511.5	208.8	54.3	42.8	260.6	30.7	55.4
Fluoruros Totales	110.3	987.3	298.3	77.6	61.1	315.9	32.0	50.4
Cloruros	22,060	320,547	59,653	15,511	12,226	74,454	8,206	12,938
Sulfuros Totales	6.4	217.8	15.8	4.1	3.2	19.3	2.9	19.3
Manganeso Total	44.12	1,571.68	119.31	31.02	24.45	148.91	1.56	99.22
Cloroformo	3.31	36.70	8.95	2.33	1.83	11.17	0.97	1.61
Etilbenceno	3.38	107.38	29.83	7.76	6.11	37.23	4.37	7.61
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.46	14.55	0.58	0.32	0.36	1.05	0.59	1.03
Dietilftalato	1.8	62.87	4.77	1.21	0.95	5.68	2.28	3.97
Tolueno	7.8	246.4	58.8	15.5	12.2	60.0	10.0	17.5
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	1.10	39.29	2.98	0.78	0.61	3.72	1.43	2.48
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> ) (Unidades de Toxicidad)	1	1	1	1	1	1	1	1

<sup>3</sup> Los límites máximos de descarga están en kg/d a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida. Para temperatura, materia flotante, sólidos sedimentables, pH, color, conductividad, coliformes fecales, *escherichi coli*, y toxicidad aguda, los límites máximos de descarga se expresan en sus respectivas unidades de concentración.

**ARTÍCULO 7.-** Las metas de calidad del agua para las zonas a que se refiere el artículo 1 del presente instrumento, son las siguientes:

TABLA 8.- PLAZO 1								
Metas de Calidad del Agua por zonas clasificadas <sup>4</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Temperatura (°C)	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
Grasas y Aceites	10	10	10	10	10	10	10	10
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Sólidos Suspendidos Totales	30	30	30	30	30	30	50	63
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	8.0	5.8	5.9	4.9	4.9	4.9	44.3	35.8
Nitrógeno Total	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	23.7	7.5
Fósforo Total	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	3.2	1.4
pH (Unidades de pH)	5 - 10	5 - 10	5 - 10	5 - 10	5 - 10	5 - 10	5 - 10	5 - 10
Arsénico Total	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cadmio Total	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Cobre Total	0.11	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cromo Total	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Mercurio Total	0.0007	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Níquel Total	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Plomo Total	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Zinc Total	0.90	0.47	0.45	0.44	0.43	0.41	0.39	0.15
Cianuros Totales	0.011	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000

<sup>4</sup> Las metas de calidad del agua están en mg/L a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida.



TABLA 9.-PLAZO 2								
Metas de Calidad del Agua por zonas clasificadas <sup>5</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Temperatura (°C)	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35
Grasas y Aceites	10	10	10	10	10	10	10	10
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Sólidos Suspendidos Totales	30	30	30	30	30	30	41	54
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	8.0	5.8	5.9	4.9	4.9	4.9	35.6	35.8
Nitrógeno Total	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	14.9	7.5
Fósforo Total	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	3.2	1.4
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	6.5-8.5	6.5-8.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.0	0.4
Demanda Química de Oxígeno	11	14	17	17	16	19	90	102
Sólidos Disueltos Totales	606	833	852	841	830	836	729	943
Color (Pt - Co)	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Conductividad (µS/cm)	< 2,000	< 2,000	< 2,000	< 2,000	< 2,000	< 2,000	< 2,000	< 2,000
Arsénico Total	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cadmio Total	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Cobre Total	0.11	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cromo Total	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Mercurio Total	0.0007	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005

TABLA 9.-PLAZO 2								
Metas de Calidad del Agua por zonas clasificadas <sup>5</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Níquel Total	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100
Plomo Total	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Zinc Total	0.9	0.47	0.45	0.44	0.43	0.41	0.39	0.15
Cianuros Totales	0.011	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005
Nitrógeno Amoniacal	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	3	0.5
Fenoles Totales	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sulfatos Totales	250	386	359	344	340	333	261	462
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	< 1,000	< 1,000	< 1,000	< 1,000	< 1,000	< 1,000	< 1,000	< 1,000
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	< 576	< 576	< 576	< 576	< 576	< 576	< 576	< 576
Boro	1	1	1	1	1	1	1	1
Fluoruros Totales	1	1	1	1	1	1	1	1
Cloruros	250	250	250	250	250	250	250	250
Sulfuros Totales	0.28	0.4	0.4	0.42	0.42	0.37	0.6	0.36
Manganeso Total	17.80	10.17	9.80	9.67	9.5	8.83	0.05	4.8
Cloroformo	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Etilbenceno	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.019	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.063	0.009
Dietilftalato	0.16	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.04	0.03
Tolueno	0.31	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	0.18	0.11	0.16	0.15	0.15	0.14	0.05	0.03
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> ) (Unidades de Toxicidad)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2

<sup>5</sup> Las metas de calidad del agua están en mg/L a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida.

