



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL SEGURA, O.A.

**PROYECTO DE PLAN HIDROLÓGICO DE LA
DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA
(REVISIÓN TERCER CICLO: 2022-2027)**

ANEXO VII DEL ANEJO X

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE
SIMULACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA
DEL AGUA EN EL RÍO SEGURA**

Diciembre de 2022

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA, O.A.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	15
2. MOTIVACIÓN DEL ESTUDIO.....	16
3. TRABAJOS PREVIOS	18
4. SISTEMA DE SOPORTE A LA DECISIÓN AQUATOOL.....	19
4.1. SIMGES	19
4.2. GESCAL	19
5. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA A ESTUDIAR	21
5.1. Sistema Río Mundo	21
5.2. Sistema Sierra del Segura.....	23
5.3. Sistema Noroeste	24
5.4. Sistema Río Mula.....	26
5.5. Sistema Río Guadalentín	28
5.6. Sistema Río Segura y ramblas del noreste	30
6. ANÁLISIS DE LA CALIDAD	36
6.1. Introducción	36
6.2. Fuentes de información. Red de estaciones de aforo y calidad	36
6.3. Análisis de caudales	45
6.4. Análisis de parámetros de calidad	48
6.4.1. Parámetros que analizar.....	48
6.4.2. Calidad en el Sistema Río Mundo	48
6.4.3. Calidad en el Sistema Sierra del Segura	52
6.4.4. Calidad en el Sistema Noroeste.....	56
6.4.5. Calidad en el Sistema Río Mula	59
6.4.6. Calidad en el Sistema Río Guadalentín	63
6.4.7. Calidad en el Sistema Río Segura y ramblas del noreste	66
7. ESCENARIOS CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD EN LA CUENCA DEL SEGURA..	78
8. ESCENARIO 2019	79
8.1. Tramos y masas de agua	79
8.2. Recursos del sistema en el modelo de simulación.....	86
8.2.1. Aportaciones naturales al esquema	86
8.2.2. Aportaciones subterráneas al esquema.....	88
8.2.3. Reutilización	89
8.2.4. Desalinización	89
8.2.5. Trasvase Tajo-Segura	89
8.2.6. Vertidos	90
8.3. Unidades de demanda	94
8.4. Datos de Calidad.....	94
8.4.1. Calidad fisicoquímica en las aportaciones naturales y TTS	95
8.4.2. Calidad fisicoquímica de los vertidos puntuales	96
8.4.3. Calidad fisicoquímica de los vertidos difusos.....	97
8.4.4. Calidad fisicoquímica en los embalses.....	101

8.4.5. Calidad fisicoquímica en los acuíferos.....	101
8.4.6. Calidad fisicoquímica en los retornos.....	101
8.5. Otra información requerida en los modelos.....	102
8.6. Resultados del modelo en el escenario 2019.....	102
8.6.1. Sistema Río Mundo.....	102
8.6.2. Sistema Sierra del Segura	111
8.6.3. Sistema Noroeste	119
8.6.4. Sistema Río Mula	124
8.6.5. Sistema Río Guadalentín.....	131
8.6.6. Sistema Río Segura	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones de medida del Sistema Río Mundo.	38
Tabla 2. Estaciones de medida del Sistema Sierra del Segura.....	39
Tabla 3. Estaciones de medida del Sistema Noroeste.	40
Tabla 4. Estaciones de medida del Sistema Mula.....	41
Tabla 5. Estaciones de medida del Sistema Río Guadalentín.	42
Tabla 6. Estaciones de medida del Sistema Segura Vega Alta.....	44
Tabla 7. Estaciones de medida Sistema Segura Vega Media.....	44
Tabla 8. Estaciones de medida Sistema Segura Vega Baja (Sur de Alicante).....	45
Tabla 9. Correspondencia entre masas de agua y tramos de río del modelo de calidad.	85
Tabla 10. Aportaciones naturales en el modelo de calidad.....	87
Tabla 11. Acuíferos simulados en el modelo de calidad.....	89
Tabla 12. Datos del ATS introducidos al modelo de simulación de calidad (hm ³ /mes).	90
Tabla 13. Vertidos puntuales considerados para el año 2019.....	93
Tabla 14. Volumen vertido (m ³ /año) en el periodo de simulación.	94
Tabla 15. Valores medios mensuales de los parámetros fisicoquímicos en las aportaciones naturales y ATS del modelo de simulación de calidad.	96
Tabla 16. Valores medios mensuales de los parámetros fisicoquímicos para cada uno de los vertidos puntuales incorporados al modelo de simulación de calidad.....	96
Tabla 17. Carga difusa (g/d) incorporada en cada tramo del modelo.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del Río Mundo en la demarcación hidrográfica del Segura.	21
Figura 2. Sistema Río Mundo.....	22
Figura 3. Localización del Sistema Sierra del Segura en la demarcación hidrográfica del Segura.....	23
Figura 4. Sistema Sierra del Segura.	24
Figura 5. Localización del Sistema Noroeste en la demarcación hidrográfica del Segura.....	25
Figura 6. Sistema Noroeste.	26
Figura 7. Localización del Sistema Río Mula en la demarcación hidrográfica del Segura.	27
Figura 8. Sistema Río Mula.	28
Figura 9. Localización del Sistema Río Guadalentín en la demarcación hidrográfica del Segura.....	29
Figura 10. Sistema Río Guadalentín.....	30
Figura 11. Localización Vegas Alta, Media, Baja del Segura y Sistema Ramblas del Noreste en la demarcación hidrográfica del Segura.	31
Figura 12. Río Segura (Vega Alta).	32
Figura 13. Río Segura (Vega Media)	33
Figura 14. Río Segura (Vega Baja).....	34
Figura 15. Sistema Ramblas del Noreste	35
Figura 16. Aforos en el Sistema Segura	36
Figura 17. Estaciones ICA en el Sistema Integrado.....	37
Figura 18. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Río Mundo.	38
Figura 19. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Sierra del Segura.....	39
Figura 20. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Noroeste.	40
Figura 21. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Mula.....	41
Figura 22. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Río Guadalentín.	42
Figura 23. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Segura Vega Alta.....	43
Figura 24. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Segura Vega Media.....	44
Figura 25. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Segura Vega Baja (Sur de Alicante).....	45
Figura 26. Caudal mensual medio y caudal aforado en las estaciones del Sistema Río Mundo.	46
Figura 27. Caudal mensual medio y caudal aforado en las estaciones del Sistema Sierra del Segura.....	46
Figura 28. Caudal mensual medio y caudal aforado en la estación de Calasparra (río Argos).....	47
Figura 29. Caudal mensual medio y caudal aforado en el Sistema Río Mula.	47
Figura 30. Caudal mensual medio y caudal aforado en el Sistema Río Guadalentín.....	47
Figura 31. Caudal mensual medio y caudal aforado en el Sistema Río Segura.	48
Figura 32. Oxígeno disuelto (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del Sistema Río Mundo.....	49
Figura 33. DBO ₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del río Mundo.	49
Figura 34. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del río Mundo.	50
Figura 35. Nitratos (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Mundo.	50
Figura 36. Fosfatos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Mundo.....	51
Figura 37. Conductividad (μS/cm) en un año medio en estaciones ICA del río Mundo.	51
Figura 38. Sólidos Suspendidos en un año medio en estaciones ICA del río Mundo.	52
Figura 39. Oxígeno disuelto (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del alto Segura.....	52
Figura 40. DBO ₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del alto Segura.	53
Figura 41. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del alto Segura.	53
Figura 42. Nitratos (mg/l) medidos en estaciones ICA del alto Segura.	54
Figura 43. Fosfatos (mg/l) medidos en estaciones ICA del alto Segura.....	54
Figura 44. Conductividad (μS/cm) en un año medio en estaciones ICA del alto Segura.	55
Figura 45. Sólidos suspendidos (mg/l) medidos en estaciones ICA del alto Segura.....	55
Figura 46. Oxígeno disuelto (mg/l) medido en estaciones ICA del sistema Noroeste.....	56

Figura 47. DBO ₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del sistema Noroeste.	56
Figura 48. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del sistema Noroeste.	57
Figura 49. Nitratos (mg/l) medidos en estaciones ICA del sistema Noroeste.	57
Figura 50. Fosfatos (mg/l) medidos en estaciones ICA del sistema Noroeste.	58
Figura 51. Conductividad (μS/cm) medida en estaciones ICA del sistema Noroeste.	58
Figura 52. Sólidos suspendidos (mg/l) medidos en estaciones ICA del sistema Noroeste.	59
Figura 53. Oxígeno disuelto (mg/l) en un año medio medido en estaciones ICA del sistema Mula.	59
Figura 54. DBO ₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del sistema Mula.	60
Figura 55. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del sistema Mula.	60
Figura 56. Nitratos (mg/l) medidos en estaciones ICA del sistema Mula.	61
Figura 57. Fosfatos (mg/l) medidos en estaciones ICA del sistema Mula.	61
Figura 58. Conductividad (μS/cm) medidos en estaciones ICA del sistema Mula.	62
Figura 59. Sólidos suspendidos (mg/l) medidos en estaciones ICA del sistema Mula.	62
Figura 60. Oxígeno disuelto (mg/l) medido en estaciones ICA del río Guadalentín.	63
Figura 61. DBO ₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del río Guadalentín.	63
Figura 62. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del río Guadalentín.	64
Figura 63. Nitratos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Guadalentín.	64
Figura 64. Fosfatos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Guadalentín.	65
Figura 65. Conductividad (μS/cm) medida en estaciones ICA del río Guadalentín.	65
Figura 66. Sólidos suspendidos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Guadalentín.	66
Figura 67. Oxígeno disuelto (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (Mundo – Almadenes).	67
Figura 68. Oxígeno disuelto (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (Rambla del Judío- confluencia Mula)	67
Figura 69. Oxígeno disuelto (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (confluencia Mula – desembocadura)	68
Figura 70. DBO ₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del río Segura (Mundo – Almadenes)	68
Figura 71. DBO ₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del río Segura (Rambla del Judío- confluencia Mula).....	69
Figura 72. DBO ₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del río Segura (confluencia Mula – desembocadura)	69
Figura 73. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del río Segura (Mundo – Almadenes)	70
Figura 74. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del río Segura (Rambla del Judío- confluencia Mula) ...	70
Figura 75. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del río Segura (confluencia Mula – desembocadura) ...	71
Figura 76. Nitratos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Segura (Mundo – Almadenes)	71
Figura 77. Nitratos (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (Rambla del Judío- confluencia Mula).....	72
Figura 78. Nitratos (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (confluencia Mula – Desembocadura).....	72
Figura 79. Fosfatos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Segura (Mundo – Almadenes).....	73
Figura 80. Fosfatos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Segura (Rambla del Judío- confluencia Mula) .	73
Figura 81. Fosfatos (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (confluencia Mula – desembocadura)	74
Figura 82. Conductividad (μS/cm) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (Mundo – Almadenes)	74
Figura 83. Conductividad (μS/cm) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (Rambla del Judío- confluencia Mula)	75
Figura 84. Conductividad (μS/cm) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (confluencia Mula – desembocadura)	75
Figura 85. Sólidos suspendidos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Segura (Mundo – Almadenes)	76

Figura 86. Sólidos suspendidos (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (Rambla del Judío-confluencia Mula)	76
Figura 87. Sólidos suspendidos (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (confluencia Mula – desembocadura)	77
Figura 88. Puntos de vertido proporcionados por Comisaría de Aguas de CHS.....	91
Figura 89. Puntos de vertido proporcionados por ESAMUR y EPSAR.....	92
Figura 90. Perfil Sistema Río Mundo. Comparativa de las concentraciones promedio de contaminantes medidos y simulados a lo largo del cauce.....	104
Figura 91. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Canal de Hellín y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	106
Figura 92. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Río Mundo y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	107
Figura 93. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Azaraque y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	108
Figura 94. Comparativa de las concentraciones de contaminantes medidos en la estación ICA Embalse Camarillas y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.....	109
Figura 95. Comparativa de los caudales aforados y simulados en el Sistema Río Mundo.	110
Figura 96. Perfil Sistema Sierra del Segura. Comparativa de las concentraciones promedio de contaminantes medidos y simulados a lo largo del cauce.....	112
Figura 97. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Los Gallegos y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	114
Figura 98. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Embalse Cenajo y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.....	115
Figura 99. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Minas y Salmerón y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	116
Figura 100. Comparativa de los caudales aforados y simulados en el Sistema Sierra del Segura.....	118
Figura 101. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Camping La Puerta y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	120
Figura 102. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Calasparra y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	121
Figura 103. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Alfonso XIII y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	122
Figura 104. Comparativa de los caudales aforados y simulados en el Sistema Noroeste.	123
Figura 105. Perfil Sistema Río Mula. Comparativa de las concentraciones promedio de contaminantes medidos y simulados a lo largo del cauce.....	125
Figura 106. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Embalse de la Cierva y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	127
Figura 107. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Baños y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.....	128
Figura 108. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Mula y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.....	129
Figura 109. Comparativa de los caudales aforados y simulados en el Sistema Mula.....	130
Figura 110. Perfil Sistema Guadalentín. Comparativa de las concentraciones promedio de contaminantes medidos y simulados a lo largo del cauce.....	132
Figura 111. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Embalse de Puentes y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	134
Figura 112. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Santa Gertrudis y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.....	135

Figura 113. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Librilla y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	136
Figura 114. Comparativa de los caudales aforados y simulados en el Sistema río Guadalentín.	137
Figura 115. Perfil Sistema Río Segura. Comparativa de las concentraciones promedio de contaminantes medidos y simulados a lo largo del cauce.	140
Figura 116. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Río Segura en Cañaverosa y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	142
Figura 117. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA El Soto y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	143
Figura 118. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Argos en el Segura y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	144
Figura 119. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Almadenes y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	145
Figura 120. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Cieza y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	146
Figura 121. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Ab. Abarán y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	147
Figura 122. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Abarán y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	148
Figura 123. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Azud de Ojós y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	149
Figura 124. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Ulea (Sifón MCT) y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	150
Figura 125. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Archena y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	151
Figura 126. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Lorquí y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	152
Figura 127. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Ceutí y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	153
Figura 128. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Las Torres y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	154
Figura 129. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Molina y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	155
Figura 130. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Contraparada y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	156
Figura 131. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Alcantarilla y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	157
Figura 132. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Guadalentín y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	158
Figura 133. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Beniel y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	159
Figura 134. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Orihuela y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	160
Figura 135. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Puente Benejúzar y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	161
Figura 136. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Rojales y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.	162
Figura 137. Comparativa de los caudales aforados y simulados en el Sistema río Segura.	166

1. INTRODUCCIÓN

Los convenios internacionales suscritos por España, las directivas europeas y la legislación nacional y autonómica establecen una serie de diferentes categorías de zonas protegidas, cada una con sus objetivos específicos de protección, su base normativa y las exigencias correspondientes a la hora de designación, delimitación, seguimiento (monitoring) y suministro de información (reporting).

En función de la base normativa aplicable a las diferentes categorías de zonas protegidas, éstas son designadas y controladas por diferentes administraciones (autoridades competentes) y para algunas es el propio plan hidrológico el que las designa.

En cada demarcación el organismo de cuenca está obligado a establecer y mantener actualizado un Registro de Zonas Protegidas, con arreglo al artículo 9 de la Directiva 2000/60/CE (Directiva marco de aguas - DMA) y al artículo 99 bis del texto refundido de la Ley de Aguas (TRLA). La inclusión de todas ellas en un registro único en la demarcación resulta de especial interés para su adecuada consideración tanto en la gestión de la cuenca como en la planificación hidrológica.

Los planes hidrológicos de cuenca deben incluir un resumen de este Registro de Zonas Protegidas, conforme al Anejo IV de la DMA y al artículo 42 del TRLA.

Para la redacción del PHDS 2009/15 se realizó una simulación de la calidad fisicoquímica esperada para el horizonte futuro de las masas de agua superficiales continentales de la demarcación del Segura, para lo cual se empleó el programa GESCAL del entorno AQUATOOL.

Para el presente ciclo de planificación se ha revisado y actualizado la simulación realizada sin que haya cambios significativos frente a lo expuesto en el Plan Hidrológico 2009/15.

2. MOTIVACIÓN DEL ESTUDIO

La Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, la denominada Directiva Marco del Agua (DMA), constituye una reforma profunda y sustancial de la legislación europea en materia de aguas. Su objetivo es particularmente ambicioso: por un lado, prevenir el deterioro y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos y, por otro, promover el uso sostenible del agua. Para alcanzar dicho objetivo la directiva introduce dos nuevos enfoques fundamentales en la política de aguas de la Unión Europea: uno medioambiental (prevención del deterioro adicional y consecución del “buen estado ecológico” de las aguas continentales y costeras) y otro de gestión (nuevo modelo de gestión hídrica a nivel de las cuencas hidrográficas basado en una nueva política de precios que permita la recuperación de costes de los servicios relacionados con el agua y que proporcione incentivos para el uso eficiente de los recursos hídricos).

La DMA ha sido transpuesta a la legislación española mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social, que en su artículo 129 modifica el Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA) aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, e incorpora en ella el articulado de la mencionada directiva.

En virtud de tal norma se realizaron las modificaciones correspondientes en el Título III del Texto Refundido de la Ley de Aguas, correspondiente a la planificación hidrológica. Concretamente, se modificaron los artículos 40, 41 y 42 y se introdujo el artículo 40 bis. Asimismo, se introdujeron modificaciones en otros Títulos que están en íntima relación con el proceso de planificación hidrológica y la introducción del concepto de demarcación hidrográfica (artículos 16 y 16 bis), las modificaciones en la Administración Pública del Agua con la creación del Consejo del Agua de la demarcación y el Comité de Autoridades Competentes (artículos 35, 36 y 36 bis), los nuevos objetivos medioambientales, el estado de las masas de agua y los programas de medidas para la consecución de tales objetivos (artículos 92 bis, 92 ter y 92 quáter), el registro de zonas protegidas (artículo 99 bis) o la introducción expresa del principio de recuperación de los costes de los servicios relacionados con la gestión de las aguas (artículo 111 bis).

El eje de la aplicación de la DMA son los denominados planes hidrológicos de cuenca que deben elaborarse a nivel de las demarcaciones hidrográficas y que consisten en la principal herramienta para alcanzar los objetivos en cada “masa de agua” incluida en la demarcación. Los planes deben estar basados en análisis detallados de las presiones antrópicas que sufren las masas de agua y en evaluaciones de impacto. Esto permitirá establecer un programa de medidas coherente y específicamente diseñado para la demarcación hidrográfica y, en particular, para alcanzar los objetivos previstos de cada masa de agua.

En este ámbito se hace necesario realizar una estimación actual de la calidad en las distintas masas de agua para fijar, posteriormente, los objetivos de calidad objeto de los planes de medidas.

Para ello se aplicará en este trabajo la metodología desarrollada por el Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). La misma está integrada en un software informático denominado GESCAL que permite la simulación conjunta de la gestión de aguas superficiales y subterráneas introduciéndole parámetros de calidad, como se verá más adelante.

Una vez obtenido un modelo matemático del comportamiento actual de la cuenca se podrán realizar predicciones de respuesta del sistema ante las diferentes medidas propuestas en el programa de medidas para la aceptación o no de las mismas.

3. TRABAJOS PREVIOS

Para la determinación de la calidad actual de las aguas de la demarcación hidrográfica del Segura se ha procedido a analizar, primeramente, los estudios existentes relativos a la calidad de las aguas. Entre estos estudios se pueden destacar:

- “Plan Hidrológico de la cuenca del Segura” (PHCS, aprobado por Real Decreto, RD 1664/1998 de 24 julio), contiene en su apartado 4.7 un estudio de la calidad del recurso y la ordenación de vertidos.
- “Realización de los Estudios Previos para el desarrollo de la Directiva Marco Europea del Agua y su aplicación en el proceso de planificación de la cuenca del Segura. Caracterización y Otros”. (septiembre 2006), donde se encuentra una “Evaluación Preliminar del Estado Ecológico en Distintas Masas de Agua de la Demarcación”.
- “Seguimiento y revisión del PHCS” (septiembre 2015) donde se tienen estudios de actualización de la calidad de las aguas superficiales.
- “Plan de Actuación en situaciones de alerta y eventual sequía en la cuenca del Segura” (PES). Diciembre de 2018. Contiene series restituídas a régimen natural que han sido utilizadas en el presente estudio.

4. SISTEMA DE SOPORTE A LA DECISIÓN AQUATOOL

El Sistema de Soporte a la Decisión (SSD) AQUATOOL (Andreu *et. al.*, 1994) es una herramienta para la elaboración de modelos de simulación y optimización de recursos hídricos a escala de cuenca desarrollada por el Grupo de Ingeniería de Recursos Hídricos DIHMA-UPV.

Está compuesto por una serie de módulos independientes pero integrados dentro de la misma herramienta informática. Se destacan los módulos utilizados en el presente estudio: SIMGES y GESCAL.

4.1. SIMGES

Este es un modelo general para la simulación de la gestión de cuencas o sistemas de recursos hidráulicos complejos en los que se dispone de elementos de regulación o almacenamiento, tanto superficiales como subterráneos, de captación, de transporte, de utilización y/o consumo y de dispositivos de recarga artificial.

La simulación se efectúa a nivel mensual y reproduce, a la escala de detalle espacial que el usuario desee, el flujo del agua a través del sistema. Éstas se efectúan a un tiempo mediante el uso de un algoritmo de optimización de redes de flujo conservativo. Dicho algoritmo se encarga de satisfacer al máximo los objetivos múltiples de minimización de déficit y de máxima adaptación a las curvas de volúmenes objetivo de embalse y objetivos de producción hidroeléctrica.

Los resultados del modelo incluyen la evolución de todas las variables de interés a nivel mensual, a nivel anual, valores medios del período de simulación, así como garantías. Todo ello permite que el modelo pueda ser utilizado, entre otras finalidades, para:

- Determinar las garantías que se obtienen para distintas hipótesis de infraestructura y de evolución de demandas, así como para distintas reglas de explotación de la cuenca.
- Establecer las reglas de explotación más adecuadas para unos niveles exigidos de garantías.
- Estimar los beneficios o perjuicios derivados de la alteración de prioridades de usos del agua.

Determinar las capacidades de embalse, de conducciones, y de instalaciones de bombeo para unos niveles de demanda y de garantía dados.

4.2. GESCAL

La herramienta GESCAL es la utilizada para la modelación de la calidad del agua a escala de cuenca. Se ha implementado sobre el Sistema Soporte Decisión (SSD) AQUATOOL para la planificación y gestión de recursos hídricos. De este modo, la aplicación conjunta permitirá, con una sola herramienta, modelar la gestión y la calidad del agua del sistema.

El módulo desarrollado no intenta representar la evolución de la calidad del agua frente a eventos puntuales sino, por el contrario, reflejar la evolución espacio temporal de la calidad del agua en los

sistemas modelados, fruto de las diferentes alternativas de gestión, depuración, contaminación y uso del recurso.

El módulo permite la modelación de los constituyentes convencionales con un doble objetivo: por un lado, se busca sencillez a la hora de modelar de una manera coherente con la escala de trabajo y, por otro, se intenta no perder representatividad ni capacidad de modelación.

Una vez realizada la calibración del modelo se tendrá una herramienta que permita estimar las consecuencias de las posibles medidas tomadas en la cuenca de estudio, de modo que podrá ser utilizado como un importante apoyo en la toma de decisiones de las medidas correctoras necesarias para el cumplimiento de los objetivos medioambientales marcados según la DMA.

5. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA A ESTUDIAR

El sistema a estudiar engloba al propio río Segura y a sus afluentes Mundo, Benamor, Argos, Quípar, Mula y Guadalentín.

A continuación se presentan las características principales de cada uno de estos ríos y afluentes.

5.1. Sistema Río Mundo

El río Mundo es el principal afluente del río Segura. Nace en la sierra manchega del Calar del Mundo en la comarca de Sierra de Alcaraz (Albacete). Este nacimiento se ha convertido en un lugar turístico denominado “Los Chorros del Río Mundo” al que acuden muchas personas para ver sus cataratas y su profunda cueva, de la que se conocen hasta 32 Km, desde donde se precipitan los chorros por un farallón de más de 300 m de altura.

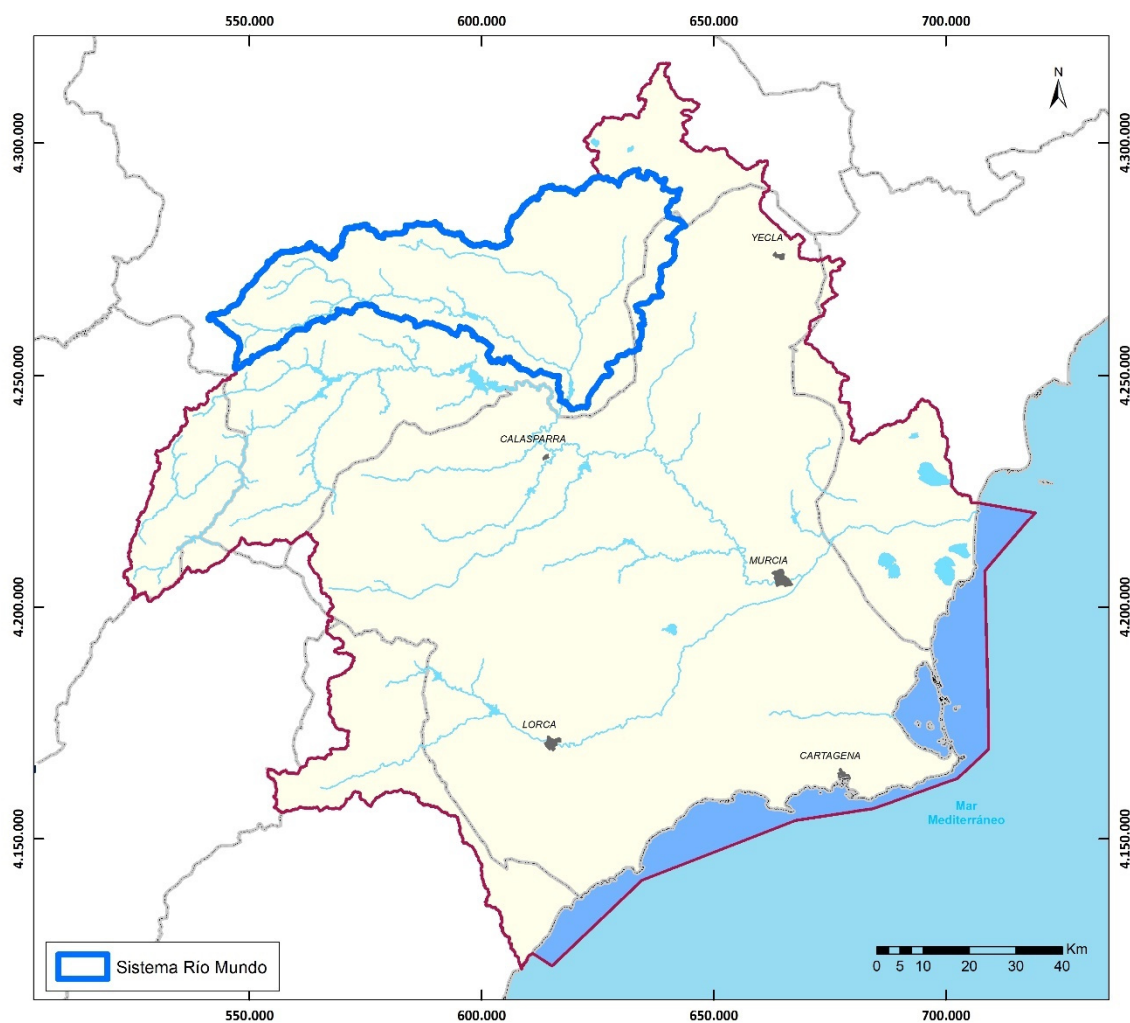


Figura 1. Localización del Río Mundo en la demarcación hidrográfica del Segura.

La longitud total del río Mundo es de unos 107 Km. En su recorrido se sitúa el Embalse del Talave, de 35 hm³ de capacidad, utilizado para el regadío y como defensa frente a avenidas.



Figura 2. Sistema Río Mundo.

Como afluente del río Mundo se encuentra el Arroyo de Tobarra. La confluencia se produce justo antes al Embalse de Camarillas (de 36 hm³ y utilizado para regadío y defensa de avenidas).

5.2. Sistema Sierra del Segura

Se denomina Alto Segura o Sistema Sierra del Segura al sistema formado por los ríos Zumeta, Tus, Taibilla y Segura hasta el Embalse del Cenajo.

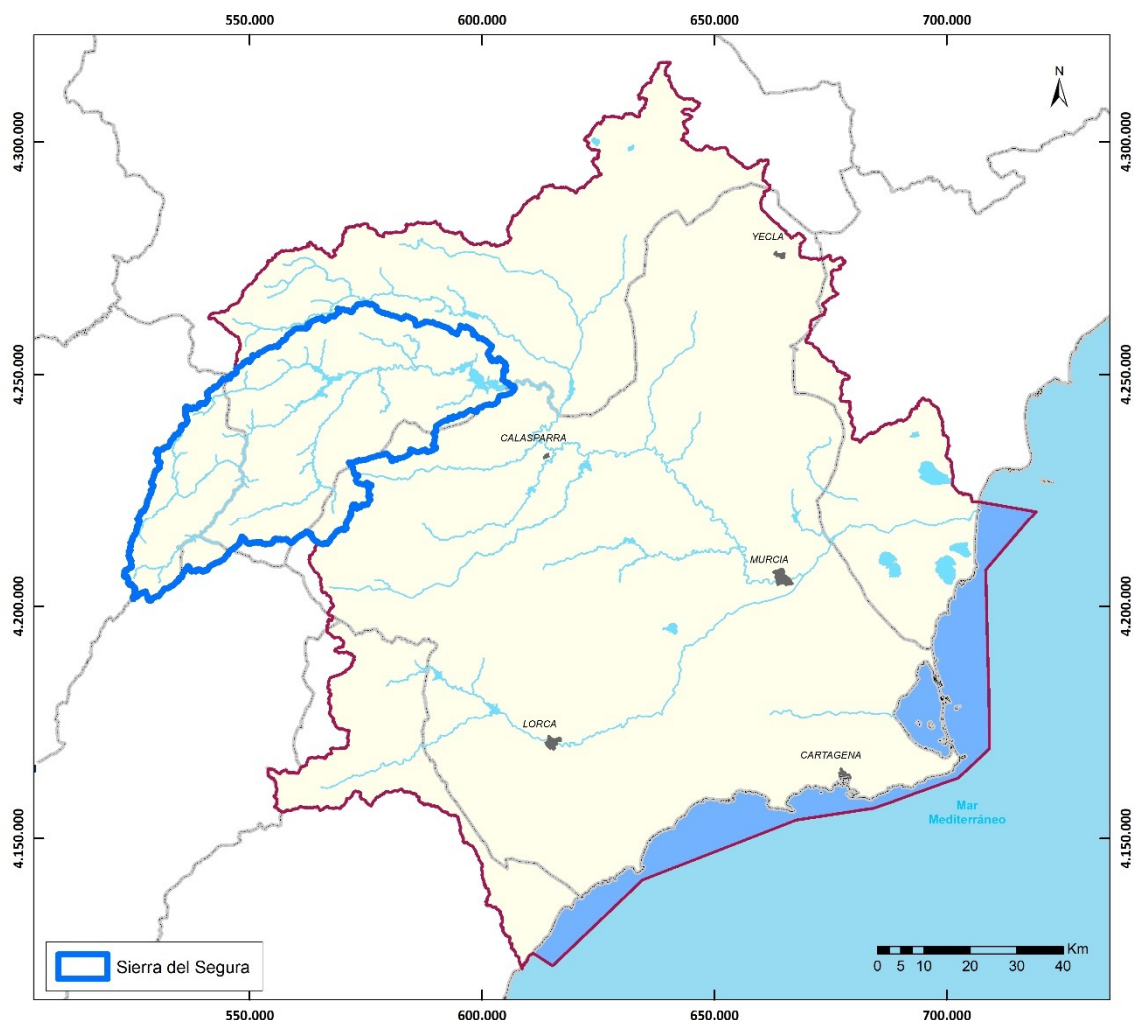


Figura 3. Localización del Sistema Sierra del Segura en la demarcación hidrográfica del Segura.

Este sistema contiene al primer tramo del río Segura. Este río nace en el paraje de Fuente Segura, a 5 km de Pontón Bajo en el municipio de Santiago Pontones (Jaén). Discurre por las provincias de Jaén, Albacete, Murcia y Alicante, desembocando en el Mediterráneo en Guardamar del Segura (Alicante) tras un recorrido de 325 Km.

Sus aguas brotan de una cueva natural inundada, a 1.413 m s.n.m. fruto de una surgencia cárstica en la Sierra de Segura. Durante sus primeros kilómetros el río transcurre por un valle estrecho y profundo donde recibe afluentes cortos pero de abundante caudal, como los ríos Madera, Zumeta y Tus, todos con régimen pluvionival de raigambre oceánico-mediterránea. El valle está cerrado en algunos tramos por embalses como el de Fuensanta, el tercero mayor de la cuenca con 210 hm³, y el Cenajo, el mayor de la cuenca con 437 hm³ de capacidad.

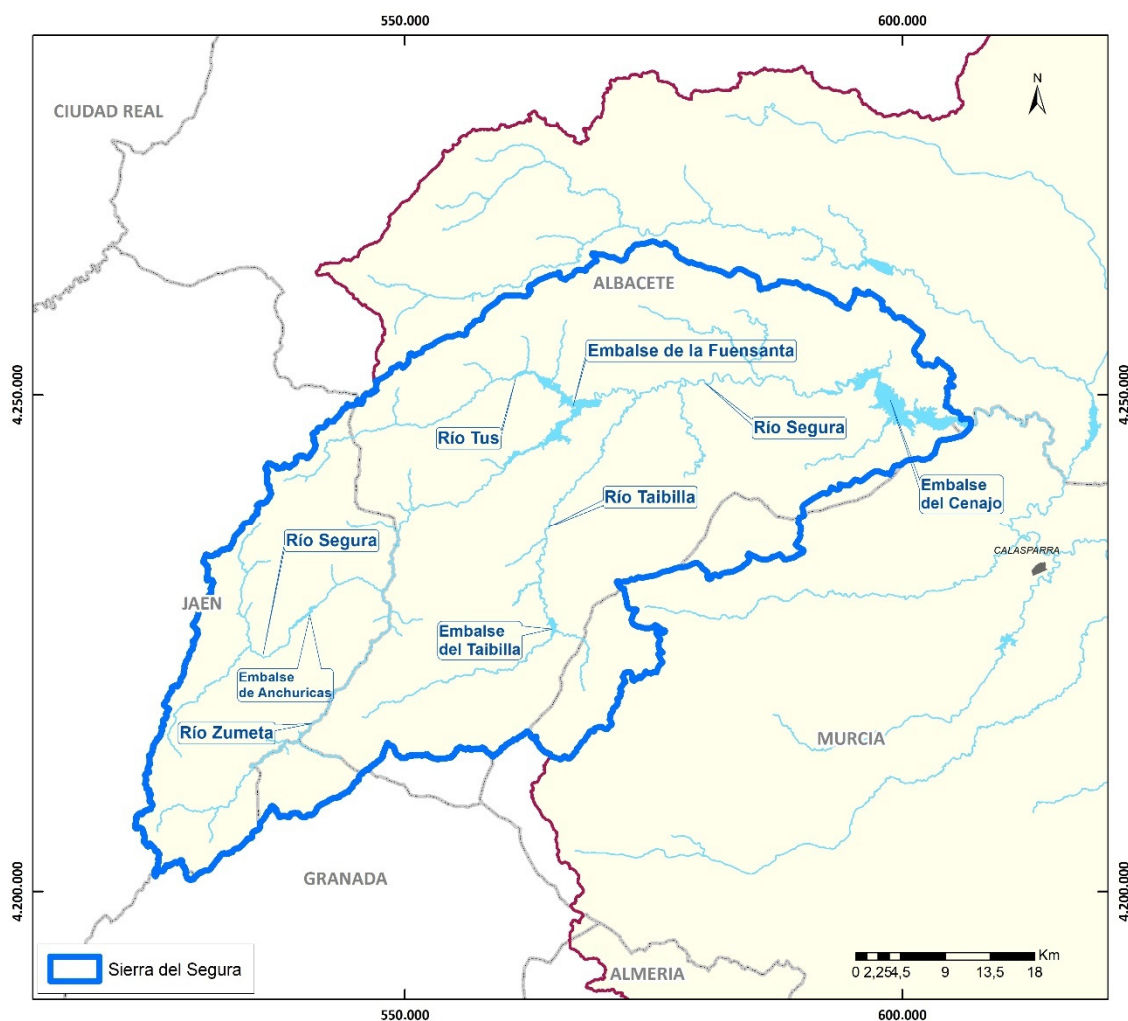


Figura 4. Sistema Sierra del Segura.

5.3. Sistema Noroeste

Se incluyen tres ríos dentro del sistema denominado Sistema Noroeste: Benamor, Argos y Quípar. El río Benamor nace como confluencia de las aguas recogidas en las sierras del Buitre, los Álamos y Villafuertes. En épocas de abundancia de agua se convierte en un lugar de gran belleza. Tiene un recorrido de poco más de 40 km y confluye con el río Alhárabe dando lugar en esta confluencia al río Moratalla, vertiendo sus aguas éste último al río Segura.

El río Argos es el único río murciano con lecho de piedra (de ahí podría venir su nombre); además fue explotado como fuente de minerales, algunos de ellos preciosos. El Embalse del Argos separa los municipios de Cehegín y Calasparra y tiene una capacidad de 13 hm³. Aguas abajo recibe los aportes de la rambla de los Arcos junto a la sierra del Molino, entre cuyos materiales se encaja y forma una abrupta garganta, la de los Almadenes del Argos, antes de confluir en el Segura, después de 48 kilómetros de recorrido.

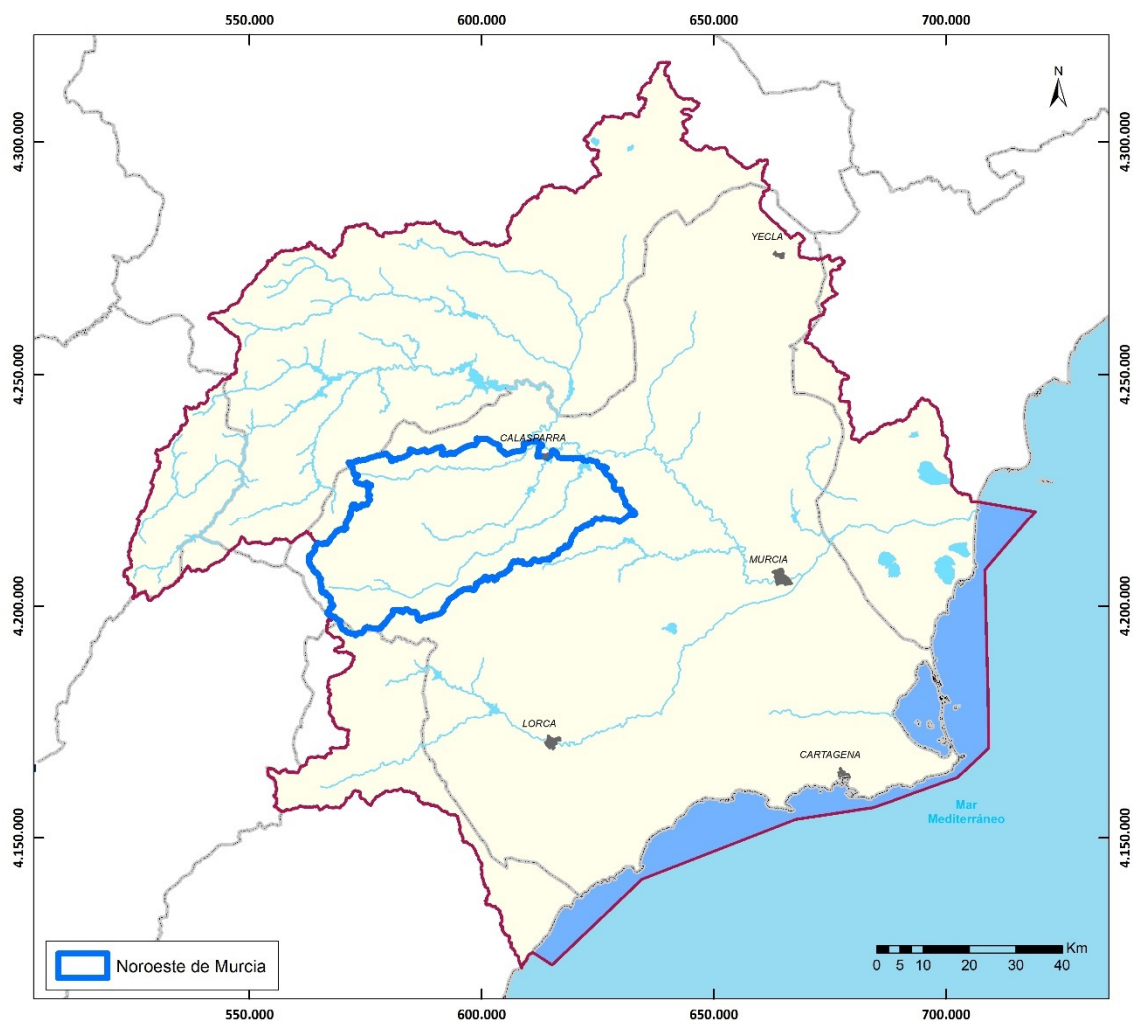


Figura 5. Localización del Sistema Noroeste en la demarcación hidrográfica del Segura.

El río Quípar nace en los faldones de la Sierra de la Zarza (Hoya de la Junquera, Caravaca) y discurre prácticamente seco hasta finalizar en el Embalse de Alfonso XIII. En su curso, de casi 50 km de longitud, es frecuente encontrar restos de fósiles. El embalse fue construido en 1917 para evitar las graves consecuencias que tenían las avenidas en este río para la Vega Alta del Segura.

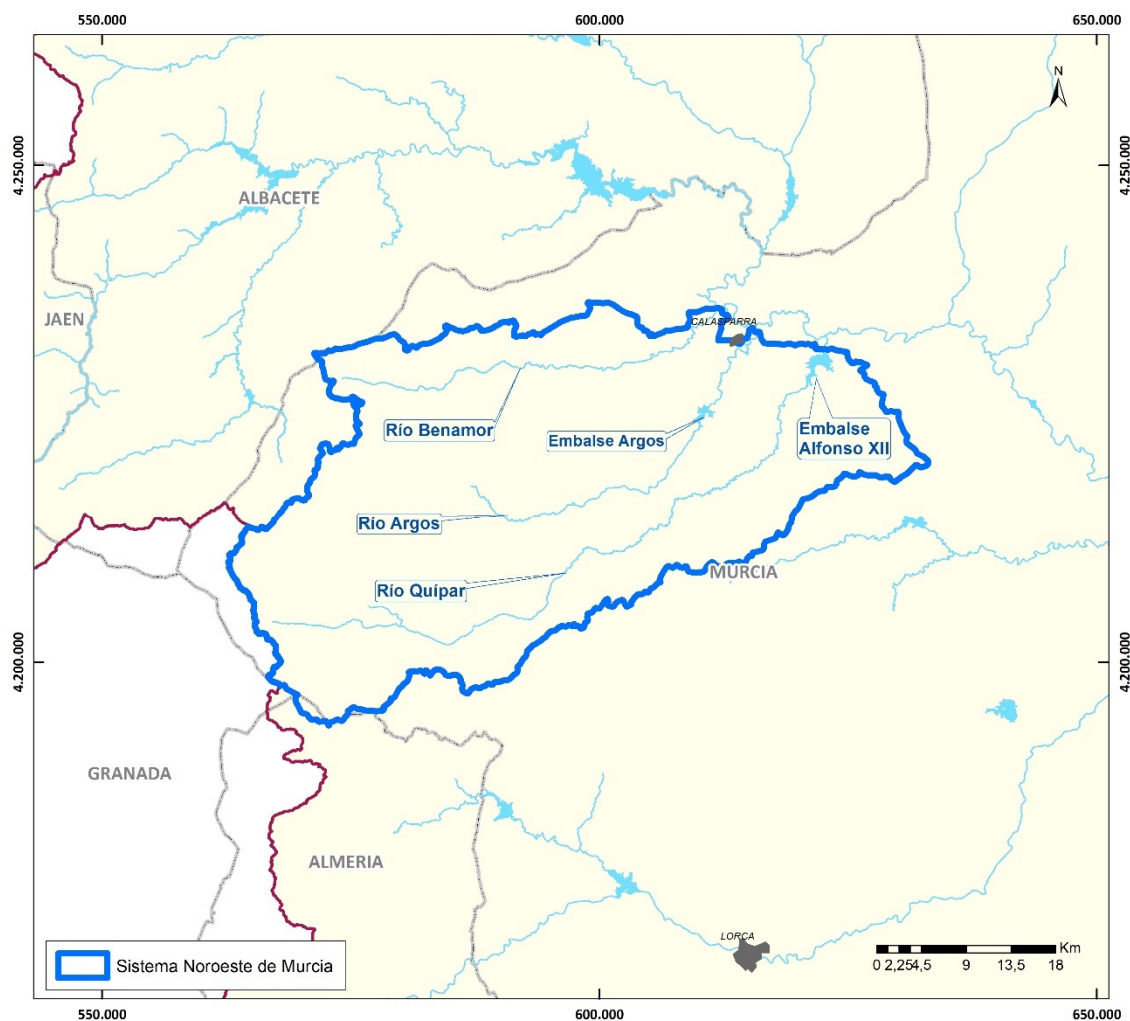


Figura 6. Sistema Noroeste.

5.4. Sistema Río Mula

Este sistema está formado por el Río Mula y su afluente el río Pliego.

Es un afluente, por la margen derecha, del Segura. Nace de la confluencia de varios arroyos y ramblas que bajan de las sierras de Burete, Lavia, Ceperos, Plaza de los Pastores y El Charco, términos municipales de Bullas y Cehegín.

Pasa al norte de la ciudad de Mula y poco antes de La Puebla se le une el río Pliego, que drena la vertiente norte de sierra Espuña y la oriental de la del Cambrón.

Pasa por Albudeite y Campos del Río, sirve de divisoria entre los municipios de Alguazas y Las Torres de Cotillas y desagua en el Segura tras un recorrido de 64 km.

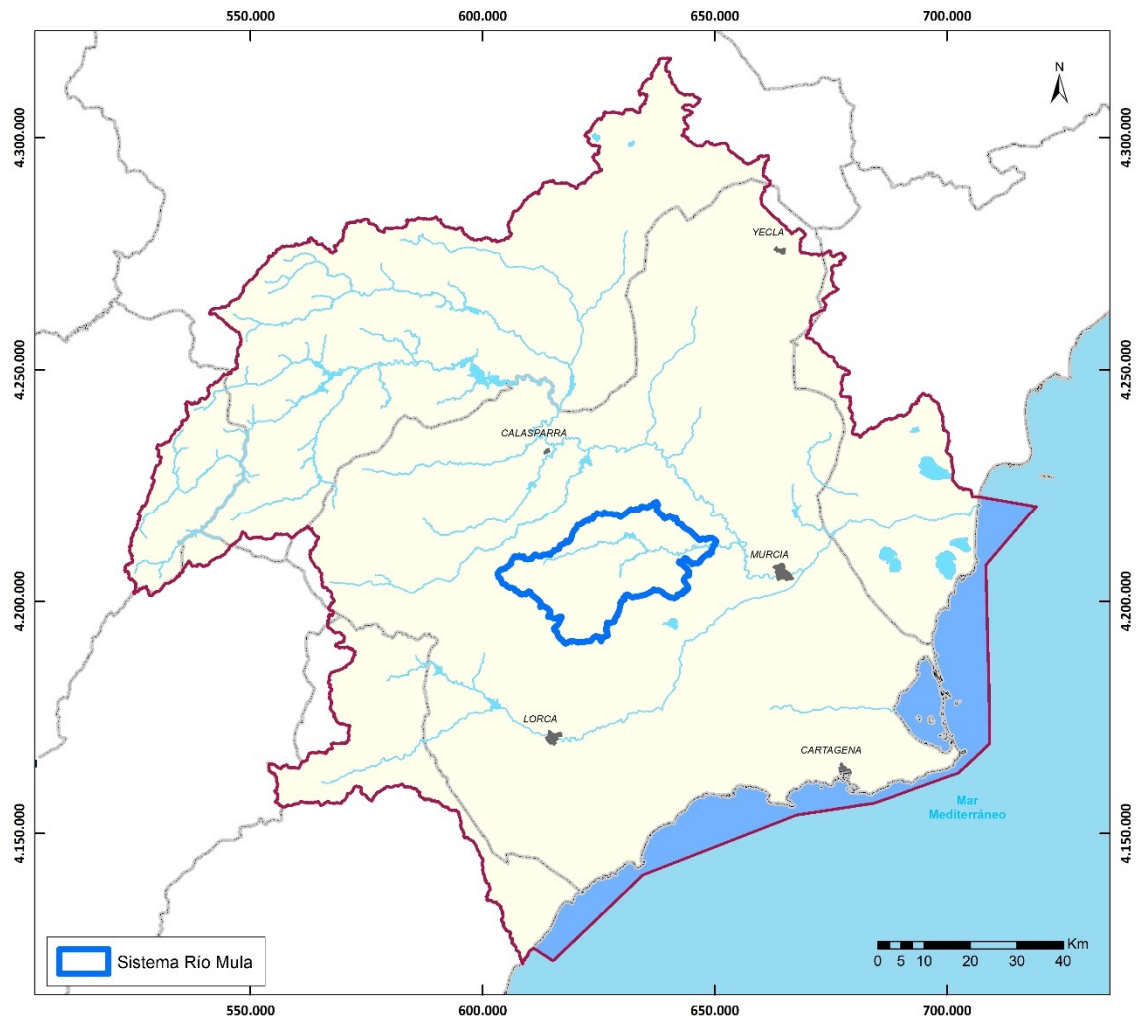


Figura 7. Localización del Sistema Río Mula en la demarcación hidrográfica del Segura.

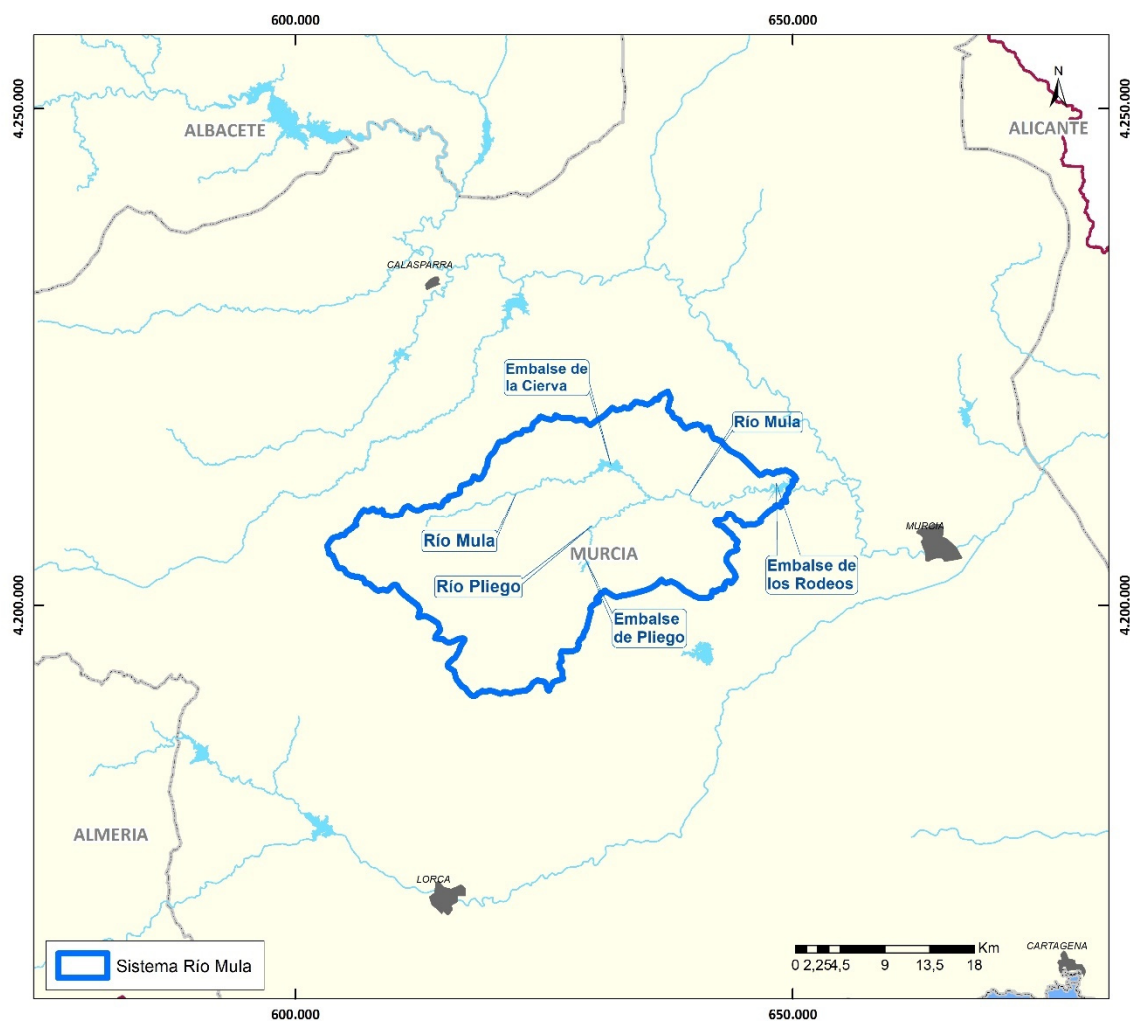


Figura 8. Sistema Río Mula.

5.5. Sistema Río Guadalentín

El río Guadalentín también es conocido como Sangonera o Reguerón. Pasa por las provincias de Almería y Murcia atravesando el valle que se encuentra entre las sierras de Espuña y Carrascoy. Es el afluente más grande por la derecha del río Segura. Nace en la Sierra de María (Almería) y recibe a la Rambla de Chirivel en el pantano de Puentes, ya en la región de Murcia; en el mismo pantano desembocan los ríos Luchena y Turrilla. Desde allí se dirige al sureste pasando por Lorca, donde entra en un amplio valle originado por una fosa tectónica y cambia el rumbo hacia el noreste. Recibe la Rambla de Nogalte, que pasa por Puerto Lumbreras y discurre por los términos de Totana, Alhama de Murcia y Librilla, sin afluentes de importancia. En la Huerta de Murcia, dentro del término de Beniaján y aguas abajo de la capital, se une al río Segura por medio de un canal artificial llamado Reguerón y que data del siglo XVIII. Una gran acequia, el Reguerón Viejo, desvía las aguas del río en época de crecida hasta un punto más bajo, ya en la provincia de Alicante, para evitar inundaciones en su afluencia con el Segura. Su caudal es muy escaso y se retiene en los pantanos de Puentes y Valdeinfierno, aguas arriba de Lorca, ya que sus aguas son aprovechadas para el regadío. Sin afluentes de importancia es un río-rambla de las zonas áridas del sureste. Como

consecuencia de lluvias torrenciales alcanza caudales espectaculares que han causado muchos daños en su valle.

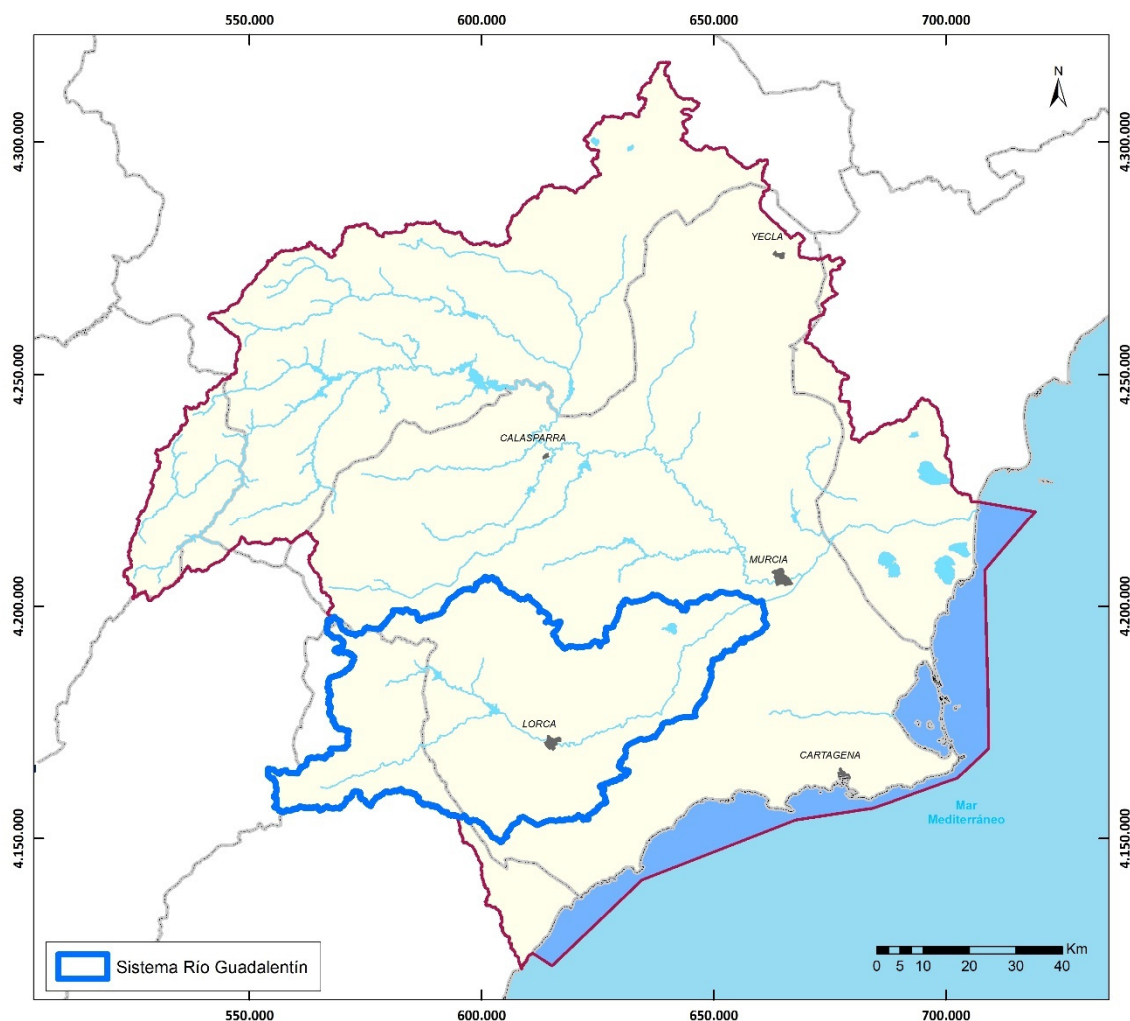


Figura 9. Localización del Sistema Río Guadalentín en la demarcación hidrográfica del Segura.

Es considerado “el río más salvaje de Europa” (etimológicamente Wad-al-littin, río de fango y lodo, haciendo referencias a las lluvias torrenciales que se suelen dar en la zona). El 15 de octubre de 1879, cuando se produjo la Riada de Santa Teresa, en la cabecera del Guadalentín, se estima que cayeron 600 mm en una hora. El 19 de octubre de 1973 se produjo la peor crecida del siglo tras unas precipitaciones de más de 300 mm en el norte de Almería. El río alcanzó un caudal de 2.500 m³/s en Lorca y su afluente, la rambla Nogalte, 1.974 m³/s en Puerto Lumbreras, donde se registraron muchas víctimas.



Figura 10. Sistema Río Guadalentín

5.6. Sistema Río Segura y ramblas del noreste

En el río Segura se distinguen varios tramos o zonas: Vega Alta, Vega Media y Vega Baja (o Sur de Alicante). Además, se puede hablar del Sistema Ramblas del Noreste, junto a la margen izquierda del río Segura, que contiene ramblas y pequeños afluentes que terminan en el río.

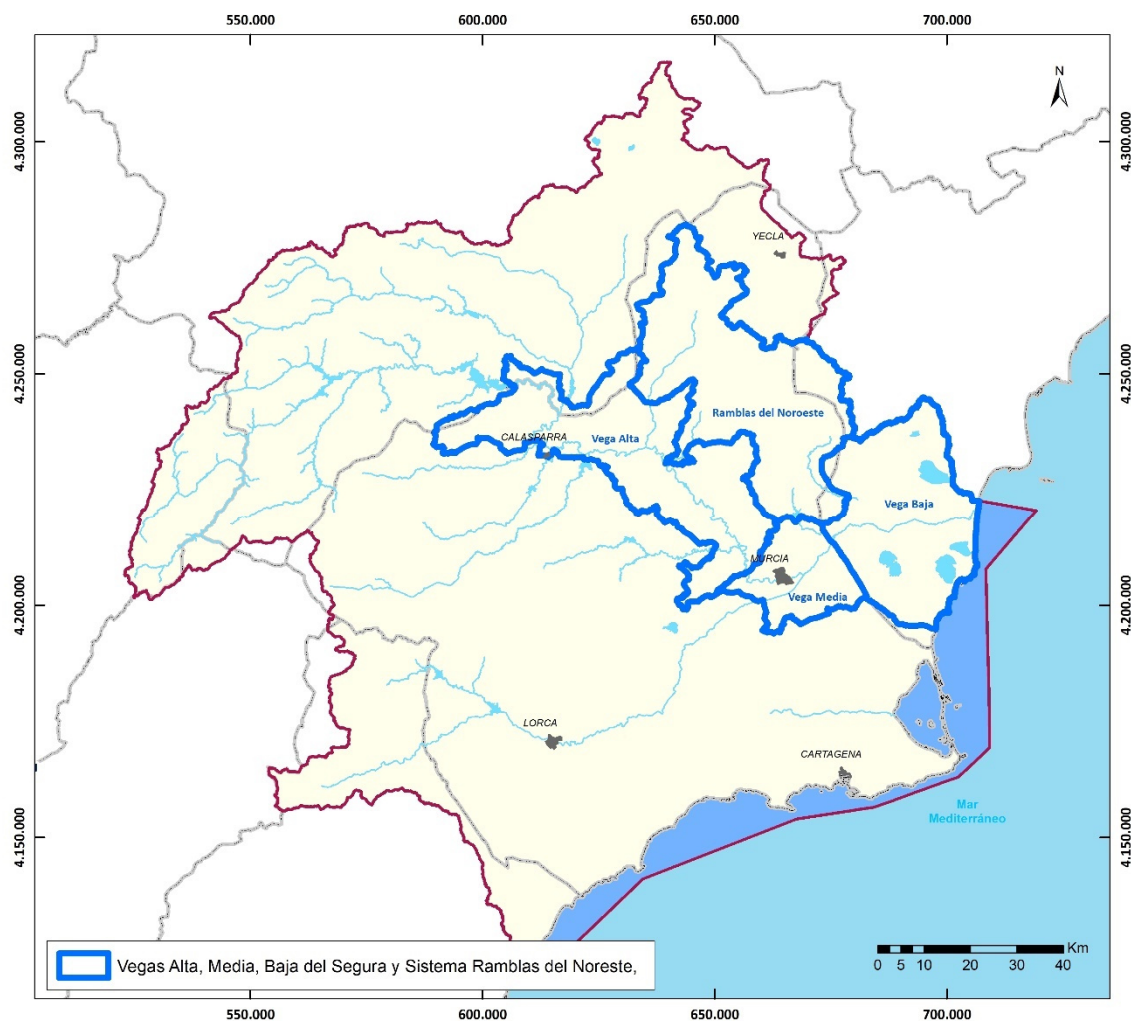


Figura 11. Localización Vegas Alta, Media, Baja del Segura y Sistema Ramblas del Noreste en la demarcación hidrográfica del Segura.

El río Segura nace en el paraje de Fuente Segura, a 5 km de Pontón Bajo en el municipio de Santiago Pontones (Jaén). Discurre por las provincias de Jaén, Albacete, Murcia y Alicante, desembocando en el Mediterráneo en Guardamar del Segura (Alicante) tras un recorrido de 325 km.

En la confluencia del río Mundo junto con el Segura procedente del embalse del Cenajo el valle comienza a ensancharse formando una llanura aluvial estrecha pero muy fértil llamada "vega" que conforma las comarcas naturales en torno al río. Ya en esta zona el lecho se sitúa a una altura inferior a los 200 m s.n.m. pese a que queda todavía un largo tramo hasta su desembocadura, de ahí que el recorrido sea sinuoso, formando meandros, y que las aguas discurran lentas ya desde la Vega Alta.

Recibe en este tramo a afluentes como el Moratalla, el Argos y el Quípar, todos estos ríos-rambla mediterráneos, para entrar después a las cuencas morfoestructurales de Cieza, Abarán y Blanca, que conforman las Vegas Alta y Media del Segura, zonas aprovechadas para el regadío desde siglos atrás, como en el Valle de Ricote. Tras éstas el río entra en un valle estrecho aprovechado para retener sus aguas en el pantano de Ojós, del que parten los canales izquierdo y derecho del Trasvase Tajo-Segura.

Finaliza este sistema de estudio en el azud de Contraparada, a partir del cual comienza la Vega Media.

