



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MASTER

Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río
Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de
Valencia.

Presentado por

Ramón-Llin Pla, Rafael

Para la obtención del

Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Curso: 2018/2019

Fecha: 03/12/2018

Tutor: Martín Pérez, Miguel Ángel





MEMORIA

ÍNDICE

1.	Introducción y objetivos	11
2.	Antecedentes y herramientas	15
2.1.	Antecedentes	15
2.2.	Herramientas	19
3.	Localización.....	23
4.	Metodología	27
5.	Descripción del sistema	31
5.1.	Masas de agua superficial.....	31
5.2.	Canales y azudes	33
5.3.	Unidades de Demanda Agraria	37
5.4.	Estaciones de aforo.....	41
5.5.	Mapas de isopiezas	43
5.6.	Mapas de actividad río-acuífero	46
5.7.	Bombeos	48
6.	Análisis.....	51
6.1.	Análisis transversal	51
6.1.1.	Piezómetros representativos.....	56



6.1.2.	Villar del Arzobispo – Sot de Chera.....	63
6.1.3.	Bugarra.....	67
6.1.4.	Monrabana – Chiva.....	71
6.1.5.	Llíria – Chiva.....	77
6.1.6.	Bétera – Cheste.....	84
6.1.7.	Moncada – Monserrat.....	91
6.1.8.	Rafelbunyol – Picassent.....	99
6.1.9.	El Puig – Silla.....	108
6.2.	Análisis longitudinal.....	118
6.2.1.	Perfil longitudinal.....	118
6.2.2.	Afecciones externas Loriguilla – Manises.....	120
6.2.3.	Caudal restituido.....	126
6.2.4.	Caudal restituido vs Salida aforo Manises.....	129
7.	Modelo conceptual.....	133
7.1.	Flujo del agua.....	134
7.2.	Piezómetros representativos.....	135
7.3.	Análisis transversal.....	137
7.4.	Representación del modelo conceptual.....	140
8.	Modelo matemático.....	143
8.1.	Cálculo de las aportaciones de los acuíferos.....	146
8.1.1.	Modelo Medio Turia.....	146
8.1.2.	Modelo Bajo Turia.....	147
8.2.	Ajuste del modelo.....	148
8.2.1.	Elementos que intervienen.....	148
8.2.2.	Modelo Medio Turia.....	151
8.2.3.	Modelo Bajo Turia.....	167



8.3. Simulaciones	182
8.3.1. Modelo Medio Turia	183
8.3.2. Modelo Bajo Turia	185
9. Resumen y conclusiones.....	193
10. Líneas futuras	197
11. Referencias y bibliografía	199

ANEJOS

ANEJO I – Unidades de Demanda Agrícola

ANEJO II – Simulaciones



ÍNDICE DE FIGURAS:

FIGURA 1. ESQUEMA DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL CICLO HIDROLÓGICO EN RÉGIMEN NATURAL PARA EL TERRITORIO DE LA DHJ, TANTO PARA LA SERIE COMPLETA (1940/41 – 2011/12) COMO PARA LA SERIE RECIENTE (1980/81 – 2011/12). FUENTE: PHJ.....	11
FIGURA 2. MASAS DE AGUA NATURALES, ARTIFICIALES Y MUY MODIFICADAS CATEGORÍA RÍO EN LA DHJ. FUENTE: PHJ.	16
FIGURA 3. DELIMITACIÓN DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA DHJ. FUENTE: PROPIA.	18
FIGURA 4. LOGO DE ARCGIS. FUENTE: NETWORK ANTICS.	19
FIGURA 5. LOGO DE GOOGLE EARTH. FUENTE: OKDIARIO.	20
FIGURA 6. LOGO DE TERRASIT. FUENTE: WWW.DEMARAVILLA.CON.....	21
FIGURA 7. LOGO DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR.	21
FIGURA 8. DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS DEL TERRITORIO ESPAÑOL. FUENTE: IAGUA.	24
FIGURA 9. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO DENTRO DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR. FUENTE: PROPIA.	25
FIGURA 10. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO. FUENTE: PROPIA.....	26
FIGURA 11. ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA SEGUIDA. FUENTE: PROPIA.	27
FIGURA 12. MASAS DE AGUA SUPERFICIAL DE ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: PROPIA.....	32
FIGURA 13. CANALES Y AZUDES DE LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: PROPIA.	33
FIGURA 14. AZUDES PARA EL RIEGO DE PUEBLOS CASTILLO. FUENTE: PROPIA.....	36
FIGURA 15. AZUD DE LA REAL ACEQUIA DE MONCADA. FUENTE: PROPIA.	36
FIGURA 16. UNIDADES DE DEMANDA AGRARIA DE LA ZONA DE ESTUDIO EN FUNCIÓN DEL ORIGEN DEL AGUA. FUENTE: PROPIA.	38
FIGURA 17. PRINCIPALES REGADÍOS SUPERFICIALES DE LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: PROPIA.	39
FIGURA 18. PRINCIPALES REGADÍOS MIXTOS DE LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: PROPIA.....	39
FIGURA 19. PRINCIPALES REGADÍOS SUBTERRÁNEOS DE LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: PROPIA.	40
FIGURA 20. ESTACIONES DE AFORO EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: PROPIA.	42
FIGURA 21. MAPA DE ISOPIEZAS ENTRE LOS AÑOS 1970-1074. FUENTE: CHJ	44
FIGURA 22. MAPA DE ISOPIEZAS DEL CHJ DEL AÑO 2005. FUENTE: CHJ.	45
FIGURA 23. MAPA DE ISOPIEZAS DEL IGME DEL AÑO 2008. FUENTE: IGME.....	46
FIGURA 24. MAPA DE ACTIVIDAD RÍO-ACUÍFERO DE LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: PROPIA.	47
FIGURA 26. PIEZÓMETROS EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: PROPIA.....	52
FIGURA 27. PIEZÓMETROS DE LA RED OPERATIVA Y REPRESENTATIVA DE LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: PROPIA.	53
FIGURA 28. CORTE TRANSVERSAL VILLAR DEL ARZOBISPO – SOT DE CHERA. FUENTE: PROPIA.....	64
FIGURA 29. PERFIL TRANSVERSAL VILLAR DEL ARZOBISPO - SOT DE CHERA. FUENTE: PROPIA.	67
FIGURA 30. CORTE TRANSVERSAL BUGARRA. FUENTE: PROPIA.	68
FIGURA 31. PERFIL TRANSVERSAL BUGARRA. FUENTE: PROPIA.	71



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.



FIGURA 32. CORTE TRANSVERSAL MONRABANA - CHIVA. FUENTE: PROPIA.....	72
FIGURA 33. PERFIL TRANSVERSAL MONRABANA - CHIVA. FUENTE: PROPIA.....	77
FIGURA 34. CORTE TRANSVERSAL LLÍRIA - CHIVA. FUENTE: PROPIA.....	78
FIGURA 35. PERFIL TRANSVERSAL LLÍRIA - CHIVA. FUENTE: PROPIA.....	84
FIGURA 36. CORTE TRANSVERSAL BÉTERA - CHESTE. FUENTE: PROPIA.....	85
FIGURA 37. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.23.018. FUENTE: PROPIA.....	85
FIGURA 38. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.23.011. FUENTE: PROPIA.....	86
FIGURA 39. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.23.014. FUENTE: PROPIA.....	87
FIGURA 40. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.22.024. FUENTE: PROPIA.....	87
FIGURA 41. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.20.040. FUENTE: PROPIA.....	88
FIGURA 42. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.20.042. FUENTE: PROPIA.....	88
FIGURA 43. PERFIL TRANSVERSAL BÉTERA - CHESTE. FUENTE: PROPIA.....	90
FIGURA 44. CORTE TRANSVERSAL MONCADA - MONSERRAT. FUENTE: PROPIA.....	91
FIGURA 45. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.23.023. FUENTE: PROPIA.....	92
FIGURA 46. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.23.051. FUENTE: PROPIA.....	92
FIGURA 47. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.23.019. FUENTE: PROPIA.....	93
FIGURA 48. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.010. FUENTE: PROPIA.....	93
FIGURA 49. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.23.056. FUENTE: PROPIA.....	94
FIGURA 50. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.22.046. FUENTE: PROPIA.....	95
FIGURA 51. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.20.046. FUENTE: PROPIA.....	95
FIGURA 52. PERFIL TRANSVERSAL MONCADA - MONSERRAT. FUENTE: PROPIA.....	98
FIGURA 53. CORTE TRANSVERSAL RAFELBUNYOL - PICASSENT. FUENTE: PROPIA.....	99
FIGURA 54. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.27.095. FUENTE: PROPIA.....	100
FIGURA 55. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.097. FUENTE: PROPIA.....	100
FIGURA 56. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.031. FUENTE: PROPIA.....	101
FIGURA 57. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.23.023. FUENTE: PROPIA.....	101
FIGURA 58. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.023. FUENTE: PROPIA.....	102
FIGURA 59. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.002. FUENTE: PROPIA.....	103
FIGURA 60. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.027. FUENTE: PROPIA.....	103
FIGURA 61. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.102. FUENTE: PROPIA.....	104
FIGURA 62. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.092. FUENTE: PROPIA.....	104
FIGURA 63. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.22.027. FUENTE: PROPIA.....	105
FIGURA 64. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.005. FUENTE: PROPIA.....	105
FIGURA 65. PERFIL TRANSVERSAL RAFELBUNYOL - PICASSENT. FUENTE: PROPIA.....	108
FIGURA 66. CORTE TRANSVERSAL EL PUIG - SILLA. FUENTE: PROPIA.....	109
FIGURA 67. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.034. FUENTE: PROPIA.....	109
FIGURA 68. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.035. FUENTE: PROPIA.....	110
FIGURA 69. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.039. FUENTE: PROPIA.....	110



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.



FIGURA 70. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.094. FUENTE: PROPIA.....	111
FIGURA 71. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.026. FUENTE: PROPIA.....	111
FIGURA 72. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.025. FUENTE: PROPIA.....	112
FIGURA 73. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.103. FUENTE: PROPIA.....	113
FIGURA 74. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.030. FUENTE: PROPIA.....	113
FIGURA 75. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.019. FUENTE: PROPIA.....	114
FIGURA 76. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.104. FUENTE: PROPIA.....	114
FIGURA 77. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.009. FUENTE: PROPIA.....	115
FIGURA 78. PERFIL TRANSVERSAL EL PUIG - SILLA. FUENTE: PROPIA.....	117
FIGURA 79. PERFIL LONGITUDINAL RÍO TURIA. FUENTE: PROPIA.....	118
FIGURA 80. AFECCIONES EXTERNAS SOBRE EL RÍO TURIA. FUENTE: PROPIA.....	126
FIGURA 81. ESQUEMA PARA LA OBTENCIÓN DEL CAUDAL RESTITUIDO. FUENTE: PROPIA.....	129
FIGURA 82. ESQUEMA RESUMEN DEL FLUJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA. FUENTE: PROPIA.....	135
FIGURA 83. ESQUEMA RESUMEN DE LOS PIEZÓMETROS REPRESENTATIVOS. FUENTE: PROPIA.....	137
FIGURA 84. ESQUEMA RESUMEN DE LOS CORTES TRANSVERSALES. FUENTE: PROPIA.....	139
FIGURA 85. ESQUEMA RESUMEN DEL CARÁCTER DEL RÍO TURIA. FUENTE: PROPIA.....	140
FIGURA 86. ALCANCE DE LOS MODELOS. FUENTE: PROPIA.....	144
FIGURA 87. ESQUEMA DEL MODELO DE TÉMEZ. FUENTE: APUNTES PGRH DEL MICCP.....	145
FIGURA 88. ESQUEMA DEL MODELO MEDIO TURIA. FUENTE: PROPIA.....	166
FIGURA 89. ESQUEMA MODELO BAJO TURIA. FUENTE: PROPIA.....	181



ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.22.002. FUENTE: PROPIA.	57
GRÁFICO 2. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.18.010. FUENTE: PROPIA.	57
GRÁFICO 3. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.19.004. FUENTE: PROPIA.	58
GRÁFICO 4. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.22.008. FUENTE: PROPIA.	59
GRÁFICO 5. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.23.017. FUENTE: PROPIA.	60
GRÁFICO 6. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.009. FUENTE: PROPIA.	61
GRÁFICO 7. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.010. FUENTE: PROPIA.	62
GRÁFICO 8. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.25.094. FUENTE: PROPIA.	63
GRÁFICO 9. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.18.006. FUENTE: PROPIA.	64
GRÁFICO 10. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.22.032. FUENTE: PROPIA.	65
GRÁFICO 11. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.22.006. FUENTE: PROPIA.	65
GRÁFICO 12. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.18.010. FUENTE: PROPIA.	68
GRÁFICO 13. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.22.002. FUENTE: PROPIA.	69
GRÁFICO 14. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.14.014. FUENTE: PROPIA.	72
GRÁFICO 15. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.23.007. FUENTE: PROPIA.	73
GRÁFICO 16. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.23.008. FUENTE: PROPIA.	73
GRÁFICO 17. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.22.016. FUENTE: PROPIA.	74
GRÁFICO 18. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.22.012. FUENTE: PROPIA.	75
GRÁFICO 19. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.19.004. FUENTE: PROPIA.	75
GRÁFICO 20. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.23.017. FUENTE: PROPIA.	78
GRÁFICO 21. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.23.008. FUENTE: PROPIA.	79
GRÁFICO 22. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.22.021. FUENTE: PROPIA.	80
GRÁFICO 23. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.22.009. FUENTE: PROPIA.	80
GRÁFICO 24. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.22.017. FUENTE: PROPIA.	81
GRÁFICO 25. EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PIEZÓMETRO 08.22.010. FUENTE: PROPIA.	82
GRÁFICO 26. SALIDAS DEL EMBALSE DE LORIGUILLA. FUENTE: PROPIA.	121
GRÁFICO 27. RETORNOS DE LAS FILTRACIONES DEL EMBALSE DE LORIGUILLA. FUENTE: PROPIA.	122
GRÁFICO 28. RETORNOS DE RIEGO DE PUEBLOS CASTILLO. FUENTE: PROPIA.	123
GRÁFICO 29. VERTIDOS DEL CANAL JÚCAR - TURIA. FUENTE: PROPIA.	123
GRÁFICO 30. SALIDAS DEL AFORO DE MANISES. FUENTE: PROPIA.	124
GRÁFICO 31. AFORO DERIVADO DE PUEBLOS CASTILLO. FUENTE: PROPIA.	125
GRÁFICO 32. TOMA DE AGUA DE VALENCIA. FUENTE: PROPIA.	125
GRÁFICO 33. CAUDAL RESTITUIDO. FUENTE: PROPIA.	127
GRÁFICO 34. DESCENSO SALIDA AFORO MANISES. FUENTE: PROPIA.	130



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.



GRÁFICO 35. CAUDAL RESTITUIDO VS SALIDA AFORO MANISES. FUENTE: PROPIA.....	130
GRÁFICO 36. COMPARATIVA DE LOS CAUDALES MEDIOS. FUENTE: PROPIA.....	131
GRÁFICO 37. ESQUEMA DEL MODELO CONCEPTUAL. FUENTE: PROPIA,	141
GRÁFICO 38. CAUDALES ANUALES EN LORIGUILLA Y BUGARRA. FUENTE: PROPIA.	151
GRÁFICO 39. APORTACIONES INTERCUENCA LORIGUILLA - BUGARRA. FUENTE: PROPIA.	152
GRÁFICO 40. APORTACIONES SUPERFICIALES ANUALES MEDIO TURIA. FUENTE: PROPIA.	153
GRÁFICO 41. EVOLUCIÓN DE LOS BOMBEOS EN MEDIO TURIA. FUENTE: PROPIA.....	154
GRÁFICO 42. APORTACIONES TOTALES ANUALES MEDIO TURIA CASO 1. FUENTE: PROPIA.....	155
GRÁFICO 43. APORTACIONES TOTALES MENSUALES MEDIO TURIA CASO 1. FUENTE: PROPIA.	156
GRÁFICO 44. PATRÓN ESTACIONAL MEDIO TURIA CASO 1. FUENTE: PROPIA.	156
GRÁFICO 45. APORTACIONES TOTALES ANUALES MEDIO TURIA CASO 2. FUENTE: PROPIA.....	157
GRÁFICO 46. APORTACIONES TOTALES MENSUALES MEDIO TURIA CASO 2. FUENTE: PROPIA.	158
GRÁFICO 47. PATRÓN ESTACIONAL MEDIO TURIA CASO 2. FUENTE: PROPIA.	158
GRÁFICO 48. EVOLUCIÓN DE LOS BOMBEOS EN MEDIO TURIA CASO 3. FUENTE: PROPIA.	159
GRÁFICO 49. APORTACIONES TOTALES ANUALES MEDIO TURIA CASO 3. FUENTE: PROPIA.....	160
GRÁFICO 50. APORTACIONES TOTALES MENSUALES MEDIO TURIA CASO 3. FUENTE: PROPIA.	160
GRÁFICO 51. PATRÓN ESTACIONAL MEDIO TURIA CASO 3. FUENTE: PROPIA.	161
GRÁFICO 52. EVOLUCIÓN DE LOS BOMBEOS EN MEDIO TURIA CASO 4. FUENTE: PROPIA.	162
GRÁFICO 53. APORTACIONES TOTALES ANUALES MEDIO TURIA CASO 4. FUENTE: PROPIA.....	162
GRÁFICO 54. APORTACIONES TOTALES MENSUALES MEDIO TURIA CASO 4. FUENTE: PROPIA.	163
GRÁFICO 55. PATRÓN ESTACIONAL MEDIO TURIA CASO 4. FUENTE: PROPIA.	163
GRÁFICO 56. EVOLUCIÓN DE LOS BOMBEOS EN MEDIO TURIA CASO 5. FUENTE: PROPIA.	164
GRÁFICO 57. APORTACIONES TOTALES ANUALES MEDIO TURIA CASO 5. FUENTE: PROPIA.....	165
GRÁFICO 58. APORTACIONES TOTALES MENSUALES MEDIO TURIA CASO 5. FUENTE: PROPIA.	165
GRÁFICO 59. PATRÓN ESTACIONAL MEDIO TURIA CASO 5. FUENTE: PROPIA.	166
GRÁFICO 60. CAUDALES ANUALES EN BUGARRA Y MANISES (RESTITUIDO). FUENTE: PROPIA.....	168
GRÁFICO 61. APORTACIONES INTERCUENCA BUGARRA - MANISES. FUENTE: PROPIA.....	169
GRÁFICO 62. APORTACIONES SUPERFICIALES ANUALES BAJO TURIA. FUENTE: PROPIA.....	170
GRÁFICO 63. EVOLUCIÓN DE LOS BOMBEOS EN LIRIA - CASINOS. FUENTE: PROPIA.	171
GRÁFICO 64. EVOLUCIÓN DE LOS BOMBEOS EN PEDRALBA. FUENTE: PROPIA.....	172
GRÁFICO 65. EVOLUCIÓN DE LOS BOMBEOS EN MESOZOICOS DE CHESTE. FUENTE: PROPIA.	172
GRÁFICO 66. BOMBEOS TERCARIOS DE CHIVA. FUENTE: PROPIA.....	173
GRÁFICO 67. APORTACIONES TOTALES ANUALES ACTUALES BAJO TURIA CASO 1. FUENTE: PROPIA.	175
GRÁFICO 68. APORTACIONES TOTALES MENSUALES ACTUALES BAJO TURIA CASO 1. FUENTE: PROPIA.	175
GRÁFICO 69. PATRÓN ESTACIONAL ACTUAL BAJO TURIA CASO 1. FUENTE: PROPIA.....	176
GRÁFICO 70. APORTACIONES TOTALES ANUALES ACTUALES BAJO TURIA CASO 2. FUENTE: PROPIA.	177
GRÁFICO 71. APORTACIONES TOTALES MENSUALES ACTUALES BAJO TURIA CASO 2. FUENTE: PROPIA.	177
GRÁFICO 72. PATRÓN ESTACIONAL ACTUAL BAJO TURIA CASO 2. FUENTE: PROPIA.....	178



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.



GRÁFICO 73. APORTACIONES TOTALES ANUALES ACTUALES BAJO TURIA CASO 3. FUENTE: PROPIA.	179
GRÁFICO 74. APORTACIONES TOTALES MENSUALES ACTUALES BAJO TURIA CASO 3. FUENTE: PROPIA.	179
GRÁFICO 75. PATRÓN ESTACIONAL ACTUAL BAJO TURIA CASO 3. FUENTE: PROPIA.....	180
GRÁFICO 76. PATRÓN ESTACIONAL DEL RÉGIMEN DE SUeltas. FUENTE: PROPIA.	184
GRÁFICO 87. PATRÓN DE DERIVACIONES PROPUESTO PARA PUEBLOS CASTILLO. FUENTE: PROPIA.	186
GRÁFICO 88. PATRÓN DE RETORNOS DE PUEBLOS CASTILLO PROPUESTO. FUENTE: PROPIA.	187
GRÁFICO 89. PATRÓN DE VERTIDOS PROPUESTO PARA EL CANAL JÚCAR - TURIA. FUENTE: PROPIA.	188
GRÁFICO 90. PATRÓN DE LA TOMA DE AGUA DE VALENCIA PROPUESTO. FUENTE: PROPIA.....	188



ÍNDICE DE TABLAS:

TABLA 1. BOMBEO ACTUALES EN LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: DHJ.....	49
TABLA 2. RETORNOS DE LOS BOMBEO EN LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: DHJ.	49
TABLA 3. BOMBEO NETOS EN LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: DHJ.	49
TABLA 4. VALORES DE REFERENCIA DEL COEFICIENTE DE NASH-SUTCLIFFE. FUENTE: (CABRERA, 2011).	150
TABLA 5. AJUSTES PARA EL MODELO MEDIO TURIA. FUENTE: PROPIA.	154
TABLA 6. BOMBEO ACTUALES EN BAJO TURIA. FUENTE: PROPIA.....	171
TABLA 7. AJUSTES PARA EL MODELO BAJO TURIA. FUENTE: PROPIA.....	174
TABLA 8. RESUMEN DE LA SIMULACIÓN DEL MODELO BAJO TURIA.....	192

1. Introducción y objetivos

Resulta indudable la importancia que ha tenido el río Turia en el desarrollo de la provincia de Valencia. Históricamente, su agua ha servido principalmente para el riego, permitiendo así cultivos tan característicos de la zona como son el arroz, las naranjas y las aceitunas. Ello le sitúa como un elemento muy importante en el desarrollo de la región valenciana.

Sin embargo, el río Turia no ha sido, ni es, la única fuente de abastecimiento de agua en la provincia de Valencia; existen diversas masas de agua subterráneas muy importantes y que aportan un porcentaje, sobre el total de los recursos hídricos de la región, considerable. De hecho, la aportación del agua subterránea a la cuenca hidrográfica se estimó en un 80% de la aportación total, tanto para la serie completa (1940/41 – 2011/12) como para la serie reciente (1980/81 – 2011/12) (PHJ, 2015a). De ahí la importancia del estudio del comportamiento de las masas de agua subterránea, que son, actualmente, grandes desconocidas tanto para la sociedad como para las Administraciones. Se les conoce comúnmente con el nombre de acuíferos.

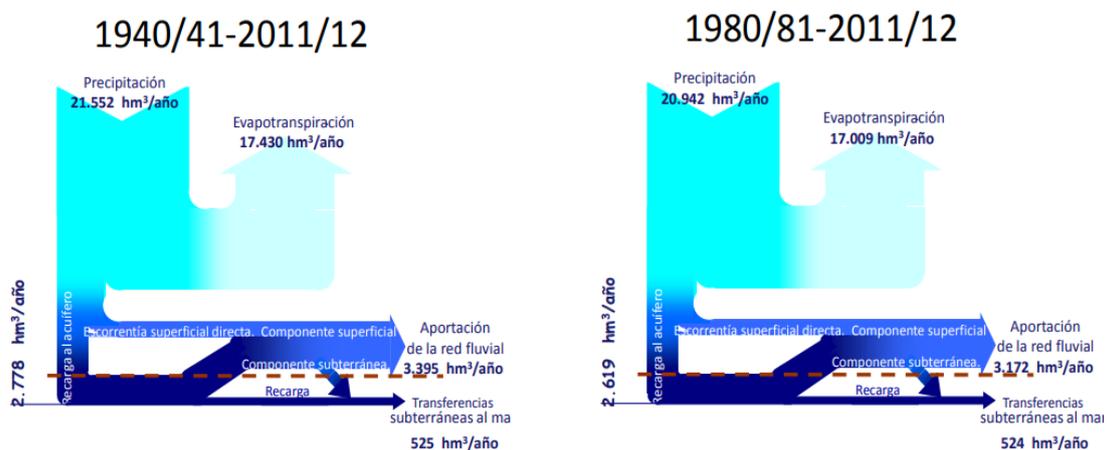


Figura 1. Esquema de los principales componentes del ciclo hidrológico en régimen natural para el territorio de la DHJ, tanto para la serie completa (1940/41 – 2011/12) como para la serie reciente (1980/81 – 2011/12). Fuente: PHJ.

Este desconocimiento provoca, en muchas ocasiones, una mala gestión de los recursos hídricos subterráneos, lo cual deriva normalmente en la entrada de agua de



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.



mar en estas masas de agua subterránea, debido al bajo nivel de agua en el que se quedan muchas de ellas tras periodos largos de explotación sin control alguno, provocando la salinización de las mismas. Ejemplo de ello son las masas de agua subterránea que se encuentran en los municipios de Vinaroz, Oropesa o Castellón.

Otro de los problemas que se derivan de una mala gestión, es la contaminación de estas masas de agua subterránea provocada por la agricultura, ya sea por nitratos o por plaguicidas. Un ejemplo de esto se está produciendo en el área de La Ribera.

Además, cabe destacar que la contaminación de estas masas de agua subterránea es complicada y a la vez requieren mucho tiempo para recuperarse, tardando incluso décadas en renovarse por completo. Es por ello por lo que se necesita una mayor atención sobre las masas, que eviten situaciones de contaminación como las que se han comentado anteriormente. Sin embargo, en muchos casos, su comprensión es compleja y directamente se ignora cuál debe ser su gestión (La Razón, 2013).

En el presente estudio, se va a analizar cuál es la relación existente entre el río Turia y los acuíferos más importantes de la provincia de Valencia, con el fin de poder entender el comportamiento actual que presentan estos dos recursos hídricos y poder así servir de herramienta para la implementación de nuevas medidas de gestión del agua. Concretamente, el estudio consiste en determinar y analizar la relación entre el tramo final del río Turia y los acuíferos de Liria-Casinos, Buñol-Cheste y Plana Valencia Norte. Los recursos naturales del tramo final del Turia procedentes de los acuíferos son un recurso estratégico que, como se ha comentado, en la actualidad no es bien conocido. Estos recursos naturales son de especial importancia en las épocas de sequía, donde otros recursos de origen superficial se ven drásticamente disminuidos. Por otro lado, en numerosas ocasiones, la explotación descontrolada de las masas de agua subterránea, además de posibles contaminaciones, provoca alteraciones en el régimen de los ríos, de los que, o bien se alimentan, o bien nutren.

Por último, en este trabajo, también se va a analizar si los bombeos están teniendo algún tipo de afección sobre el caudal del río Turia, en el tramo comprendido entre el embalse de Loriguilla y su desembocadura.



De manera que, con todo lo anterior, se puede decir resumidamente que, el objetivo principal de este trabajo consiste en analizar la relación río-acuífero en el tramo final del Turia, con la finalidad de conseguir comprender su funcionamiento y poder así extraer una serie de conclusiones que puedan servir para una mejor gestión futura de la zona en cuestión.

Para ello, se van a llevar a cabo las siguientes tareas:

- En primer lugar, se analizará el sistema a partir de los niveles piezométricos de los que se tiene información, con el objetivo de poder extraer alguna conclusión importante gracias a la evolución temporal de estos.
- En segundo lugar, se analizará el río Turia desde el punto de vista de las afecciones que tienen influencia sobre este, de manera que se pueda obtener el caudal circulante en el río en su régimen natural.
- Posteriormente, con ayuda de los análisis anteriores y de la descripción previa que se realizará de diferentes elementos del sistema, se construirá un modelo conceptual que recoja toda la información destacable de una manera esquemática y que sea capaz de representar el comportamiento de la zona de estudio.
- A continuación, se construirá un modelo matemático que intente reproducir de la mejor manera posible, con la información disponible, el comportamiento del sistema visualizado en el modelo conceptual.
- Finalmente, a modo de conclusión, se realizarán una serie de simulaciones a partir del modelo matemático elaborado, con el objetivo de proponer información valiosa a la hora de una gestión del sistema más eficiente en el futuro.

Todas estas tareas comentadas brevemente, serán desarrolladas en los siguientes apartados de este estudio de una manera más exhaustiva para la correcta comprensión del lector.



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.





2. Antecedentes y herramientas

En este segundo apartado, se va a hacer alusión, por un lado, a los antecedentes que forman la base del presente estudio y, por otro lado, a las herramientas que se han necesitado para llevarlo a cabo.

2.1. Antecedentes

El antecedente principal y que constituye la base para la realización del presente estudio es el Plan Hidrológico del Júcar (PHJ). Algunos aspectos que se encuentran en el plan se muestran a continuación.

De la planificación hidrológica en general, se puede decir que “es un requerimiento legal que se establece con los objetivos generales (art. 40 TRLA) de conseguir el buen estado y la adecuada protección de las masas de agua de la Demarcación, la satisfacción de las demandas de agua y el equilibrio y armonización del desarrollo regional y sectorial. Estos objetivos han de alcanzarse incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales.

Para la consecución de los objetivos, la planificación hidrológica se guiará por criterios de sostenibilidad en el uso del agua mediante la gestión integrada y la protección a largo plazo de los recursos hídricos, prevención del deterioro del estado de las aguas, protección y mejora del medio acuático y de los ecosistemas acuáticos y reducción de la contaminación. Asimismo, la planificación hidrológica contribuirá a paliar los efectos de las inundaciones y sequías.” (PHJ, 2015b)

Del PHJ, cabe destacar la división que realiza de las diferentes masas de agua. Por un lado, se encuentran las masas de agua superficial, las cuales se pueden clasificar en las categorías de ríos, lagos, aguas de transición y costeras. A su vez, estas pueden clasificarse según su naturaleza en naturales, artificiales y muy artificiales. En relación con este estudio, resulta interesante mencionar de una manera más precisa la caracterización que hace de los ríos; en la DHJ “se han definido 304 masas de agua en la categoría río, de las cuales 257 corresponden a ríos naturales, 43 a masas de agua muy modificadas (16 asimilables a ríos y 27 a embalses) y 4 a masas de agua artificiales (3 asimilables a ríos y 1 a lagos). En la Figura siguiente se muestra la distribución de las masas de agua categoría río, según su naturaleza”:



Figura 2. Masas de agua naturales, artificiales y muy modificadas categoría río en la DHJ. Fuente: PHJ.



“Estas masas suman unos 5.467 Km. Su longitud media es de 18 Km, siendo la longitud máxima de 99,4 Km y la mínima de 1,6 Km.” (PHJ, 2015c)

Por otro lado, aparecen las masas de agua subterránea, donde en el PHJ se dice lo siguiente: *“el texto refundido de la Ley de Aguas (TRLA) define en su artículo 40.bis la masa de agua subterránea como un volumen claramente diferenciado de aguas subterráneas en un acuífero o acuíferos.” (PHJ, 2015d)*

“Las masas de agua subterránea cubren una superficie total en el ámbito de la Demarcación de aproximadamente 40.520 Km² , distribuida en el marco de cinco comunidades autónomas: Comunidad Valenciana (49,7%), incluyendo toda la provincia de Valencia y parte de las provincias de Castellón y Alicante; Castilla-La Mancha (37,9%), con la presencia parcial de las provincias de Cuenca y Albacete; Aragón (12,1%) con parte de la provincia de Teruel; Cataluña (0,2%) con tan sólo una pequeña parte del extremo meridional de la provincia de Tarragona y finalmente la Región de Murcia (0,1%) con una pequeña parte de la provincia de Murcia en el término municipal de Yecla.” (PHJ, 2015e)

“La ubicación y los límites de las masas de agua subterránea definidas se muestra en la siguiente figura, en la que se puede identificar cada masa de agua con su código correspondiente”: (PHJ, 2015f)



Figura 3. Delimitación de masas de agua subterránea en la DHJ. Fuente: propia.

Además de las caracterizaciones anteriores, en el PHJ también se hace referencia a otros aspectos que tienen una gran influencia en la zona de estudio como son los usos y demandas, tanto actuales como los previsibles, los caudales ecológicos, los sistemas de explotación y balances, así como los estados de las masas de agua tanto superficial como subterránea, sobre los cuales se proponen una serie de objetivos medioambientales.



2.2. Herramientas

La realización del presente estudio requiere de la utilización de diferentes herramientas y datos para llevarlo a cabo. Estas herramientas van desde sistemas de información geográfica (SIG), hasta datos de la propia Demarcación Hidrográfica del Júcar. Concretamente, cabe destacar los siguientes:

- Plataforma ArcGis (ArcMap): ArcGis es una plataforma que *“pone a disposición de los usuarios contenidos entre los que se incluyen mapas base o imágenes que se adaptan a las necesidades de cada proyecto u organización”*, tal y como se dice en su página web. Citando ahora desde la página web de ArcMap, se puede decir que *“ArcMap la aplicación central utilizada en ArcGis. Es el lugar donde visualiza y explora los dataset SIG de su área de estudio, donde asigna símbolos y donde crea los diseños de mapa para imprimir o publicar. Es también la aplicación que utiliza para crear y editar los dataset. ArcMap representa la información geográfica como una colección de capas y otros elementos en un mapa. Los elementos de mapa comunes son el marco de datos, que contiene las capas de mapa para una extensión determinada, más la barra de escala, la flecha de norte, el título, texto descriptivo, una leyenda de símbolos, etc”* (ArcGis). Gracias a esta aplicación, se pueden visualizar diferentes capas de información simultáneamente, lo que facilitará en gran medida la realización de este estudio.