TABLA 10.- PLAZO 3								
Metas de Calidad del Agua por zonas clasificadas <sup>6</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presas Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presas Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anhelito					
Temperatura (°C)	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35
Grasas y Aceites	10	10	10	10	10	10	10	10
Materia Flotante	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Sólidos Suspendidos Totales	30	30	30	30	30	30	30	54
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	7.9	5.8	5.7	4.9	4.9	4.8	12.3	15.1
Nitrógeno Total	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Fósforo Total	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4
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	6.5-8.5	6.5-8.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
Demanda Química de Oxígeno	10.1	13.0	11.4	10.0	10.0	11.3	25.6	31.1
Sólidos Disueltos Totales	593	593	593	585	577	566	500	730
Color (Pt - Co)	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Conductividad (µS/cm)	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000
Arsénico Total	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cadmio Total	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Cobre Total	0.11	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

TABLA 10.- PLAZO 3								
Metas de Calidad del Agua por zonas clasificadas <sup>6</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
Cromo Total	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Mercurio Total	0.0007	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Níquel Total	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Plomo Total	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Zinc Total	0.9	0.47	0.45	0.44	0.43	0.41	0.39	0.15
Cianuros Totales	0.011	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005
Nitrógeno Amoniacal	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Fenoles Totales	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sulfatos Totales	250	250	250	250	250	250	250	258
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	< 126	< 126	< 126	< 126	< 126	< 126	< 126	< 126
Boro	1	1	1	1	1	1	1	1
Fluoruros Totales	1	1	1	1	1	1	1	1
Cloruros	250	250	250	250	250	250	250	250
Sulfuros Totales	0.28	0.27	0.27	0.26	0.26	0.24	0.08	0.31
Manganeso Total	17.8	10.2	9.8	9.67	9.55	8.83	0.05	4.8
Cloroformo	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Etilbenceno	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Bis-(2-Etilhexil) Ftalato	0.019	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.017	0.009
Dietilftalato	0.16	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.04	0.03
Tolueno	0.31	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Diclorobencenos (Mezcla de isómeros)	0.18	0.11	0.16	0.15	0.15	0.14	0.05	0.03
Toxicidad aguda ( <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i> )	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

TABLA 10.- PLAZO 3								
Metas de Calidad del Agua por zonas clasificadas <sup>6</sup>								
Zona								
	1	2	3	4	5	6	A	B
Nombre de la Zona	Presa Falcón - San Juan	San Juan - Presa Anzaldúas	Presa Anzaldúas - Nuevo Progreso	Nuevo Progreso - San Benito	San Benito - Antes de Matamoros	Matamoros - Desembocadura	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Corriente principal	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Río Bravo	Canal Guillermo Rodhe	Arroyo La Pita
Afluentes Incluidos	Ríos Álamo y San Juan, Arroyos El Coronel y El Saladito, y Dren Rancherías	Drenes Puertecitos, Huizaches y El Morillo	Dren El Anheló					
(Unidades de Toxicidad)								

<sup>6</sup> Las metas de calidad del agua están en mg/L a menos que la propia tabla señale otra unidad de medida.

**ARTÍCULO 8.-** Para el establecimiento de las condiciones particulares de descarga, la Comisión Nacional del Agua tomará en cuenta los parámetros y límites máximos permisibles contenidos en las normas oficiales mexicanas que emitan las autoridades competentes en materia de descargas de aguas residuales, así como límites máximos de descarga y los parámetros a que se refieren el Artículo 2 y el Artículo 5 de esta Declaratoria de Clasificación de los ríos Bravo, San Juan y Álamo; los arroyos El Coronel, El Saladito y La Pita; y el Canal Principal Guillermo Rodhe; y sus afluentes.

**ARTÍCULO 9.-** Los usuarios podrán asociarse libremente en cualquier forma o bajo cualquier instrumento jurídico reconocido para tal efecto por las leyes mexicanas, con la finalidad de alcanzar de manera más eficiente los límites establecidos por el presente instrumento, en cuyo caso deberá informar mediante escrito libre a la autoridad del agua la forma de asociación, dentro de los 15 días hábiles siguientes a su formalización, el cual deberá presentarse por escrito, y dirigido a la Comisión Nacional del Agua en el que se señale: a) Nombre, denominación o razón social de quién o quiénes promuevan, en su caso de su representante legal; b) Domicilio para recibir notificaciones; c) El nombre de la persona o personas autorizadas para recibir notificaciones d) Copia del instrumento jurídico bajo el cual se formalizó la asociación, y e) El escrito deberá estar firmado por el interesado o su representante legal, a menos que no sepa o no pueda firmar, caso en el cual, se imprimirá su huella digital.

#### TRANSITORIOS

**ARTÍCULO PRIMERO.-** La presente Declaratoria de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

**ARTÍCULO SEGUNDO.-** Para descargas no municipales, de organismos operadores de las entidades federativas, de los municipios, paraestatales, para-municipales o empresas concesionarias que presten el servicio de agua potable,

alcantarillado o saneamiento y que tengan condiciones particulares de descarga vigentes, éstas permanecerán hasta que sean modificadas por la Comisión Nacional del Agua.

Ciudad de México, a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de dos mil \_\_\_\_\_.