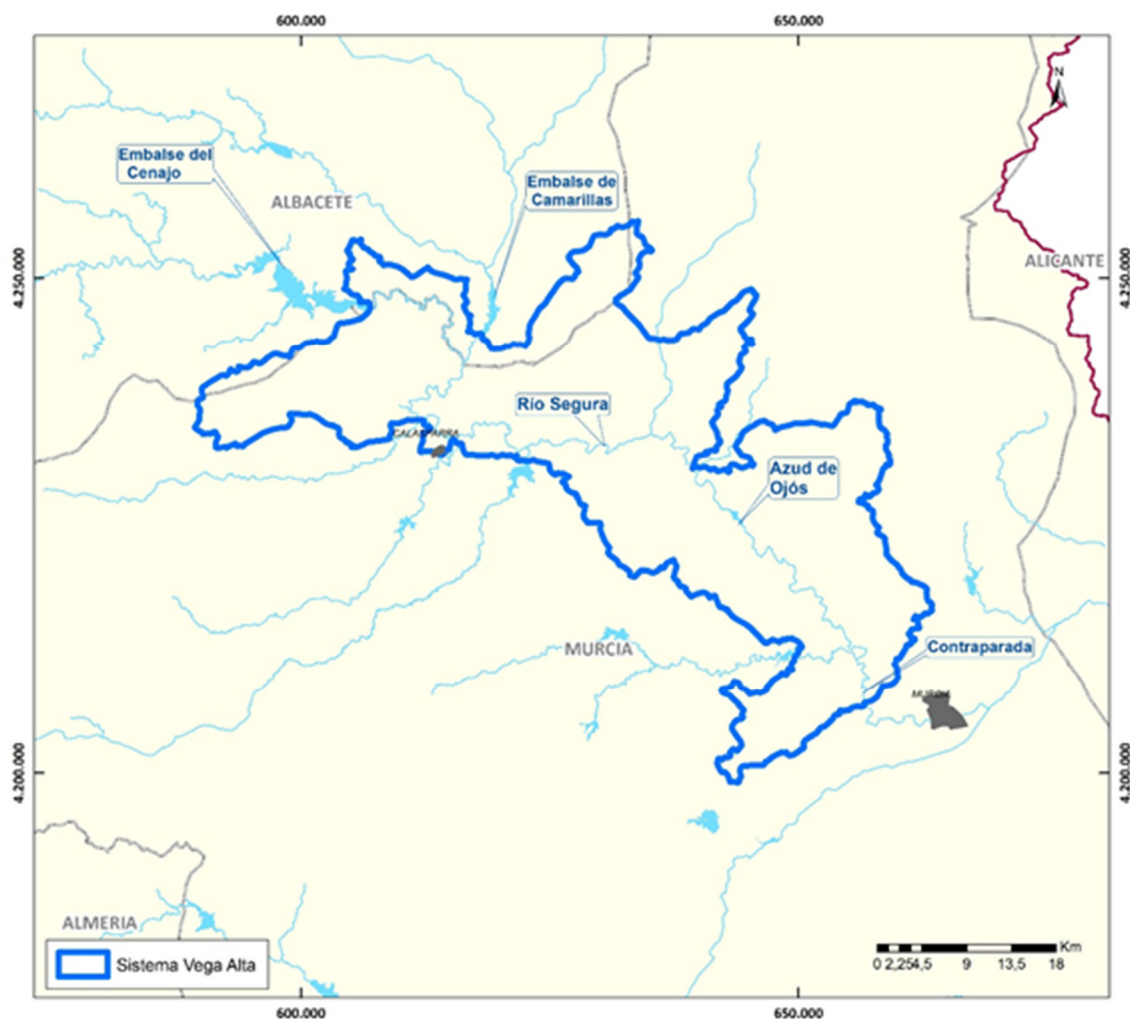


Figura 12. Río Segura (Vega Alta).

Tras el azud de la Contraparada se inicia la Huerta de Murcia. Hasta allí el río ha discurrido por una línea de fractura con disposición prácticamente meridiana entre Cieza y Murcia, para penetrar en el tramo final de la depresión intrabética y seguir por esta hasta Orihuela. A partir de ahí su rumbo se modifica orientándose hacia el sudeste entrando en la fosa tectónica definida entre Benejúcar y Guardamar, que forma parte de la amplia fosa tectónica del Guadalentín, afluente que confluye con el Segura aguas abajo de la ciudad de Murcia, frente a la localidad de Beniaján, que es el centro de un valle de orientación noroeste que se inicia en Puerto Lumbreras.

Aquí la llanura aluvial comienza a tener una anchura considerable y se sitúa ya tan solo en torno a los 50 m s.n.m., de ahí su intenso aprovechamiento en torno a la ciudad de Murcia que causan una considerable merma en el caudal del río, con los subsiguientes problemas de contaminación. Los afluentes que aquí recibe son los prototípicos ríos-rambla mediterráneos de amplio lecho pedregoso, habitualmente seco o con escasísimo caudal, pero capaces de transportar importantes caudales. Entre ellos destacan el río Mula y el Guadalentín, este último el de mayor cuenca de todos

sus afluentes, que además ha sido históricamente el responsable de desastrosas avenidas aguas abajo de Murcia.

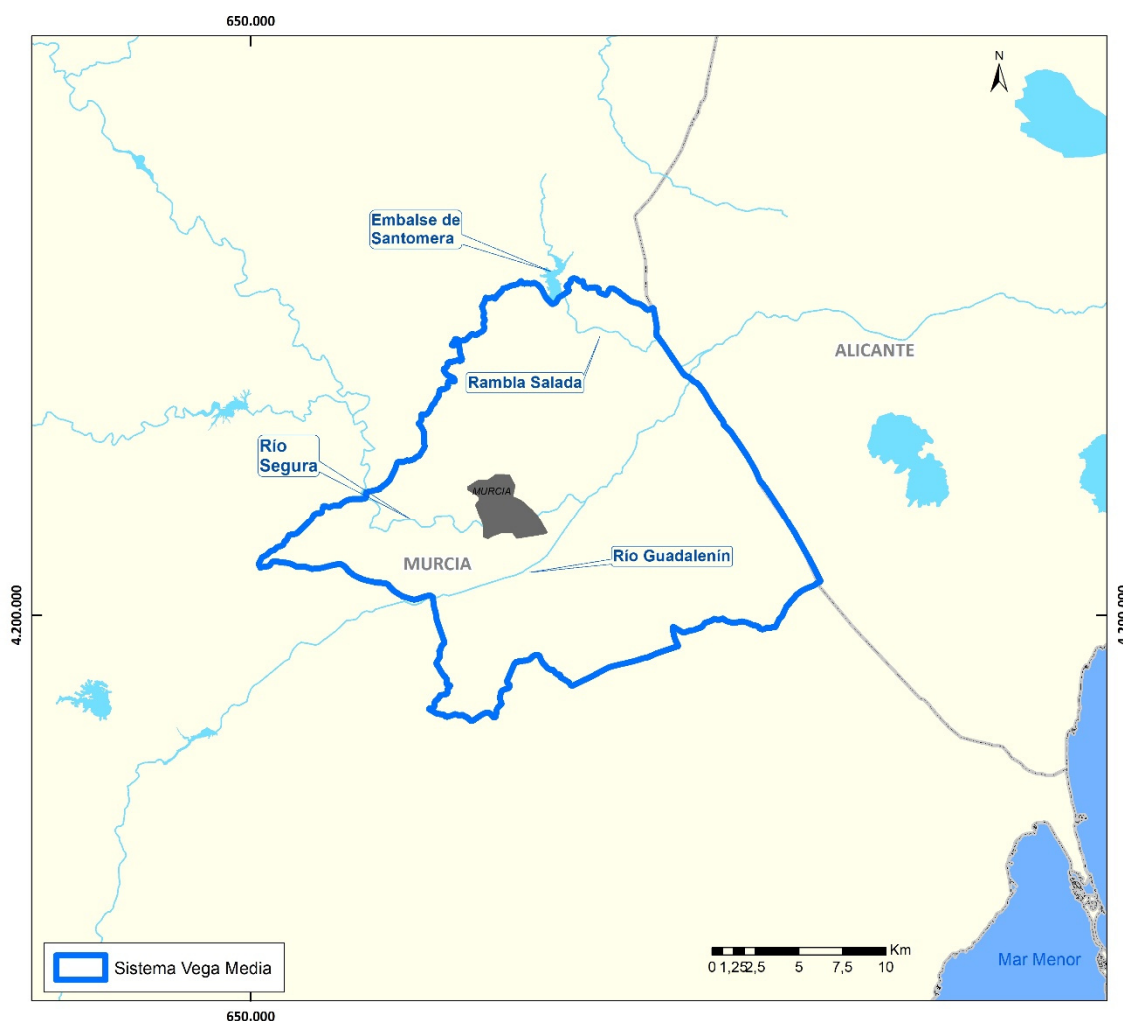


Figura 13. Río Segura (Vega Media)

El tramo final discurre en la provincia de Alicante, lo que es la Vega Baja del Segura, donde la gran cantidad de los depósitos fluviales y el trabajo agrícola han determinado una llanura casi total, con una pendiente media al 0,5 por mil. El lecho ordinario, incapaz de desaguar riadas de consideración, aparece encajado una decena de metros en el mayor, un amplio llano de inundación que configura la "vega" en el sentido estricto. En gran parte está canalizado para evitar inundaciones. La desembocadura en el Mediterráneo, la Gola del Segura, se produce al norte de Guardamar del Segura, partiendo en dos las dunas costeras de gran altura, que dejan por tanto a la vega del río como una zona cerrada al mar. Tiene una anchura de 221 m en el cauce artificial en su desembocadura, con una especie de dique central. Debido a que la zona cerrada es muy baja hay lagunas en su zona norte como son el Hondo de Elche-Crevillente, que se nutre de los sobrantes del Segura que llegan a través de azarbes que canalizan las aguas vivas y muertas, y las Salinas de Santa Pola, estas de agua salada y ya próximas al Vinalopó, antiguo afluente del propio Segura.

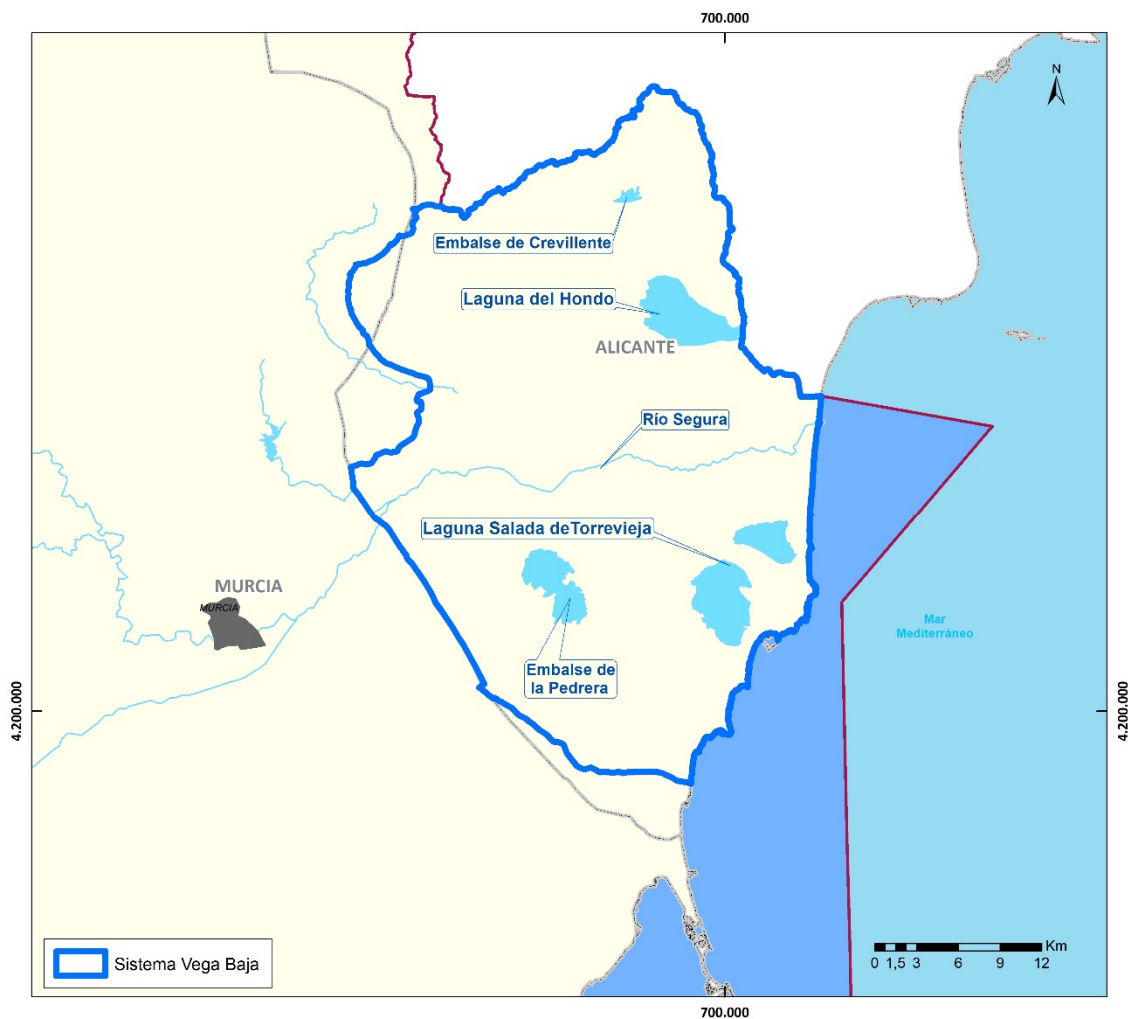


Figura 14. Río Segura (Vega Baja)

El Sistema Ramblas del Noreste incluye a las ramblas del Judío, del Moro, rambla Salada, río Chícamo y embalse de Santomera.

El río Chícamo es el último afluente del río Segura antes de su desembocadura. Su agua es utilizada para el regadío de pequeñas huertas situadas en ambos márgenes, por ello, a partir del punto de derivación del agua ("El Partidor") el río queda prácticamente seco, a excepción de algunos tramos que llevan agua intermitentemente y muy salina ya que proviene de la descarga de acuíferos (sistema Quibas).

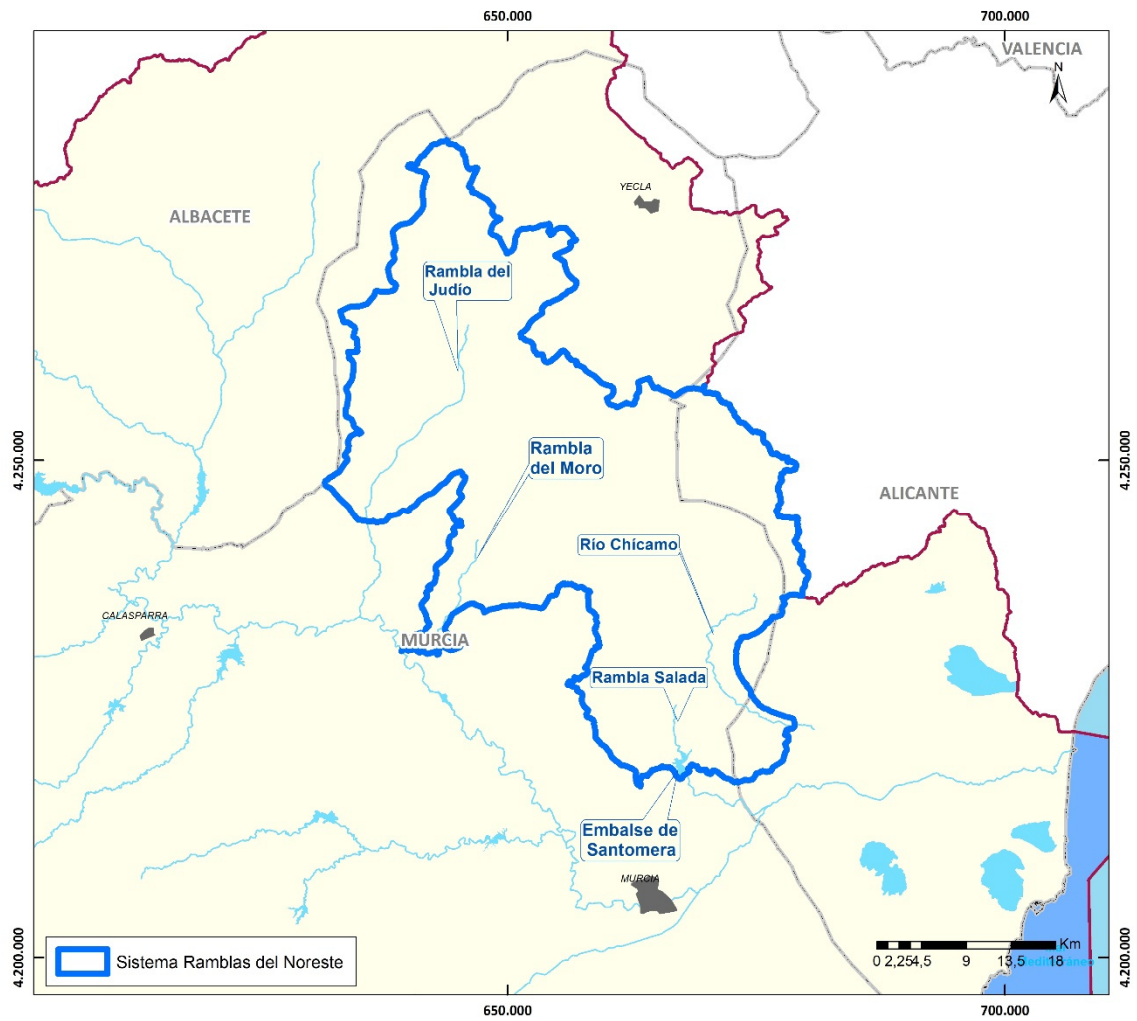


Figura 15. Sistema Ramblas del Noreste

6. ANÁLISIS DE LA CALIDAD

6.1. Introducción

Antes de comenzar con la modelación de la calidad se hace necesario conocer ésta de forma global, tanto temporal como espacialmente. El análisis que se plantea tiene como objetivo localizar las zonas en las que la calidad se ve mermada para, de este modo, facilitar la identificación de los principales focos contaminantes y, así, estimar las zonas en las que el modelo de calidad tendrá mayores dificultades y, por lo tanto, en las que tendrán que estudiarse con mayor detenimiento.

6.2. Fuentes de información. Red de estaciones de aforo y calidad

La información de caudales es proporcionada por las estaciones de aforo, de las que se dispone de los caudales aforados en distribución mensual.

Para evaluar la calidad en los distintos sistemas se estudian las concentraciones de los distintos parámetros analizados: oxígeno disuelto, DBO₅, amonio, nitratos, fosfatos, conductividad y sólidos en las estaciones ICA de la cuenca.



Figura 16. Aforos en el Sistema Segura



Figura 17. Estaciones ICA en el Sistema Integrado

La distribución temporal de los datos de estas estaciones ICA no es regular. Para algunas de ellas se pueden obtener promedios mensuales en largas series anuales, en cambio, en otras, tan solo se disponen de algunas analíticas puntuales e, incluso, ninguna analítica, lo que da lugar a que no todas las estaciones reflejadas en el anterior mapa se hayan utilizado para el estudio.

En las siguientes figuras se presentan de forma detallada, por zonas, las estaciones de aforo y estaciones ICA utilizadas. Para las estaciones ICA se presenta, además, una tabla con el porcentaje de datos que se tiene para cada una de ellas. Este porcentaje se obtiene de considerar que por cada estación ICA se esperan datos de siete parámetros de calidad (oxígeno disuelto, DBO₅, amonio, nitratos, fosfatos, sólidos suspendidos y conductividad) para un total de 48 meses (4 años de simulación, octubre 2015 a septiembre 2019), evaluando para cada mes si existe o no el dato.

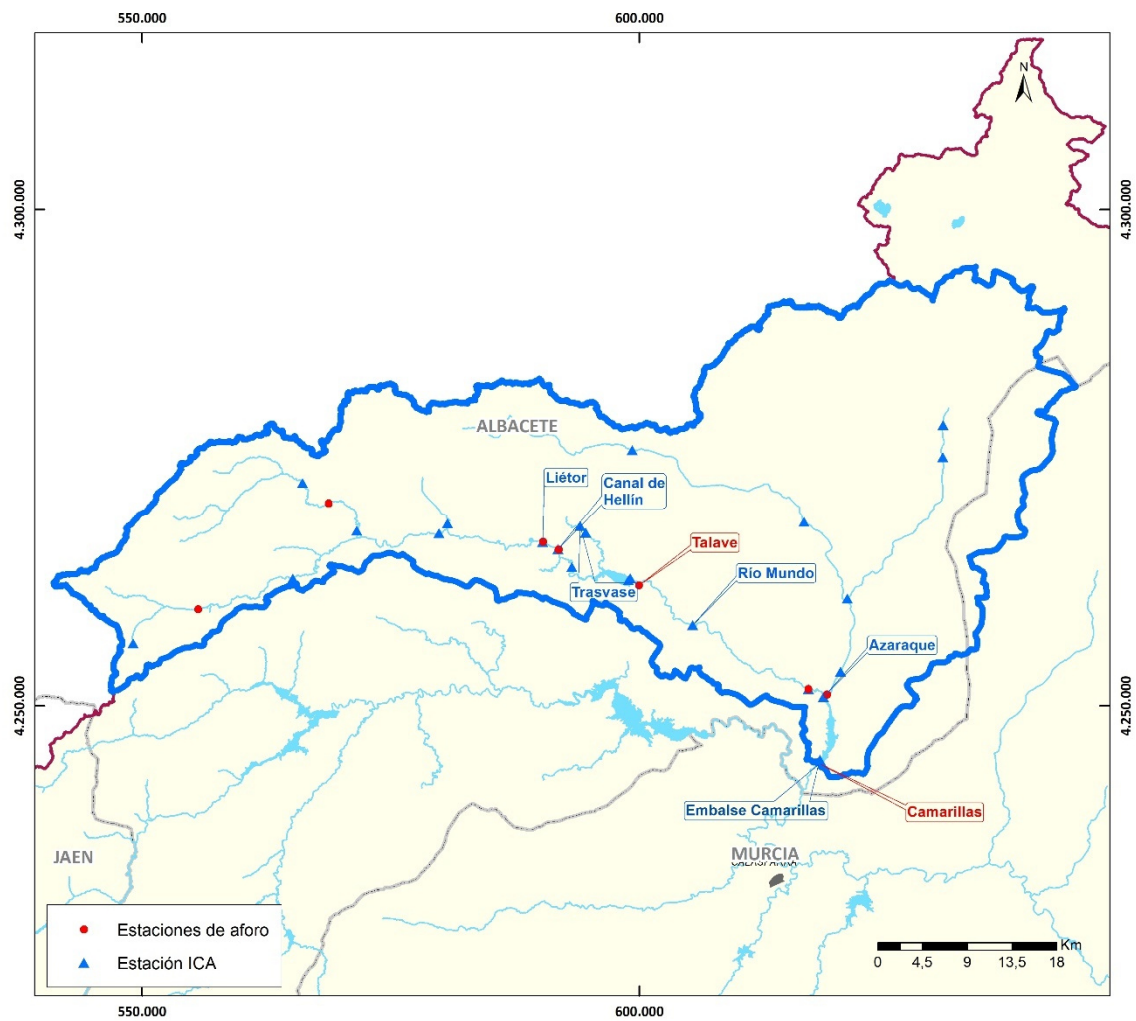


Figura 18. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Río Mundo.

Estaciones			Porcentaje Datos (%)
Tipo	Código	Nombre	
Aforo	03R02Q02	Talave	-
	03R04Q10	Camarillas	-
Calidad	SE0842A050	Liétor	0
	SE0842B902	Canal de Hellín	52,68
	SE0842C901	Trasvase	24,40
	MUN4	Río Mundo	15,48
	SE0868C004	Azaraque	27,38
	MUN5	Embalse Camarillas	23,51

Tabla 1. Estaciones de medida del Sistema Río Mundo.

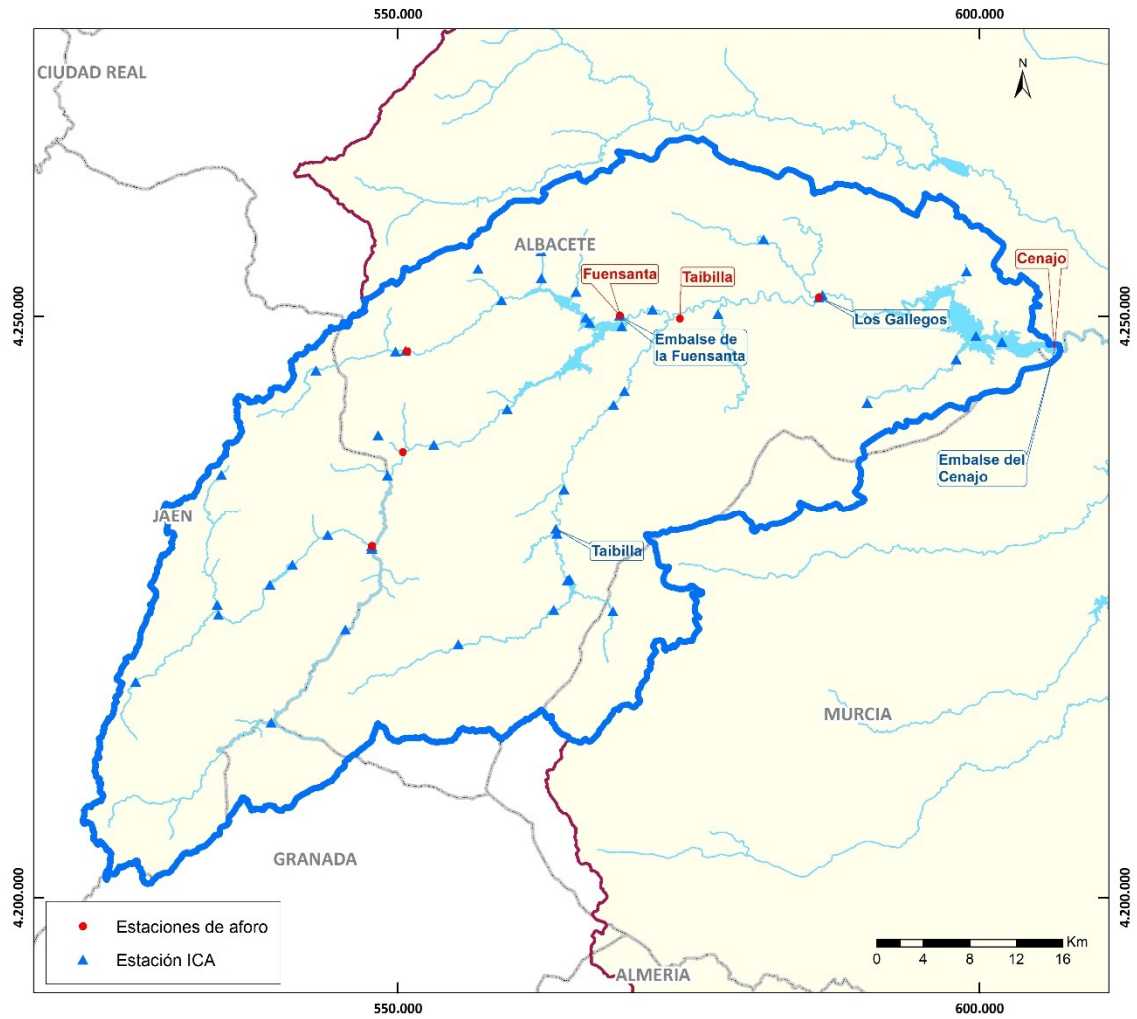


Figura 19. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Sierra del Segura.

Estaciones			Porcentaje Datos (%)
Tipo	Código	Nombre	
Aforo	04A01Q01	Taibilla	-
	04A03Q01	Fuensanta	-
	04A02Q01	Cenajo	-
Calidad	SE0866A001	Embalse de la Fuensanta	5,06
	SE0888A102/HER1	Taibilla	18,15
	SE0867B057	Los Gallegos	5,95
	SE0868A013	Embalse del Cenajo	6,85

Tabla 2. Estaciones de medida del Sistema Sierra del Segura.

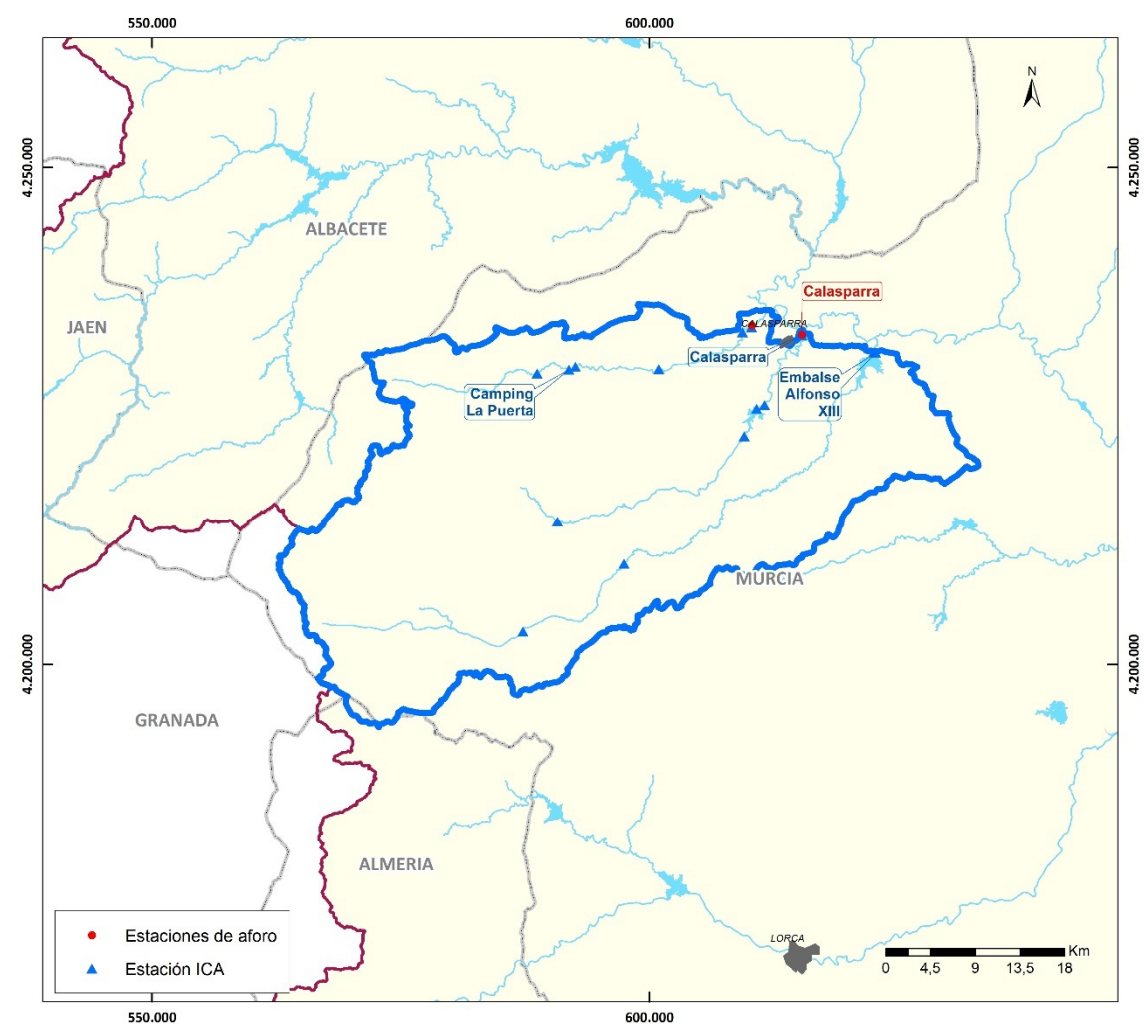


Figura 20. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Noroeste.

Estaciones			Porcentaje Datos (%)
Tipo	Código	Nombre	
Aforo	02A05Q01	Calasparra	-
Calidad	SEBA000013	Camping La Puerta	6,25
	SE0890C903	Calasparra	12,20
	SE0890D007	Embalse Alfonso XIII	11,31

Tabla 3. Estaciones de medida del Sistema Noroeste.

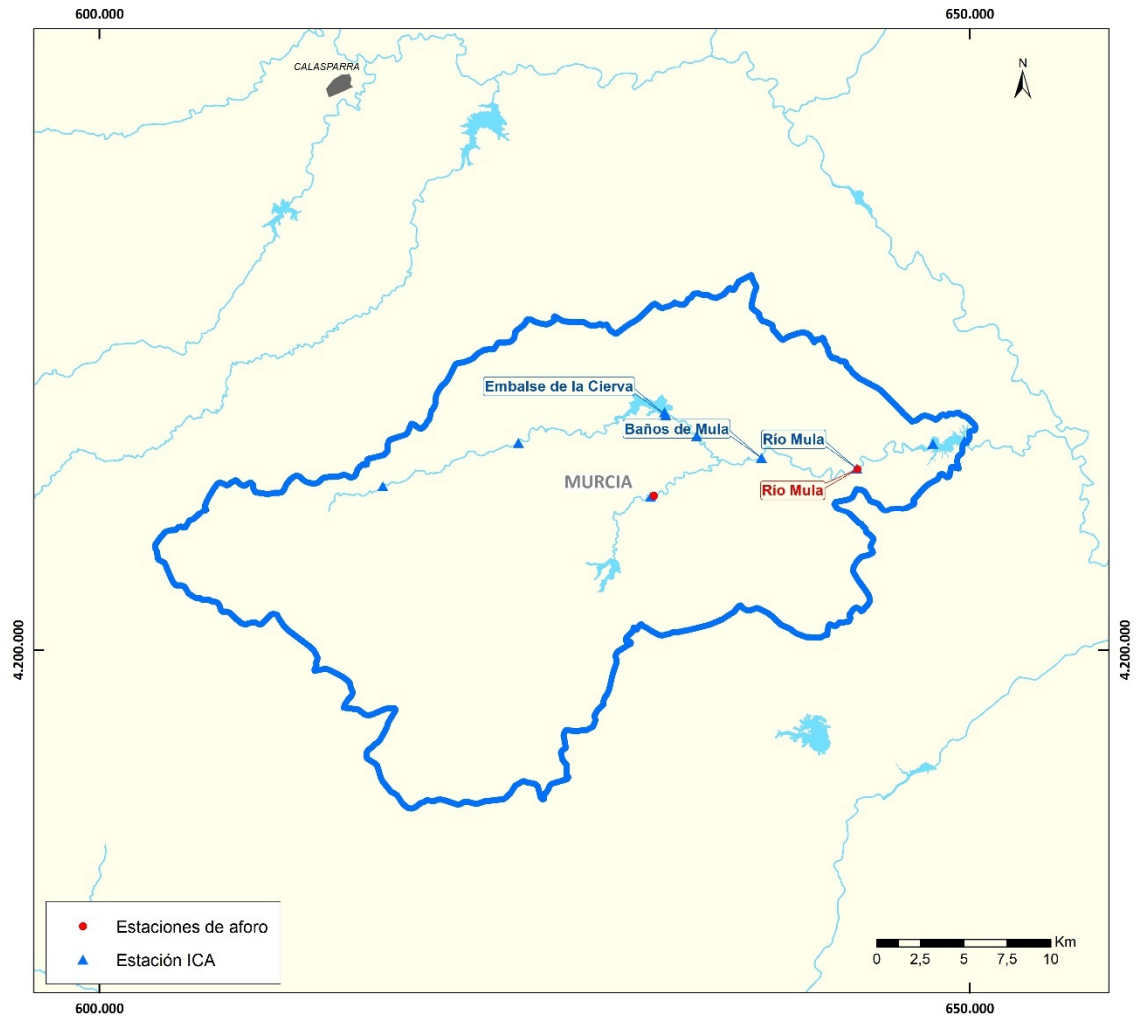


Figura 21. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Mula.

Estaciones			Porcentaje Datos (%)
Tipo	Código	Nombre	
Aforo	01003Q01	Baños de Mula	-
Calidad	SE0912A019	Embalse de la Cierva	19,35
	SE0912B207	Baños de Mula	5,06
	SE0912C906	Río Mula	33,93

Tabla 4. Estaciones de medida del Sistema Mula.



Figura 22. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Río Guadalquivir.

Estaciones			Porcentaje Datos (%)
Tipo	Código	Nombre	
Aforo	05R01Q01	Embalse de Puentes	-
Calidad	SE0983A033	Embalse de Puentes	13,69
	SE0953C209	Santa Gertrudis	28,27
	SE0933A208	El Romeral	11,61

Tabla 5. Estaciones de medida del Sistema Río Guadalquivir.

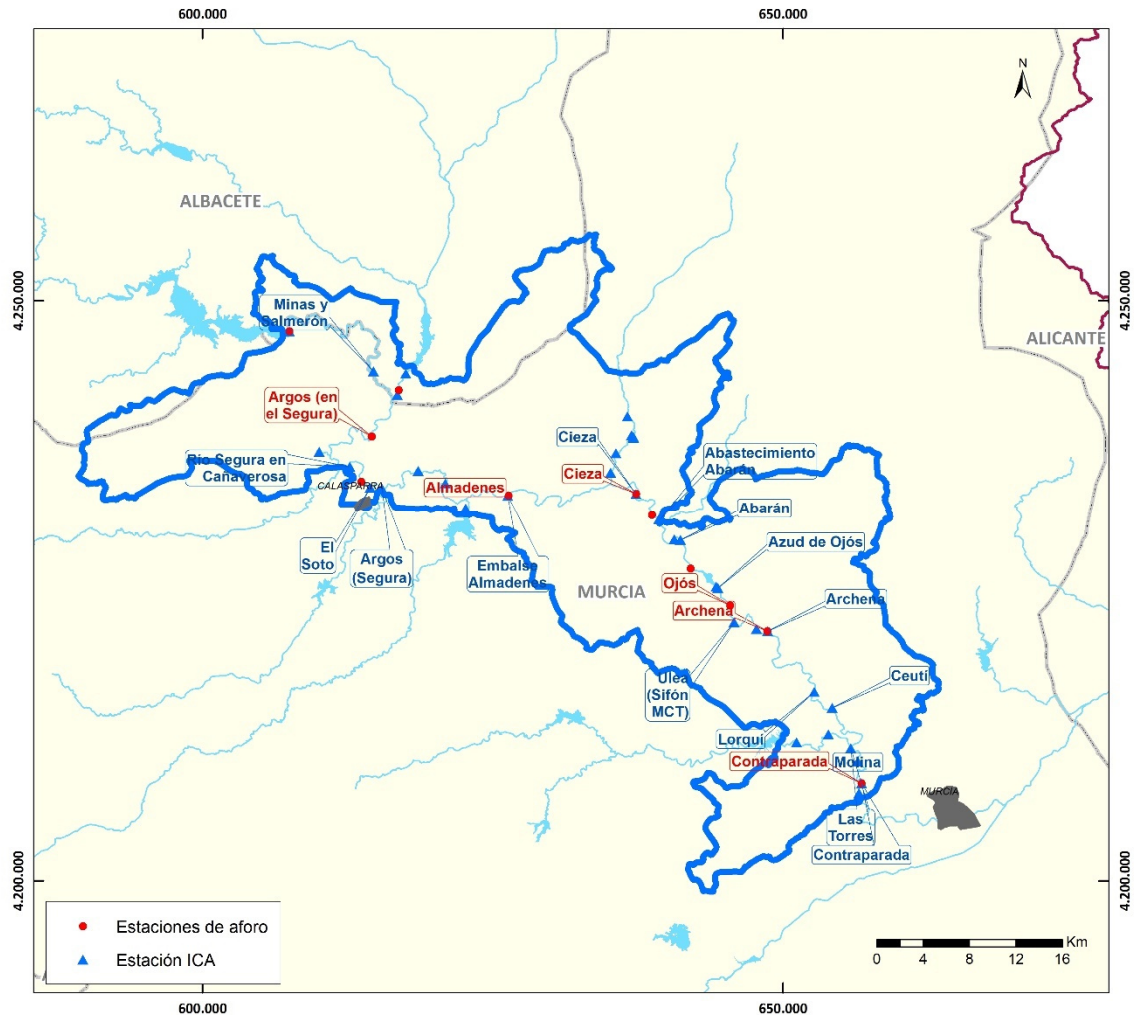


Figura 23. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Segura Vega Alta.

Estaciones			Porcentaje Datos (%)
Tipo	Código	Nombre	
Aforo	03A02Q02	Argos (en el Segura)	-
	02A01Q01	Almadenes	-
	02R01Q01	Cieza	-
	02A02Q01	Ojós	-
	02R02Q01	Archena	-
	01A01Q02	Contraparada	-
Calidad	SE0868BA07	Minas y Salmerón	39,88
	SEG6	Río Segura en Cañaverosa	25,00
	SE0890A206	El Soto	38,99
	SE0890B210	Argos (Segura)	14,58
	SE0890E211	Embalse Almadenes	11,90
	SE0891A016	Cieza	11,90
	SE0891BA08	Abastecimiento Abarán	50,00
	SE0891C017	Abarán	5,36
	SE0912D905	Azud de Ojós	55,95

Estaciones			Porcentaje Datos (%)
Tipo	Código	Nombre	
	SE0912EA02	Ulea (Sifón MCT)	54,17
	SE0912F018	Archena	15,48
	SE0912G212	Lorquí	1,19
	SE0912I205	Ceutí	13,69
	SE0912J204	Las Torres	4,76
	SE0912K203	Molina	5,36
	SE0912M063	Contraparada	34,82

Tabla 6. Estaciones de medida del Sistema Segura Vega Alta.

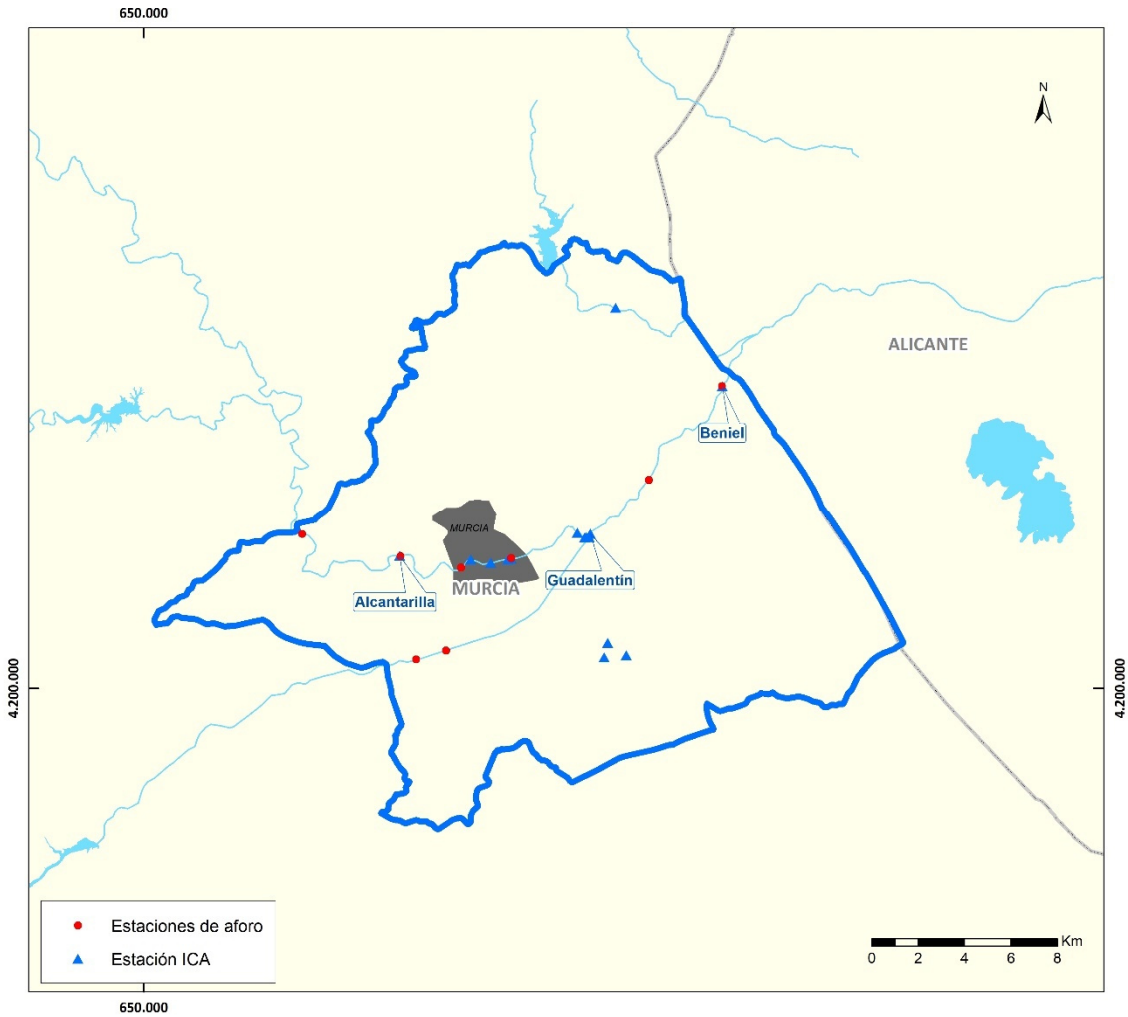


Figura 24. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Segura Vega Media.

Estaciones			Porcentaje Datos (%)
Tipo	Código	Nombre	
Calidad	SE0933B202	Alcantarilla	2,98
	SE0934A201	Guadalentín	2,08
	SE0913A064	Beniel	45,24

Tabla 7. Estaciones de medida Sistema Segura Vega Media.

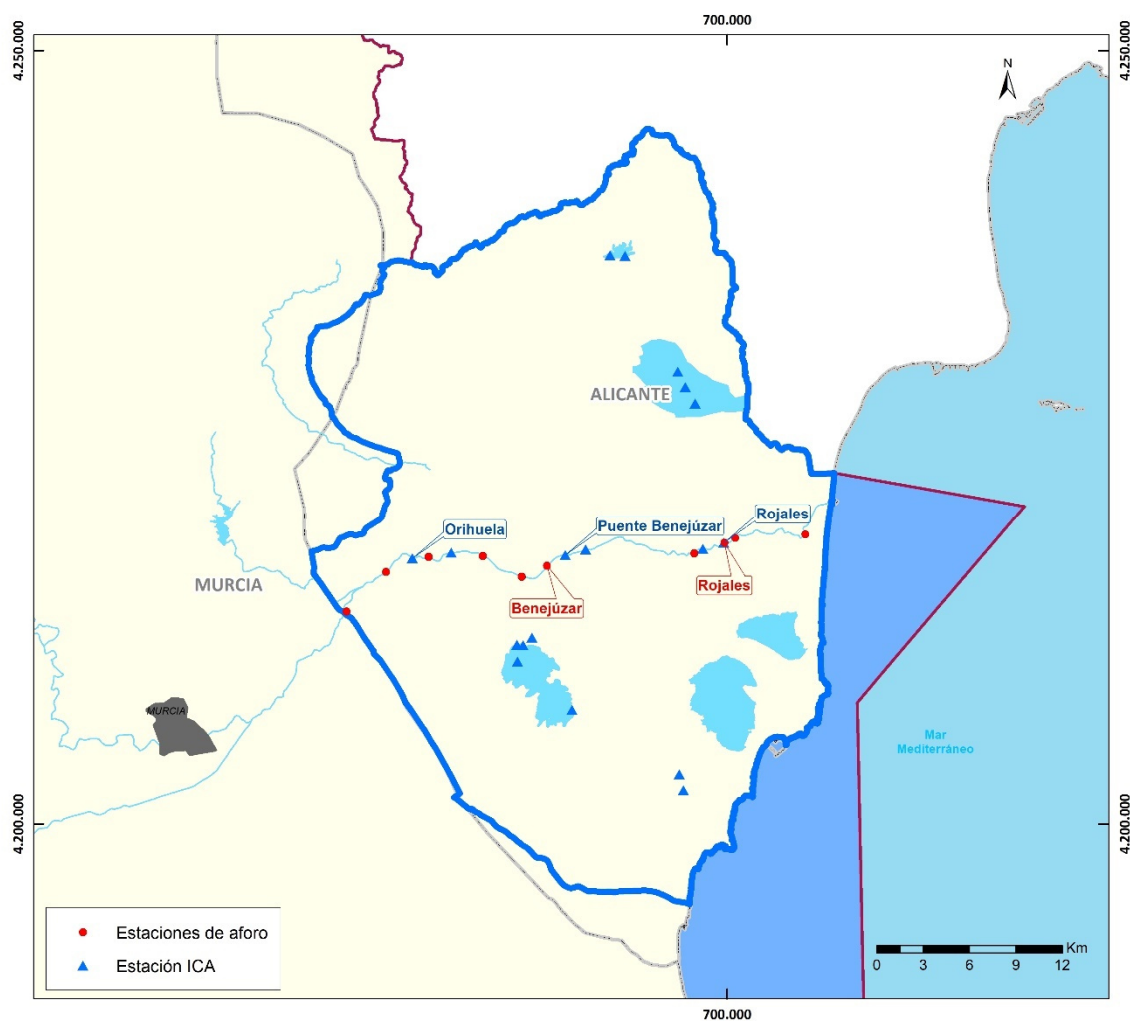


Figura 25. Estaciones de aforo e ICA del Sistema Segura Vega Baja (Sur de Alicante).

Estaciones			Porcentaje Datos (%)
Tipo	Código	Nombre	
Aforos	07R04Q01	Benejúzar	-
	07A04Q01	Rojales	-
Calidad	SE0913B028	Orihuela	80,06
	SE0914A068	Puente Benejúzar	2,08
	SE0914B029	Rojales	53,57

Tabla 8. Estaciones de medida Sistema Segura Vega Baja (Sur de Alicante).

6.3. Análisis de caudales

Para la realización de un modelo de calidad, tanto en el proceso de calibración como en el posterior análisis de los resultados obtenidos, es imprescindible conocer el régimen de caudales circulantes. Por ejemplo, valores elevados de un determinado contaminante no tiene por qué significar un aumento del vertido, sino que también puede deberse a un descenso del poder de dilución del río por un descenso del caudal circulante en ese tramo.

A continuación, se presentan gráficas de los caudales circulantes en el periodo de simulación (oct-15 a sep-19) en las distintas estaciones de aforo, la información se ha obtenido de la web de CHS <https://saihweb.chsegura.es/apps/iVisor/index.php>

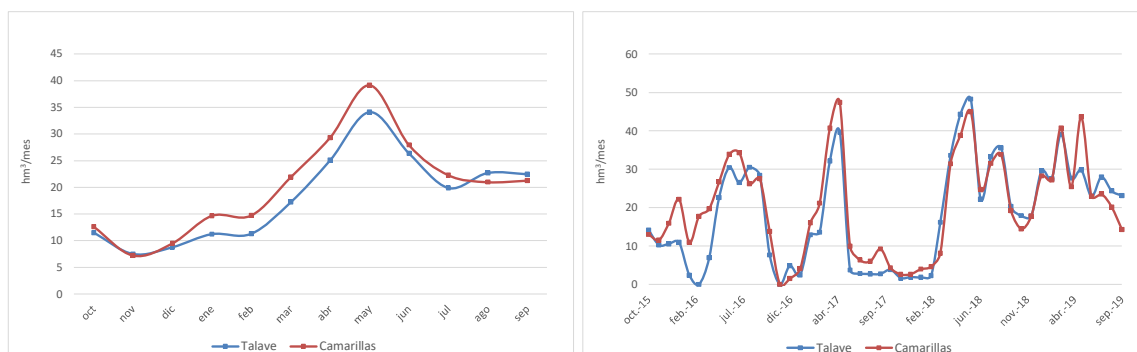


Figura 26. Caudal mensual medio y caudal aforado en las estaciones del Sistema Río Mundo.

Los caudales circulantes por el Río Mundo son claramente invertidos, notándose la intervención antrópica en el régimen de caudales. Se produce un mayor volumen de sueltas de desembalses en los meses estivales para la campaña de riegos de esta época donde los episodios de precipitaciones son prácticamente nulos.

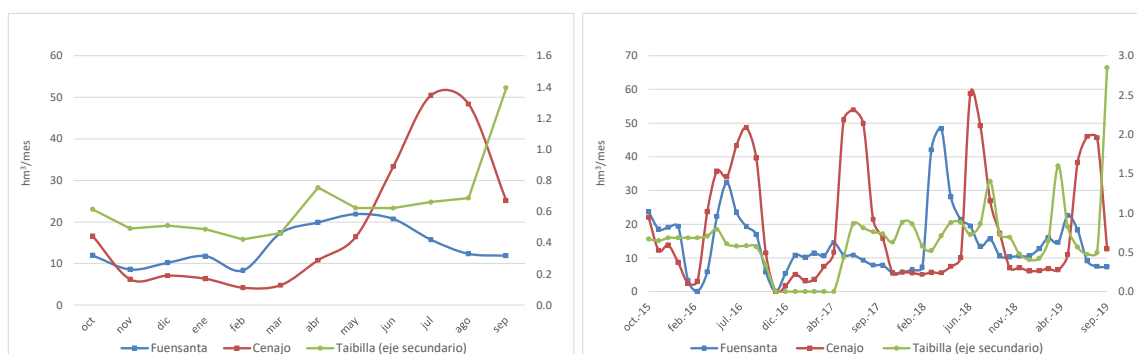


Figura 27. Caudal mensual medio y caudal aforado en las estaciones del Sistema Sierra del Segura.

En los embalses del Sistema Sierra del Segura se observan dos comportamientos diferentes. Los embalses de Fuensanta y Cenajo están altamente regulados (al igual que los del Río Mundo) realizando el mayor número de sueltas durante el periodo estival. El embalse de Taibilla también está altamente regulado pero sus sueltas son prácticamente uniformes dado que este embalse se utiliza para el abastecimiento de demandas urbanas, siendo estas prácticamente constantes en el tiempo.

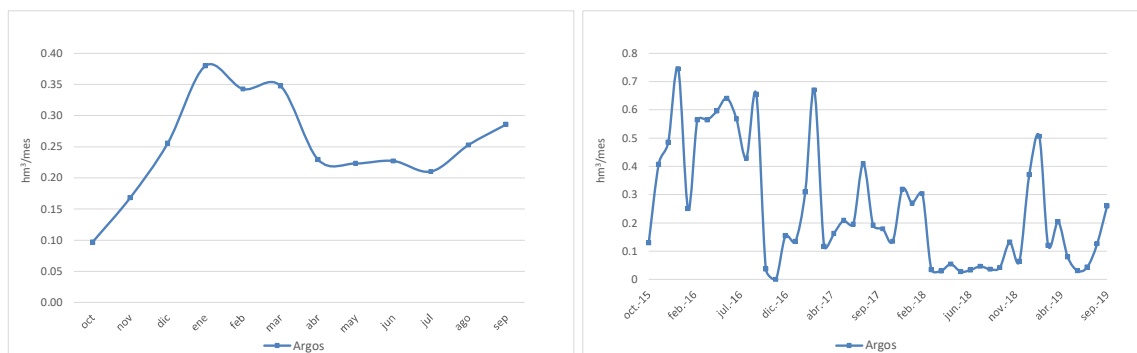


Figura 28. Caudal mensual medio y caudal aforado en la estación de Calasparra (río Argos).

De las estaciones del Sistema Noroeste La Esperanza (río Moratalla) y Alfonso XIII (río Quípar) no se han podido obtener datos de caudales aforados en la web <https://saihweb.chsegura.es/>. En estos tres casos cabe destacar los bajos caudales que proporcionan al sistema, en torno a los 3 hm³/año en la estación de Calasparra, frente a los 241 hm³/año de Camarillas y 229 hm³/año del embalse de Cenajo.

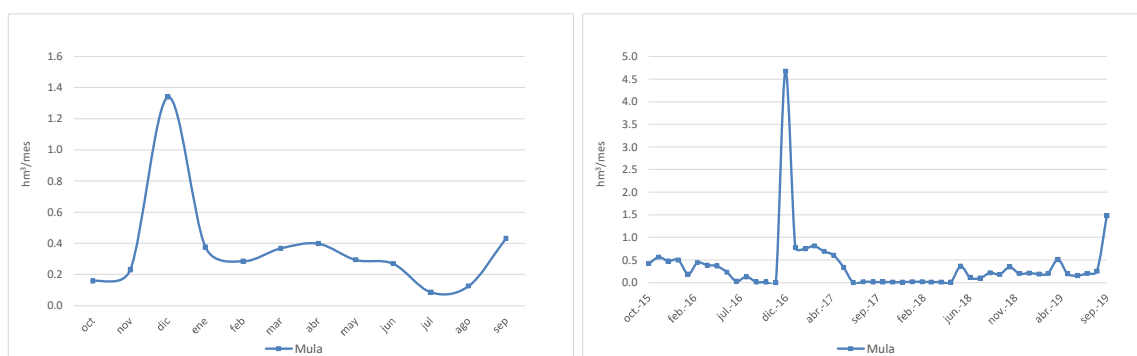


Figura 29. Caudal mensual medio y caudal aforado en el Sistema Río Mula.

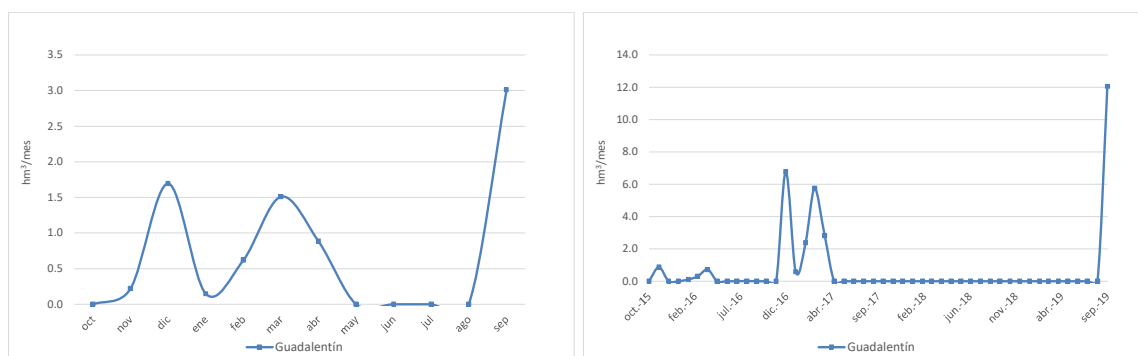


Figura 30. Caudal mensual medio y caudal aforado en el Sistema Río Guadalentín.

Del Río Guadalentín y el Mula se pueden destacar los escasos caudales circulantes. En el río Mula el máximo de la serie media mensual viene dado por un máximo absoluto en diciembre de 2016, no siendo característico de este río el aumento del caudal en meses de invierno.

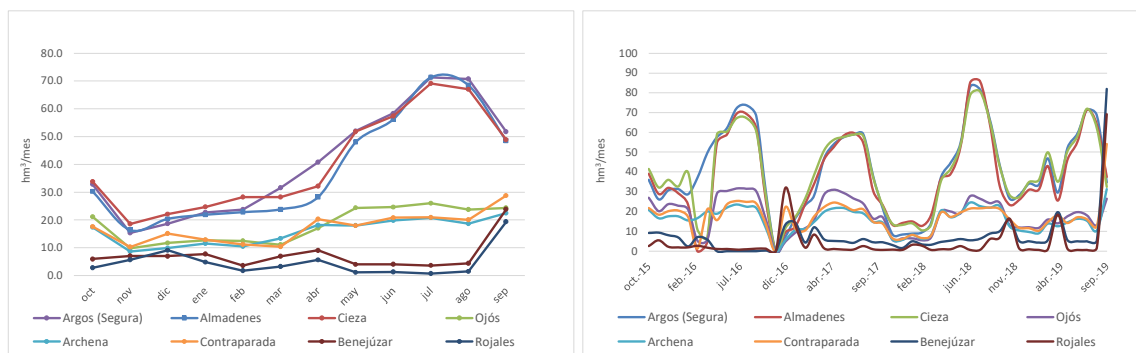


Figura 31. Caudal mensual medio y caudal aforado en el Sistema Río Segura.

Para el cauce principal del Río Segura se aprecian dos zonas claramente diferenciadas por la diferencia de caudales circulantes. Esta diferencia se da a partir del azud de Ojós desde donde se toman los caudales necesarios para las demandas del ATS.

6.4. Análisis de parámetros de calidad

A continuación, se presenta un primer análisis del estado fisicoquímico de las aguas del Río Segura en función de los datos observados en las estaciones ICA repartidas por los cursos fluviales pertenecientes a la CHS. En las estaciones ICA con suficiente información relativa a un parámetro fisicoquímico se representa la evolución mensual de un año medio a partir de los promedios mensuales (véase, por ejemplo, la Figura 32), en los casos en que los datos extraídos para un parámetro no permiten construir la serie de 12 meses se han representado los valores descargados del visor cartográfico de la Confederación Hidrográfica del Segura (véase, por ejemplo, la Figura 33).

6.4.1. Parámetros que analizar

El estudio fisicoquímico de la calidad de las aguas se analizará tras la observación de los siguientes parámetros: Oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno, amonio, nitritos, nitratos, fosfatos, conductividad y sólidos suspendidos. Las características principales de cada uno de estos parámetros se han detallado en el epígrafe *Análisis de la calidad fisicoquímica actual* del anejo 10.

6.4.2. Calidad en el Sistema Río Mundo

Al ser el río Mundo nacimiento del Segura, la acción antrópica es mínima por lo que el agua conserva prácticamente las condiciones naturales.

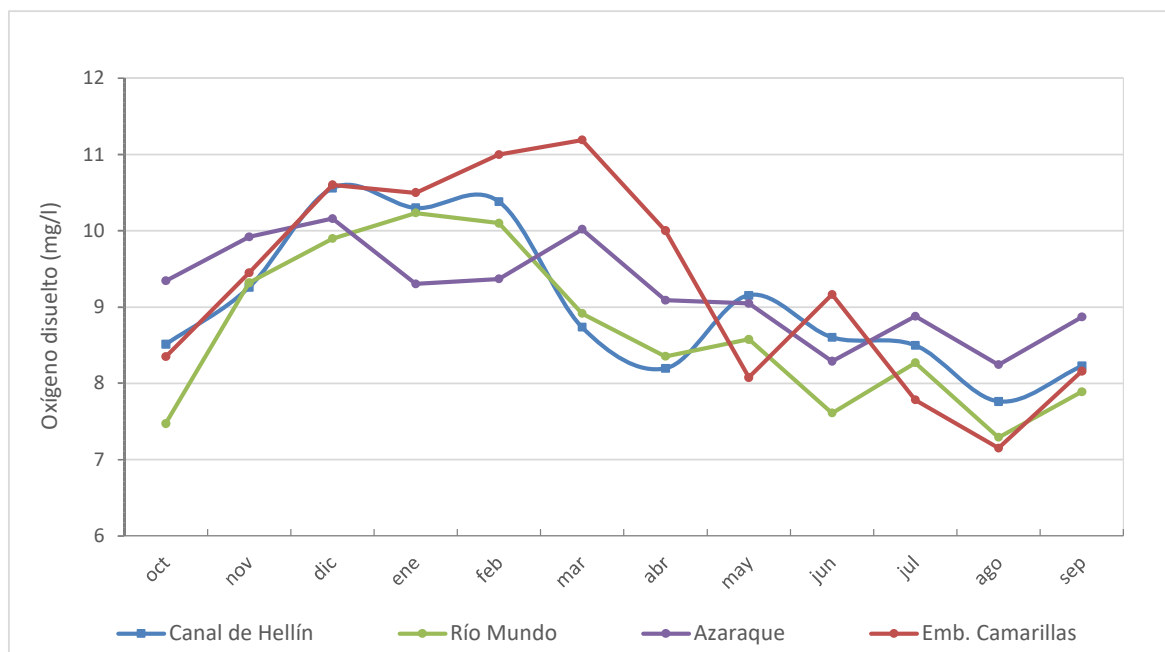


Figura 32. Oxígeno disuelto (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del Sistema Río Mundo.