Figura 4. Logo de ArcGis. Fuente: [network antics](#).



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.



- Google earth: se trata de un programa informático. En él, se puede visualizar de manera virtual el planeta Tierra, sobre el cual se puede introducir múltiple cartografía, basado en la fotografía por satélite. Esta herramienta será de gran ayuda a la hora de analizar la zona de estudio ya que, entre otras cosas, permite representar perfiles transversales (Google Earth).



Figura 5. Logo de Google earth. Fuente: [okdiario](#).

- Terrasit: según la página web de la Generalitat Valenciana, Terrasit es *“un geoportal ideado para ofrecer toda la información gráfica de la Generalitat Valenciana, desde visores adaptados a las necesidades de los ciudadanos (visores 2D, 3D, geoPDFs). El portal quiere facilitar el uso conjunto de las distintas informaciones gráficas disponibles en servicios Web OGC. El sistema se apoya en buscadores de tecnología Google simplificando la tarea de conocer dónde está el origen de los datos, y presenta una visión global de cada una de las temáticas relacionadas con las funciones de los servicios de la Generalitat”* (GVCartografic, 2013). Este geoportal servirá de complemento a las herramientas mencionadas anteriormente.



Figura 6. Logo de Terrasit. Fuente: www.demaravilla.com

- Datos de la Demarcación Hidrográfica del Júcar: la última herramienta a la que cabe hacer referencia no es una herramienta en sí, sino más bien el alimento del que se nutren las herramientas anteriormente mencionadas. Sin una serie de datos e información, tanto actuales como históricos, con los que poder trabajar, sería imposible la realización del presente estudio. Estos se obtienen gracias a los datos que facilita la Demarcación Hidrográfica del Júcar y que ha recogido a lo largo de su historia.



Figura 7. Logo de la Demarcación Hidrográfica del Júcar.



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.





3. Localización

Las Confederaciones Hidrográficas fueron creadas en el año 1926 por Real Decreto Ley. Fueron definidas en la Ley de Aguas como entidades de derecho público con personalidad jurídica propia y distinta del Estado, adscritas a efectos administrativos al Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, a través de la Dirección General del Agua, como organismo autónomo con plena autonomía funcional. Estas Confederaciones Hidrográficas llevan a cabo un papel fundamental en lo que se refiere a *“planificación hidrológica, gestión de recursos y aprovechamientos hidráulicos, protección del dominio público hidráulico, concesiones de derechos de uso privativo del agua, control de calidad del agua, proyecto y ejecución de nuevas infraestructuras hidráulicas, programas de seguridad de presas, banco de datos...”* (MAPAa)

Actualmente, el territorio peninsular está dividido en las siguientes Confederaciones Hidrográficas:

- Confederación Hidrográfica del Cantábrico.
- Confederación Hidrográfica del Duero.
- Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Confederación Hidrográfica del Guadiana.
- Confederación Hidrográfica del Júcar.
- Confederación Hidrográfica del Miño-Sil.
- Confederación Hidrográfica del Segura.
- Confederación Hidrográfica del Tago.

Todas ellas se pueden ver representadas en la siguiente figura:



Figura 8. Demarcaciones hidrográficas del territorio español. Fuente: iAqua.

En particular, el ámbito de estudio de este trabajo se encuentra en la Demarcación Hidrográfica del Júcar (DHJ), cuya gestión y administración está a cargo de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ). A continuación, se relatan algunos aspectos destacables a lo largo de la historia que dieron lugar a dicha Confederación.

Durante la revolución liberal en España, se produjeron varios cambios relacionados con la gestión y los usos del agua, además de en las relaciones sociales. Estos cambios provocaron que se consolidaran formas de privatización del agua a través del régimen de concesiones. En este ámbito, cabe destacar la ley de aguas de 1866 y posteriormente la de 1879, ya que priorizaron la iniciativa privada en la explotación del agua, dejando de lado al Estado, al que solamente se le reservaban algunas acciones subsidiarias o de interés general, provincial o local (Mateu, 1995a).

Sin embargo, estos principios del liberalismo se atenuaron en España a principios del siglo XX. El modelo liberal se fue agotando debido a la creciente competencia de usos. Sin una regulación de las cuencas, donde se confrontaban intereses públicos y



privados, regantes-usuarios hidroeléctricos, abastecimientos... no era posible atender a nuevas demandas. Se cerraba una etapa para dar paso a una nueva planificación hidráulica que conduciría a la creación en junio de 1934 de la CHJ, que se constituyó en julio de 1935 (Mateu, 1995b).

Dicho esto, y precisando un poco más, dentro de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, el presente estudio se va a centrar en la provincia de Valencia, concretamente en el río Turia, desde el Embalse de Loriguilla hasta la desembocadura. Este tramo abarca diferentes masas de agua subterránea, como son la de Las Serranías, Liria-Casinos, Buñol-Cheste y Plana Valencia Norte, sin embargo, se prestará especial atención al tramo del río que pasa sobre estas tres últimas. Además, entre las masas de Las Serranías y Buñol-Cheste, existe un acuífero declarado como impermeable o de interés local. En las siguientes figuras queda representado lo expuesto anteriormente:

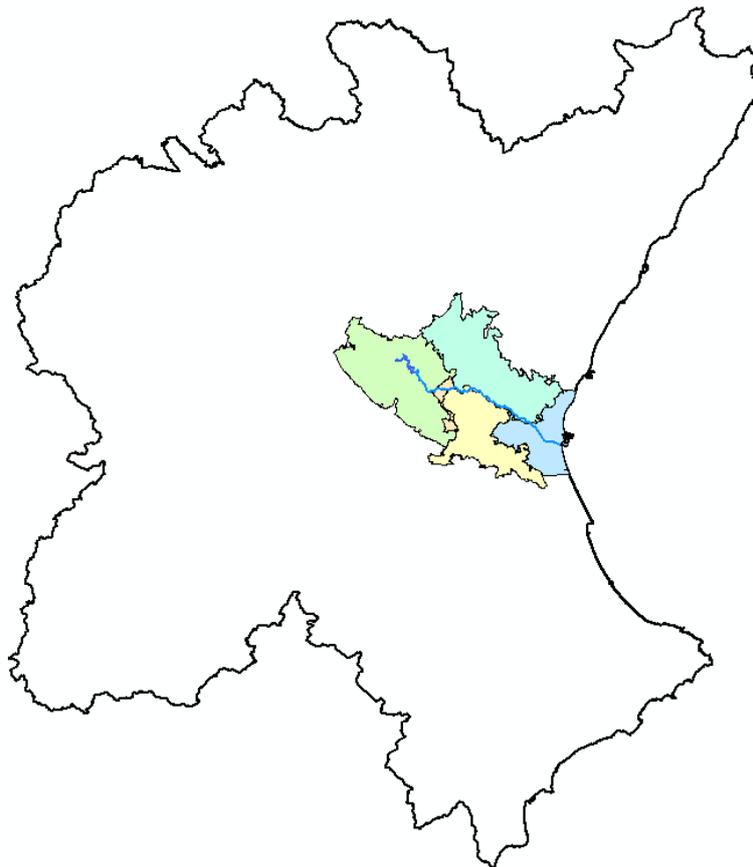


Figura 9. Localización de la zona de estudio dentro de la Demarcación Hidrográfica del Júcar. Fuente: propia.

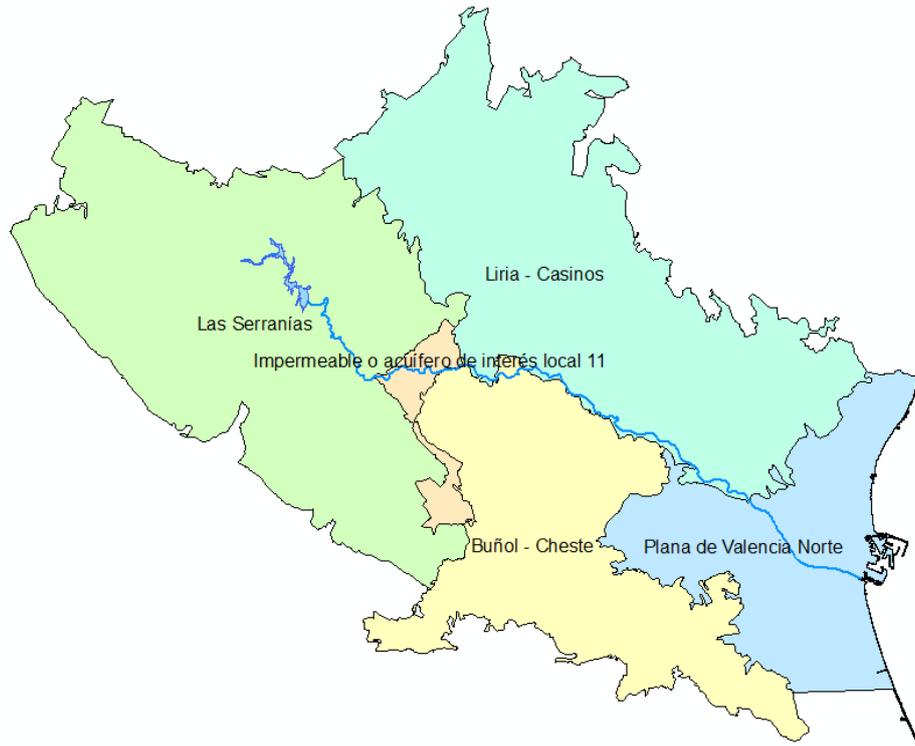


Figura 10. Representación gráfica del ámbito del estudio. *Fuente: propia.*

4. Metodología

Para una mejor comprensión de los pasos que se van a seguir durante el presente estudio, este apartado pretende explicar de manera clara y detallada cuál ha sido el procedimiento utilizado para su realización, el cual se recoge en el siguiente esquema:

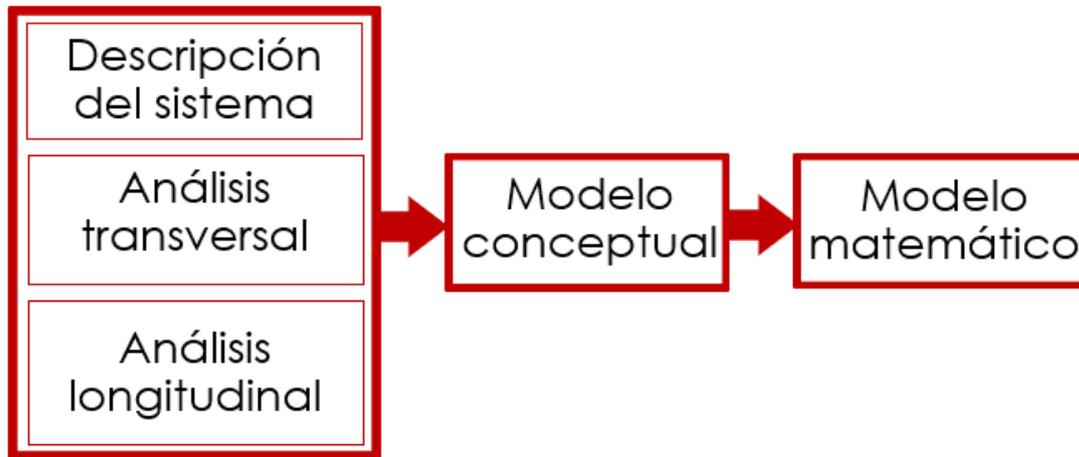


Figura 11. Esquema de la metodología seguida. Fuente: propia.

Dicho procedimiento, de una manera más detallada, se puede dividir en los siguientes puntos:

- En primer lugar, se procede a realizar una descripción detallada de la zona de estudio para una mejor comprensión del comportamiento de la misma que pueda servir para el resto de los apartados a obtener conclusiones más claras y concisas.
- En segundo lugar, se realizará un análisis transversal del tramo del río estudiado que, como se ha comentado en el apartado anterior, va desde el Embalse de Loriguilla a la desembocadura del mismo. Dicho análisis incluirá las siguientes etapas:
 - A partir de la información de los piezómetros existentes, se realizarán un total de 8 cortes transversales al río, sobre los que se representarán los niveles piezométricos, de cada uno de los piezómetros seleccionados para realizar dicho corte, en relación con



la cota a la que se encuentra el río Turia en ese punto. Se pretende representar los niveles piezométricos de cada piezómetro tanto para valores históricos como para valores actuales, con el fin de poder verificar si ha habido una variación significativa del nivel con el paso de los años. Cabe destacar que esta intención queda condicionada a que los piezómetros de cada corte contengan información tanto actual como histórica y, como se ha podido comprobar, no siempre es así.

- De manera paralela al punto anterior, se evaluará cuál ha sido la evolución de los piezómetros seleccionados para cada corte, con el fin de poder extraer conclusiones acerca de los mismo, como, por ejemplo, verificar si los niveles han variado significativamente con el paso de los años o si son sensibles a las sequías producidas en ese intervalo de tiempo. Al igual que antes, este apartado queda condicionado a que los piezómetros tengan información para todos y cada uno de los años desde que empezaron a utilizarse, lo cual no ocurre siempre.
 - Finalmente, tras la representación del perfil transversal, podrá observarse si el río, en ese punto, es ganador o es perdedor, en función de si son las masas de agua subterránea las que aportan agua al río (ganador) o de si es el río el que aporta agua a las masas de agua subterránea (perdedor).
- A continuación, se llevará a cabo un análisis longitudinal del tramo de río estudiado, con el fin de poder obtener cuál es el caudal restituído del mismo, es decir, aquel caudal que discurriría sobre el cauce en el caso de que no existiera ninguna acción del ser humano sobre el mismo que lo condicione, como, por ejemplo, vertidos de agua o derivaciones para el riego de cultivos. Para ello será necesario localizar y obtener la información necesaria de todas y cada una de estas actividades que alteran el régimen natural del río.
- Tras la realización de la descripción detallada de la zona de estudio, así como de los dos análisis anteriores, tanto el transversal como el longitudinal, se



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.



pretende construir un modelo conceptual que sea capaz de sintetizar toda la información necesaria para entender cómo está funcionando todo el sistema en su conjunto. Este punto resulta clave e imprescindible para los puntos y valoraciones posteriores.

- Posteriormente, se pretende construir un modelo matemático que sea un fiel reflejo de lo que ocurre sobre el río en la realidad. Para ello, se ajustarán los valores de las aportaciones al río procedentes de las masas de agua subterránea al caudal que se ha observado que discurre por el cauce. Una vez se tenga el modelo calibrado, se considerarán una serie de escenarios con el fin de extraer conclusiones acerca de cómo están afectando los bombeos descontrolados que se están produciendo en las propias zonas de afección del río Turia.
- Para terminar, se realizarán una serie de simulaciones con el objetivo de aportar información valiosa a la hora de una gestión del sistema adecuada en los años futuros.



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.





5. Descripción del sistema

En el siguiente apartado se pretende describir todos y cada uno de los elementos que se consideran importantes a la hora de conocer y comprender el funcionamiento del sistema estudiado. Para ello, se van a describir las características más importantes de cada elemento, así como la información más relevante que pueden aportar cada uno de ellos, en los siguientes puntos.

5.1. Masas de agua superficial

Se puede decir que una masa de agua superficial es *“una parte diferenciada y significativa de agua superficial como un lago, un embalse, una corriente, río o canal, parte de una corriente río o canal, unas aguas de transición o un tramo de aguas costeras”* (MAPAb). Además, la Directiva Marco del Agua (DMA), de manera similar al PHJ, establece una división de las mismas en diferentes categorías de cara a facilitar la gestión de cada una de ellas, las cuales se enuncian a continuación (MTE):

- Ríos: masas de agua continental que fluye principalmente sobre la superficie del suelo, pero que también puede fluir bajo tierra en algún momento de su curso.
- Lagos: masas de agua superficiales quietas.
- Aguas de transición: masas de agua superficial próximas a la desembocadura de los ríos que son parcialmente salinas, debido a su proximidad a la costa, pero que, a su vez, reciben una importante influencia de agua dulce.
- Aguas costeras: aguas superficiales situadas hacia tierra a partir de una línea cuyos puntos se encuentran a una distancia igual a una milla náutica mar adentro desde el punto más próximo de la línea de base que sirve para medir la anchura de las aguas territoriales y que se extienden, en su caso, hasta el límite exterior de las aguas de transición.

- Masa de aguas artificial: masa de agua superficial creada por la actividad humana.
- Masa de agua muy modificada: masa de agua superficial que, debido a alteraciones producidas por la actividad humana, ha experimentado un cambio sustancial en su naturaleza.

Las diferentes masas de agua superficial existentes en la zona de estudio se recogen en la siguiente figura:



Figura 12. Masas de agua superficial de zona de estudio. Fuente: propia.

Como se puede apreciar, la principal masa de agua superficial es el río Turia que, como se ha comentado anteriormente, se ha considerado para el presente estudio el tramo del mismo comprendido entre el Embalse de Loriguilla y su desembocadura. Además de este, cabe destacar la existencia de diferentes ramblas, las cuales se pueden definir como cauces naturales que forman las aguas cuando llueve, en especial cuando lo hace de forma torrencial y cerca de la costa. Concretamente, al Embalse de Loriguilla, llegan las Ramblas San Marco y Alcotas por el oeste mientras que, el río Turia, se ve alimentado por el norte por las Ramblas Aceña, Castellana y Escarihuela. Por otro lado, se encuentra el río Reatillo, el cual es un afluente del río Turia por el oeste. También

cabe destacar la existencia del Barranco Carraixet por el norte y la Rambla Poyo por el sur que discurren prácticamente paralelos al río Turia y que, a pesar de no conectarse directamente con este, pueden condicionar la recarga del mismo procedente tanto del agua superficial como del agua subterránea.

5.2. Canales y azudes

En este punto, se van a describir los principales canales y azudes que aparecen en el sistema a estudiar.

Un canal se puede definir como un cauce artificial por donde se conduce el agua para darle salida o para otros usos. Por su parte, un azud, se define como una barrera hecha en los ríos con el fin de facilitar el desvío del caudal para riego y otros usos.

En la siguiente figura aparecen representados con líneas los canales, y con puntos los azudes existentes en la zona de estudio:

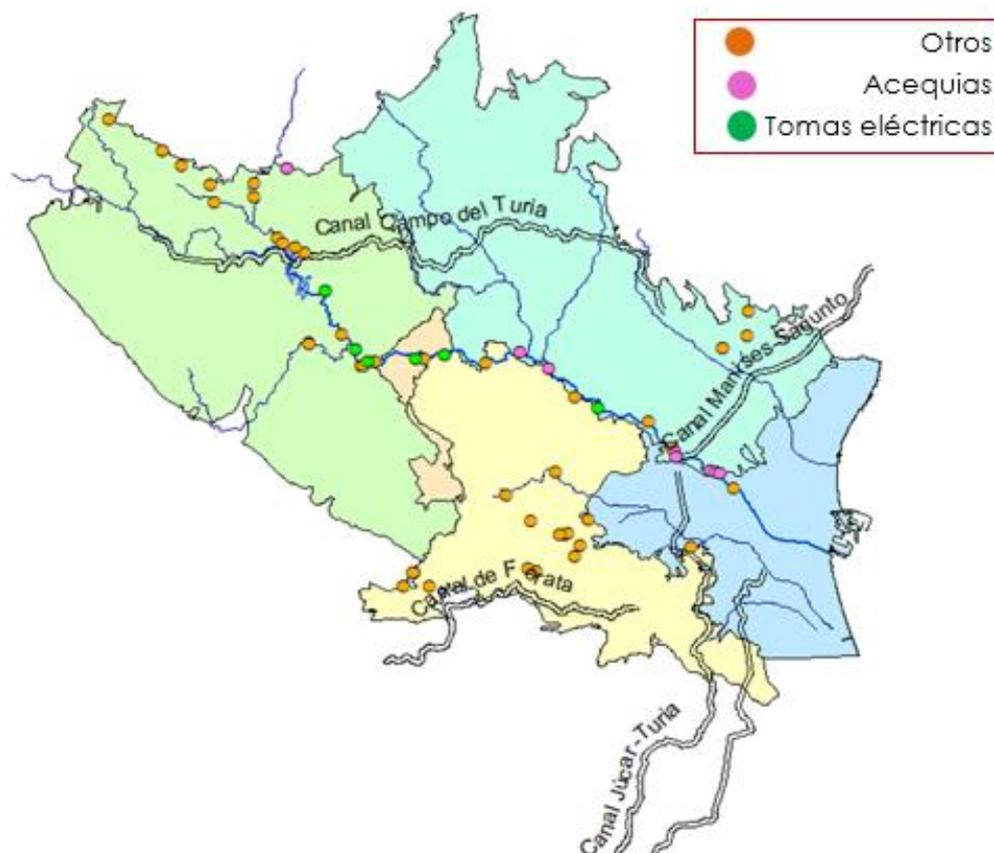


Figura 13. Canales y azudes de la zona de estudio. Fuente: propia.



Los canales principales que se pueden ver en el sistema se describen a continuación:

- Canal Campo del Turia: se trata de un canal con una longitud de 72'9 km, el cual entró en funcionamiento en el año 1976 con el objetivo principal de transportar las aguas del río Turia desde el embalse de Benagéber hasta el regadío del Camp de Llíria. Aporta el caudal necesario para satisfacer la demanda para el riego de unas 24500 hectáreas de cultivos, las cuales se distribuyen en los términos municipales de Bétera, Olocau, Pobla de Vallbona, Marines, Llíria, Casinos, Villar del Arzobispo y Losa del Obispo. Además, también se utiliza para abastecer los municipios de Losa del Obispo y Villar del arzobispo, y para generar energía en los altos hidráulicos de Domeño y de Casinos (Las Provincias, 2010).
- Canal Júcar-Turia: con una longitud de 58'2 km, este canal fue puesto en funcionamiento en el año 1979. Conecta el río Júcar con el río Turia, desde el embalse Tous – La Ribera hasta la potabilizadora La Presa de Manises, atravesando los términos municipales de Tous, Alzira, Guadassuar, L'Alcúdia, Benimodo, Carlet, Alfarp, Alginet, Benifaió, Picassent, Torrent, Aldaia, Quart de Poblet y Manises. Es capaz de transportar hasta un total de 32m³/s, y sus funciones principales son las de abastecimiento y riego. Por un lado, abastecimiento, ya que se encarga del suministro de agua a Valencia, incluyendo su área metropolitana, y a Sagunto, lo que supone un consumo medio de unos 150 hm³/año; por otro lado, riego, ya que suministra agua para el riego de unas 25000 hectáreas repartidas en 20 comunidades de regantes con más de 35000 usuarios y con una concesión de 95 hm³/año (Canal Júcar Turia).

Además de los dos ya comentados, también aparece el Canal Manises-Sagunto por el norte, el cual une los municipios de Sagunto y Manises con una longitud de 29'5 km, y el Canal Forata por el sur, con una longitud de 39'km, sin embargo, este último parece que no tiene incidencia sobre el río Turia.



Por su parte, los azudes aparecen representados con círculos de diferentes colores, cada uno de los cuales hace referencia a un tipo de azud en función de su uso, los cuales se describen a continuación:

- Círculo rosa: representa azudes cuya función principal es derivar agua del cauce del río Turia hacia acequias, para ser utilizada en el riego de cultivos.
- Círculo verde: representa azudes cuya función principal consiste en la creación de un embalse artificial que garantice la captación de un caudal mínimo necesario para la generación de energía eléctrica en pequeñas centrales hidroeléctricas.
- Círculo naranja: representa azudes cuya función principal no está totalmente definida en ninguno de los usos anteriores, pudiendo tener usos muy diversos.

Entre los diferentes tipos descritos anteriormente, cabe destacar algunos azudes como, por ejemplo:

- Azudes para el riego de Pueblos Castillo (Los regadíos del Bajo Turia, 2010): se trata de un conjunto de comunidades de regantes que toman sus aguas a través de dos azudes, el azud de Benaguasil y el azud de Lorca. Por la parte izquierda se constituyen las acequias de Benaguasil, con 1372 hectáreas, y de Lorca, con 417 hectáreas, mientras que, por la derecha se constituye la acequia de Vilamarxant, con 1833 hectáreas. Estas acequias sirven para los regadíos de Pedralba, Benaguasil, La Pobla de Vallbona, La Eliana, Vilamarxant y Ribarroja.



Figura 14. Azudes para el riego de Pueblos Castillo. *Fuente: propia.*

- Real Acequia de Moncada: se trata de la acequia que goza de una mayor concesión sobre el uso de las aguas del río (7000 litros/s), y es también la que riega una mayor superficie (7000 hectáreas).



Figura 15. Azud de la Real Acequia de Moncada. *Fuente: propia.*



Con todo lo expuesto, se puede deducir la importancia que tiene el río Turia dentro del sistema de estudio, siendo la principal fuente de agua para las comunidades de regantes de la zona, abasteciendo de agua a diferentes localidades por medio de canales y siendo capaz también de generar energía eléctrica en diferentes lugares.

5.3. Unidades de Demanda Agraria

A continuación, se identifican y describen las unidades de demanda de agua para uso agrario del sistema analizado. Este tipo de demanda comprende la demanda agrícola, forestal y ganadera.

Dicha demanda se puede caracterizar a partir de aspectos como:

- La demanda bruta, esto es, el agua total derivada.
- La superficie y tipo de cultivo en regadío.
- La demanda neta, esto es, el agua consumida por los cultivos.
- Retorno y/o pérdidas, esto es, la diferencia entre la demanda bruta y la neta.

La caracterización de la demanda agrícola se realiza en base a unidades de demanda agraria (UDA). Se entiende como tal una zona agrícola que comparte características comunes como, por ejemplo, la ubicación geográfica, las comunidades de regantes que la componen, el origen del agua, las tecnologías de riego, las infraestructuras... de modo que permite tratarla de manera independiente al resto de unidades. (PHJ A3, 2015a)

En la siguiente figura se muestran las diferentes unidades de demanda agraria que componen el sistema, representadas con diferentes colores, cada uno de los cuales se explican a continuación. Como ya se ha comentado, una manera de diferenciar unidades de demanda agrícola es en función del origen del agua que las abastece; en este sentido, los diferentes colores se corresponden con:

- Color verde oscuro: el origen del agua es superficial.
- Color verde: el origen del agua es subterráneo.

- Color naranja: el origen del agua es mixto, es decir, una parte del agua llega de la superficie mientras que otra parte llega del subsuelo.
- Color azul: el origen del agua son las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDARs), es decir, se reutiliza el efluente de las mismas como fuente de abastecimiento.

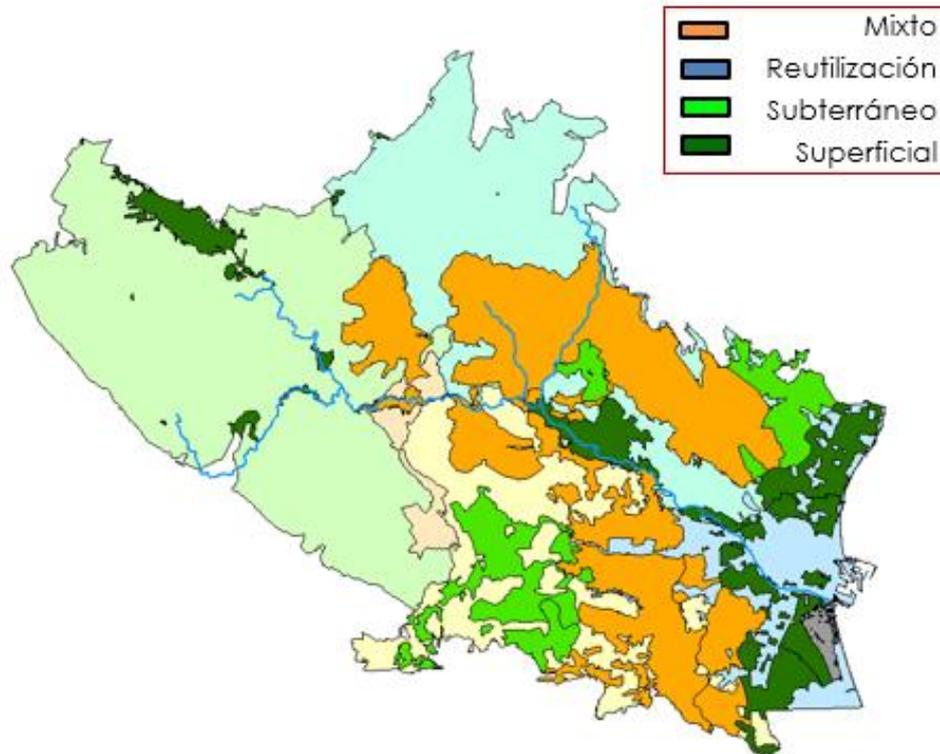


Figura 16. Unidades de demanda agraria de la zona de estudio en función del origen del agua. *Fuente: propia.*

En primer lugar, como se puede apreciar, los regadíos superficiales se concentran en las vegas altas y regadíos tradicionales del río Turia, como son en este caso el regadío tradicional del Turia – Pueblos Castillo, el regadío tradicional del Turia – Real Acequia de Moncada o el regadío tradicional del Turia – Vega de Valencia.

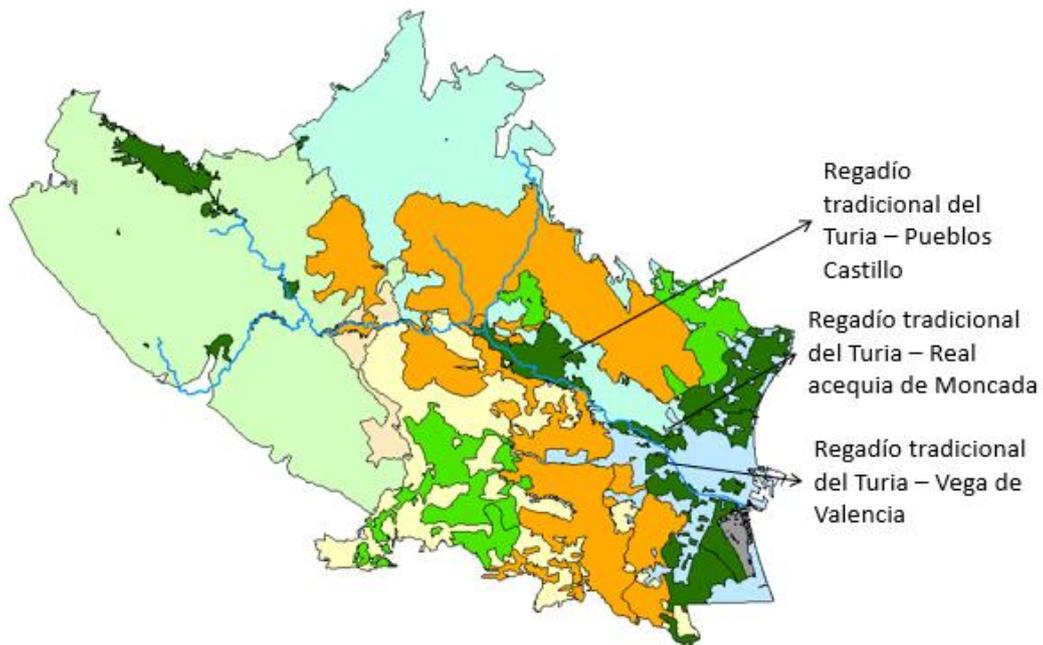


Figura 17. Principales regadíos superficiales de la zona de estudio. Fuente: propia.

Por su parte, los regadíos mixtos vienen generalmente asociados a los regadíos en pequeños ríos y a las extensiones de regadío de los años 70 y 80 asociados a grandes canales, como son en este caso el canal Campo del Turia y el canal Júcar – Turia.

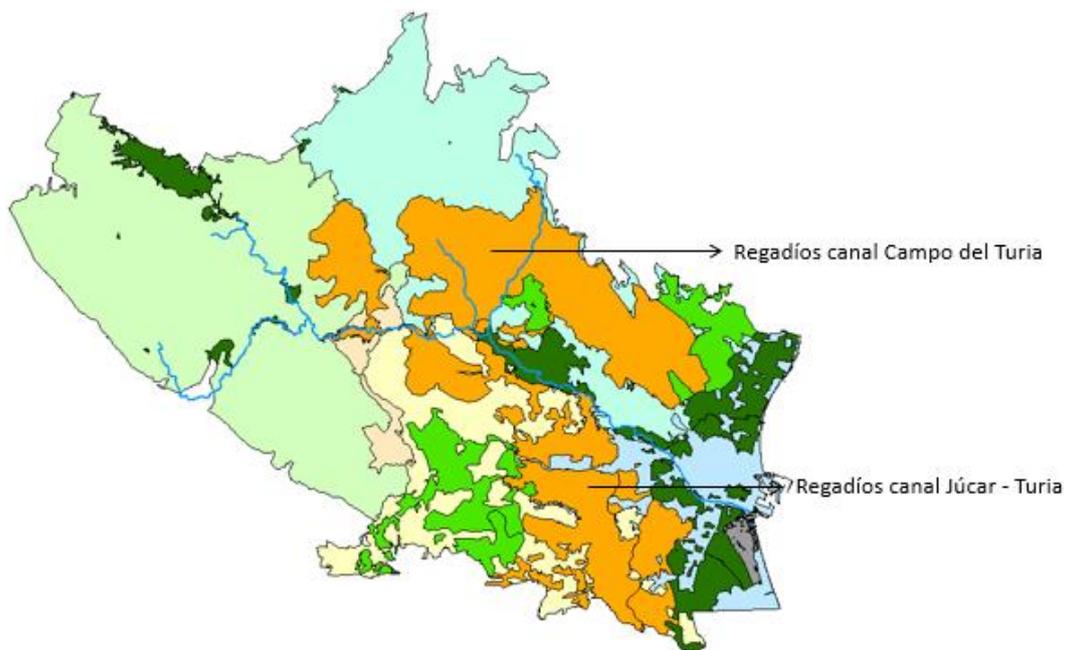


Figura 18. Principales regadíos mixtos de la zona de estudio. Fuente: propia.