**ATENTAMENTE**

**BLANCA ELENA JIMÉNEZ CISNEROS**  
**DIRECTOR GENERAL**

## CAPÍTULO 10 . CONCLUSIONES

La Red de Monitoreo de Calidad del Agua con un total de 10173 análisis realizados en el periodo 2012-2017, de los cuales 428 datos fueron analizados para la 16 estaciones de monitoreo. Los SDT estuvieron por arriba del uso para riego agrícola de 500 mg/L. El aporte de materia orgánica medida como DBO, DQO y COT en el río se considera de buena calidad. El nitrógeno amoniacal en todas las estaciones estuvo por arriba del criterio de protección de vida acuática en el río, así como el fósforo. El primero debido a la influencia de las aportaciones de las principales ciudades (Reynosa y Matamoros) y el segundo por las aportaciones de los drenes agrícolas por las aportaciones de fertilizantes de los Distritos de Riego 25 y 26. El aspecto microbiológico en el río se considera contaminado por las elevadas concentraciones de coliformes fecales.

Del análisis de la situación actual del Bajo Río Bravo en donde en esta investigación se realizaron 15300 análisis, de los cuales en las 15 estaciones sobre el cauce principal del río fueron 7140; en las descargas de aguas residuales (PTAR y descargas directas) fueron 4356 y en los afluentes (drenes y arroyos) fueron 3804, se concluye lo siguiente:

El compuesto orgánico detectado y que estuvo presente en siete sitios del río Bravo fue el Bis-2-(Etilhexil)ftalato en el mes de abril del 2016. En el sitio RB14 el Dimetilftalato en abril del 2016 estuvo en una concentración mayor al lineamiento para el Uso 3 (Protección de vida acuática 9.4 µg/L).

De los 20 parámetros que sobrepasaron el lineamiento para el Uso 1 (Fuente abastecimiento de agua potable FAAP), seis se presentaron en todos los Afluentes: cloruros, fosfatos totales, sólidos disueltos totales, sulfuros, sulfatos y turbiedad, además del nitrógeno amoniacal para protección de vida acuática (Uso 3).

Los compuestos orgánicos que fueron detectados en las descargas de aguas residuales y plantas de tratamiento y que sobrepasa el criterio del Uso 3 (9.4 µg/L Protección de vida acuática) son Bis(2-Etilhexil)ftalato (DEHP por sus siglas en ingles) en D1, D2, D3, D4, PT-2S, PT-3S, Pt-4S y PT-5S. El Bromoformo Uso 1 (2 µg/L Fuente de abastecimiento) en D2, D4 y PT-4S. El Fenol Uso 1 (1 µg/L Fuente de abastecimiento) en PT-2S y PT-5S. El primero es una sustancia química manufacturada que se añade generalmente a los plásticos para hacerlos más flexibles. Su principal afección es su elevada persistencia en el medio ambiente y su potencial de bioacumulación, además está considerada como posible alterador endocrino. La EPA limita la cantidad de DEHP que puede estar presente en el agua potable a 6 partes de DEHP por billón de partes de agua (6 ppb) (ATSDR, 2002). El segundo compuesto es formado naturalmente en pequeñas cantidades por plantas en el océano. Son levemente solubles en agua y se evaporan fácilmente al aire. La mayor parte del bromoformo que entra al ambiente se genera como subproducto cuando se añade cloro al agua potable para matar bacterias. Esta sustancia química se usó en el pasado en Estados Unidos como disolventes y retardadores de llamas, o para fabricar otras sustancias químicas. La EPA recomienda que en el agua potable no contenga más de 0.7 partes por millón (0.7 ppm) de bromoformo es una sustancia que no se acumulan en la cadena alimenticia (ATSDR, 2005).

La N-Nitrosodi-N-Propilamina en D2, D3, D4 y PT-5S, estuvo por arriba del criterio de protección de vida acuática (58.5 µg/L). Pequeñas cantidades de N-Nitrosodi-n-propilamina son producidas como reacción secundaria durante ciertos procesos de manufactura, como contaminante en algunos herbicidas, y durante la manufactura de ciertos productos de goma. La EPA recomienda que los niveles en lagos y corrientes de agua se limiten a 0.005 partes de N-Nitrosodi-n-propilamina por billón de partes de agua (0.005 ppb) para evitar posibles efectos sobre la salud como consecuencia de tomar agua o comer pescado contaminado con N-Nitrosodi-n-propilamina.

En las descargas y plantas de tratamiento de México los principales compuestos orgánicos que sobrepasaron el lineamiento para el Uso 1 y 3 son: Bis 2(Etilhexil)Ftalato (Uso 1 y 3), N-Nitrosodi-N-Propilamina (Uso 3) y el Bromoformo (Uso 3)

Con respecto a las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del análisis del funcionamiento y operación de las PTAR Ciudad Mier, Miguel Alemán y Camargo que son tratamientos biológicos de sistemas lagunares, los parámetros que estuvieron fuera de la norma (NOM-001-SEMARNAT-1996), considerando el cuerpo de agua Tipo B, fueron: GyA, DBO, SST, NT, PT, Pb y Coliformes fecales (CF). Siendo Camargo el que sobrepasó todos los LMP de los 7 parámetros, seguido de Miguel Alemán con 6 (el PT si lo cumplió) y Ciudad Mier con 2 (SST y Pb los que no cumplió).

Las PTAR's Reynosa 1 y Reynosa 2, que presentan tratamientos biológicos secundarios de lodos activados y filtros rociadores respectivamente, no cumplieron con los LMP de la norma de DBO, SST, NT, Pb y CF. Reynosa 1 con los primeros 4 y Reynosa 2 con los 5 parámetros.