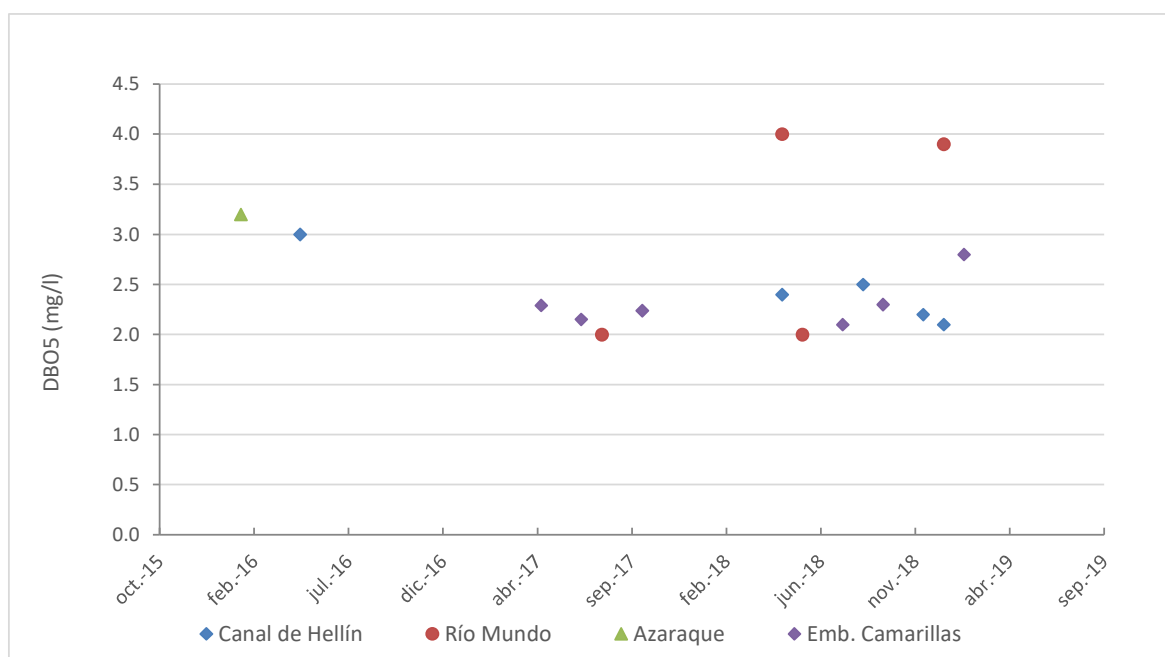


Figura 33. DBO₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del río Mundo.

Debido a la escasez de medidas de DBO₅ en las estaciones del río Mundo no es posible representar la evolución en un año medio para este parámetro, de modo que, se han representado los valores disponibles.

El río Mundo tiene unas características fisicoquímicas del agua prácticamente naturales, como lo muestran sus altos niveles de oxígeno disuelto y su baja DBO₅.

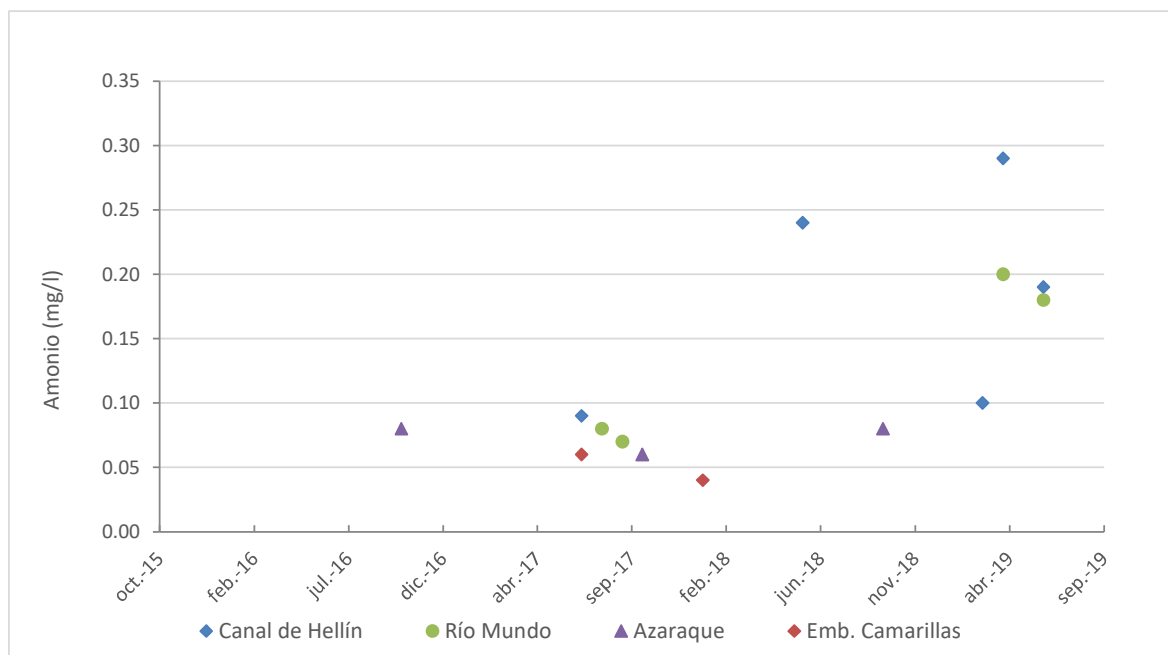


Figura 34. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del río Mundo.

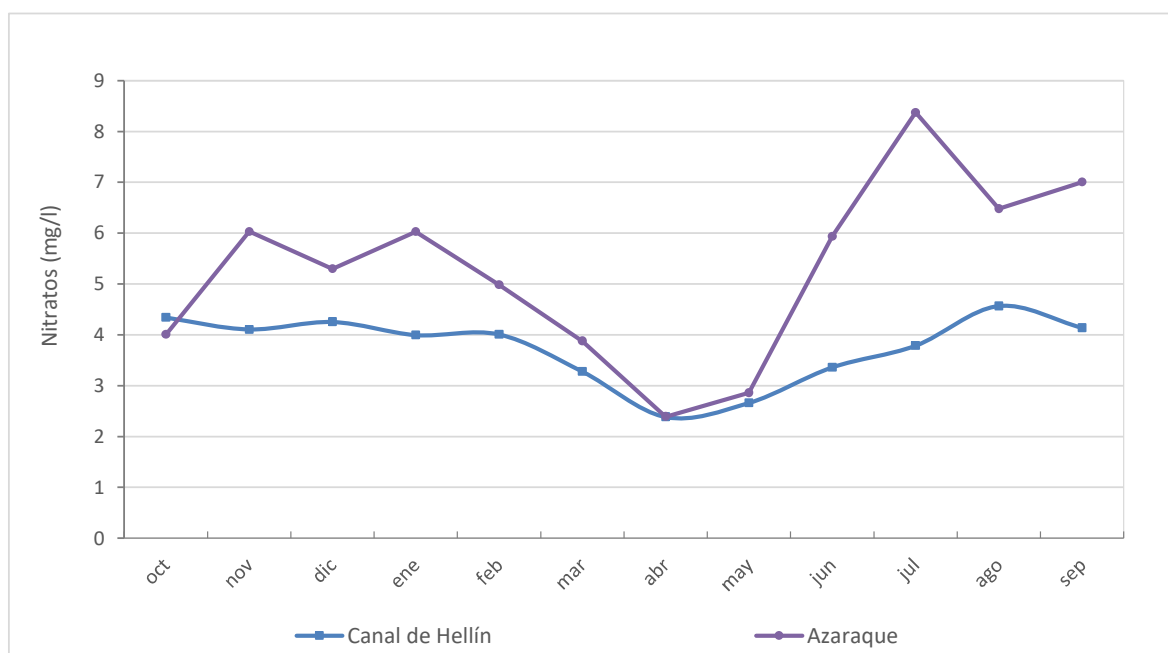


Figura 35. Nitratos (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Mundo.

Los compuestos de nitrógeno también indican la buena calidad fisicoquímica de las aguas en el río. Las series correspondientes a río Mundo y embalse de Camarillas no se han representado debido a que la escasez de medidas correspondientes a este parámetro en la estación ICA impide representar la serie anual completa.

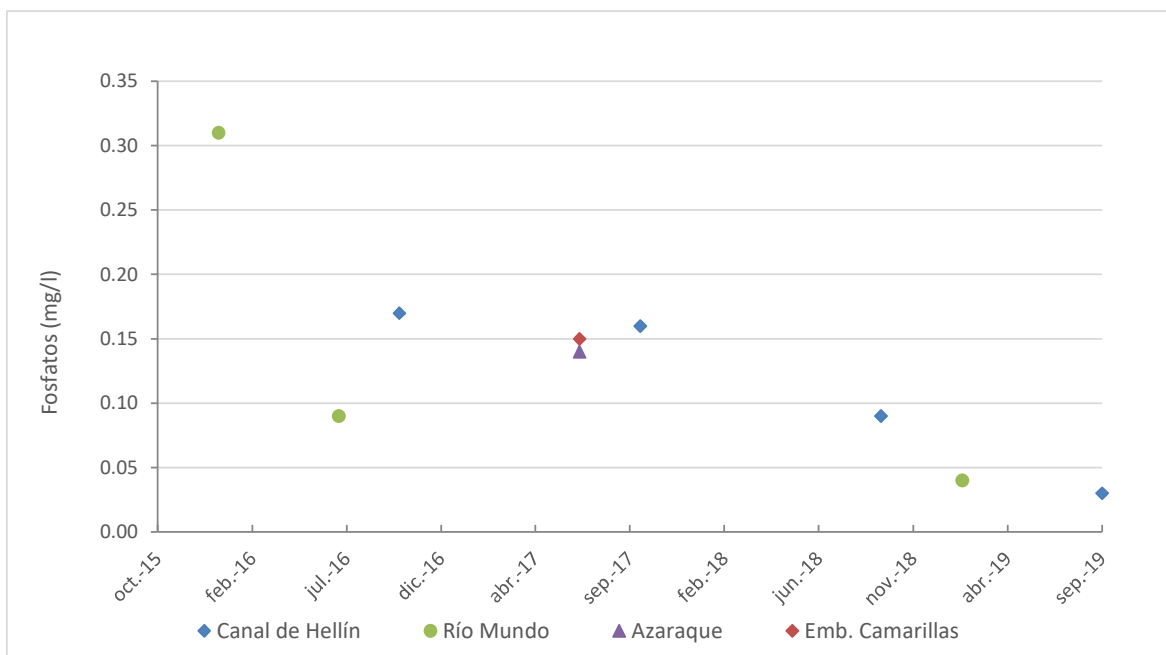


Figura 36. Fosfatos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Mundo.

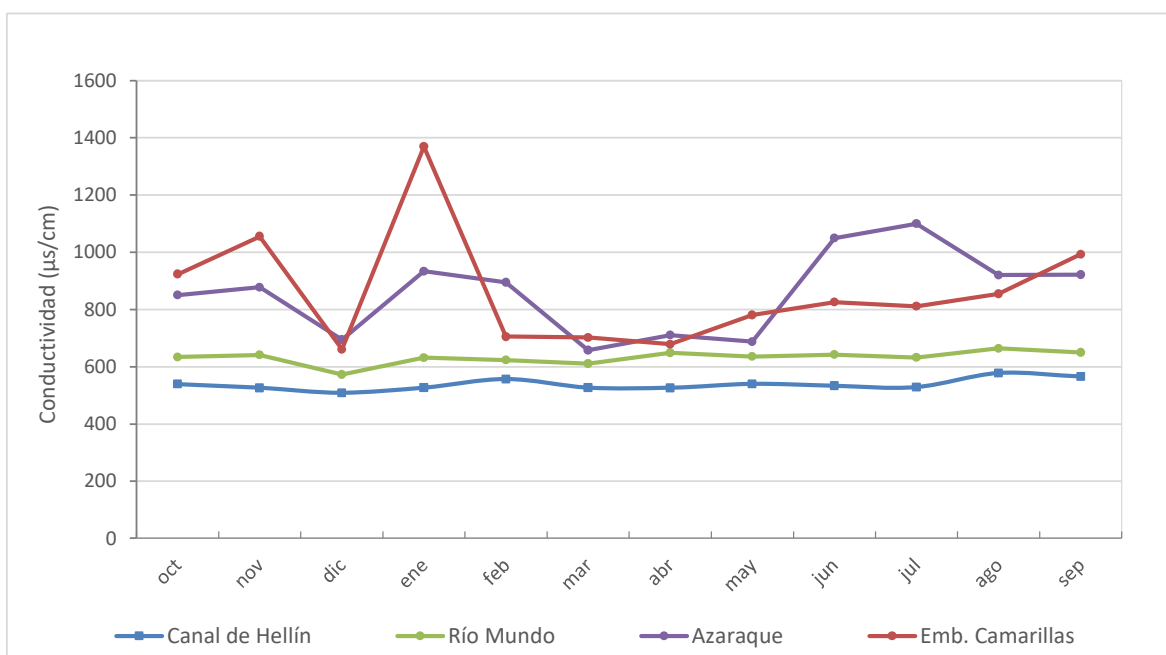


Figura 37. Conductividad (µS/cm) en un año medio en estaciones ICA del río Mundo.

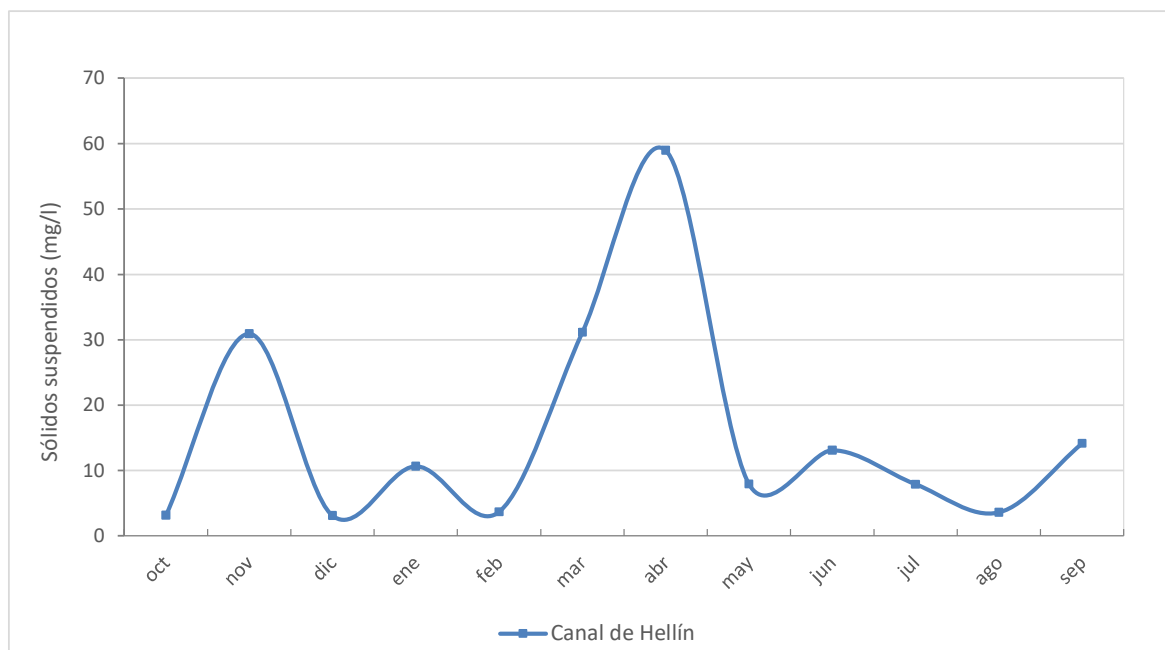


Figura 38. Sólidos Suspendidos en un año medio en estaciones ICA del río Mundo.

La baja conductividad y las bajas concentraciones de Sólidos suspendidos son, nuevamente, el resultado lógico a las aguas del río Mundo.

6.4.3. Calidad en el Sistema Sierra del Segura

Las características del alto Segura serán parecidas a las del río Mundo, pues ambos pertenecen a los primeros kilómetros del Segura donde la acción antrópica no es notable aún.

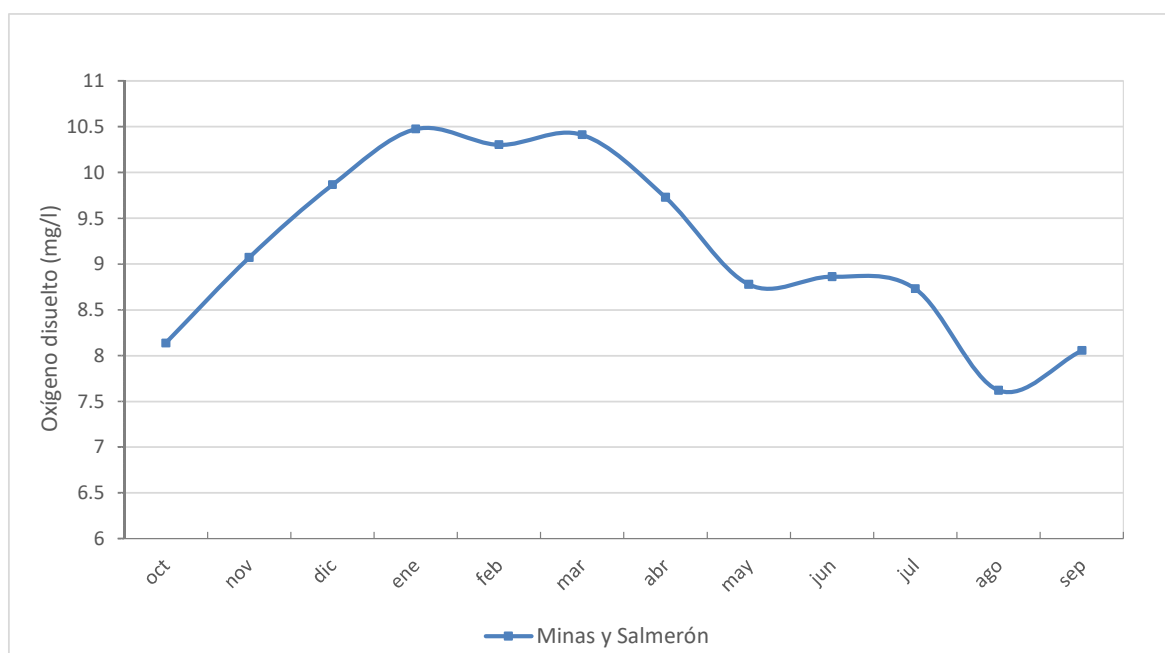


Figura 39. Oxígeno disuelto (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del alto Segura.

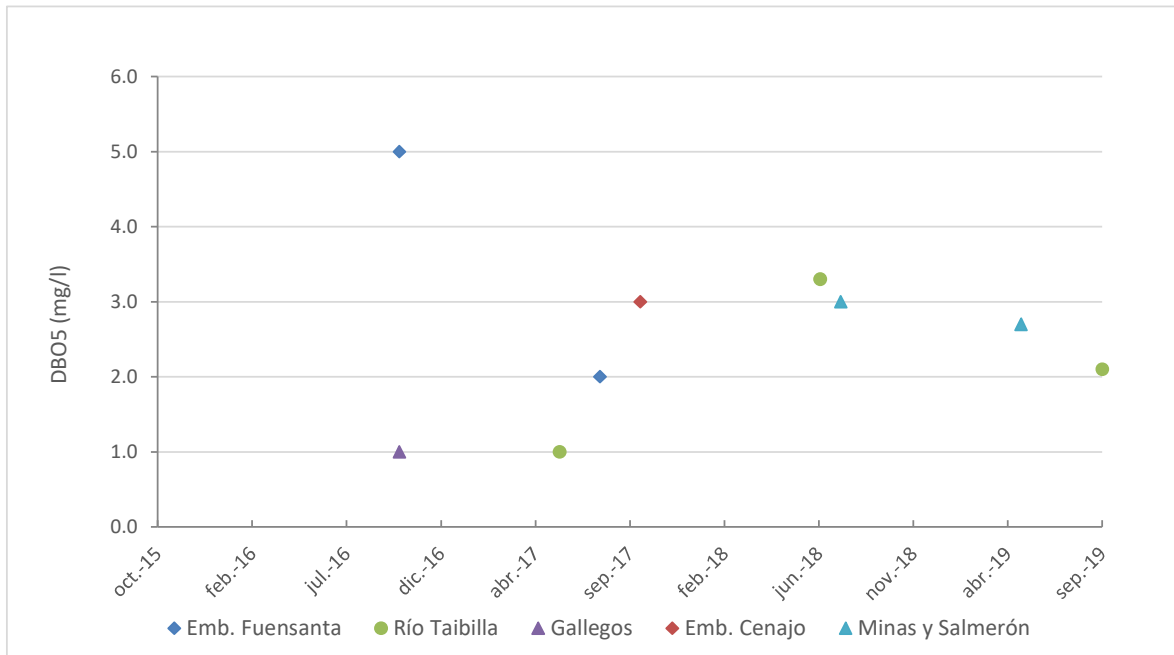


Figura 40. DBO₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del alto Segura.

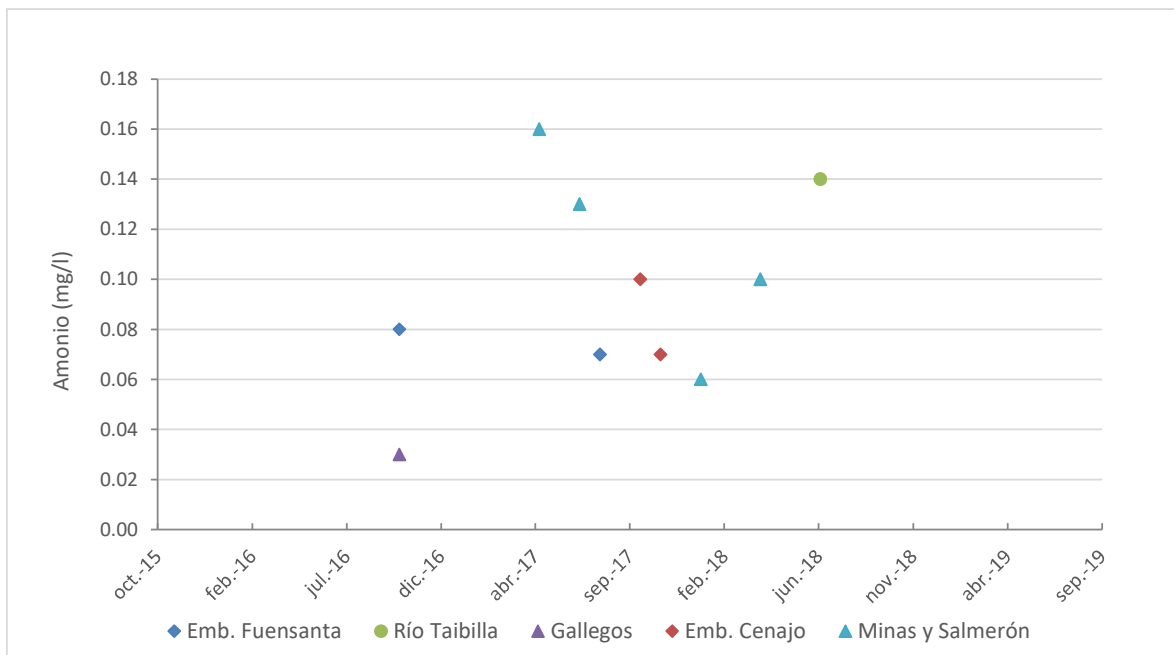


Figura 41. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del alto Segura.

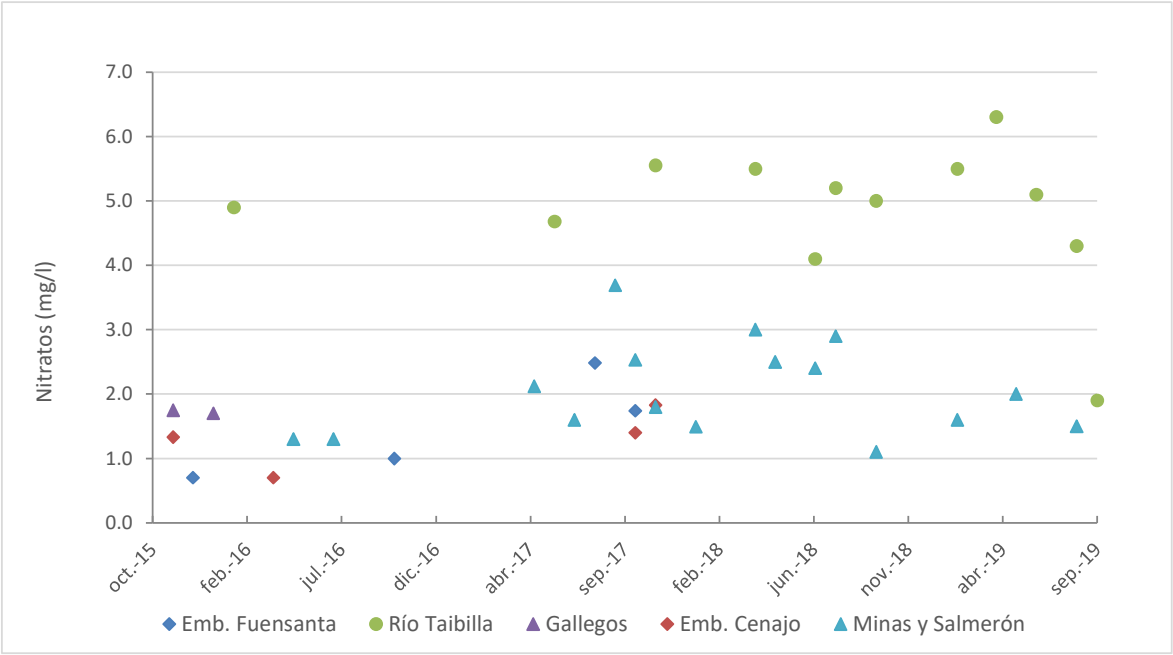


Figura 42. Nitratos (mg/l) medidos en estaciones ICA del alto Segura.

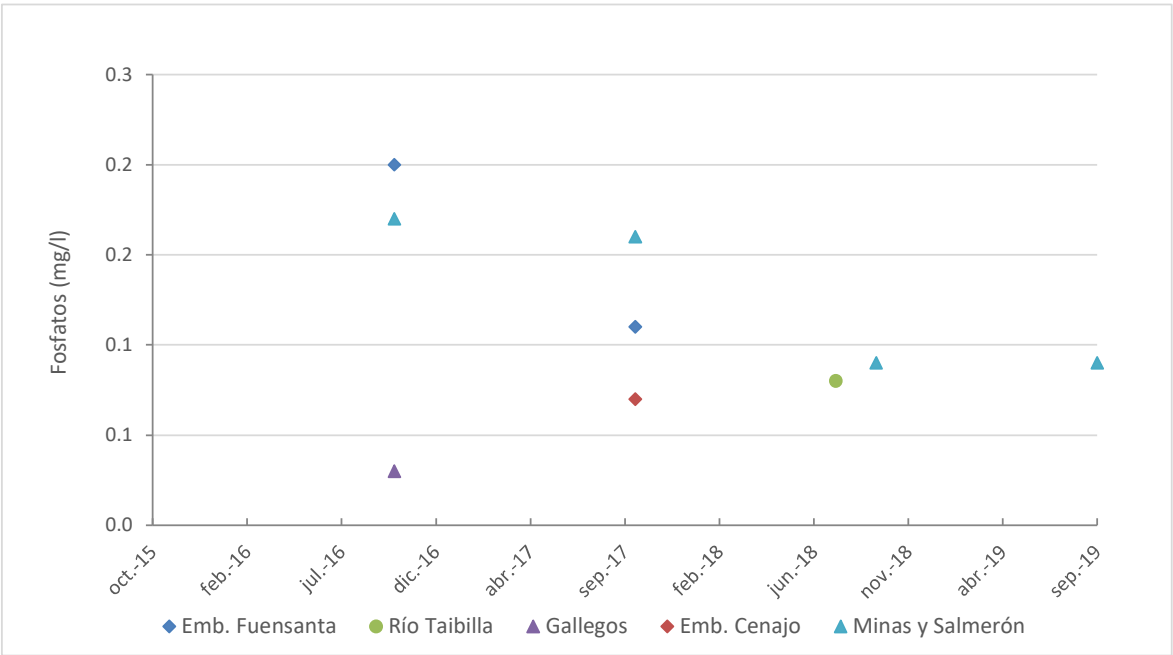


Figura 43. Fosfatos (mg/l) medidos en estaciones ICA del alto Segura.

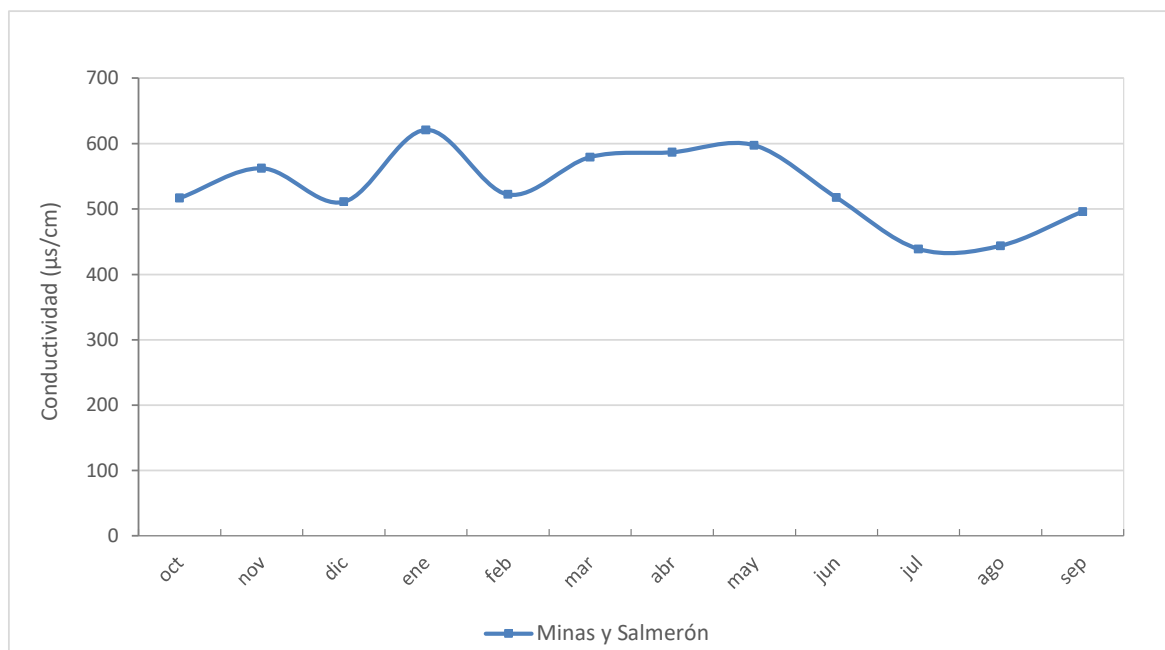


Figura 44. Conductividad (µS/cm) en un año medio en estaciones ICA del alto Segura.

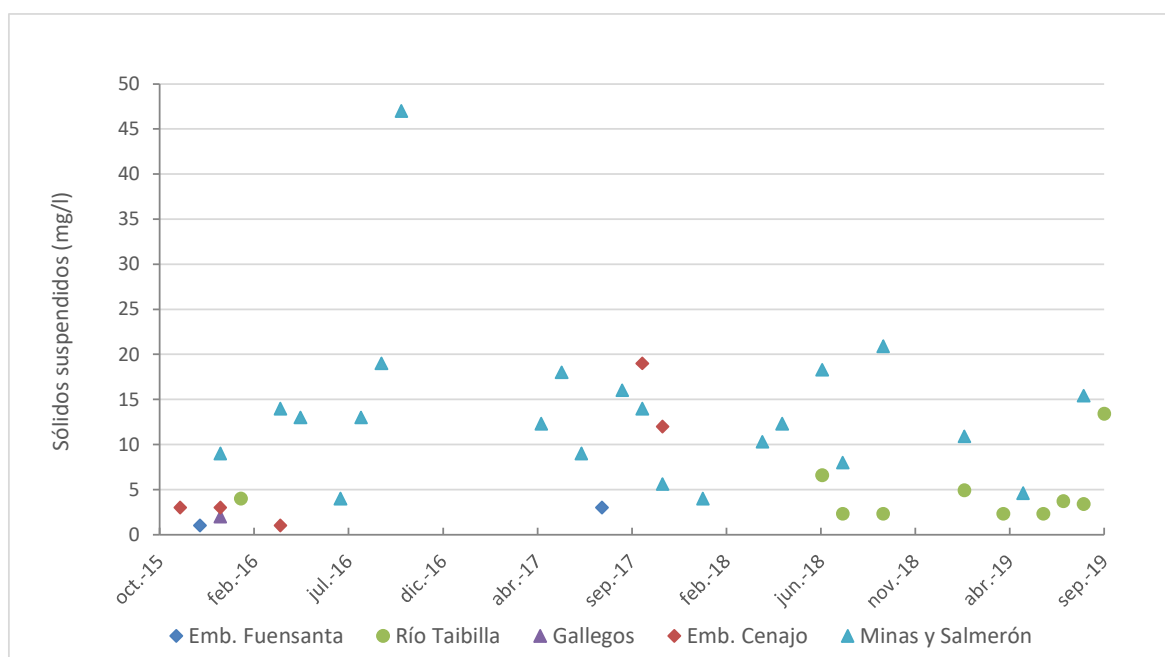


Figura 45. Sólidos suspendidos (mg/l) medidos en estaciones ICA del alto Segura.

Como se ha comentado anteriormente, dada la posición geográfica del Alto Segura, la acción antrópica todavía no ha causado grandes afecciones a la calidad fisicoquímica de las aguas en este punto, tal como lo demuestran su alto contenido en Oxígeno disuelto y las bajas concentraciones de DBO₅, excepcionalmente por encima de 3 mg/l.

Para los componentes de nitrógeno, sus concentraciones no llegan a valores que afirmen una calidad fisicoquímica mala. De la misma forma ocurre para los compuestos de fósforo, conductividad y sólidos suspendidos.

6.4.4. Calidad en el Sistema Noroeste

El Sistema Noroeste, formado por los ríos Benamor, Argos y Quípar, presenta, en general, concentraciones de parámetros fisicoquímicos bajas. Como excepción, las aguas del río Argos son de peor calidad a las esperadas de un río de cabecera.

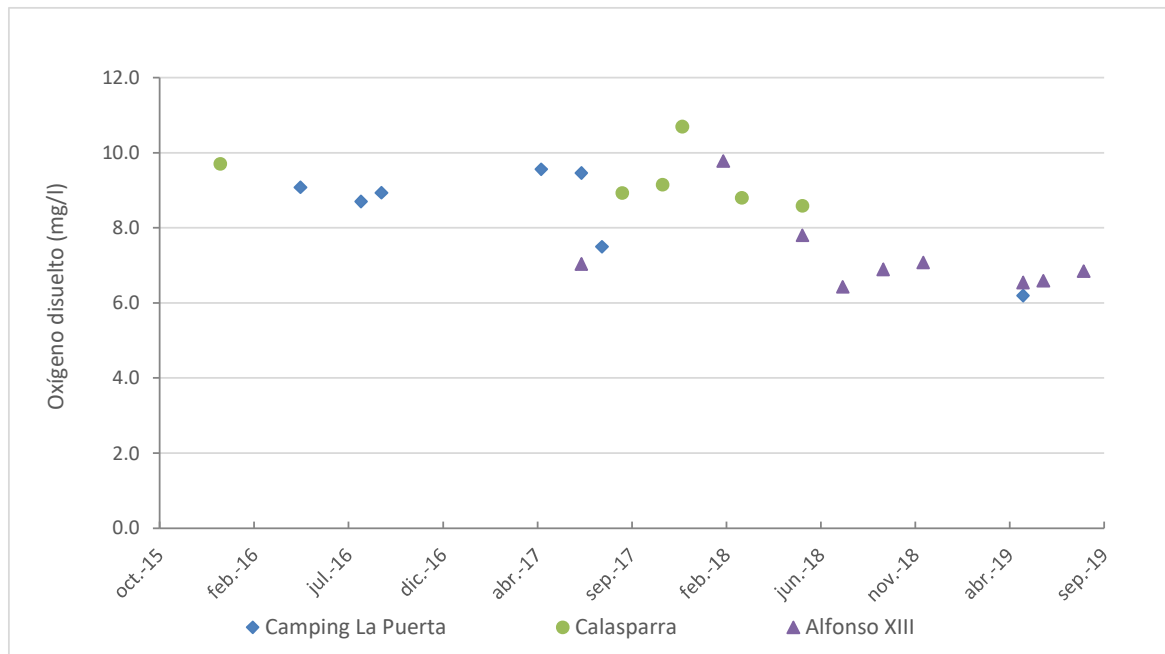


Figura 46. Oxígeno disuelto (mg/l) medido en estaciones ICA del sistema Noroeste.

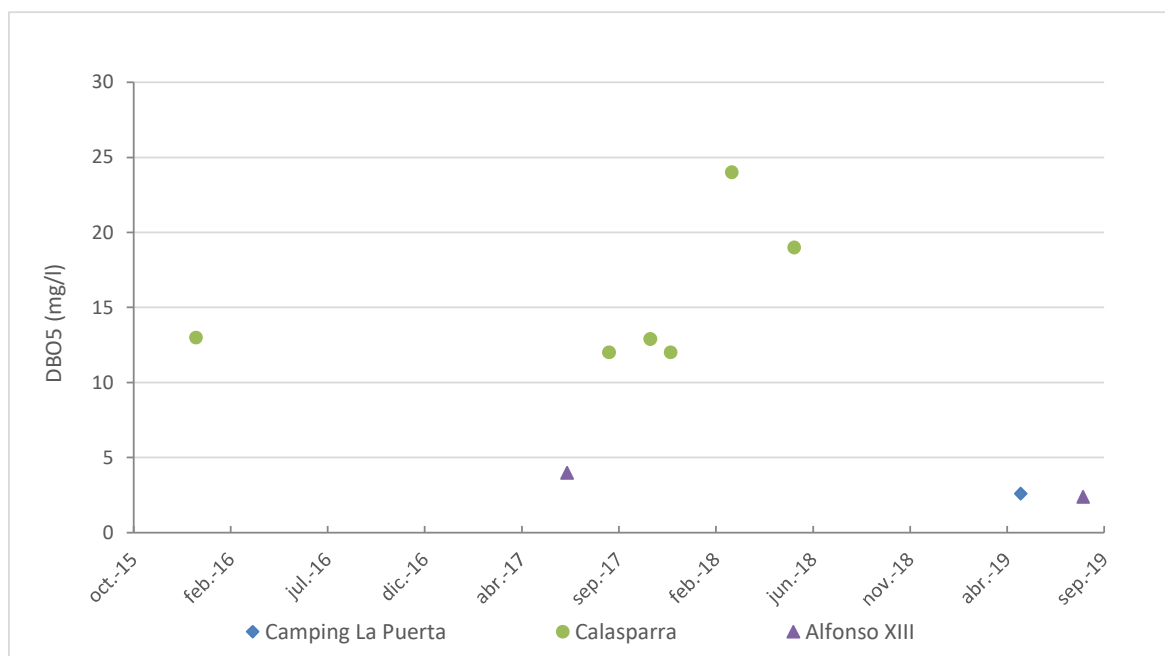


Figura 47. DBO₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del sistema Noroeste.

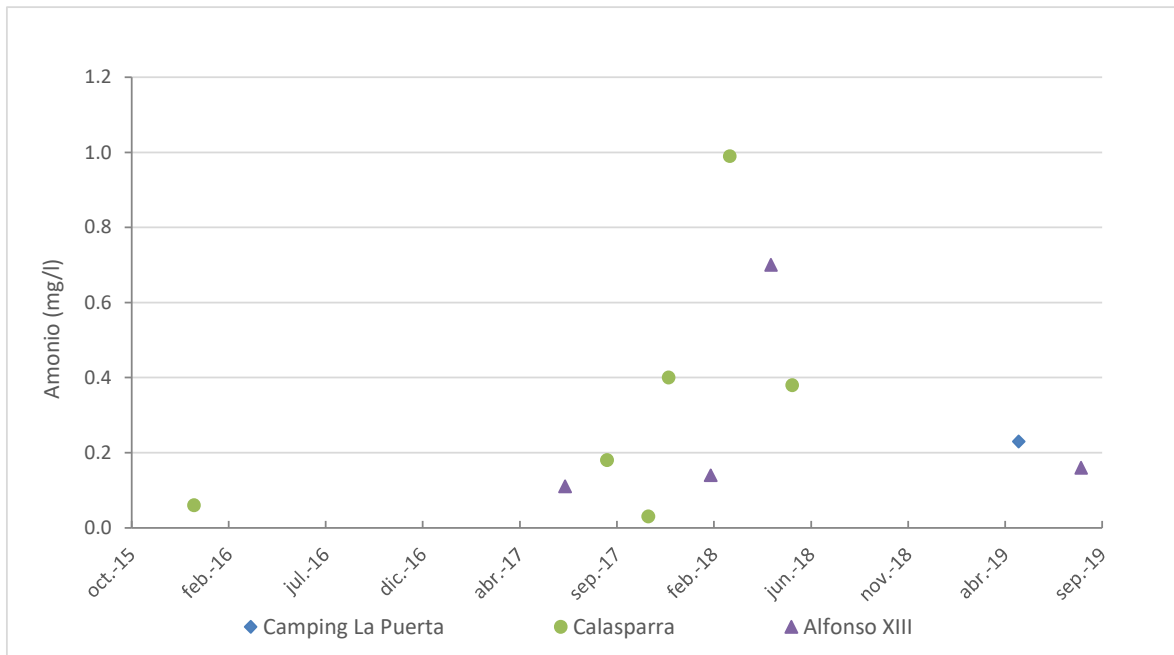


Figura 48. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del sistema Noroeste.

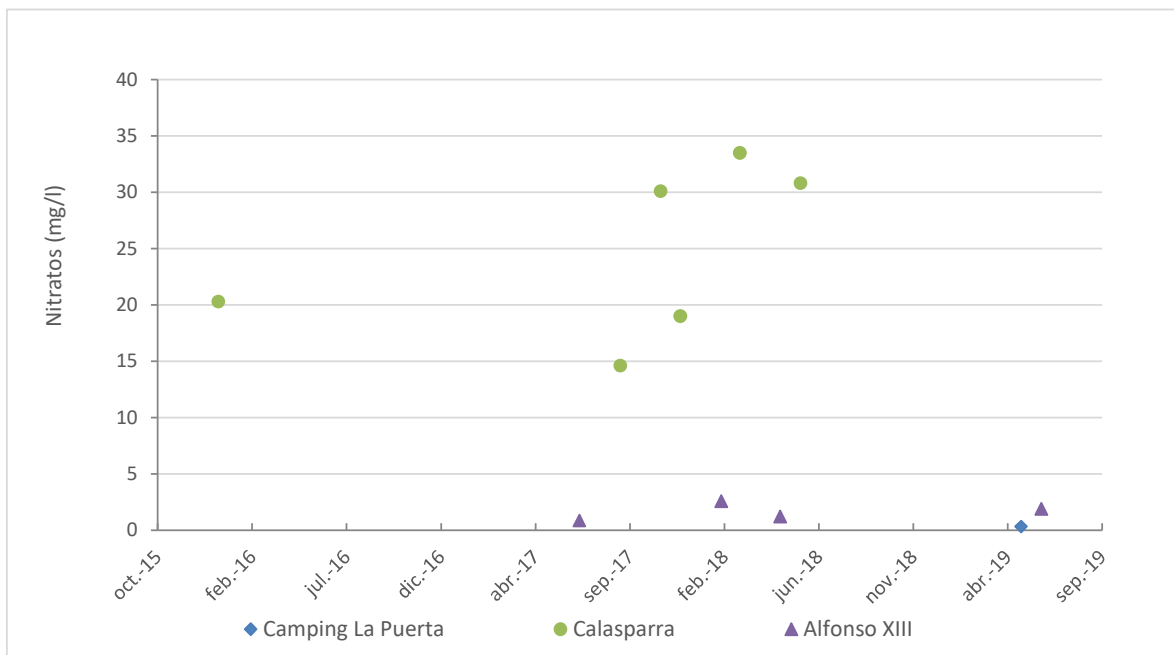


Figura 49. Nitratos (mg/l) medidos en estaciones ICA del sistema Noroeste.

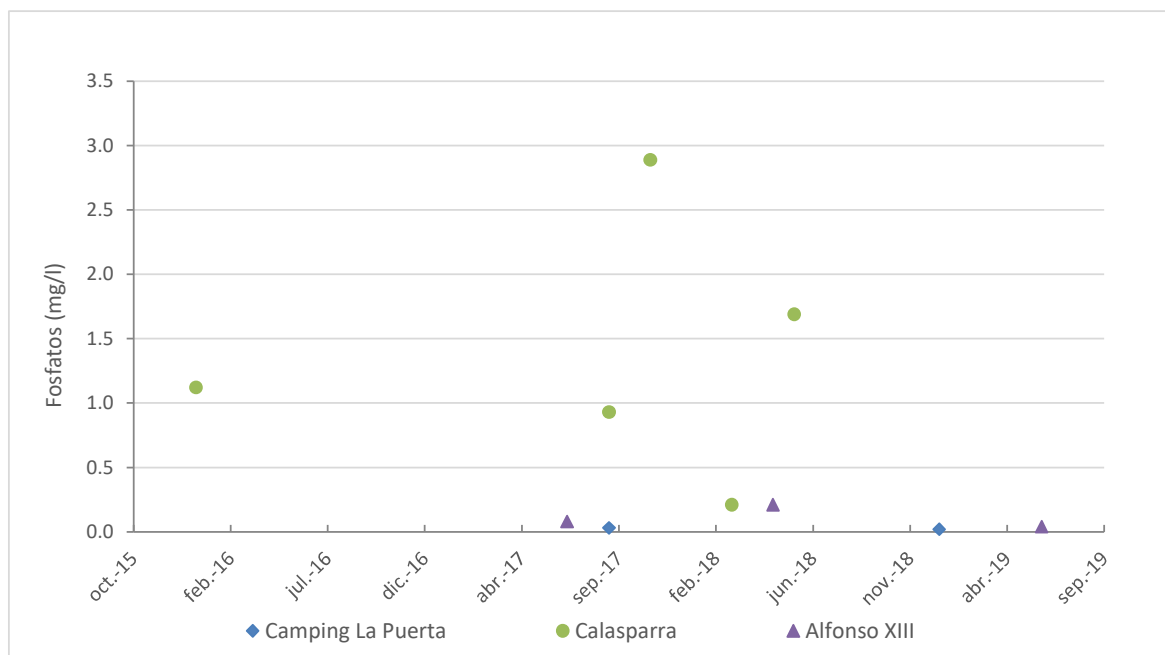


Figura 50. Fosfatos (mg/l) medidos en estaciones ICA del sistema Noroeste.

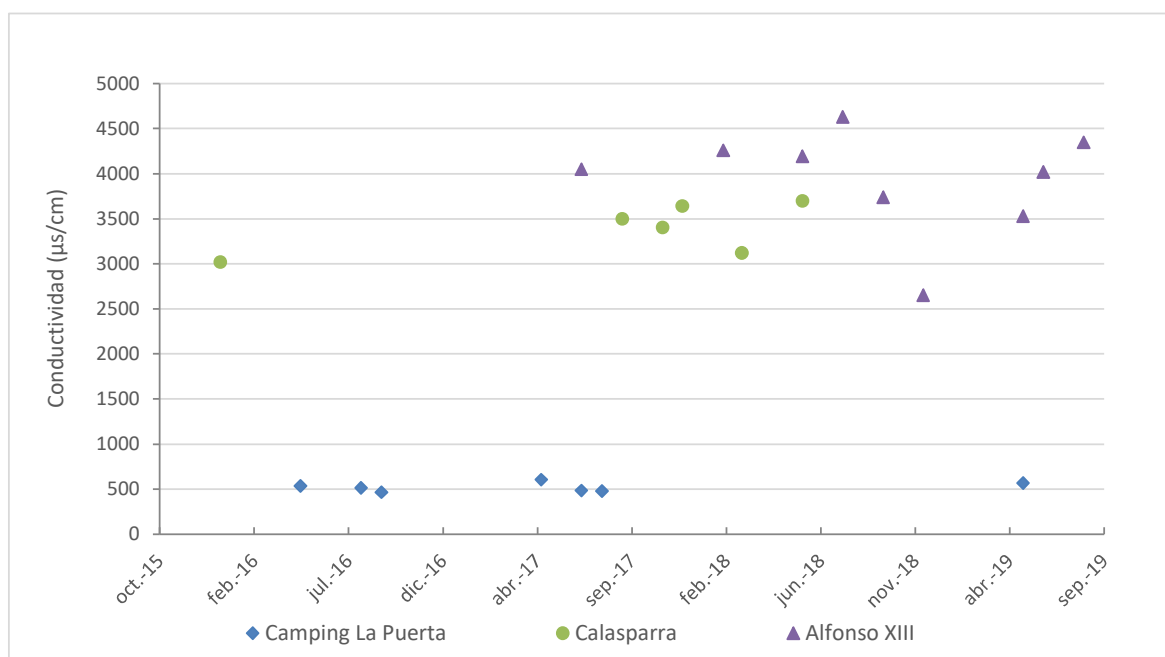


Figura 51. Conductividad (µS/cm) medida en estaciones ICA del sistema Noroeste.

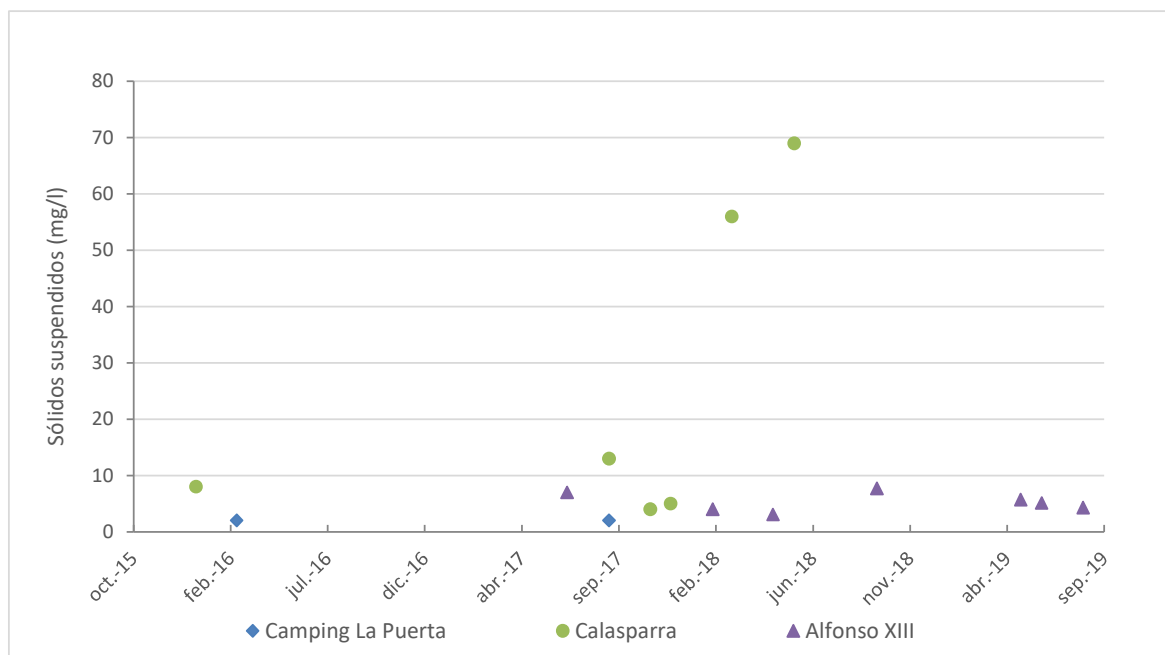


Figura 52. Sólidos suspendidos (mg/l) medidos en estaciones ICA del sistema Noroeste.

Es en el río Argos donde se dan las peores calidades, tal como lo atestiguan sus concentraciones de DBO₅ llegando a 24 mg/l, amonio próximo a 1 mg/l (siendo 0,2 mg/l el valor considerado como diferenciador de la actuación de la acción antrópica), nitratos entre 15 y 30 mg/l (considerando el límite de la acción antrópica de 5 mg/l) y conductividad (en torno a 3.500 μ S/cm).

6.4.5. Calidad en el Sistema Río Mula

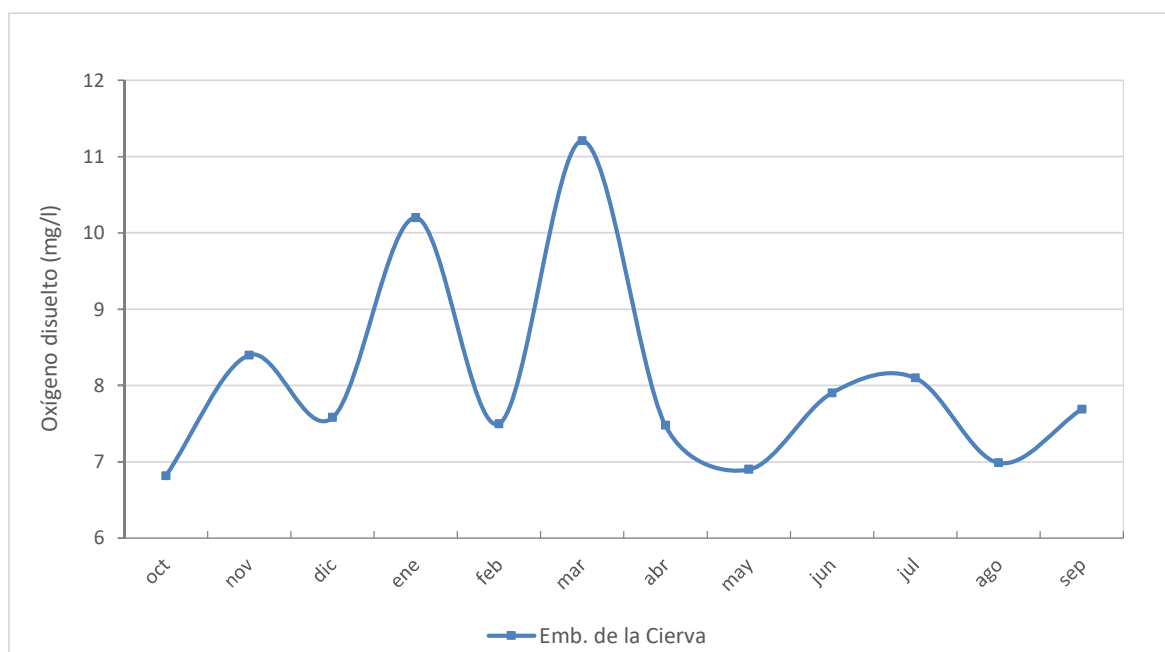


Figura 53. Oxígeno disuelto (mg/l) en un año medio medido en estaciones ICA del sistema Mula.

En el río Mula, en general, durante los meses de verano, al ser mayores los caudales circulantes, las concentraciones de oxígeno disuelto deberían aumentar, al contrario de lo que se observa. Una razón de este comportamiento puede ser la presencia de mayores contaminantes durante esta época que hacen descender las concentraciones de oxígeno disuelto. Además, en épocas estivales la temperatura del agua es mayor por lo que se dificulta la dilución del oxígeno en el agua.

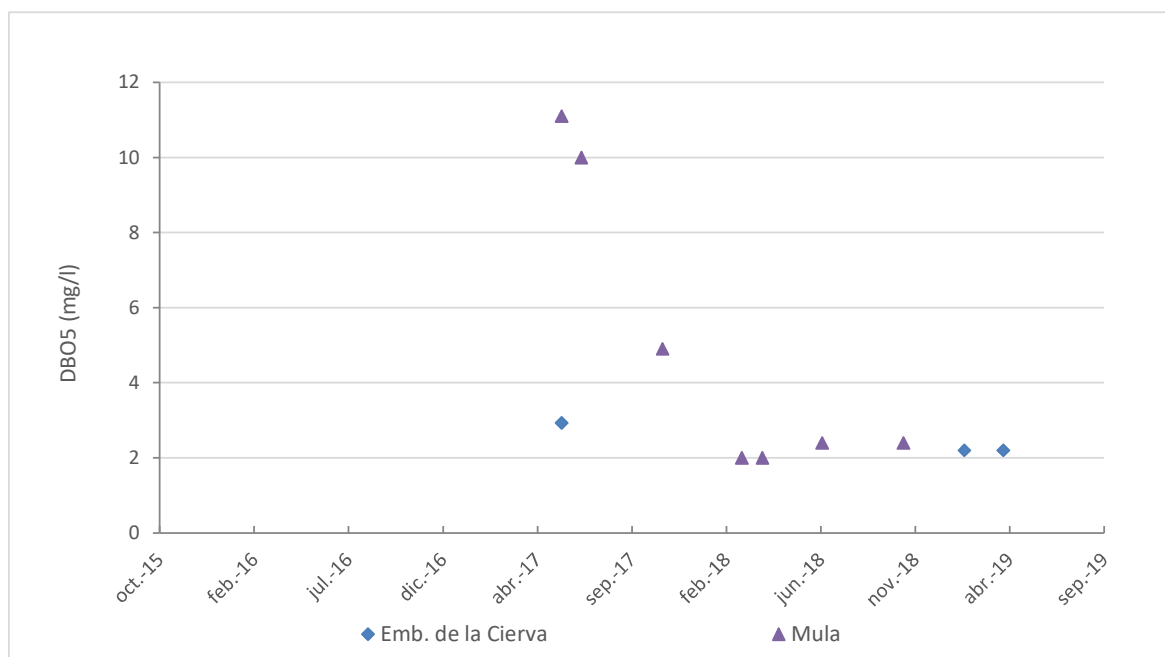


Figura 54. DBO₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del sistema Mula.

Las concentraciones de DBO₅ son, en la mayoría de los casos inferiores a 3 mg/l.

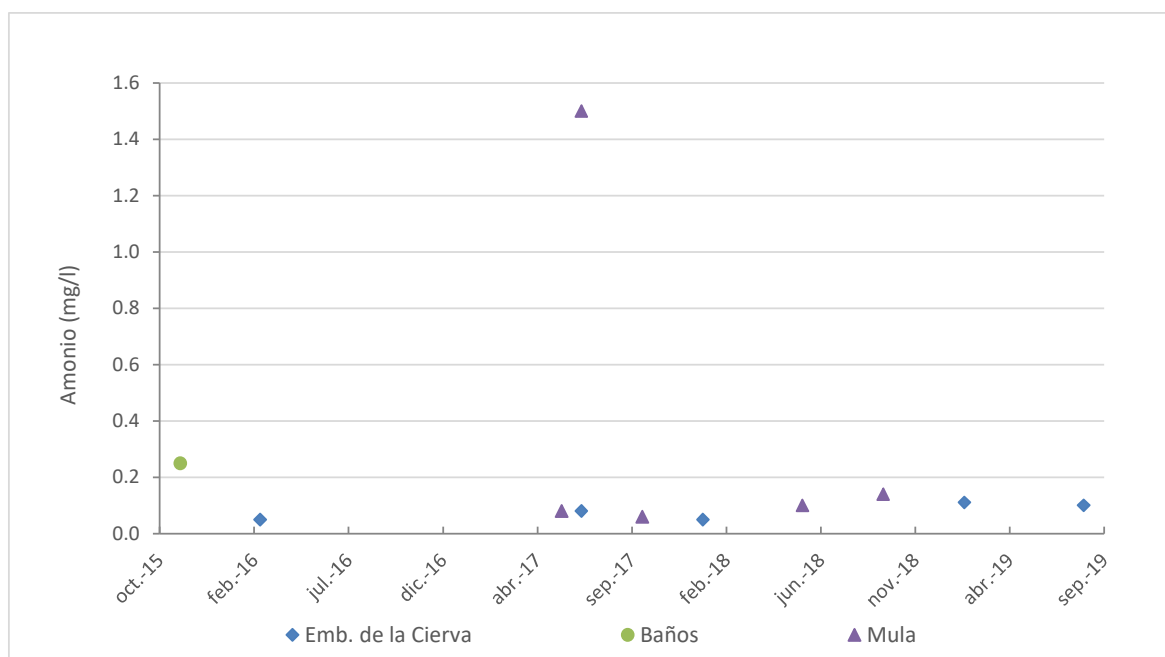


Figura 55. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del sistema Mula.

Las concentraciones de amonio, excepto un valor aislado, están dentro de los límites esperados en un río de cabecera.

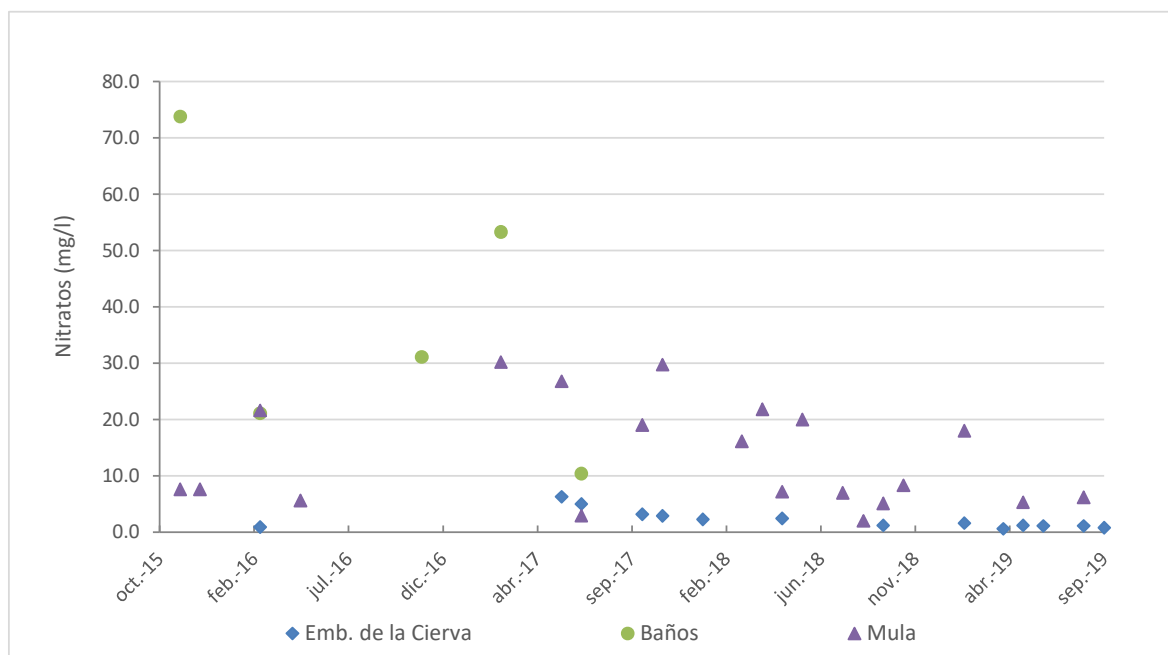


Figura 56. Nitratos (mg/l) medidos en estaciones ICA del sistema Mula.

Se produce una elevación de nitratos a la altura de Baños de Mula que puede ser debida a los retornos producidos aguas arriba de Baños procedentes de los riegos ya que los abonos utilizados suelen contener grandes cantidades de nitratos.

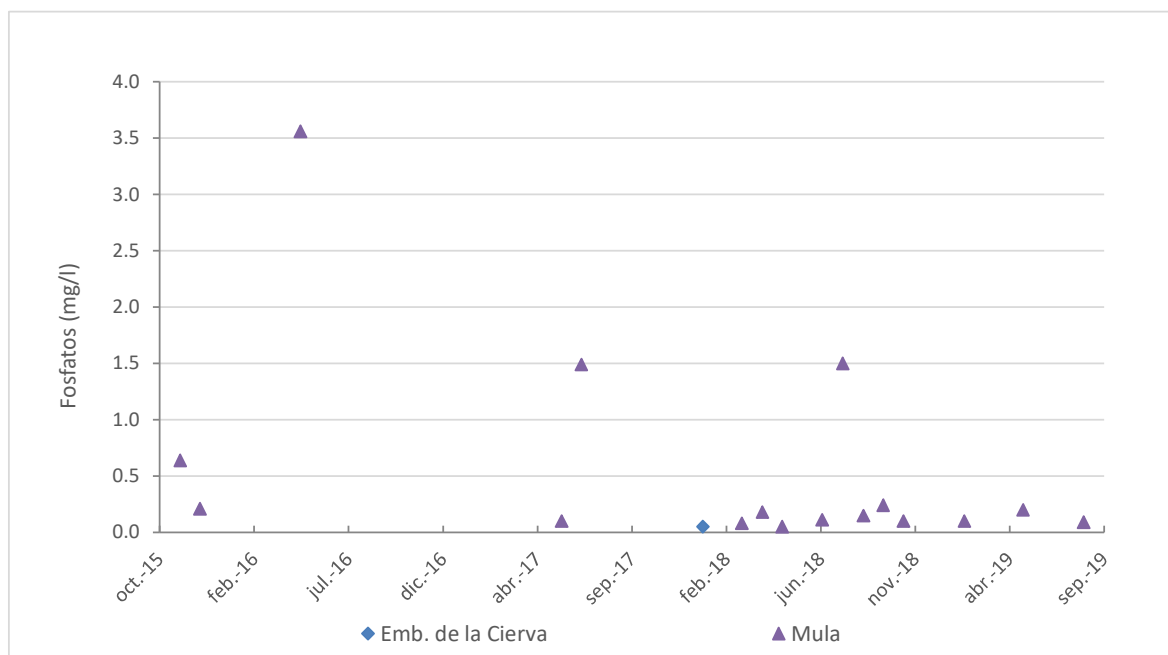


Figura 57. Fosfatos (mg/l) medidos en estaciones ICA del sistema Mula.

Los fosfatos tienen su mayor subida en el río Mula debido a la acumulación originada por los regadíos de la zona.