Además, los regadíos subterráneos tienen lugar principalmente en las planas litorales. En este caso se encuentran los regadíos del manantial de San Vicente, los regadíos no tradicionales de l’Horta Nord y la Hoya de Buñol y Chiva.

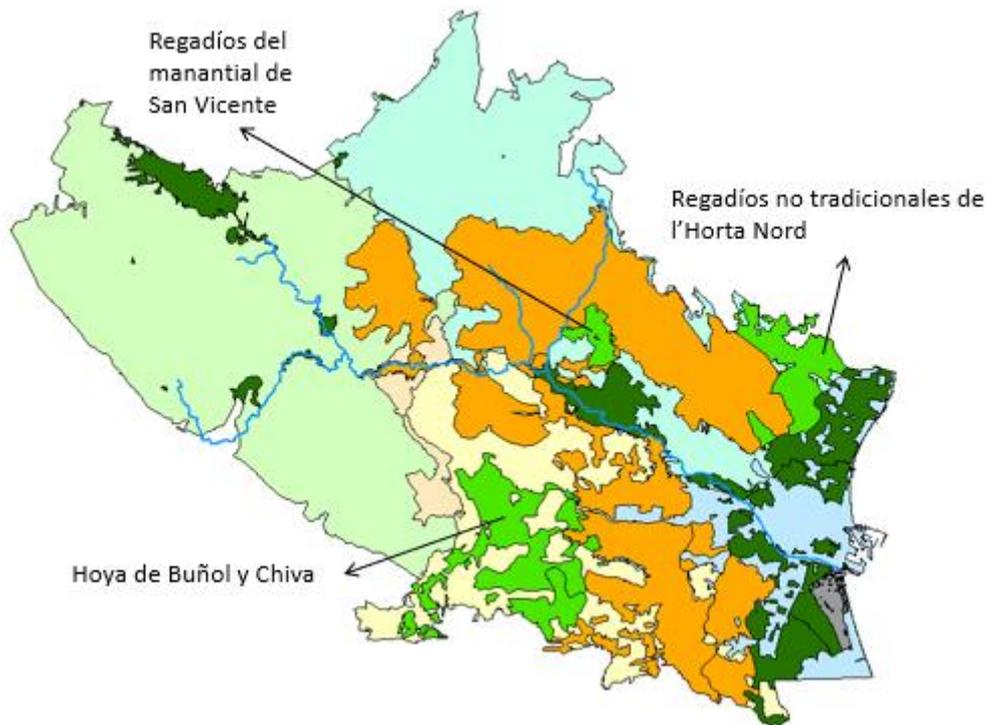


Figura 19. Principales regadíos subterráneos de la zona de estudio. Fuente: propia.

Cabe destacar respecto a estos que, a pesar de que se desarrollan como riegos exclusivamente subterráneos, actualmente reciben un importante volumen superficial que irá en aumento una vez materializadas las infraestructuras de sustitución previstas, convirtiéndolos en regadíos mixtos.

Finalmente, mencionar que los recursos regenerados en distintas estaciones depuradoras de aguas residuales empleados para el regadío son de especial importancia en unidades de demanda agraria cercanas a grandes estaciones depuradoras o en áreas de escasez general de recursos, como podrían ser en este caso algunos riegos tradicionales del Turia.

En cuanto a las actuaciones que están desarrollando distintas administraciones públicas, cabe destacar que estas no modificarán en gran medida la distribución actual de las unidades de demanda agraria superficiales y subterráneas a escala de



demarcación. No obstante, la distribución existente unidad a unidad puede cambiar significativamente. Dichas actuaciones pueden agruparse en dos ejes (PHJ A3, 2015b):

- Incremento de la reutilización de recursos regenerados con la construcción de nuevas infraestructuras de aducción desde las estaciones depuradoras de aguas residuales hasta las zonas agrícolas con la consiguiente liberación de recursos superficiales y subterráneos.
- Sustitución de bombeos con aguas superficiales para masas subterráneas en mal estado cuantitativo.

5.4. Estaciones de aforo

La Red Oficial de Estaciones de Aforo (R.O.E.A) es la red que permite conocer la evolución de caudales en puntos singulares de cauces y canales, así como el estado de las reservas en los embalses. Su origen se remonta al año 1911, cuando el Ministerio de Fomento dio instrucciones a las Divisiones Hidráulicas para la instalación de escalas y la realización de aforos con el objetivo de establecer las correspondientes curvas de gasto. En algunos manuscritos, se recoge que el servicio de aforos de la División del Júcar prestó “especial atención en la ubicación de escalas idóneas para el conocimiento del caudal, el estudio de proyectos y para la prevención de avenidas”.

En sus inicios, se tienen datos y series de caudales correspondientes a 42 estaciones, las cuales consistían, en la mayoría de los casos, en una escala colocada en un muro o en una pequeña construcción indicativa efectuándose una lectura del agua del nivel del agua. Sin embargo, el número y el emplazamiento de las mismas han ido sufriendo una continua evolución. Estos cambios han sido propiciados por diferentes aspectos, como son: un mejor conocimiento de la cuenca, los avances tecnológicos producidos, el perfeccionamiento en el diseño de las propias instalaciones, las necesidades asociadas a las nuevas infraestructuras hidráulicas y demandas sociales, los cambios en los cauces... Todo ello para conseguir un mejor control y gestión de los recursos hídricos.

Como dato, cabe destacar que, de las 42 estaciones existentes en el año 1911, en la actualidad solamente siguen funcionando 10 de ellas, ya que las estaciones han ido evolucionando hacia instalaciones con pozo tranquilizador y caseta donde se aloja un equipo de medición continua (CHJ, 2010).

En la siguiente figura se pueden observar las diferentes estaciones de aforo existentes en el sistema a analizar:

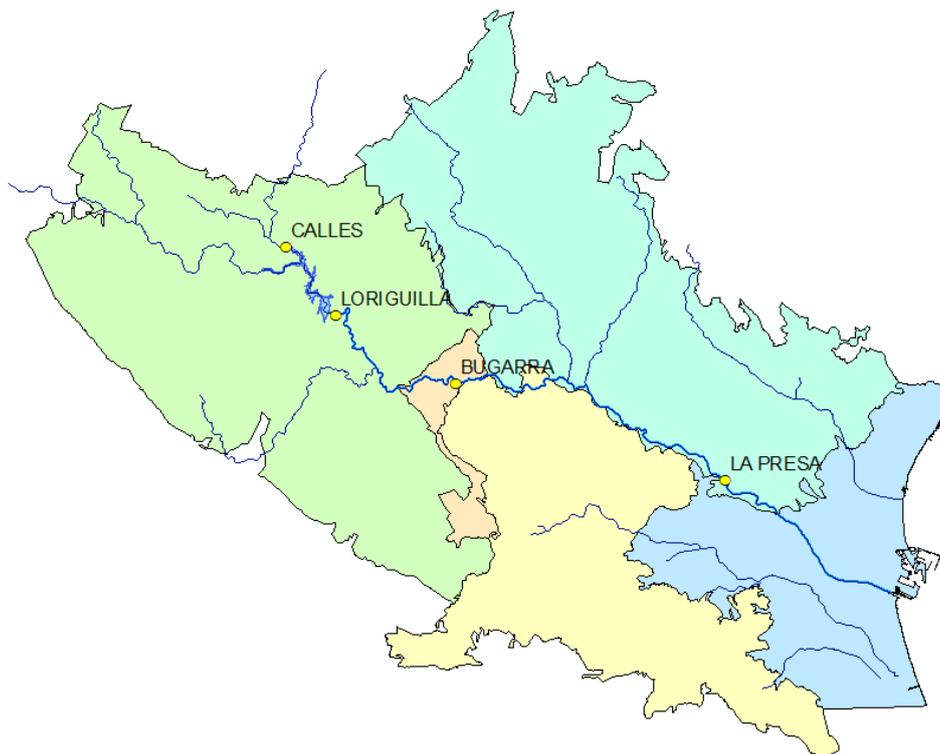


Figura 20. Estaciones de aforo existentes en la zona de estudio. Fuente: propia.

Se prestará especial atención a las estaciones de aforo que se describen a continuación por estar presentes en el tramo del río Turia que se pretende analizar:

- Estación de aforos de Loriguilla: se trata de una estación de aforos ubicada a la salida del embalse de Loriguilla, en el municipio de Chulilla. Se sitúa a una altitud de 252 metros y contiene un total de datos diarios de 37 años (CEDEX, 2014 – 2015a).
- Estación de aforos de Bugarra: se trata de una estación de aforos ubicada en Bugarra, en el municipio de Bugarra. Se sitúa a una altitud de 160



metros y contiene un total de datos diarios de 74 años (CEDEX, 2014 – 2015b).

- Estación de aforos “La Presa” de Manises: se trata de una estación de aforos ubicada en La Presa, en el municipio de Manises. Se sitúa a una altitud de 50 metros y contiene un total de datos diarios de 92 años (CEDEX, 2014 – 2015c).

5.5. Mapas de isopiezas

Se puede definir una isopieza como una línea que conecta en un mapa los puntos con el mismo nivel piezométrico.

Los mapas de isopiezas aportan información muy relevante ya que permiten estimar de manera aproximada cuál puede ser la dirección del flujo del agua. Sin embargo, no deben tomarse como determinantes a la hora de conocer dicha dirección del flujo, sino más bien, como información complementaria.

En los mapas que se muestran a continuación, pueden observarse las isopiezas de la zona de estudio para diferentes años, elaborados según diferentes organismos:

- El primer mapa al que se puede hacer mención es el mapa elaborado entre los años 1970 y 1974 por la CHJ, en el cual se aprecia un primer tramo de crecimiento de las curvas de nivel muy suave, llegando desde la cota 0, en la desembocadura del río, hasta la cota 250, a la altura del municipio de Bugarra, y, posteriormente un incremento de la pendiente, pasando de una cota de 250 metros a una de 500 metros en apenas 5 kilómetros, entre Bugarra Gestalgar. Además, destacar que, en el primer tramo del río, el flujo del agua se dirige hacia el mismo por la parte sur, mientras que por el norte fluye paralelo. A partir del inicio de los acuíferos de Liria – Casinos y Buñol – Cheste, el flujo del agua transcurre principalmente de manera paralela al río tanto como por el norte como por el sur, con una ligera orientación hacia el río por la parte sur. En el

tramo final también parece que el flujo del agua fluye paralelo al río hasta su desembocadura.

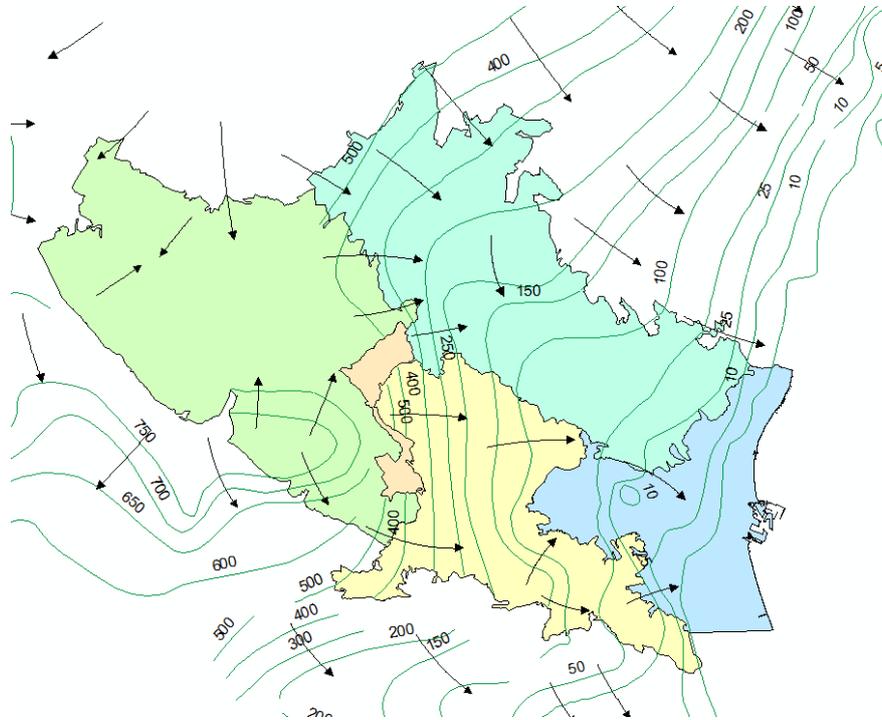


Figura 21. Mapa de isopiezas entre los años 1970-1074. Fuente: CHJ

- A continuación, se muestran otros dos mapas de isopiezas más actuales:
 - Por un lado, otro mapa elaborado por la CHJ, pero en este caso en el año 2005.

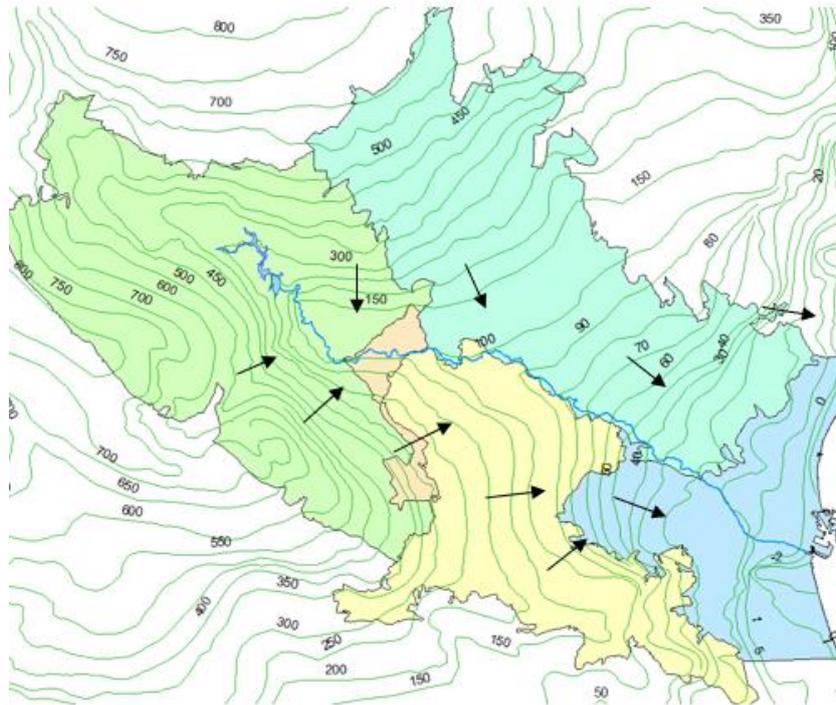


Figura 22. Mapa de isopiezas del CHJ del año 2005. Fuente: CHJ.

- Por otro lado, el mapa elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en el año 2008. Es el mapa de isopiezas más reciente del que se posee información

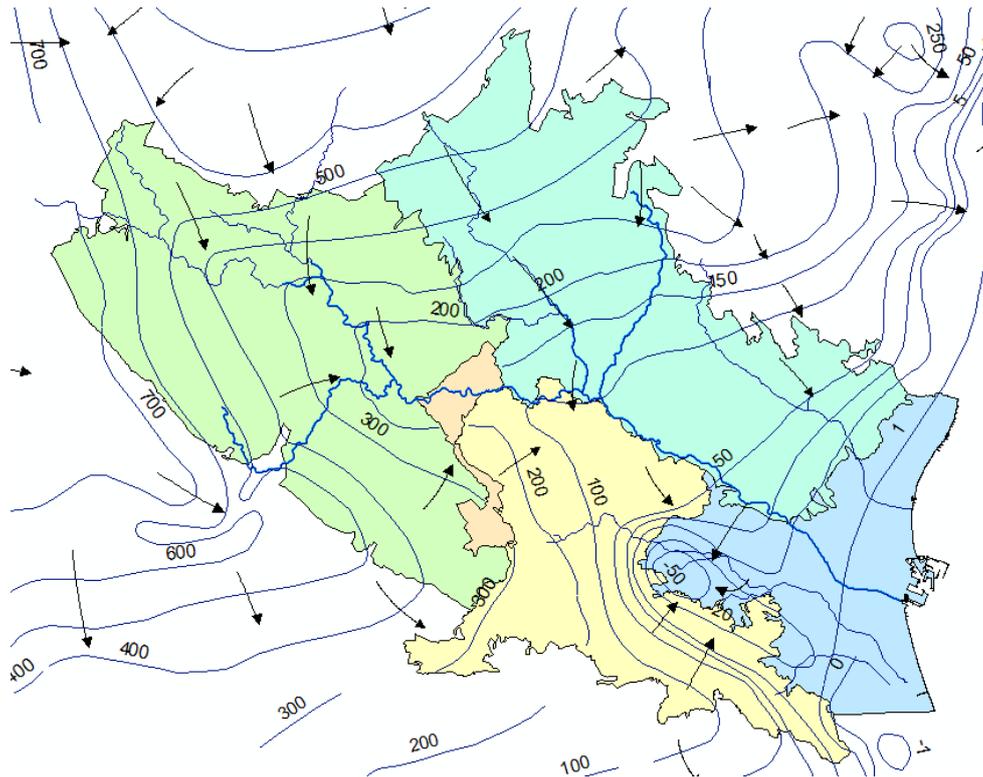


Figura 23. Mapa de isopiezas del IGME del año 2008. Fuente: IGME.

5.6. Mapas de actividad río-acuífero

El siguiente mapa representa la relación entre el río y los acuíferos existentes a fecha del 30 de junio del año 2009:



Figura 24. Mapa de actividad río-acuífero de la zona de estudio. Fuente: propia.

En este mapa, se representa la actividad río-acuífero mediante tres colores diferentes:

- Color azul: representa que el río es ganador, es decir, es el acuífero el que le aporta agua al río.
- Color rojo: representa que el río es perdedor, es decir, es el río el que le cede agua al acuífero.
- Color amarillo: representa que el río es variable, es decir, dependiendo de una serie de circunstancias, será el acuífero el que aporte agua al río o viceversa.

Como se puede apreciar, no todos los tramos del río están definidos con uno de los colores anteriores, esto es debido a que, tras el estudio realizado, no se ha podido atribuir a dicho tramo del río una de las características explicadas anteriormente.

Este mapa puede ser de mucha utilidad a la hora de comprender el funcionamiento del sistema y hacia dónde fluye el agua. Analizando el tramo del río Turia estudiado, desde el embalse de Loriguilla hasta su desembocadura, se puede ver



como existe un primer tramo de río de carácter variable seguido de unos pequeños tramos de carácter perdedor y posteriormente ganador, comprendido entre dicho embalse y el municipio de Gestalgar, sin embargo, este primer tramo se sitúa sobre el acuífero de Las Serranías, por lo que no se le prestará mayor atención. Posteriormente, se encuentra un tramo más largo, comprendido entre Bugarra y Manises, en el que el río es de carácter ganador predominantemente, aunque se alterna con pequeños tramos con carácter variable; este tramo se sitúa sobre los acuíferos de Liria – Casinos y Buñol – Cheste. Finalmente, en el último tramo comprendido entre Manises y la desembocadura, se encuentra una pequeña porción de río de carácter perdedor, mientras que el resto no se encuentra definido, siendo el acuífero Plana Valencia Norte el que engloba esta sección.

Para terminar, también cabe destacar el predominante carácter perdedor que presenta la Rambla Poyo, la cual discurre prácticamente paralela al río Turia tal y como se ha comentado en el apartado 5.1, a excepción de su tramo final que se convierte en ganador. Este aspecto es importante tenerlo en cuenta ya que puede ser de utilidad en los apartados posteriores.

5.7. Bombeos

Los bombeos de agua de las masas de agua subterránea que se producen en el sistema analizado son un factor muy a tener en cuenta a la hora de desarrollar el presente estudio. Actualmente, se tiene conocimiento de cuáles son los bombeos en cada uno de los acuíferos, sin embargo, es muy difícil conocer el valor preciso, por lo que los datos que se muestran en la siguiente tabla no tienen por qué ser exactos, pero sirven para tener una buena idea del agua que se bombea de cada uno de ellos. Los bombeos pueden diferenciarse según su naturaleza y quedan reflejados a continuación:

	Las Serranías	Liria - Casinos	Buñol - Cheste	Plana Valencia Norte
Bombeo agrícola (hm3/mes)	8,51	66,81	66,24	24,69
Bombeo urbano (hm3/mes)	0,79	34,80	15,14	19,11
Bombeo ganadero (hm3/mes)	0,28	0,36	0,25	0,24
Bombeo Industrial (hm3/mes)	0,24	4,98	3,00	20,59
Bombeo recreativo anterior (hm3/mes)	0,00	0,40	1,28	0,32
Bombeo total (hm3/mes)	9,82	107,35	85,91	64,95

Tabla 1. Bombeos actuales en la zona de estudio. Fuente: DHJ

Por otro lado, cabe destacar que no toda el agua que se bombea es realmente utilizada, de manera que una parte retorna al río Turia. Estos retornos también se tienen cuantificados y diferenciados según su naturaleza; se muestran en la siguiente tabla:

	Las Serranías	Liria - Casinos	Buñol - Cheste	Plana Valencia Norte
Retornos agrícolas (hm3/mes)	2,78	29,01	20,39	39,48
Retornos urbanos (hm3/mes)	0,00	0,00	0,61	0,00

Tabla 2. Retornos de los bombeos en la zona de estudio. Fuente: DHJ.

Finalmente, con la información anterior, se tiene que los bombeos netos para cada acuífero son los siguientes:

	Las Serranías	Liria - Casinos	Buñol - Cheste	Plana Valencia Norte
Bombeo neto (hm3/mes)	7,04	78,34	64,91	25,47

Tabla 3. Bombeos netos en la zona de estudio. Fuente: DHJ.



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.





6. Análisis

En este apartado se pretende analizar la zona de estudio de manera detallada para poder entender el funcionamiento de la misma. Para ello, por un lado, se va a realizar un análisis transversal del río, es decir, se realizarán un número suficiente de cortes transversales al río Turia con el fin de comparar el estado de las masas de agua subterránea actual con el estado histórico y poder así extraer ciertas conclusiones al respecto. Por otro lado, se realizará un análisis longitudinal del río con el que se pretende conocer el caudal que circularía por el mismo si no existieran afecciones del ser humano sobre el mismo, esto es, el caudal restituido.

Este proceso es necesario y previo para la elaboración del modelo conceptual que se propone en el punto siguiente del presente trabajo.

6.1. Análisis transversal

Como fase preliminar al presente análisis, resulta necesario hablar de la importancia que tienen los piezómetros, así como entender cuál va a ser el procedimiento seguido para la obtención de los perfiles transversales y la información que se va a extraer de cada uno de ellos. Esto queda explicado en los siguientes puntos:

➤ Piezómetros:

Un piezómetro se puede definir como un instrumento que tiene la capacidad de medir la presión de un fluido en un punto determinado. La información que aportan los piezómetros de la zona se considera imprescindible para la realización del análisis transversal. De manera general, se ha observado que existe información al respecto comprendida entre los años 1972 y 2018, sin embargo, dependiendo del tipo de piezómetro, puede, o no, aportar información detallada de todos y cada uno de los años comprendidos en este periodo. En la siguiente figura se muestran los piezómetros

existentes, independientemente de si actualmente siguen aportando información o si están ya en desuso:

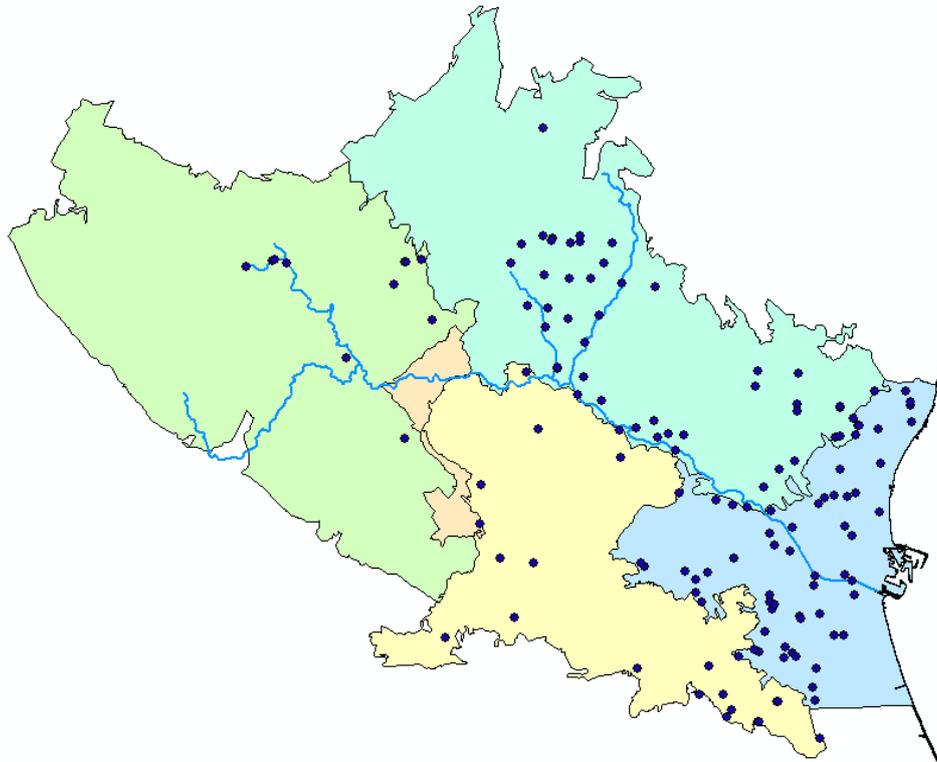


Figura 25. Piezómetros existentes en la zona de estudio. Fuente: propia.

Dentro del conjunto de piezómetros mostrados, existen diversos piezómetros que se integran dentro de un sistema al que se le conoce como red de piezometría. La red de piezometría consiste en una red formada por diferentes piezómetros con el objetivo de “establecer un programa de control para el análisis y seguimiento de la evolución cuantitativa de las masas de agua subterránea, mediante la toma de medidas de nivel piezométrico” (Piezómetros, 2010).

A continuación, se describen las diferentes redes de piezometría que se pueden encontrar en la zona de estudio:

- Red operativa: se trata de una red que está constituida por piezómetros que están en funcionamiento actualmente, tomando medidas con periodicidad mensual o bimestral.
- Red representativa: se trata de una red que está constituida por piezómetros de la red operativa que se consideran

representativos del comportamiento de las masas de agua subterránea.

Dichas redes quedan representadas en la siguiente figura:



Figura 26. Piezómetros de la red operativa y representativa de la zona de estudio. Fuente: propia.

Se considera pues, útil el análisis de los piezómetros representativos antes de entrar en el análisis de los cortes transversales en el que intervendrán multitud de piezómetros ya que, por definición, son los que representan el comportamiento que están teniendo las masas de agua subterránea. De manera que el análisis de estos se realizará de manera preliminar al resto.

Para la realización de los cortes transversales sobre el río que se han comentado anteriormente, van a ser determinantes los emplazamientos de los piezómetros, ya que, para poder extraer información relevante, dichos cortes deberán coincidir con diferentes piezómetros que aporten información sobre los niveles piezométricos de las masas de agua subterráneas sobre las que estén situados. Además, se intentará que dichos cortes incluyan el mayor número posible de piezómetros de la red operativa, ya que estos serán los que puedan aportar la información más actual posible. Sin embargo,



dichos piezómetros serán complementados con la información que pueda aportar el resto, aunque no formen parte de la red operativa, para así poder obtener una serie de perfiles transversales lo más completa y representativa del sistema posible.

➤ Perfiles transversales:

Siguiendo con lo que se ha explicado en el final del punto anterior, los diferentes perfiles transversales se van a obtener a partir de una serie de cortes transversales al río, los cuales se realizarán teniendo en cuenta el emplazamiento de los piezómetros existentes en la zona, con el fin de que cada uno de los perfiles sea capaz de aportar información detallada de los niveles piezométricos de las masas de agua subterránea existentes.

Se van a realizar un total de ocho cortes transversales, dos de los cuales los cuales abarcarán el tramo del río Turia comprendido en el acuífero de Las Serranías, tres se situarán sobre las masas de agua subterránea de Liria – Casinos y de Buñol – Cheste y, finalmente, otros tres se realizarán sobre el tramo de río que transcurre sobre la Plana Valencia Norte.

Sobre estos perfiles transversales, se representarán los niveles piezométricos tanto de años actuales como de años históricos, teniendo siempre en cuenta las limitaciones que puedan existir en cuanto a la información que aportan cada uno de los piezómetros, ya que, como se ha comentado anteriormente, no todos son capaces de aportar una serie de niveles piezométricos completa entre el periodo comprendido entre los años 1972 y 2018. Con esto, se podrá observar si existe una gran variación entre la situación actual y la histórica y en qué puntos se produce.

Además, a partir de dichos piezómetros, también podrá observarse cuál ha sido la evolución de los mismo con el paso del tiempo. Para ello, se representará en un gráfico el nivel piezométrico para cada uno de los años sobre los que se tiene información. Esto puede aportar información sobre el comportamiento de las masas de agua subterránea con el paso del tiempo.

Por último, y tras la realización de todos y cada uno de los perfiles transversales, se podrá determinar la actividad río – acuífero en cada uno de los tramos analizados, es



decir, si el río es ganador o es perdedor. Dicha información debe ser consistente con el mapa mostrado en el apartado 5.6., sin embargo, será más precisa y completa, ya que, como se vio en aquel punto, el mapa carecía de información para algunos tramos del río que sí serán analizados en este apartado.

De modo que, con todo lo expuesto anteriormente, se pasa ahora a realizar y analizar los ocho cortes transversales comentados anteriormente, así como el análisis previo de los piezómetros representativos. La información que se va a mostrar para cada uno de los cortes transversales es la siguiente:

1. En primer lugar, se representarán sobre el mapa de la zona de estudio, en color granate, los diferentes piezómetros que forman parte de cada uno de los cortes transversales, mientras que, en color gris, aparecerán reflejados los piezómetros de los cortes transversales anteriores, para así, poder tener una referencia.
2. En segundo lugar, se mostrará un gráfico por cada uno de los piezómetros que formen parte del corte transversal, sobre los que se representarán la media de los metros sobre el nivel del mar para cada uno de los años de los que se posee información. La única excepción será cuando el piezómetro solamente contenga información sobre un año; en este caso, simplemente se mostrará la media de los metros sobre el nivel del mar para el año en cuestión.
3. Posteriormente, en un diagrama de barras, se realizará una comparativa entre la media de los niveles piezométricos del periodo histórico, periodo comprendido aproximadamente entre los años 1972 y 1985, y la media de los niveles piezométricos del periodo actual, periodo considerado a partir del año 1995, con el objetivo de comprobar si dichos piezómetros han sufrido una variación importante o han permanecido más o menos constantes. Cabe destacar que no se han establecido unos periodos fijos para considerar los periodos históricos ni los periodos actuales ya que, dependiendo del piezómetro, se tendrá información de unos años o de otros. Sin embargo, sí que se puede garantizar que el periodo de años escogidos para reflejar las etapas históricas y las actuales, serán lo más



representativos posible de cada uno de ellos, teniendo en cuenta, además de los años sobre los que se posee información, la evolución de los mismos con el paso del tiempo. Cabe destacar también la excepción de que el piezómetro no posea años suficientes para establecer dicha comparativa; en este caso, no se mostrará una comparativa, sino que simplemente aparecerá la media de los niveles piezométricos del periodo del cual existen datos.

4. Finalmente, se mostrará una representación esquemática de cada uno de los perfiles transversales, sobre los que aparecerá, por un lado, información sobre el perfil del terreno, por otro lado, información sobre los niveles piezométricos históricos y actuales de las masas de agua subterránea y, por último, representación de algunos municipios existentes en el perfil, así como de algunos accidentes geográficos importantes con la cota de aquellos que se consideren más relevantes.

6.1.1. Piezómetros representativos

A continuación, se muestra la evolución temporal anual de los niveles piezométricos mostrados anteriormente, con el fin de poder entender el comportamiento de las masas de agua subterránea en esos puntos:

- Piezómetro 08.22.002: este piezómetro se encuentra situado en el acuífero de Las Serranías, en la margen izquierda del río Turia. Su evolución temporal se muestra en el siguiente gráfico:

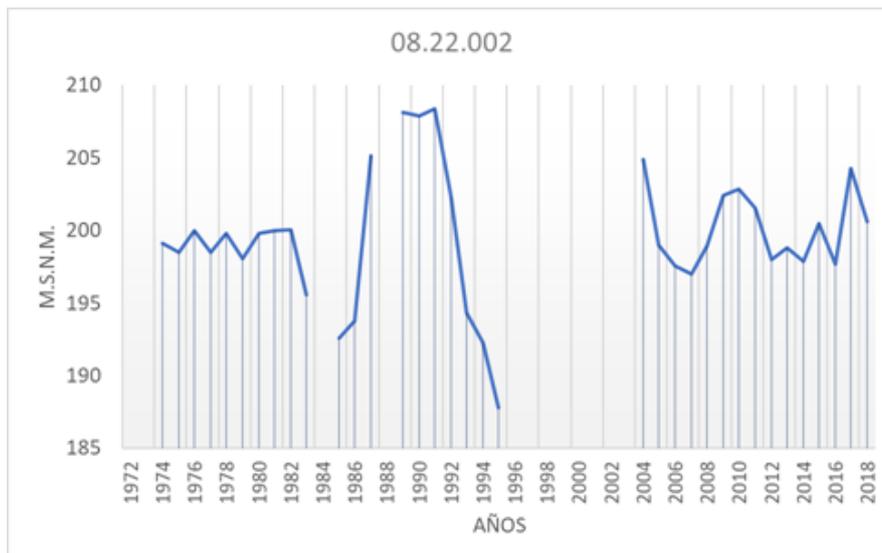


Gráfico 1. Evolución temporal del piezómetro 08.22.002. Fuente: propia.