En las 5 PTAR's, los problemas detectados de diseño y operación son las causas principales de que no cumplan con la norma.

En cuanto al análisis de los costos para mejorar la calidad del agua a través de la reingeniería de las Plantas de Tratamiento de Agua Residuales (PTAR) que se tienen en la zona de estudio, la evaluación se hizo por PTAR y se presenta a continuación:

Se requieren las siguientes inversiones para lograr el cumplimiento de calidad de las Metas 2 y 3:

PTAR Reynosa 1: 682 millones de pesos para un gasto de 1000 lps.

PTAR Reynosa 2: 596 millones de pesos para un gasto de 750 lps.

PTAR Cd Mier: 39.9 millones de pesos para un gasto de 20 lps.

PTAR Miguel Alemán: 108.6 millones de pesos para 75 lps

PTR Camargo: 35.6 millones de pesos para 15 lps.

En total se requieren alrededor de 1463 millones de pesos para remodelar los sistemas de tratamiento existentes con unidades de ósmosis inversa y desinfección con luz ultravioleta, entre otros, para un gasto total de 1860 lps, que se podría emplear en la agricultura, con mucho éxito.

Para el tratamiento de las cuatro descargas puntuales que llegan al Bajo Río Bravo se analizó que para cubrir la meta 1 de cumplimiento de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996, se requiere el tren de tratamiento 3LA, consistente en tratamiento preliminar, sedimentador primario, laguna aireada, y desinfección con UV, además del tratamiento de lodos. La inversión, construcción y equipamiento para cumplir con las metas de calidad, es del orden de 17 millones (Descarga 2) hasta 42 millones (Descarga 3).

El total de inversión para mejorar la calidad del agua de las descargas y PTAR's es de 1505 millones de pesos, que si se considera el análisis de los beneficios económicos por la descontaminación aplicados a pérdida en salud pública, biodiversidad, agricultura, pesca y recreación, el costo aproximado es del orden de los 7 mil millones de pesos, por lo que es mejor invertir en controlar la contaminación del agua en la cuenca Baja del Río Bravo.



El modelo LAQUAL fue utilizado para modelar la calidad del agua en los 452.8 kilómetros del Bajo Río Bravo. Seis zonas se conformaron a lo largo de cauce principal con los resultados obtenidos en las cuatro campañas de monitoreo, así como con los caudales medidos, se calibro el modelo para posteriormente hacer las corridas de escenarios con el cumplimiento de todas las descargas de la NOM-001-SEMARNAT-1996 (Meta 1); la Meta 2 (intermedia) con menor concentración de los contaminantes, además los parámetros adicionales detectados en los muestreos y la Meta 3 de mejor calidad del agua que soporte la protección de la vida acuática, disminuyendo las concentraciones obtenidas en las guías para las condiciones particulares de descarga (CPD).

El río Bravo en la parte Baja se modelo con las concentraciones actuales obtenidas en las campañas y con el caudal más bajo medido en el mes de noviembre del 2015, obteniéndose que para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) la calidad del agua es de excelente a aceptable, ya que las descargas puntuales aportan al río una carga aproximada de 0.71 ton/día.

En términos generales la calidad del agua en cuanto a concentración de contaminantes que aportan materia orgánica es baja, tomando en cuenta el caudal que transita por el río Bravo. Es importante mencionar que la presencia de contaminantes orgánicos en el río, estuvieron en baja concentraciones, siendo importante evitarlas, ya sea por el aporte de los Drenes agrícolas a través del uso controlado de las formulaciones de agroquímicos.

Se cuenta con el anteproyecto de Declaratoria del Bajo Río Bravo para las metas 1, 2 y 3 que será utilizado por la Conagua para el control de las descargas en la zona de estudio y que apoyará en el potencial crecimiento industrial y poblacional de la zona como un instrumento regulador para protección y mejoramiento de la calidad del agua.