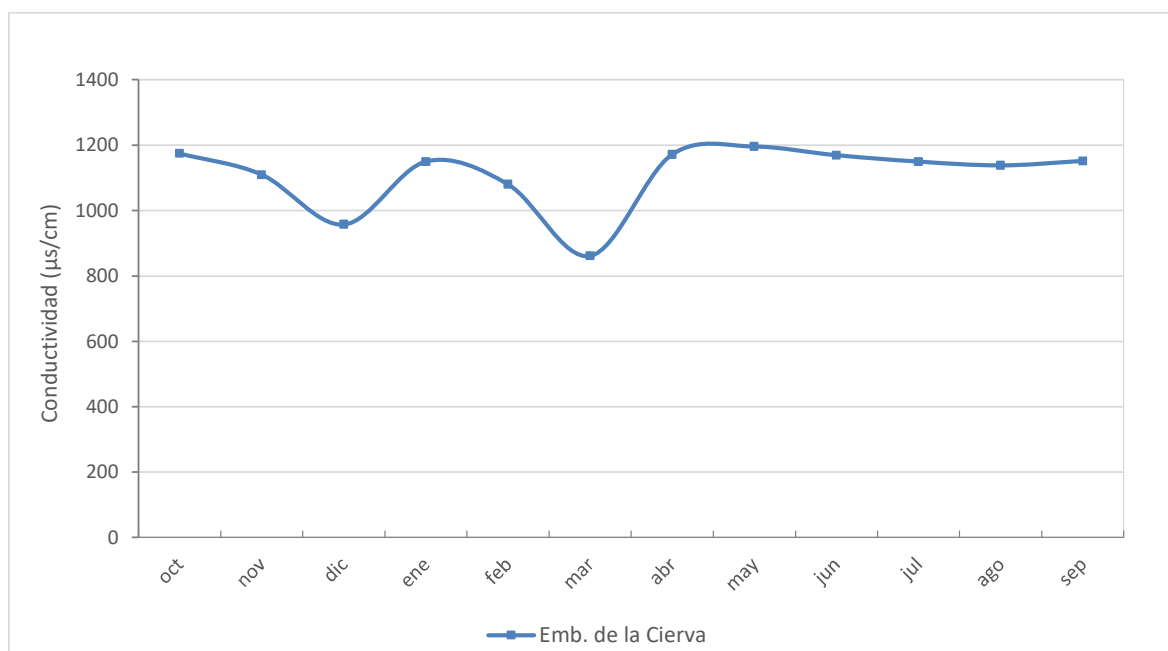


Figura 58. Conductividad (µS/cm) medidos en estaciones ICA del sistema Mula.

La conductividad, como es de esperar dada la alta salinidad de la cuenca, asciende siguiendo el flujo del agua del río Mula, hasta alcanzar valores muy altos en el tramo final del mismo. El valor medio de la conductividad en el embalse de la Cierva es de 1.100 (µS/cm), en Baños de Mula de 4.000 (µS/cm) y en río Mula de 6.200 (µS/cm).

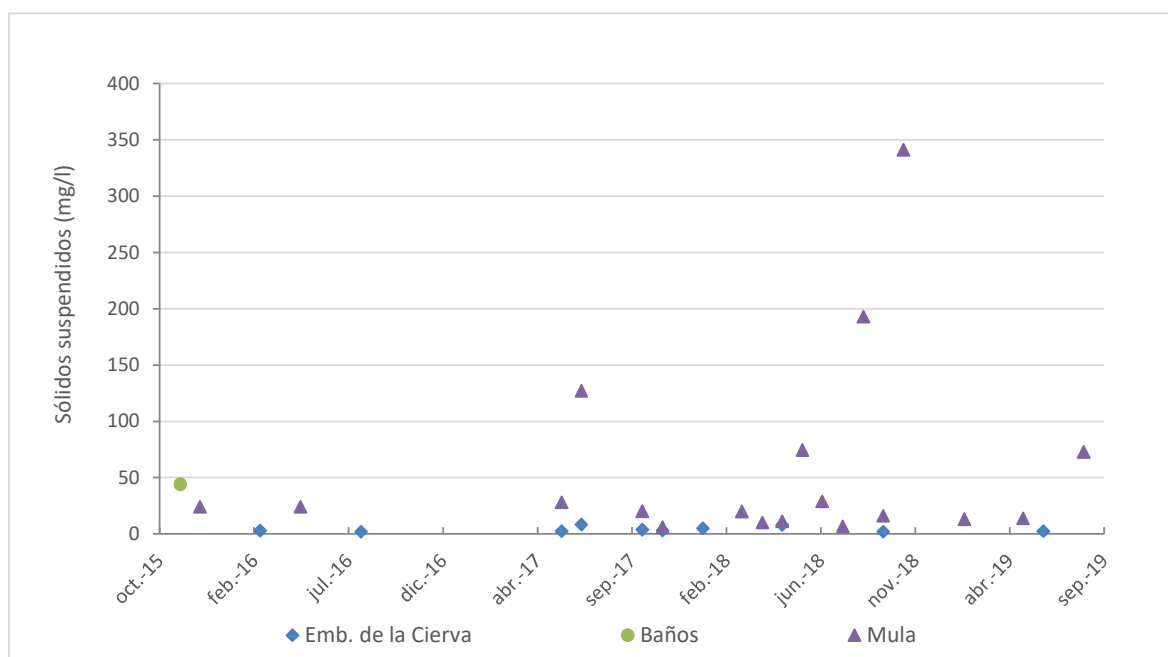


Figura 59. Sólidos suspendidos (mg/l) medidos en estaciones ICA del sistema Mula.

6.4.6. Calidad en el Sistema Río Guadalentín

Al observar las mediciones efectuadas a lo largo del río Guadalentín se percibe como la actividad industrial influye en la calidad de este río en mayor medida que la actividad agrícola.

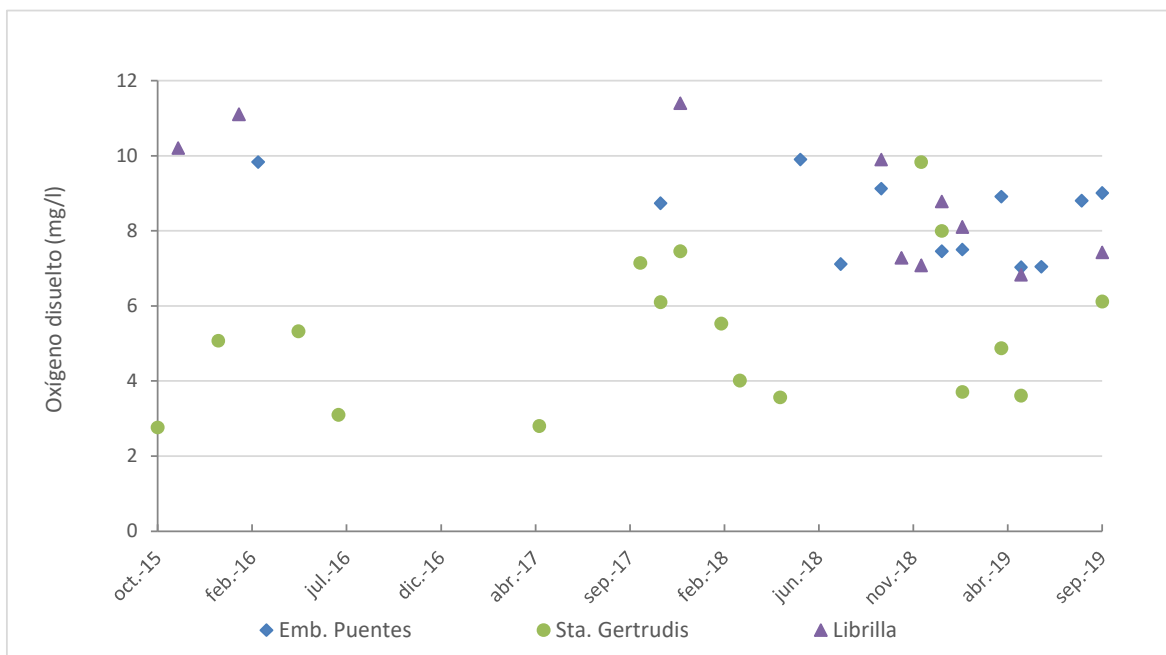


Figura 60. Oxígeno disuelto (mg/l) medido en estaciones ICA del río Guadalentín.

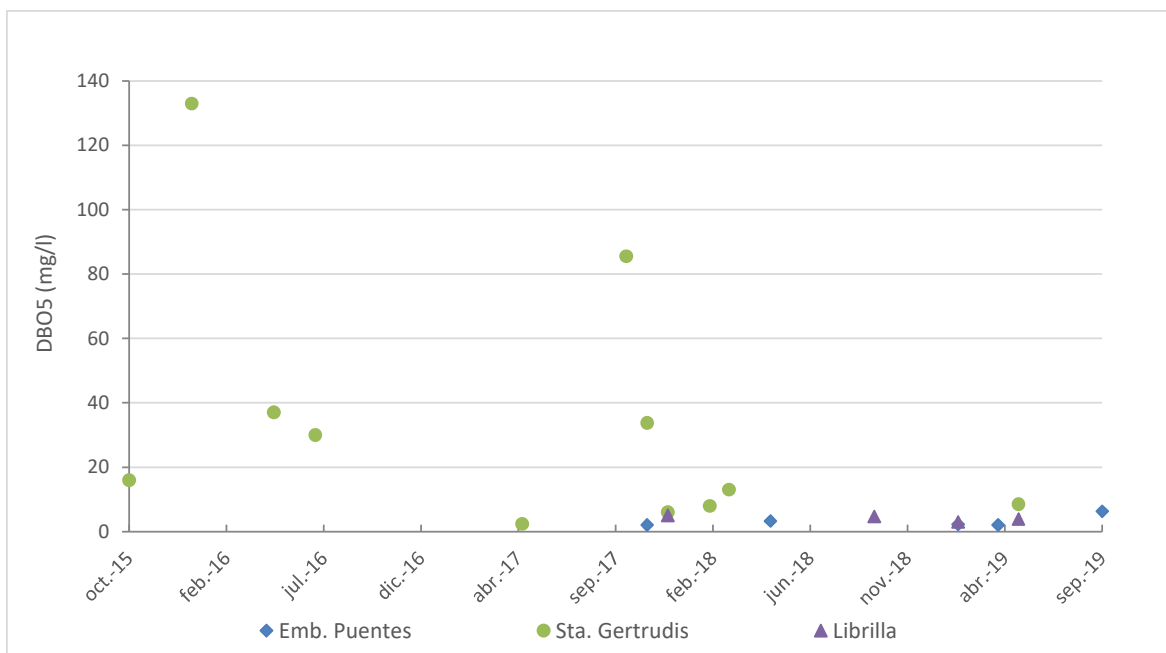


Figura 61. DBO₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del río Guadalentín.

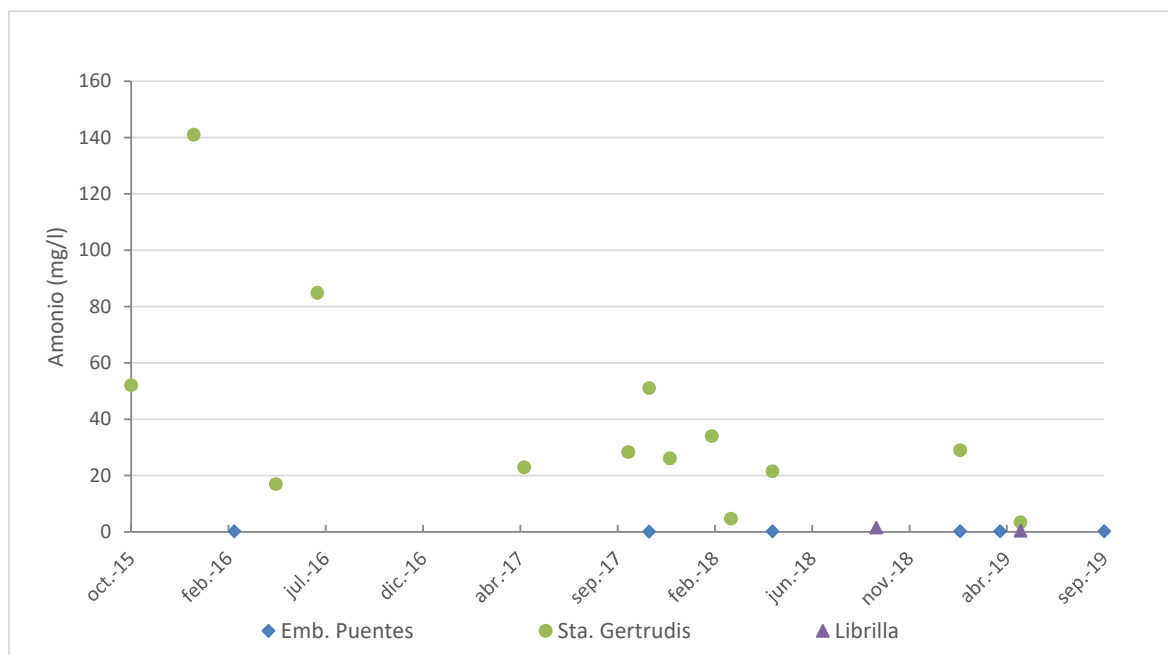


Figura 62. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del río Guadalentín.

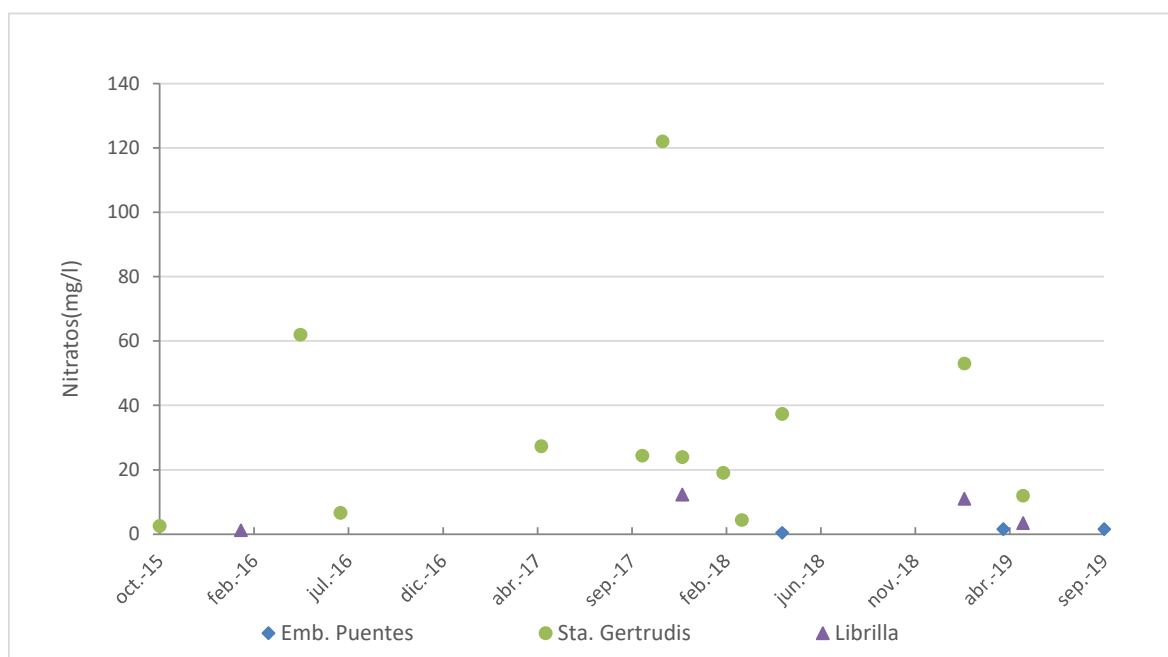


Figura 63. Nitratos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Guadalentín.

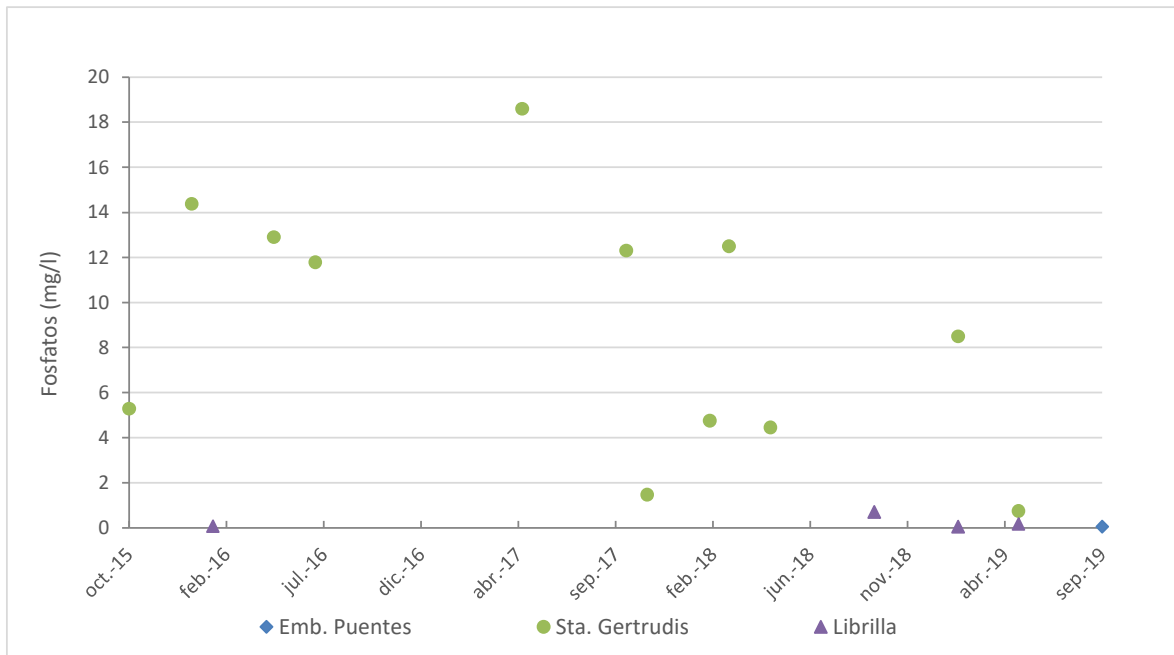


Figura 64. Fosfatos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Guadalentín.

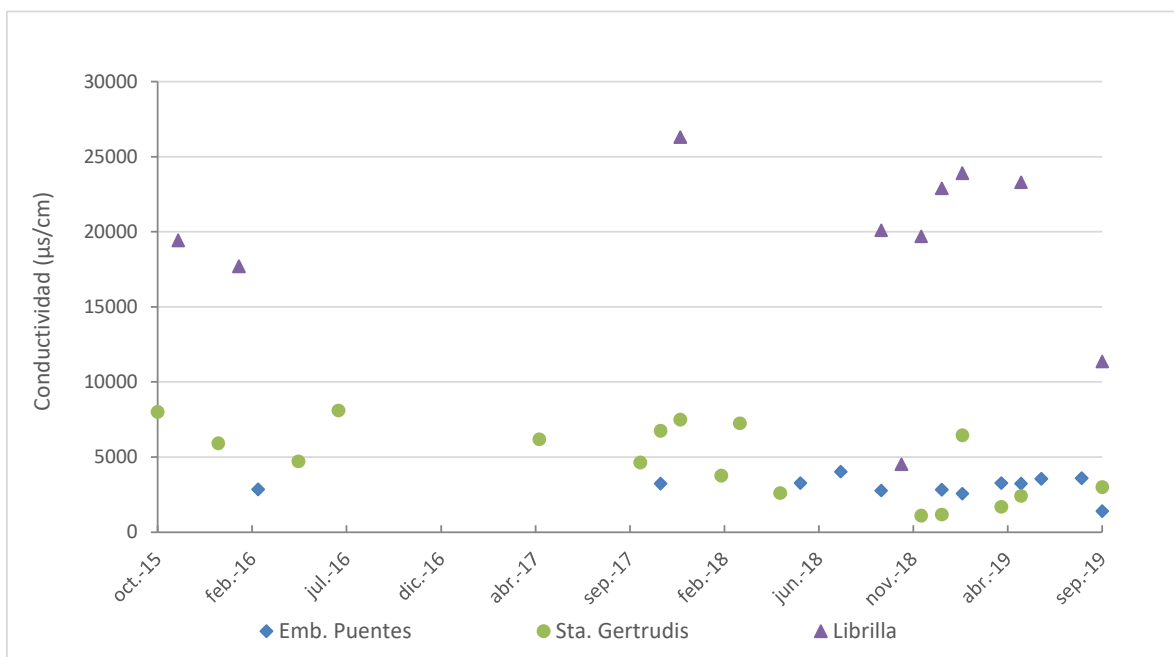


Figura 65. Conductividad (µS/cm) medida en estaciones ICA del río Guadalentín.

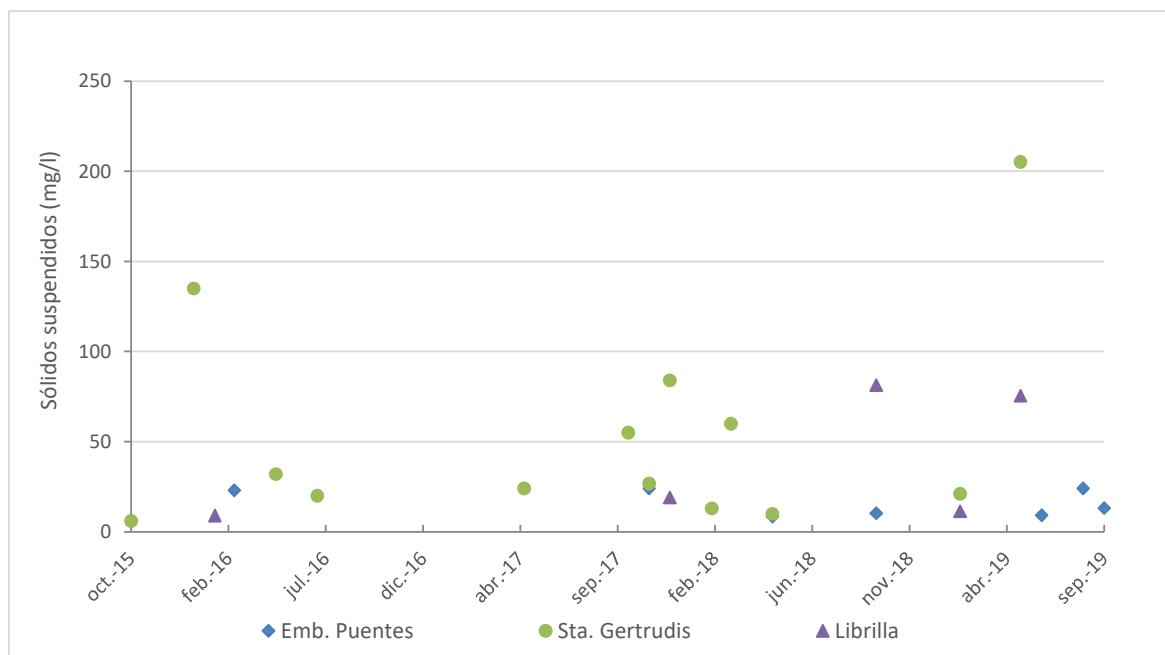


Figura 66. Sólidos suspendidos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Guadalentín

Los valores de oxígeno disuelto van descendiendo con el curso del río y subiendo los valores de DBO₅, hasta alcanzar sus valores extremos en Santa Gertrudis. Los valores de amonio son muy elevados, pero no así los valores de nitratos. En esta zona son frecuentes las industrias de curtidos que aportan gran cantidad de materia orgánica.

6.4.7. Calidad en el Sistema Río Segura y ramblas del noreste

Dada la longitud del río Segura, se dan diferentes condiciones geográficas, vertidos... lo que dará lugar a condiciones cambiantes. Se han establecido 3 tramos para el análisis de los parámetros de calidad. El primer tramo se extiende desde Calasparra hasta el embalse de Almadenes, el segundo tramo comprende desde la rambla del Judío hasta la confluencia con el río Mula y el tercer tramo comienza tras la confluencia con el río Mula y llega hasta la desembocadura.

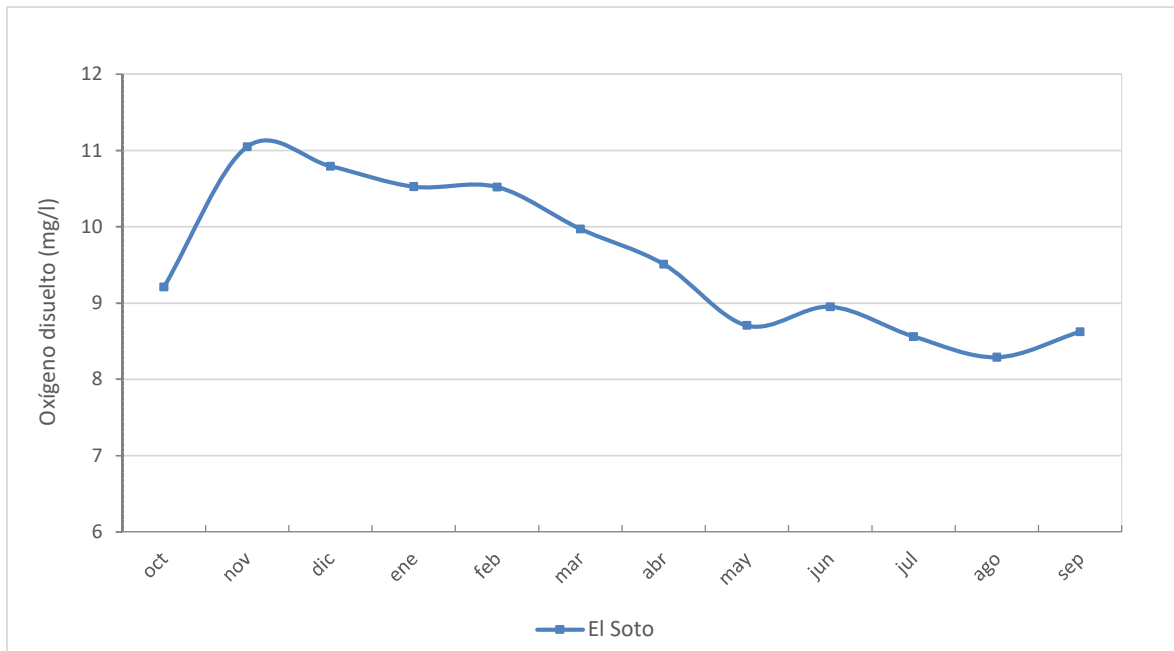


Figura 67. Oxígeno disuelto (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (Mundo – Almadenes).

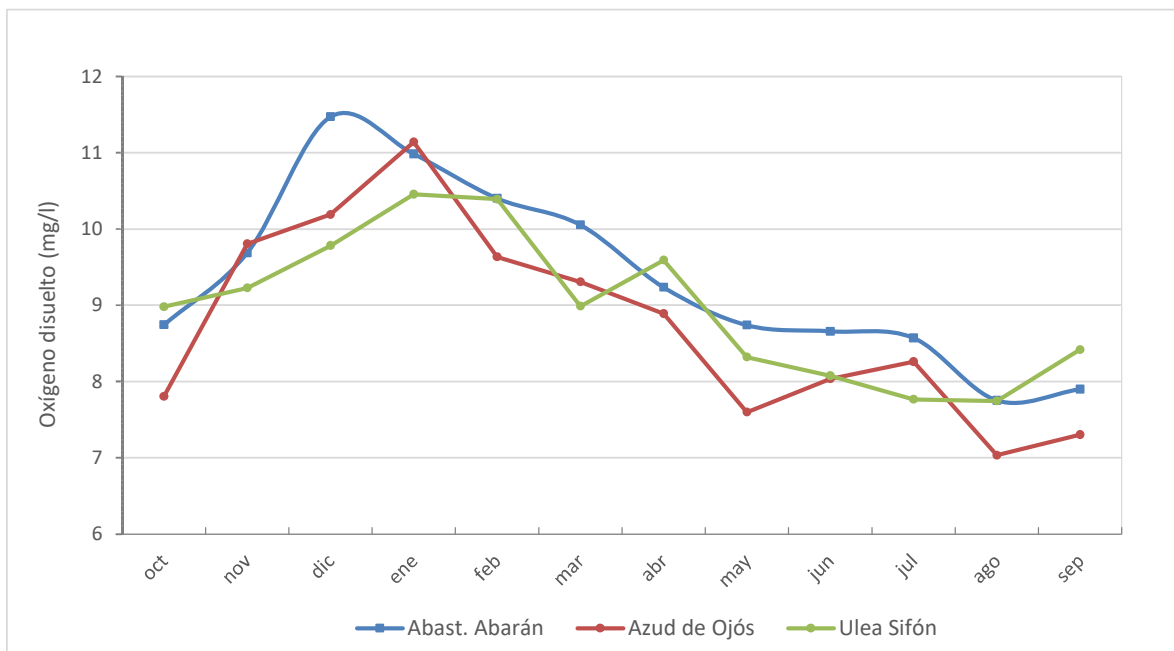


Figura 68. Oxígeno disuelto (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (Rambla del Judío- confluencia Mula)

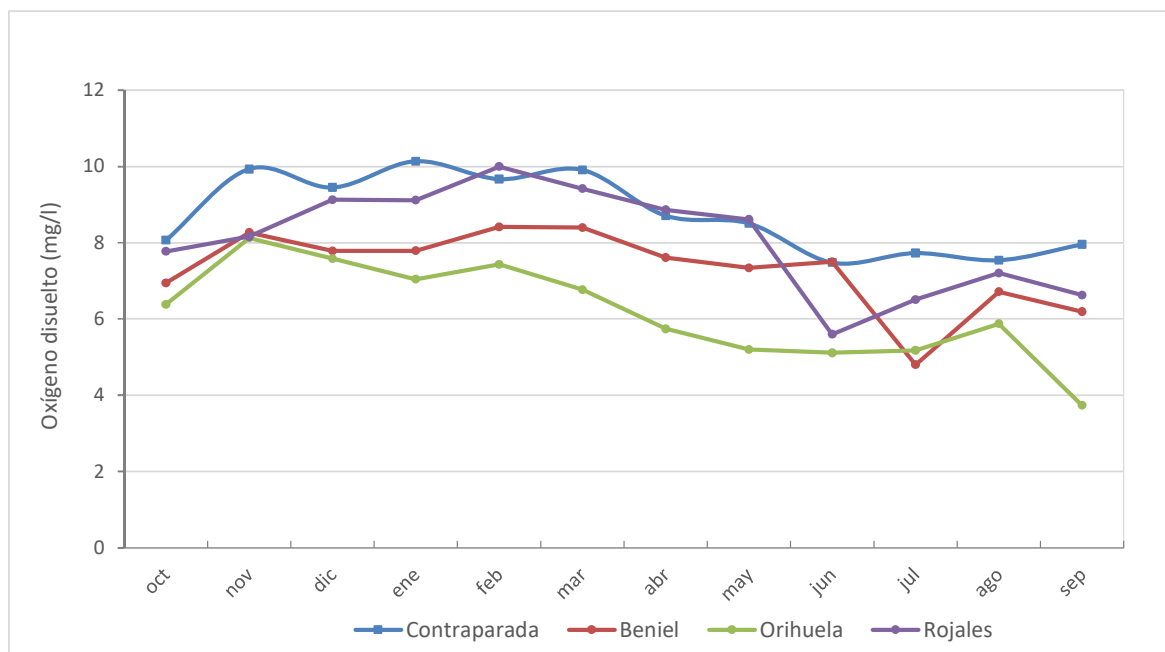


Figura 69. Oxígeno disuelto (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (confluencia Mula – desembocadura)

En los 3 tramos se observa el descenso del oxígeno disuelto en los meses estivales. Los valores más elevados se dan en la parte inicial del cauce y descienden hasta llegar a Orihuela, en el tramo final, Rojas, se observa un aumento del oxígeno disuelto.

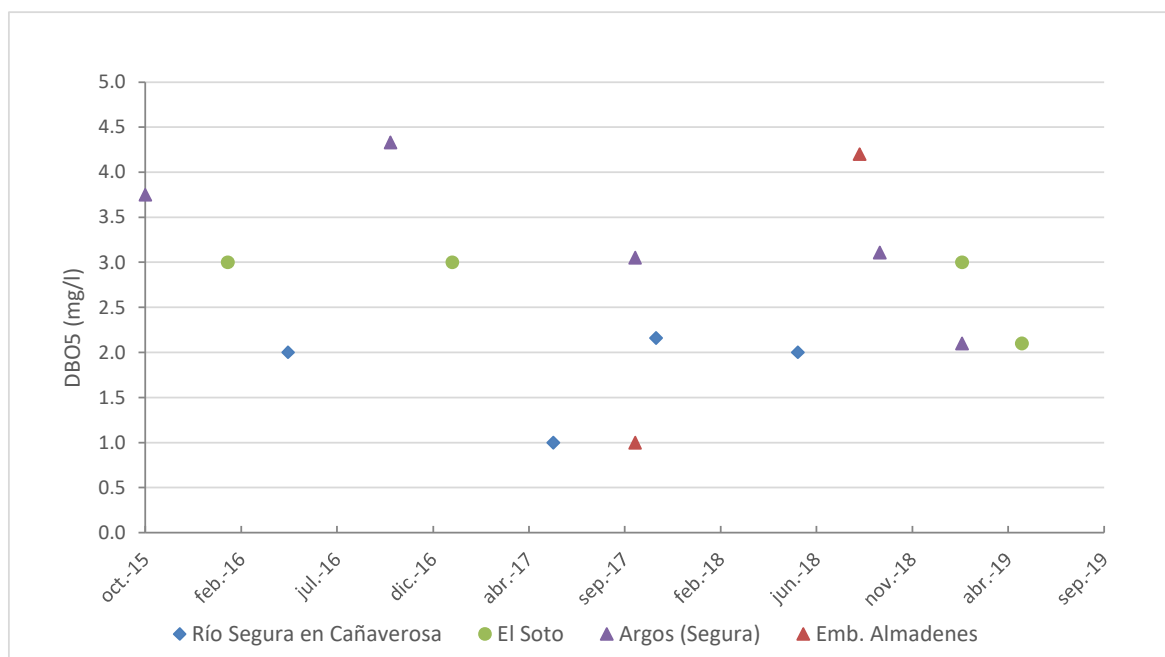


Figura 70. DBO₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del río Segura (Mundo – Almadenes)

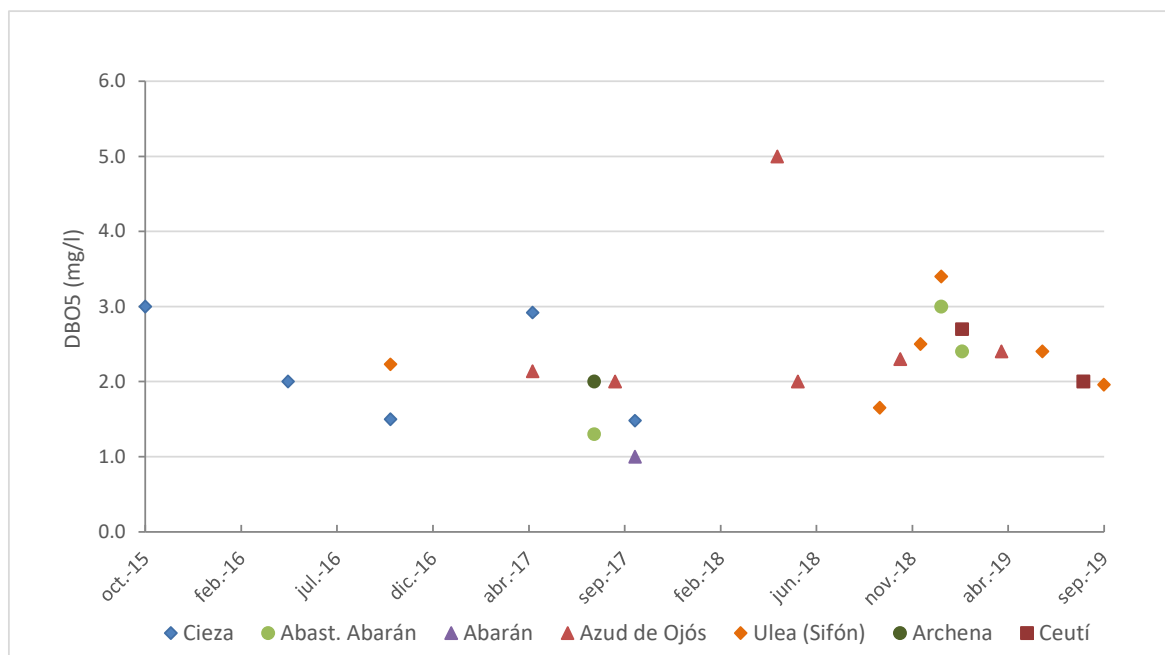


Figura 71. DBO₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del río Segura (Rambla del Judío- confluencia Mula)

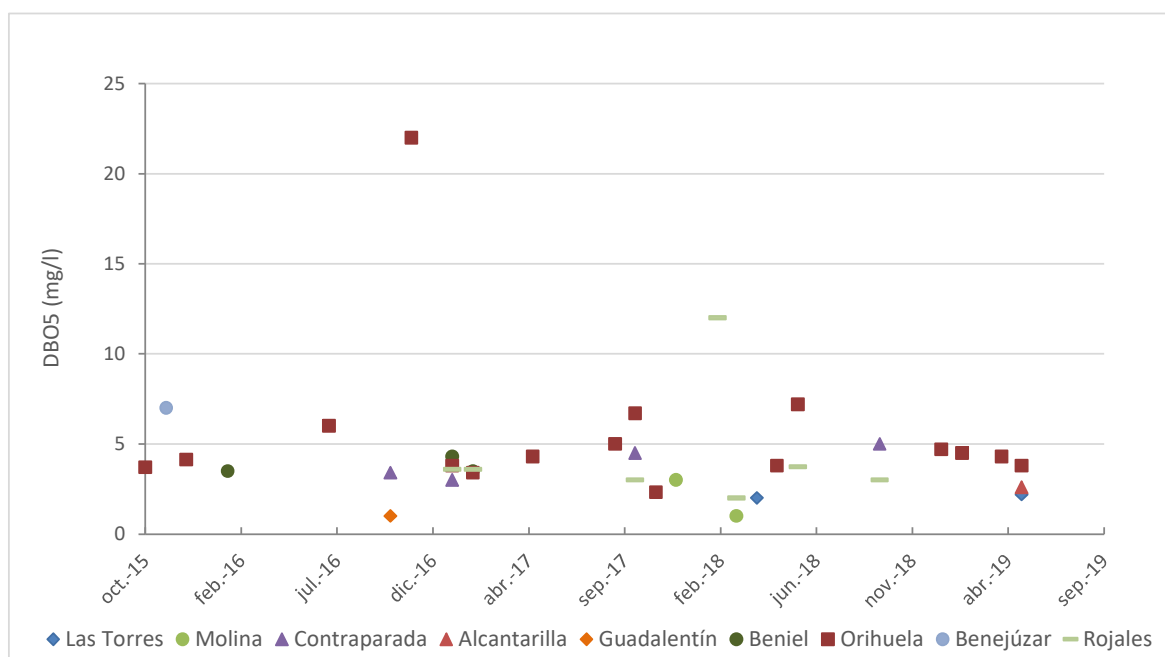


Figura 72. DBO₅ (mg/l) medido en estaciones ICA del río Segura (confluencia Mula – desembocadura)

A la vista de las mediciones de concentraciones de DBO₅ se puede decir que la calidad del agua a lo largo del cauce es buena. Hasta la zona del azud de Ojós las concentraciones no superan los 5 mg/l. Debido a los vertidos de las EDAR de la Vega Baja se produce el aumento de este parámetro a partir de Las Torres de Cotillas, alcanzándose las peores calidades en la confluencia con el Guadalentín. Este río aporta aguas de mala calidad, pero dado su escaso caudal con respecto al que lleva el río Segura su influencia es mínima.

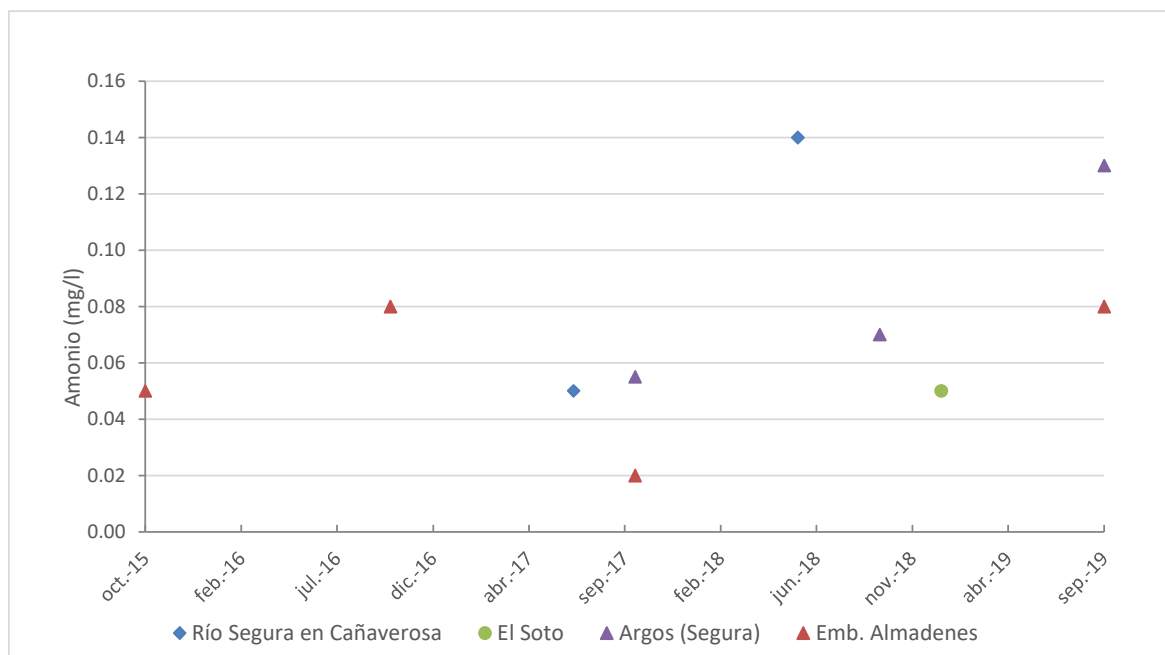


Figura 73. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del río Segura (Mundo – Almadenes)

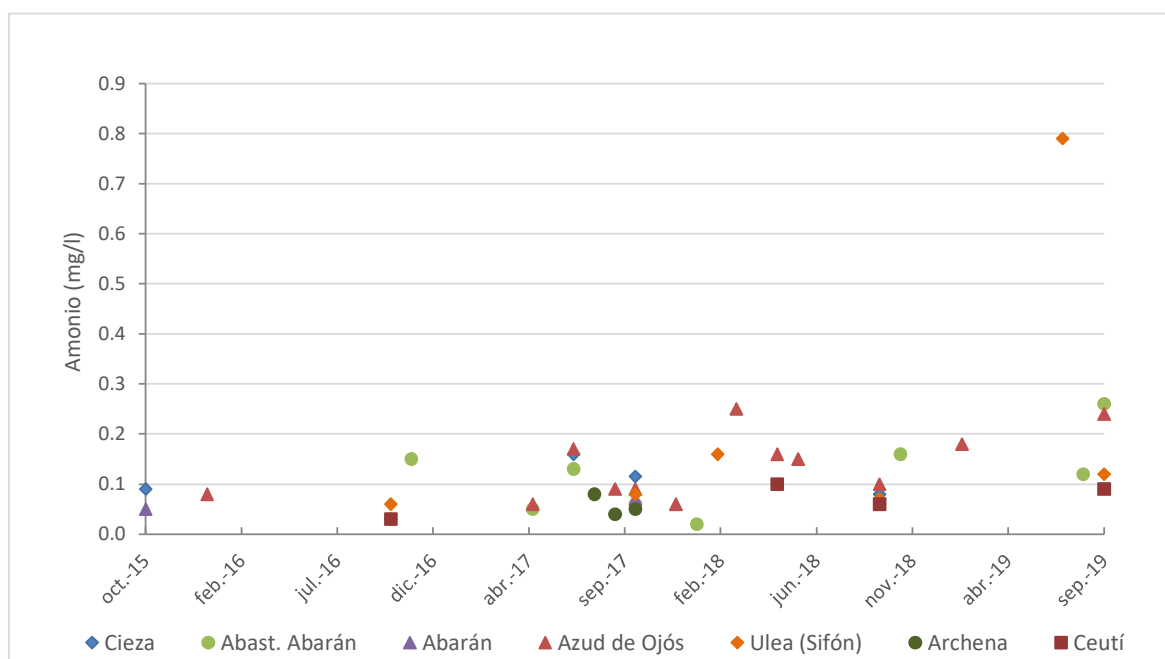


Figura 74. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del río Segura (Rambla del Judío- confluencia Mula)

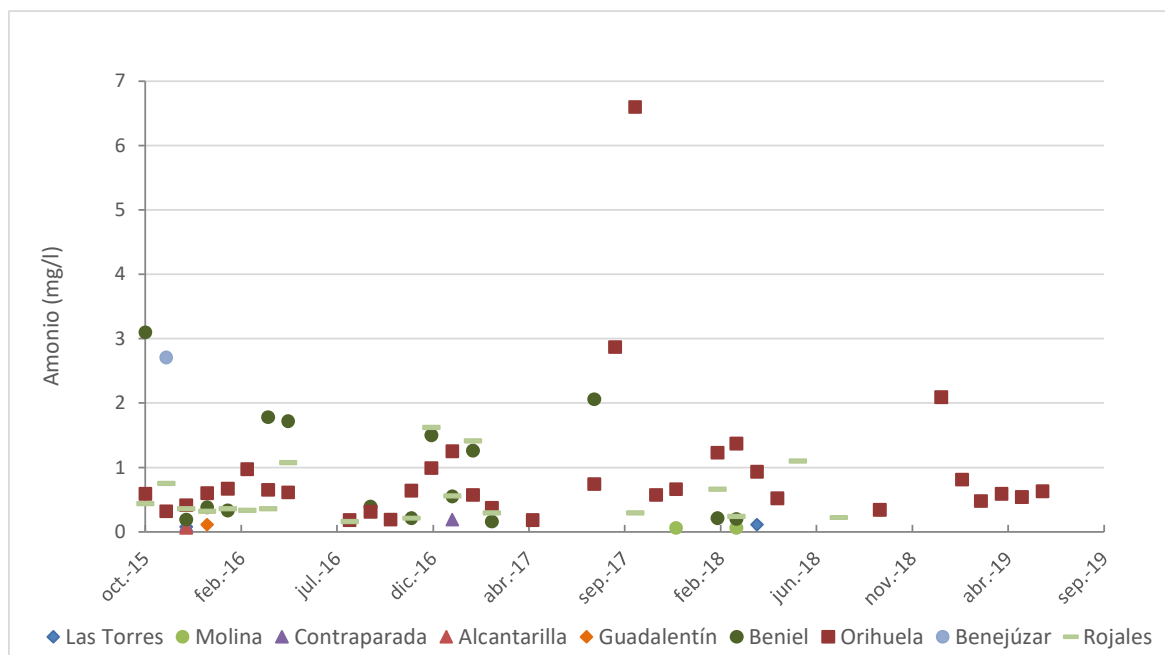


Figura 75. Amonio (mg/l) medido en estaciones ICA del río Segura (confluencia Mula – desembocadura)

A la vista de las figuras se concluye que la concentración de amonio aumenta a lo largo del curso del río. A partir del Azud de Ojós los valores de amonio comienzan a ser elevados. Pero es a partir de la confluencia con el Guadalentín cuando estos valores son muy elevados. En la desembocadura baja un poco la concentración de amonio.

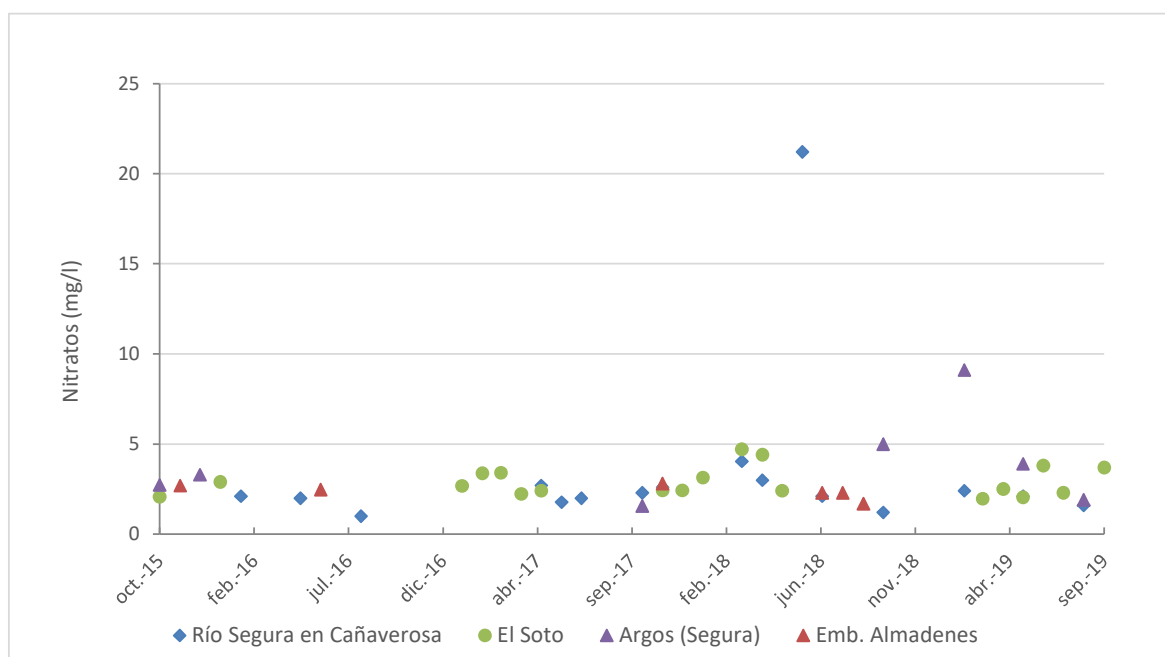


Figura 76. Nitratos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Segura (Mundo – Almadenes)

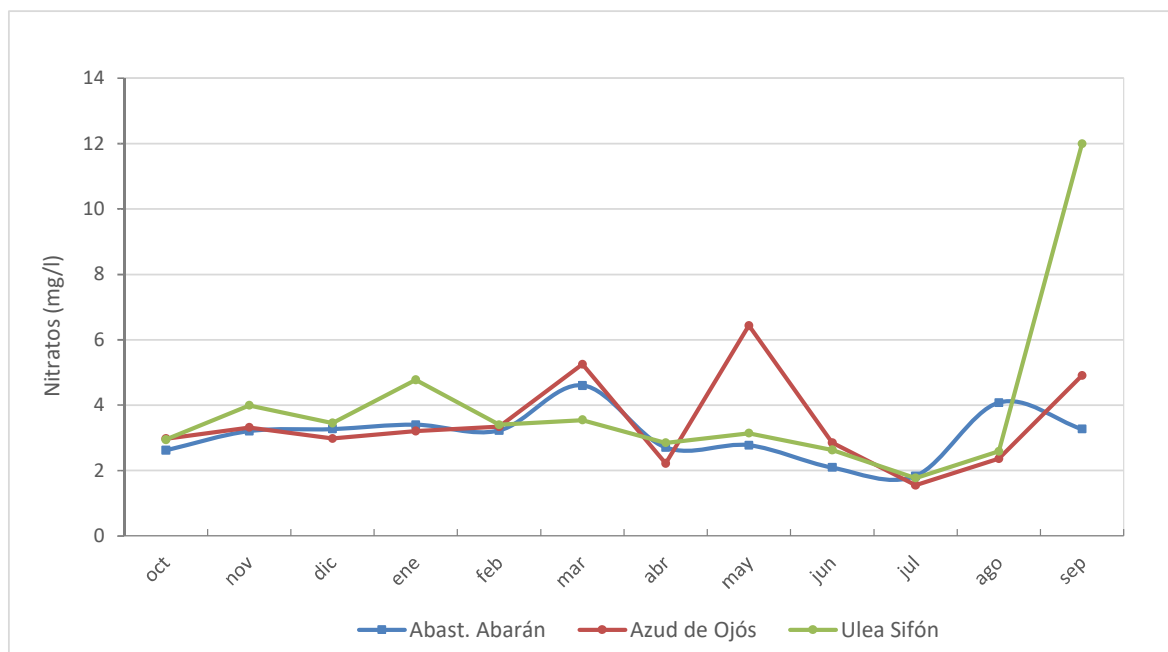


Figura 77. Nitratos (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (Rambla del Judío- confluencia Mula)

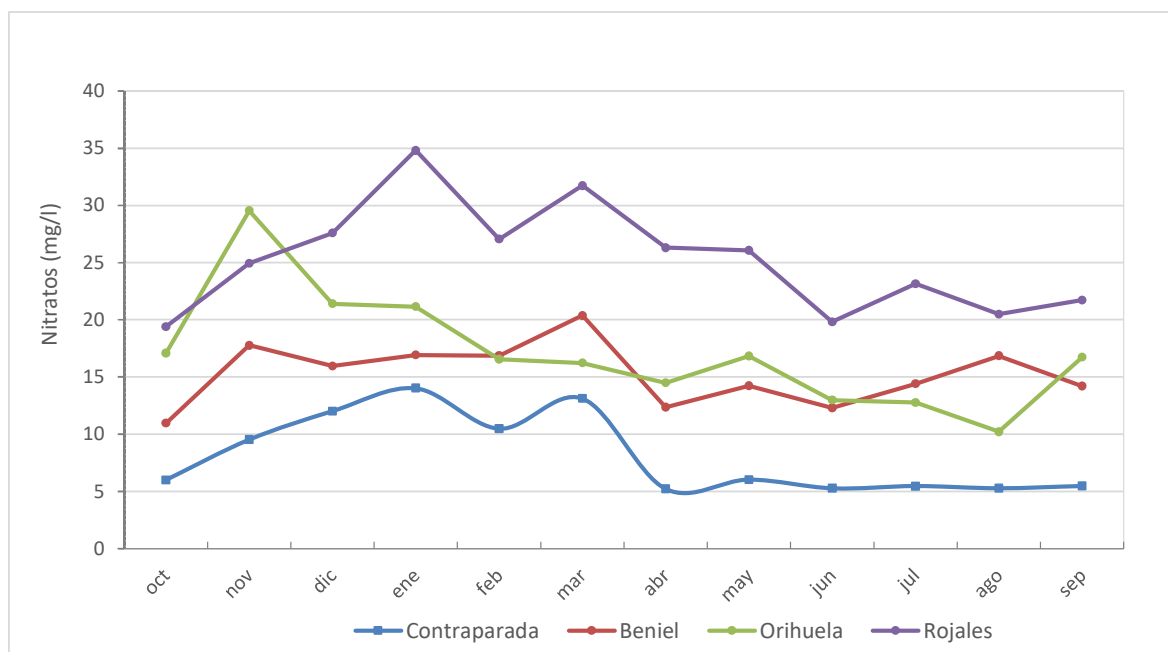


Figura 78. Nitratos (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (confluencia Mula – Desembocadura)

Para los nitratos el comportamiento es similar al amonio, aunque, al contrario de lo que ocurre con el amonio, donde los valores bajan al alcanzar la desembocadura, en este caso los valores se mantienen altos al llegar a la misma.

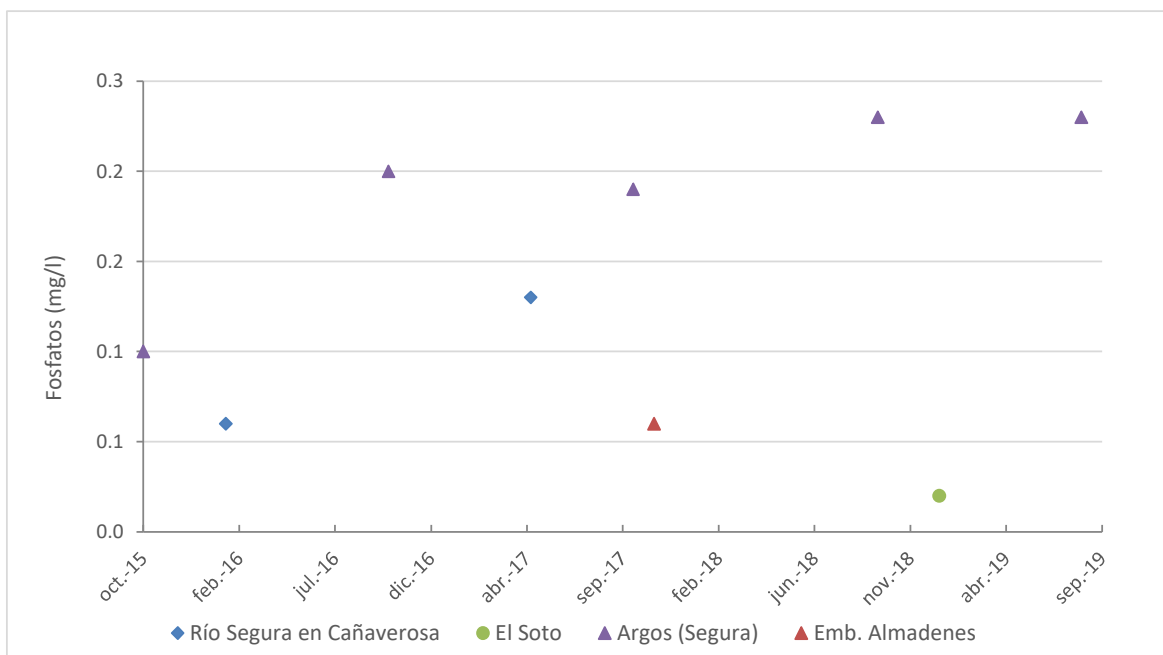


Figura 79. Fosfatos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Segura (Mundo – Almadenes)

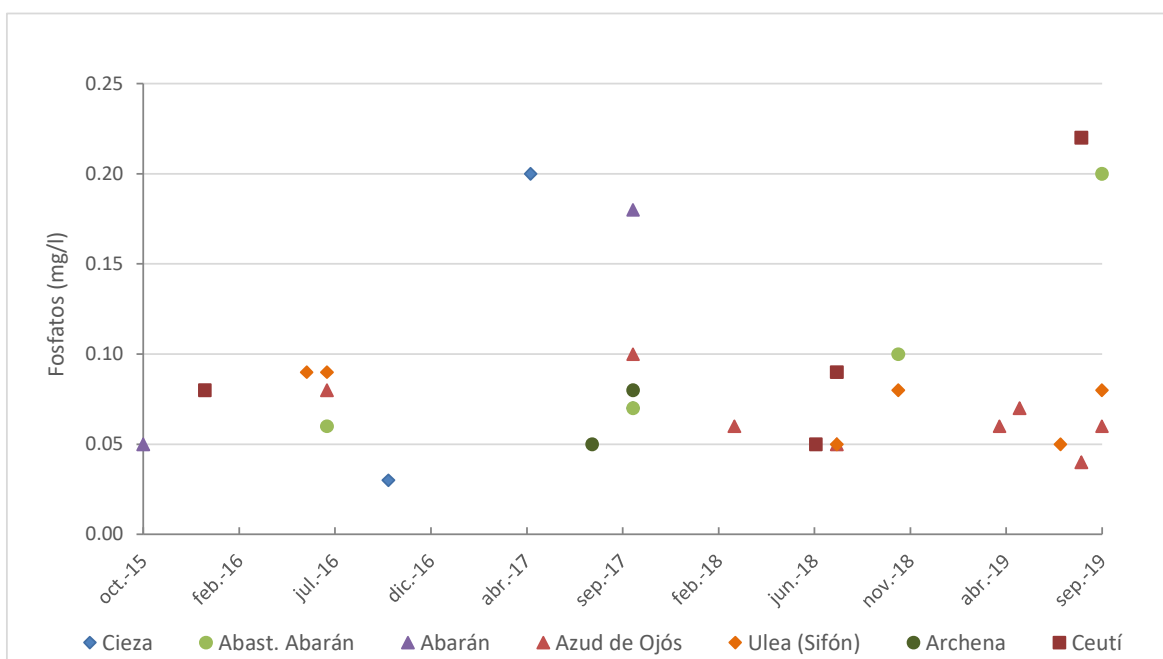


Figura 80. Fosfatos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Segura (Rambla del Judío- confluencia Mula)

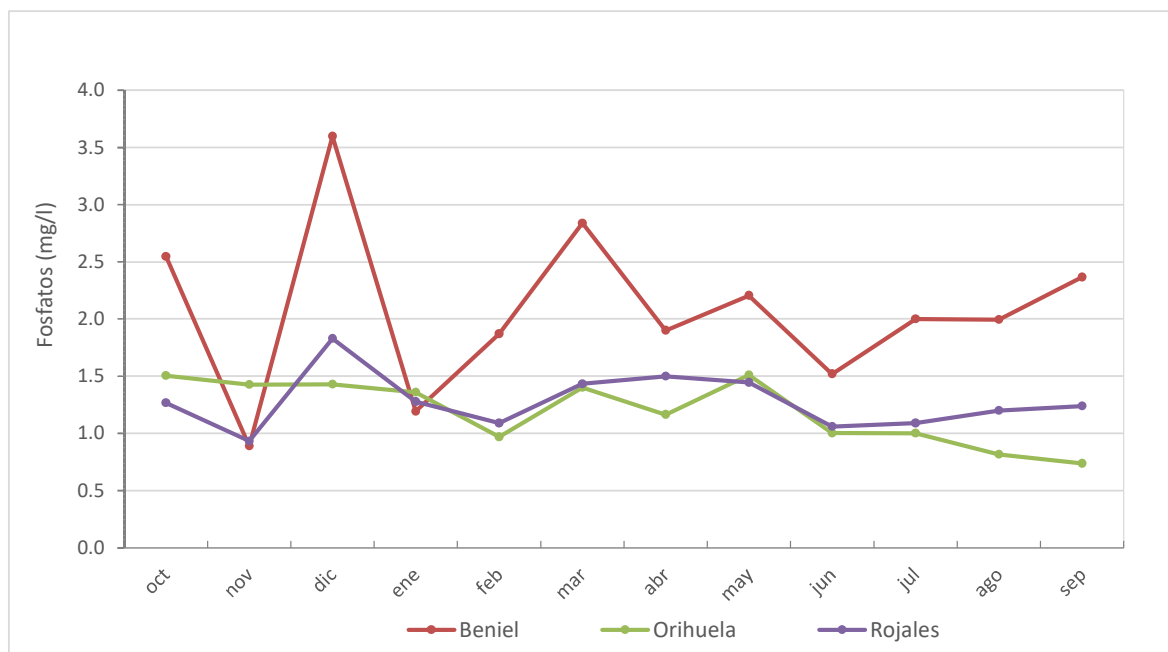


Figura 81. Fosfatos (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (confluencia Mula – desembocadura)

Desde la zona de Archena y de las zonas de vertido de Lorquí y Ceutí se produce un aumento de los fosfatos en la zona. Los grandes problemas de fosfatos se tendrán, sobre todo, en la Vega Baja del Segura, a partir de su confluencia con el río Guadalentín.