En este gráfico puede observarse que el comportamiento de este piezómetro sigue un patrón bastante constante, exceptuando una crecida que se produjo previa a la sequía de la década de los 90, donde el nivel piezométrico desciende considerablemente. Por lo que podría decirse que este punto tiene un comportamiento natural y puede ser sensible a las sequías.

- Piezómetro 08.18.010: este piezómetro también se encuentra situado en el acuífero de Las Serranías, pero, en este caso, en la margen derecha del río. Su evolución temporal se muestra en el siguiente gráfico:

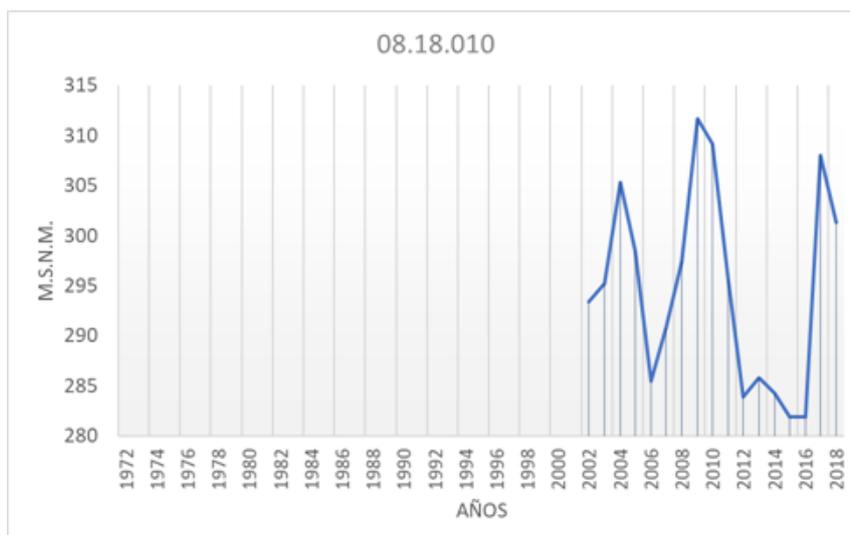


Gráfico 2. Evolución temporal del piezómetro 08.18.010. Fuente: propia.

Aquí, se puede observar que el comportamiento del agua subterránea en este punto tiene un comportamiento bastante oscilante, produciéndose picos máximos y mínimos en poco intervalo de tiempo y que alcanzan hasta variaciones de unos 30 metros sobre el nivel del mar. También se aprecia un descenso debido a la primera sequía del siglo XXI, por lo que esta zona puede que sea sensible a estas.

- Piezómetro 08.19.004: a diferencia de los dos piezómetros anteriores, este se encuentra situado sobre el acuífero Liria – Casinos, en la margen izquierda del río Turia, entre las Ramblas Escarihuela y Castellana. Su evolución temporal se muestra en el siguiente gráfico:

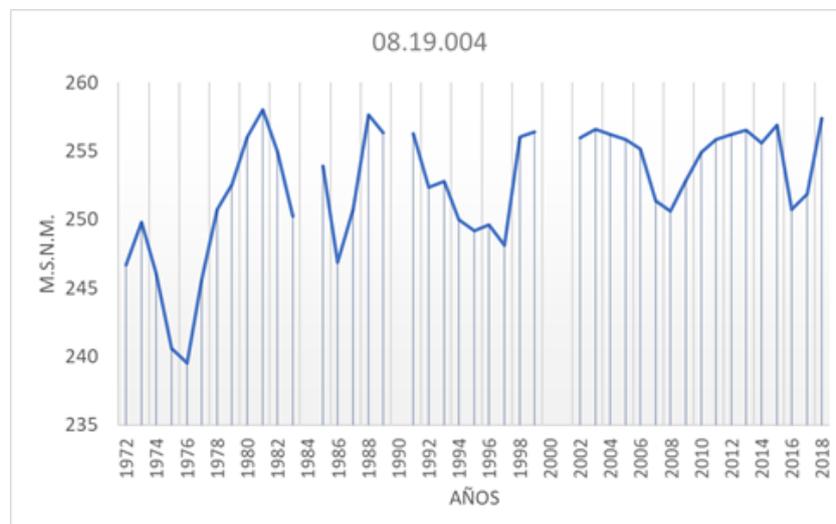


Gráfico 3. Evolución temporal del piezómetro 08.19.004. Fuente: propia.

La serie que ofrece este piezómetro es bastante completa. En ella se puede apreciar una tendencia creciente de los niveles piezométricos con el paso de tiempo, por lo que esta zona puede haber estado ganando agua poco a poco. También se observan ligeros descensos en los periodos de sequía que se produjeron en las décadas de los 80 y 90, así como en el comienzo del siglo XXI, por lo que puede decirse que hay cierta sensibilidad a las mismas.

- Piezómetro 08.22.008: este piezómetro también se encuentra situado sobre el acuífero Liria – Casinos y en la margen izquierda del río. Sin embargo, en este caso, este se encuentra situado al comienzo de la Rambla Castellana. Su evolución temporal se muestra en el siguiente gráfico:

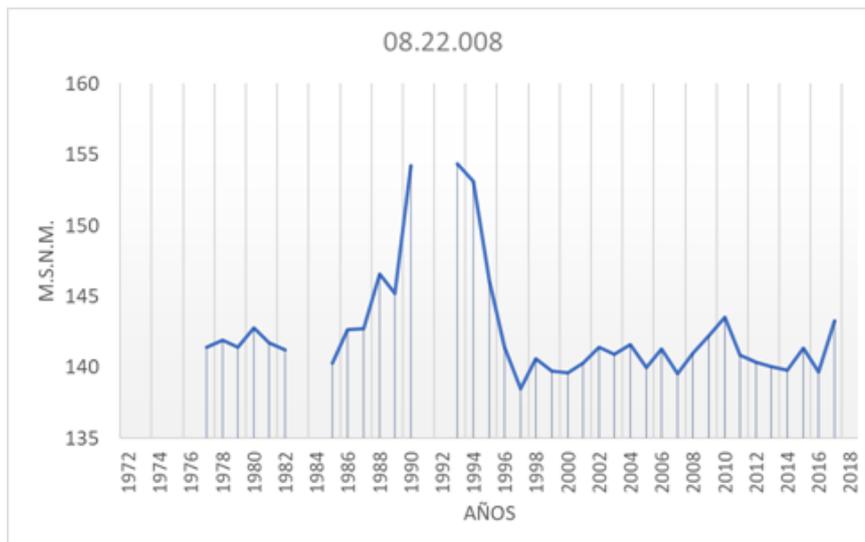


Gráfico 4. Evolución temporal del piezómetro 08.22.008. Fuente: propia.

En este gráfico se puede ver un comportamiento bastante similar al piezómetro 08.22.002 comentado anteriormente, es decir, los niveles se mantienen más o menos constantes con el paso del tiempo exceptuando una crecida que se produce justo antes de la sequía de los años 1994 – 1995. Por lo tanto, se puede decir que su comportamiento sigue un patrón natural y no parece estar alterado por acciones externas.

- Piezómetro 08.23.017: en este caso el piezómetro se ubica sobre el acuífero Buñol – Cheste en la margen derecha del río, prácticamente en el comienzo de lo que acaba siendo la Rambla Poyo. Su evolución temporal se muestra en el siguiente gráfico:

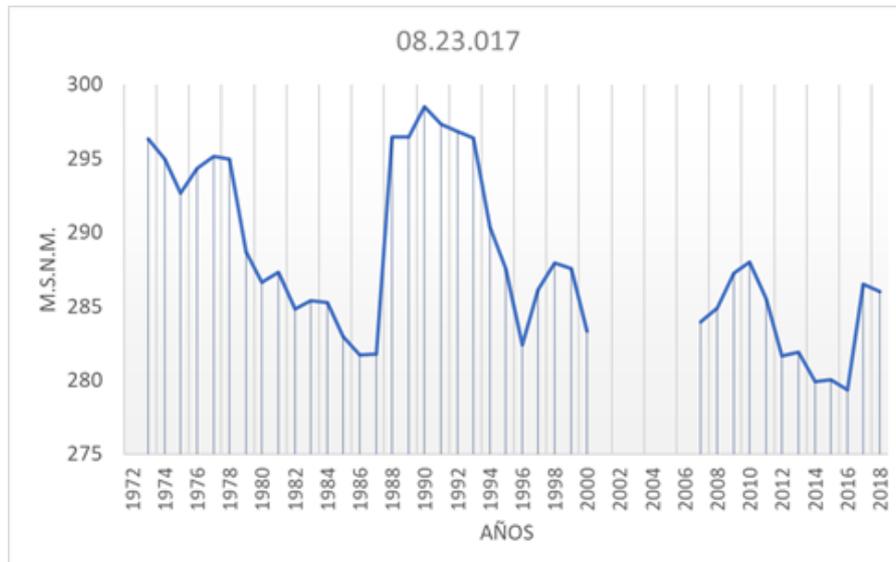


Gráfico 5. Evolución temporal del piezómetro 08.23.017. Fuente: propia.

Este piezómetro también presenta una serie de datos bastante completa, al igual que el piezómetro 08.19.004 que ya se ha comentado, sin embargo, en este caso, la tendencia que siguen los niveles es una tendencia decreciente, lo que induce a pensar que esta zona puede estar viéndose afectada por acciones externas que están produciendo dicho descenso.

- Piezómetro 08.25.009: este piezómetro se localiza ya en el acuífero Plana de Valencia Norte, en la margen izquierda del río Turia; incluso en la margen izquierda del Barranco del Carraixet, es decir, casi en el límite de este acuífero por el norte. Su evolución temporal se muestra en el siguiente gráfico:

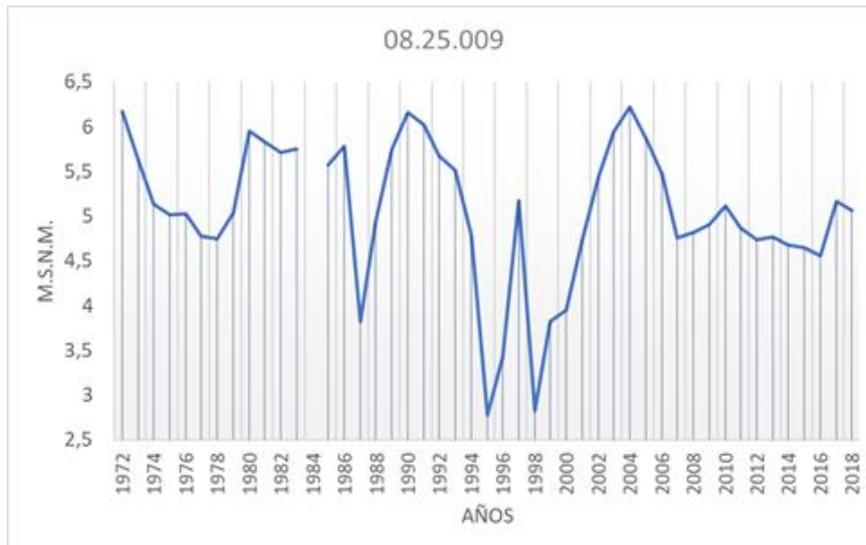


Gráfico 6. Evolución temporal del piezómetro 08.25.009. Fuente: propia.

Analizando este piezómetro que ya se encuentra bastante próximo a la costa, se puede intuir una ligera tendencia decreciente con el paso de los años y una cierta sensibilidad a las sequías por los descensos de nivel que se producen en estos periodos. Sin embargo, la tendencia decreciente no es demasiado marcada como para poder confirmar que se debe a acciones externas.

- Piezómetro 08.25.010: este piezómetro también se sitúa en el acuífero Plana de Valencia Norte, aunque en este caso, en la margen derecha del río Turia, próximo a lo que sería el primer tramo de este sobre dicho acuífero. Su evolución temporal se muestra en el siguiente gráfico:

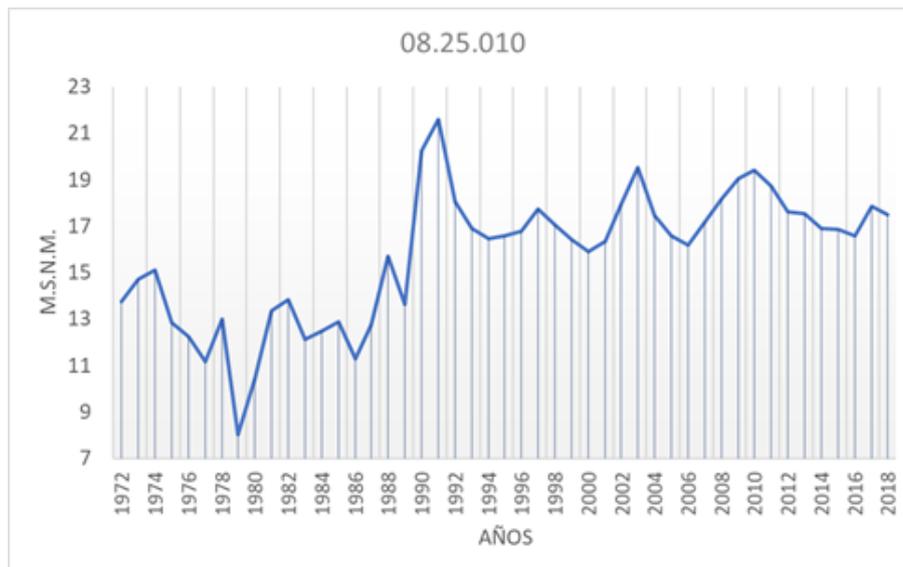


Gráfico 7. Evolución temporal del piezómetro 08.25.010. Fuente: propia.

En este piezómetro, el cual contienen información disponible para todos los años, se aprecia una clara tendencia creciente en los niveles de los mismos, por lo que, al igual que el piezómetro 08.19.004, puede haber estado ganando poco a poco cada vez más agua con el paso del tiempo. En cuanto a las sequías, no se aprecia que tengan una fuerte incidencia en esta zona.

- Piezómetro 08.25.094: por último, al igual que los dos anteriores, este piezómetro también se sitúa sobre el acuífero Plana de Valencia Norte y, al igual que el anterior, en la margen derecha del río Turia. Sin embargo, en este caso, más próximo al tramo final del río, antes de su desembocadura. Su evolución temporal se muestra en el siguiente gráfico:

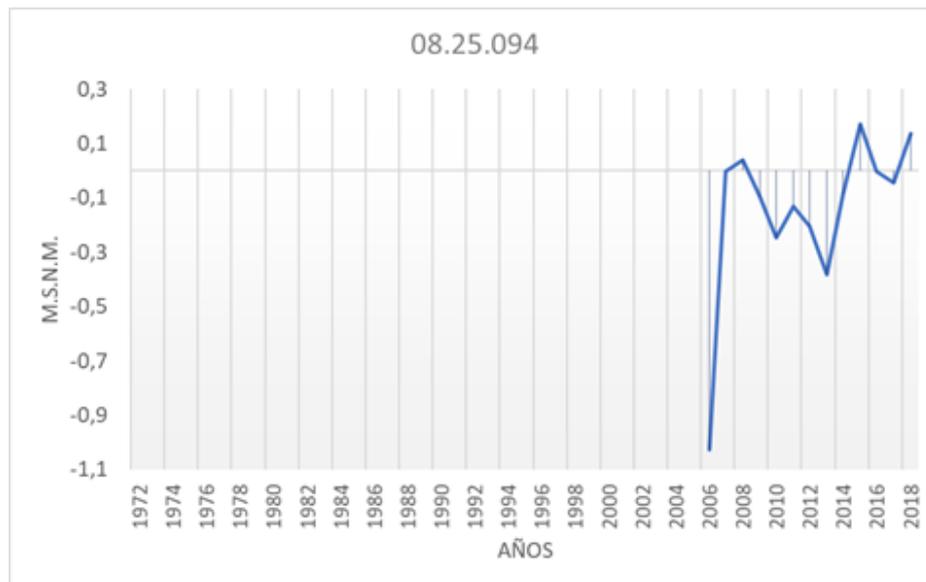


Gráfico 8. Evolución temporal del piezómetro 08.25.094. Fuente: propia.

Finalmente, este gráfico muestra información desde el año 2006, por lo que tampoco se pueden extraer conclusiones demasiado consistentes. Al parecer, en la sequía del siglo XXI se produjo un fuerte descenso que se ha recuperado claramente en los años siguientes.

A modo de conclusión, se puede decir que, tras el análisis de estos piezómetros representativos, la mayoría de las masas de agua sigue un patrón que se podría definir como natural. Por otro lado, hay algunas zonas que, lejos de estar perdiendo agua por afecciones externas, parece que han ido ganando con el paso del tiempo. Sin embargo, sí que es cierto que existen dos de ellas que cabe controlar y tener en cuenta debido a la tendencia decreciente que se ha apreciado en los niveles piezométricos. Una es la situada en el acuífero Buñol – Cheste, definida por el piezómetro 08.23.017, y otra es la situada en la margen izquierda del río, en el acuífero Plana de Valencia Norte, definida por el piezómetro 08.25.009.

6.1.2. Villar del Arzobispo – Sot de Chera

Entrando ya de lleno en los cortes transversales, el primero de ellos se realiza entre los municipios de Villar del Arzobispo y Sot de Chera. Está formado por un total de tres piezómetros, los cuales se representan en la siguiente figura:

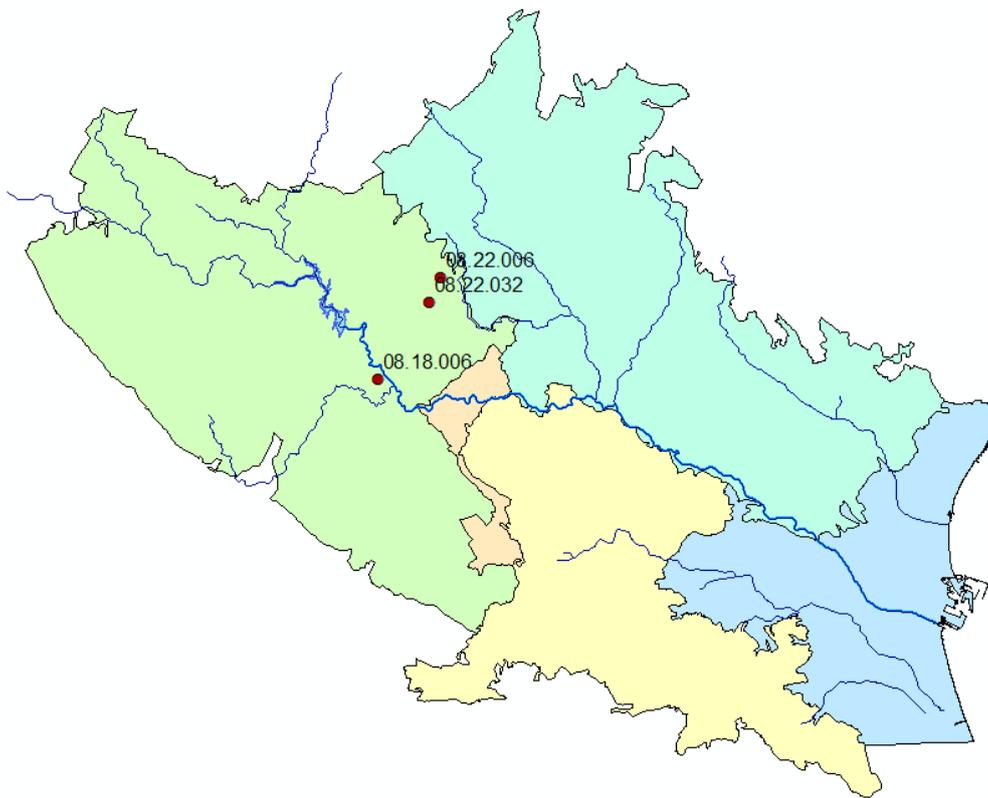


Figura 27. Corte transversal Villar del Arzobispo – Sot de Chera. Fuente: propia.

La evolución temporal de cada uno de los piezómetros queda representada en los siguientes gráficos, de los cuales se pueden obtener las siguientes conclusiones:

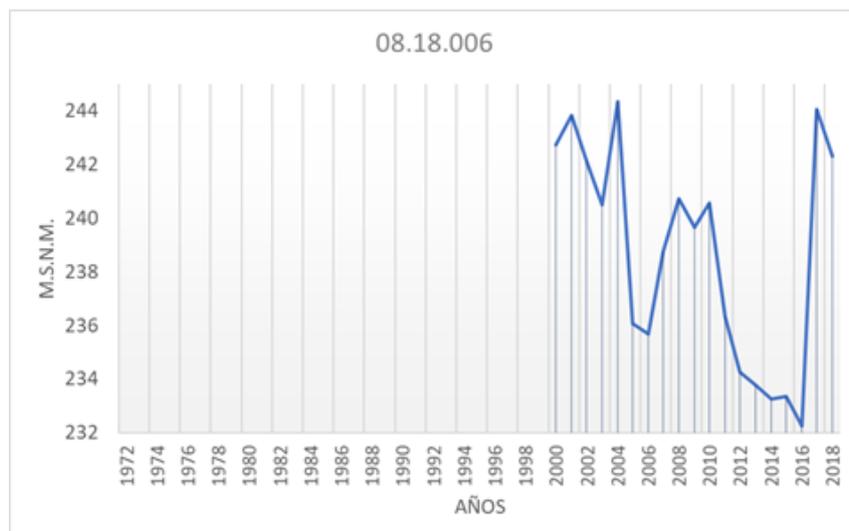


Gráfico 9. Evolución temporal del piezómetro 08.18.006. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.18.006: el piezómetro se sitúa próximo al río y presenta un comportamiento muy variable, sin seguir ningún tipo de patrón, al menos, para los años para los cuales existe información, es decir, desde el año 2000 hasta la actualidad.

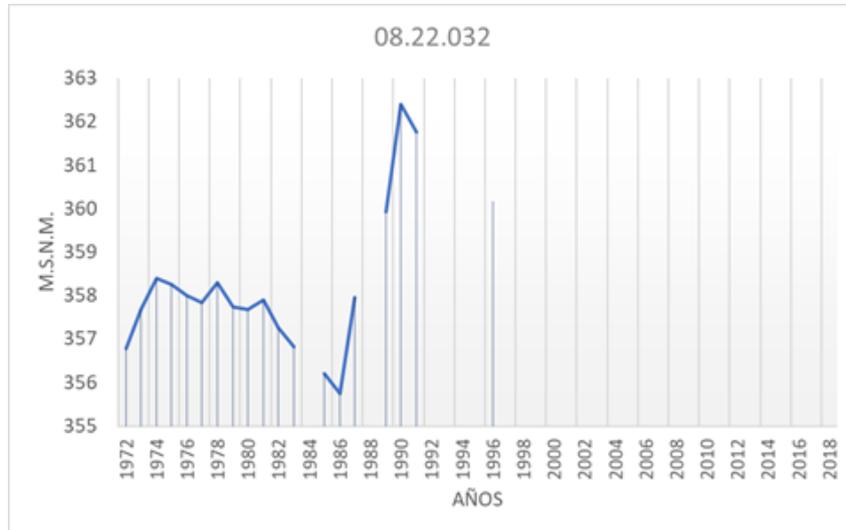


Gráfico 10. Evolución temporal del piezómetro 08.22.032. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.22.032: este piezómetro solamente contiene información más o menos completa hasta la década de los 90. En él, se aprecia una variación de hasta unos 8 m.s.n.m en el nivel piezométrico debida a la sequía que se produjo en la década de los 80, entre los años 1080 y 1984, si se compara con los niveles que se alcanzan en los años 1990-1991.

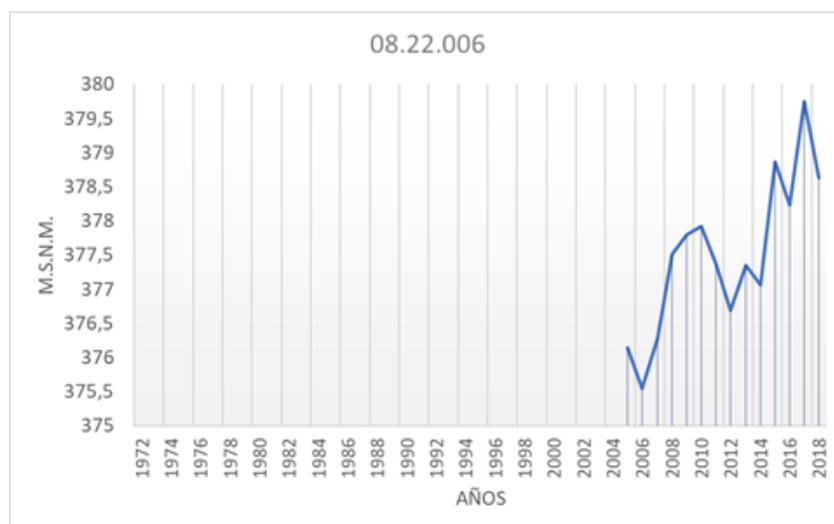


Gráfico 11. Evolución temporal del piezómetro 08.22.006. Fuente: propia.



- Piezómetro 08.22.006: en cuanto a este piezómetro, cabe destacar que solamente contiene información actual, sin embargo, se sitúa relativamente próximo al piezómetro anterior. Si se le da continuidad a la serie de este, con la serie del piezómetro anterior, se puede apreciar que existe una tendencia creciente del nivel piezométrico en la zona en la que se sitúan ambos.

Recapitulando todo lo anterior, se puede decir que, por la margen derecha del río, el nivel piezométrico presenta una alta variabilidad en las proximidades al mismo, lo que responde a un comportamiento natural de este. Sin embargo, por la margen izquierda, se puede intuir que el nivel piezométrico ha tenido una tendencia creciente con el paso del tiempo. Además, se ha podido comprobar que estos piezómetros tienen cierta sensibilidad a las sequías, llegando a variar su nivel hasta aproximadamente unos 8 m.s.n.m.

En el diagrama de barras siguiente, se puede ver la comparativa de los niveles medios en los periodos históricos y los actuales para cada uno de los piezómetros:

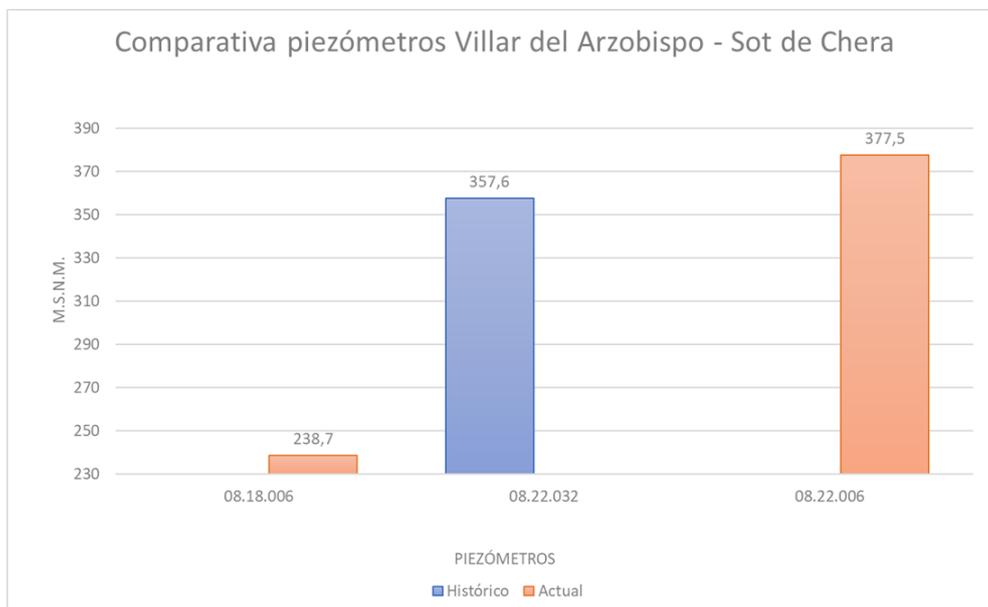


Diagrama 1. Comparativa entre niveles históricos y actuales de Villar del Arzobispo – Sot de Chera. Fuente: propia.

En este caso particular, los piezómetros no presentan información completa para poder llevarla a cabo.

Finalmente, con toda la información recogida anteriormente, el perfil transversal correspondiente a este corte se muestra en la siguiente figura:

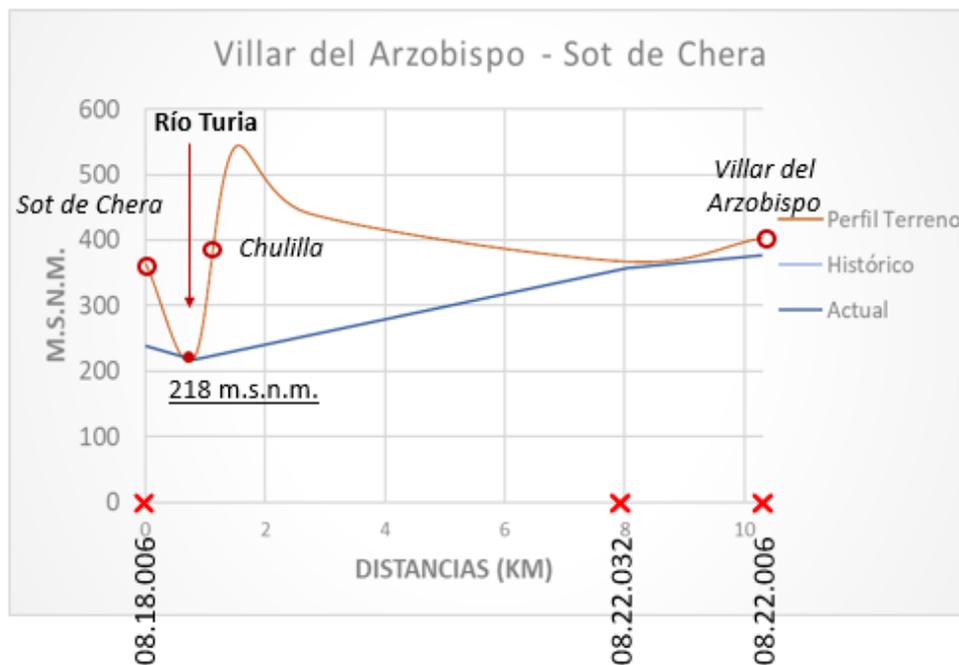


Figura 28. Perfil transversal Villar del Arzobispo - Sot de Chera. Fuente: propia.

En dicho perfil, además de los municipios de Sot de Chera y Villar del Arzobispo, se puede ver representado el municipio de Chulilla, en la margen izquierda del río. Además, la cota del cauce del río Turia en este punto se sitúa a 218 metros sobre el nivel del mar.

En cuanto a los niveles piezométricos de las masas de agua subterránea, se puede ver que, la línea que define los niveles piezométricos actuales y la que define los niveles históricos, coincide, esto es debido a que, como se ha visto anteriormente, los piezómetros no aportaban la información suficiente para poder obtener dos niveles medios (histórico y actual) diferentes para cada uno de ellos. Por último, cabe destacar que, por las dos márgenes, los niveles piezométricos se sitúan por encima del cauce del río Turia, por tanto, se podría concluir que el río en este tramo tiene un carácter ganador por ambas vertientes.

6.1.3. Bugarra

El segundo corte transversal se realiza sobre el municipio de Bugarra. Está formado dos piezómetros, los cuales se representan en la siguiente figura:

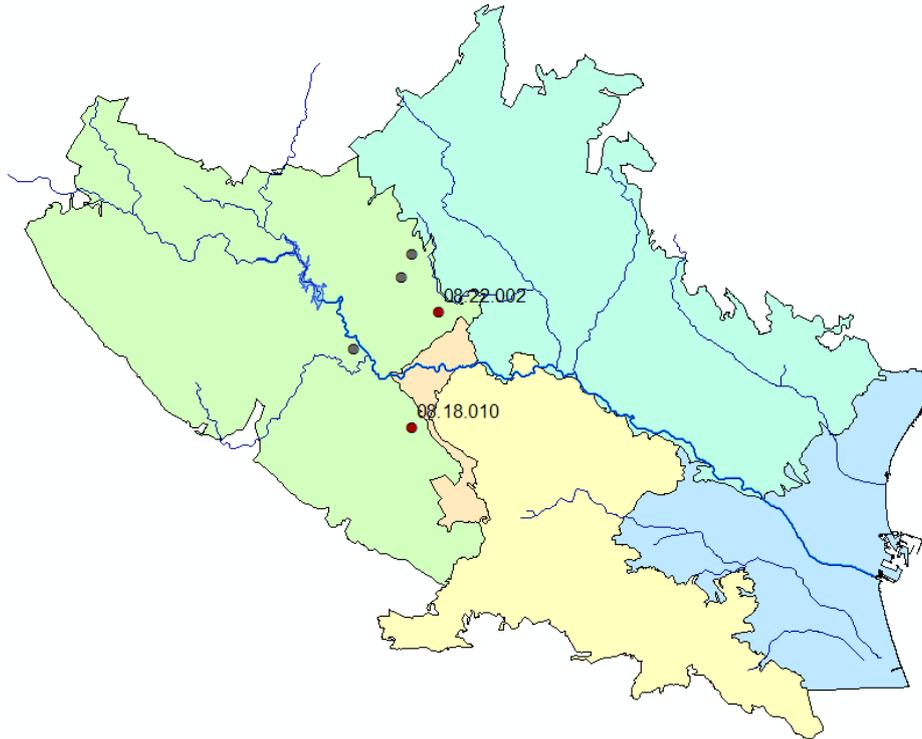


Figura 29. Corte transversal Bugarra. Fuente: propia.