## CAPÍTULO 11 . BIBLIOGRAFÍA

1. ACQUATELLA, J. (2004). El rol conjunto de las autoridades ambientales y las autoridades fiscales en la construcción de una plataforma operativa para la aplicación de instrumentos económicos en la gestión ambiental en países de América Latina y el Caribe. Documento de trabajo. Chile.
2. AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES (ATSDR). 1995. Reseña toxicológica de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública
3. AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES (ATSDR) 2008. Reseña Toxicológica del Fenol. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos. Servicio de Salud Pública.
4. AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES (ATSDR) 2000. Reseña Toxicológica del Bifenilos Policlorados. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos. Servicio de Salud Pública.
5. AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES (ATSDR) 2006. Reseña Toxicológica de Diclorobencenos. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos. Servicio de Salud Pública
6. AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). 2008. Toxicological Profile for Cresols. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
7. AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). 1997. Toxicological Profile for Chloroform. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
8. ALTIERI M. (1994). Bases Agroecológicas para una producción agrícola sustentable. Agricultura Técnica Chile, 74 (4): 371-386. Octubre-Diciembre 1994.
9. AZQUETA, D. (1994). Valoración económica de la calidad ambiental. McGraw-Hill Interamericana de España, S. A. España.
10. AZQUETA D, Y FIELD, B. (1998). Economía y Medio Ambiente. McGraw Hill. Bogotá, Colombia.
11. AZQUETA, D. (2002). Introducción a la economía ambiental. McGraw-Hill Interamericana de España, S. A. España.
12. BANCO MUNDIAL. (2006). Análisis Comparativo de Políticas Relacionadas con el Sector Agua: exploración sobre los impactos en la productividad del agua. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial Departamento de México y Colombia / Región de América Latina y El Caribe. Washington, D.C.U.S.A.
13. BANCO MUNDIAL. (2010). Informe sobre el desarrollo mundial 2010: Desarrollo y Cambio Climático. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial. Washington, D.C.
14. BARTRAM, JAMIE AND RICHARD BALLANCE 1996. Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. UNEP/WHO. ISBN 0 419 22320 7 (Hbk) 0 419 21730 4 (Pbk).
15. BECERRA C. E.; MARTÍNEZ, O. J.; MENDOZA, F.; VALENCIA, J. C.; VIVAS H. (2002). Evaluación del proyecto de Tratamiento de las Aguas Residuales en Coatzacoalcos, Veracruz. XVII Congreso Nacional de Hidráulica.
16. BOYD CLAUDE E. 2002, Estándares de la calidad del agua: Amoniaco de Nitrógeno Total. Boletín Nicovita. Volumen 7-Edición 01-Diciembre 2002.
17. CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA, 2010. Panorama sociodemográfico de Tamaulipas / Instituto Nacional de Estadística y Geografía.-- México : INEGI, c2011. 106 p. : il. ISBN 978-607-494-201-9 1. Tamaulipas -

- Población - Censos, 2011. 2. Tamaulipas - Vivienda - Censos, 2011. I. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx) [atencion.usuarios@inegi.org.mx](mailto:atencion.usuarios@inegi.org.mx)
18. CEPAL (2015), Red de Cooperación en la Gestión Integral de Recursos Hídricos para el Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe. Carta Circular No.42, abril 2015. Santiago de Chile. [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37902/S1500272\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37902/S1500272_es.pdf)
  19. CONABIO. (2006). Capital natural y bienestar social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
  20. CONACYT. (2012). Programa institucional: revertir el deterioro de los ecosistemas a través de acciones para preservar el agua y la biodiversidad, y generar información científica y técnica que permita el avance del conocimiento. Fondo: S0013. Convocatoria: S0013-2012-01. Solicitud: 000000000188747. Modalidad: A1 Estado de Solicitud: En Seguimiento.
  21. CILA/IBWC, 1994. Informe Final Estudio Binacional sobre la Presencia de Sustancias Tóxicas en el río Bravo/río Grande y sus Afluentes, en su Porción Fronteriza entre México y Estados Unidos. pp. 321.
  22. CILA/IBWC, 1998. Informe Final Segunda Fase del Estudio Binacional sobre la Presencia de Sustancias Tóxicas en el río Bravo/río Grande y sus Afluentes, en su Porción Fronteriza entre México y Estados Unidos. Volumen 1 pp. 68.
  23. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. 1994. Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos. Libro II 3.2.2. Manual de diseño de agua potable y saneamiento.
  24. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 2002, Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1997, en Normas Oficiales Mexicanas, México, 2002.
  25. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de junio 1998, en Normas Oficiales Mexicanas, México, 2002.
  26. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 2003. Actualización de los estudios de clasificación de cuerpos de agua. Contrato No. SGT/GSCA-03-03.
  27. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 2003. Metas de Calidad del Agua de Referencia, SGT-GSCA-ECA. México.
  28. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 2003. Criterios de Calidad del Agua para Indicadores de Materia Orgánica, SGT-GSCA-SECAIA-ECA, México.
  29. CONAGUA, 2005. Comunicación personal. Subgerencia de Estudios de Calidad del Agua e Impacto Ambiental. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua.
  30. CONAGUA. 2012. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Pag. 211
  31. CONAGUA, 2013. Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2013
  32. CONAGUA, 2014. Estadísticas agrícolas de los Distritos de Riego Año Agrícola 2012-2013. pp 392.
  33. CONAGUA, 2015. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Bajo Río Bravo (2801), Estado de Tamaulipas. Pp 43.
  34. CONAGUA, 2015, Ley Federal de Derechos Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales 2016. SEMARNAT, CONGUA, pp. 125.
  35. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 2017. Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, México.
  36. COSTANZA, R. (1999). Una introducción a la economía ecológica. CECSA, México.
  37. CRISTECHE Y PENNA. (2008). Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.
  38. CUERDO, M., Y RAMOS, J. L. (2000). Economía y Naturaleza. Una historia de las ideas. Ed. Síntesis, España.