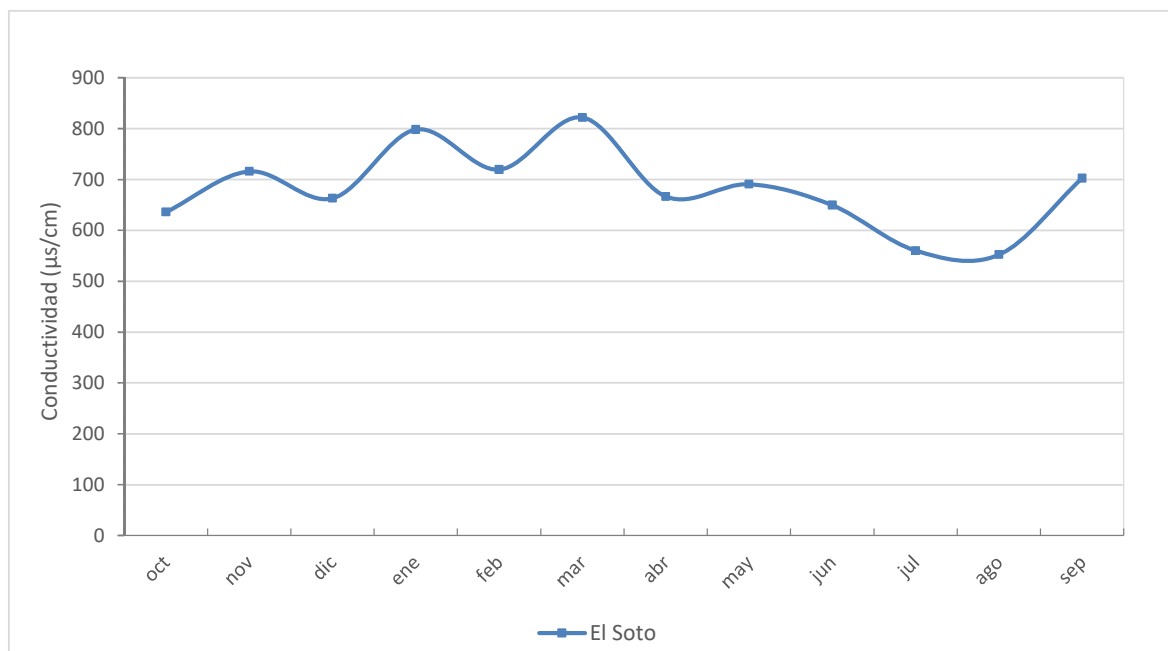


Figura 82. Conductividad (µS/cm) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (Mundo – Almadenes)

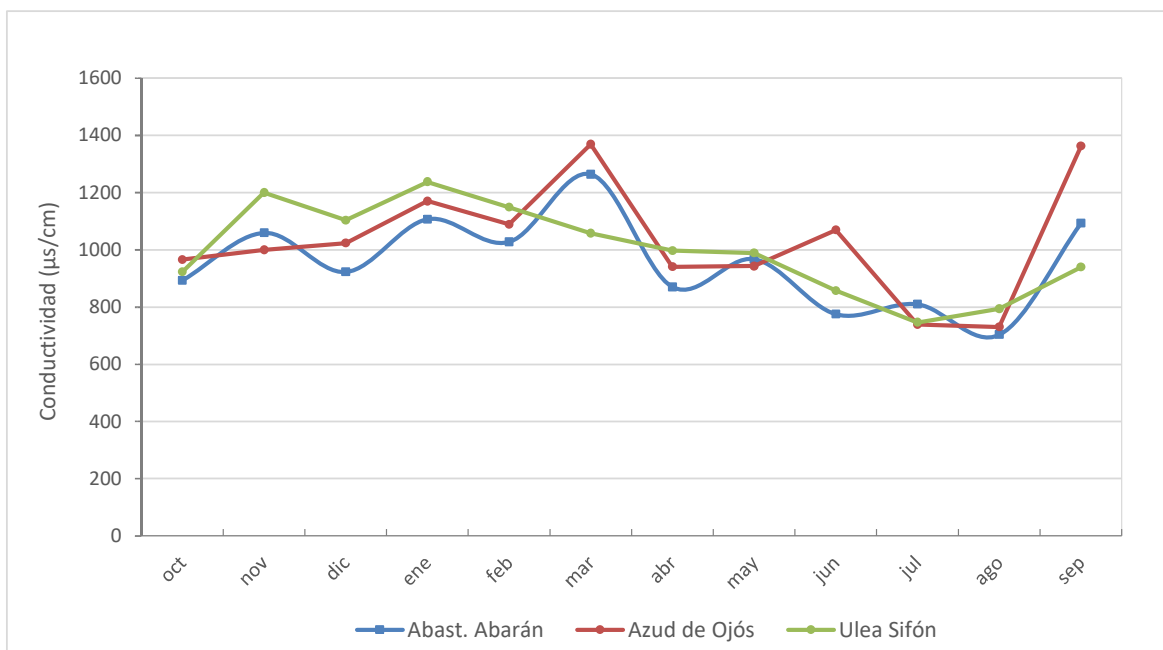


Figura 83. Conductividad (µS/cm) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (Rambla del Judío- confluencia Mula)

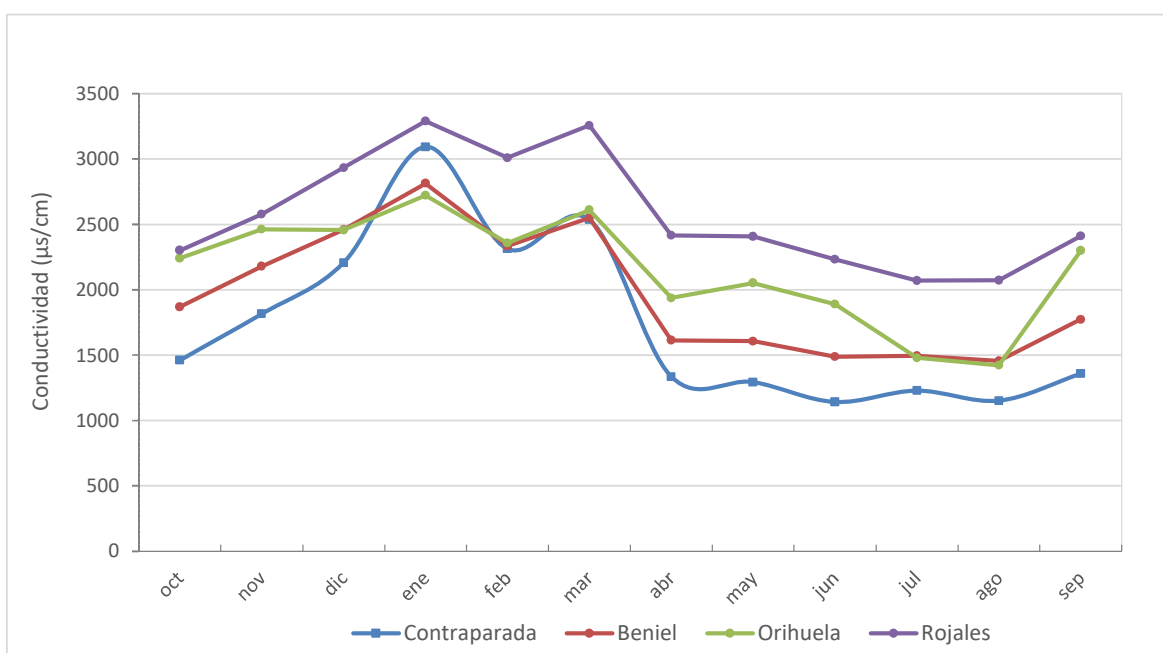


Figura 84. Conductividad (µS/cm) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (confluencia Mula – desembocadura)

La conductividad va ascendiendo a lo largo del trayecto del cauce. Hay que tener en cuenta que el terreno, tanto del propio cauce como de sus afluentes, aporta mucha salinidad, lo que da lugar al aumento de la conductividad.

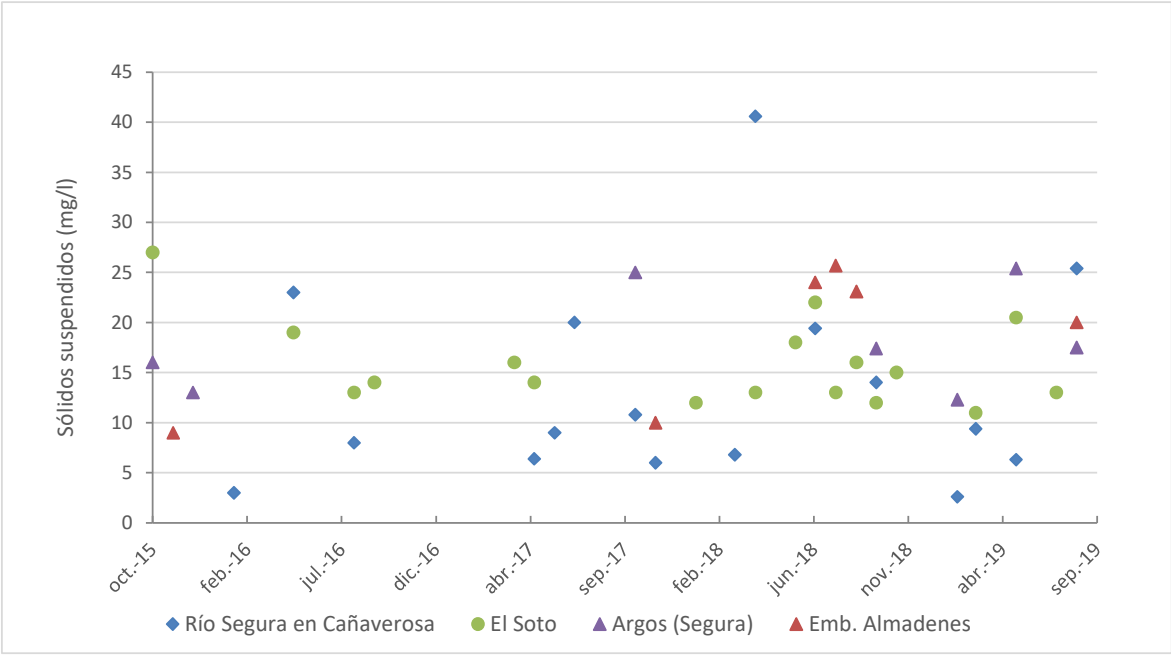


Figura 85. Sólidos suspendidos (mg/l) medidos en estaciones ICA del río Segura (Mundo – Almadenes)

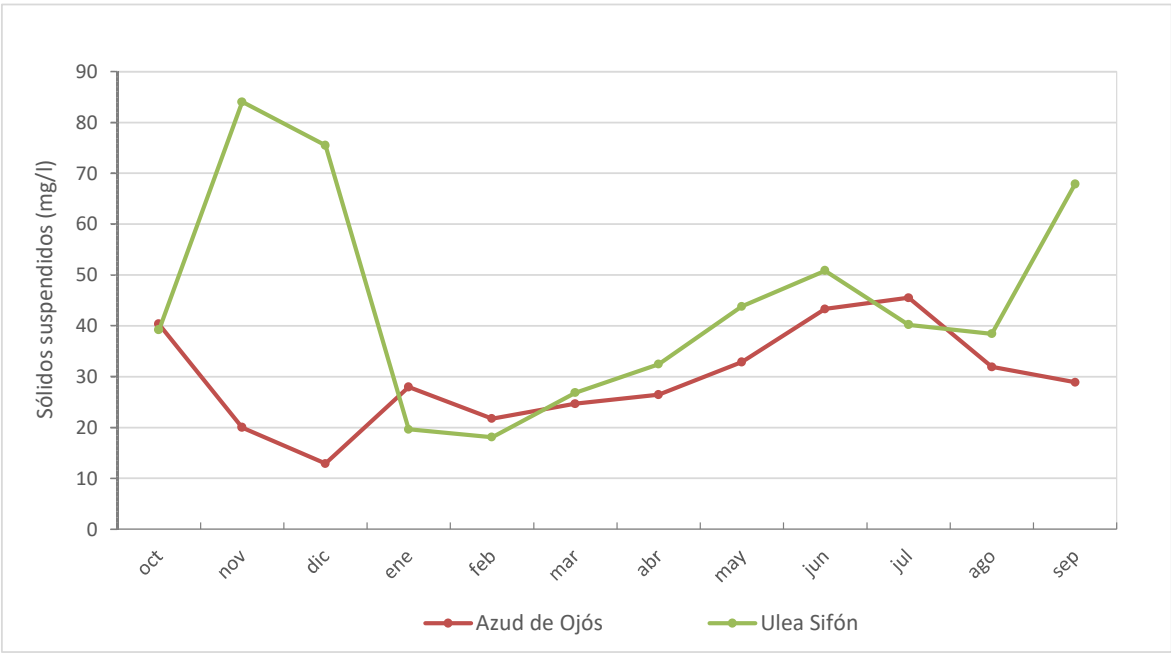


Figura 86. Sólidos suspendidos (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (Rambla del Judío- confluencia Mula)

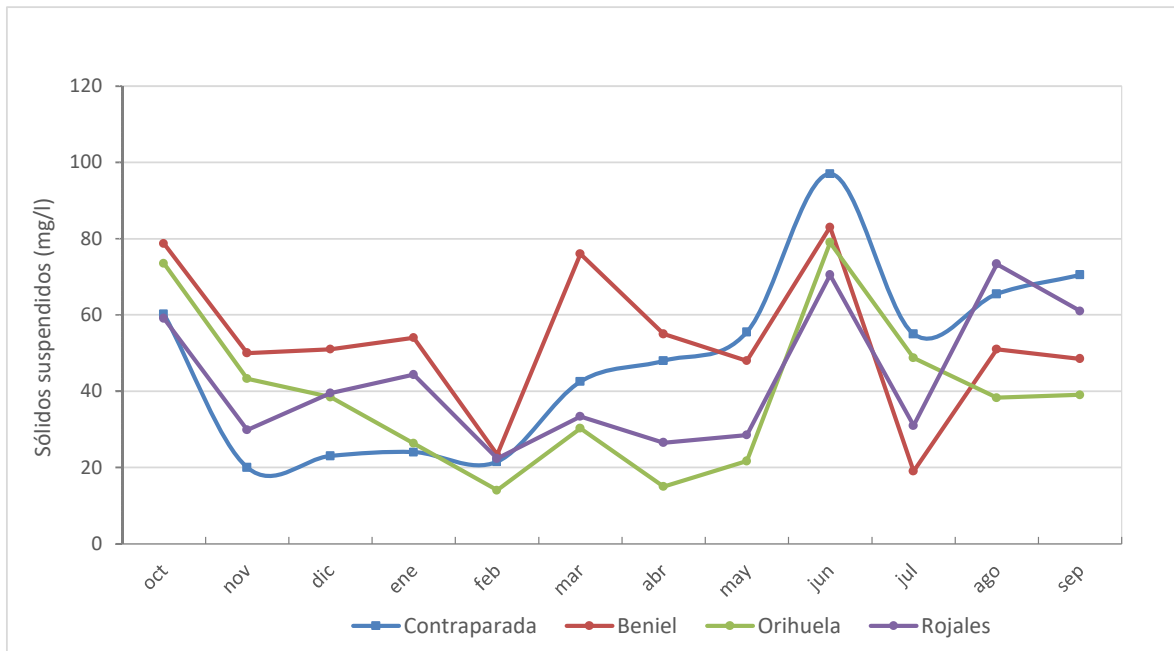


Figura 87. Sólidos suspendidos (mg/l) en un año medio en estaciones ICA del río Segura (confluencia Mula – desembocadura)

Los sólidos van aumentando según el avance del río alcanzando sus peores valores en la Vega Baja del Segura.

7. ESCENARIOS CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD EN LA CUENCA DEL SEGURA

Para el análisis del estado fisicoquímico de las masas de agua de la cuenca del Segura se han elaborado varios escenarios de simulación. Cada uno de ellos cumple un objetivo distinto. Los escenarios son los que se detallan a continuación:

1. Escenario 2019

A partir del modelo de calidad del agua resultante de la calibración realizada en el Ciclo I del Plan Hidrológico 2009-2015 se actualiza la información de entrada al modelo en el periodo 2015-2019 y se contrastan los valores resultantes de la simulación con los valores medidos en las distintas estaciones ICA distribuidas por la cuenca.

2. Escenario tendencial Base.

Una comprobada la validez del modelo con el Escenario 2019 se simulan las condiciones esperadas en el futuro, de acuerdo con las medidas ya planificadas en materia de depuración. Se pretende estimar el estado futuro de la calidad de las aguas y comprobar si se ajustará a lo requerido.

3. Escenarios de Medidas.

Se han desarrollado 2 escenarios de simulación para lograr el buen estado fisicoquímico de las aguas. En uno de estos escenarios se considera tratamiento terciario para todas las EDAR y en el segundo escenario se añade a esta condición la depuración de los vertidos directos a cauce no tratados en EDAR de modo que presenten las mismas condiciones fisicoquímicas que los vertidos de las EDAR.

El presente documento analiza en detalle el escenario actual (Escenario 2019), en el Anexo VIII del Anejo 10 se desarrollan los escenarios futuros.

8. ESCENARIO 2019

El modelo de simulación de la calidad en el Segura se ha efectuado a partir del modelo de calidad de aguas desarrollado en la Confederación Hidrográfica del Segura con el programa GESCAL para el Ciclo I del PH. Este modelo de partida fue calibrado para el periodo 1999-2005. El objetivo del presente estudio es actualizar la información para el periodo 2015-2019 así como los cambios que se han producido en la cuenca durante este tiempo relativos a vertidos, calidad fisicoquímica de las aportaciones, infraestructuras... y contrastar los resultados obtenidos del modelo con las observaciones en estaciones ICA de la cuenca para así validar el modelo de simulación.

8.1. Tramos y masas de agua

Ya que, de forma general, los resultados que se obtienen del modelo de simulación de la calidad se corresponden con los nudos finales de cada tramo, el modelo de gestión se ha modificado para poder visualizar los resultados requeridos.

Las modificaciones principales realizadas son:

- Los tramos que representan más de una masa de agua se han disgregado en subtramos para que cada uno de ellos represente una única masa de agua.
- Se han colocado nudos adicionales en puntos donde existen estaciones ICA o estaciones de aforo, dado que GESCAL proporciona resultados al final de cada tramo.
- También se añaden nudos adicionales en aquellos puntos donde se producen vertidos puntuales.
- Se eliminan del esquema aquellos elementos que tienen nula repercusión en el régimen de caudales y calidades del río Segura.

El esquema definitivo utilizado en el modelo GESCAL, su correspondencia a masas de agua y elemento separador es el siguiente.

Río	Código de Masa	Nombre Masa	Nombre Tramo	Nudo final (separador de tramos)
MUNDO				Nudo inicial: aportación Mundo, Piscifactoría truchas y toma UDA8
	ES070MSPF001010301	Río Mundo desde cabecera hasta confluencia con el río Bogarra	Alto Mundo 1	Nudo separador masa de agua
	ES070MSPF001010302	Río Mundo desde confluencia con el río Bogarra hasta Embalse del Talave	Alto Mundo 2	ICA Liétor
			Alto Mundo 3	ICA Canal Hellín
			Mundo antes Talave	Embalse Talave. Llegada trasvase. Separador masa de agua
	ES070MSPF001010304	Río Mundo desde Embalse del Talave hasta confluencia con el Embalse de Camarillas	Aux. Talave	ICA Talave, Aforo Talave
			Mundo después Talave	Vertido EDAR Hellín y Mingogil. Toma UDA 9
			Mundo acu. El Molar	ICA Azaraque
			Mundo antes Camarillas	Embalse Camarillas. Separador masa de agua.
	ES070MSPF001010306	Río Mundo desde Embalse de Camarillas hasta confluencia con río Segura.	Aux. Camarillas	ICA Camarillas, Aforo Camarillas
			Mundo después Camarillas	Separador masa de agua.
ARROYO TOBARRA	ES070MSPF001011701			Nudo inicial: Aportación Camarillas". Toma UDA 12.
		Rambla de Mullidar	Arroyo de Tobarra 1	Separador masa de agua
	ES070MSPF001011702	Arroyo Tobarra hasta confluencia con rambla Ortigosa	Arroyo de Tobarra 2	Separador masa de agua
	ES070MSPF002081703	Arroyo de Tobarra desde confluencia con rambla de Ortigosa hasta río Mundo	Arroyo de Tobarra 3	Separador masa de agua
RÍO SEGURA	ES070MSPF001010104			Nudo inicial: Aportación Segura Tus.". Tomas UDU 8 y UDA 13
		Río Segura después de confluencia con río Zumeta hasta Embalse de la Fuensanta	Alto Segura	Embalse de la Fuensanta. Separador masa de agua.
	ES070MSPF001010106	Río Segura desde Embalse de la Fuensanta a confluencia con río Taibilla	Aux. Fuensanta	ICA Fuensanta, Aforo Fuensanta
			Segura después Fuensanta	Confluencia Taibilla. Separador masa de agua.
	ES070MSPF001010107	Río Segura desde confluencia con río Taibilla a Embalse del Cenajo	Segura después Taibilla	Toma UDA15
			Segura antes Cenajo 1	ICA Gallegos
			Segura antes Cenajo 2	Embalse del Cenajo. Separador masa de agua. Aportación Cenajo

Río	Código de Masa	Nombre Masa	Nombre Tramo	Nudo final (separador de tramos)
	ES070MSPF001010109	Río Segura desde Cenajo hasta CH de Cañaverosa	Aux. Cenajo	ICA Cenajo, Aforo Cenajo
			Segura después Cenajo 1	ICA Minas y Salmerón.
			Segura después Cenajo 2	Confluencia Mundo.
TAIBILLA	ES070MSPF001011101	Río Taibilla hasta confluencia con Embalse de Taibilla		Nudo inicial: Aportación Taibilla. Toma UDA 14.
			Taibilla Superficial	Embalse Taibilla. Separador masa de agua. Toma UDU 1.
	ES070MSPF001011103	Río Taibilla desde Embalse de Taibilla hasta Arroyo de las Herrerías	Taibilla a MCT	ICA Taibilla, Aforo Presa del Canal
			Taibilla Socovos	Separador masa de agua.
	ES070MSPF001011104	Río Taibilla desde Arroyo de Herrerías hasta confluencia con río Segura	Taibilla a Segura	Confluencia Segura. Separador masa de agua.
RÍO MORATALLA				Nudo inicial: Aportación Moratalla
	ES070MSPF001011801	Río Alhárabe hasta Camping la Puerta	Moratalla acu. Somogil	ICA Camping
	ES070MSPF001011802	Río Alhárabe aguas abajo de Camping la Puerta	Moratalla después Somogil	Toma UDA16
			Moratalla a Segura 1	Vertido EDAR Moratalla.
			Moratalla a Segura 2	Separador masas de agua
	ES070MSPF001011803	Moratalla en embalse	Embalse Moratalla	Separador masas de agua
	ES070MSPF001011804	Río Moratalla aguas abajo del embalse	Moratalla a Segura 3	Confluencia Segura. Separador masas de agua
RÍO ARGOS				Nudo inicial: Aportación Argos. Tomas UDA 26 y UDA 27
	ES070MSPF001011901	Río Argos antes del embalse	Argos antes embalse 1	Vertido residual EDAR Caravaca
			Argos antes embalse 2	Embalse Argos. Separador masas de agua.
	ES070MSPF001011903	Río Argos después del embalse	Aux. Argos	Aforo Argos. Tomas UDA 29
			Argos a Segura 1	Vertido EDAR Calasparra
			Argos a Segura 2	Confluencia Segura.
RÍO QUÍPAR				Nudo inicial: aportación Quípar. Tomas UDA 30 y UDA 31
	ES070MSPF001012001	Rambla de Tarragona y Barranco de la Junquera	Río Quípar 1	Separador masas de agua.
	ES070MSPF001012002	Río Quípar antes del embalse	Quípar antes vertido	Vertido EDAR Bullas.
			Quípar antes embalse	Embalse Alfonso XIII. Separador masas de agua.

Río	Código de Masa	Nombre Masa	Nombre Tramo	Nudo final (separador de tramos)
	ES070MSPF001012004	Río Quípar después del embalse	Aux. Alfonso XIII	ICA Alfonso XIII, Aforo Alfonso XIII
			Quípar a Segura	Confluencia Segura. Separador masas de agua.
MULA				Nudo inicial: Aportación Mula
	ES070MSPF001012301	Río Mula hasta embalse de La Cierva	Mula antes Cierva	Embalse de La Cierva. Separador masas de agua.
	ES070MSPF001012303	Río Mula desde el embalse de La Cierva a Río Pliego	AF08. Mula después Cierva	Tomas UDA 44 y UDA 73
	ES070MSPF001012304	Río Mula desde el río Pliego hasta el embalse de los Rodeos	Pliego a Baños	Aportación Baños
			AF09. Mula antes Baños	ICA Baños, Aforo Baños
			Mula después de Baños	ICA Mula
			Mula a Rodeos	Vertido Alguazas
	ES070MSPF001012306 y ES070MSPF001012307	Río Mula desde embalse de Los Rodeos a Río Segura	AF05. Mula a Segura	Confluencia Segura.
RÍO GUADALENTÍN				Nudo inicial: Aportación Valdeinfierno. Tomas UDU10 y UDA 60.
	ES070MSPF001010201	Río Caramel	Caramel antes Valdeinfierno	Embalse de Valdeinfierno. Separador masas de agua.
	ES070MSPF001010203	Río Luchena hasta Embalse de Puentes	Aux. Valdeinfierno	Aforo Valdeinfierno
			Caramel antes Puentes	Embalse de Puentes. Aportación Puentes. Separador masas de agua.
	ES070MSPF001010205	Río Guadalentín antes de Lorca desde Embalse de Puentes	Aux. Puentes	ICA Puentes, Aforo Puentes
			Guadalentín desde Puentes 1	Separador masas de agua.
			Guadalentín antes de curtidos	Vertido Fábrica de curtidos
	ES070MSPF001010206	Río Guadalentín desde Lorca hasta surgencia de agua	Guadalentín después de curtidos	Aportación Paso de Los Carros. ICA Santa Gertrudis
			Guadalentín desde Puentes 6	Vertido EDAR Totana.
	ES070MSPF001010207	Río Guadalentín después Surgencia de Agua hasta embalse el Romeral (1)	Guadalentín desde Puentes 7	Separador masas de agua.
	Sin Masa	Sin Masa (Embalse del Romeral, no simulado)	Guadalentín desde Puentes 8	Separador masas de agua.

Río	Código de Masa	Nombre Masa	Nombre Tramo	Nudo final (separador de tramos)
			Embalse Romeral 1 (2)	Separador masas de agua.
			Embalse Romeral 2 (2)	Separador masas de agua.
			Guadalentín antes Paso	Separador masas de agua.
			Guadalentín a Segura	Confluencia Segura. Separador masas de agua.
RÍO SEGURA (desde río Mundo hasta río Quípar)	ES070MSPF001010209	Río Guadalentín desde el embalse del Romeral hasta el Reguerón	Guadalentín antes Paso	Separador masas de agua.
			Guadalentín a Segura	Confluencia Segura. Separador masas de agua.
			Segura antes Moratalla	Confluencia Río Moratalla. Aforo Moratalla
	ES070MSPF001010109 (Nota: esta masa de agua ya presenta algunos tramos en RÍO SEGURA)	Río Segura desde Cenajo hasta CH de Cañaverosa	Segura antes UDA 17_1	ICA Juntas y Santuario
			Segura antes UDA 17_2	Toma UDA 17. Separador masas de agua.
			Segura antes Argos 1	ICA El Soto y aforo Calasparra
			Segura antes Argos 2	Confluencia río Argos
			Segura antes Quípar 1	ICA Argos en el Segura
			Segura antes Quípar 2	Confluencia Río Quípar. Separador masas de agua.
RIO SEGURA (desde Quípar a Ojós)	ES070MSPF001010110	Río Segura desde CH Cañaverosa a Quípar	Segura antes Argos 1	ICA El Soto y aforo Calasparra
			Segura antes Argos 2	Confluencia río Argos
			Segura antes Quípar 1	ICA Argos en el Segura
			Segura antes Quípar 2	Confluencia Río Quípar. Separador masas de agua.
	ES070MSPF001010111	Río Segura desde confluencia con río Quípar a Azud de Ojós	Segura antes Almadenes	Aportación Almadenes
			Aux. Almadenes	ICA Almadenes, Aforo Almadenes
			Segura acu. Calasparra 1	ICA Puente Carretera de Mula
			Segura antes de Cieza	Aportación Cieza
			Aux. Cieza	ICA Cieza, Aforo Cieza
			Segura antes Menjú 1	Vertido EDAR Cieza
			Segura antes Menjú 2	Aportación Menjú
			Segura antes Abarán 1	ICA Abastecimiento Abarán. Aforo Menjú
			Segura antes Abarán 2	Aportación Abarán
			Aux. Abarán	ICA Abarán, Aforo Abarán
			Segura antes Ojós 1	Vertido EDAR Abarán
			Segura antes Ojós 2	
RIO SEGURA (Ojós a Guadalentín)	ES070MSPF001010113	Río Segura desde el Azud de Ojós a depuradora aguas debajo de Archena	Ojós a Archena 1	Separador de masas
			Ojós a Archena 2	ICA Azud de Ojós
			Ojós a Archena 3	ICA Ulea Sifón

Río	Código de Masa	Nombre Masa	Nombre Tramo	Nudo final (separador de tramos)
			Ojós a Archena 4	Aportación Archena
			Aux. Archena	ICA Archena, Aforo Archena
			Archena a Mula 1	Vertido EDAR Archena
	ES070MSPF001010114	Río Segura desde depuradora de Archena hasta Contraparada	Archena a Mula 2	ICA Lorquí
			Archena a Mula 3	Vertido ESDAR Lorquí-Ceutí, EDAR Molina Norte
			Archena a Mula 4	ICA Ceutí
			Archena a Mula 5	
			Archena a Mula 6	Aportación Mula
			Aux. Mula	ICA Las Torres y Molina
			Mula a Contraparada con Vega Alta	Aportación Contraparada. Vertido EDAR Torres de Cotillas
			Aux. Contraparada	ICA Contraparada, Aforo Contraparada, Tomas UDU13, UDA 32 y UDA 34.
	ES070MSPF002080115	Encauzamiento Río Segura entre Contraparada y Reguerón	Segura tras Contraparada	Separador masas de agua.
			Segura con Bullas	Relación río Segura con acuífero Bullas
			Segura con Sierra Espuña	Relación río Segura con acuífero Sierra Espuña
			Segura Vega Media 1	Relación río Segura con acuífero Vega Media, ICA Alcantarilla
			Segura Vega Media 2	Confluencia Reguerón
RÍO SEGURA (Guadalentín a desembocadura)	ES070MSPF002080116	Encauzamiento río Segura, desde Reguerón a desembocadura	Segura Vega Baja 1	ICA Guadalentín
			Segura Vega Baja 2	Vertido EDAR San Antón
			Segura Vega Baja 3	Vertido EDAR Beniel
			Segura Vega Baja 5	Aportación Beniel
			Aux. Beniel	ICA Beniel, Aforo Beniel
			Segura después Beniel	Vertido EDAR Santomera, EDAR El Raal.
			Segura Vega Baja 6	Vertido EDAR Orihuela R. Bonanza
			Segura Vega Baja 7b	ICA Orihuela
			Segura Vega Baja 8	Vertido EDAR Orihuela

Río	Código de Masa	Nombre Masa	Nombre Tramo	Nudo final (separador de tramos)
			Segura Vega Baja 9a	Vertido EDAR Benejúzar
			Segura Vega Baja 9b	ICA Puente Benejúzar. Vertido EDAR Algorfa
			Segura Vega Baja 10	ICA Rojas
			Segura Vega Baja 11	Retornos La Pedrera
			Segura Vega Baja 12	San Antonio
			Segura desagüe	Desembocadura

Tabla 9. Correspondencia entre masas de agua y tramos de río del modelo de calidad.

(1) “Guadalentín desde Puentes 7” tiene parte de su tramo en ES070MSPF001010206, siendo de poca longitud el solape. Se tomará el tramo común dentro de la masa ES070MSPF001010207 asumiendo todas las características impuestas a este tramo.

(2) El Embalse del Romeral no se ha incluido en el esquema y se ha incorporado un tramo de río en su lugar.

8.2. Recursos del sistema en el modelo de simulación

El modelo precisa la cantidad de agua que circula por el esquema. Esta agua se introduce mediante aportaciones (hm^3/mes) en nudos del esquema indicando además la calidad de éstas, es decir, las concentraciones en los contaminantes considerados en el estudio y que se detallan en el apartado 8.4 Datos de Calidad.

8.2.1. Aportaciones naturales al esquema

Los volúmenes de agua entrantes se han obtenido según la restitución natural de estudio “Plan de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía en la cuenca del Segura” (Ministerio de Transición Ecológica, diciembre 2018).

Esta restitución al régimen natural se ha modificado para poder introducir los vertidos de las EDAR. Es decir, al incluir los vertidos de las EDAR como volúmenes de agua entrantes al sistema se ha de deducir de las aportaciones naturales el volumen aportado por éstas para que la cantidad de agua disponible sea siempre la misma.

El modelo Segura consta de 18 aportaciones naturales, mientras que el modelo Mula consta de 2 aportaciones. Se aportan los datos de caudales entre 10/2015 y 09/2019.

Las aportaciones naturales al sistema y su volumen medio anual (periodo oct-99 a sep-05) son las reflejadas en la siguiente tabla.

Sistema	Aportación	Volumen medio anual (hm^3 /año)
Río Mundo	CAMARILLAS	30,37
Río Mundo	MUNDO	102,13
Sierra del Segura	CENAJO	82,65
Sierra del Segura	SEGURA-TUS	282,63
Sierra del Segura	TAIBILLA	51,87
Noroeste	ARGOS	14,65
Noroeste	MORATALLA	18,19
Noroeste	QUÍPAR	19,21
Mula	BAÑOS	17,25
Mula	MULA	6,43
Guadalentín	PASO DE LOS CARROS	22,17
Guadalentín	PUENTES	27,99
Guadalentín	VALDEINFIERNO	9,77
Vega Alta	ABARÁN	4,52
Vega Alta	ALMADENES	11,61
Vega Alta	ARCHENA	3,01
Vega Alta	CIEZA	5,57

Sistema	Aportación	Volumen medio anual (hm ³ /año)
Vega Alta	CONTRAPARADA	14,60
Vega Alta	MENJÚ	0,07
Vega Media	BENIEL	4,44

Tabla 10. Aportaciones naturales en el modelo de calidad.

La aportación “Paso de los Carros” se ha situado aguas arriba de su localización geográfica (aforo Paso de los Carros). Esta aportación es resultado de los aportes intercuenca entre el aforo de Puentes y el de Paso de los Carros pero, de situarla en el punto final del tramo no sería aprovechada por las UDAs del Valle del Guadalentín, que sí aprovechan ese recurso.

8.2.2. Aportaciones subterráneas al esquema.

Los acuíferos pueden tener una relación directa con los caudales circulantes por el río Segura y por tanto deben ser incluidos en el modelo de calidad.

En la siguiente tabla pueden verse los acuíferos incluidos finalmente en el modelo, que serán aquellos que tengan alguna influencia sobre los caudales circulantes en el río Segura. La tabla recoge, además, el nombre de la Unidad Hidrogeológica que engloba el acuífero simulado, la tipología y el tipo de influencia sobre el caudal del río.

Los parámetros característicos de cada tipología han sido calibrados en el modelo de gestión de la cuenca y se pueden consultar en el Anexo II del Anejo 6.

Acuífero	Masa de Agua Subterránea	Tipología	Influencia
Ascoy-Sopalmo	Ascoy-Sopalmo	Depósito	Demanda con abastecimiento superficial y subterráneo
Caravaca	Caravaca	Manantial	Relación río-acuífero tramo inicial Argos
Somogil	Anticlinal de Socovos	Manantial	Relación río-acuífero tramo inicial Moratalla
Bajo Quípar-Bullas	Bajo Quípar Bullas	Manantial	Relación río-acuífero tramo “Segura con Bullas”
Alto Quípar – Otros	Alto Quípar Sierra de la Zarza	Manantial	Relación río acuífero tramo inicial Quípar
Sierra Espuña	Sierra de Espuña Santa-Yéchar Aledo Oro-Ricote	Manantial	Relación río acuífero tramo “Segura con Sierra Espuña” Relación-acuífero con tramo “Mula antes Baños”
Vega Media	Vega Media y Baja	Unicelular	Relación río-acuífero con tramo “Segura Vega Media 1”
El Molar	El Molar	Unicelular	Relación río-acuífero con tramo “Mundo acu. El Molar”
Anticlinal de Socovos	Anticlinal de Socovos	Unicelular	Relación río acuífero con tramo “Taibilla acu. Socovos”
Valdeinfierno-Otros	Valdeinfierno Orce-María Chirivel-Vélez Puentes	Unicelular	Relación río acuífero con tramo “Caramel antes Puentes”
Infiltración Cenajo		Unicelular	Ficticio, recoge la infiltración del embalse del Cenajo y esta llega a “Segura después Cenajo 1”
Vega Baja I	Vega Media y Baja	Tres niveles	Relación río-acuífero con tramos “Segura Vega Baja 1” y “Azarbe Vega Baja 1”
Vega Baja II	Vega Media y Baja	Tres niveles	Relación río-acuífero con tramos “Azarbe Vega Baja II” y “Segura Vega Baja 6”
Vega Alta	Vega Alta del Segura	Autovalores	Relación río-acuífero con tramo “Segura a Contraparada con Vega Alta”
Sinclinal de Calasparra	Sinclinal de Calasparra	Autovalores	Relación río-acuífero con tramo “Segura acu. Calasparra 1”
Bullas	Bullas	Unicelular	Relación río-acuífero con tramo “Mula antes Cierva”

Tabla 11. Acuíferos simulados en el modelo de calidad.

8.2.3. Reutilización

Las aguas destinadas a una demanda no son consumidas en su totalidad sino que una parte de ellas vuelve al sistema y son susceptibles de volver a ser utilizadas, ya sea discurriendo libremente por el curso del río o satisfaciendo otras demandas.

En el modelo de simulación de la calidad se tiene gran número de retornos agrarios que son utilizados por otras demandas.

8.2.4. Desalinización

No se ha incluido la desalación en el modelo de simulación de la calidad. El agua desalada nunca es vertida al sistema, va siempre directa a las unidades de demanda, por lo que no influye en los caudales circulantes ni en la calidad de éstos.

8.2.5. Traspase Tajo-Segura

Una fuente importante de recursos hídricos en la cuenca son los recursos procedentes de la cuenca del Tajo. Estos volúmenes, regulados en la Ley 10/2001, de 5 de julio, se fijaron en una primera fase en un máximo de 600 hm³/año y, en una segunda, en 1.000 hm³/año.

Para el escenario 2019 se han utilizado los datos históricos de consumo extraídos de la web del Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico (<https://www.chsegura.es/es/cuenca/infraestructuras/postrasvase-tajo-segura/historicos/index.html#consumos>).

La serie utilizada para el trasvase ha sido la siguiente:

Mes	Año hidrológico			
	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19
Octubre	15,20	11,59	14,11	25,41
Noviembre	15,20	11,59	14,11	25,41
Diciembre	15,20	11,59	14,11	25,41
Enero	15,20	11,59	14,11	25,41
Febrero	15,20	11,59	14,11	25,41
Marzo	15,20	11,59	14,11	25,41
Abril	15,20	11,59	14,11	25,41
Mayo	15,20	11,59	14,11	25,41
Junio	15,20	11,59	14,11	25,41
Julio	15,20	11,59	14,11	25,41
Agosto	15,20	11,59	14,11	25,41

Mes	Año hidrológico			
	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19
Septiembre	15,20	11,59	14,11	25,41

Tabla 12. Datos del ATS introducidos al modelo de simulación de calidad (hm³/mes).

8.2.6. Vertidos

Tras el uso del agua por los distintos usuarios se reintroduce la misma al sistema. Generalmente este uso del agua modifica la calidad de ésta por lo que al introducirla en el sistema modificará la calidad de las aguas iniciales. Se suele asociar la palabra “vertido” a “desecho” implicando que las aguas residuales (las aguas vertidas) no tienen ninguna utilidad. Esto no es así, en realidad las aguas residuales vertidas son una gran fuente de recursos y pueden seguir siendo utilizadas para distintos usos siempre y cuando las características de las aguas a utilizar no superen los umbrales de calidad exigible en el uso.

Para el presente modelo se ha realizado un estudio de todos los vertidos existentes en la cuenca. La información ha sido proporcionada por Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Segura y por las entidades de saneamiento ESAMUR (Murcia) y EPSAR (Alicante).

Comisaría de Aguas de la CHS ha proporcionado la información correspondiente a aquellos vertidos sujetos a canon de vertido en toda la demarcación hidrográfica del Segura, para los años 2016, 2017, 2018 y 2019. ESAMUR y EPSAR han proporcionado la información relativa a los vertidos de las EDAR de Murcia y Alicante.

A diferencia del modelo de calidad elaborado para el ciclo II del PH, en el presente modelo se incorpora la EDAR del Raal de construcción en 2007, la EDAR de Santomera Norte y la EDAR de Algorfa-Benejúzar. Las EDAR de Totana y Almoradí, presentes en el modelo del Ciclo II, se eliminan en esta actualización del modelo por reutilización directa del 100% del agua tratada.

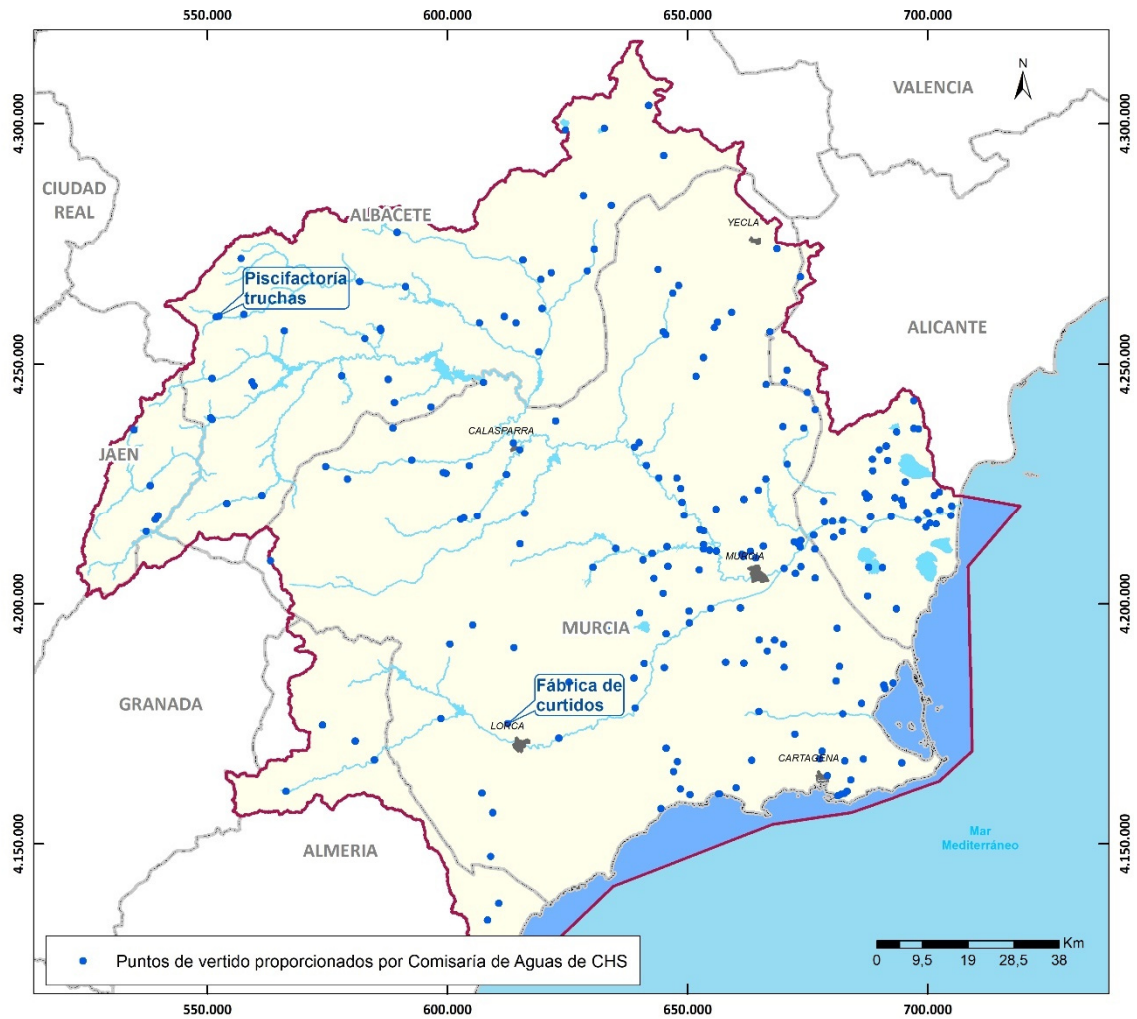


Figura 88. Puntos de vertido proporcionados por Comisaría de Aguas de CHS.

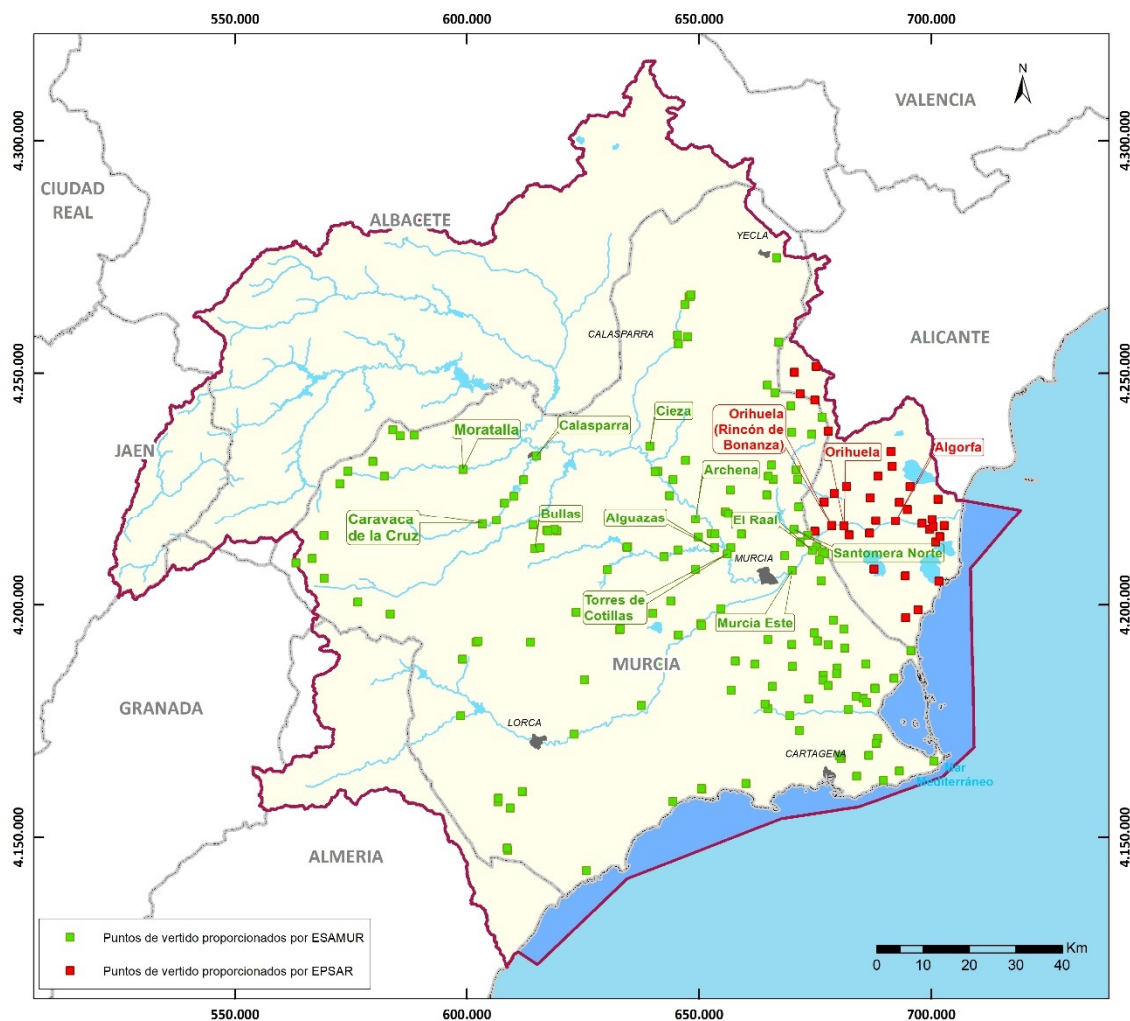


Figura 89. Puntos de vertido proporcionados por ESAMUR y EPSAR.

Se ha realizado un filtro para incluir en el modelo de calidad solamente aquellos vertidos que pueden tener alguna influencia sobre la calidad de las aguas del río Segura.

El filtro consiste en:

- Considerar aquellos vertidos que desembocan en el sistema del río Segura, desechando los que van a parar fuera del sistema o al mar.
- Considerar aquellos vertidos que superen los 250.000 m³ al año.
- Se diferencia entre vertidos puntuales y vertidos difusos.

Aquellos vertidos que tengan un volumen de vertido superior al indicado (250.000 m³/año) se introducirán en un nudo concreto del modelo mediante una aportación intermedia, es decir, mes a mes, durante el periodo de simulación, se conocerá tanto el caudal vertido como las características fisicoquímicas del mismo. Son los denominados vertidos puntuales, que se detallan en la Tabla 13, en la que aparecen únicamente las EDAR en las que un porcentaje del agua tratada es reutilizado indirectamente por vertido a cauce. Las EDAR con reutilización directa, con vertido al

mar o reutilización indirecta por infiltración no se han incluido porque no van a afectar a la calidad del río.

La tabla incluye el código de vertido según el inventario de Comisaría de Aguas, el nombre del vertido, la entidad de la que se han tomado los valores, el caudal tratado en el año 2019 y el porcentaje de reutilización por vertido a cauce.

Sistema	Código	Nombre	Entidad	Volumen tratado (m ³ /año)	Reutilización por vertido a cauce (%)
Río Mundo	(092)-005	Piscifactoría truchas	CAA	5.676.480	100
Noroeste	(026)-022	Bullas	ESAMUR	932.147	10
Noroeste	(027)-004	Calasparra	ESAMUR	659.778	100
Noroeste	(030)-001	Caravaca de la Cruz	ESAMUR	1.536.681	30
Noroeste	(071)-006	Moratalla	ESAMUR	651.425	50
Mula	(011)-001	Alguazas	ESAMUR	1.076.650	100
Guadalentín	(063)-196	Fábrica de curtidos	CAA	269.852	100
Vega Alta	(015)-017	Archena	ESAMUR	1.792.326	100
Vega Alta	(036)-035	Cieza	ESAMUR	2.485.914	25
Vega Alta	(105)-028	Torres de Cotillas	ESAMUR	1.602.051	100
Vega Baja	(010)-5	Algorfa	EPSAR	397.778	100
Vega Baja	(073)-064	El Raal	ESAMUR	3.950.557	100
Vega Baja	(077)-006	Orihuela	EPSAR	2.076.104	97
Vega Baja	(077)-102	Orihuela. Rincón de Bonanza	EPSAR	486.167	100
Vega Baja	(098)-10	Santomera Norte	ESAMUR	1.137.404	100
Vega Media	(073)-165	Murcia Este	ESAMUR	36.952.999	100

Tabla 13. Vertidos puntuales considerados para el año 2019.

Nombre	Volumen (m ³ /año)			
	2016	2017	2018	2019
Alguazas	1.163.949	1.129.716	1.257.996	1.076.650
Archena	1.847.562	1.682.218	1.676.592	1.792.326
Bullas	104.989	90.079	84.139	93.215
Calasparra	634.776	604.239	615.156	659.778
Caravaca de la Cruz	488.215	497.324	438.038	461.004
Cieza	501.638	527.045	584.667	621.479
El Raal	3.601.143	3.708.065	3.732.132	3.950.557
Moratalla	337.618	325.448	325.836	325.713
Murcia Este	35.730.300	36.967.000	34.011.996	36.952.999
Santomera Norte	977.416	1.026.019	1.000.572	1.137.404
Torres de Cotillas	1.518.758	1.459.660	1.515.540	1.602.051
Algorfa	441.657	436.561	432.906	397.778
Orihuela	1.887.064	1.927.476	1.919.556	1.958.130

Nombre	Volumen (m ³ /año)			
	2016	2017	2018	2019
Orihuela. Rincón de Bonanza	330.177	409.946	410.564	486.167
Fábrica de Curtidos	269.852	269.852	269.852	269.852
Piscifactoría truchas	5.676.480	5.676.480	5.676.480	5.676.480

Tabla 14. Volumen vertido (m³/año) en el periodo de simulación.

Los vertidos difusos se considera que no influyen notablemente en la calidad de las aguas del río Segura y se agregarán introduciendo una carga constante contaminante a lo largo de determinados tramos del modelo. Las cargas que aportan los vertidos difusos serán comentadas en el apartado 8.4.3 Calidad fisicoquímica de los vertidos difusos.

8.3. Unidades de demanda

En el modelo de simulación de la calidad el número de demandas a incluir es inferior al de un modelo de gestión ya que aquellas demandas que no toman aguas superficiales del río, al no influir en su dinámica de caudales, se eliminan del modelo. Se describen en detalle en el epígrafe 1.3 del anexo II del Anejo 6 *Sistemas de explotación y balances*. En el caso de demandas atendidas con recursos subterráneos, se han incluido siempre que exista conexión hidráulica entre el acuífero del que se abastece la demanda y el río.

8.4. Datos de Calidad

Los parámetros fisicoquímicos que hay que incorporar en cada uno de los elementos del sistema son: oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno (DBO₅), amonio, nitratos, fosfatos, conductividad y sólidos suspendidos.

Los elementos del modelo en los que incorporar información de calidad son:

- Aportaciones naturales y aportaciones del Trasvase ATS.
- Vertidos puntuales.
- Contaminación difusa en diferentes tramos.
- Acuíferos.
- Retornos.
- Embalses.

En los apartados siguientes se desarrolla las características fisicoquímicas de cada una de las aportaciones, de los tramos considerados y elementos del modelo.

8.4.1. Calidad fisicoquímica en las aportaciones naturales y TTS

Cada una de las aportaciones naturales introducidas en el modelo de simulación va acompañada de un archivo donde se recogen las características fisicoquímicas de esa aportación.

Las concentraciones para los contaminantes en las aportaciones naturales se han extraído del visor cartográfico de la CHS. En cada una de las aportaciones se ha tomado la información de la estación situada en cabecera porque se trata de aportaciones naturales y se esperan concentraciones en los parámetros fisicoquímicos propias de aguas no contaminadas. Si las concentraciones obtenidas en estas estaciones de referencia son superiores a los límites de acción antrópica se adoptan unos valores límite para cada parámetro: 0,2 mg/l para amonio; 5mg/l para nitratos; valores inferiores a 3 mg/l para DBO₅; 0,03 mg/l para fosfatos y 7,5 mg/l para OD. En las aportaciones del curso medio del cauce se toman estos valores límite de acción antrópica dado que las estaciones del curso medio no reflejan las características de la aportación. Para la conductividad y los sólidos se toman los valores empleados en el Ciclo II del PH.

Los valores medios mensuales introducidos para cada una de las aportaciones naturales son los mostrados en la siguiente tabla.

Aportación	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	Cond (μS/cm)	SS (mg/l)
E. FUENSANTA	9,28	1,50	0,04	1,56	0,030	331	4,6
PRESA DEL CANAL	8,54	2,75	0,14	5,00	0,030	759	5,0
LA ESPERANZA	8,05	2,55	0,05	3,61	0,001	518	3,5
CALASPARRA	8,63	2,75	0,07	5,00	0,030	1.148	7,5
E. ALFONSO XIII	8,89	2,80	0,09	5,00	0,030	2.104	17,5
E. VALDEINFIERNO	9,15	2,38	0,20	2,52	0,030	2.215	7,9
E. TALAVE	8,63	2,27	0,01	3,15	0,030	482	5,8
ALMADENES	7,50	2,90	0,20	5,00	0,030	500	15,0
E. PUENTES	8,77	2,13	0,03	5,00	0,030	1.304	7,4
CONTRAPARADA	7,50	2,90	0,20	5,00	0,030	3.000	15,0
E. CENAJO	7,50	3,50	0,20	2,00	0,030	500	50,0
CIEZA	7,50	2,90	0,20	5,00	0,030	3.000	30,0
MENJU	7,50	2,90	0,20	5,00	0,030	3.000	15,0
ABARAN	7,50	2,90	0,20	5,00	0,030	3.000	15,0
ARCHENA	7,50	2,90	0,20	5,00	0,030	3.000	15,0
BENIEL	7,50	2,90	0,20	5,00	0,030	500	15,0
E. CAMARILLAS	9,17	2,00	0,06	0,70	0,030	4.228	7,0
PASO DE LOS CARROS	7,50	2,90	0,20	5,00	0,030	500	15,0
E. LA CIERVA	8,83	2,80	0,20	3,30	0,030	954	6,8
BAÑOS	8,39	5,25	0,34	12,36	0,270	6.292	20,3

Aportación	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	Cond (μS/cm)	SS (mg/l)
TRASVASE	9,28	3,52	0,07	3,52	0,030	633	1,7

Tabla 15. Valores medios mensuales de los parámetros fisicoquímicos en las aportaciones naturales y ATS del modelo de simulación de calidad.

8.4.2. Calidad fisicoquímica de los vertidos puntuales

Las concentraciones para los distintos parámetros fisicoquímicos de los vertidos considerados como puntuales del modelo de simulación se han obtenido de la información proporcionada por Comisaría de Aguas de la CHS y por las entidades de gestión de aguas residuales de Murcia y Alicante, ESAMUR y EPSAR respectivamente. En el caso de no disponer de algún parámetro de los analizados la información se ha extraído del expediente de autorización del vertido. En el caso del oxígeno disuelto, parámetro no proporcionado por las entidades mencionadas, se ha tomado el valor empleado en el Ciclo II del PH.

Vertido	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	Cond (μS/cm)	SS (mg/l)
EDAR Alguazas	0	3,00	1,50	5,00	5,00	2.450	4,3
EDAR Archena	6,79	3,00	2,58	66,40	5,00	2.461	5,0
EDAR Bullas	0	5,75	6,44	22,13	4,61	2.199	11,5
EDAR Calasparra	0,52	3,25	3,24	44,27	2,90	1.332	2,8
EDAR Caravaca de la Cruz	0	2,75	2,34	26,40	0,98	1.867	5,0
EDAR Cieza	6,78	3,00	5,15	8,85	4,96	2.831	5,5
EDAR El Raal	4,71	3,50	19,32	66,40	4,96	2.588	5,3
EDAR Moratalla	0	4,25	2,57	66,40	4,74	1.757	6,3
EDAR Murcia Este	5,01	4,04	15,45	53,12	5,00	2.274	8,0
EDAR Santomera Norte	4,71	3,5	6,44	66,40	4,96	2.113	4,3
EDAR Torres de Cotillas	0	3,00	2,58	57,55	4,74	3.777	6,3
EDAR Algorfa	2,00	3,5	4,01	26,69	3,16	2.100	4,3
EDAR Orihuela	5,88	4,5	10,45	31,84	3,34	2.000	8,3
EDAR Rincón de Bonanza	2,00	7,00	5,00	15,00	3,34	3.000	13,5
Fábrica de curtidos	0	30,00	19,00	287,74	9,66	3.500	70,0
Piscifactoría truchas	7,86	25,00	1,00	4,00	5,00	700	45,0

Tabla 16. Valores medios mensuales de los parámetros fisicoquímicos para cada uno de los vertidos puntuales incorporados al modelo de simulación de calidad.

8.4.3. Calidad fisicoquímica de los vertidos difusos.

Los vertidos no considerados como puntuales también aportarán carga contaminante a los distintos tramos del río.

Para simular la carga que aportan estos vertidos se introduce a cada tramo del modelo de simulación una carga repartida en todo el tramo, que se denomina carga difusa. Representa la cantidad del parámetro que va a pasar a ese tramo en g/día.

El proceso que se ha seguido para estimar la carga difusa es el siguiente:

1. Para cada tramo se han distinguido los vertidos que van a pasar a él.
2. Para cada vertido se han introducido las siguientes condiciones iniciales:
 - DBO5=250 mg/l
 - Fosfatos=5 mg/l
 - $\text{NH}_4 = 10 \text{ mg/l}$
 - $\text{NO}_3 = 10 \text{ mg/l}$

Estas condiciones iniciales sufrirán una degradación evaluada del siguiente modo:

Conociendo el volumen de vertido Q ($\text{m}^3/\text{día}$), la distancia entre los puntos de vertido y de entronque con el tramo de río simulado L (m) y suponiendo un área de drenaje A de $0,02 \text{ m}^2$ se puede obtener la velocidad de drenaje del vertido v (m/día) y el tiempo de drenaje t , tiempo de residencia de los parámetros en el fluido, en días.

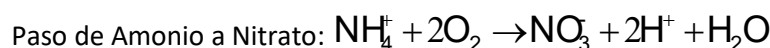
Con esto, suponiendo el valor para la constante de degradación K de $0,1 \text{ días}^{-1}$ se obtiene el parámetro $e^{-K \cdot t}$.

Este último parámetro calculado es el que se utilizará para el cálculo de la degradación de la DBO₅, Fosfatos y NH_4 mediante:

$$C_f = C_0 \cdot e^{-K \cdot t}$$

Donde: C_f y C_0 son las concentraciones finales y originales respectivamente.

Para el cálculo de la degradación del nitrato se ha utilizado otra expresión basada en la relación estequiométrica del amonio y del nitrato.



$$\text{Variación de nitrato: } \text{NO}_{3f} = \Delta\text{NH}_4 \cdot 0,4 \cdot \frac{62}{18} + \text{NO}_{3o}$$

Es decir, el amonio que se ha degradado se convertirá en nitrato en la proporción de 62/18 (por la relación estequiométrica) y por 0,4 (ya que no todo el amonio se convertirá en nitrato).

La Conductividad y los Sólidos Suspendidos no estarán sometidos a esta degradación, son parámetros conservativos.

Conocidas las cargas ya degradadas de cada vertido se agregarán para cada tramo obteniendo la carga difusa para cada uno. Estas cargas se irán modificando por necesidades de la calibración para simular aportes extras por regadíos u otros motivos.

Las cargas difusas, pueden tener su explicación en una zona con relaciones río - acuífero, donde el acuífero descarga sobre el río; o zonas de precipitaciones intensas y agricultura intensiva, con importantes escorrentías.

La carga difusa introducida para cada uno de los tramos es la siguiente.

Sistema	Tramo	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	Cond (μS/cm)	SS (mg/l)
Mundo	Alto Mundo 1	1.070	111.220	4.448	56.335	2.224	1.205.400	10.701
	Alto Mundo 2	417	49.520	1.980	22.707	990	692	4.179
	Alto Mundo 3	562	70.320	2.812	13.157	1.406	281.280	5.625
	Mundo antes Talave	18	-	-	8.499	-	9.115	182
	Mundo después Talave	860	90.724	3.629	51.464	1.814	852.120	14.602
	Mundo acu. El Molar	-	-	-	31.964	6.000	81.524.000	14.450
	Mundo antes Camarillas	241	23.558	942	33.537	2.871	163.620	2.416
	Mundo después Camarillas	-	-	-	-	-	-	-
Arroyo Tobarra	Arroyo Tobarra 1	229	26.760	1.070	3.324	535	595.470	2.290
	Arroyo Tobarra 2	-	-	-	-	6.929	-	-
	Arroyo Tobarra 3	2.350	71.474	2.858	125.810	5.429	1.402.700	23.509
Taibilla	Taibilla Superficial	376	798	1.596	46.742	798	188.440	3.768
	Taibilla acu. Socovos	-	-	-	-	-	-	-
	Taibilla a Segura	192	5.648	225	60.641	112	93.227	1.924
Moratalla	Moratalla acu. Somogil 1	-	-	-	-	-	-	-
	Moratalla acu. Somogil 2	-	-	-	-	-	-	-
	Moratalla a Segura 1	-	-	-	-	-	-	-
	Moratalla a Segura 2	-	-	-	-	-	-	-
	Emb. Moratalla	-	-	-	-	-	-	-
	Moratalla a Segura 3	-	-	-	-	-	-	-
Argos	Argos antes embalse 1	-	-	-	-	-	-	-
	Argos antes embalse 2	-	-	-	-	-	-	-
	Argos a Segura 1	1.033	46.834	46	1.115	1.698	6.254.000	36.322
	Argos a Segura 2	-	-	-	-	1.698	5.000.000	-
Quípar	Río Quípar 1	12	7.970	131	10.500	15	4.014.700	1.200
	Quípar antes vertido	206	20.033	-	5.400	-	6.849.500	20.620
	Quípar antes embalse	-	10,32	-	1.000	-	1.673.800	-
	Quípar a Segura	-	-	-	-	-	239.690	-
M u –	Mula antes Cierva	-	-	-	-	-	-	-

Sistema	Tramo	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	Cond (μS/cm)	SS (mg/l)
	Mula después Cierva	-	-	-	-	1.000	2.000.000	-
	Pliego a Baños	-	-	-	-	1.500	10.000.000	-
	Mula antes Baños	-	-	-	3.000	1.500	10.000.000	-
	Mula después Baños	-	-	-	3.000	-	6.000.000	-
	Mula a Rodeos	-	-	-	-	-	-	-
	Mula a Segura	-	-	-	-	-	-	-
Guadalentín	Caramel antes Valdeinfierno	570	9.465	378	6.257	189	1.551.200	5.702
	Caramel antes Puentes	646	2.136	219	7.385	14	1.798.500	6.852
	Guadalentín desde Puentes 1	221	109	4,37	2.630	2,18	2.133.400	2.217
	Guadalentín antes curtidos	0,99	1.500	-	11,73	4.757	8.264.800	9,86
	Guadalentín después curtidos	785	34.789	1.328	7.503	2.670	3.145.300	9.174
	Guadalentín desde Puentes 6	20	-	-	247	32.398	1.433.990.000	207
	Guadalentín desde Puentes 7	119	352	22	1.384	33.952	14.399.000	1.038
	Guadalentín desde Puentes 8	-	-	-	-	-	2.864.300	-
	Embalse Romeral 1	-	-	-	-	-	-	-
	Embalse Romeral 2	-	-	-	-	-	-	-
	Guadalentín antes Paso	-	-	-	-	-	-	-
	Guadalentín a Segura	-	-	-	-	-	-	-
Segura	Alto Segura	-	-	-	-	-	-	-
	Segura después Fuensanta	-	-	-	-	-	-	-
	Segura después Taibilla	-	-	-	-	-	-	-
	Segura antes Cenajo 1	-	-	-	-	-	-	-
	Segura antes Cenajo 2	-	-	-	-	-	-	-
	Segura después Cenajo 1	-	-	-	-	-	100.000.000	-
	Segura después Cenajo 2	-	-	-	-	-	-	-
	Segura antes Moratalla	-	-	-	-	-	-	-
	Segura antes UDA 17 1	-	-	-	-	-	-	-
	Segura antes UDA 17 2	-	-	-	-	-	-	-
	Segura antes Argos 1	0,16	205	0,322	23.411	0,411	3.443.500	164
	Segura antes Argos 2	2,41	3,5	-	23.439	3,5	1.650.800	24
	Segura antes Quípar 1	-	-	-	-	-	-	-
	Segura antes Quípar 2	-	-	-	-	-	-	-
	Segura antes Almadenes	-	10	-	0,85	-	4.306.100	15.000
	Segura acu. Calasparra 1	1.271	107.430	4.297	113	2.148	1.713.000	1.271.600
	Segura antes de Cieza	-	-	-	-	-	-	-
	Segura antes Menjú 1	-	15	-	3.491	-	1.709.900	5.500

Sistema	Tramo	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	Cond (μS/cm)	SS (mg/l)
	Segura antes Menjú 2	-	-	-	-	-	-	-
	Segura antes Abarán 1	-	-	-	-	-	-	-
	Segura antes Abarán 2	-	1,5	-	3,65	-	4.018.100	55.000
	Segura antes Ojós 1	-	-	-	-	-	-	-
	Segura antes Ojós 2	-	-	-	-	-	-	-
	Ojós a Archena 1	-	-	-	-	-	-	-
	Ojós a Archena 2	-	-	-	-	-	-	-
	Ojós a Archena 3	171	192	36	1,53	1,78	196.870	1.071
	Ojós a Archena 4	1.901	2.376	950	950	475	5.696.300	1.901.300
	Archena a Mula 1	-	-	-	-	-	-	-
	Archena a Mula 2	-	-	-	-	-	-	-
	Archena a Mula 3	-	-	-	-	-	-	-
	Archena a Mula 4	600	750	3.000	41.096	306	15.991.000	60.000
	Archena a Mula 5	-	-	-	-	-	-	-
	Archena a Mula 6	1.500	-	1.500	45.000	-	-	55.000
	Mula a Contraparada con Vega Alta	1.219	141.540	5.661	47.762	2.830	121.980	121.980
	Segura tras Contraparada	-	3.493	-	-	-	-	279
	Segura con Bullas	-	700	70	500	-	-	2.739
	Segura con Sierra Espuña	-	-	-	-	-	-	-
	Segura Vega Media 1	-	-	-	-	-	-	-
	Segura Vega Media 2	-	23	-	-	-	-	52.400
	Segura Vega Baja 1	-	33.399	-	-	-	-	34.230
	Segura Vega Baja 2	-	3.339	-	-	-	-	3.423
	Segura Vega Baja 3	-	61.050	-	-	-	-	1.926.000
	Segura Vega Baja 5	-	65.322	-	-	-	-	8.892
	Segura después Beniel	2.500	351.640	-	-	-	-	775.890
	Segura Vega Baja 6	6.790	21.679	-	-	-	-	1.818
	Segura Vega Baja 7b	9.505	6.100	-	-	-	-	599
	Segura Vega Baja 8	-	-	-	-	-	-	-
	Segura Vega Baja 9a	-	-	-	-	-	-	-
	Segura Vega Baja 9b	-	-	-	-	-	-	-
	Segura Vega Baja 10	-	-	-	-	-	-	-
	Segura Vega Baja 11	-	-	-	-	-	-	-
	Segura Vega Baja 12	-	-	-	-	-	-	-
	Segura desagüe	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 17. Carga difusa (g/d) incorporada en cada tramo del modelo.