La evolución temporal de cada uno de los piezómetros queda representada en los siguientes gráficos, los cuales ya fueron analizados anteriormente por tratarse de piezómetros que forman parte de la red representativa, y de los cuales se pueden obtener las siguientes conclusiones:

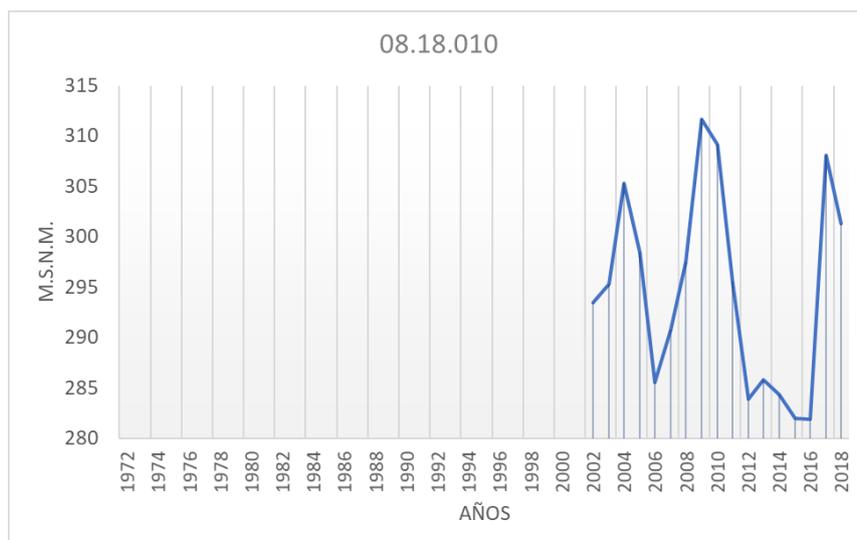


Gráfico 12. Evolución temporal del piezómetro 08.18.010. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.18.010: este piezómetro solamente posee información de años actuales, en los que se observa uno niveles piezométricos muy variables, sin seguir ningún patrón definido.

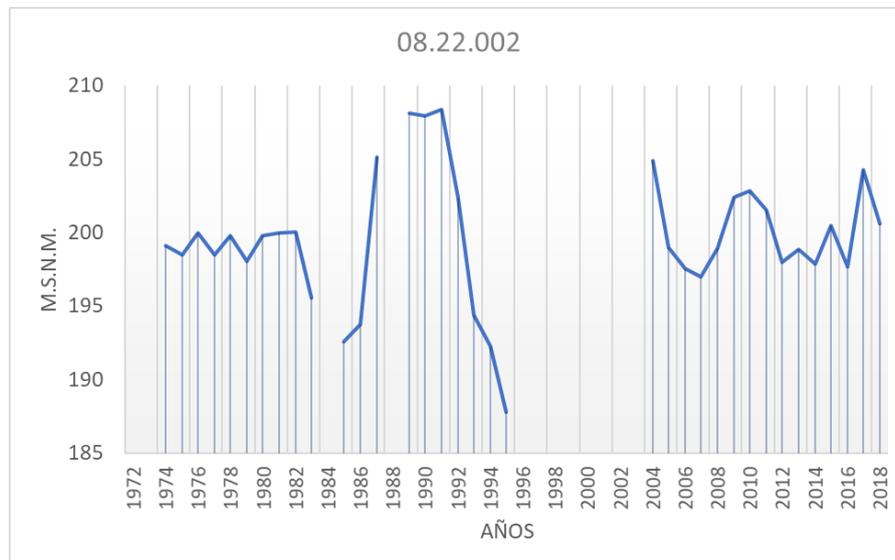


Gráfico 13. Evolución temporal del piezómetro 08.22.002. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.22.002: a diferencia del anterior, este piezómetro sí que posee información bastante completa tanto de años históricos como de años actuales. En él, se puede ver cómo los valores de los niveles actuales son ligeramente superiores a los valores de los niveles históricos, sin embargo, al igual que en el piezómetro anterior, este no sigue ningún patrón creciente o decreciente establecido, sino que tiene un comportamiento esencialmente natural. Además, se aprecian variaciones de hasta 20 m.s.n.m. en los niveles piezométricos, debidos a las sequías producidas entre los años 1980 – 1984 y 1994 – 1995.

Recapitulando todo lo anterior, se puede decir que, por la margen derecha, los niveles piezométricos son muy variables, de modo que no se pueden extraer conclusiones claras. En el lado opuesto, los valores no son tan variables, y se puede ver cómo los niveles piezométricos se mantienen ligeramente superiores en los años actuales a los niveles piezométricos de los años históricos, sin embargo, el comportamiento de dichos niveles se rige de manera natural, ya que no se aprecia ningún patrón de crecimiento definido.

En el diagrama de barras siguiente, se puede ver la comparativa de los niveles medios en los periodos históricos y los actuales para cada uno de los piezómetros:

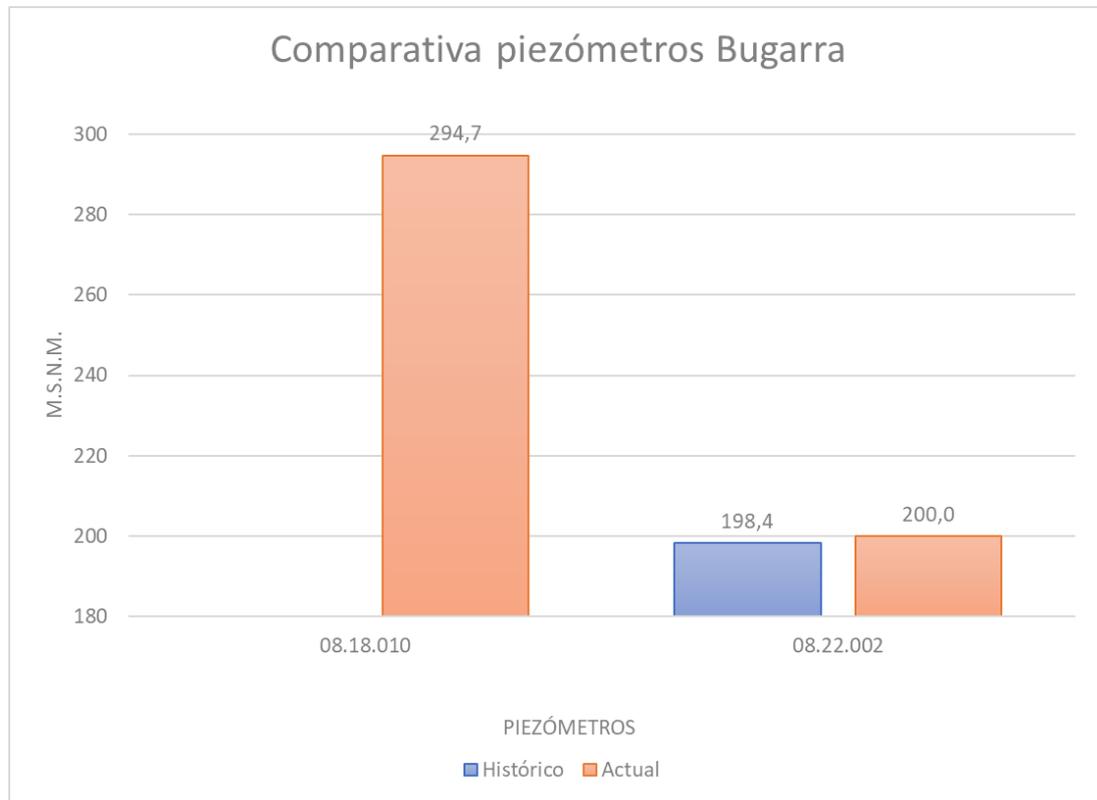


Diagrama 2. Comparativa entre niveles históricos y actuales de Bugarra. Fuente: propia.

Como se ha comentado anteriormente, los niveles piezométricos actuales, en el piezómetro 08.22.002, son ligeramente superiores a los históricos, concretamente, 1'6 m.s.n.m si comparamos la media de ambos periodos.

Finalmente, con toda la información recogida anteriormente, el perfil transversal correspondiente a este corte se muestra en la siguiente figura:

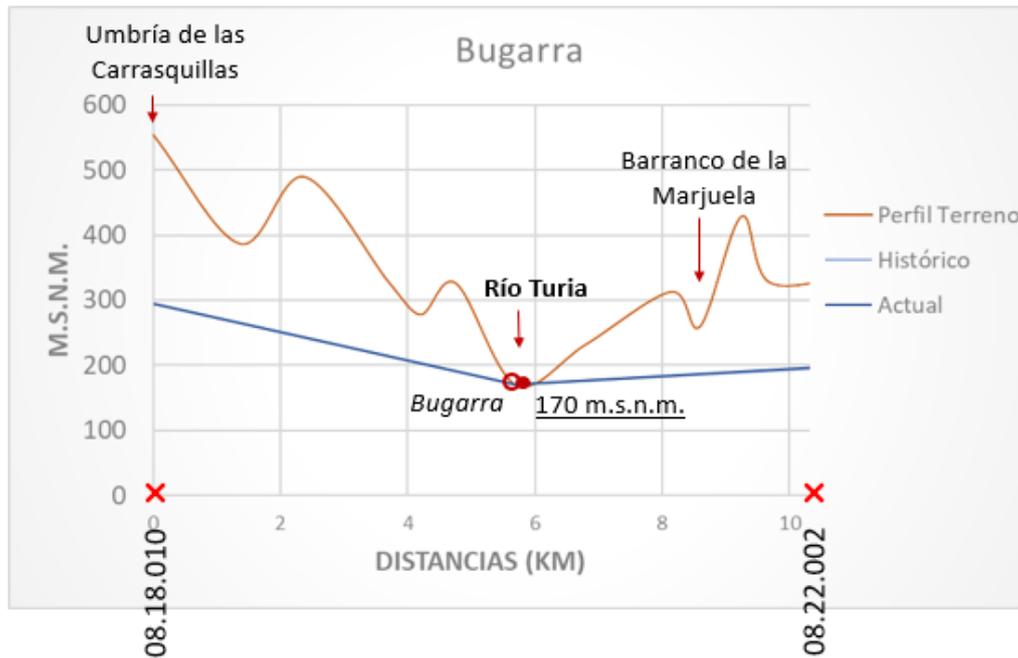


Figura 30. Perfil transversal Bugarra. Fuente: propia.

En dicho perfil, se representa el municipio de Bugarra, el cual se sitúa en la margen derecha del río muy próximo al mismo. El nivel al que se sitúa el cauce en este perfil es de 170 m.s.n.m. Además, también aparecen reflejados la Umbría de las Carrasquillas y el Barranco de la Marjuela.

En cuanto a los niveles piezométricos, debido a que la variación que se produce entre los años históricos y los actuales en el piezómetro 08.22.002 es muy pequeña, por ambos márgenes se mantienen siempre por encima de la cota a la que se encuentra el cauce del río, independientemente del periodo. Por este motivo, se puede concluir que este tramo del río tiene un carácter ganador.

6.1.4. Monrabana – Chiva

El tercer corte transversal se realiza entre los municipios de Casinos y Chiva. Está formado por un total de seis piezómetros, los cuales se representan en la siguiente figura:

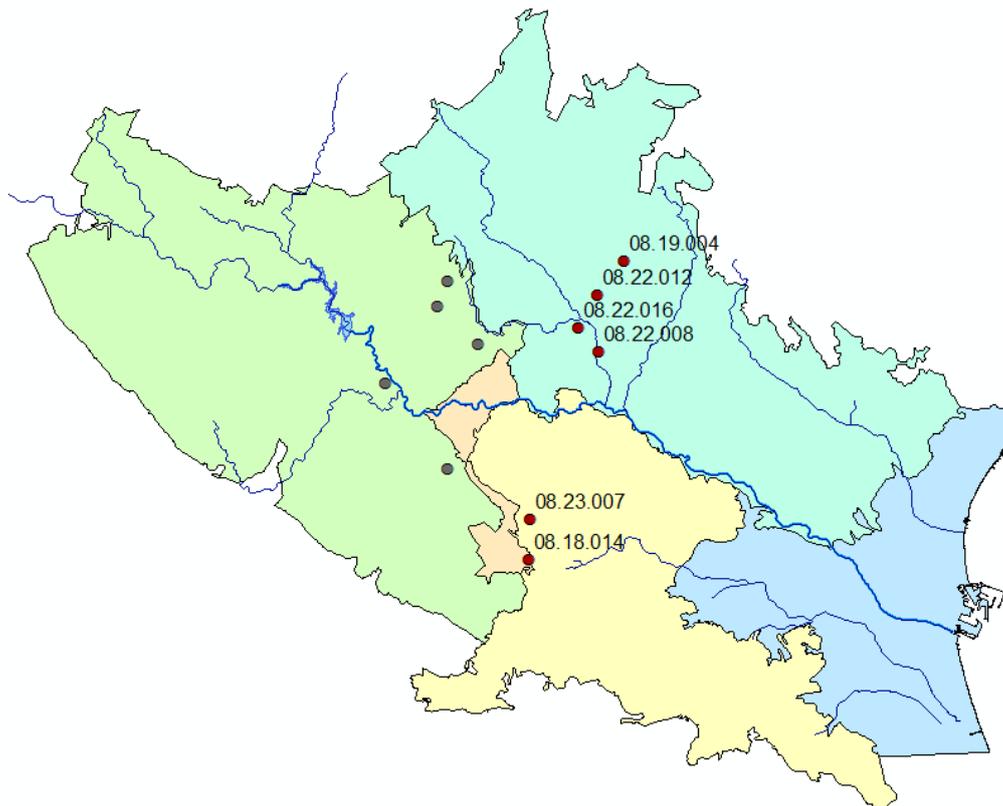


Figura 31. Corte transversal Monrabana - Chiva. Fuente: propia.

La evolución temporal de cada uno de los piezómetros queda representada en los siguientes gráficos, de los cuales se pueden obtener las siguientes conclusiones:

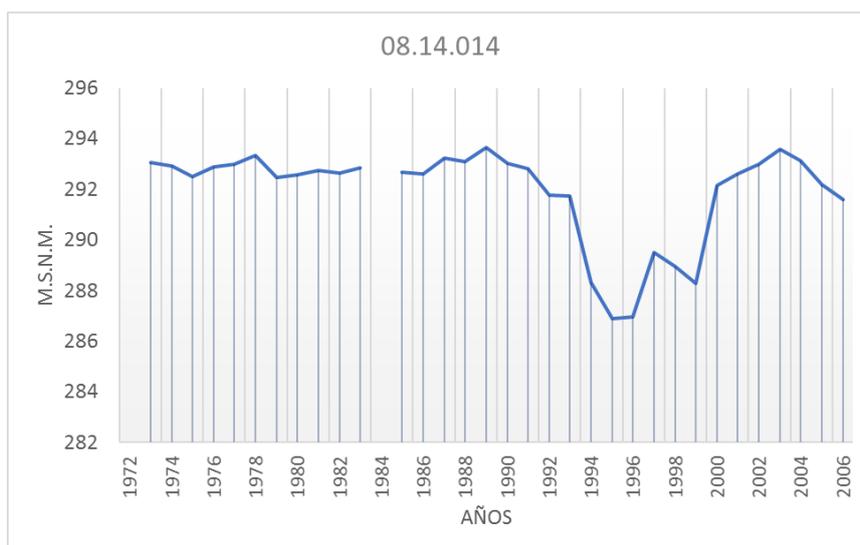


Gráfico 14. Evolución temporal del piezómetro 08.14.014. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.14.014: si se comparan los niveles de los años históricos con los más actuales, no se aprecia una variación significativa en los

mismo. Sin embargo, sí que se experimenta un descenso significativo debido a la sequía de los años 1995-1996.

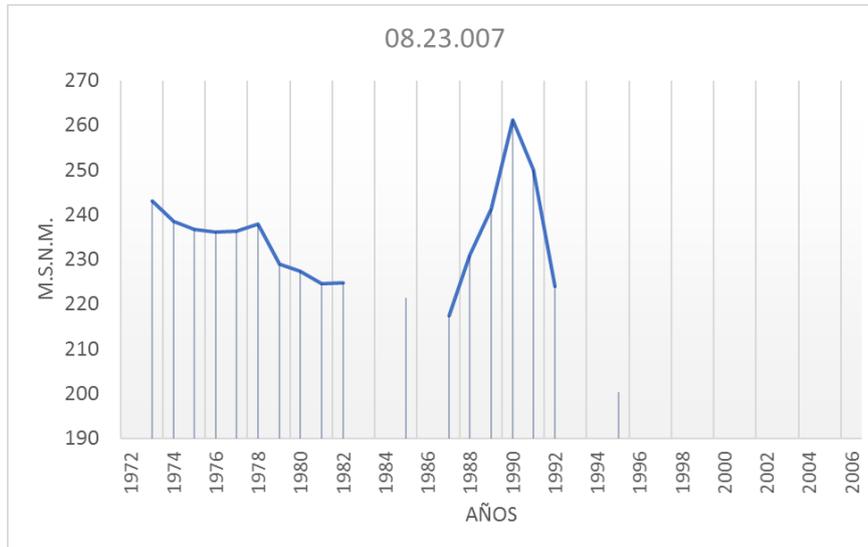


Gráfico 15. Evolución temporal del piezómetro 08.23.007. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.23.007: la información que aporta este piezómetro es bastante escasa, ya que, por un lado, se producen saltos temporales y, por otro lado, no existe información a partir del año 1992, por lo que la comparativa entre el periodo histórico y actual no puede realizarse con la suficiente rigurosidad. Sí que se intuye un descenso del nivel en épocas de sequía, tanto en la que se produjo en los primeros años de la década de los 80 como en la que se produjo en los años 1994-1995.

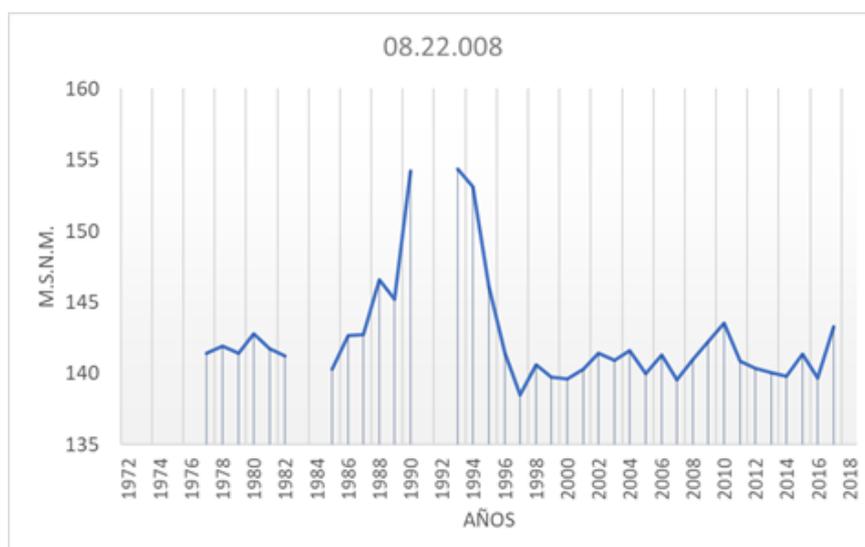


Gráfico 16. Evolución temporal del piezómetro 08.23.008. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.22.008: como ya se vio anteriormente por tratarse de un piezómetro que forma parte de la red representativo, se puede observar que, a pesar de que los niveles piezométricos de los últimos años son ligeramente inferiores a los niveles piezométricos de los primeros, este piezómetro muestra una tendencia de estos a permanecer más o menos constantes en el tiempo. La excepción se produjo en el periodo comprendido entre los años 1988 y 1990, donde al parecer hubo un incremento de unos 15 metros sobre el nivel del mar, previo a la sequía de la década de los 90.

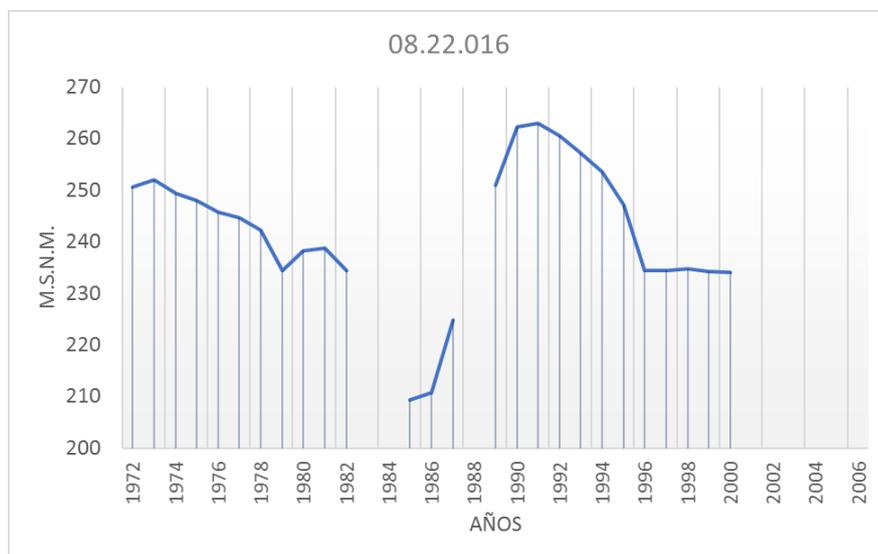


Gráfico 17. Evolución temporal del piezómetro 08.22.016. *Fuente: propia.*

- Piezómetro 08.22.016: si se comparan los niveles de los años históricos con los más actuales, se aprecia un descenso de los niveles piezométricos, sin embargo, no sigue ningún patrón decreciente, sino más bien parece que se debe a un comportamiento natural del mismo. Además, también se experimentan descensos debidos a las épocas de sequía de la década de los 80 y de los años 1994-1995.

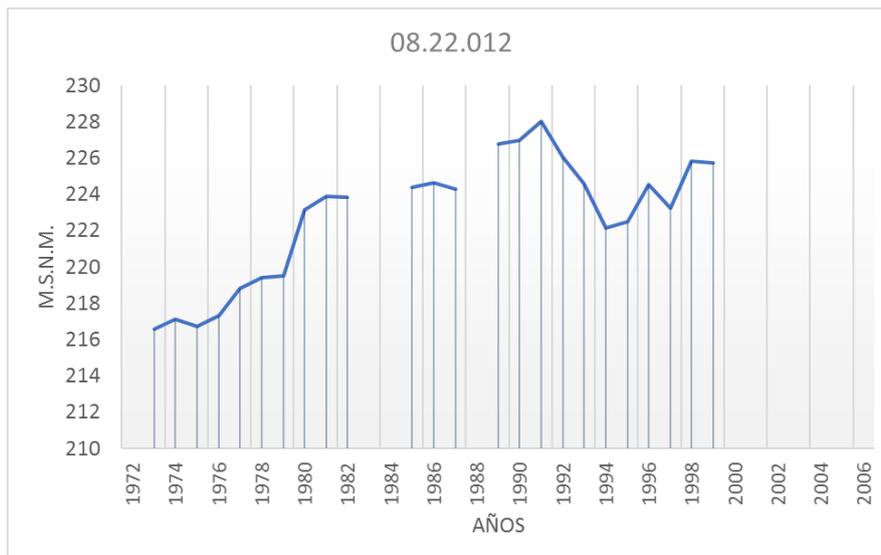


Gráfico 18. Evolución temporal del piezómetro 08.22.012. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.22.012: en términos generales el gráfico muestra una clara tendencia creciente de los niveles piezométricos con el paso de los años, aunque también se experimenta un pequeño receso en los años 1994-1995 debido a la sequía que se produjo en dichos años.

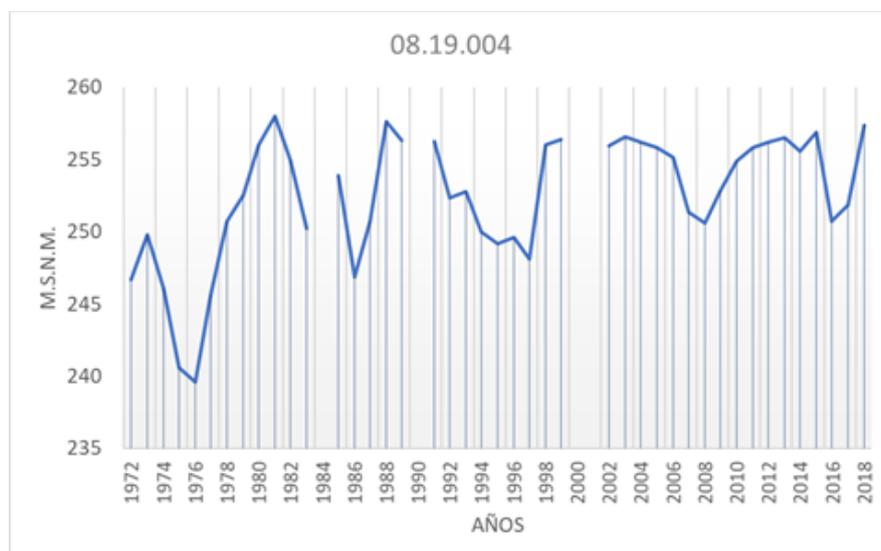


Gráfico 19. Evolución temporal del piezómetro 08.19.004. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.19.004: al igual que el piezómetro 08.22.008, este ya se analizó anteriormente por tratarse de un piezómetro que forma parte de la red representativa. Aunque con mayor variabilidad que en el piezómetro anterior, en este también se puede intuir una tendencia creciente de los niveles piezométricos con el paso de los años. Además,

también se aprecian ligeros recesos en su tendencia creciente debidos a los periodos de sequía.

En general, se puede decir que los niveles piezométricos tienen cierta sensibilidad a los periodos de sequía. El descenso de los niveles en estas épocas puede alcanzar los 50 metros, como en el caso del piezómetro 08.23.007. Además, se aprecia una clara tendencia creciente por la margen izquierda del río, a excepción del piezómetro 08.22.016, el cual se encuentra junto a la Rambla Castellana y presenta un descenso de los niveles aparentemente natural, ya que no se existe un patrón de decrecimiento definido. Por su parte, los niveles piezométricos de la margen derecha del río parece que se mantienen sin grandes cambios.

En el diagrama de barras siguiente, se observa la comparativa de los niveles medios en los periodos históricos y los actuales para cada uno de los piezómetros:

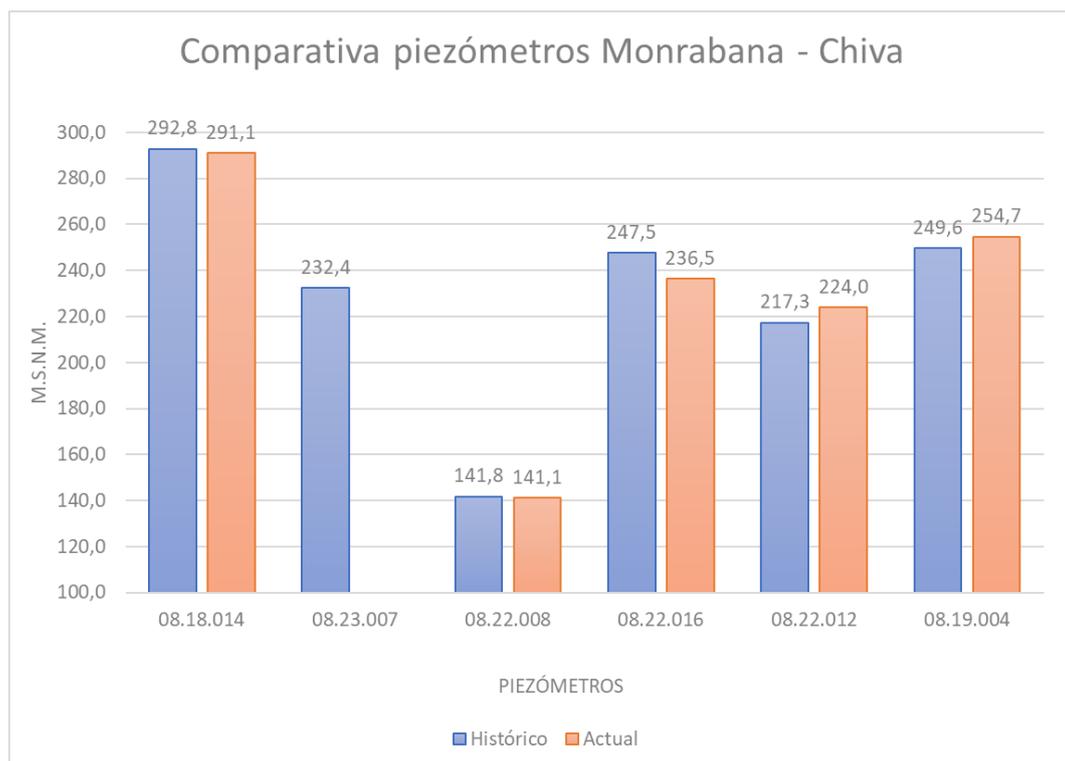


Diagrama 3. Comparativa entre niveles históricos y actuales Monrabana - Chiva. Fuente: propia.

Como se ha comentado anteriormente, se puede apreciar cómo los piezómetros de la margen izquierda del río son los que más han variado. Concretamente, el piezómetro 08.22.016 ha descendido de media unos 11 m.s.n.m., mientras que, los piezómetros 08.22.012 y 08.19.004 han crecido unos 7 y 5 m.s.n.m. respectivamente.

Finalmente, el perfil transversal correspondiente a este corte se muestra en la siguiente figura:

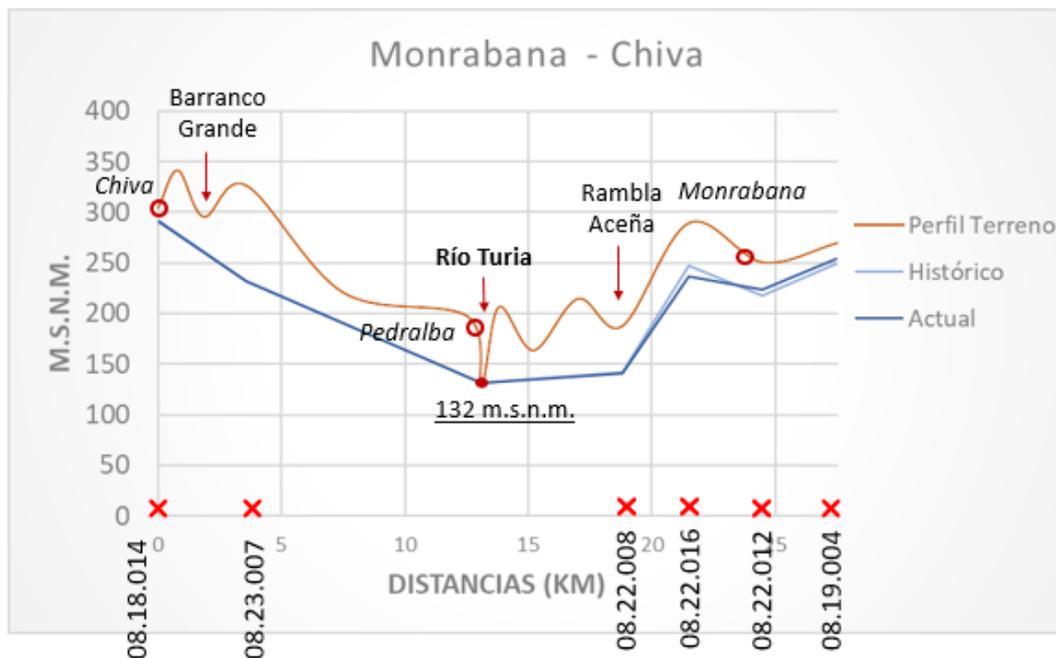


Figura 32. Perfil transversal Monrabana - Chiva. Fuente: propia.

En dicho perfil, además de los municipios de Chiva y Monrabana, se puede ver el emplazamiento de Pedralba, en la margen derecha y próximo al río. Además, la cota del cauce del río Turia en este punto se sitúa a 132 metros sobre el nivel del mar. También pueden verse representados el Barranco Grande y la Rambla Aceña.

En cuanto a los niveles piezométricos de las masas de agua subterránea, se puede ver que, a pesar de las variaciones producidas en la margen izquierda comentadas anteriormente, estos se sitúan tanto para el periodo histórico como para el actual notablemente por encima de la cota del río Turia, tanto por la margen izquierda como por la derecha. Por lo tanto, se podría concluir que el río en este tramo tiene un carácter ganador.

6.1.5. Llíria – Chiva

El cuarto corte transversal se realiza entre los municipios de Llíria y Chiva. Está formado por un total de seis piezómetros, al igual que el anterior, los cuales se representan en la siguiente figura:

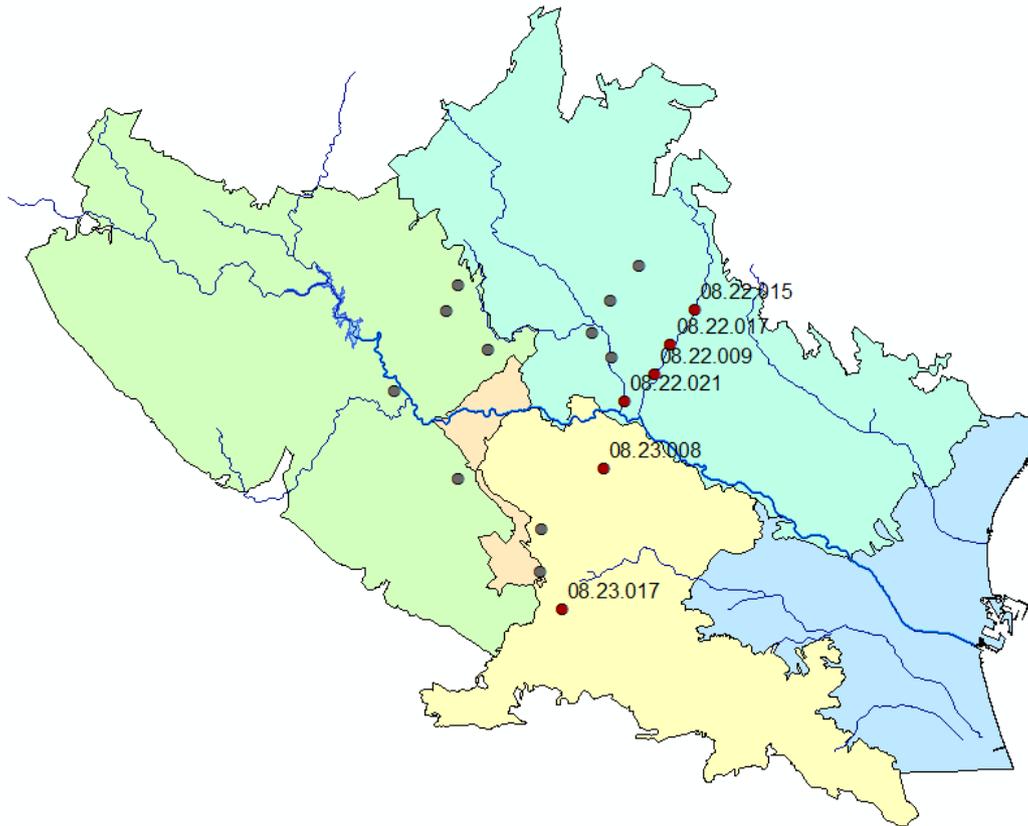


Figura 33. Corte Transversal Llíria - Chiva. Fuente: propia.