39. COMPUTER ASSISTED PROCEDURE FOR THE DESIGN AND EVALUATION OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS (CAPDET). 1981 program user's guide. US Army Engineering Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. Prepared for Environmental Protection Agency. Washington, DC. Jan 1981.
40. COMPUTER ASSISTED PROCEDURE FOR THE DESIGN AND EVALUATION OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS (CAPDET). Reference Manual. Version 2.0. Adapted by Hydromantis, Inc.
41. CHAPMAN, DEBORAH. 1996. Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring -Second Edition. UNESCO/WHO/UNEP. pp 609. Printed in Great Britain at the University Press, Cambridge. ISBN 0 419 21590 5
42. DECLARACIÓN DE BRISBANE. (2007). Los caudales ambientales son esenciales para la salud de los ecosistemas y el bienestar humano. Consultado en: [http://www.eflownet.org/download\\_documents/brisbane-declaration-spanish.pdf](http://www.eflownet.org/download_documents/brisbane-declaration-spanish.pdf)
43. DOING BUSINESS. 2014. Entendiendo las regulaciones para las pequeñas y medianas empresas. Grupo del Banco Mundial. Pp 140
44. DIRECTORIO ESTADÍSTICO NACIONAL DE UNIDADES ECONÓMICAS, 2013. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Quinta versión (DENUE interactivo).
45. EATON, DJ. (2014). A Survey of citizen opinion about water quality in the Lower Rio Grande/Rio Bravo. A report by the Policy Research Project on International Water Quality Management in the Lower Rio Bravo 2013-2014. (draft)
46. EMILY, A. & LARSEN, J. (2006). Bottled water: Pouring resources down the Drain. Earth Policy Institute.
47. EUROPEAN COMMISSION. 2008. BIS (2-ETHYLHEXYL) PHTHALATE (DEHP). EINECS No: 204-211-0. Institute for Health and Consumer Protection Toxicology and Chemical Substance (TCS) European Chemicals Bureau. pp 32. EUR 23384 EN/2 ISSN 1018-5593
48. FIELD, C. B. & MARTHA, K. F. (2003). Economía Ambiental. McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U. España.
49. FRANCKE, S. (1997). Economía ambiental y su aplicación a la gestión de cuencas hidrográficas. CONAM, ERM, DFID. Chile.
50. FORO CONSULTIVO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO (FCCyT). <<http://www.foroconsultivo.org.mx/home/index.php/libros-publicados/estadisticas-en-cti/1991-ranking-nacional-de-ciencia-tecnologia-e-innovacion-2013>.
51. GARCÍA A. G. (1992). Instrumentos económicos para ejecutar políticas ambientales. En: SEDESOL, INE. Los instrumentos económicos aplicados al medio ambiente. México, SEDESOL, INE.
52. GERALD J. HANHN. SAMUEL S. SHAPIRO. 1967. Statistical Models in Engineering. Research and Development Center, General Electric Company. John Wile & Sons, Inc. 1967.
53. GILBERT O. RICHARD., 1987. Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Van Nostrand Reinhold Company. New York. ISBN 0-442-23050-8 pp. 320.
54. GÓMORA, D. (2015). Zetas optan por tráfico marítimo hacia EU. El Universal. México, D.F. Consultado el 28 de marzo de 2015 en: <http://www.eluniversal.com.mx/nacion-mexico/2015/impreso/zetas-optan-por-trafico-maritimo-hacia-eu-224564.html>
55. HAUWERMEIREN, S. V. (1999). Manual de economía ecológica. ILDIS, Friedrich Ebert Stiftung, Instituto de Ecología Política-Chile, Abya-Yala, Instituto de Estudios Ecologistas del Tercer Mundo-Ecuador. Santiago de Chile.
56. HINOJOSA, J. M. (2009). Cuencas transfronterizas: del conflicto a la cooperación. Coordinación de Asuntos Fronterizos. Subdirección General de Construcción. CONAGUA.
57. HOLLING, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics. Vol. 4, pp. 1-23.