8.4.4. Calidad fisicoquímica en los embalses.

Los embalses se han modelado como una sola capa completamente mezclada, no epilimnion e hipolimnion. En algunos embalses se ha asociado la curva de temperatura de la estación ICA correspondiente y a otros embalses una temperatura anual constante. Las concentraciones iniciales de cada contaminante, la constante de degradación y la velocidad de sedimentación se han tomado del modelo de calibración desarrollado en el ciclo anterior. En ningún caso se ha simulado el flujo de sedimentos.

8.4.5. Calidad fisicoquímica en los acuíferos.

Debido a la relación río-acuífero que se da en muchos tramos del sistema es necesario incluir las concentraciones iniciales de cada contaminante en el modelo de calidad.

Acuífero	DBO ₅ (mg/l)	Oxígeno disuelto (mg/l)	Amonio (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Conductividad (μS/cm)	Fosfatos (mg/l)
ASCOY SOPALMO	2	7	0,001	2,66	2101,0	0,020
ALTO QUIPAR, OTROS	2	7	0,001	29,12	778,9	0,006
BAJO QUIPAR, BULLAS	5	7	0,001	263,63	3096,3	0,033
CARAVACA	2	7	0,001	21,28	1170,5	0,073
SIERRA ESPUÑA	2	7	0,001	8,60	1783,5	0,020
SOMOGIL	2	7	0,001	8,04	583,8	0,009
ANTICLINAL DE SOCOVOS	2	7	0,001	5,55	514,4	0,050
EL MOLAR	2	7	0,001	22,00	2240,0	0,001
VALDEINFIERNO, OTROS	2	7	0,001	1,57	3162,5	0,013
VEGA MEDIA	2	7	0,001	20,27	2860,5	0,011
VEGA BAJA I	2	7	0,001	20,27	2860,5	0,011
VEGA BAJA II	2	7	0,001	39,31	3775,0	0,075
SINCLINAL DE CALASPARRA	2	7	0,001	3,75	1179,1	0,021
VEGA ALTA	2	7	0,001	34,38	3256,2	0,038

8.4.6. Calidad fisicoquímica en los retornos.

Un tipo de vertido que se encuentra internamente asociado al modelo es el retorno. Estos vertidos, asociados a riego normalmente, pueden ser influyentes debido a que devuelven un efluente contaminado, en el que los valores de conductividad, nitratos, amonio y sólidos pueden verse incrementados enormemente.

Pese a que no contamos con datos medidos de los mismos y la difícil caracterización de su calidad, los retornos suponen una variable más en la calibración, puesto que pueden afectar considerablemente la calidad de la cuenca receptora.

8.5. Otra información requerida en los modelos.

Para la simulación del modelo de calidad se necesita otra información adicional:

- Longitud de los tramos. La degradación dependerá de la longitud de los tramos porque variará el tiempo de residencia de los parámetros en el agua.
- Parámetros Hidráulicos. Permitirán el cálculo de constantes de forma automática, conociendo las características hidráulicas de los tramos.
- Evolución de temperaturas. La degradación de algunos parámetros fisicoquímicos depende de la temperatura del agua.

Esta información, en el modelo de simulación presente, se ha tomado del Ciclo II del PH sin modificaciones.

8.6. Resultados del modelo en el escenario 2019

El trabajo realizado ha consistido en comparar los contaminantes analizados en las duplas tramo de río-estación de calidad, para corroborar la bondad de la calibración en cada tramo. Además, se realiza un análisis de los resultados del modelo en cada uno de los perfiles en que se divide el sistema empleando los promedios de los contaminantes en el periodo de simulación. Por último, se contrastan los caudales aforados con los resultantes del modelo.

8.6.1. Sistema Río Mundo

8.6.1.1. Perfil

El Río Mundo tiene unas características fisicoquímicas del agua prácticamente naturales, como lo muestran sus altos niveles de oxígeno disuelto y su baja DBO₅ que, en promedio, no supera los 2 mg/l.

En el perfil del río (Figura 90) se observa que el comportamiento del modelo es muy parecido al observado, excepto en el caso de los fosfatos. En este caso, los valores de la serie observada (promedio de las medidas) se evalúan a partir de escasa información, resultando más coherente la serie simulada que la observada. Las principales diferencias en el ajuste de datos observados y resultantes del modelo provienen de concentraciones medidas excesivamente elevadas que resultan incoherentes con el resto de las medidas y repercuten en una modificación significativa del valor promedio.

Se han encontrado problemas importantes de caracterización de los nitratos, tras la entrada de Trasmase Tajo.

Hay que destacar la presencia de aguas termales en la zona. Este aspecto, resulta interesante ya que se producen aumentos de conductividad entorno a Azaraque. Para su implementación, se ha hecho uso de una carga difusa de conductividad en el tramo previo a la estación de calidad que mejora la calibración.

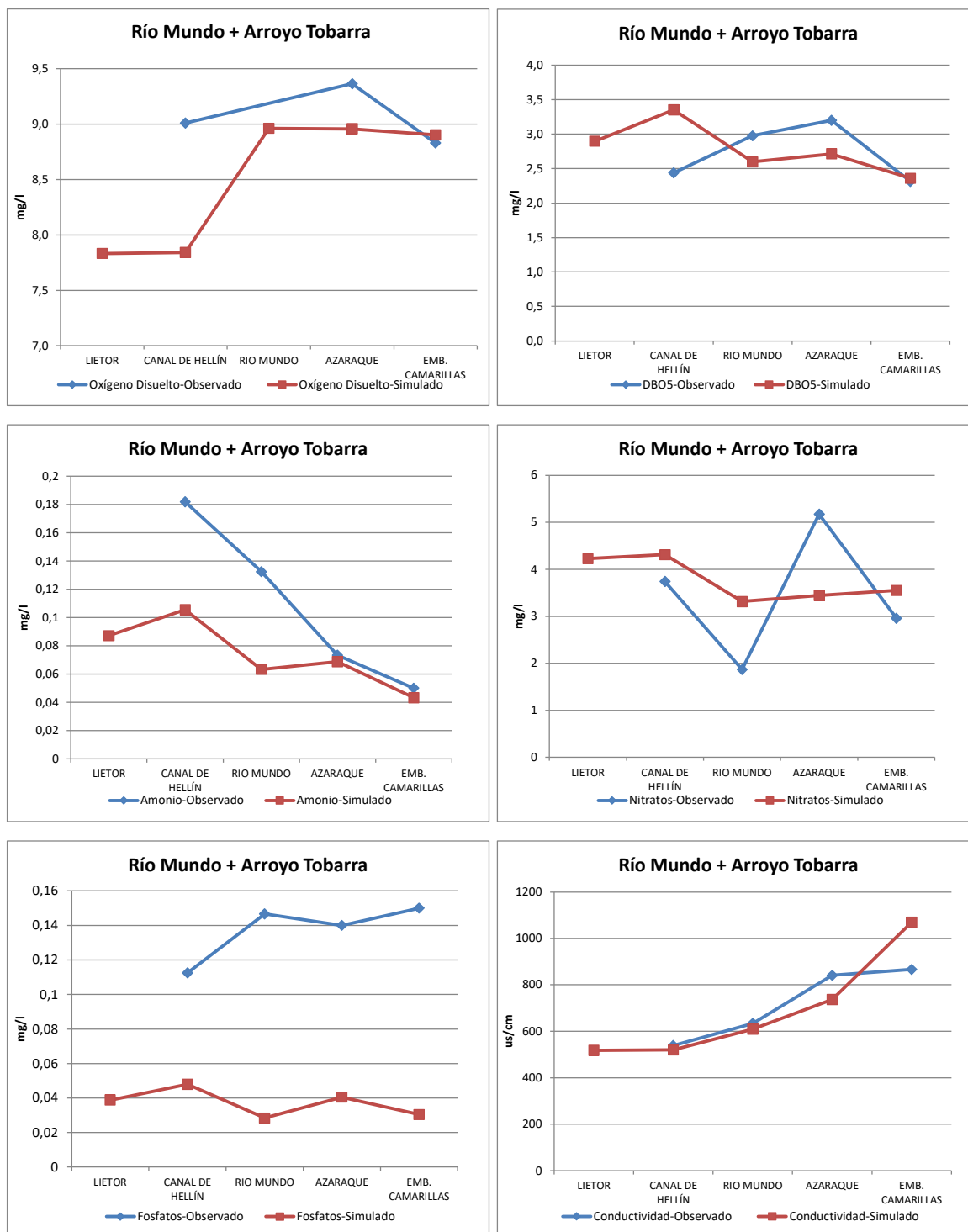


Figura 90. Perfil Sistema Río Mundo. Comparativa de las concentraciones promedio de contaminantes medidos y simulados a lo largo del cauce.

8.6.1.2. Estaciones de Calidad

En las 4 estaciones ICA disponibles (Canal de Hellín, Río Mundo, Azaraque y Camarillas) el número de medidas es muy reducido, principalmente en los parámetros: DBO₅, amonio, fosfatos y sólidos.

En Canal de Hellín la Piscifactoría de truchas, aporta aproximadamente el 5% del caudal, y en general tiene poca influencia sobre la calidad de las aguas, ya que no tiene aportaciones importantes de ninguno de los parámetros estudiados.

En Río Mundo se mide la calidad inmediatamente a la salida del embalse, y está influenciado por la aportación de Traspase del Tajo, que representa aproximadamente el 70% del agua circulante. Es por ello, que es una estación que puede arrojar datos muy variables (por ejemplo, desaguar por aliviadero o por desagüe de fondo va a arrojar unos datos de sólidos suspendidos completamente diferentes). Los datos de calidad aportados por el agua del trasvase van a tener mucha influencia en la solución. Pese a que la mayoría de los parámetros estudiados no presentan grandes diferencias, se obtienen algunos picos en fosfatos y amonio provenientes del trasvase que pueden tener cierta repercusión.

La estación Azaraque se sitúa en el tramo tras la confluencia del embalse del Talave y la central hidroeléctrica. Azaraque es un lugar influenciado por la presencia de aguas termales en la zona con gran carga mineral por lo que los valores de conductividad pasan de un promedio de 600 a un promedio de casi 800. Se ha introducido una carga difusa para representar este fenómeno. Las concentraciones en sólidos, nitratos y fosfatos medidos presentan picos incoherentes con el resto de las medidas y repercuten en un mal ajuste.

La estación Camarillas está situada tras el embalse de Camarillas, y tras la confluencia del río Mundo con el arroyo Tobarra, controlando de este modo, la calidad de todo el tramo del Alto Mundo. El arroyo supone un 8% del caudal total circulante por Camarillas, por lo que no va a tener una influencia importante sobre el simulado. Para simular la influencia del aporte de conductividad asociada a la geología de la zona, se ha introducido una carga difusa de conductividad sobre el arroyo Tobarra.



Figura 91. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Canal de Hellín y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

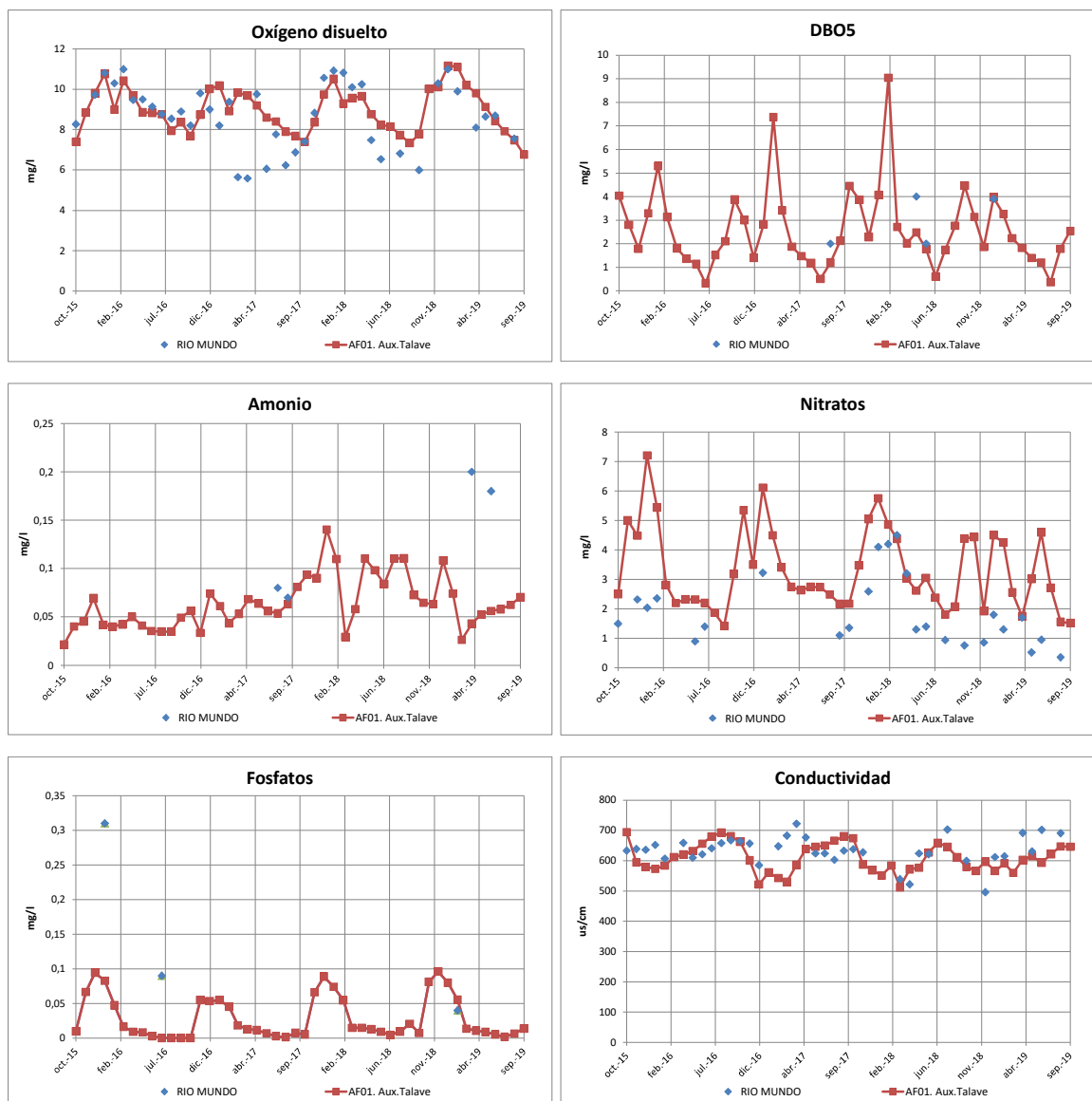


Figura 92. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Río Mundo y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

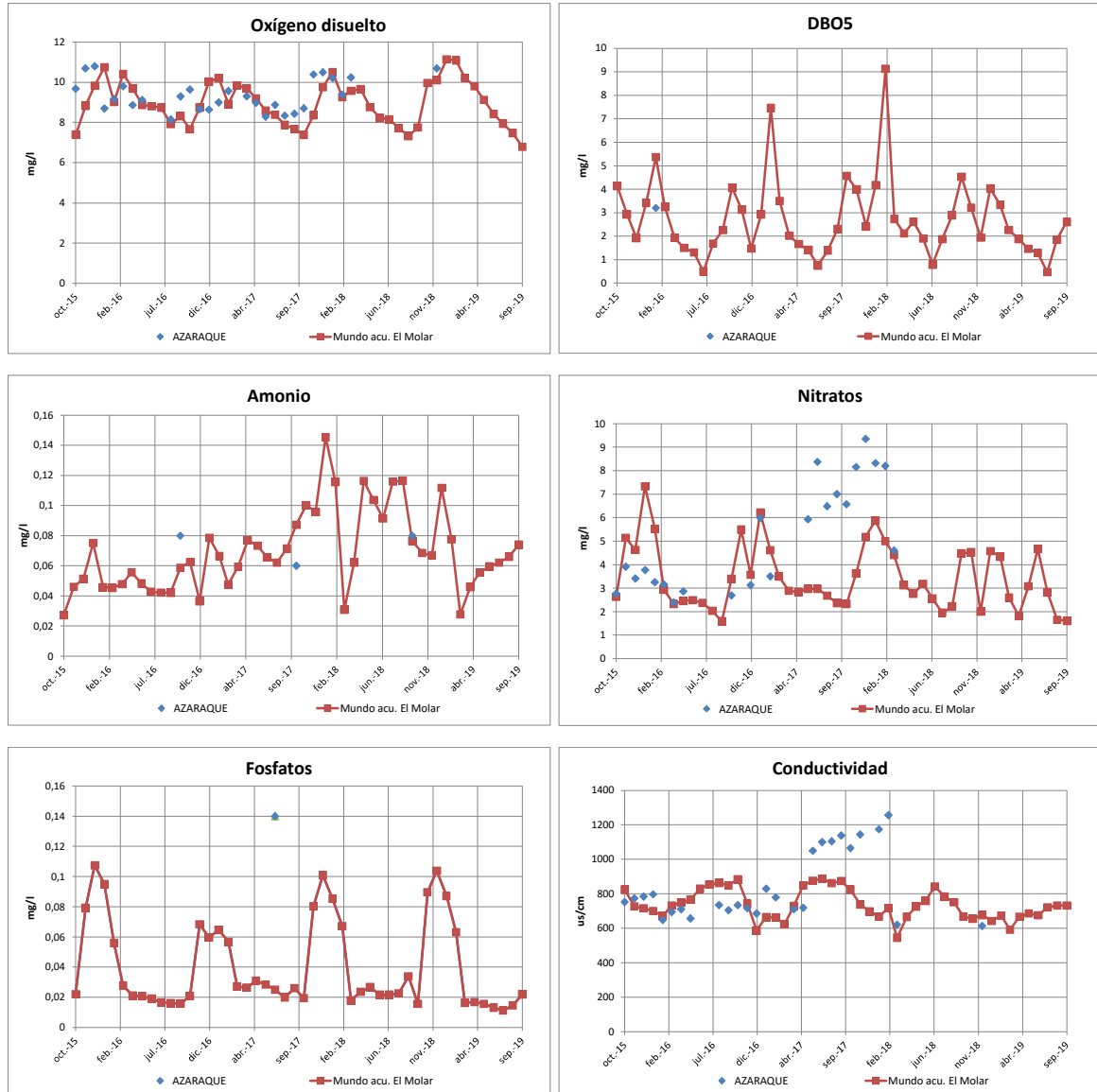


Figura 93. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Azaraque y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

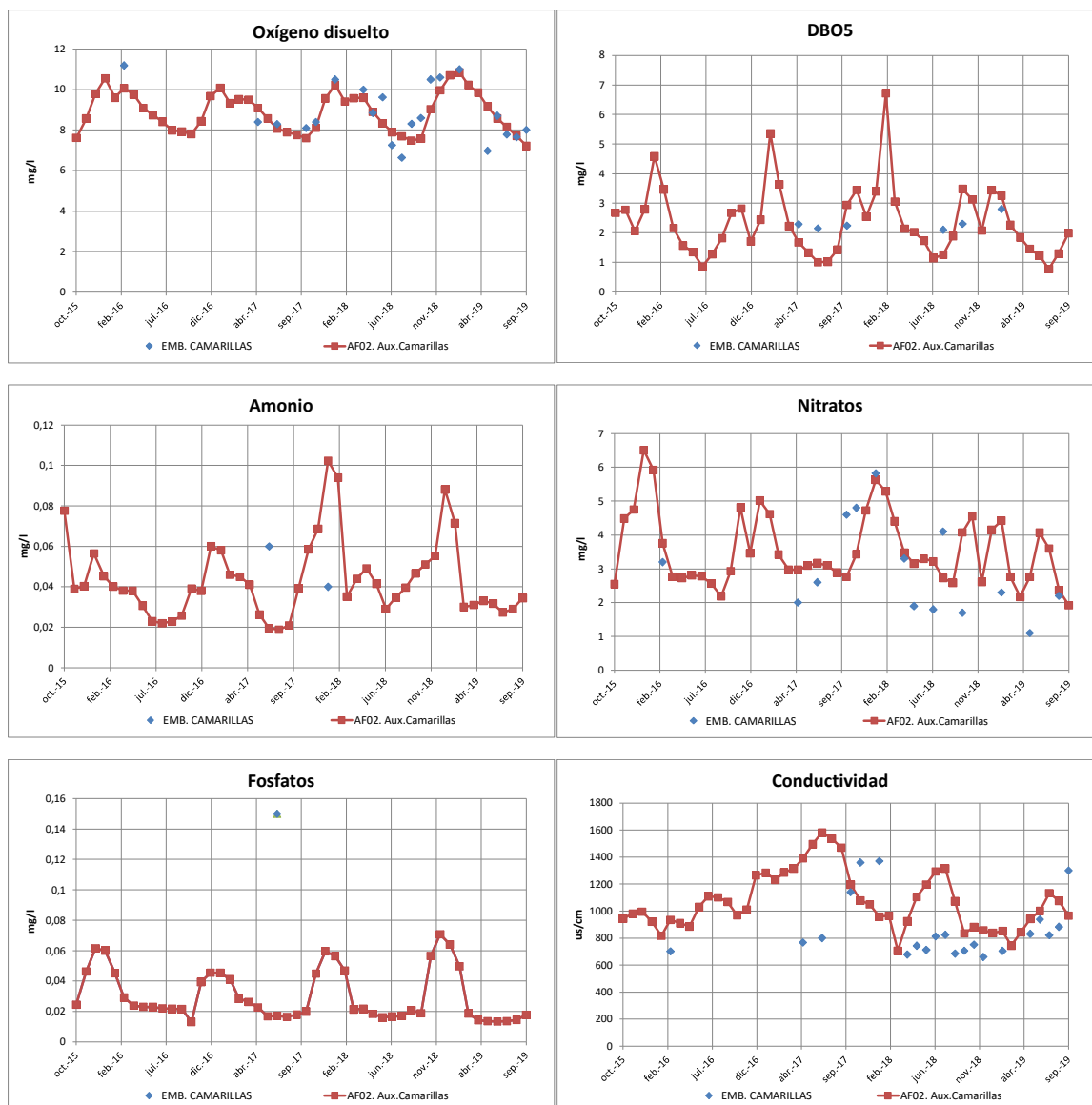


Figura 94. Comparativa de las concentraciones de contaminantes medidos en la estación ICA Embalse Camarillas y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

8.6.1.3. Caudales

En las siguientes figuras se muestran los caudales medidos en las estaciones de aforo (serie azul) y los resultantes del modelo de simulación (serie roja).

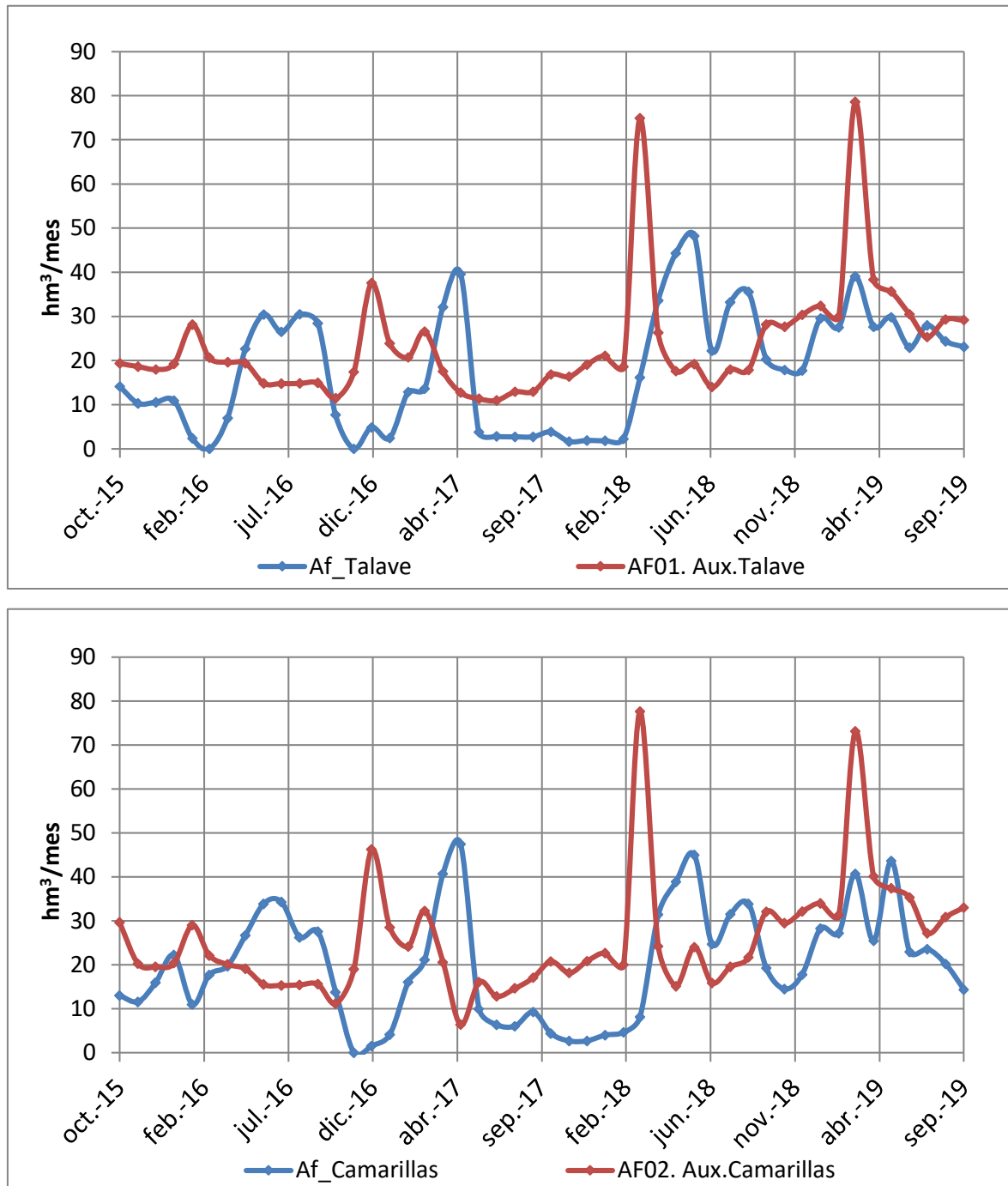


Figura 95. Comparativa de los caudales aforados y simulados en el Sistema Río Mundo.

8.6.2. Sistema Sierra del Segura

8.6.2.1. Perfil

Se han suprimido de este perfil, los análisis de las estaciones de calidad de Fuensanta y Taibilla, ya que ambas se encuentran situadas en dos cabeceras de este tramo de río. Los mayores problemas asociados a este perfil se deben a las observaciones de nitratos, fosfatos y DBO5 y la causa es la escasez de medidas. Otro problema a la hora de calibrar el tramo ha sido la situación de las estaciones de cabecera, una de ellas a la salida de un embalse y la otra en un cauce que la mayor parte del tiempo discurre seco. La estación de calidad Minas y Salmerón, a pesar de estar situada en el sistema Vega Alta de Segura, se ha incluido en este perfil por estar situada antes de la confluencia con el río Mundo. Destacar nuevamente la presencia de un aumento de conductividad en la parte final del río. La geología de la zona es la que provoca este comportamiento, con la presencia de afloramientos de azufre, cercanos a la estación de calidad de Minas; la última de este tramo.

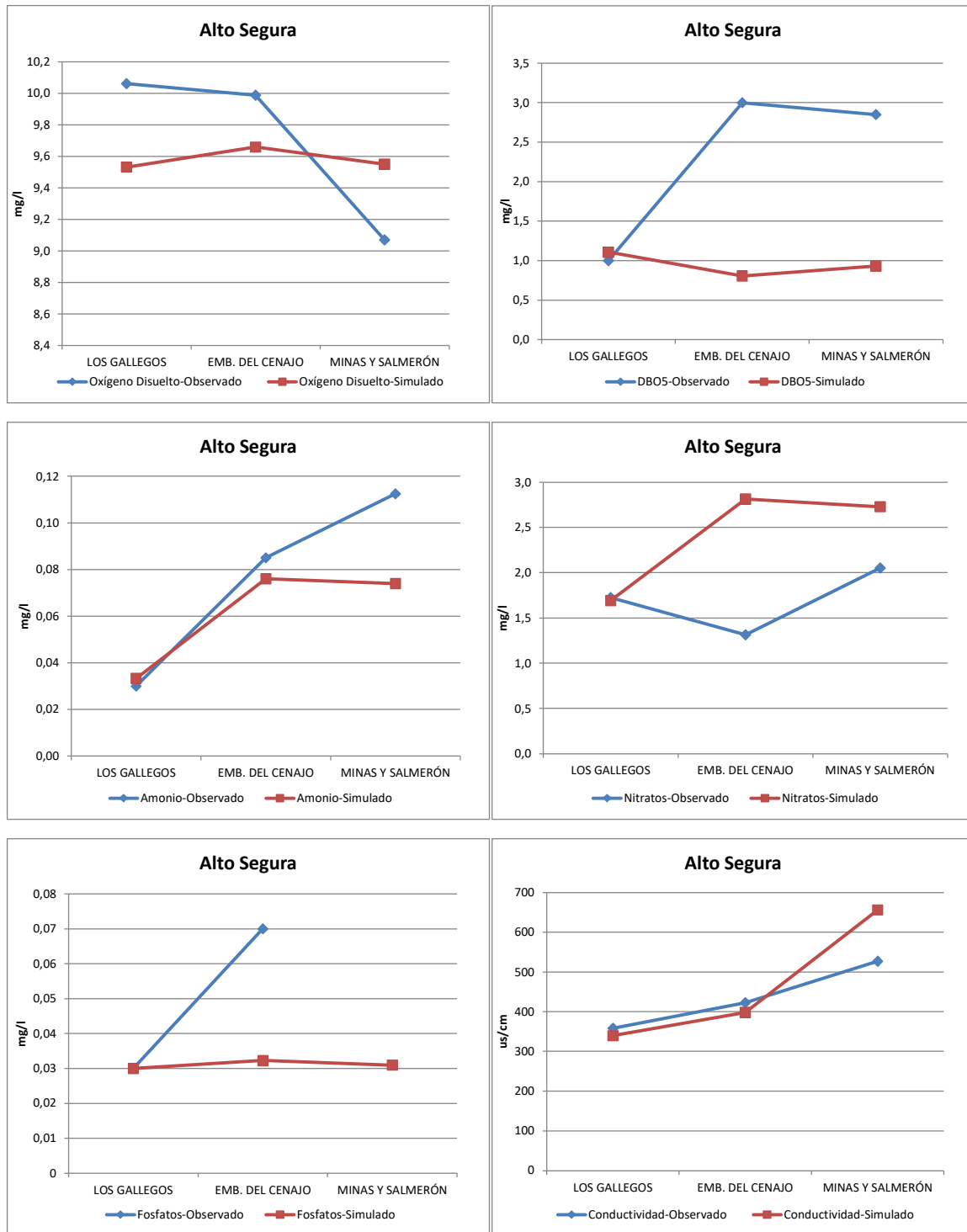


Figura 96. Perfil Sistema Sierra del Segura. Comparativa de las concentraciones promedio de contaminantes medidos y simulados a lo largo del cauce.

8.6.2.2. Estaciones de Calidad

La mayor dificultad en el ajuste de este tramo del río se centra en las estaciones situadas en las 2 cabeceras: Fuensanta y Taibilla. Fuensanta es una estación situada tras el embalse del mismo nombre. Es una estación que arroja datos muy variables en función de las sueltas que se generen en el mismo y Taibilla situada en la segunda cabecera, tras la presa del Canal, en un curso que muchas veces discurre seco. La repercusión de estas condiciones es la dificultad en la calibración del sistema.

En las 3 estaciones ICA contrastadas: Los Gallegos, Cenajo y Minas y Salmerón el número de medidas es muy reducido, principalmente en los parámetros: DBO₅, amonio y fosfatos.

En Los Gallegos la mayor parte del caudal procede del embalse de la Fuensanta.

La estación Cenajo está situada tras el embalse que recibe aportaciones que suponen un 20% del caudal circulante. Al igual que otras estaciones situadas tras un embalse, es una estación que puede arrojar datos muy variables en función de las sueltas que se generen desde el mismo.

La estación Minas y Salmerón está situada tras el embalse del Cenajo y previa a la confluencia entre los tramos de Alto Mundo y Alto Segura. Como su propio nombre indica, esta estación se encuentra próxima a una antigua mina de azufre existente en la zona, lo que repercute en un considerable aumento de la conductividad. Para su representación se ha introducido una carga difusa de conductividad sobre el tramo.

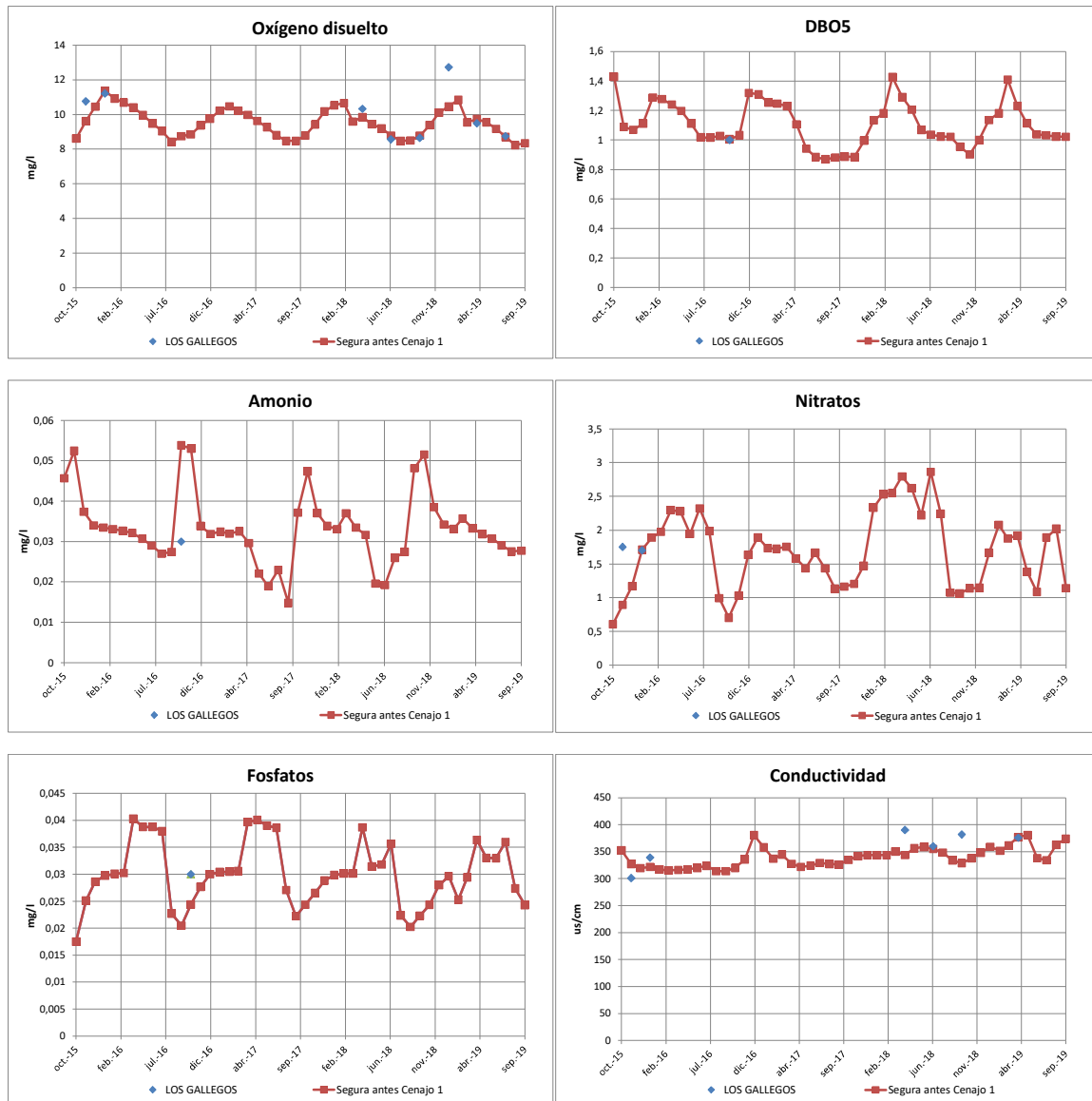


Figura 97. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Los Gallegos y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

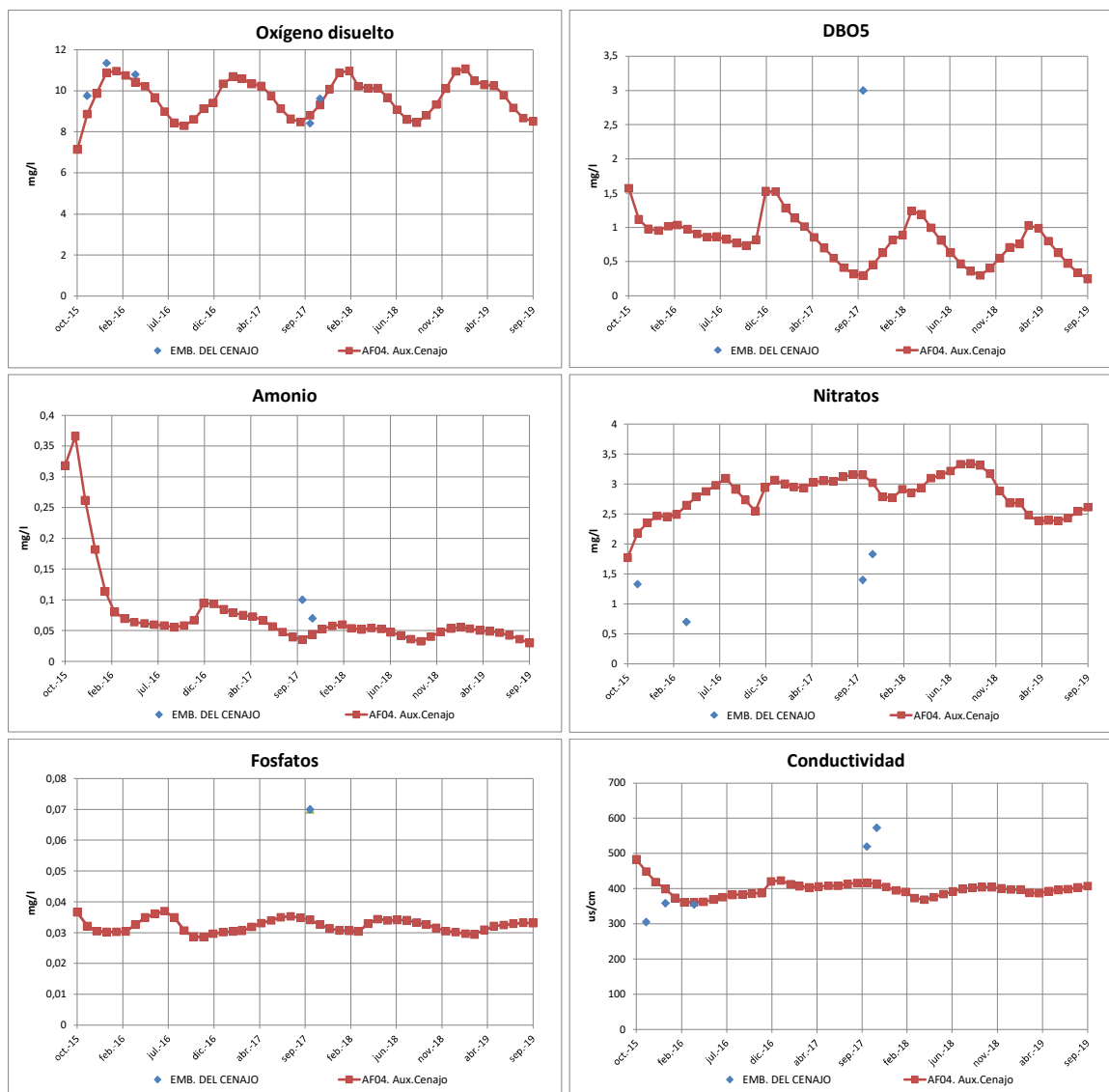


Figura 98. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Embalse Cenajo y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

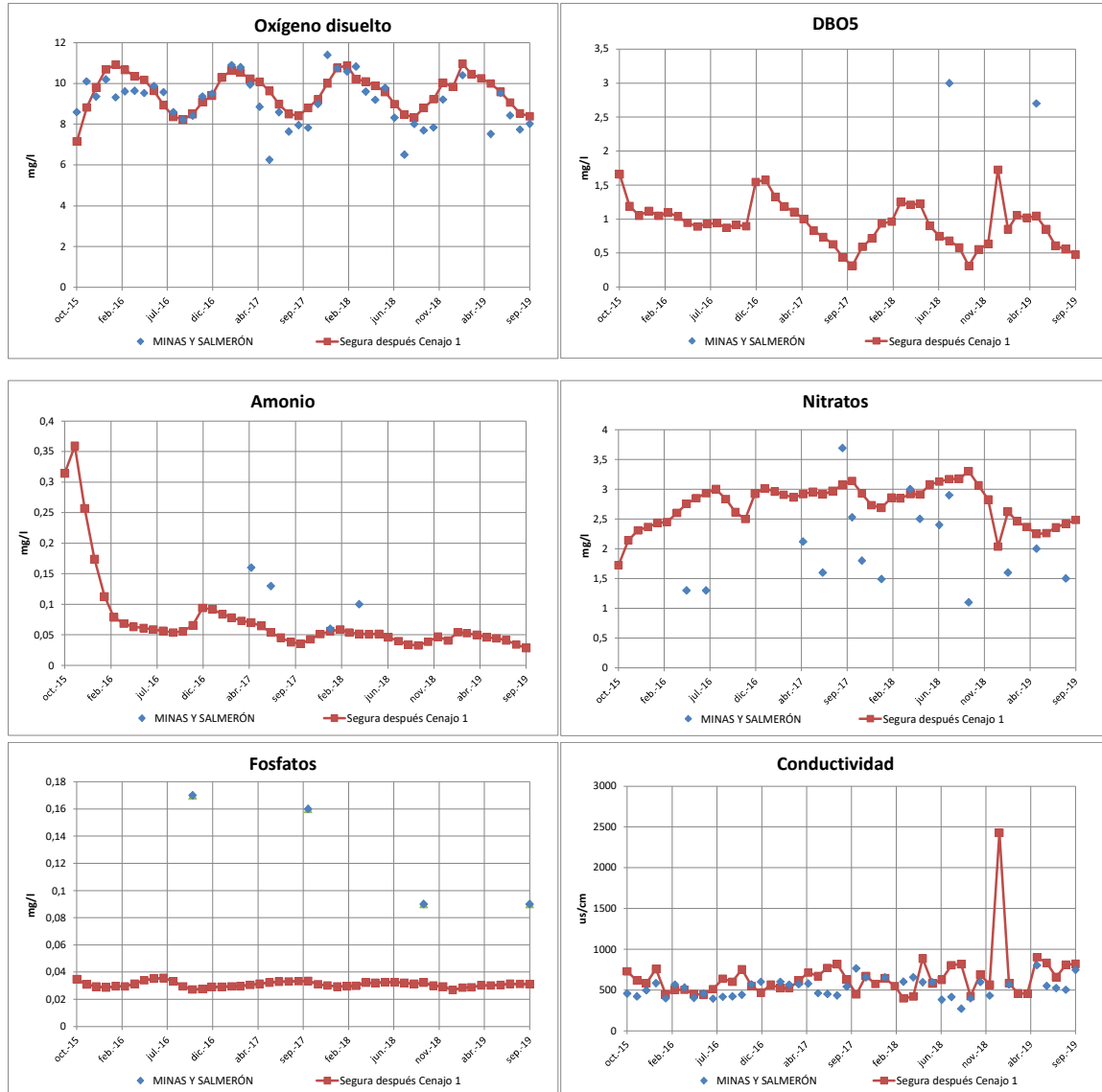
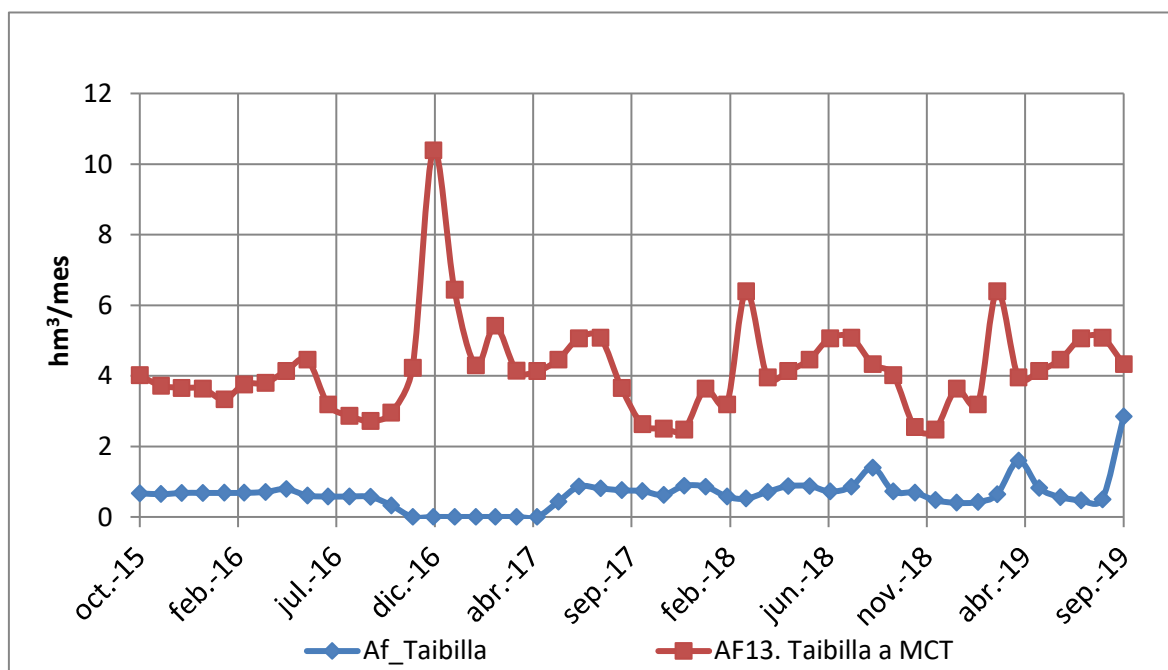
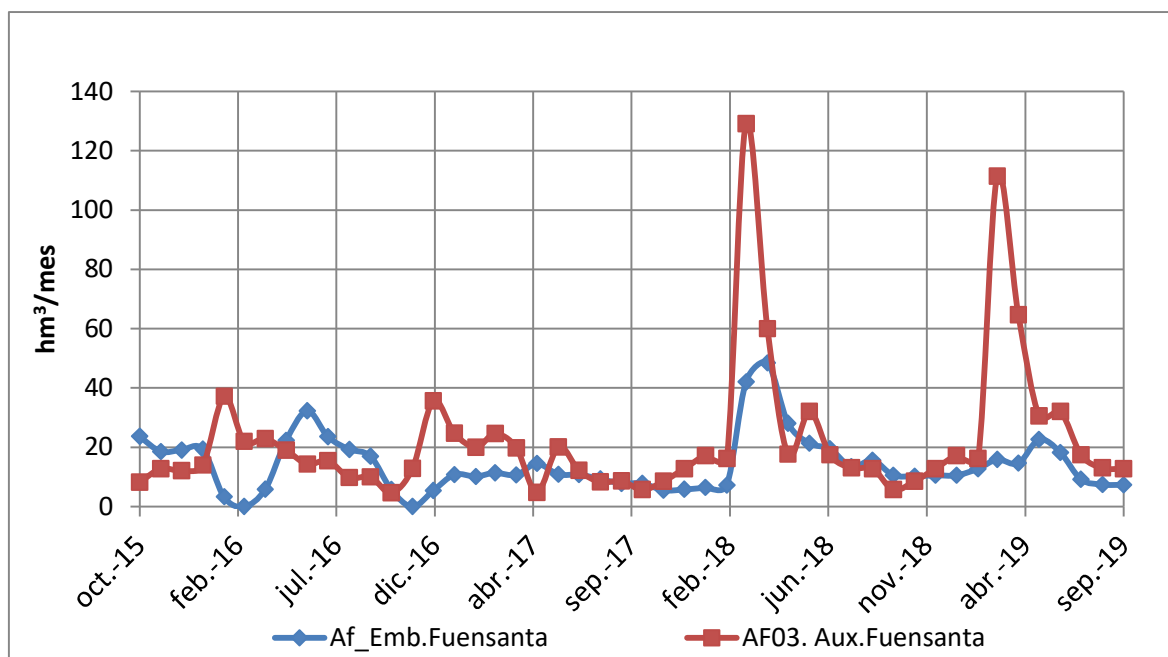


Figura 99. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Minas y Salmerón y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

8.6.2.3. Caudales

En las siguientes figuras se muestran los caudales medidos en las estaciones de aforo (serie azul) y los resultantes del modelo de simulación (serie roja). En Taibilla se tiene un mal ajuste que repercutirá en el ajuste de los parámetros fisicoquímicos de todo el sistema debido a que éstos dependen de los caudales.



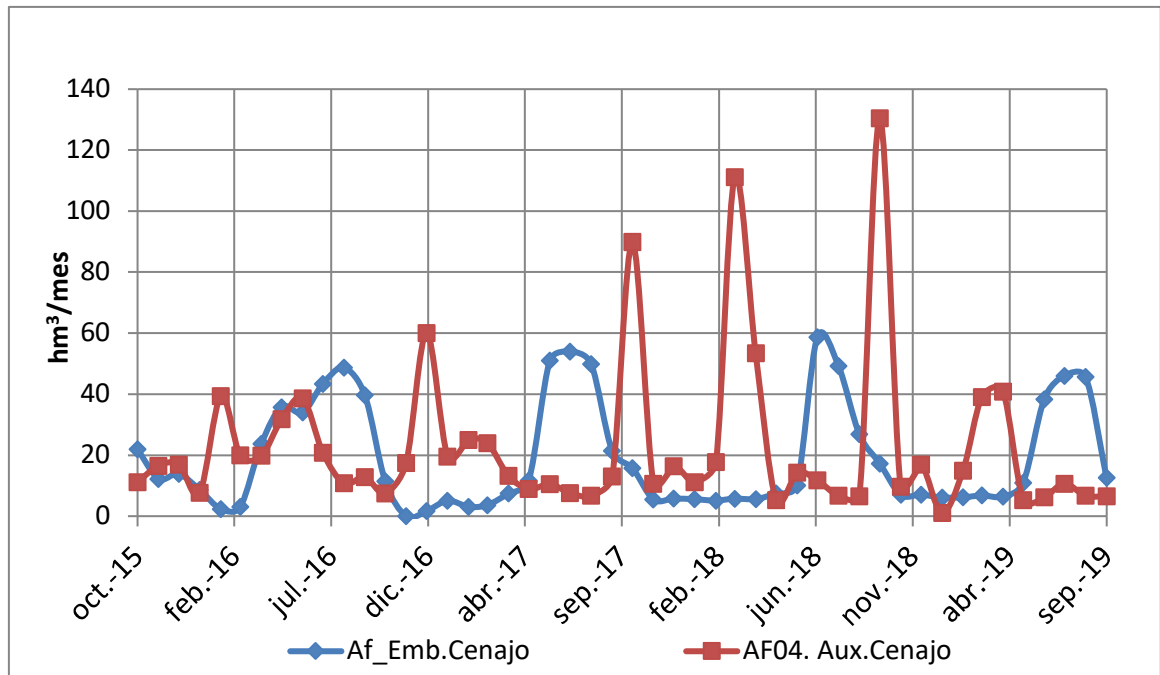


Figura 100. Comparativa de los caudales aforados y simulados en el Sistema Sierra del Segura.

8.6.3. Sistema Noroeste

8.6.3.1. Perfil

No se ha realizado análisis del perfil por no disponer de, al menos, 3 estaciones de calidad sobre el mismo tramo.

8.6.3.2. Estaciones de Calidad

En el río Moratalla, la estación Camping La Puerta es una estación situada antes del embalse Moratalla. Las medidas en esta estación son muy escasas lo que impide tener un control de la calidad del río Moratalla. En cualquier caso, el caudal del río Moratalla, comparado con los procedentes del Alto Mundo y el Alto Segura, es inferior al 3%, por lo que su repercusión en la simulación del río Segura es casi despreciable.

En el río Argos la estación Calasparra, situada después de los vertidos de la EDAR y retornos, sirve de control de la calidad. La principal característica de este río es que es utilizado para la satisfacción de una gran serie de demandas, provocando que su caudal a la salida sea ínfimo. Se ve afectada por un retorno de riego con carga de nitratos al final del tramo de un 5% del caudal circulante total. Otra información relevante es la instalación de un tratamiento terciario para la EDAR de Calasparra en abril de 2006. Se observan picos en conductividad, fosfatos y DBO₅ debidos a disminuciones en el caudal.

En el río Quípar la estación Alfonso XIII es la única para estudiar la calidad del agua circulante. Mide la calidad inmediatamente a la salida del embalse, y es por ello, que es una estación que puede arrojar datos muy variables. Se observa una mala caracterización en nitratos y fosfatos. Hay una influencia importante de los acuíferos, con valores importantes de concentración.



Figura 101. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Camping La Puerta y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

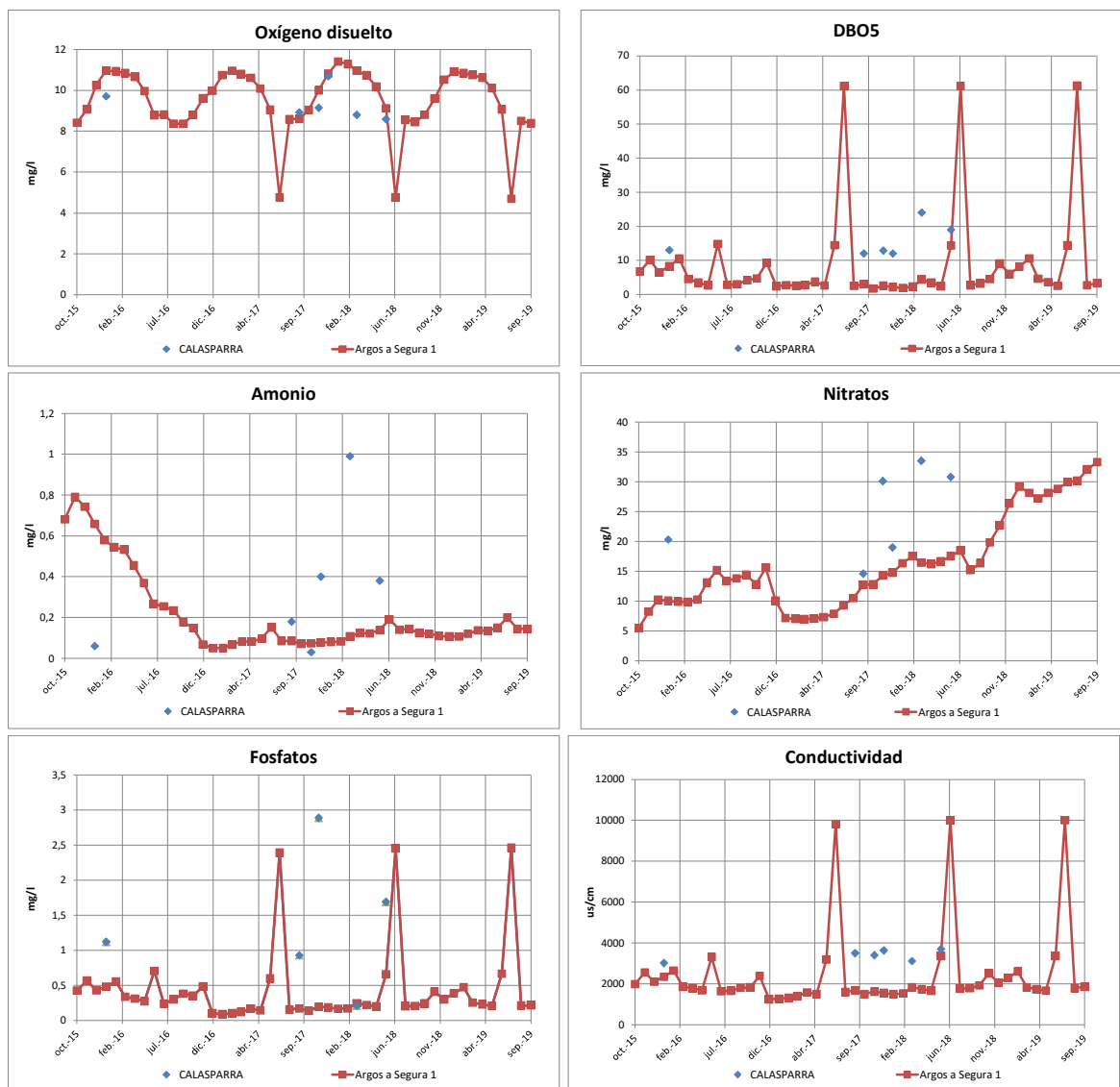


Figura 102. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Calasparra y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

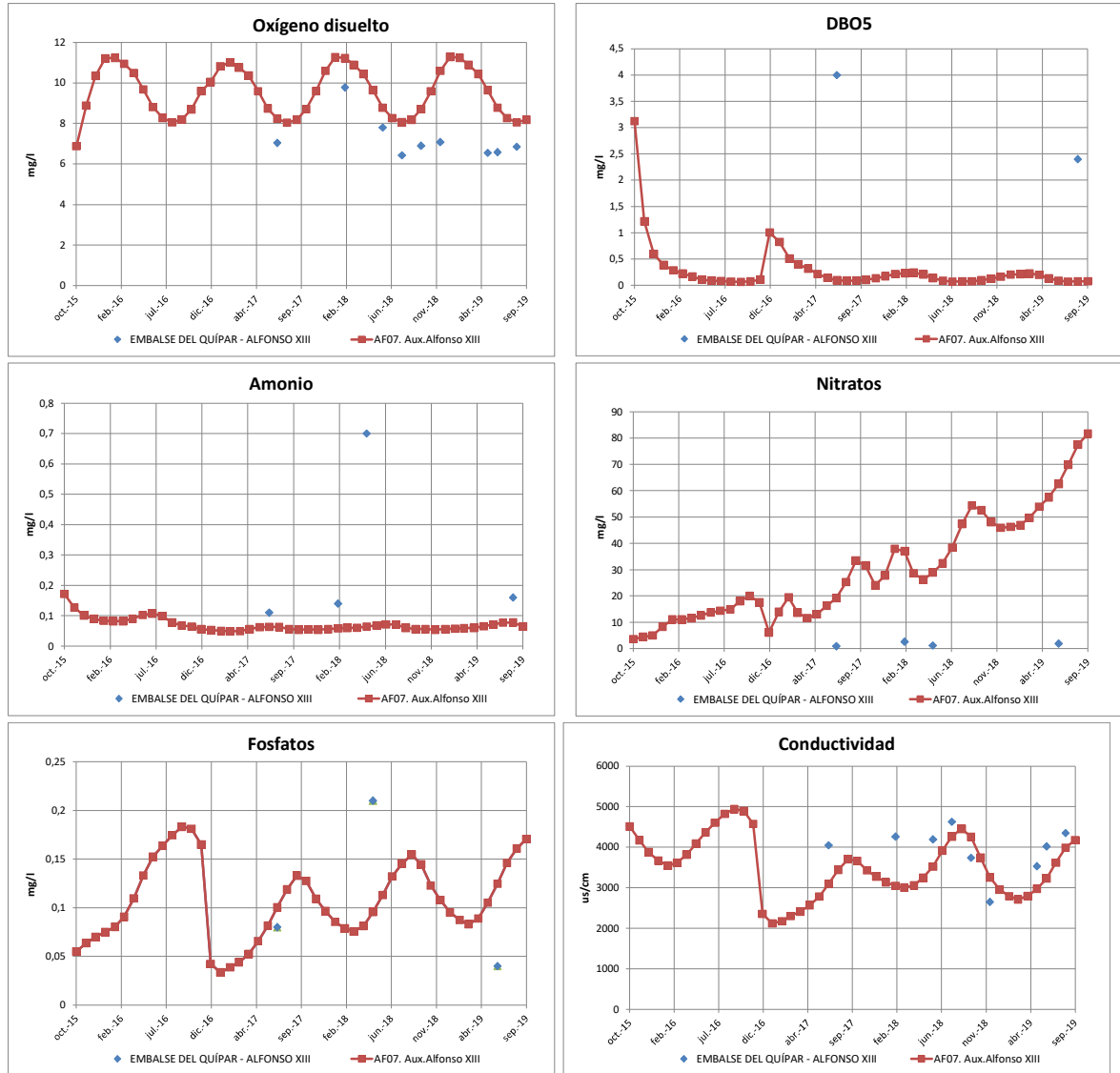


Figura 103. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Alfonso XIII y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

8.6.3.3. Caudales

Una primera mejora en la actual simulación sería rebajar los caudales aportados al modelo para ajustarlos a los caudales aforados ya que los caudales circulantes son un elemento importante en la evaluación de la calidad.

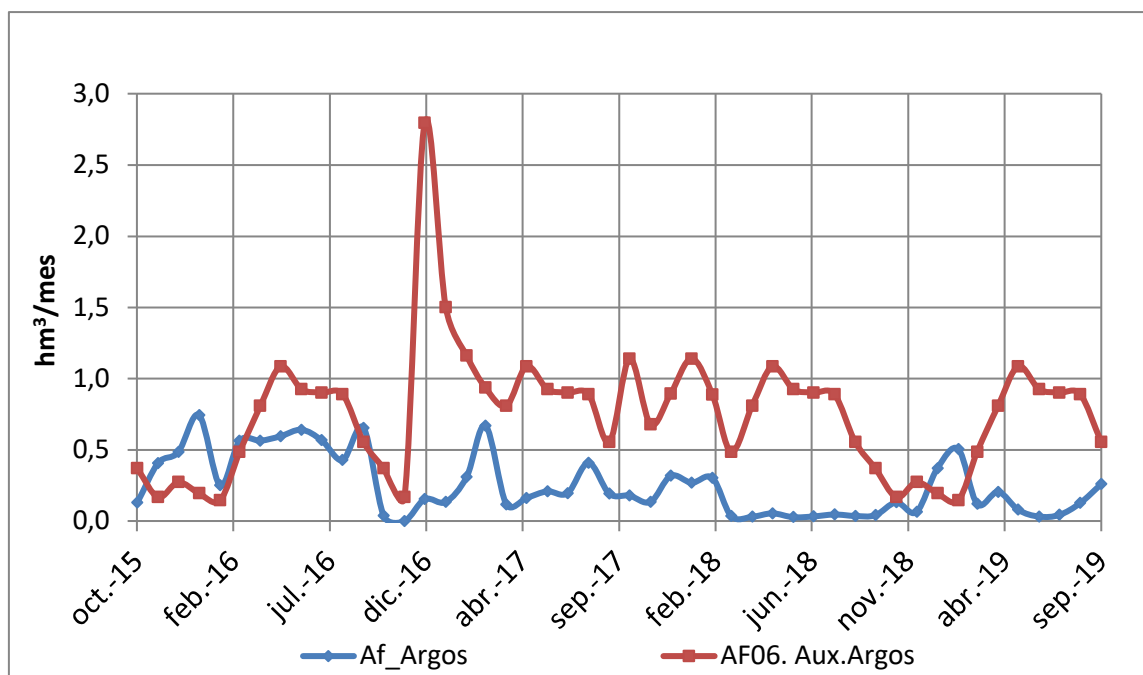


Figura 104. Comparativa de los caudales aforados y simulados en el Sistema Noroeste.