La evolución temporal de cada uno de los piezómetros queda representada en los siguientes gráficos, de los cuales se pueden extraer las siguientes conclusiones:

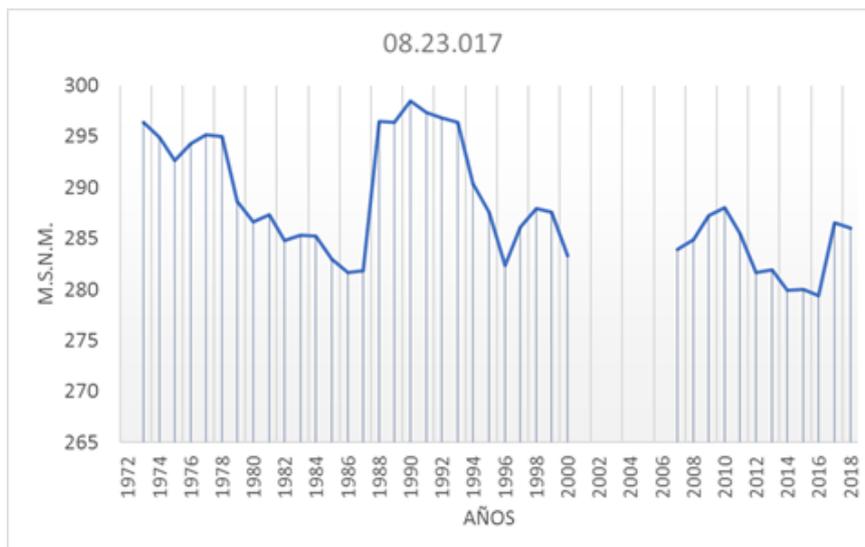


Gráfico 20. Evolución temporal del piezómetro 08.23.017. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.23.017: este piezómetro ya se analizó anteriormente por tratarse de un piezómetro que forma parte de la red representativa. La gráfica muestra información bastante completa, ya que existen mediciones para todos los años de la serie, excepto para el intervalo comprendido entre los años 2000 y 2007. Se puede apreciar que este piezómetro tiene una clara tendencia decreciente, siguiendo un patrón que no aparenta ser natural, por lo que se puede intuir que esta zona esté afectada por acciones externas. Además, también se observa que tiene cierta sensibilidad a las sequías, ya que, en los años de estas, los niveles piezométricos alcanzan mínimos relativos.

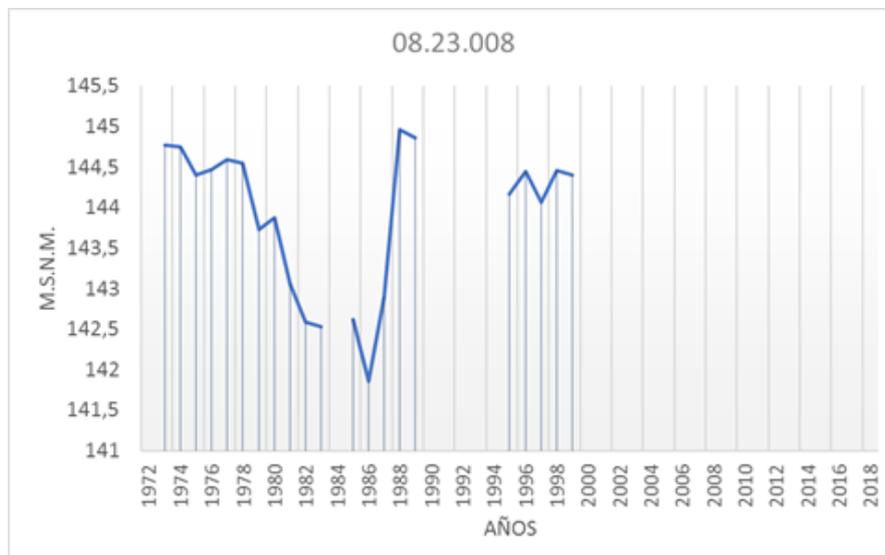


Gráfico 21. Evolución temporal del piezómetro 08.23.008. *Fuente: propia.*

- Piezómetro 08.23.008: este piezómetro solamente muestra información más o menos completa hasta el año 1999, por lo que no permite extraer conclusiones muy fiables, sin embargo, sí se puede intuir cierta tendencia decreciente en los primeros años de la serie, además de cierta sensibilidad a las sequías, como se puede comprobar por el mínimo que alcanza en el año 1886.

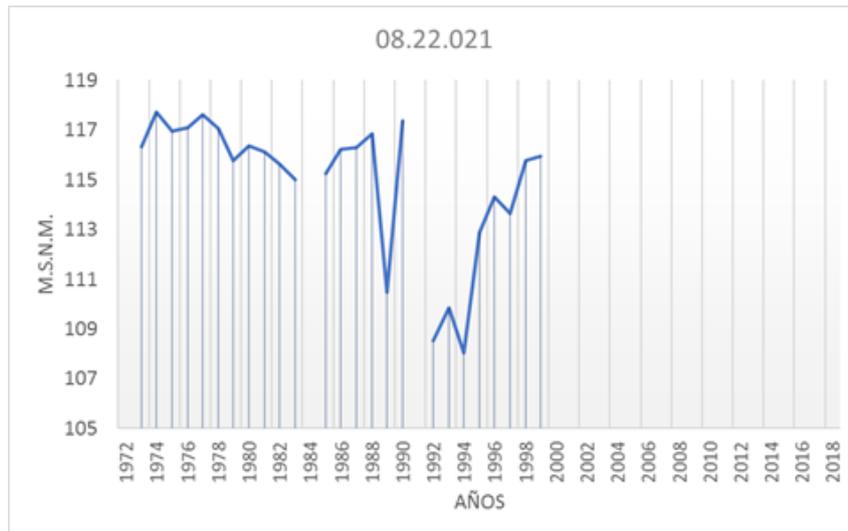


Gráfico 22. Evolución temporal del piezómetro 08.22.021. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.22.021: al igual que el anterior, este piezómetro solamente muestra información hasta el año 1999, aunque en este caso algo más completa. También se intuye una tendencia decreciente de los niveles piezométricos en el periodo en el cual se tiene información, sin embargo, no se puede garantizar que esta se haya prolongado hasta la actualidad. También se puede ver la sensibilidad a la sequía que presentó especialmente en la sequía de la década de los 90, donde alcanzó unos niveles piezométricos mínimos.

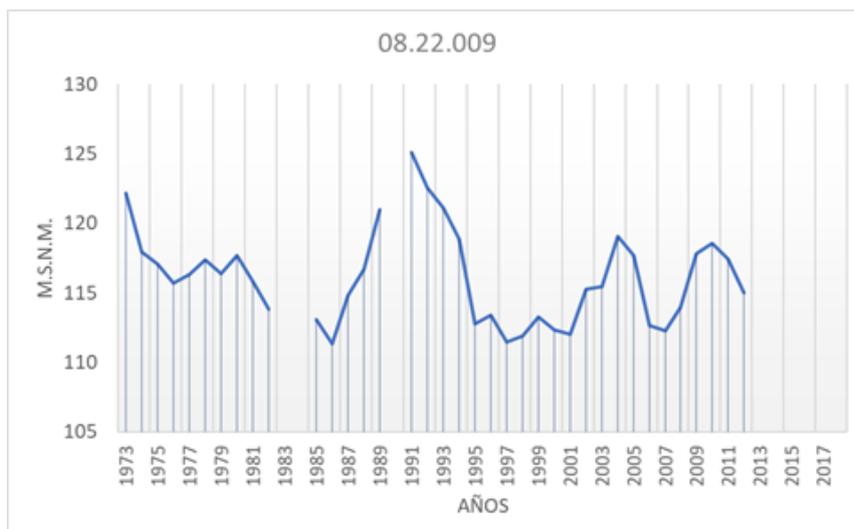


Gráfico 23. Evolución temporal del piezómetro 08.22.009. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.22.009: en este piezómetro se puede ver ya una serie más completa, por lo que sus conclusiones son más fiables. Aparentemente, los niveles piezométricos se han mantenido más o menos constantes, oscilando siempre entre un rango de valores concreto, con la excepción del periodo comprendido entre las sequías de los años 80 y 90, donde se alcanzaron los niveles máximos.

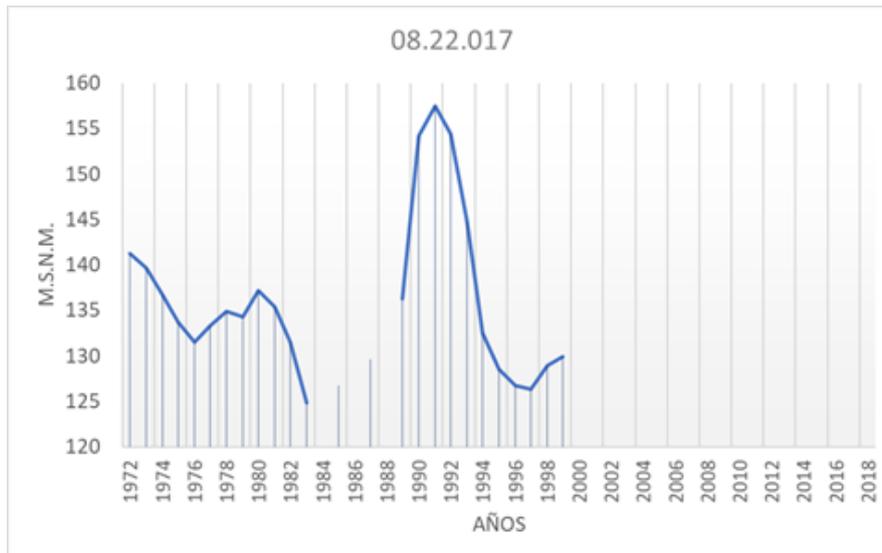


Gráfico 24. Evolución temporal del piezómetro 08.22.017. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.22.017: pese a no tener información tan completa como el anterior, se puede intuir un comportamiento bastante parecido, con niveles oscilantes y sin seguir un patrón de crecimiento o decrecimiento definido. Además, los niveles máximos también se alcanzan entre las dos sequías comentadas anteriormente.

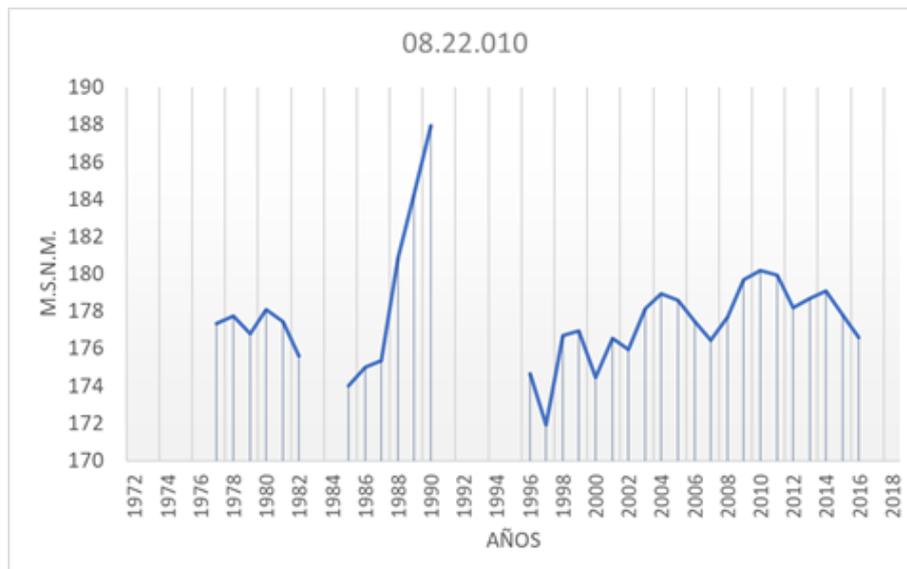


Gráfico 25. Evolución temporal del piezómetro 08.22.010. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.22.010: por último, aparece un piezómetro con un comportamiento aparentemente similar a los dos anteriores. Se observan valores oscilantes durante toda la serie sin ninguna tendencia clara, presentando también los niveles piezométricos más altos en el periodo comprendido entre las dos sequías.

Tras lo comentado anteriormente, se puede decir que, la margen derecha del río presenta una tendencia decreciente, especialmente en el piezómetro que se encuentra más próximo a la Rambla Poyo. Mientras que, por la margen izquierda, a pesar de que en el piezómetro más próximo al río Turia también puede intuirse una tendencia decreciente, el resto de los piezómetros presentan un comportamiento muy similar, con niveles piezométricos oscilando entre una serie de valores, pero sin definir una tendencia creciente o decreciente. Además, en estos últimos los niveles más altos se dan en el periodo comprendido entre las sequías de los años 80 y 90.

En el diagrama de barras siguiente, se observa la comparativa de los niveles medios en los periodos históricos y los actuales para cada uno de los piezómetros:

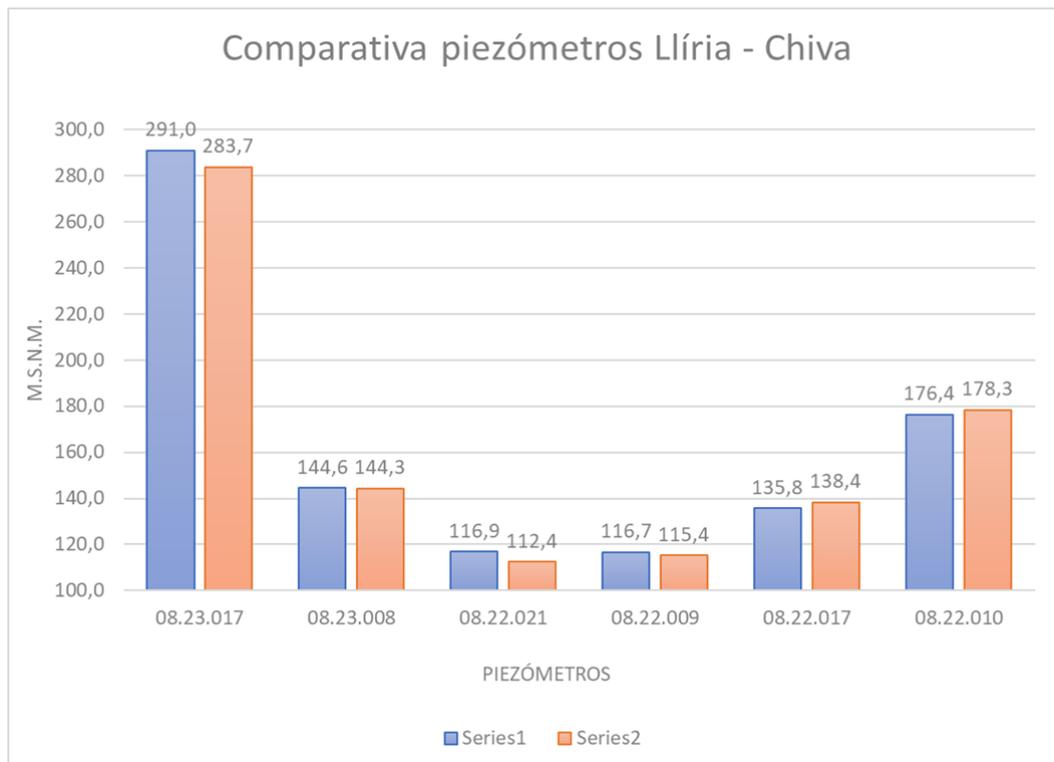


Diagrama 4. Comparativa entre niveles históricos y actuales Lliria - Chiva. Fuente: propia.

Como se ha comentado anteriormente, en el piezómetro 08.23.017 se aprecia un claro descenso del nivel piezométrico, concretamente de unos 7 m.s.n.m.; por su parte, en los dos piezómetros siguientes podía intuirse también un descenso de los niveles piezométricos, al menos en los años iniciales, sin embargo, este descenso no se ve muy reflejado en el diagrama, ya que, como se ha visto, ambos dejan de tener información a partir del año 1999. Finalmente, el resto de los piezómetros permanecen con un nivel piezométrico medio prácticamente constante, debido al comportamiento que tienen y que se ha comentado anteriormente.

Finalmente, el perfil transversal correspondiente a este corte se muestra en la siguiente figura:

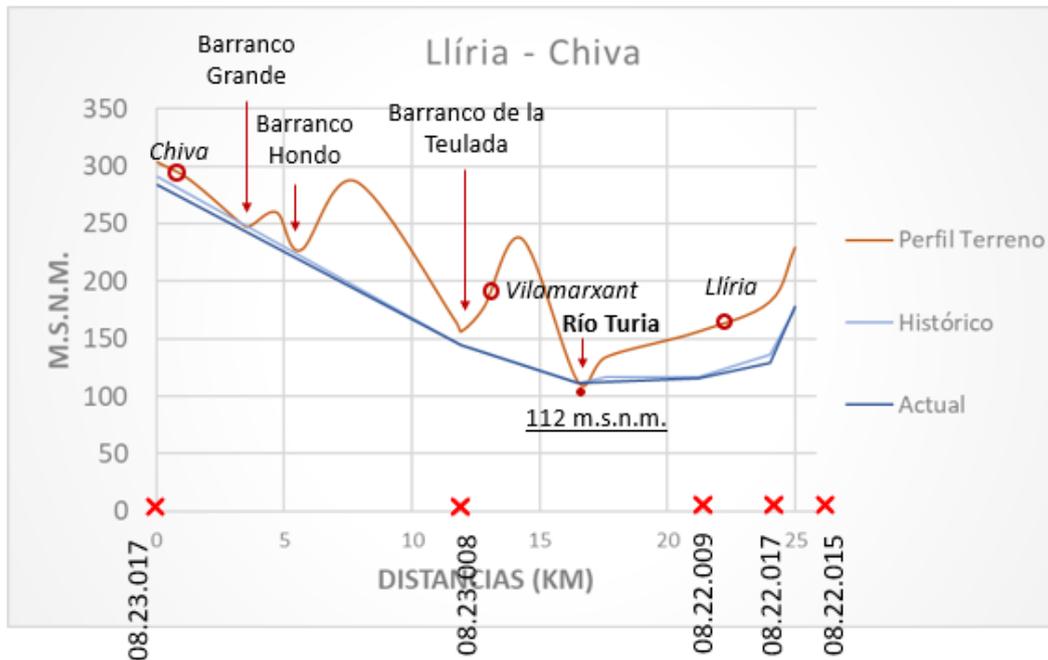


Figura 34. Perfil transversal Llíria - Chiva. Fuente: propia.

En dicho perfil, además de los municipios de Llíria y Chiva, se puede ver situado el municipio de Vilamarxant. Además, también se representan el Barranco Grande, el Barranco Hondo y el Baranco de la Teulada. En este caso, la cota del cauce del río Turia en este punto se sitúa a 112 metros sobre el nivel del mar.

En cuanto a los niveles piezométricos de las masas de agua subterránea, se puede ver que, a pesar de la tendencia decreciente por la margen derecha del río, los niveles se sitúan por ambas márgenes por encima de la cota del río Turia. Sin embargo, se empieza a apreciar que, por la margen izquierda, empiezan a estar cada vez más próximos de la cota del cauce del río Turia. A pesar de ello, el río en este tramo se puede considerar ganador por ambas márgenes.

6.1.6. Bétera – Cheste

El quinto corte transversal se realiza entre los municipios de Bétera y Cheste. Está formado por un total de seis piezómetros, al igual que los dos anteriores, los cuales se representan en la siguiente figura:

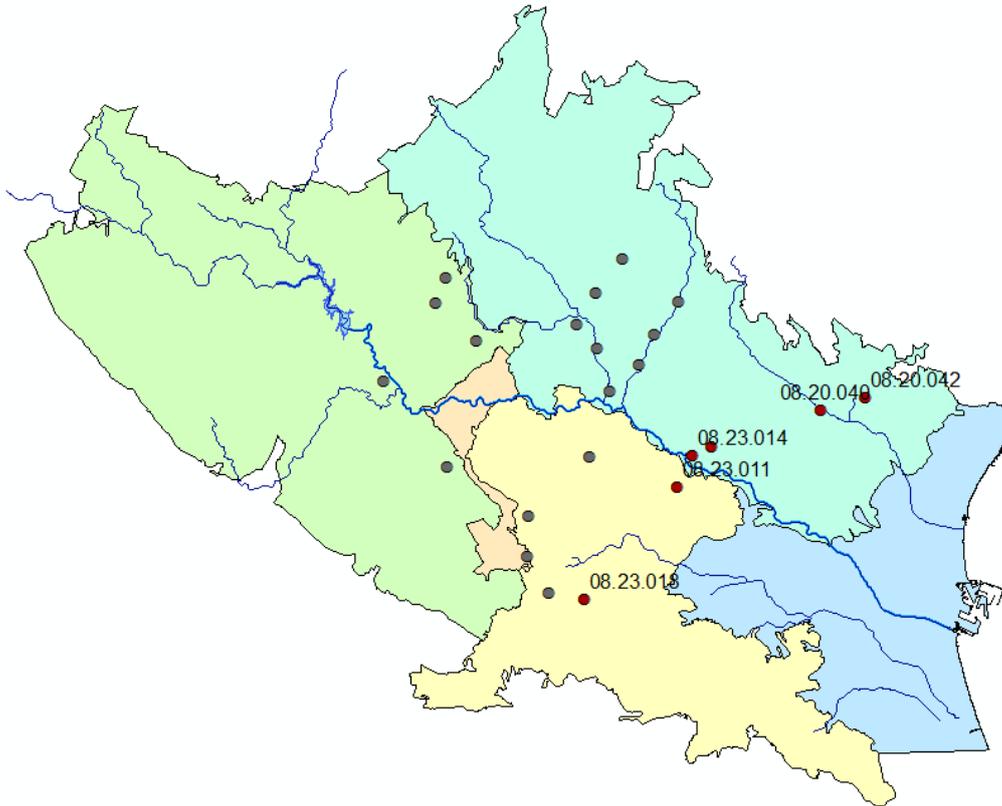


Figura 35. Corte transversal Bétera - Cheste. Fuente: propia.

La evolución temporal de cada uno de los piezómetros queda representada en los siguientes gráficos, de los cuales se pueden obtener las siguientes conclusiones:

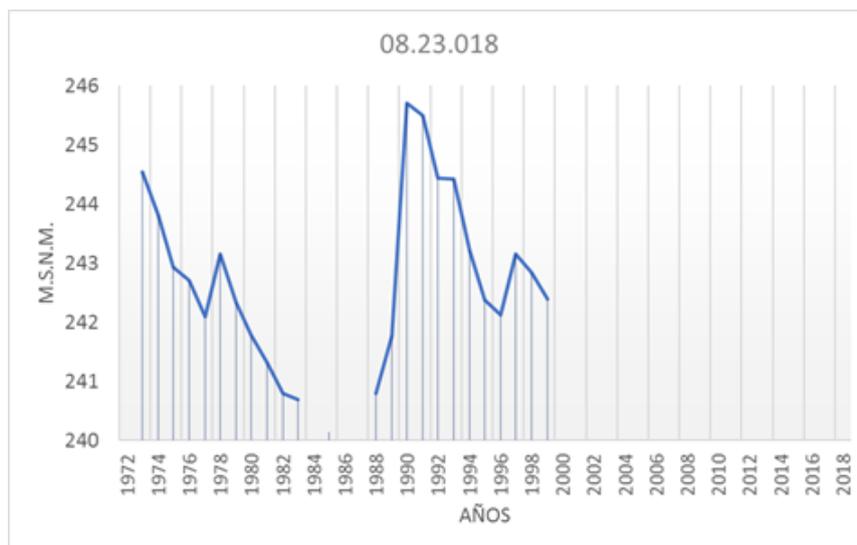


Figura 36. Evolución temporal del piezómetro 08.23.018. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.23.018: como se puede observar, la serie que aporta este piezómetro no es muy completa. Presenta un comportamiento oscilante

con un nivel piezométrico máximo de unos 246 m.s.n.m. en el año 1991 y un nivel piezométrico mínimo de unos 241 m.s.n.m. en el año 1983. Además, se aprecian descensos de los niveles en los periodos de sequía, especialmente en el de la década de los 80.

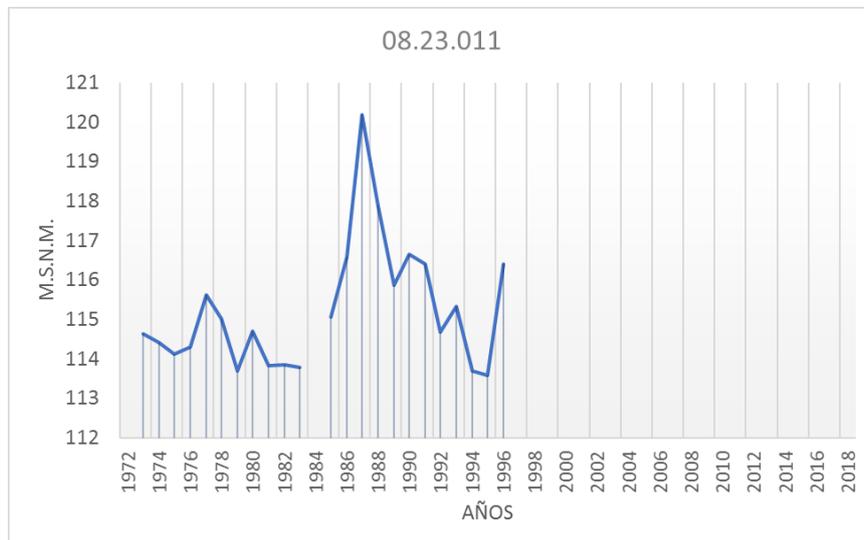


Figura 37. Evolución temporal del piezómetro 08.23.011. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.23.011: al igual que el anterior, la serie que aporta este piezómetro no es demasiado completa. Al parecer, los niveles piezométricos se mantienen oscilantes en el tiempo sin seguir ningún patrón establecido. Se alcanza un pico entre los dos periodos de sequía, siguiendo un comportamiento similar a otros piezómetros analizados en otros cortes transversales.

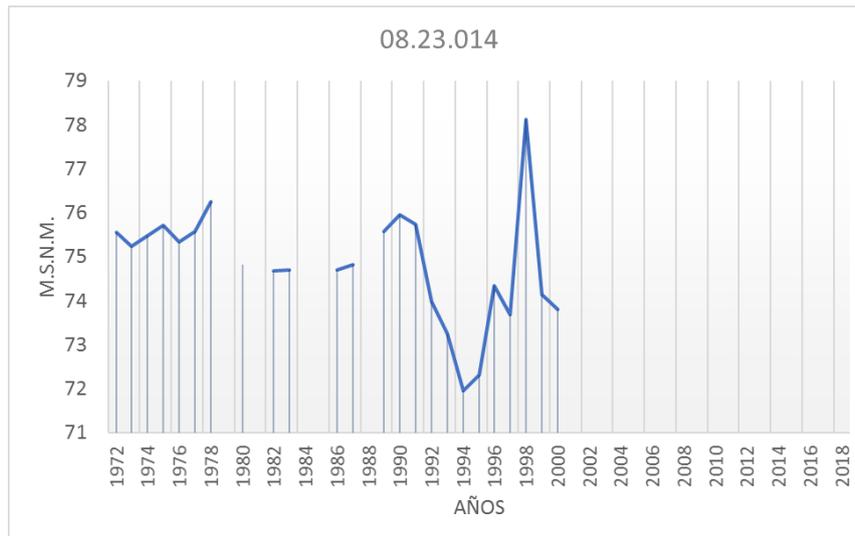


Figura 38. Evolución temporal del piezómetro 08.23.014. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.23.014: este piezómetro presenta un comportamiento similar al anterior, en cuanto a que los niveles piezométricos son oscilantes sin seguir ningún patrón, sin embargo, se aprecia una mayor sensibilidad a las sequías, especialmente a la de los años 90, donde se alcanza el nivel piezométrico mínimo.

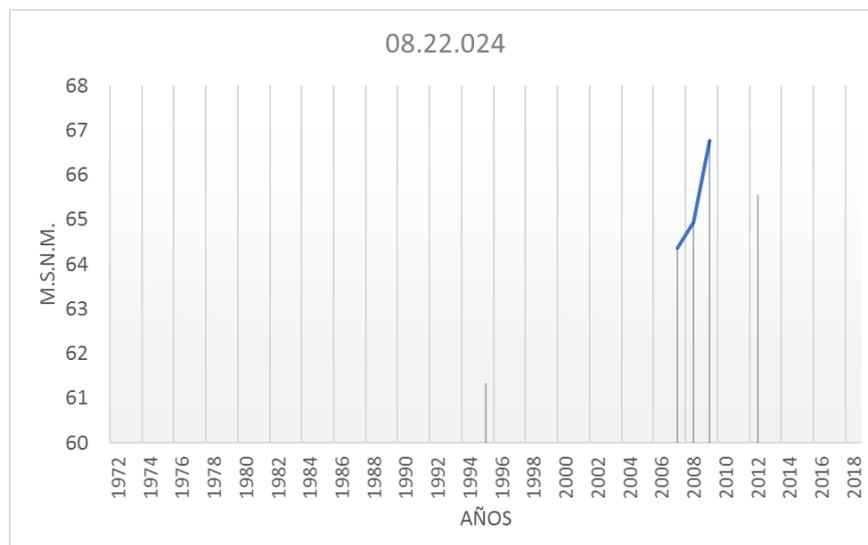


Figura 39. Evolución temporal del piezómetro 08.22.024. Fuente: propia.

- Piezómetros 08.22.024: pocas conclusiones consistentes se pueden alcanzar tras ver la información que aporta este piezómetro. Sin embargo, se puede utilizar para tener un orden de magnitud de los niveles piezométricos que se pueden dar en esta zona.

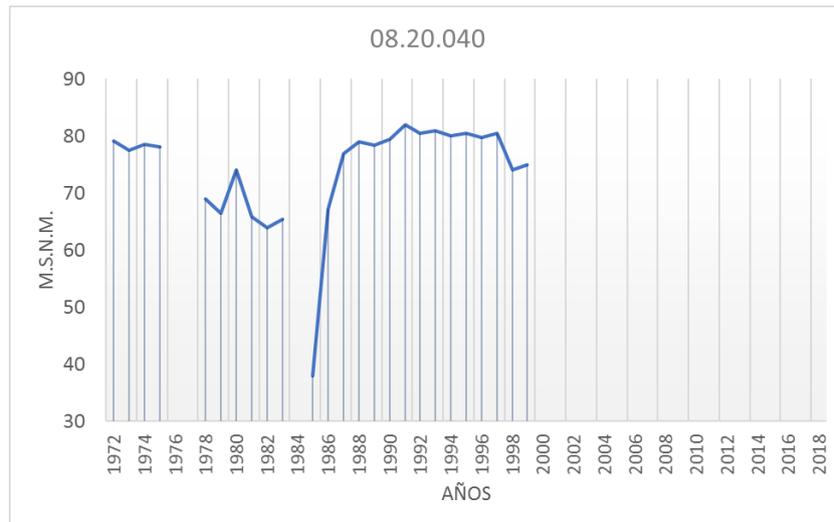


Figura 40. Evolución temporal del piezómetro 08.20.040. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.20.040: siguiendo con el comportamiento de piezómetros anteriores, encontramos que este piezómetro se comporta de manera similar, es decir, con valores oscilantes y bastante constantes a lo largo de su serie y sin seguir ningún patrón establecido. Sin embargo, este piezómetro es, sin duda, el que más afectado se vio por la sequía de los años 80, con un descenso del nivel piezométrico de hasta unos 40 m.s.n.m.