58. HUTTON, G. & HALLER, L. (2004). Evaluation of the costs and benefits of water and sanitation improvements at the global level. World Health Organization. WHO/SDE/WSH/04.04. Consultado en marzo de 2015 en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/wsh0404.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/wsh0404.pdf)
59. IBÁÑEZ, M., BRACHET, G., CORTINA, S., Y QUIÑÓNEZ, L. (2005). Instrumentos de política. Aplicables a océanos y costas. México. Instituto Nacional de Ecología, DGIPEA México.
60. INE. (1995). "La tragedia de Los Comunes". Gaceta Ecológica, núm. 37
61. INE-PNUMA. (2004). "Salud, vulnerabilidad humana y desastres ambientales" en: Geo México 2004. Perspectivas del medio ambiente. México: INE-PNUMA.
62. INEGI. (2008). Sistema de cuentas económicas y ecológicas de México, 2003-2006. Base 2003. Aguascalientes, México.
63. INEGI. (2013). Sistema de cuentas nacionales de México: Cuentas económicas y ecológicas de México, 2007-2011: Base 2003. Aguascalientes, México.
64. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (México). Anuario estadístico y geográfico de Tamaulipas 2014 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía.- México: INEGI, c2014. 528 p. ISBN 978-607-739-382-5
65. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (México). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. 2013. Delegación Federal de Tamaulipas 2013.
66. <<http://espanol.doingbusiness.org/data/exploreeconomies/mexico>>
67. Delegación Federal en Tamaulipas 2014.
68. <[http://www.economia.gob.mx/files/delegaciones/tabulados\\_exportaciones\\_entidad\\_federativa20072012](http://www.economia.gob.mx/files/delegaciones/tabulados_exportaciones_entidad_federativa20072012)>
69. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, Secretaría de Economía. Estadísticas de Exportaciones por Entidad Federativa (Resultados 2007-2013).
70. JAPAM. (2007). Evaluación socioeconómica de la planta de tratamiento de aguas residuales "San Pedro Ahuacatlán II", en San Juan del Río, Querétaro. (Documento no publicado).
71. JIMÉNEZ, L. (2008). Costo de oportunidad y externalidades en el valor económico del agua. ISBN: 978-603-4011-09-0. Asamblea Nacional de Rectores. Lima.
72. JIMÉNEZ, C.B. (2001), La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. Limusa. Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C., Instituto de Ingeniería de la UNAM y FEMISCA, México, D.F. 315 pp.
73. JERROLD H. ZAR. 1984 Biostatistical Analysis. Second Edition Department of Biological Sciences Northern Illinois University. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
74. HENRY SCHEFFÉ. 1959 The analysis of variance. Professor of Statistics University of California, Berkeley. New York. John Wiley & Sons, Inc. 1959.
75. LANDA, R. Y CARABIAS, J. (2007). Nuevas Perspectivas Frente a los problemas del Agua en México. En: Calva, José Luis. 2007. Sustentabilidad y Desarrollo Ambiental. Agenda para el Desarrollo. Vol. 14. Cámara de Diputados, LX Legislatura; Miguel Ángel Porrúa; UNAM. México.
76. LANDELL-MILLS & PORRAS. (2002). Silver bullets or fools'gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor. International Institute for Environment and Development, London, UK.
77. LARREA MURRELL JENY ADINA, MARCIA MARÍA ROJAS BADÍA, BEATRIZ ROMEU ÁLVAREZ, NIDIA MERCEDES ROJAS HERNÁNDEZ, MAYRA HEYDRICH PÉREZ. 2013. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. Revista CENIC Ciencias Biológicas. Volumen 44. Número 3. Versión Electrónica ISSN: 2221-2450.
78. LARRY D. BENEFIELD. CLIFFORD W. RANDALL. 1980. Biological Process Design for Wastewater Treatment. Prentice – Hall Series in Environmental Sciences. 1980.
79. LARRY D. BENEFIELD, JOSEPH F. JUDKINS Y BARRON L. WEAD. 1982. Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment. Prentice – Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ. 1982.

80. LÓPEZ, R. (2004). Conceptos, enfoques metodológicos y estimaciones del valor económico del agua en diversos usos directos en Nicaragua. Global Partnership Central America. Nicaragua. Consultado en: <http://www.docstoc.com/docs/3271966/Enfoques-metodológicos-y-estimaciones-del-valor-económico-del-agua>
81. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE. 2015. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Última Reforma DOF. 09-01-2015. Pág. 128
82. METCALF & EDDY. 2003 Wastewater engineering. Treatment and reuse. Fourth edition. McGraw – Hill Higher Education. 2003.
83. MCNEELY, R.N., NEIMANIS, V.P., AND DWYER, L. (1979), Water Quality Sourcebook. A Guide to Water Quality Parameters. Inland Waters Directorate. Water Quality Branch. Ottawa.
84. NIGENDA, G., CIFUENTES, E., DUPerval, P. (2002). Estimación del valor económico de reducciones en el riesgo de morbilidad y mortalidad por exposiciones ambientales. México: Instituto Nacional de Ecología.
85. ORGANIZACIÓN DE LA NACIONES UNIDAS. (2014). Informe del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
86. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 1995. Guías para la Calidad del Agua Potable, Segunda Edición. Vol. 1. Recomendaciones, Ginebra, Suiza.
87. ORTIZ-SALINAS R., S. CRAM, I. SOMMER. 2012. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) en suelos de la llanura aluvial baja del Estado de Tabasco, México. Universidad y Ciencia 28(2): 131-144.
88. OSMONICS (1997), Pure Water Handbook. Osmonics, Inc. 2nd Edition. Minnesota. 145 pp.
89. PEARCE, D. & ATKINSON, G. (1993). Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of "weak". Sustainability Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE). University College London, Gower Street, London, WC1E 6BT, UK.
90. PÉREZ LEÓN JOSÉ MANUEL, 2011, Manual para determinar la calidad del agua para riego agrícola. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. Tesis Licenciatura.
91. R. S. RAMALHO. 1983. Introduction to wastewater treatment processes. Academic Press. Second Edition. 1983.
92. REVISTA AMBIENTUM, 2002. Nitrógeno en Agua. Edición Febrero 2002.
93. REDDY, K.R., O'CONNOR, G.A., SCHELSKE C.L. (Ed) 1999, Phosphorus Biochemistry in Subtropical Ecosystems, Editorial CRC Press LLC. pp. 707
94. RUSSELL L. CULP, GEORGE MACK WESNER, GORDON L. CULP. 1978. Handbook of advanced wastewater treatment. Second Edition. Van Nostrand Reinhold Environmental Engineering Series. 1978.
95. SALDÍVAR, A., Y ARREOLA, A. (1997). Colonización y desarrollo en la frontera sur. Perspectivas de un modelo en crisis. En: Saldívar y Arreola. Colonización y Desarrollo en la Frontera Sur. UNICACH. Chiapas, México.
96. SALDÍVAR V. A. (2013). Gobernanza multidimensional del agua: La Directiva Marco del Agua europea. Dificultades de su aplicación. Economía Informa, 381, jul-ago: 74-90. Consultado en: <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/381/>
97. SALDÍVAR V. A, OLIVERA, M., GUTIÉRREZ, E. D., ISIDRO, A. (2011). La cuenca baja del río Coatzacoalcos: Evaluando los beneficios económicos y sociales del tratamiento de aguas residuales. Disponible en: [http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/2011\\_cnch2\\_mon\\_asaldivar.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/2011_cnch2_mon_asaldivar.pdf)
98. SALDÍVAR V. A. ET.AL. (2011). Lo que se pierde por la contaminación del Río Zahuapan: Estrategias de evaluación. En Jiménez, G. R., y Hernández, R. (Coord.). Zahuapan: Río-región contaminación. Tlaxcala, Tlax.: El Colegio de Tlaxcala.
99. SALDÍVAR V. A. (2011). Beneficios económicos por la descontaminación del río Santiago. México: CONAGUA.
100. SALDÍVAR V. A. (2007). Las aguas de la ira: Economía y cultura del agua en México ¿sustentabilidad o gratuidad? Facultad de economía, UNAM. México D. F.
101. SEDUE, 1989. Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, CE-CCA-001/89. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1989, México.