8.6.4. Sistema Río Mula

8.6.4.1. Perfil

El ajuste del perfil del río Mula es aceptable especialmente en sus tramos inicial y final. Se produce una elevación de nitratos, amonio y fosfatos a la altura de Baños de Mula que puede ser debida a los retornos producidos aguas arriba de Baños procedentes de los riegos. En el caso de los nitratos el modelo no refleja este incremento.

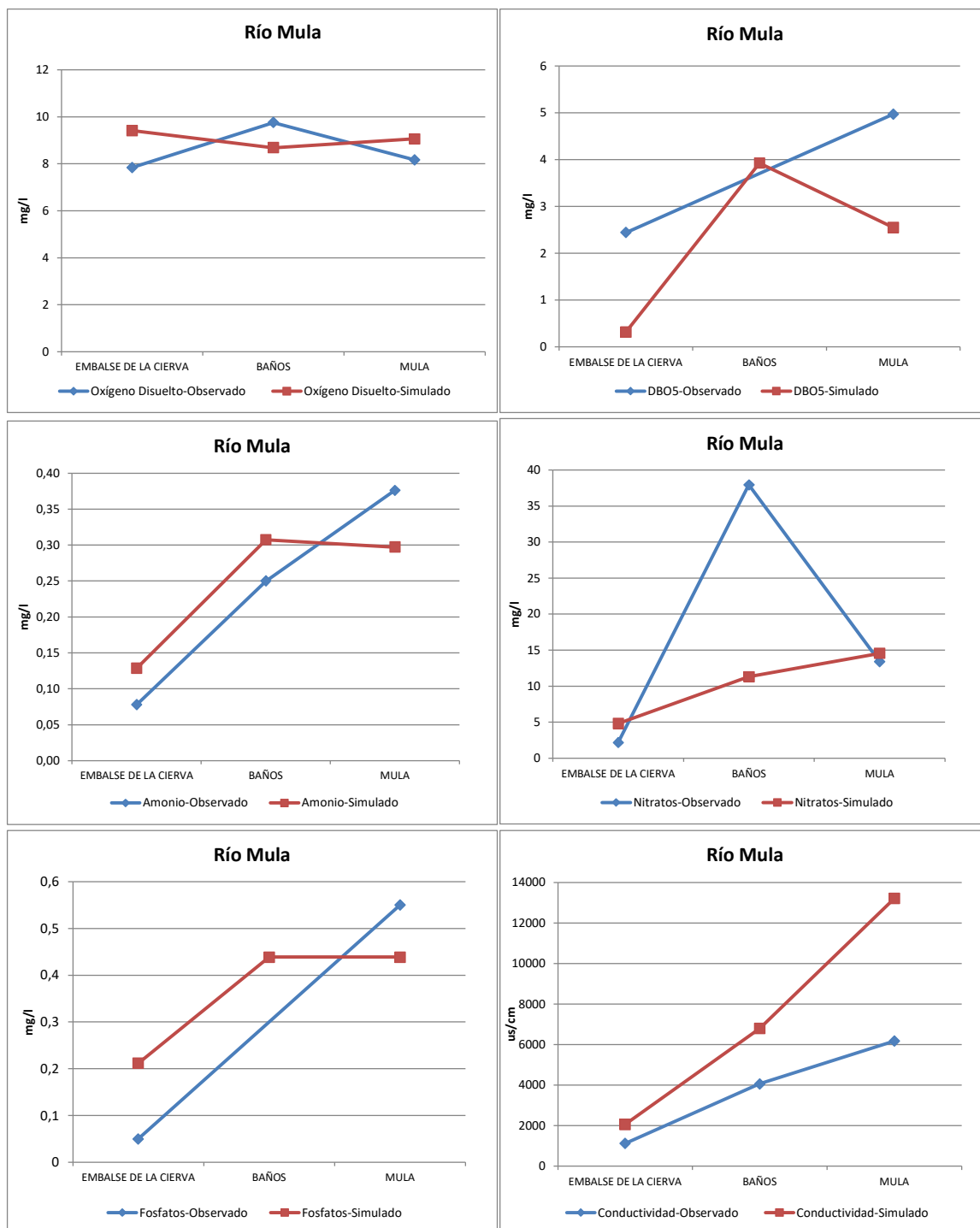


Figura 105. Perfil Sistema Río Mula. Comparativa de las concentraciones promedio de contaminantes medidos y simulados a lo largo del cauce.

8.6.4.2. Estaciones de Calidad

Observando la evolución de resultados obtenidos en el embalse de La Cierva se extrae que el ajuste es malo especialmente en nitratos y amonio.

En la estación de Baños, la evolución de los contaminantes presenta una evolución razonable, aunque la escasez de medidas impide afirmar si el ajuste es bueno.

En la estación de Mula, situada tras la entrada de Baños de Mula y los retornos de Pliego, el ajuste es bueno a pesar de la escasez de información. Del mismo modo, no se observa un empeoramiento en los tramos posteriores del río principal.

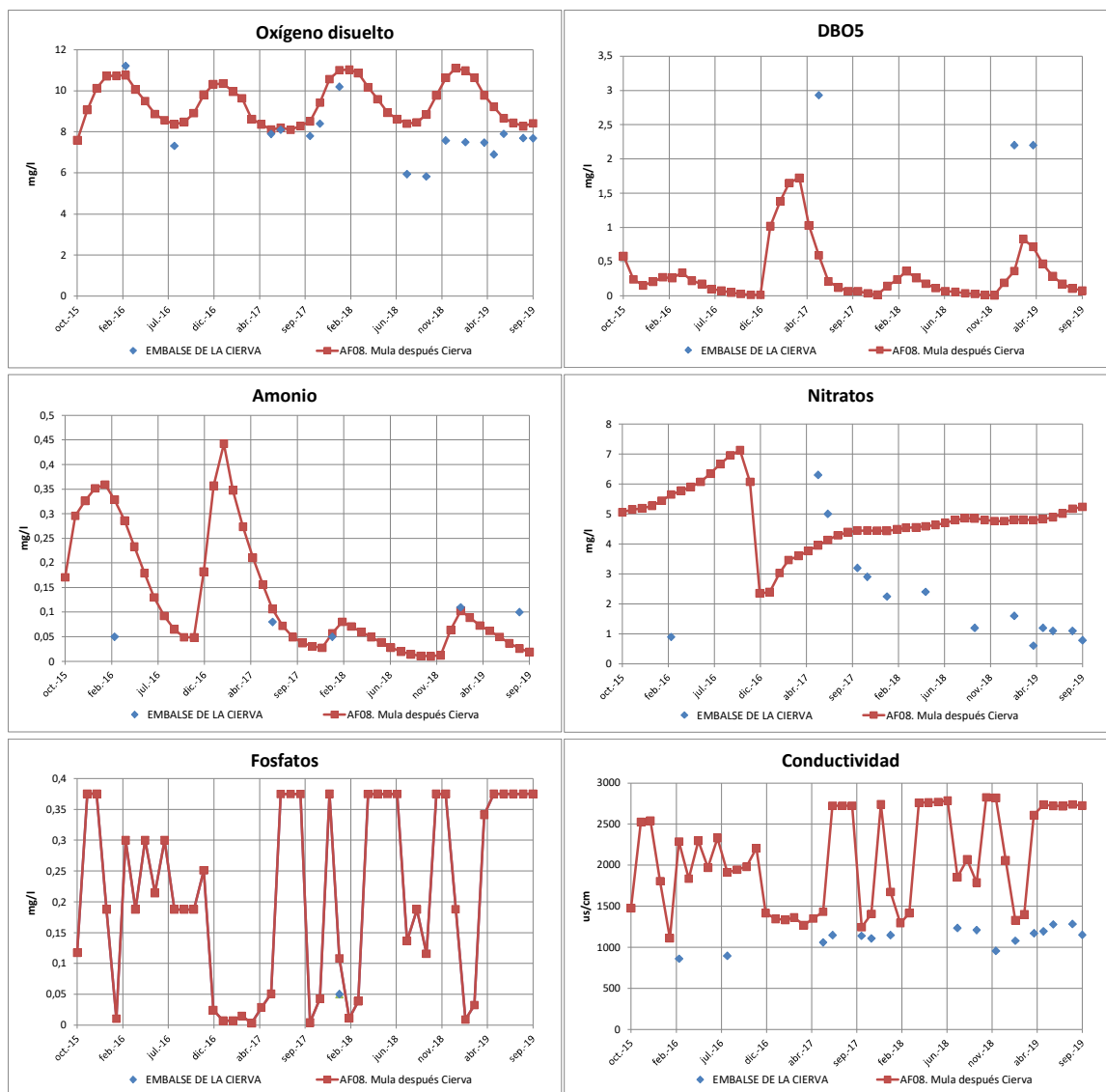


Figura 106. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Embalse de la Cierva y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.



Figura 107. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Baños y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

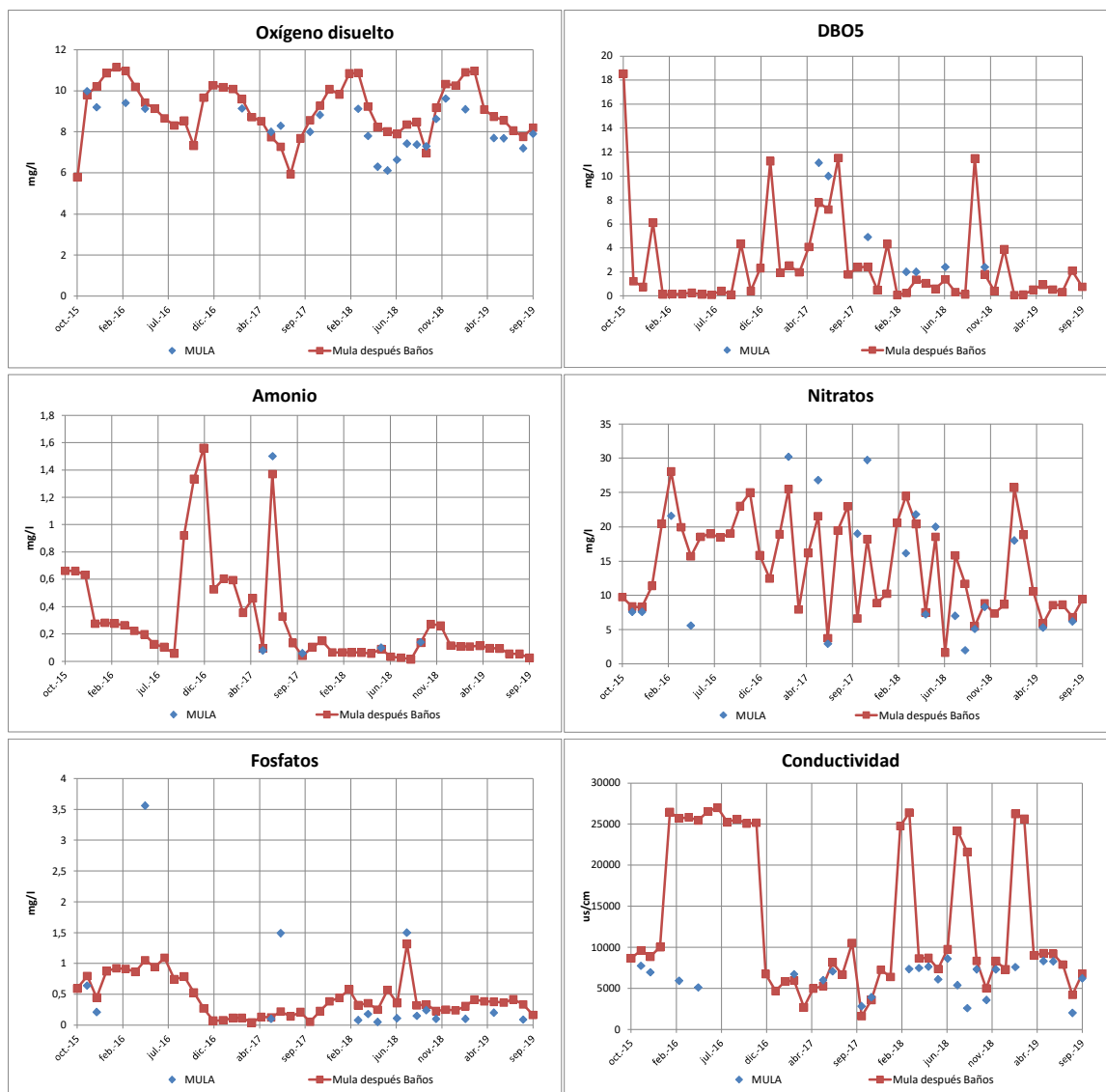


Figura 108. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Mula y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

8.6.4.3. Caudales

Una primera mejora en la actual simulación sería corregir los caudales aportados al modelo para ajustarlos a los caudales aforados ya que los caudales circulantes son un elemento importante en la evaluación de la calidad.

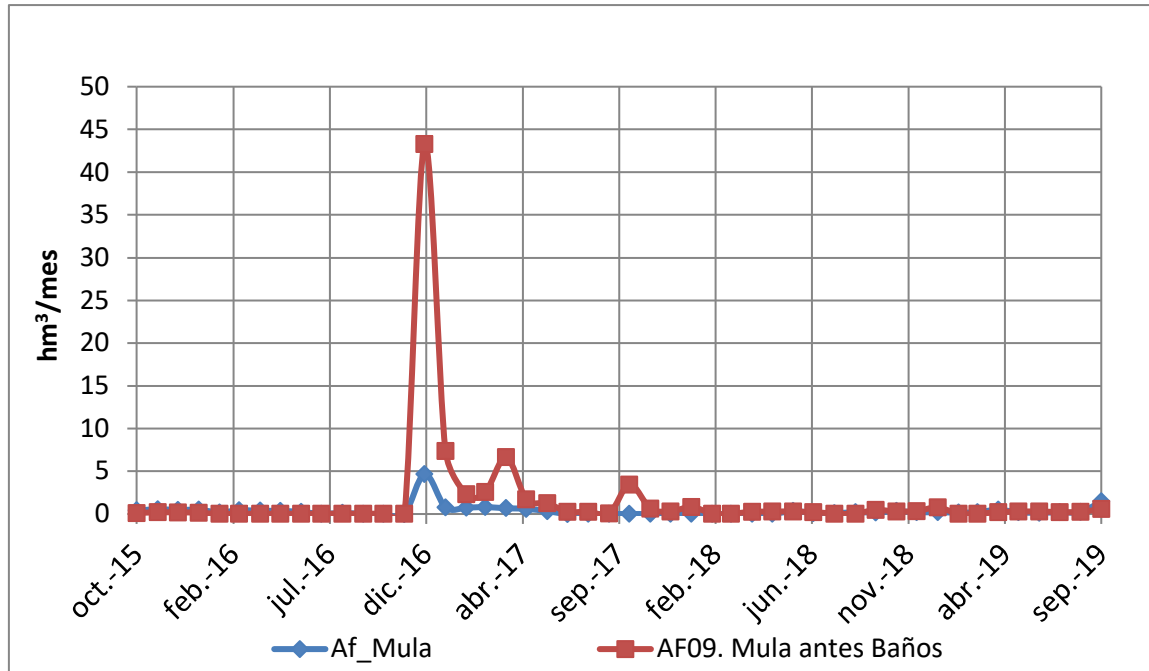


Figura 109. Comparativa de los caudales aforados y simulados en el Sistema Mula.

8.6.5. Sistema Río Guadalentín

8.6.5.1. Perfil

La calidad de este río (el afluente más importante del Segura antes de llegar a su desembocadura), está influenciada por la actividad industrial en mayor medida que la actividad agrícola. Los valores medidos indican que nos encontramos ante un caso extremo de río contaminado, donde el vertido Fca. Curtidos tiene especial relevancia. La calibración del modelo en esta zona ha sido especialmente difícil porque los valores de las constantes que deben utilizarse están muy alejados de los valores que podamos encontrar en una cuenca natural. Este río es foco de problemas para la calibración aún así tiene una moderada influencia tras su confluencia con el río Segura.

El ajuste del perfil del río Guadalentín es aceptable únicamente en sus tramos inicial y final.

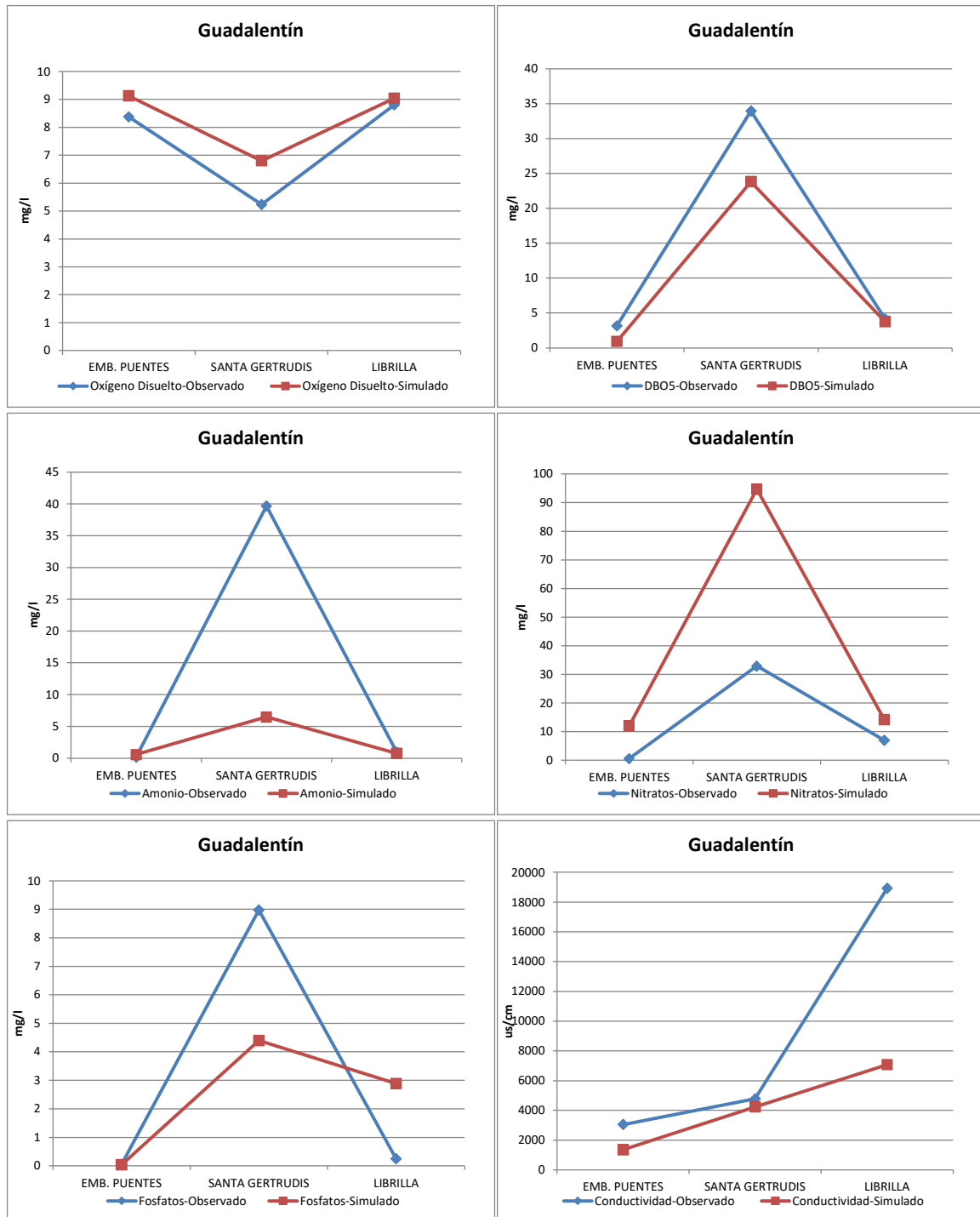


Figura 110. Perfil Sistema Guadalentín. Comparativa de las concentraciones promedio de contaminantes medidos y simulados a lo largo del cauce.

8.6.5.2. Estaciones de Calidad

Se localizan 3 estaciones de calidad en el curso del río Guadalentín: ICA Puentes, situada en la parte alta del río tras los embalses de Valdeinfierno y Puentes; ICA Santa Gertrudis, situada tras el vertido de Fábrica de Curtidos e ICA Librilla que controla la calidad del agua tras las entradas de Paso de los Carros (que representa el 60% del caudal total) y los retornos de riego (3%).

La estación de Puentes solo está afectada por las aportaciones de los embalses Valdeinfierno y Puentes. Se observa un mal ajuste en todos los parámetros analizados.

En la estación Santa Gertrudis la calibración ha sido muy difícil y el resultado obtenido mediocre debido a que el vertido aporta enormes cantidades de amonio, DBO₅ y fosfatos con observaciones dispares y muy elevadas. En promedio se obtiene un valor muy inferior al observado.

En la estación de Librilla el ajuste entre los datos medidos y resultantes del modelo es aceptable. En noviembre de 2018 el río discurre seco, de ahí los valores nulos en todos los contaminantes obtenidos de la simulación en este nodo.

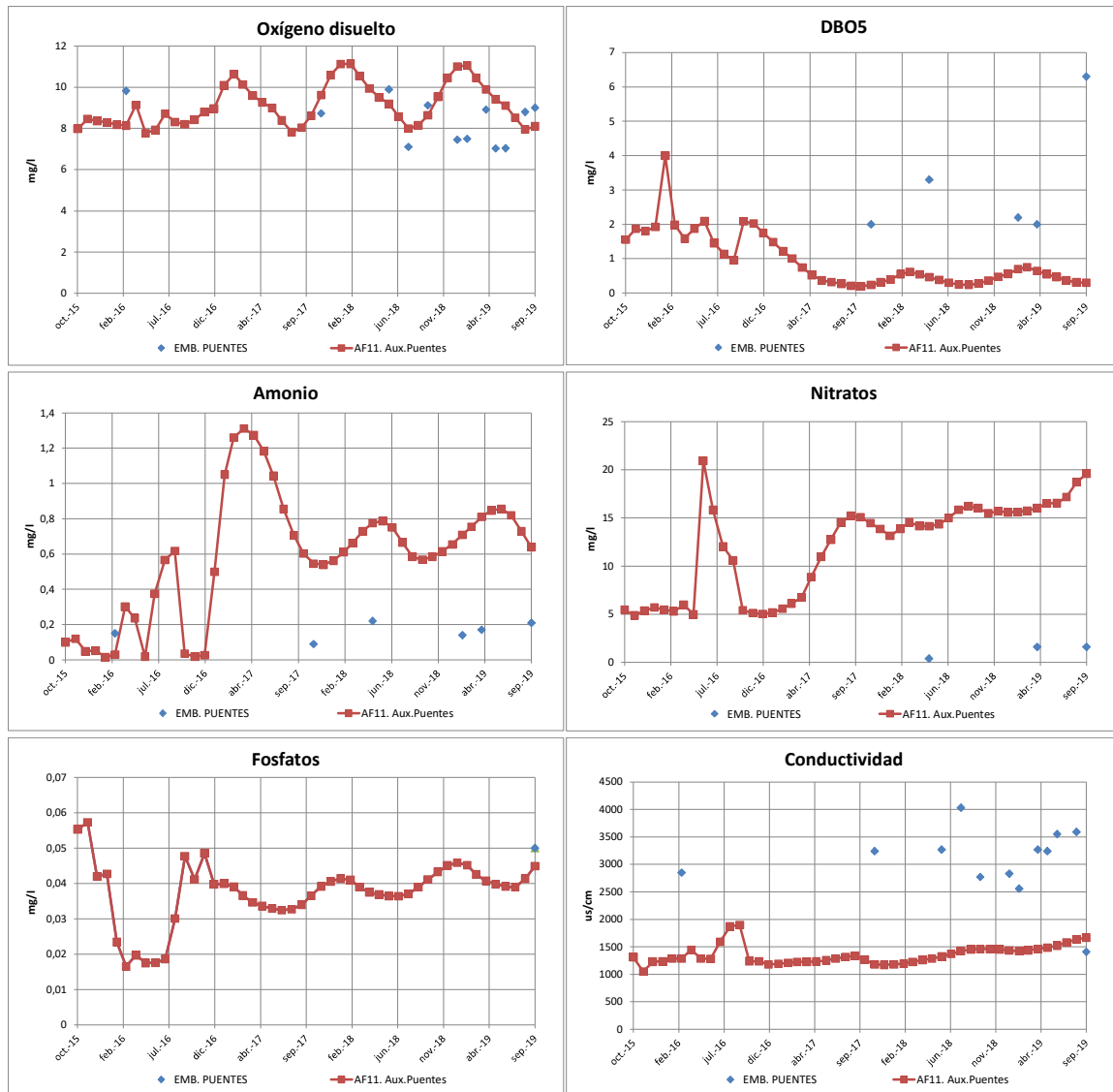


Figura 111. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Embalse de Puentes y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

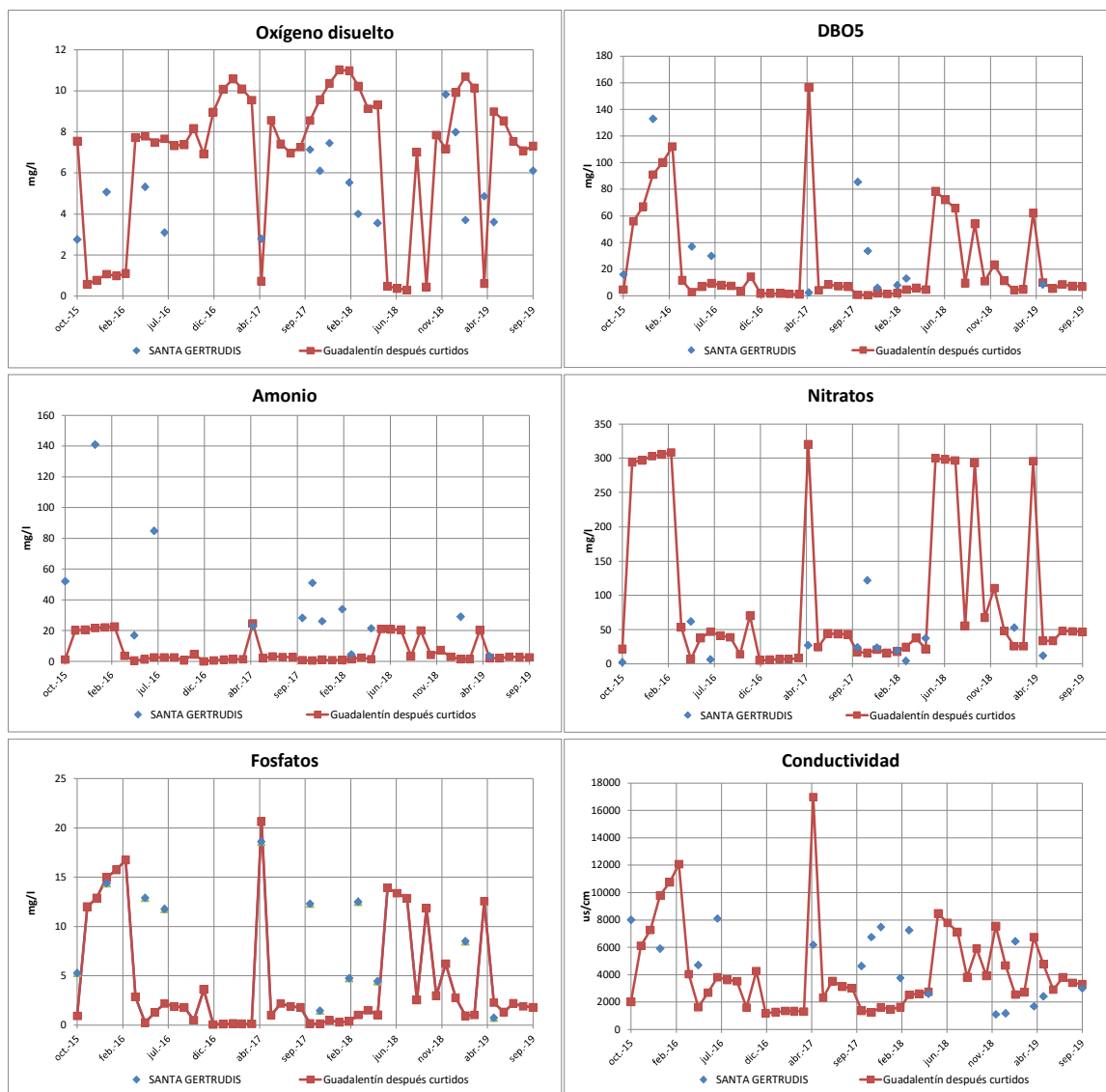


Figura 112. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Santa Gertrudis y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

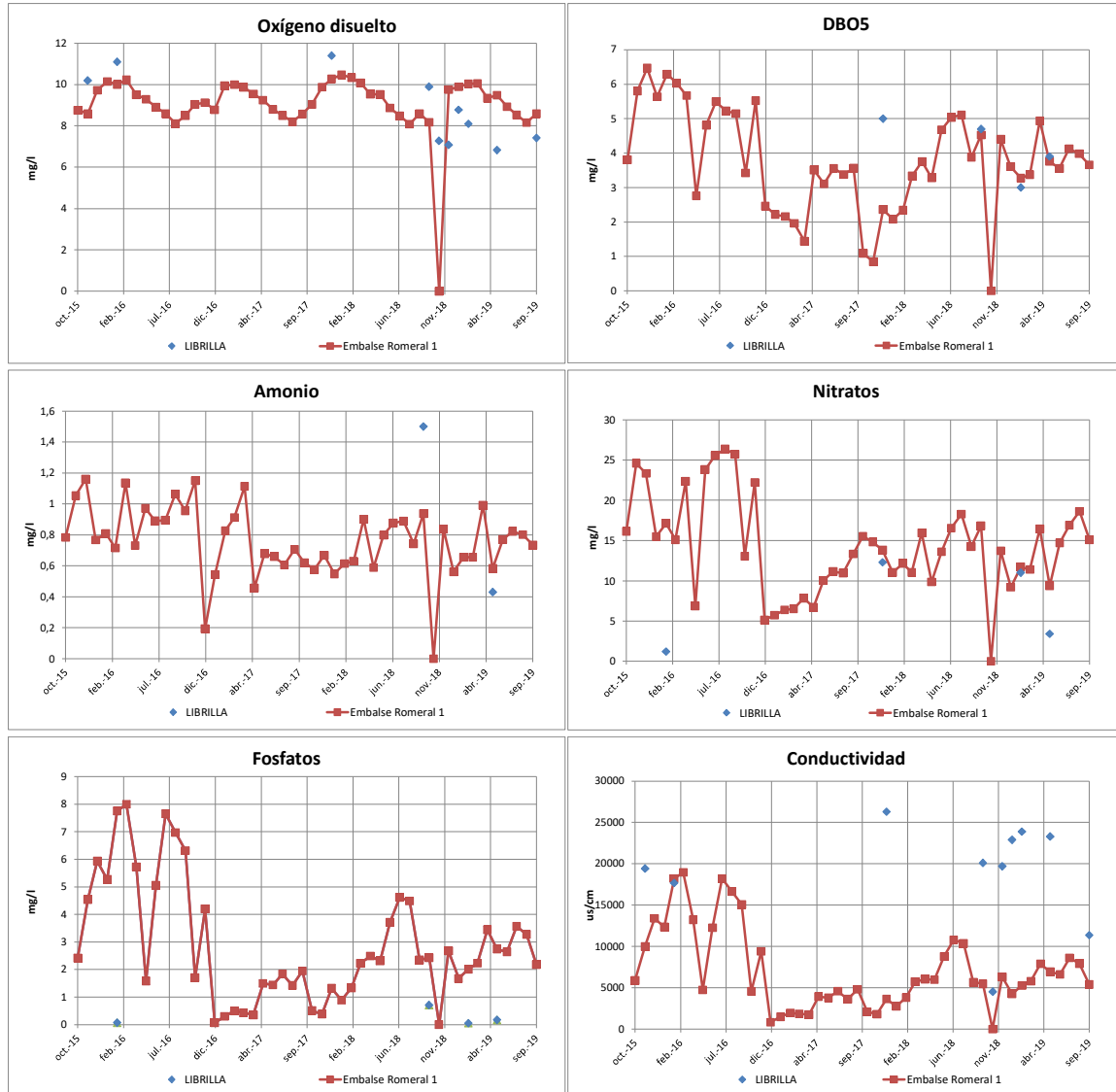


Figura 113. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Librilla y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

8.6.5.3. Caudales

Los caudales circulantes en el modelo de simulación y los aforados difieren mucho y son un elemento importante en la evaluación de la calidad. Sería necesaria una corrección de las aportaciones al sistema en el periodo de simulación.

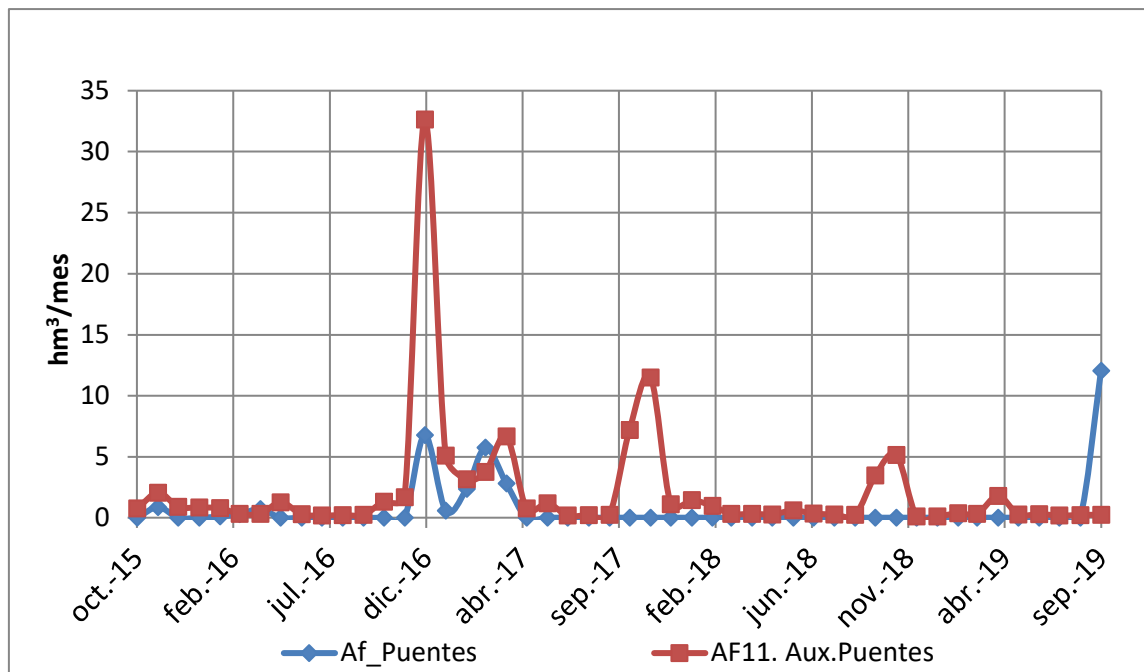


Figura 114. Comparativa de los caudales aforados y simulados en el Sistema río Guadalentín.

8.6.6. Sistema Río Segura

8.6.6.1. Perfil

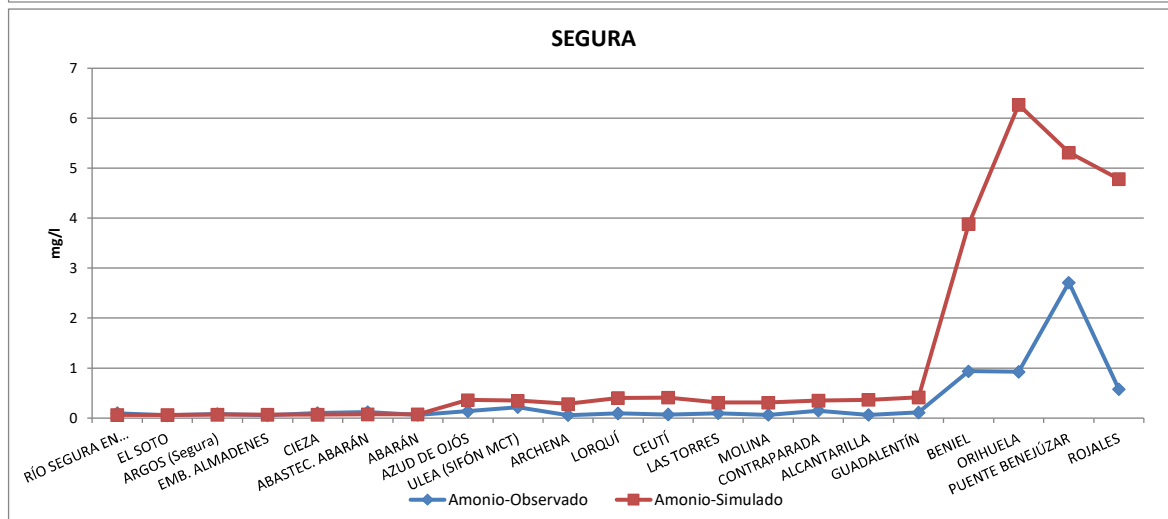
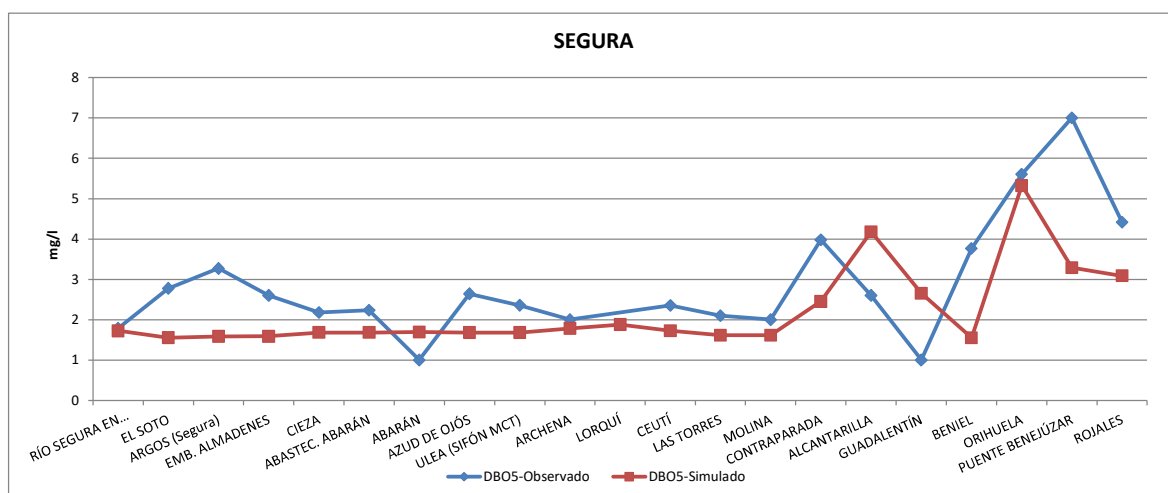
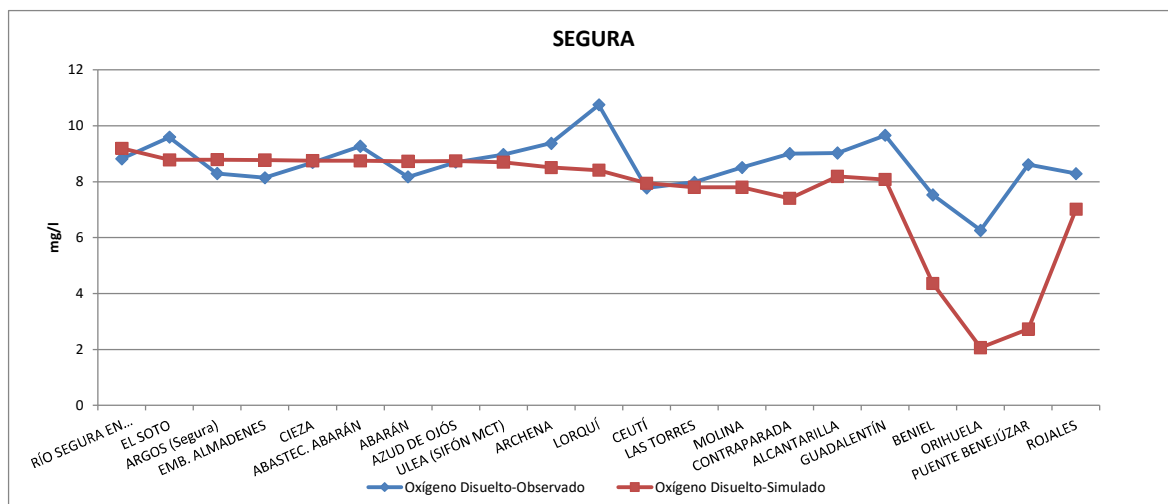
Se obtiene un perfil completo del comportamiento del río Segura gracias a la gran cantidad de estaciones localizadas en su curso. No se han incluido en este perfil los datos procedentes de las estaciones de calidad de Puente Carretera de Mula y El Arenal debido a que las observaciones existentes en estos puntos son prácticamente nulas, y pueden tener una influencia negativa en el perfil completo.

En cuanto al oxígeno disuelto se observa un buen ajuste a lo largo del río, excepto en Lorquí donde el valor medio observado se ha calculado a partir de una única medida, siendo el valor obtenido del modelo inferior y más coherente con la evolución resultante en estaciones próximas.

Relativo a DBO5 el ajuste del perfil es también muy bueno a excepción de la estación de Abarán. En este caso, como en el caso del oxígeno disuelto, el promedio de las medidas se ha obtenido a partir de una única observación en la estación.

En cuanto al amonio, nitratos y fosfatos se observa un ajuste muy bueno hasta llegar a la parte final del río, en la provincia de Alicante, en que los valores resultantes del modelo son superiores a los observados. Este hecho se justifica por la concentración de los vertidos incorporadas al modelo en las EDAR de Alicante, en que, careciendo de otra información se han considerado las concentraciones máximas permitidas a las EDAR.

En cuanto a la conductividad el perfil obtenido representa satisfactoriamente la realidad de la conductividad del río.



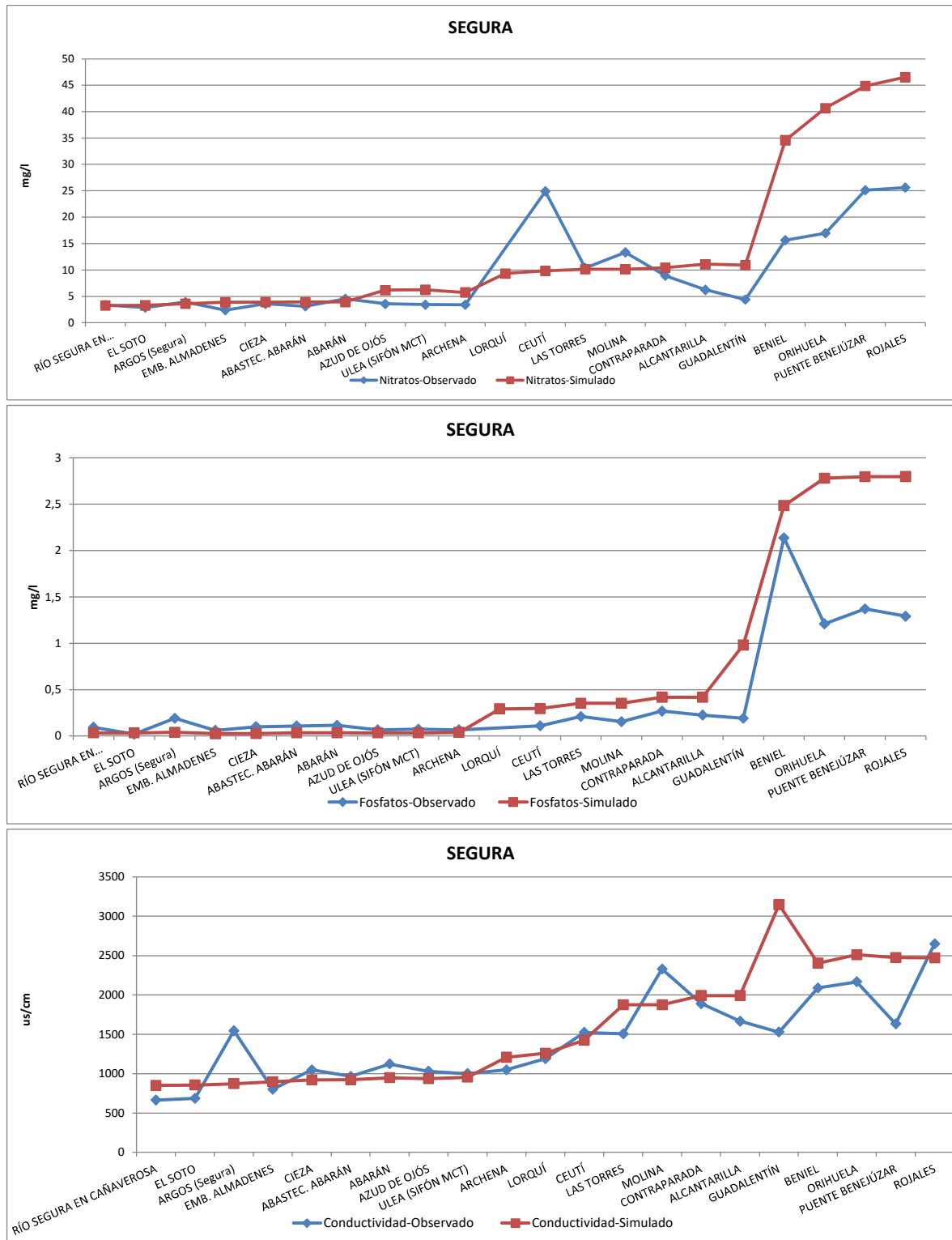


Figura 115. Perfil Sistema Río Segura. Comparativa de las concentraciones promedio de contaminantes medidos y simulados a lo largo del cauce.

8.6.6.2. Estaciones de Calidad

La estación ICA Juntas controla la afección al Segura de las aportaciones del río Moratalla pero no se han encontrado medidas en el periodo de simulación.

La estación ICA Argos en el Segura es la estación de control de calidad que permite conocer la afección de los de los caudales procedentes del Argos.

La estación ICA Almadenes es la primera estación tras la confluencia con el Quípar y tras la entrada de Almadenes.

La estación ICA Ab. Abarán, situada tras las entradas de EDAR Cieza y Menjú controla la afección al río de estas aportaciones.

La estación ICA Azud de Ojós situada tras el Azud de Ojós controla los vertidos de los retornos de riego. Estos vertidos suponen un 8% del caudal circulante total.

La estación ICA Ulea Sifón situada inmediatamente detrás de la estación de calidad anterior no recibe ninguna influencia externa, por lo que es de esperar que se obtengan resultados muy similares.

La estación ICA Lorquí está situada tras la entrada de la EDAR Archena la cual fue puesta en servicio en el año 2001 y en febrero de 2011 se produjo la instalación de un terciario. Existe una zona hidrotermal importante con surgencias de agua de elevado contenido mineral (6000 uS/cm). Por ello, se esperan valores más elevados de conductividad a partir de esta zona.

Las estaciones ICA Las Torres y Molina, situadas tras la entrada del río Mula, controlan la entrada de la EDAR de Alguazas y del río Mula, que supone entre un 10% del caudal circulante total por el río.

La estación ICA Contraparada controla las aportaciones de Contraparada y de la EDAR de Torres de Cotillas.

La estación ICA Alcantarilla está situada aguas abajo de Contraparada y muy cerca de la confluencia con el río Guadalentín. El caudal circulante se reduce considerablemente respecto al punto anterior debido a la demanda agraria de la Vega Media.

La estación ICA Guadalentín es la estación de calidad inmediatamente posterior a la confluencia con el Guadalentín. El Guadalentín supone un 26% del caudal total circulante.

La estación ICA Beniel mide la calidad tras la entrada de Beniel y la EDAR San Antón, que depura las aguas procedentes de la ciudad de Murcia.

La estación ICA Rojales es la última estación de calidad del modelo, situada inmediatamente tras la ICA Puente Benejúzar.

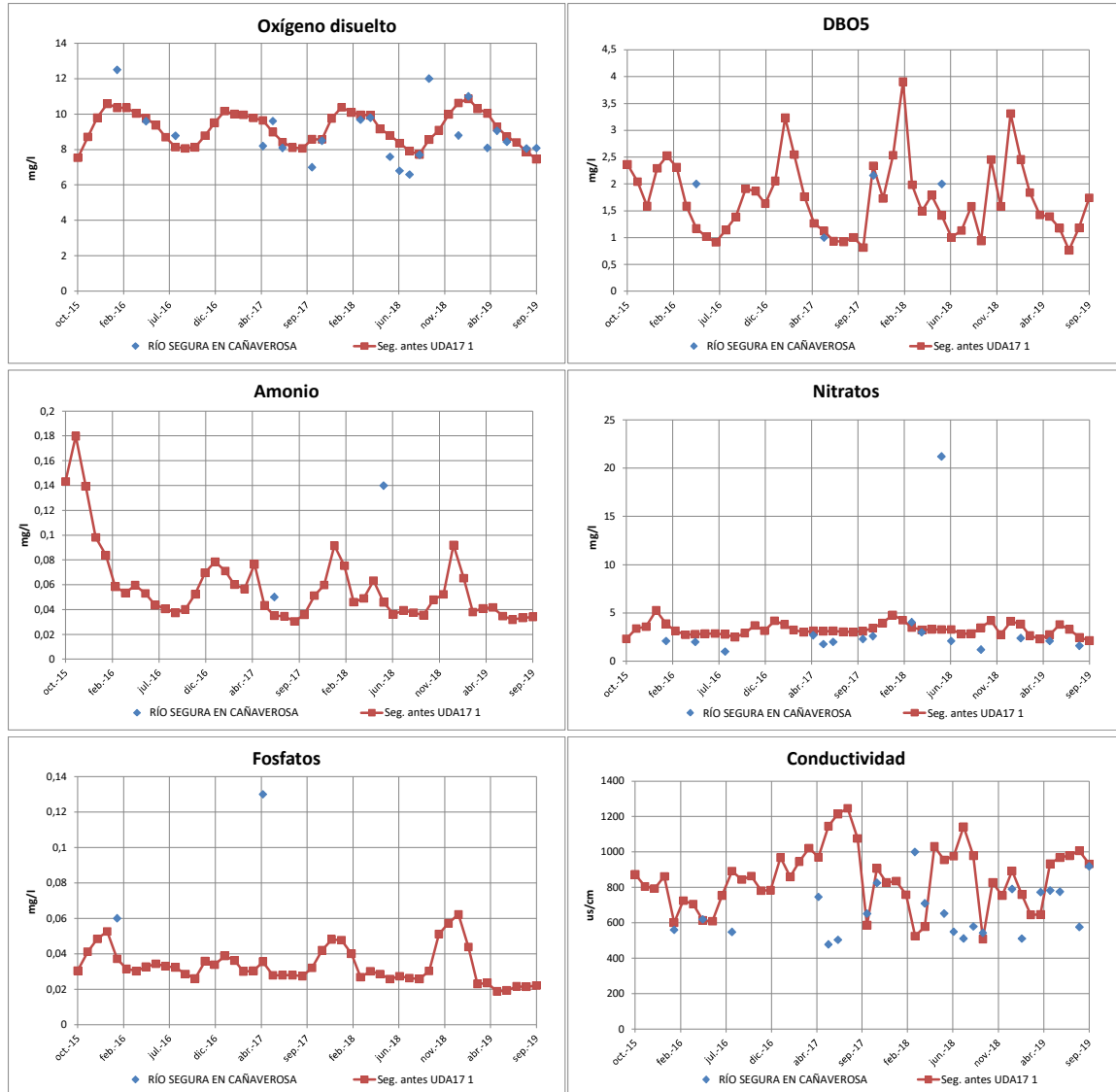


Figura 116. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Río Segura en Cañaverosa y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

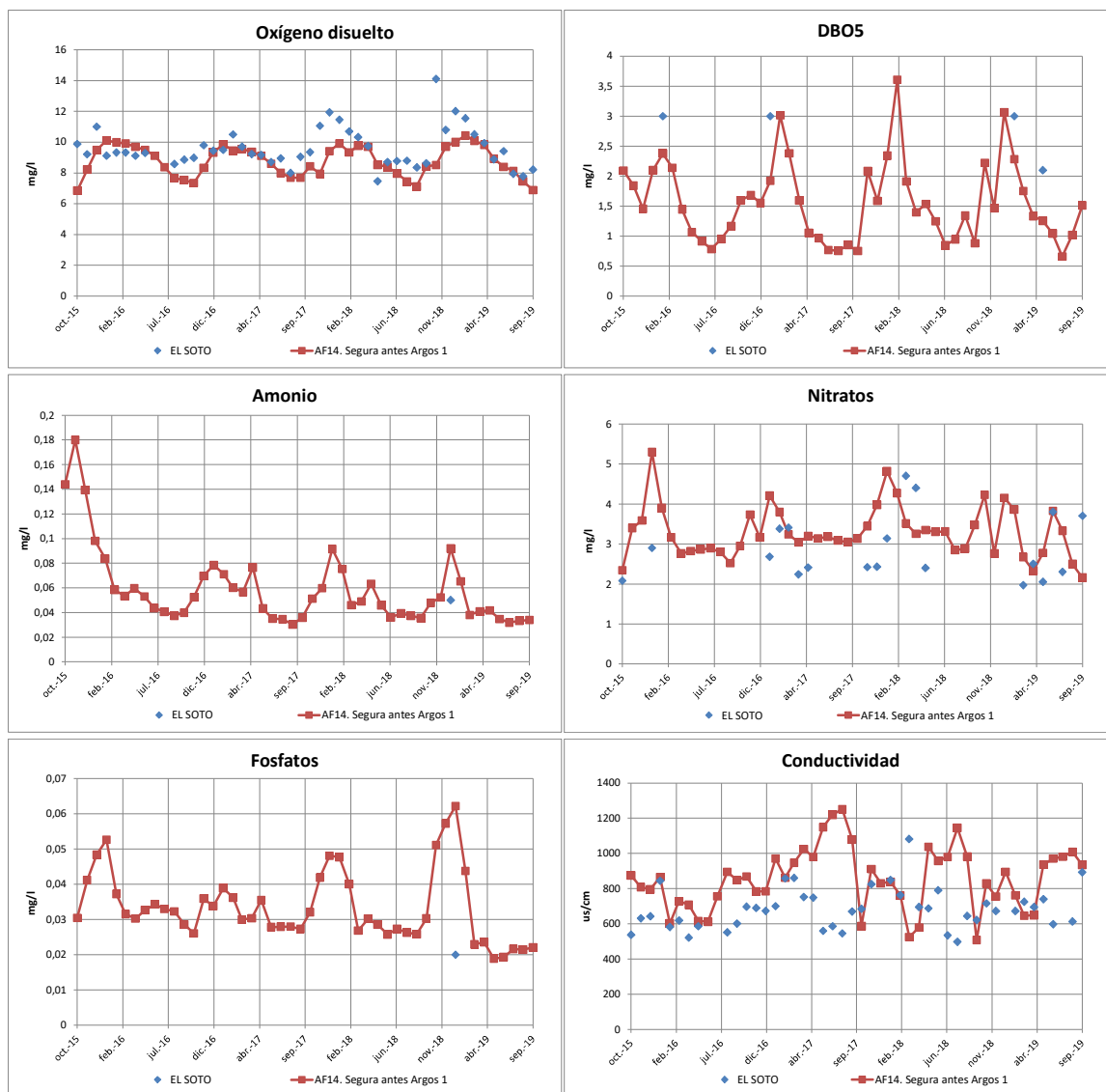


Figura 117. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA El Soto y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

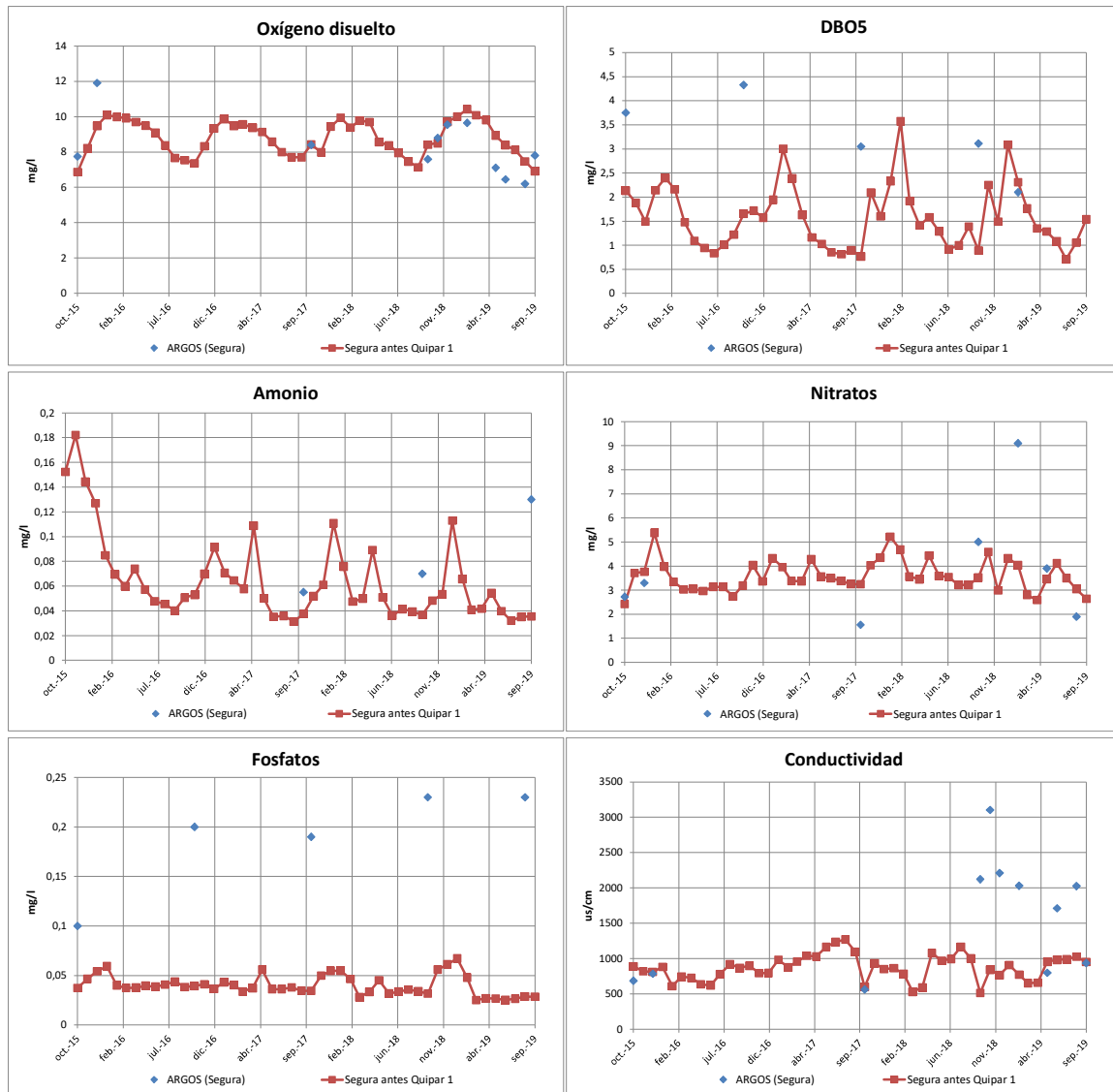


Figura 118. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Argos en el Segura y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

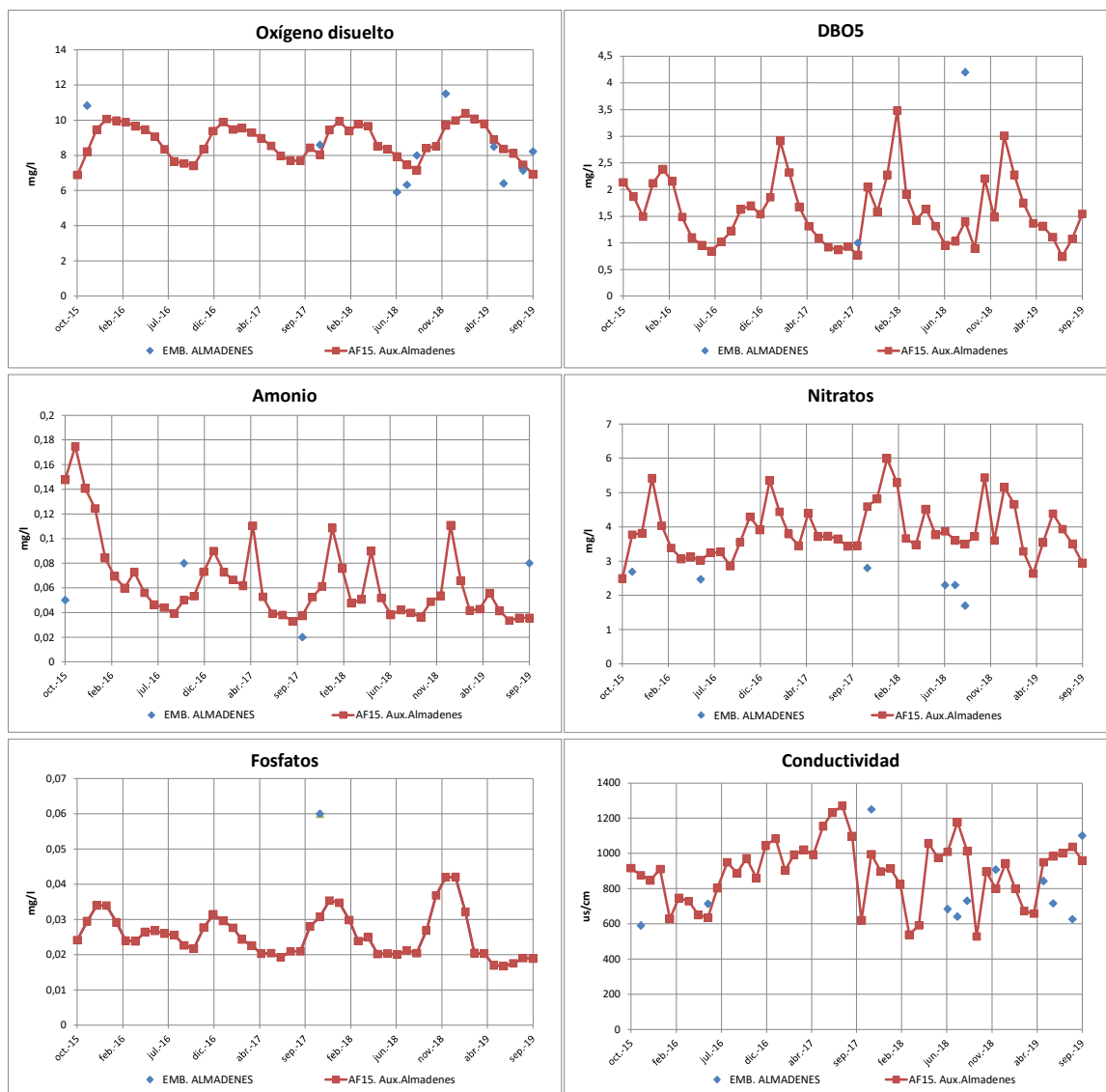


Figura 119. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Almadenes y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