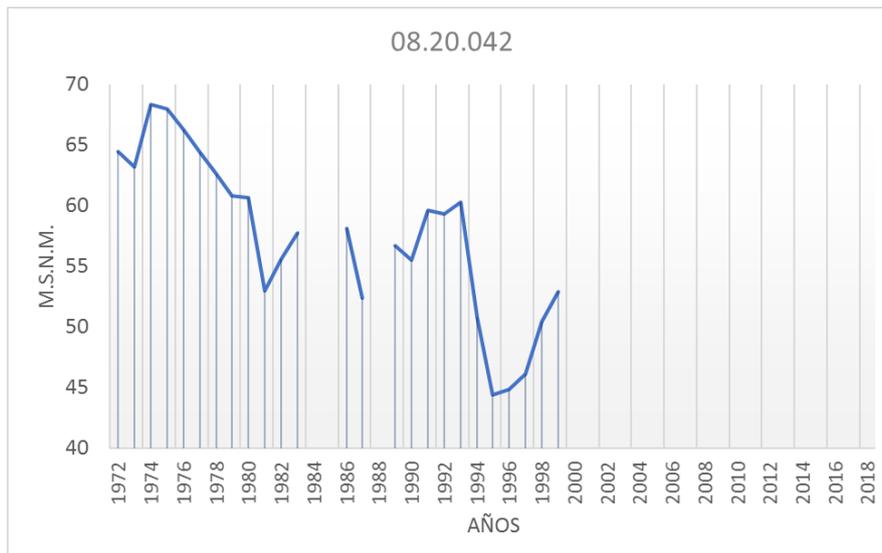


Figura 41. Evolución temporal del piezómetro 08.20.042. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.20.042: finalmente, se encuentra este piezómetro, el cual difiere en su comportamiento de la mayoría de los anteriores. En él, pese

a que solamente existe información hasta el año 1999, sí que se puede intuir un patrón decreciente del nivel piezométrico con el paso del tiempo, aparentemente debido a acciones externas, ya que no presenta esos valores oscilantes de los niveles como los anteriores.

Tras lo visto en los piezómetros anteriores, se puede concluir que, en esta zona, los piezómetros tienen un comportamiento aparentemente natural, de manera que los niveles piezométricos se mantienen más o menos constantes, oscilantes entre valores próximos. La única excepción aparece en el piezómetro 08.20.042, el cual se encuentra en la margen izquierda del río, tras pasar el Barranco del Carraixet. Al parecer, esta zona sí que podría estar afectada por acciones externas ya que se intuye un claro patrón decreciente en su nivel piezométrico. Por otro lado, también se puede afirmar, que se trata de una zona sensible a las sequías, ya que todos ellos presentan descensos importantes de los niveles piezométricos en dichas fechas.

En el diagrama de barras siguiente, se observa la comparativa de los niveles medios en los periodos históricos y los actuales para cada uno de los piezómetros:

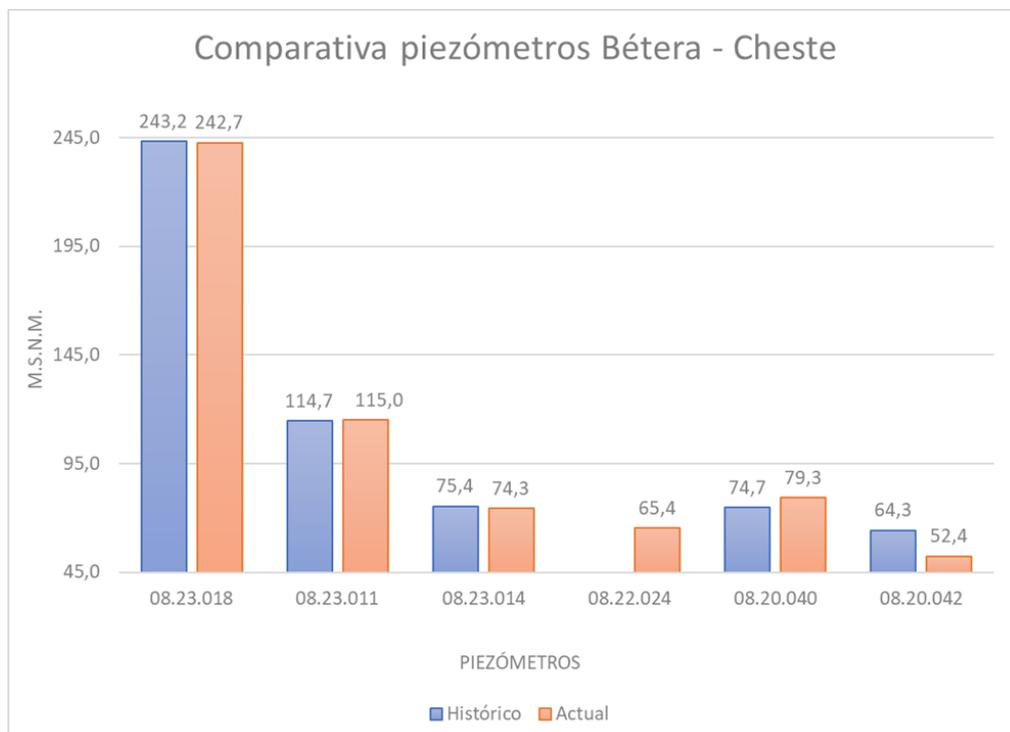


Diagrama 5. Comparativa entre niveles históricos y actuales Bétera - Cheste. *Fuente: propia.*

Tal y como se ha comentado anteriormente, los piezómetros se mantienen prácticamente constantes, es por esto por lo que al obtener los valores medios de los periodos históricos y los actuales, no se aprecia casi variación. Con la excepción, eso sí, del piezómetro 08.20.042, el cual desciende hasta unos 12 m.s.n.m.

Finalmente, el perfil transversal correspondiente a este corte se muestra en la siguiente figura:

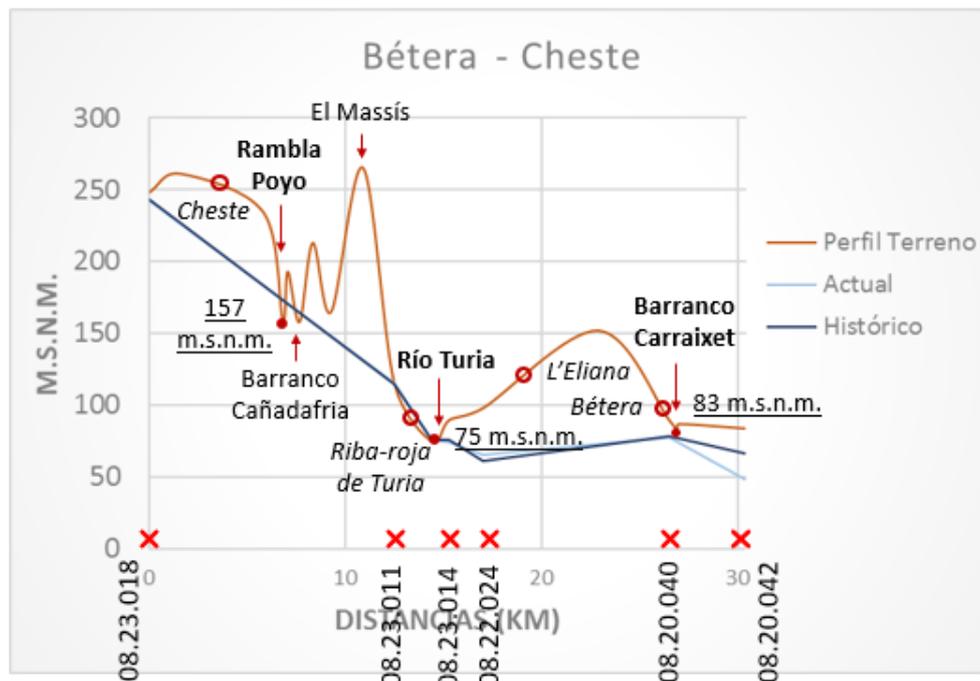


Figura 42. Perfil transversal Bétera - Cheste. Fuente: propia.

En dicho perfil, además de los municipios de Bétera y Cheste, se puede ver el emplazamiento de Riba-roja del Turia, en la margen derecha y muy próximo al río. Además, la cota del cauce del río Turia en este punto se sitúa a 75 metros sobre el nivel del mar. También pueden verse representados la Rambla del Poyo a una cota de 157 m.s.n.m., El Massís, y el Barranco del Carraixet a una cota de 83 m.s.n.m.

En cuanto a los niveles piezométricos de las masas de agua subterránea, se puede ver que, por la margen derecha, los niveles se mantienen claramente por encima de la cota del río Turia y no se aprecia prácticamente variación entre los periodos históricos y actuales, sin embargo, por la margen izquierda, se puede confirmar la tendencia que se empezaba a apreciar en el corte anterior, y es que, los niveles piezométricos están prácticamente al mismo nivel que el cauce del río Turia e incluso,

en algunos puntos a menos nivel que este. Parece ser, que el hecho de que entre en acción el Barranco del Carraixet puede ser determinante, ya que la cota de su cauce se sitúa también muy próxima a la del río Turia, dándole a las masas de agua subterránea otro posible punto de fuga que impida que el agua se pueda acumular alcanzando niveles piezométricos más elevados. Por último, hay que destacar que, tras el Barranco del Carraixet, parece que existe una gran afección externa, ya que sí que se aprecia un buen descenso de los niveles piezométricos entre el periodo histórico y el actual.

Por lo tanto, con todo lo expuesto anteriormente, se podría afirmar que el río es perdedor por la margen izquierda pero todavía es ganador por la margen derecha.

6.1.7. Moncada – Monserrat

El sexto corte transversal se realiza entre los municipios de Moncada y Monserrat. Está formado por un total de nueve piezómetros, los cuales se representan en la siguiente figura:

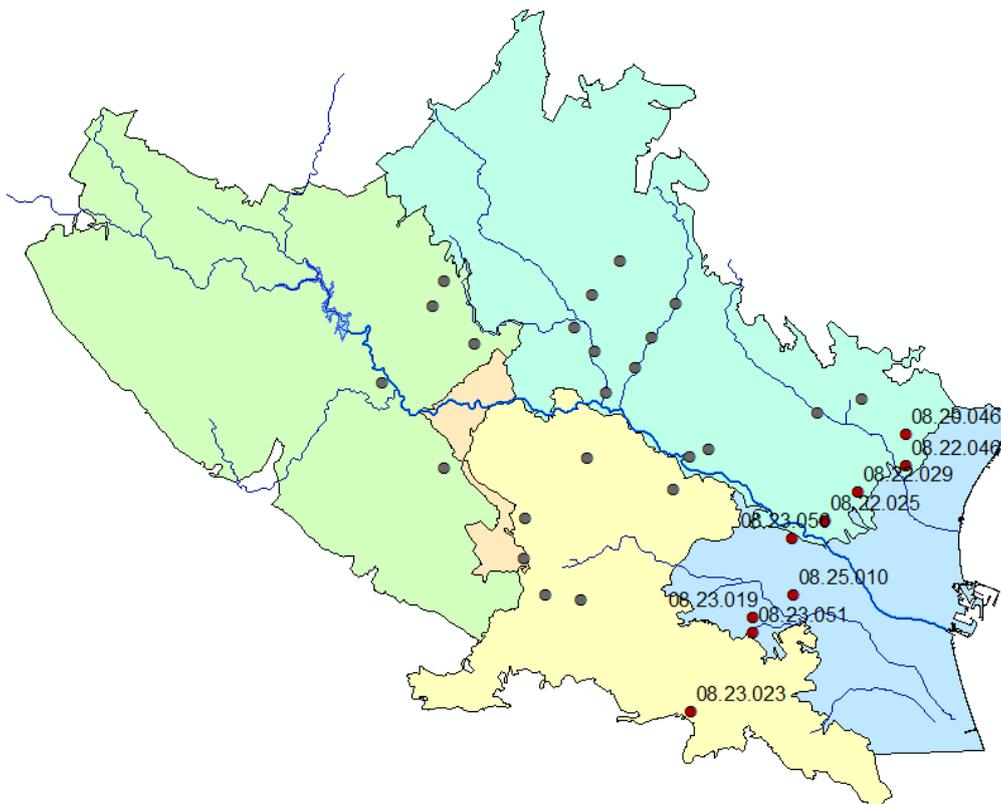


Figura 43. Corte transversal Moncada - Monserrat. Fuente: propia.

La evolución temporal de cada uno de los piezómetros queda representada en los siguientes gráficos, de los cuales se pueden obtener las siguientes conclusiones:

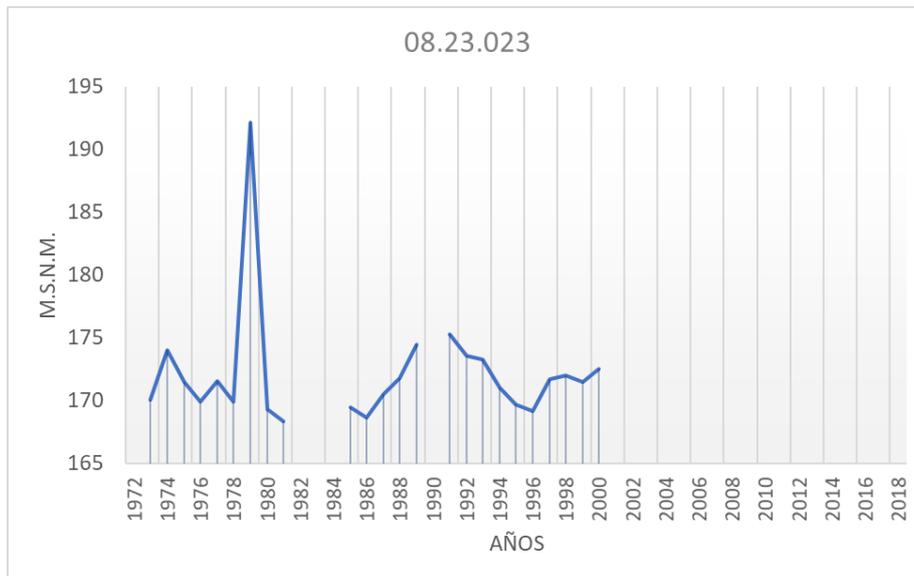


Figura 44. Evolución temporal del piezómetro 08.23.023. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.23.023: el presente piezómetro muestra un comportamiento natural, sin ningún patrón definido, manteniendo siempre los niveles piezométricos en torno a los 170 m.s.n.m. Además, se produce un pico en el año 1979, donde alcanzó un valor máximo de unos 193 m.s.n.m.

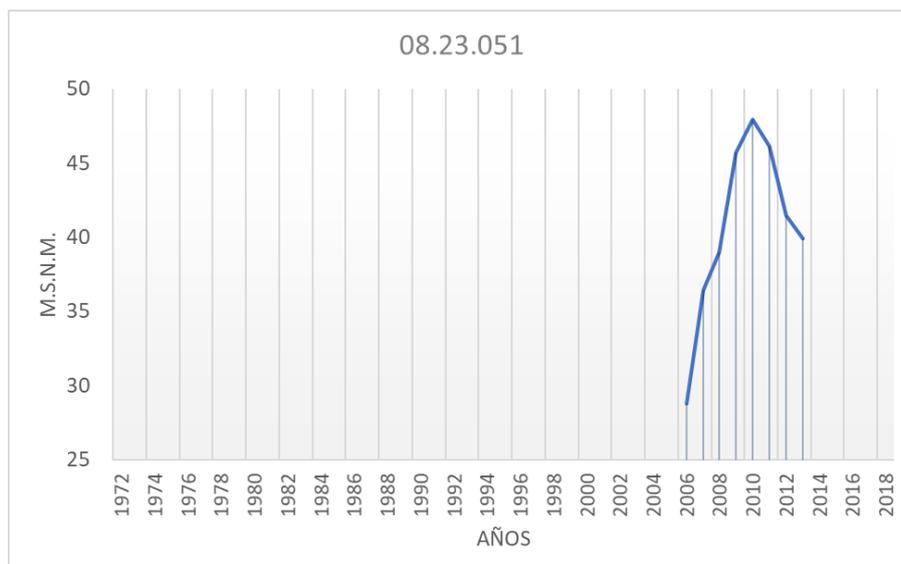


Figura 45. Evolución temporal del piezómetro 08.23.051. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.23.051: a partir de este piezómetro no se puede extraer información demasiado relevante, ya que la serie de datos que aporta va

solo del año 2006 al 2013, sin embargo, sí se puede ver que en estos años creció hasta un valor máximo de unos 47 m.s.n.m. y que el dato más actual dice que el nivel piezométrico se sitúa en 40 m.s.n.m. en el año 2013.

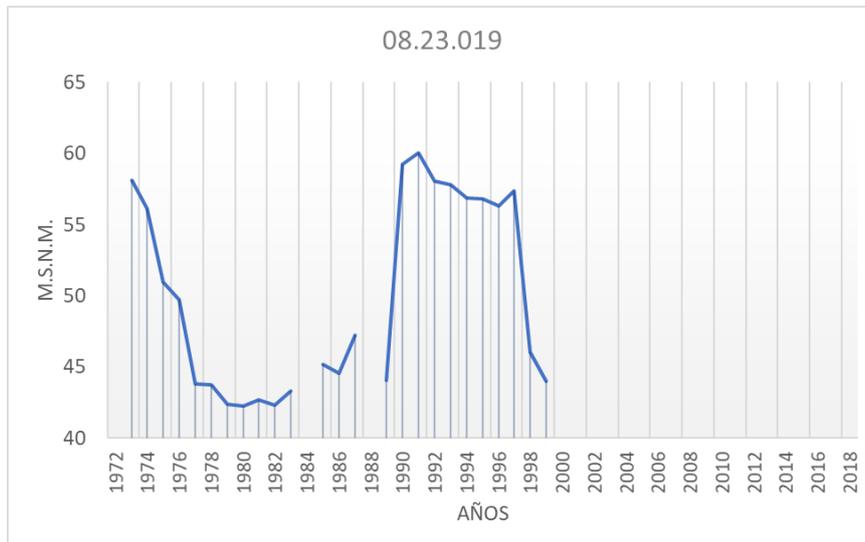


Figura 46. Evolución temporal del piezómetro 08.23.019. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.23.019: el comportamiento que tiene este piezómetro difiere un poco de los vistos anteriormente. Se trata de un piezómetro en el que se aprecian periodos largos tanto de descensos como de crecidas, aparentemente condicionados por las sequías, donde se producen variaciones en el nivel piezométrico superiores a los 15 m.s.n.m.

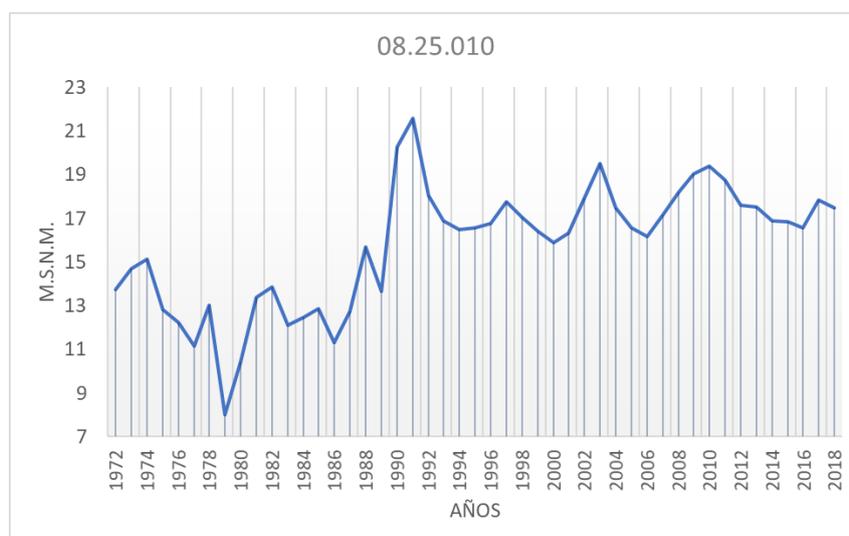


Figura 47. Evolución temporal del piezómetro 08.25.010. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.010: este piezómetro es uno de los que ya se analizó anteriormente por tratarse de un piezómetro que forma parte de la red representativa. Como se puede ver, tiene información completa de todos y cada uno de los años, desde el 1972 hasta la actualidad. Analizando la serie, podría deducirse que los niveles piezométricos han tenido una tendencia ligeramente creciente con el paso de los años. Además, no parece estar muy condicionado por los periodos de sequía, ya que no se aprecian descensos importantes en los niveles piezométricos debido a estos.

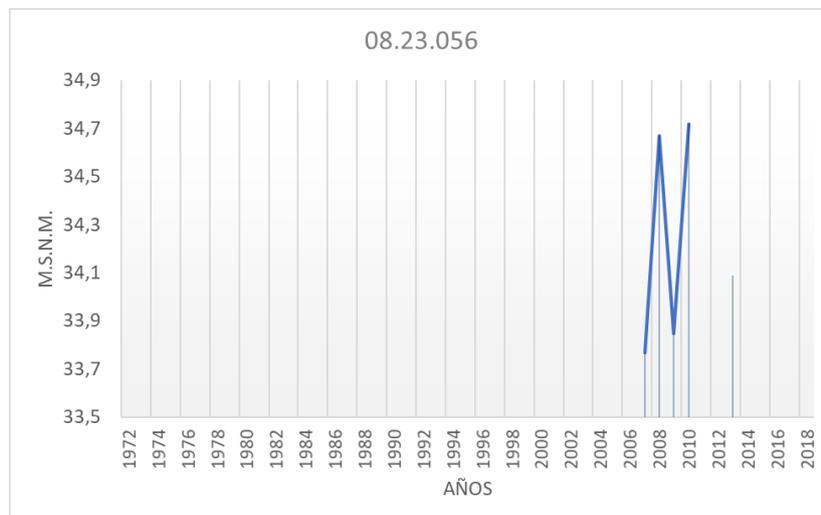


Figura 48. Evolución temporal del piezómetro 08.23.056. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.23.056: al igual que ocurría con el piezómetro 08.23.051, en este piezómetro solamente existe información a partir del año 2006, y a su vez, los datos ni siquiera llegan a la actualidad, por lo que pocas conclusiones consistentes se pueden extraer a partir de él, más allá de dar un orden de magnitud para saber sobre qué valor se sitúa el nivel piezométrico en este punto.

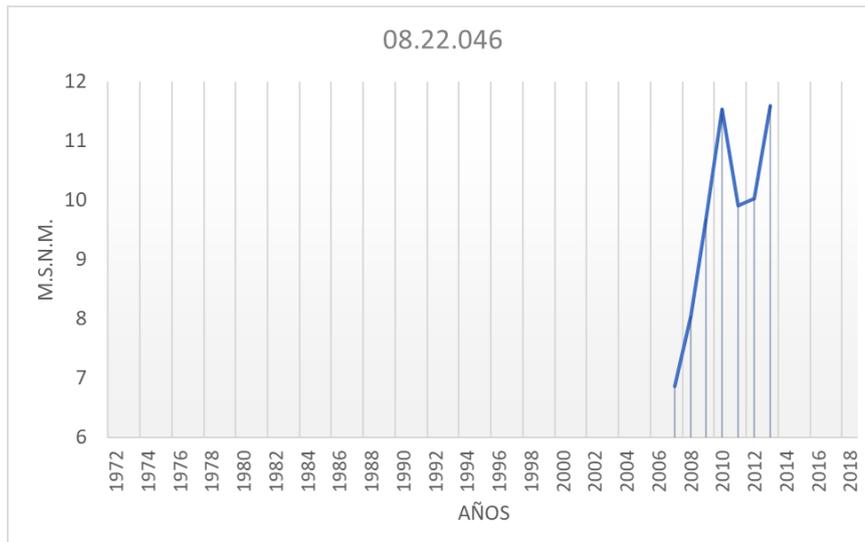


Figura 49. Evolución temporal del piezómetro 08.22.046. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.22.046: siguiendo con el piezómetro anterior, lo mismo se puede decir de este. Existe poca información como para poder extraer conclusiones a partir de él, más allá de que desde el año 2006 se ha producido un incremento en el nivel piezométrico de hasta unos 5 m.s.n.m.

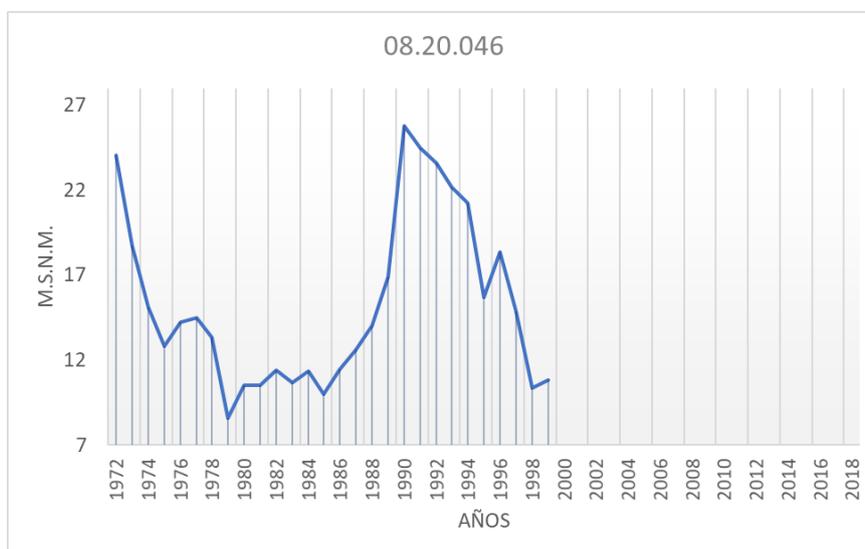


Figura 50. Evolución temporal del piezómetro 08.20.046. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.20.046: este piezómetro sí presenta una serie de datos más completa, a pesar de que se corta en el año 1999. Su comportamiento se asemeja al piezómetro 08.23.019 comentado anteriormente, en el que se ven largos periodos tanto de descensos como de crecidas principalmente



condicionados por las sequías, con variaciones en el nivel piezométrico superiores a los 15 m.s.n.m.

Por último, cabe destacar, que la evolución temporal de los piezómetros 08.23.025 y 08.22.029 no se puede mostrar, ya que solamente aportan información del año 1995, sin embargo, se han tenido en cuenta a la hora de construir el perfil transversal, ya que al menos sirven para tener un orden de magnitud de los niveles piezométricos en esa zona. Sus niveles piezométricos en metros sobre el nivel del mar en ese año fueron de 30'87 y 7'76 respectivamente.

En general, se puede decir que los niveles piezométricos tienen cierta sensibilidad a los periodos de sequía y que el comportamiento de los piezómetros se ve condicionado por estos periodos, ya que en general, no se aprecia ningún patrón establecido de crecimiento o decrecimiento en ellos, a excepción del piezómetro 08.25.010, sino que se aprecian periodos largos de niveles mínimos seguidos de periodos largos de niveles máximos, que principalmente se producen entre estos periodos de sequía comentados. Por lo tanto, se puede concluir que tanto por la margen derecha como por la margen izquierda del río Turia, los niveles piezométricos varían de manera natural en función de estos periodos, sin embargo, cerca de la Rambla del Poyo sí se aprecia una tendencia creciente en los mismos.

En el diagrama de barras siguiente, se observa la comparativa de los niveles medios en los periodos históricos y los actuales para cada uno de los piezómetros:

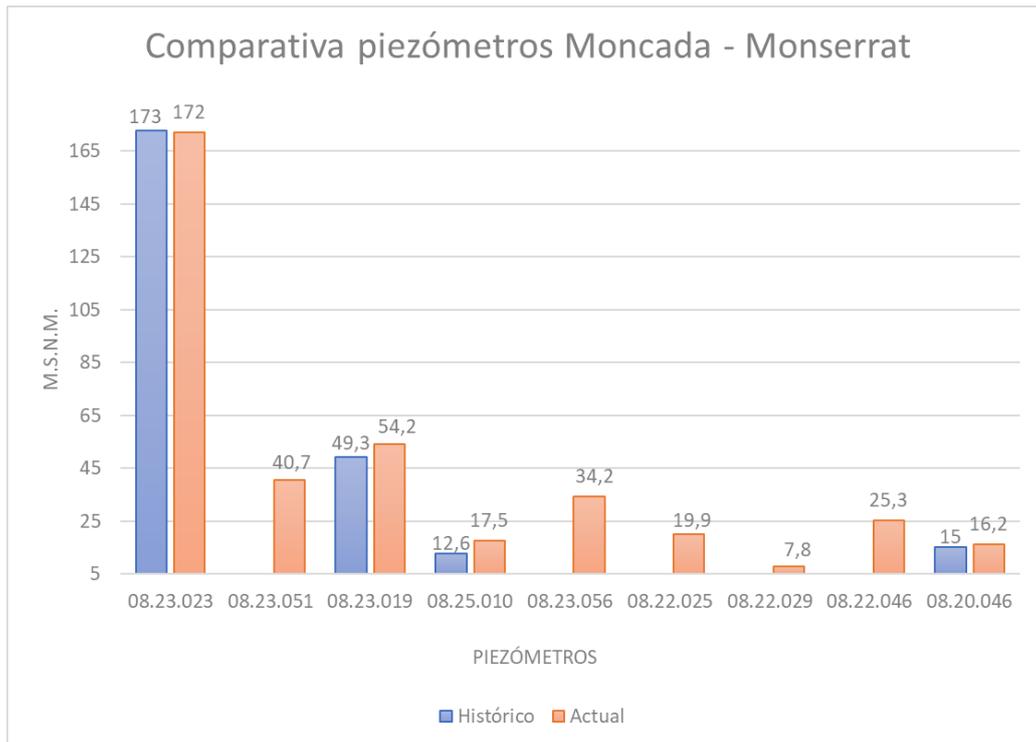


Diagrama 6. Comparativa entre niveles históricos y actuales Moncada - Monserrat. Fuente: propia.

Como se ha comentado anteriormente, muchos de los piezómetros no aportan información completa para poder realizar esta comparativa, sin embargo, sí se puede comprobar que los piezómetros próximos a la Rambla del Poyo han incrementado su nivel piezométrico medio en unos 5 m.s.n.m. Si bien el piezómetro 08.23.019 no seguía ningún patrón creciente, por lo que este crecimiento puede ser anecdótico, en el piezómetro 08.25.010 sí se podía observar esa tendencia creciente que se ve reflejada en este diagrama.

Finalmente, el perfil transversal correspondiente a este corte se muestra en la siguiente figura:

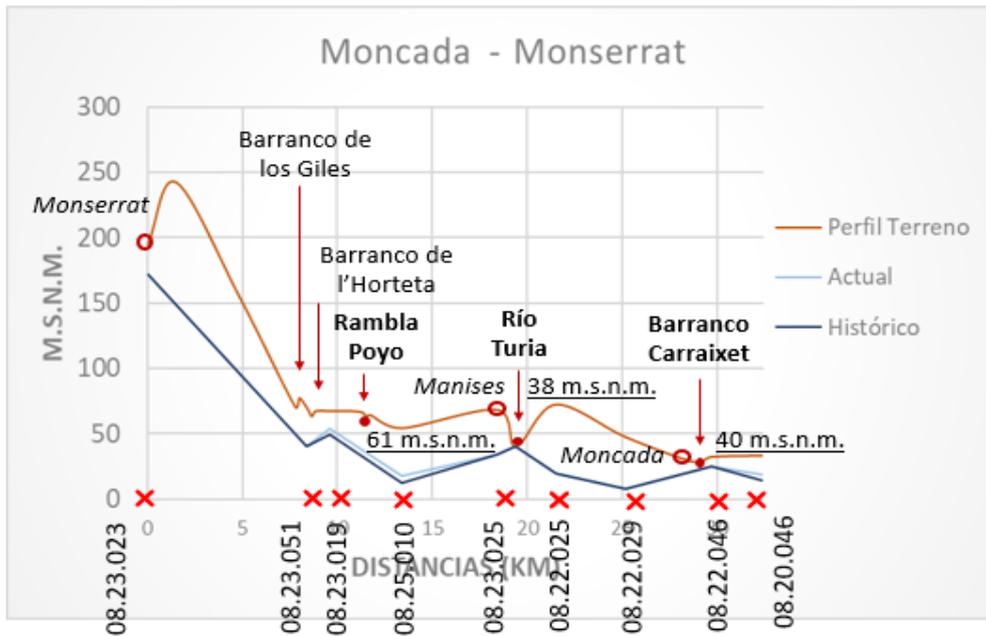


Figura 51. Perfil transversal Moncada - Monserrat. Fuente: propia.

En dicho perfil, además de los municipios de Moncada y Monserrat, se puede ver el emplazamiento del municipio de Manises, en la margen derecha y próximo al río. Además, la cota del cauce del río Turia en este punto se sitúa a 38 metros sobre el nivel del mar. También pueden verse representados el Barranco de los Giles y el Barranco de l'Horteta, así como la Rambla del Poyo, cuyo cauce se sitúa a 61 m.s.n.m., y el Barranco del Carraixet, a una cota de 40 m.s.n.m.

En cuanto a los niveles piezométricos de las masas de agua subterránea, se puede ver que, por ambas márgenes, estos ya están situados por debajo del cauce del río Turia. Por la margen izquierda, este descenso ya se había producido en cortes anteriores, sin embargo, por la margen derecha todavía no. Parece clave el descenso que se ha producido en la cota de la Rambla del Poyo, pasando de 157 m.s.n.m. en el corte anterior a 61 m.s.n.m. en el que se está analizando, ya que en la margen derecha de esta, los niveles están bastante más altos que la cota del río Turia, sin embargo, al aproximarse a esta, los niveles descienden en gran medida, llegando a ser inferiores al cauce del río Turia en el tramo que se encuentra entre la Rambla del Poyo y el propio río Turia. Por lo tanto, se podría concluir que el río en este tramo tiene un carácter perdedor por ambas márgenes.