102. SECRETARÍA DE ECONOMÍA. Cifras notificadas y actualizadas al 31 de diciembre de 2014. <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/inversion-extranjera-directa/estadistica-oficial-de-ied-en-mexico> Banco de México (BANXICO), enero – diciembre 2014.
103. SEMARNAT. (2006). Ley Federal de Derechos. Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales. México.
104. SEMARNAT Programa Nacional Hídrico 2014-2018. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Consultado
105. SECRETARÍA DE SALUD (varios años). Reporte mensual de casos nuevos de enfermedad acumulados. México: Sistema Nacional de Salud, Secretaría de Salud, Dirección de Epidemiología, Jurisdicciones Sanitarias.
106. SECRETARIA DE TURISMO Y ARCOP, (2002). Resultados del Estudio de Opinión Pública sobre Temas de Coyuntura Turística: Turismo Familiar Ciudades de México, Guadalajara y Monterrey. México.
107. SECRETARIA DE TURISMO (SECTUR). (2013). Encuesta Nacional de Gasto Turístico en los Hogares 2013. México, D.F.
108. STERN, N. (2007). The economics of Climate Change: The Stern review. Cambridge University Press. United Kingdom.
109. TURNER, K. GEORGIOU, S., CLARK R., BROUWER R. (2004). Economic valuation of water resources in agriculture: From the sectoral to a functional perspective of natural resource management. FAO.
110. UN-WATER. (2014). Task force on indicators, monitoring and reporting. Consultado en: <http://www.unwater.org/kwip>. Noviembre de 2014
111. USEPA: 2002 Implementation guidance for ambient water quality criteria for bacteria (draft). EPA-823-B-003, Office of Water, Washington, DC.
112. WATER RENOVATION AND REUSE. WATER POLLUTION. 1977. A series of monographs. Edited by Hillel I. Shoval. Academic Press, Inc. 1977
113. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 2013. Planning of water-quality monitoring systems. WMO-No. 1113. Pag. 128. ISBN 978-92-63-11113-5
114. W. WESLEY ECKENFELDER, JR. 2000. Industrial water pollution control. Third Edition. McGraw – Hill Series in water resources and environmental engineering. 2000.
115. WORLD RESOURCES INSTITUTE. (2005). Millennium ecosystem assessment. Ecosystem and human well-being. Biodiversity synthesis. Washington, D.C.
116. YOUNG R. (1996). Measuring economic benefits for water investment and policies. The World Bank. Washington, D.C.
117. YOUNG R. & LOOMIS, J. (2005). Determining the economic value of water: concepts and methods. RFF Press, USA.

#### Sitios Web visitados:

- Artículo: First water  
[http://www.ft.com/cms/s/0/e1f28d18-9e3f-11dd-bdde-000077b07658.html?nclick\\_check=1](http://www.ft.com/cms/s/0/e1f28d18-9e3f-11dd-bdde-000077b07658.html?nclick_check=1)
- Banco de México  
<http://www.banxico.org.mx/>
- Banco Mundial  
<http://www.bancomundial.org/>

- Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades (CENAVECE)  
<http://www.cenavece.salud.gob.mx/>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)  
<http://www.conagua.gob.mx/>
- Comisión Nacional de Salarios Mínimos  
<http://www.conasami.gob.mx/>
- Consejo Nacional de Población (CONAPO)  
<http://www.conapo.gob.mx/>
- Gobierno del estado de Tamaulipas  
<http://turismotamaulipas.com/2015/pesca-deportiva/>
- Instituto Nacional de Geografía e Informática  
<http://www.inegi.gob.mx/>
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal  
<http://www.e-local.gob.mx/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente  
<http://www.unep.org/>
- Sistema de Información Alimentaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA  
<http://www.siap.sagarpa.gob.mx>
- Sistema Nacional para el Desarrollo Rural Sustentable  
<http://www.siea.sagarpa.gob.mx>
- Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (SNIDRUS)  
<http://www.campomexicano.gob.mx/>