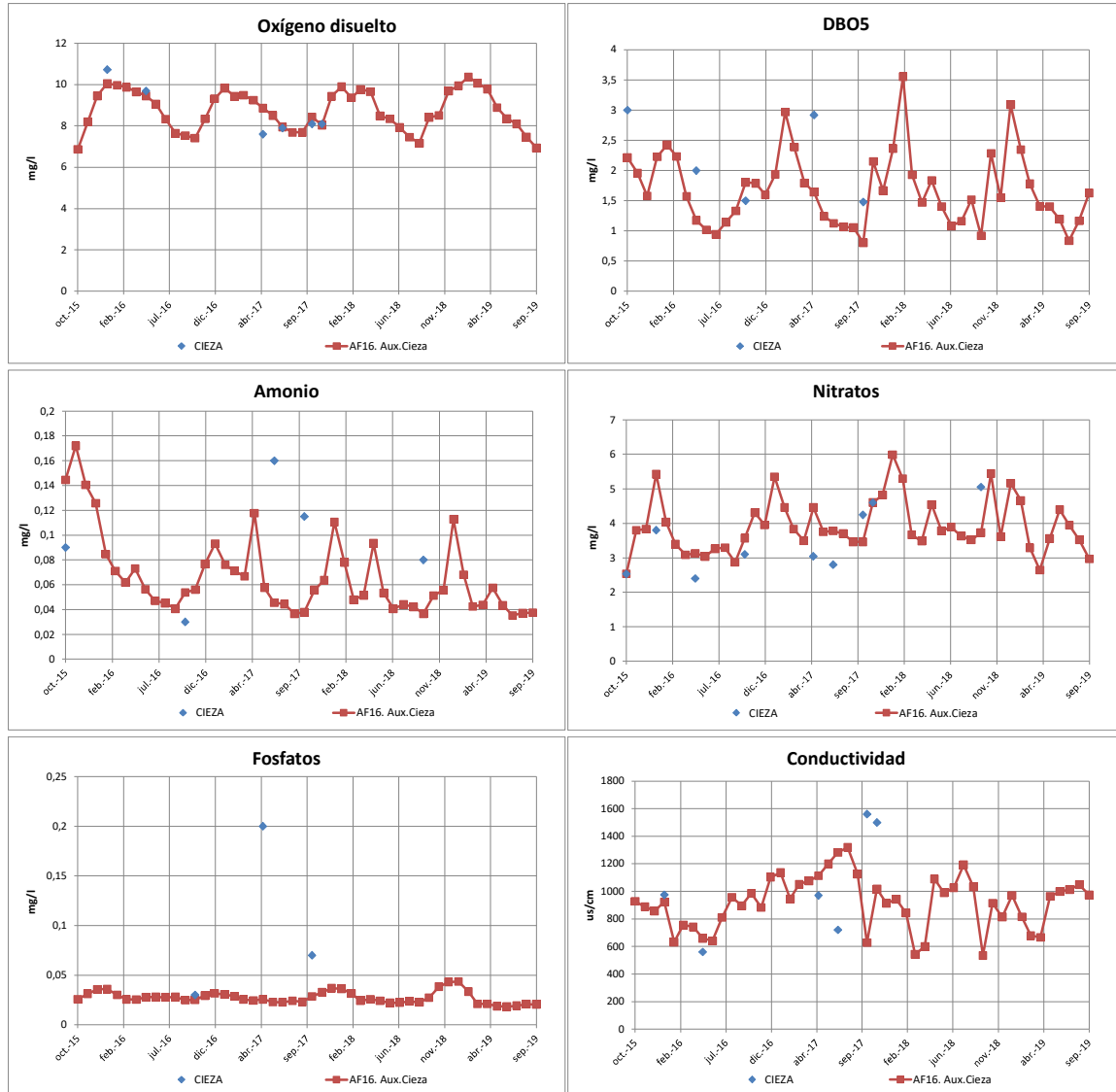


Figura 120. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Cieza y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

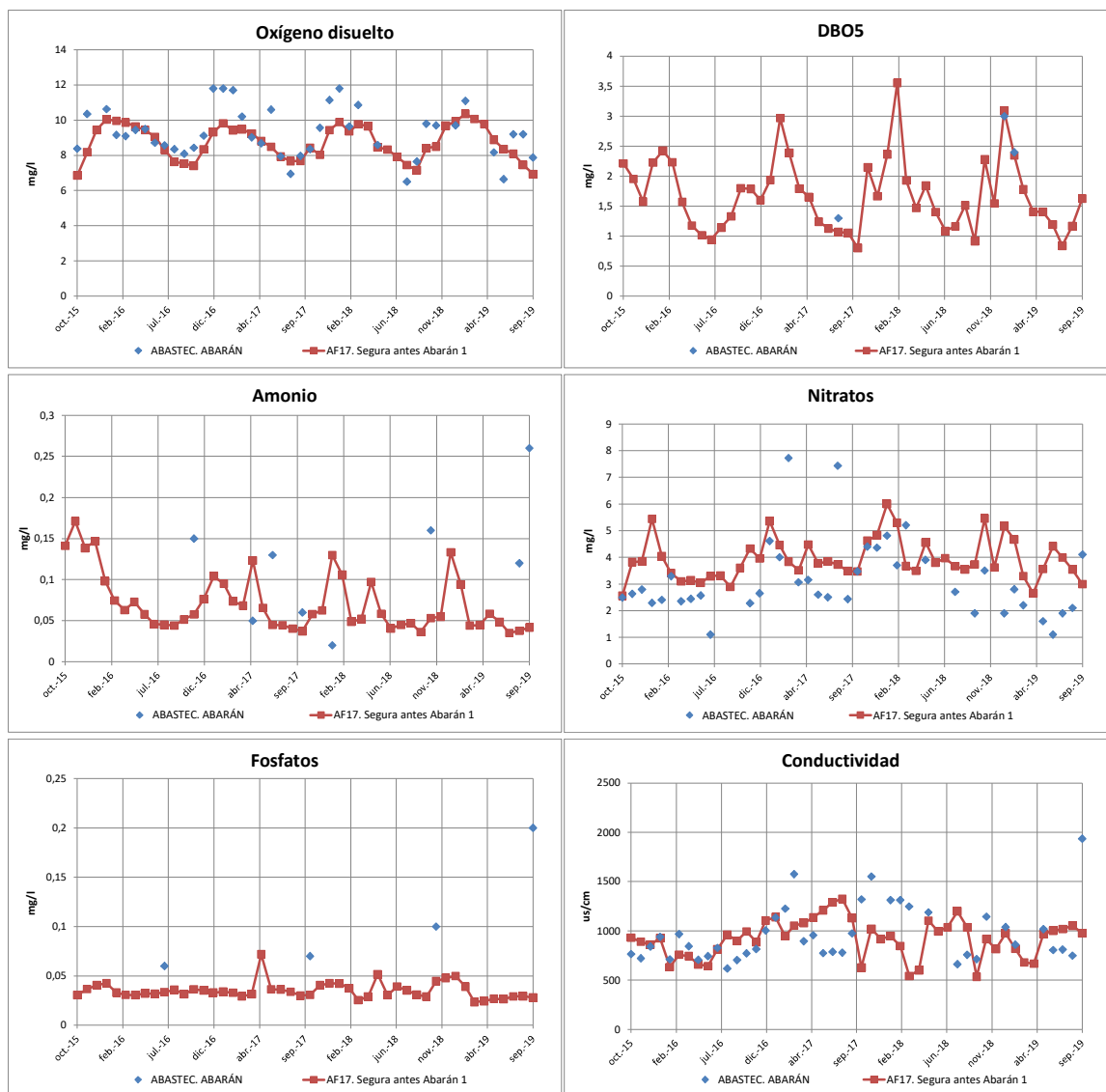


Figura 121. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Ab. Abarán y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

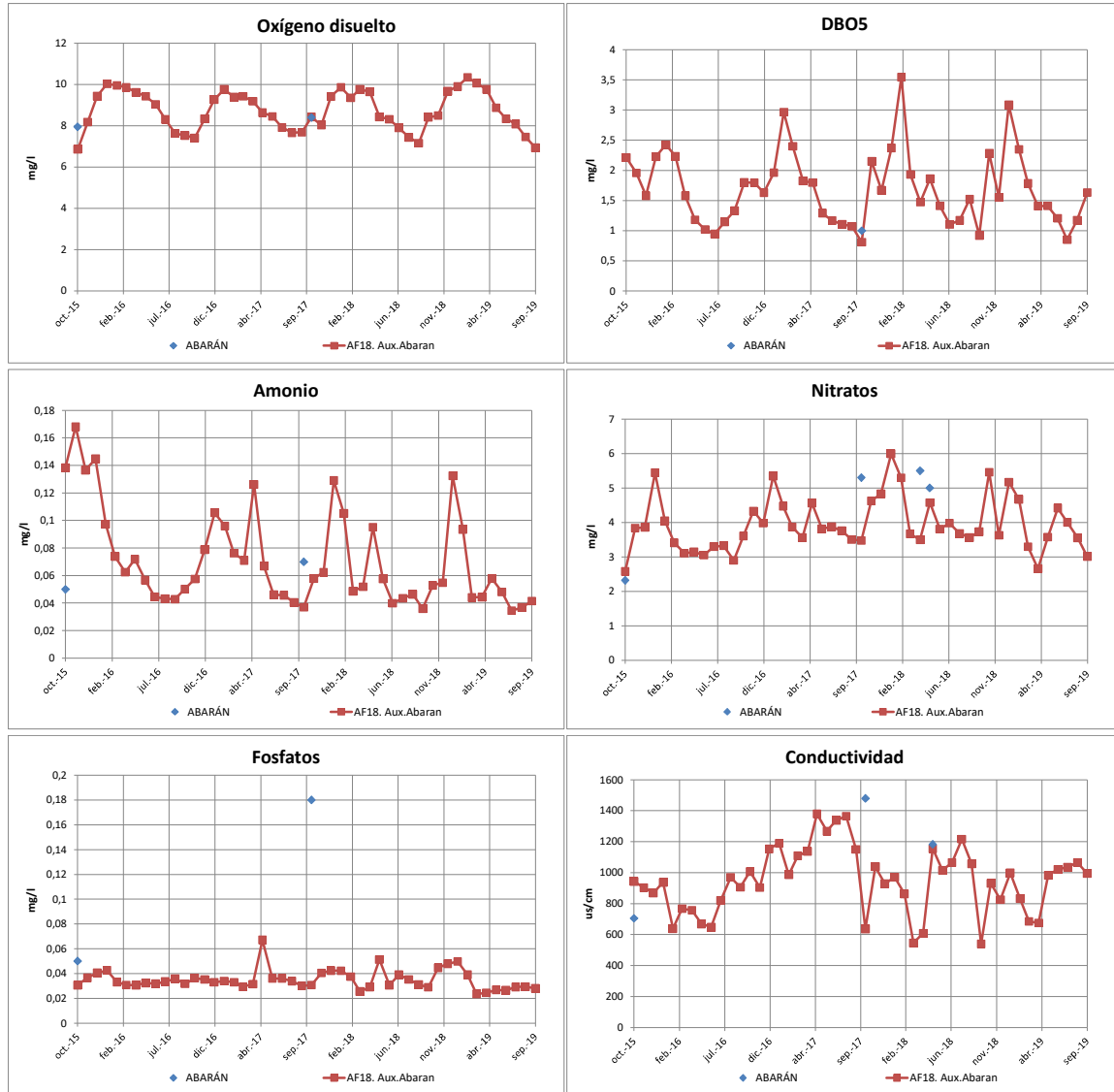


Figura 122. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Abarán y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

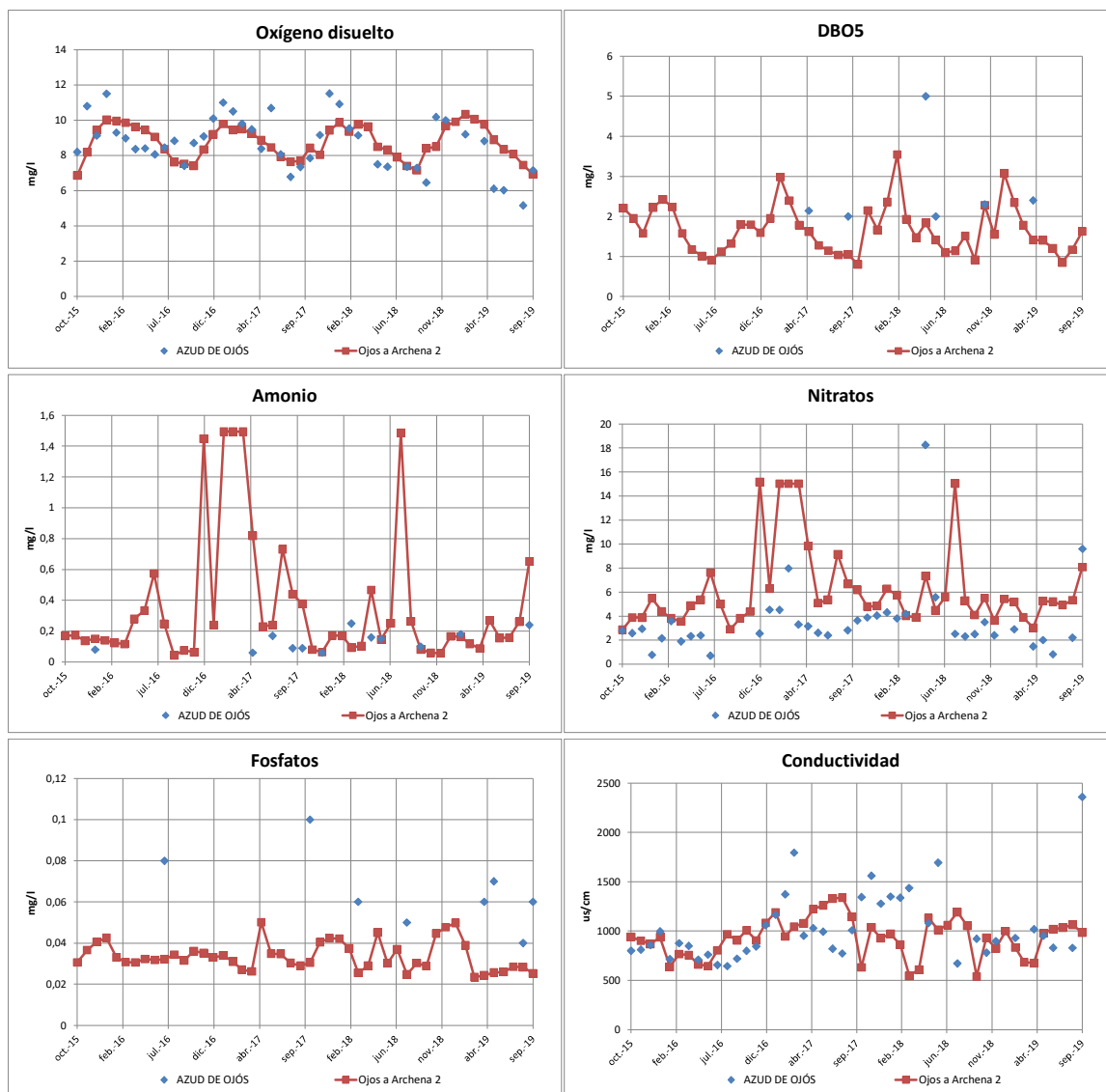


Figura 123. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Azud de Ojós y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

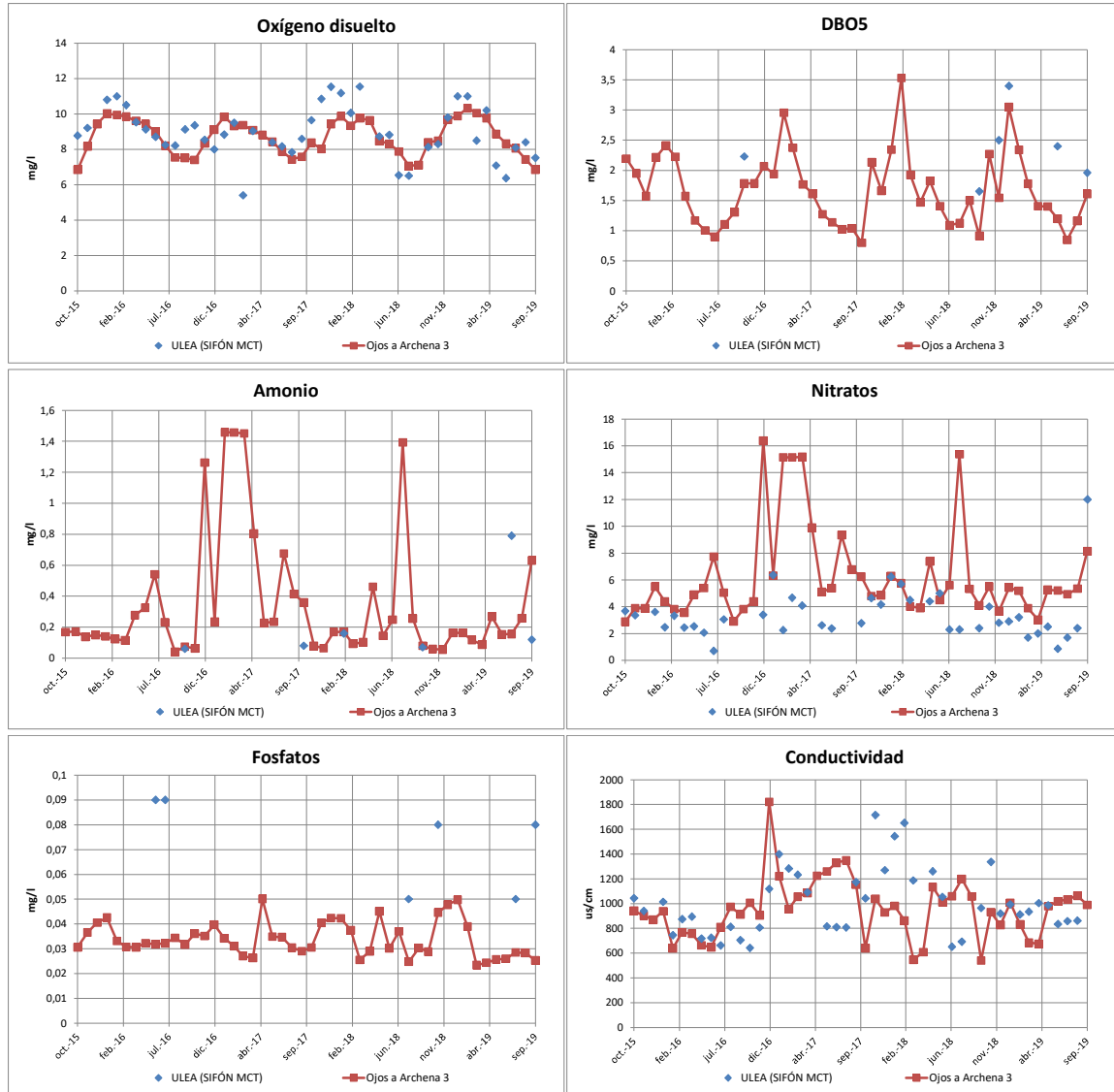


Figura 124. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Ulea (Sifón MCT) y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

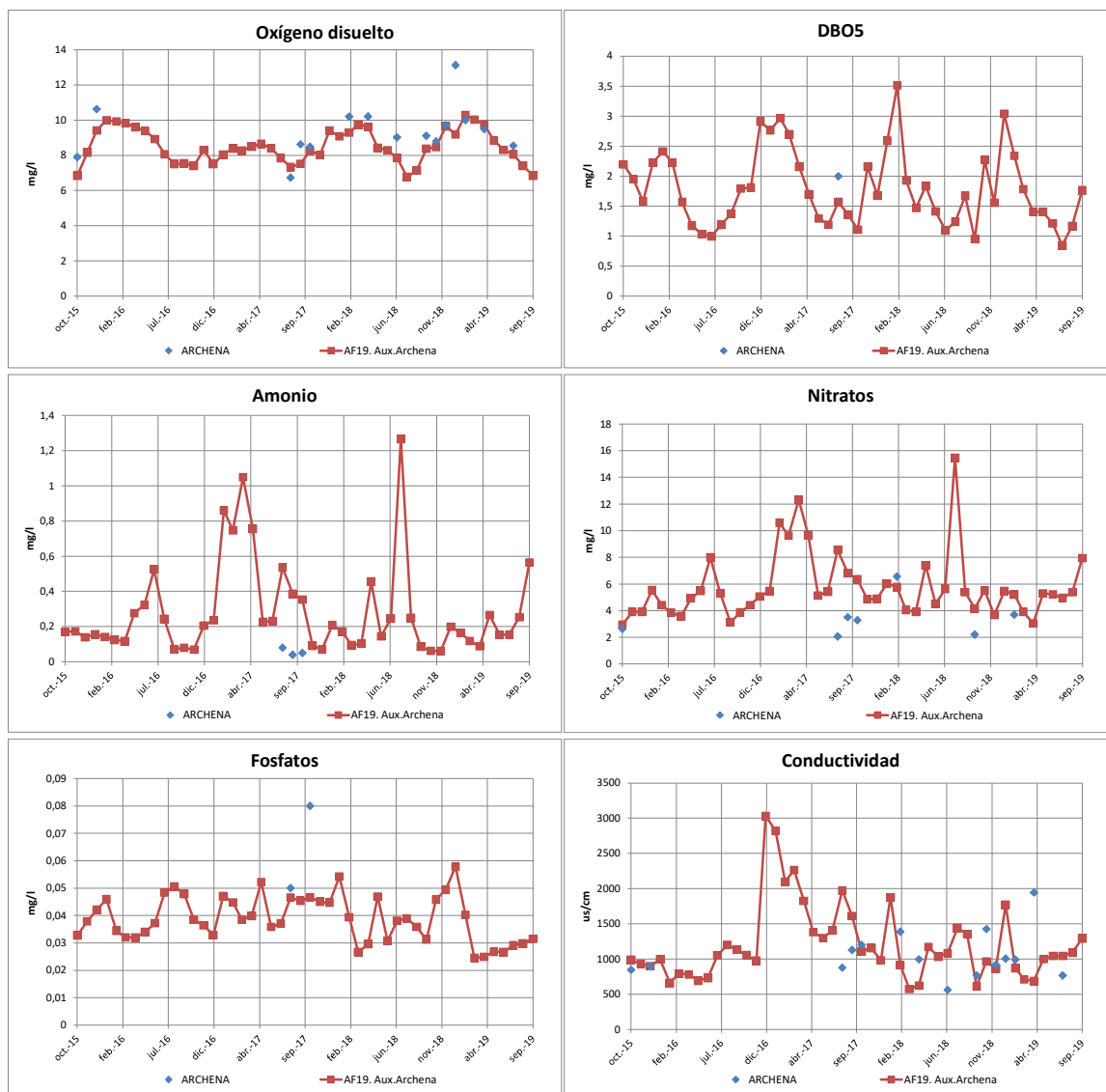


Figura 125. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Archena y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.



Figura 126. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Lorquí y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.



Figura 127. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Ceutí y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

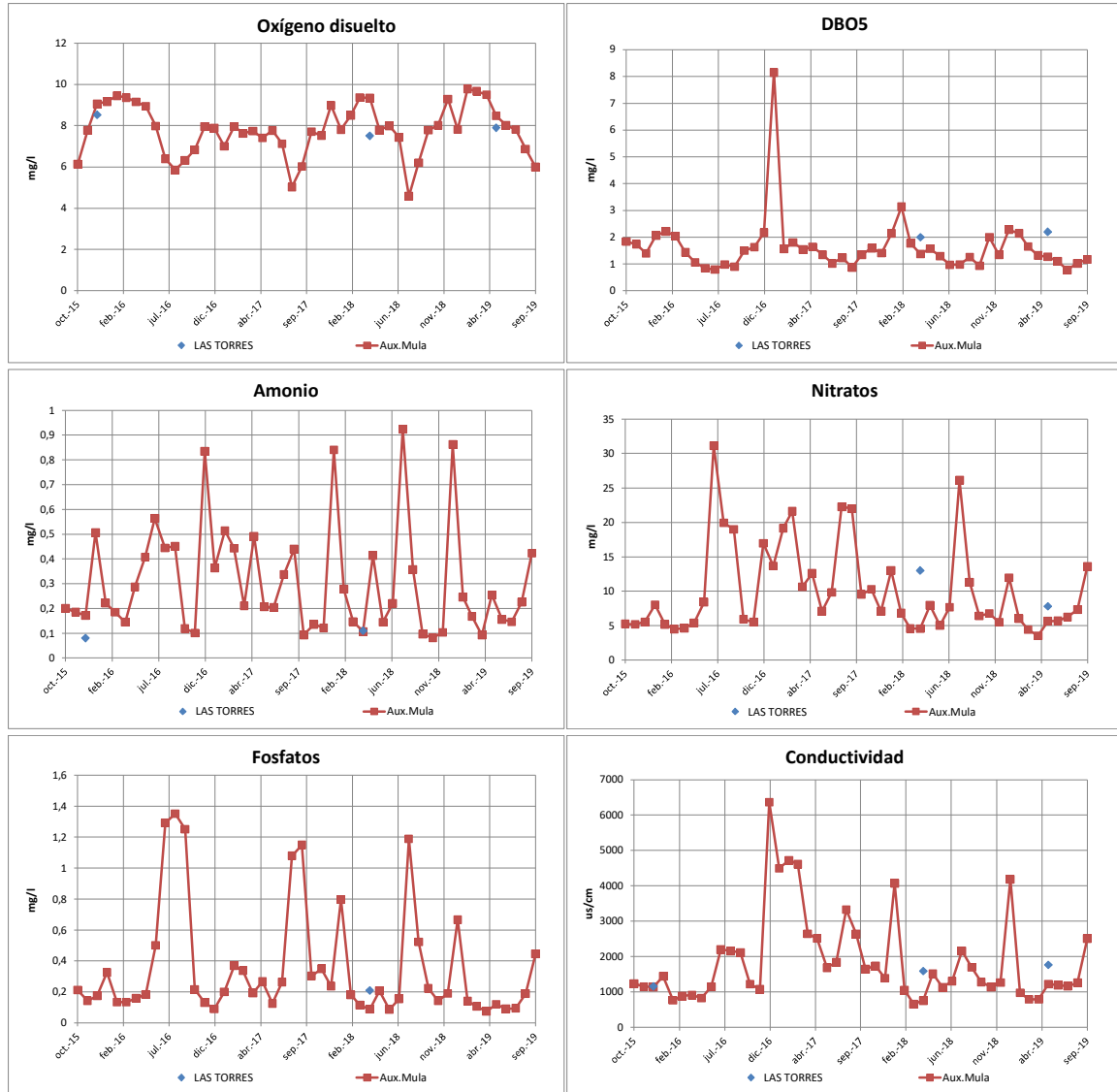


Figura 128. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Las Torres y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

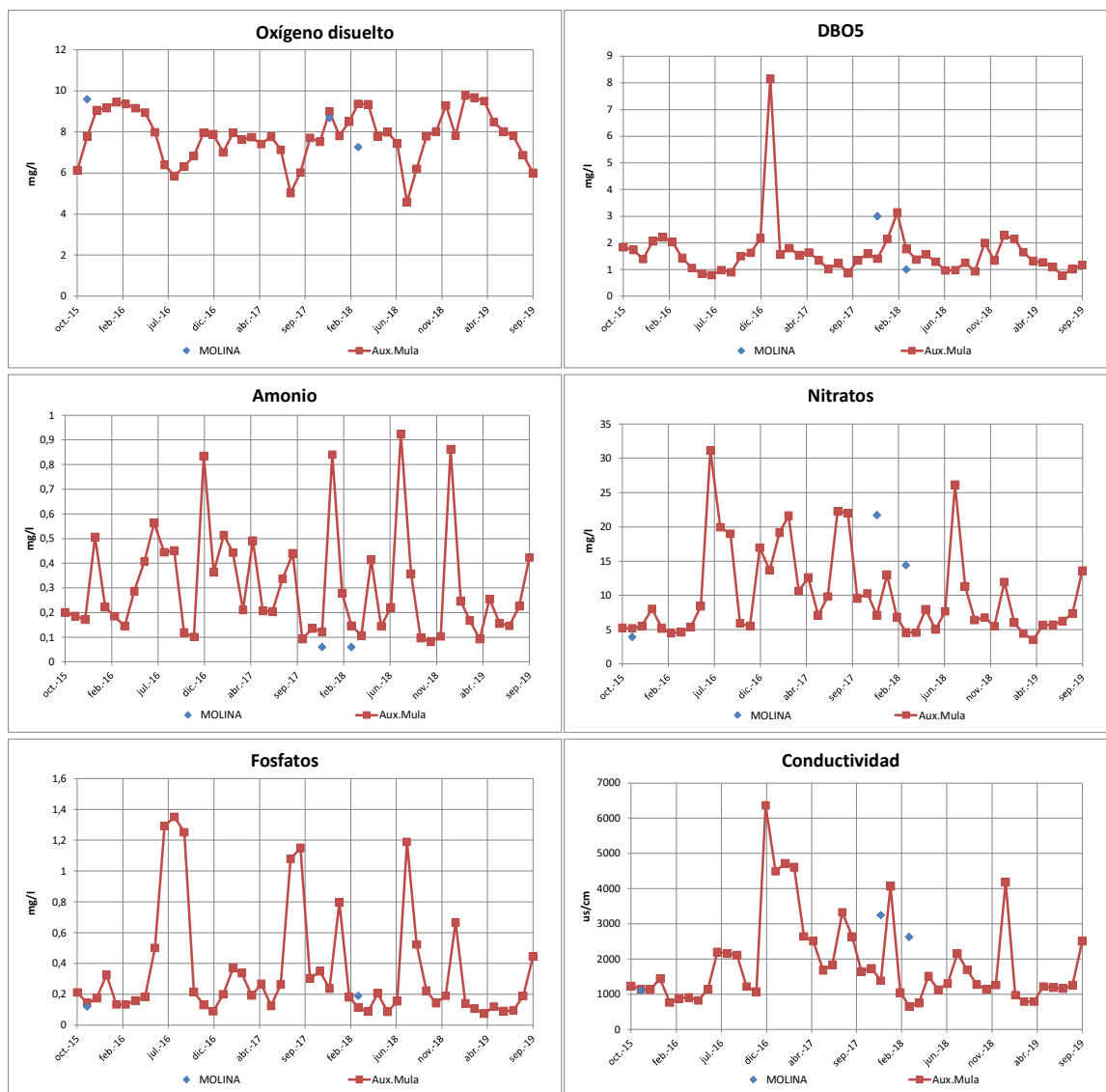


Figura 129. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Molina y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

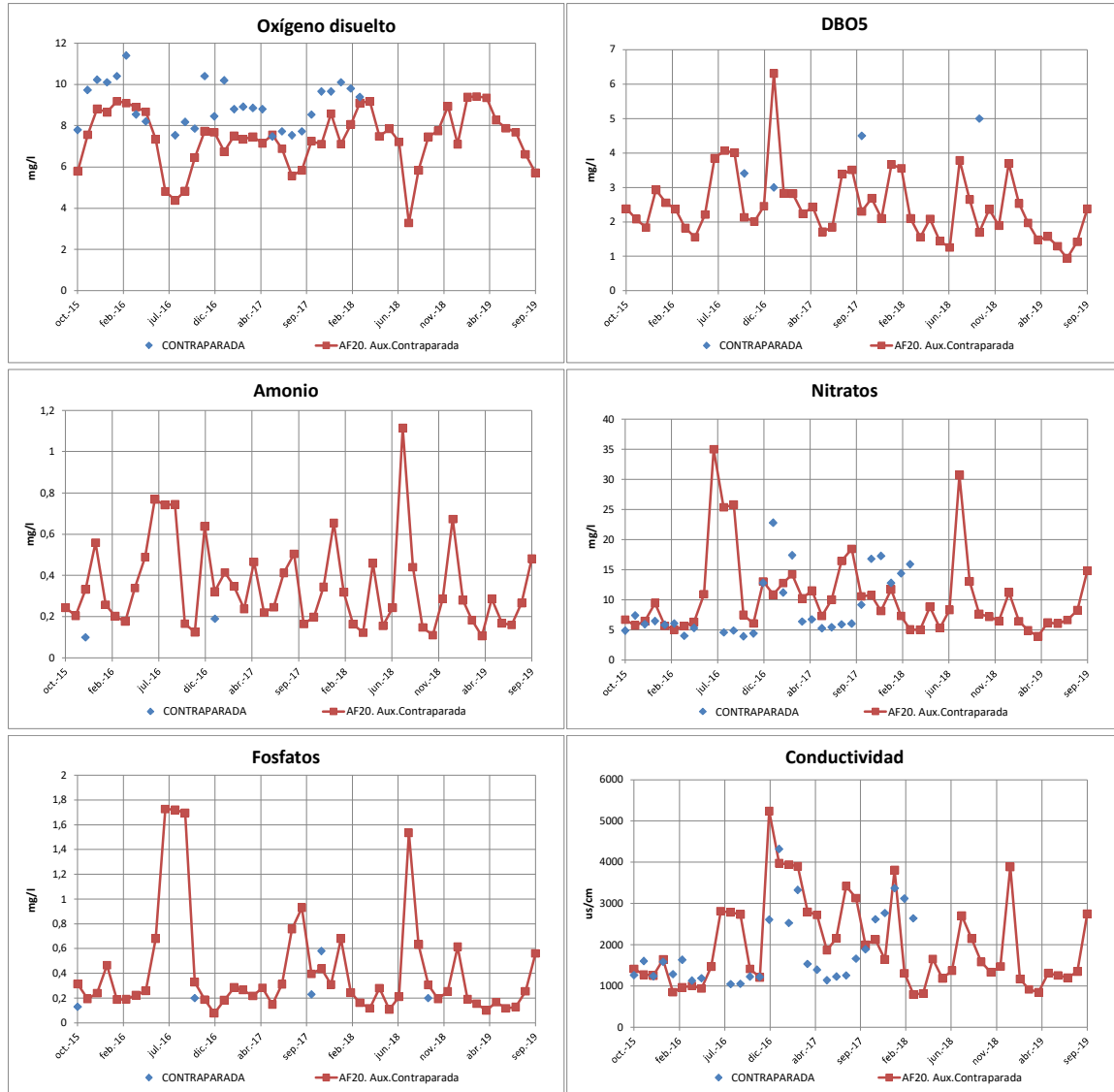


Figura 130. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Contraparada y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

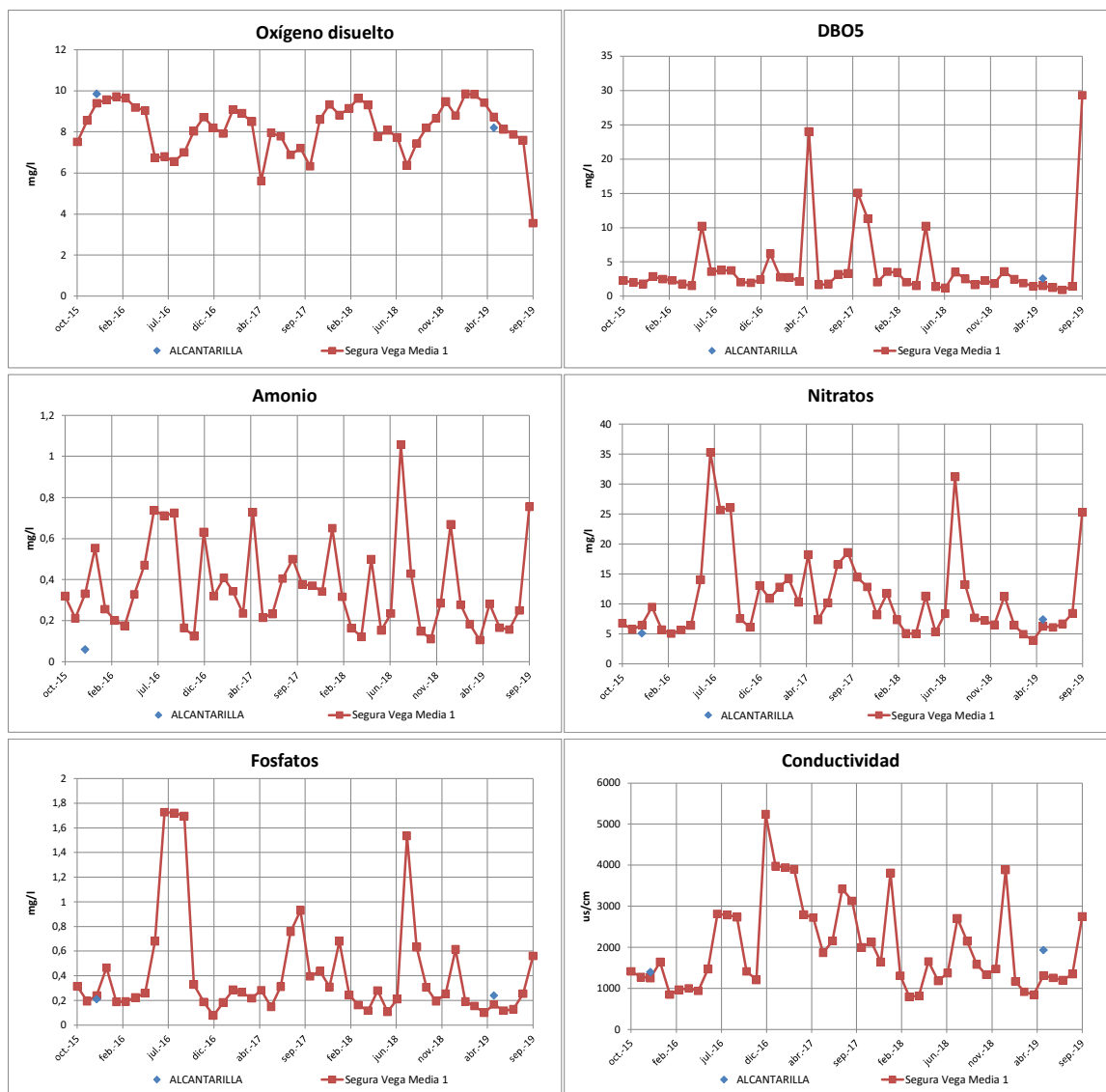


Figura 131. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Alcantarilla y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.



Figura 132. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Guadalestín y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

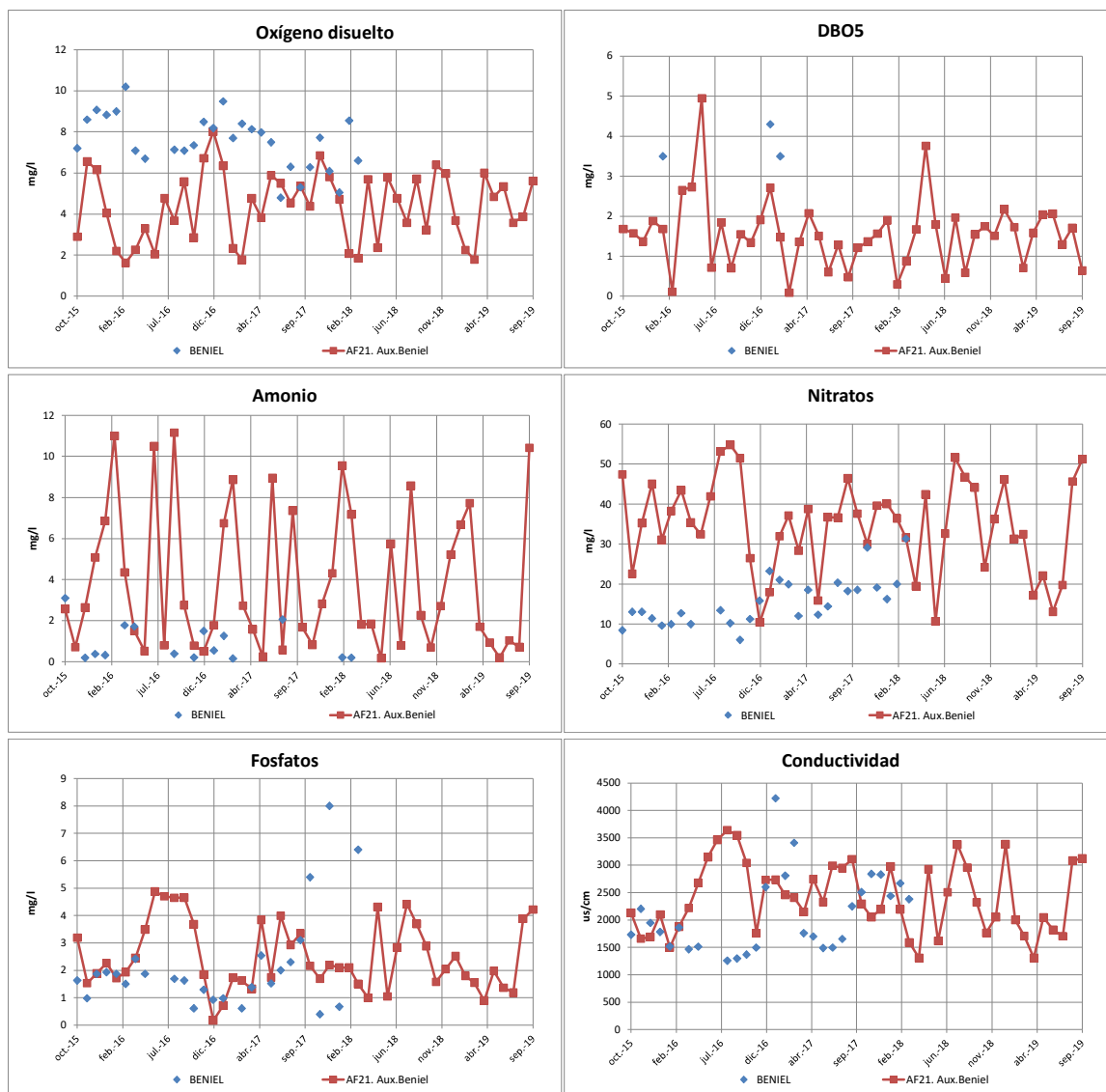


Figura 133. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Beniel y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.



Figura 134. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Orihuela y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

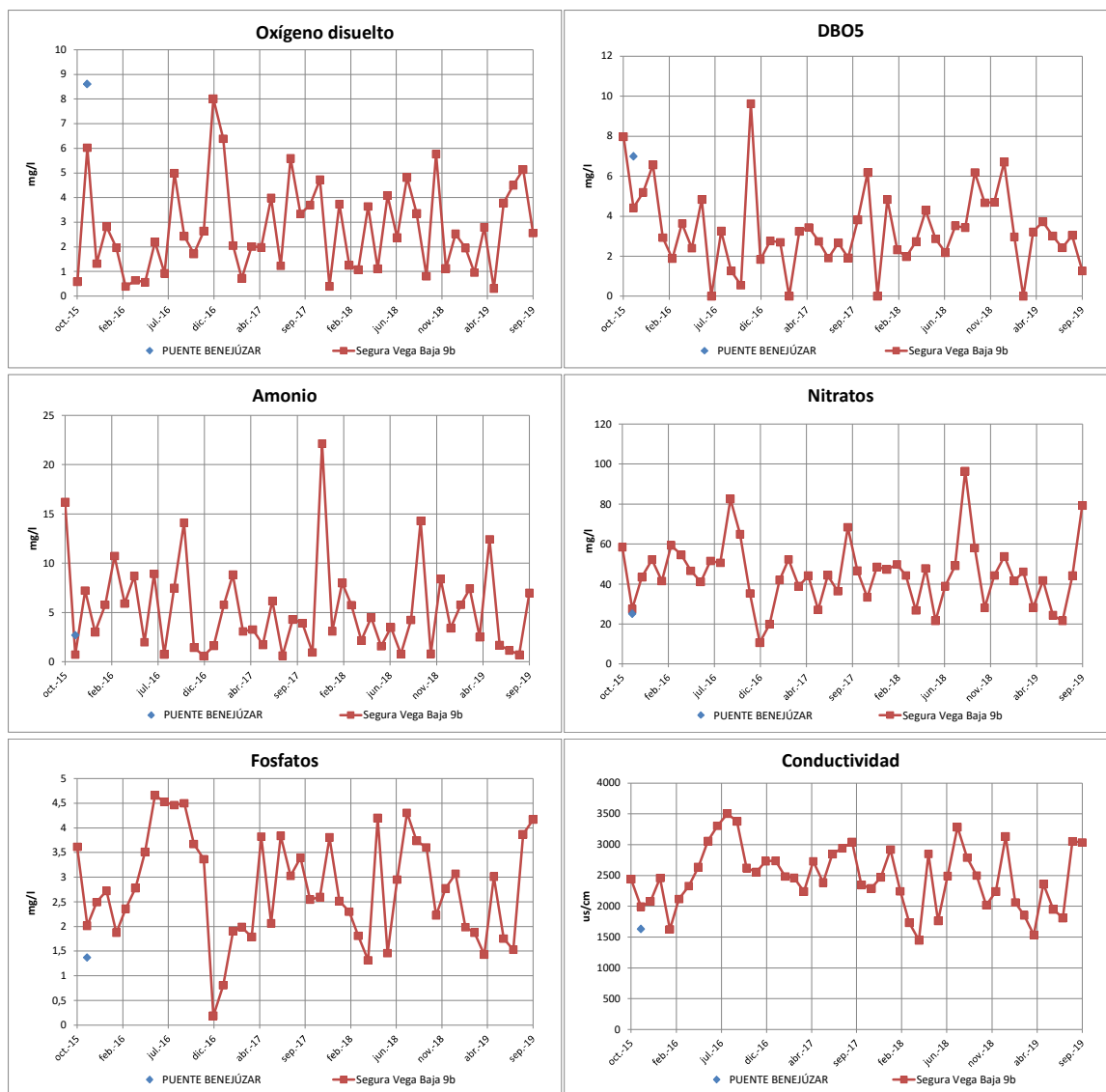


Figura 135. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Puente Benejúcar y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

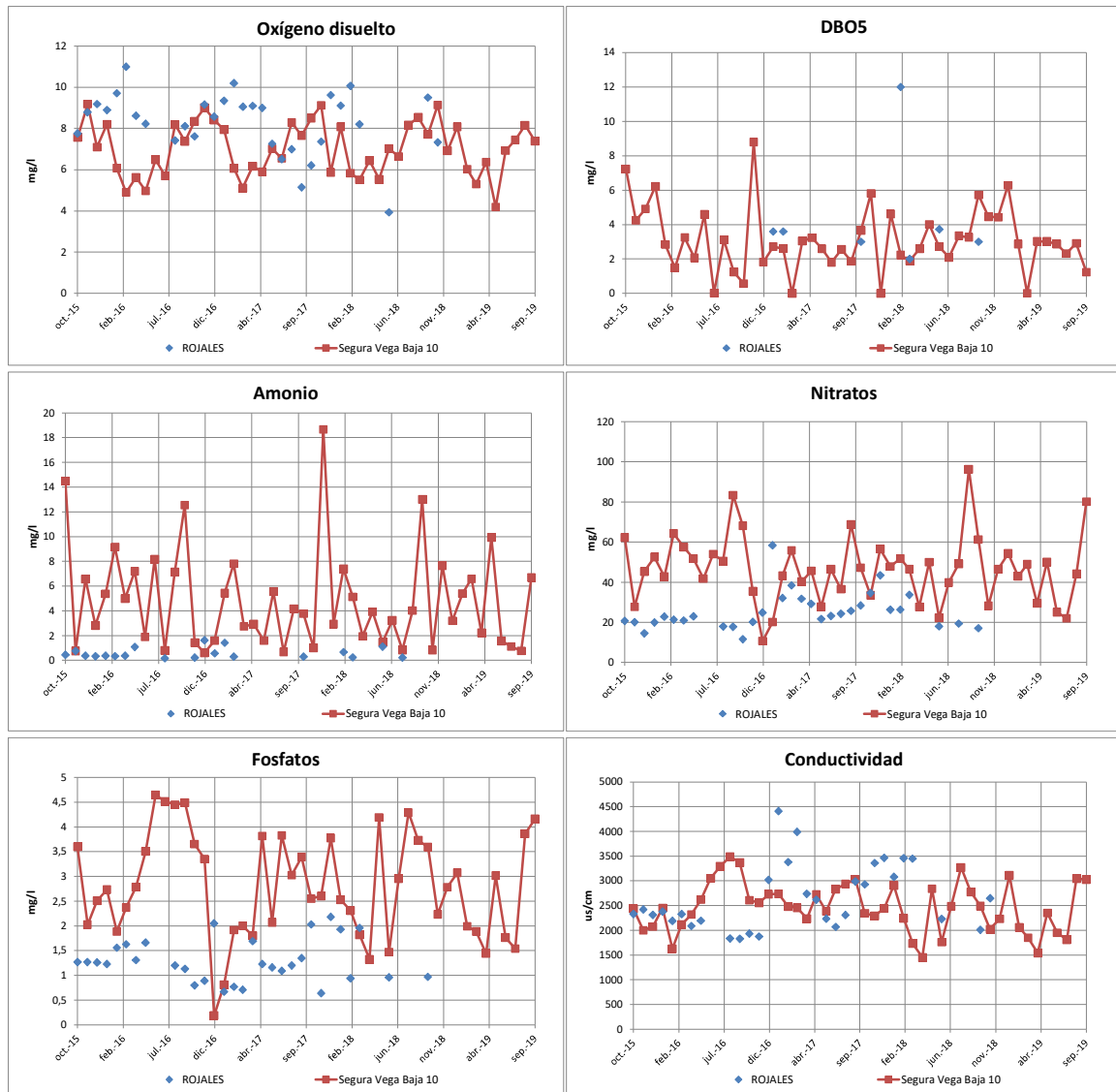
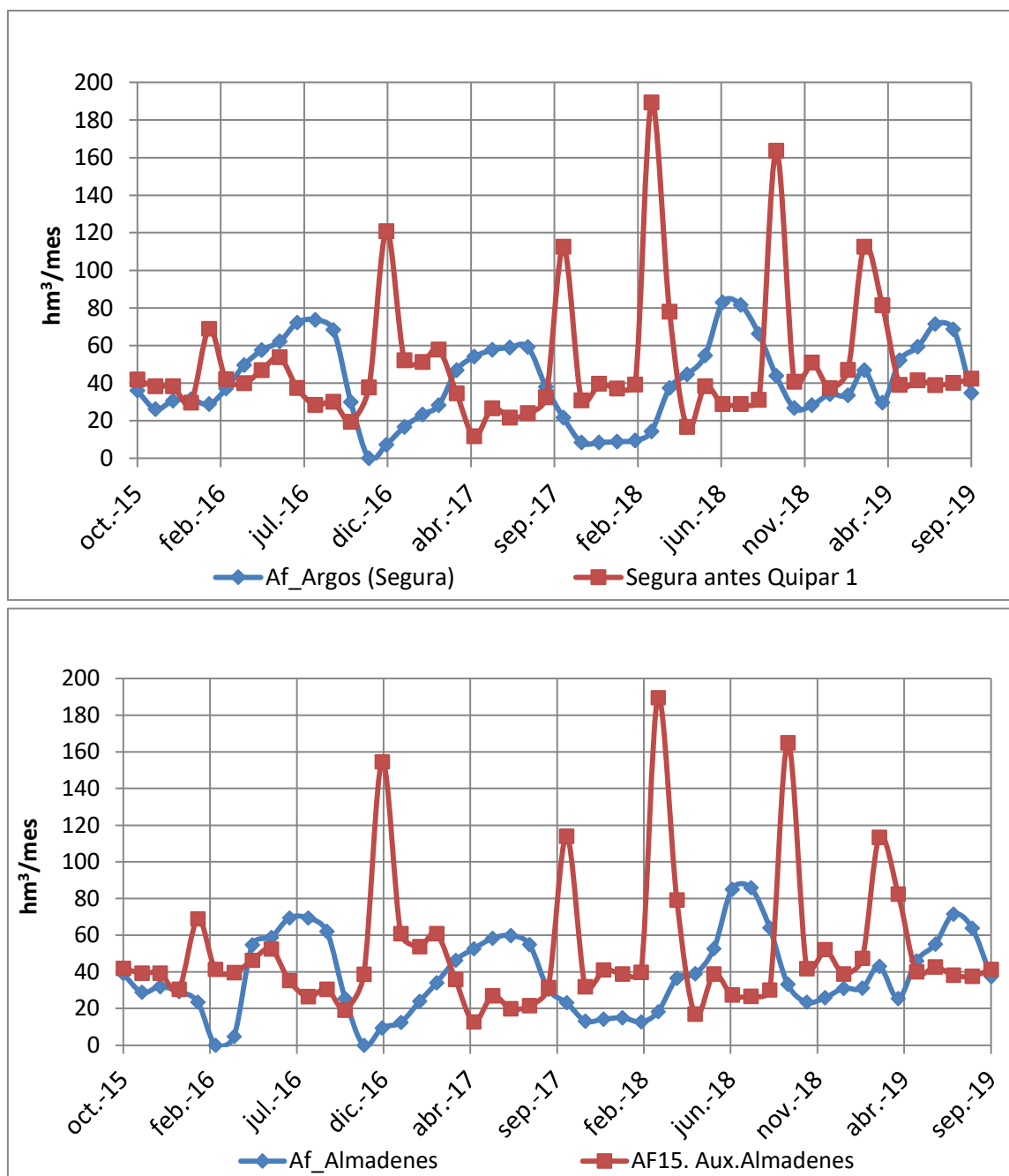
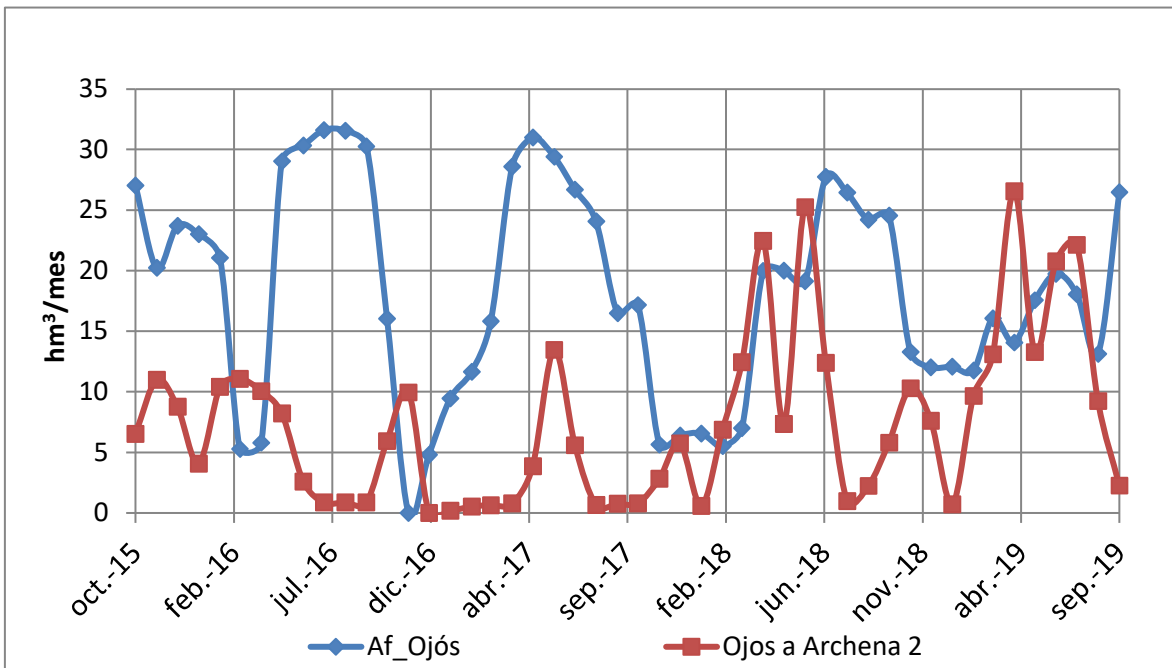
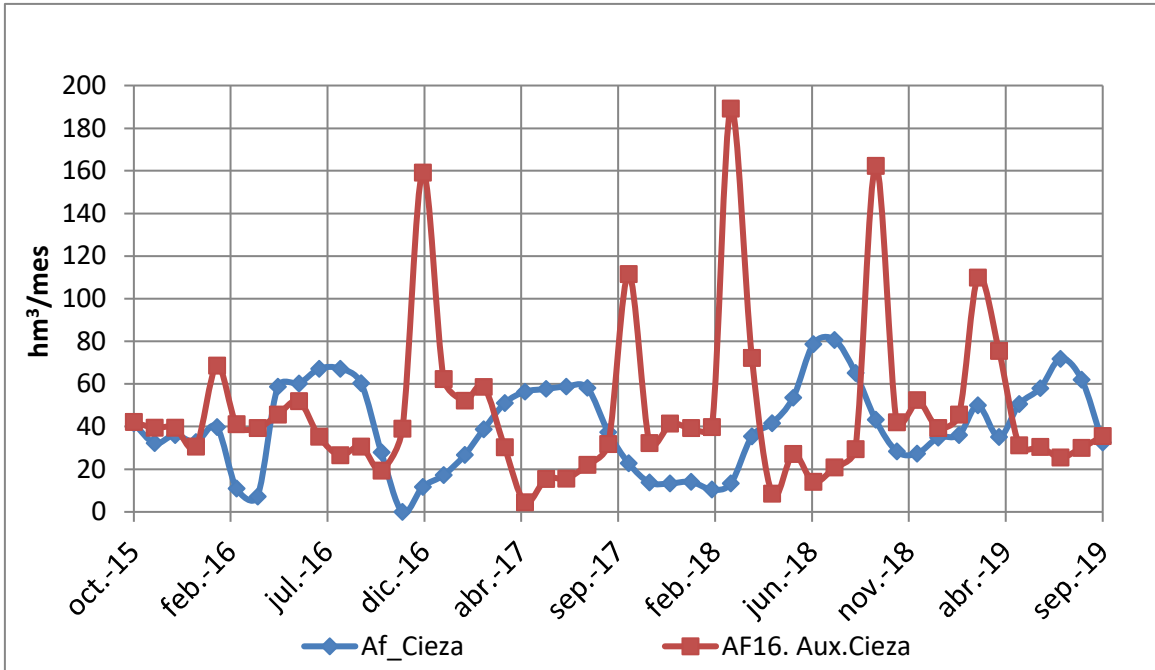


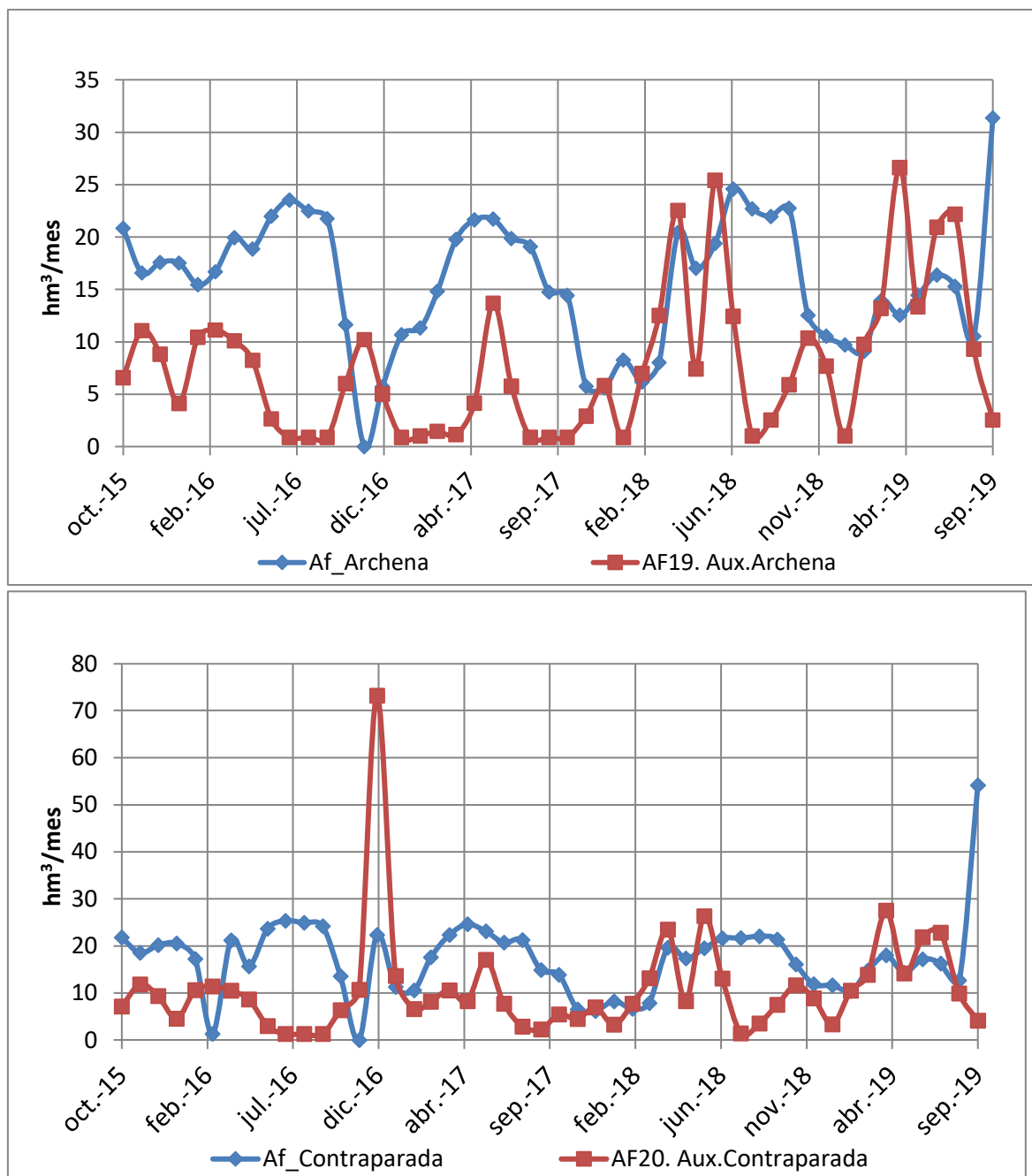
Figura 136. Comparativa de los valores medidos en la estación ICA Rojales y los obtenidos con el modelo en el tramo correspondiente.

8.6.6.3. Caudales

Una primera mejora en la actual simulación sería corregir los caudales aportados al modelo para ajustarlos a los caudales aforados ya que los caudales circulantes son un elemento importante en la evaluación de la calidad.







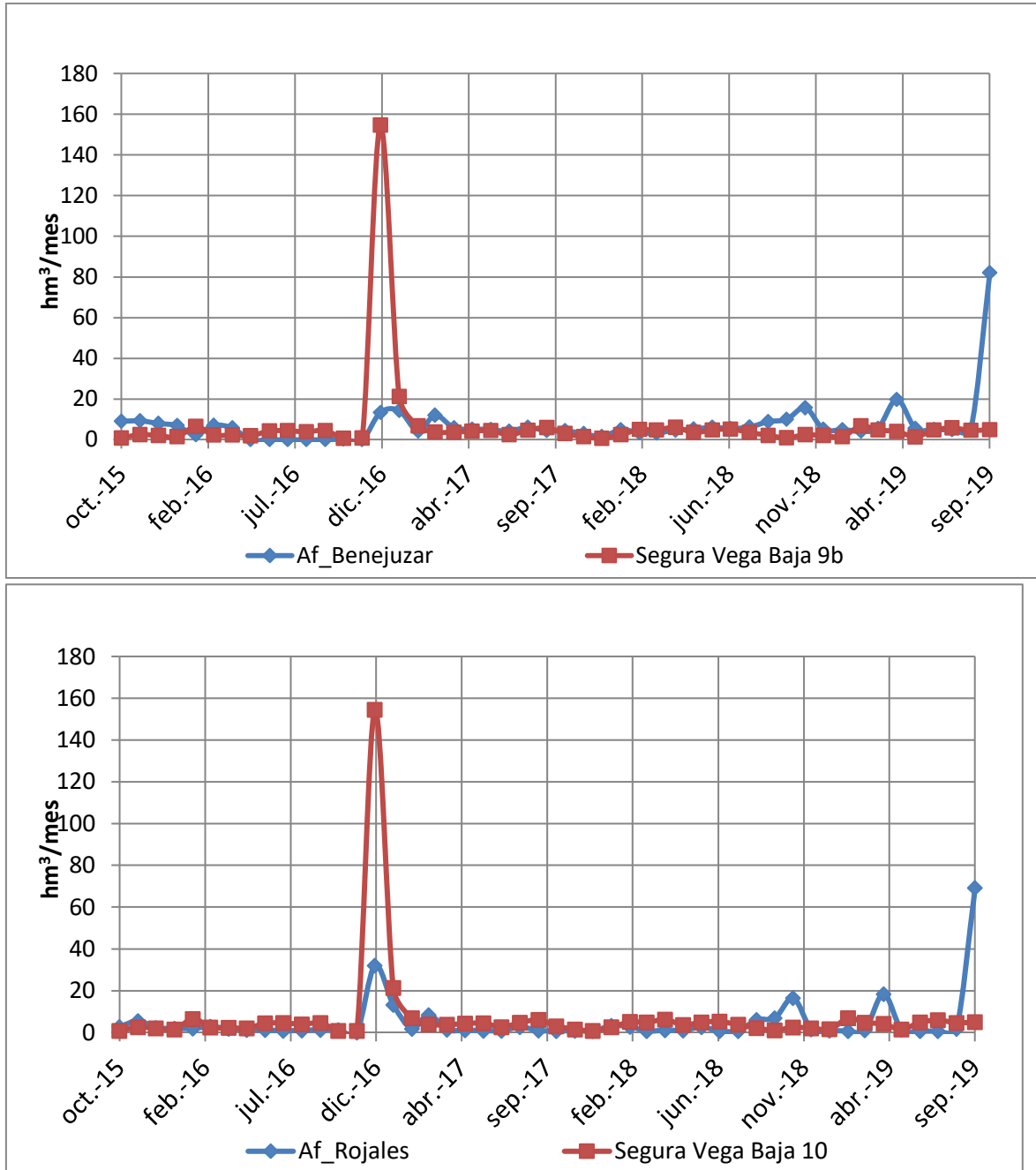


Figura 137. Comparativa de los caudales aforados y simulados en el Sistema río Segura.