6.1.8. Rafelbunyol – Picassent

El séptimo corte transversal se realiza entre los municipios de Rafelbunyol y Picassent. Está formado por un total de doce piezómetros, los cuales se representan en la siguiente figura:

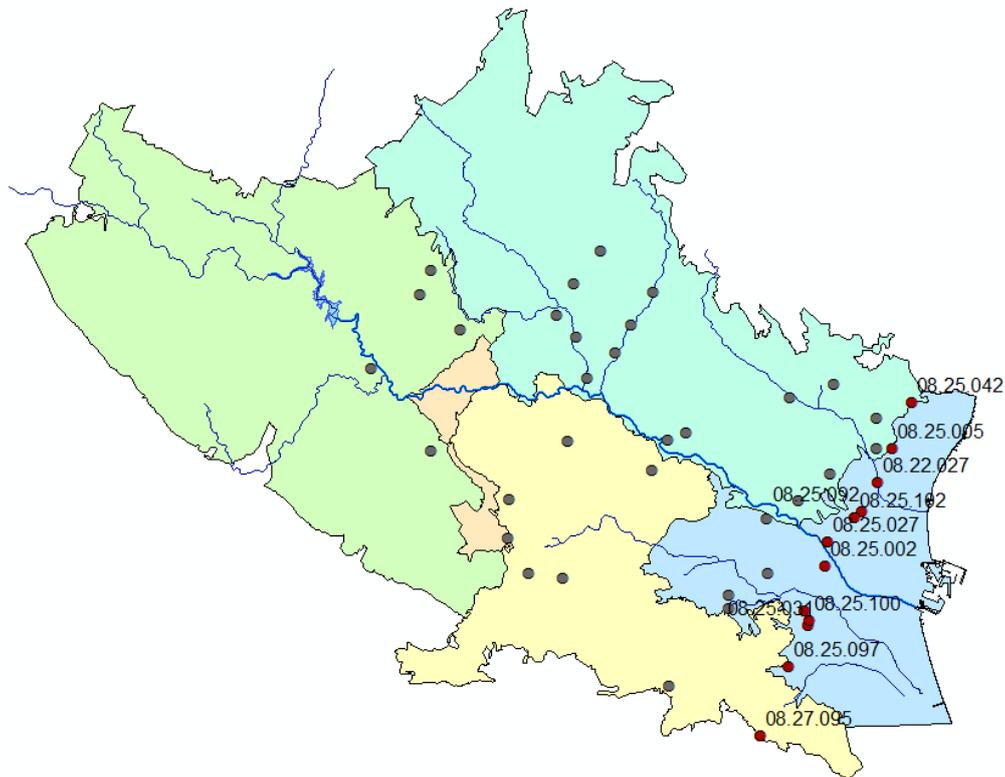


Figura 52. Corte transversal Rafelbunyol - Picassent. Fuente: propia.

La evolución temporal de cada uno de los piezómetros queda representada en los siguientes gráficos, de los cuales se pueden obtener las siguientes conclusiones:

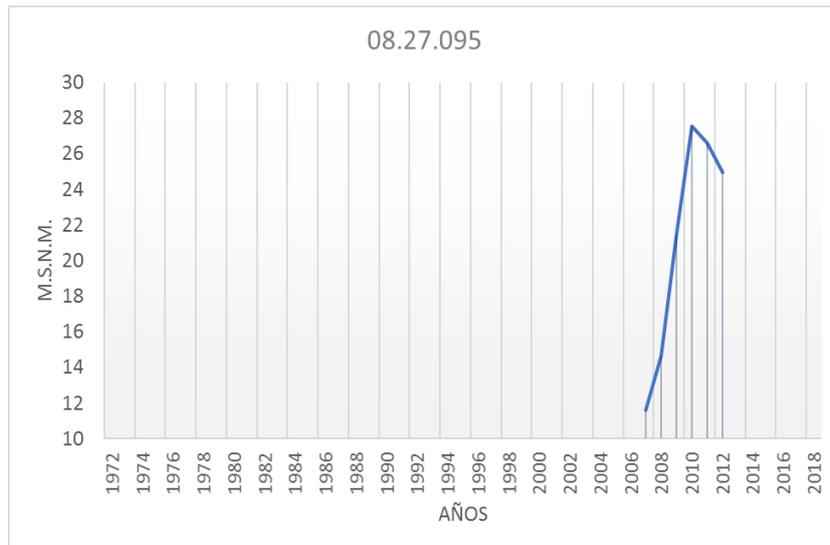


Figura 53. Evolución temporal del piezómetro 08.27.095. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.27.095: la información que aporta este piezómetro es muy escasa. Al igual que varios de los piezómetros anteriores, solamente aporta información a partir del año 2006, donde se puede apreciar una crecida de unos 16 m.s.n.m. hasta el año 2010. Sin embargo, este piezómetro solamente servirá para tener un orden de magnitud de los niveles piezométricos en este punto.

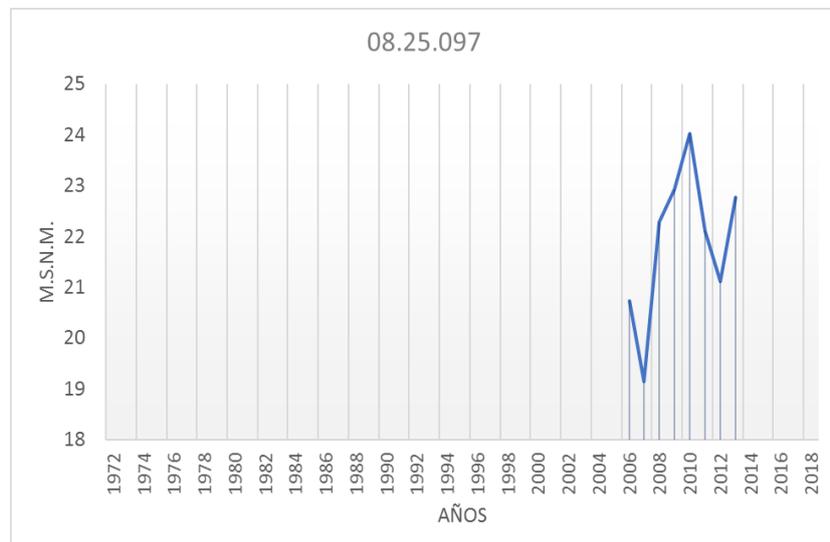


Figura 54. Evolución temporal del piezómetro 08.25.097. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.097: al igual que el anterior, este piezómetro solamente aporta información a partir del año 2006, por lo principalmente se utiliza para tener un orden de magnitud de los niveles piezométricos en este punto. A

pesar de que el nivel piezométrico crece, no se aprecia una crecida tan brusca en tan pocos años.

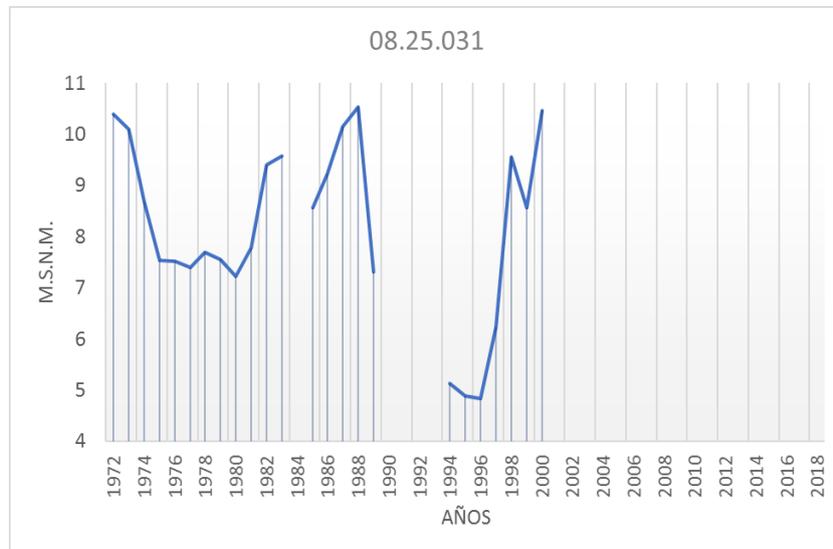


Figura 55. Evolución temporal del piezómetro 08.25.031. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.031: este piezómetro tiene una serie de datos más completa, sin embargo, carece de información actual. De él, se puede concluir que es un piezómetro que tiene un comportamiento natural y que se ve condicionado por las sequías. Cabe destacar el descenso que tuvo en la sequía de la década de los 90, donde alcanzó un nivel piezométrico mínimo de 5 m.s.n.m.

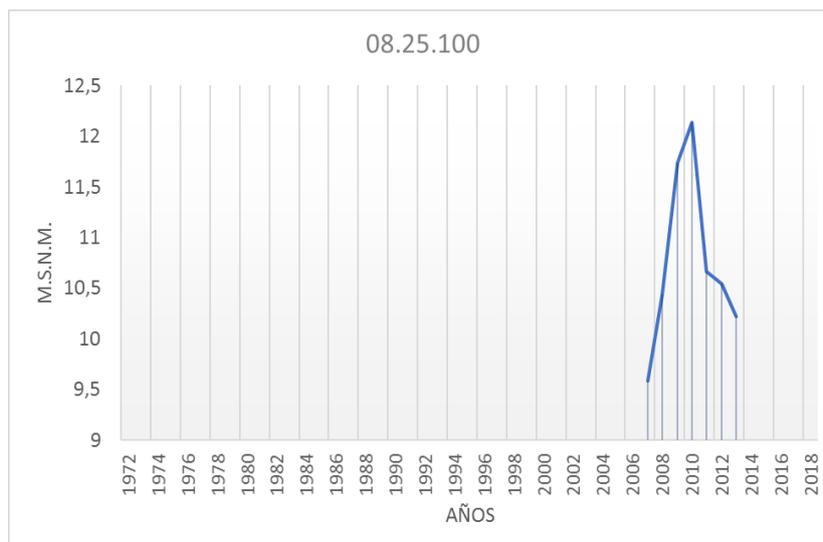


Figura 56. Evolución temporal del piezómetro 08.23.023. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.100: al igual que los dos piezómetros primeros, este solo aporta información a partir del año 2006. Se puede observar que se produce un pico en el año 2010 pero que inmediatamente vuelve a descender hasta el año 2013 que es donde se corta la información. Se tendrá en cuenta este piezómetro para tener un orden de magnitud, igual que los anteriores con las mismas características.

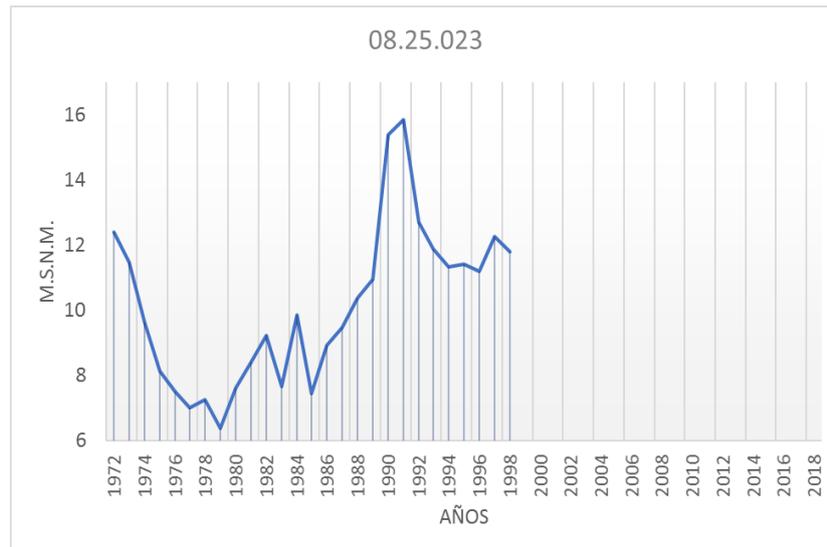


Figura 57. Evolución temporal del piezómetro 08.25.023. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.023: cómo se puede observar, este piezómetro muestra información bastante completa desde los años iniciales hasta 1999. En él, se puede intuir una tendencia creciente en los mismo, así como cierta afección por los periodos de sequía, donde se puede ver que los niveles piezométricos descienden. La variación máxima que se produce entre los niveles piezométricos alcanza los 10 m.s.n.m.

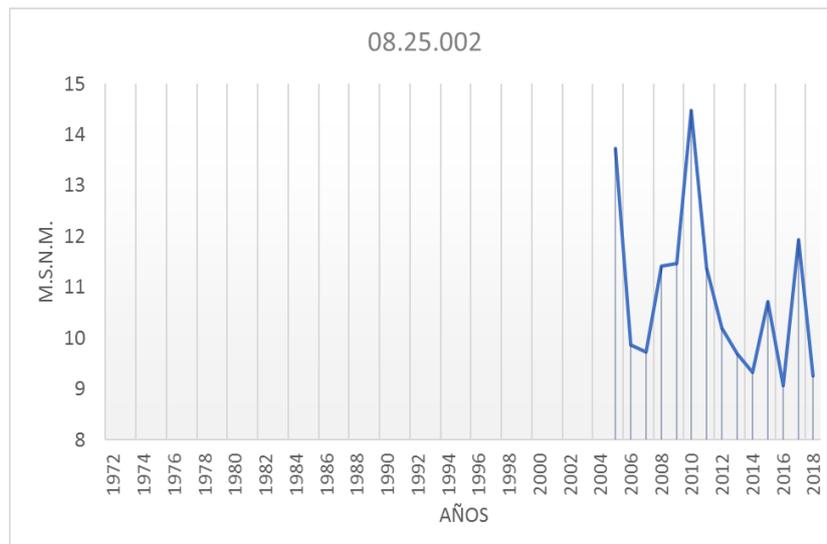


Figura 58. Evolución temporal del piezómetro 08.25.002. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.002: cómo se puede observar, en este piezómetro se muestra únicamente información de años actuales. La serie comienza en el año 2005 y termina en la actualidad. En ella, se puede observar que los niveles piezométricos son bastante oscilantes, sin embargo, la serie no es lo suficientemente extensa como para poder apreciar si se debe a un comportamiento natural o si, por el contrario, el piezómetro sigue un patrón de crecimiento o decrecimiento establecido.

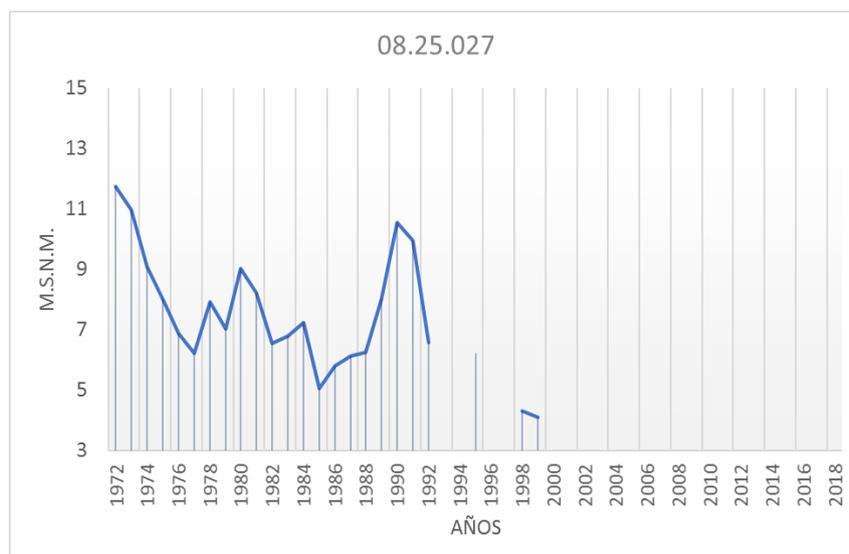


Figura 59. Evolución temporal del piezómetro 08.25.027. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.027: al igual que en el piezómetro 08.25.023, en este piezómetro, se visualizan los niveles piezométricos de los años iniciales. En él

se aprecia que los valores son bastante oscilantes, pero, si se tiene en cuenta los valores que aparecen aislados de los años 1995, 1998 y 1999, se podría intuir una tendencia decreciente en dichos niveles. Sin embargo, sería conveniente tener información de otros años para poder confirmarla.

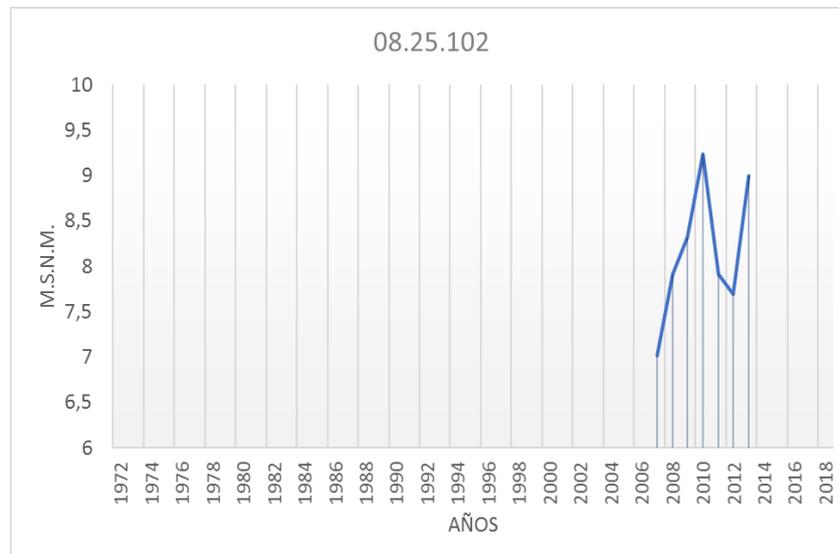


Figura 60. Evolución temporal del piezómetro 08.25.102. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.102: del mismo modo que en piezómetros anteriores, en este solamente aparece información desde el año 2006. Sirve para tener un orden de magnitud de los niveles piezométricos en este punto pero no para sacar conclusiones consistentes.

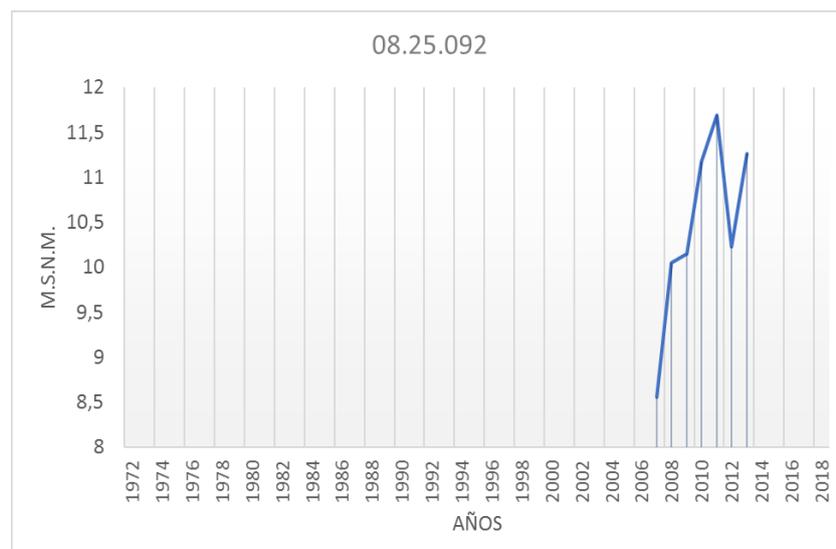


Figura 61. Evolución temporal del piezómetro 08.25.092. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.092: siguiendo con la tónica de la mayoría de los piezómetros de este corte, este piezómetro también va a servir para tener un orden de magnitud, ya que la serie de datos que aporta es muy escasa.

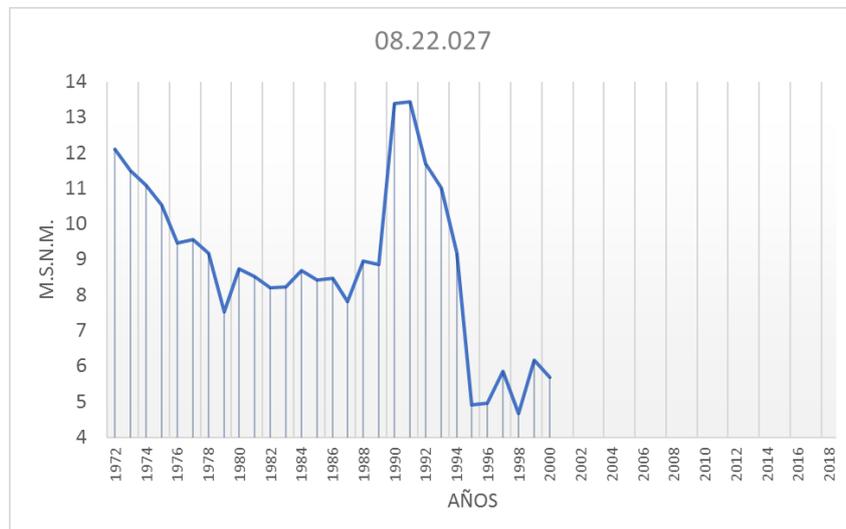


Figura 62. Evolución temporal del piezómetro 08.22.027. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.22.027: del mismo modo que algunos de los otros piezómetros ya analizados, este piezómetro muestra información bastante completa de los años iniciales. En él, al igual que en el piezómetro 08.25.027, se puede apreciar una tendencia decreciente en los niveles piezométricos. Además, se muestra sensible a las sequías, especialmente a la de los años 1994-1996, donde se produce un descenso de hasta 9 m.s.n.m.

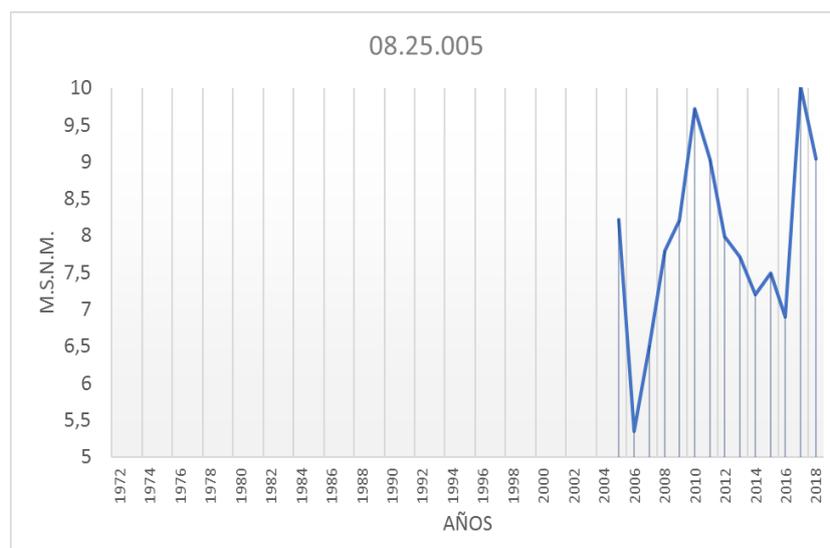


Figura 63. Evolución temporal del piezómetro 08.25.005. Fuente: propia.



- Piezómetro 08.25.005: al igual que el piezómetro 08.25.002, en este piezómetro se muestran los niveles piezométricos de los años actuales. Teniendo en cuenta solamente estos datos, parece que el piezómetro fue sensible a la primera sequía del siglo XXI, sin embargo, con los años se ha ido recuperando, alcanzando en el año 2017 un nivel piezométrico máximo de unos 10 m.s.n.m.

Por último, cabe destacar, que la evolución temporal del piezómetro 08.25.042 no se puede mostrar, ya que solamente aporta información del año 1995, sin embargo, se han tenido en cuenta a la hora de construir el perfil transversal, ya que al menos sirve para tener un orden de magnitud de los niveles piezométricos en esa zona. Su nivel piezométrico en metros sobre el nivel del mar en ese año fue de -1.

En general, se puede decir que los niveles piezométricos tienen cierta sensibilidad a los periodos de sequía, produciéndose descensos de hasta 10 m.s.n.m. Además, dada la escasa información que aportan muchos de los piezómetros de este corte, solamente se puede concluir que, al parecer, los niveles piezométricos tienden a crecer en las proximidades de la Rambla del Poyo, mientras que hacen lo contrario junto al río Turia y al Barranco del Carraixet, tal y como se vio reflejado en los respectivos piezómetros de esas zonas.

En el diagrama de barras siguiente, se observa la comparativa de los niveles medios en los periodos históricos y los actuales para cada uno de los piezómetros:

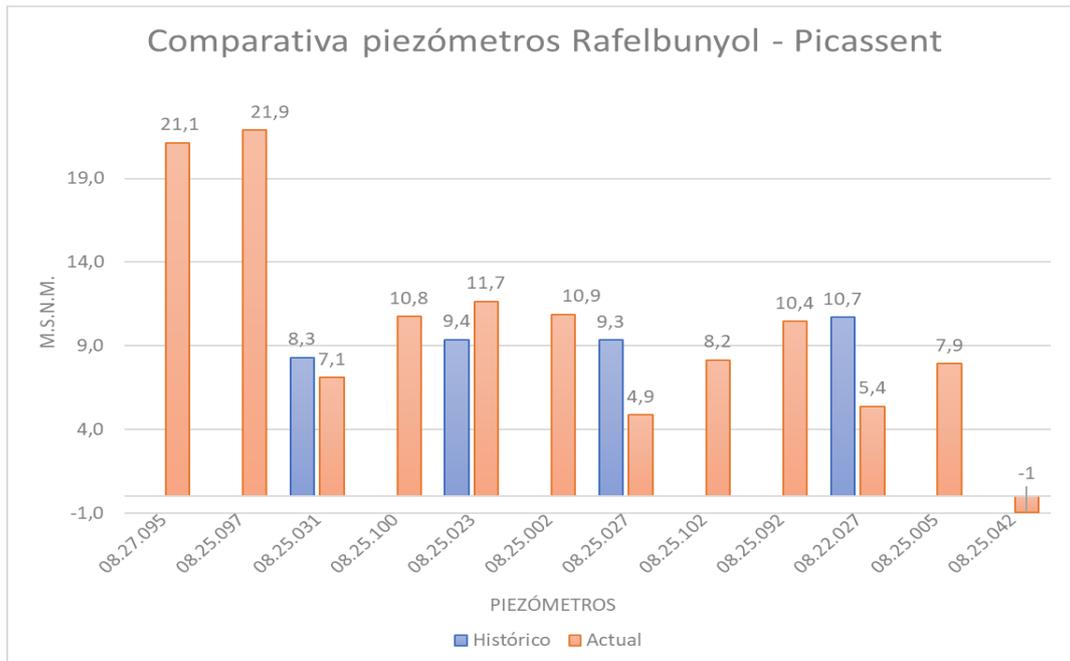


Diagrama 7. Comparativa entre niveles históricos y actuales Rafelbunyol - Picassent. Fuente: propia.

Como se ha comentado anteriormente, muchos de los piezómetros solamente aportan información de los años actuales, y en un intervalo de años bastante reducido, por lo que no se puede realizar dicha comparativa. Por otro lado, sí que se muestran tanto la crecida que se intuía en el piezómetro 08.25.023, como los descensos de los piezómetros 08.25.027 y 08.22.027, que llegan incluso a los 5 m.s.n.m. comparando los niveles medios de los años históricos y los actuales.

Finalmente, el perfil transversal correspondiente a este corte se muestra en la siguiente figura:

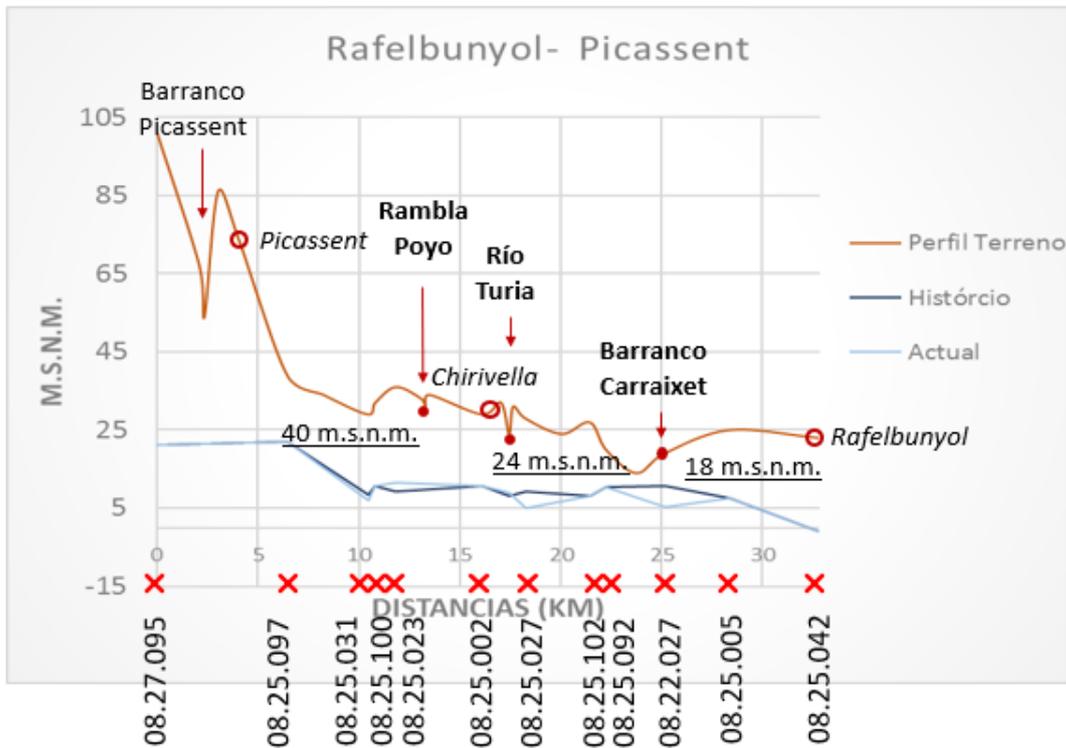


Figura 64. Perfil transversal Rafelbunyol - Picassent. Fuente: propia.

En dicho perfil, además de los municipios de Rafelbunyol y Picassent, se puede ver el emplazamiento del municipio de Chirivella, en la margen derecha y próximo al río. Además, la cota del cauce del río Turia en este punto se sitúa a 24 metros sobre el nivel del mar. También pueden verse representado el Barranco de Picassent, así como la Rambla del Poyo, cuyo cauce se sitúa a 40 m.s.n.m., y el Barranco del Carraixet, a una cota de 18 m.s.n.m.

En cuanto a los niveles piezométricos de las masas de agua subterránea, y siguiendo con lo visto en el corte anterior, se puede observar que, por ambas márgenes, estos ya están situados claramente por debajo del cauce del río Turia. En el caso de la margen derecha, incluso ya más allá de la Rambla del Poyo. Por lo tanto, se podría concluir que el río en este tramo tiene un carácter perdedor.

6.1.9. El Puig – Silla

El octavo y último corte transversal se realiza entre los municipios de El Puig y Silla. Está formado por un total de once piezómetros, los cuales se representan en la siguiente figura:

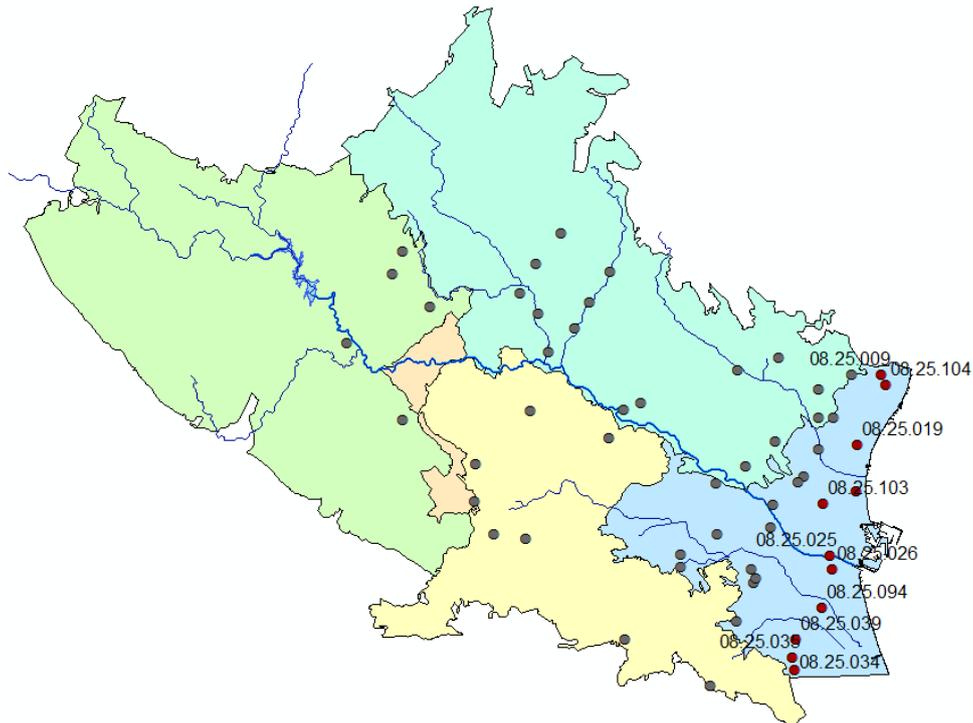


Figura 65. Corte transversal El Puig - Silla. Fuente: propia.

La evolución temporal de cada uno de los piezómetros queda representada en los siguientes gráficos, de los cuales se pueden obtener las siguientes conclusiones:

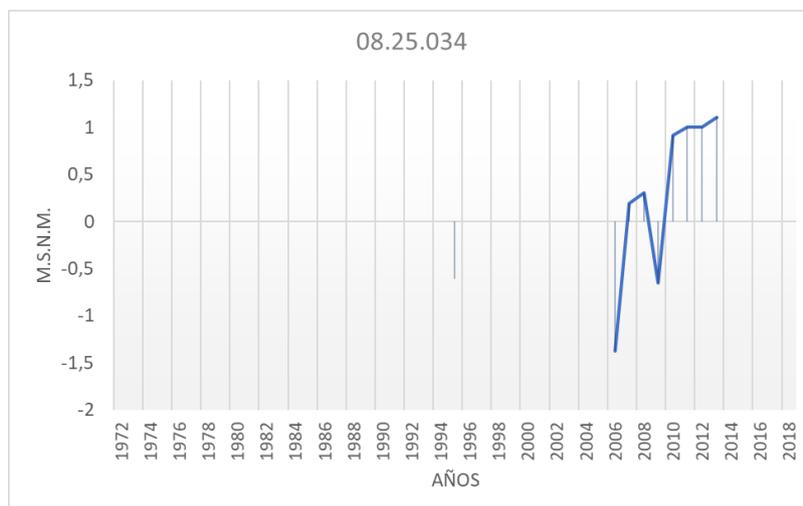


Figura 66. Evolución temporal del piezómetro 08.25.034. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.034: en este gráfico solamente se pueden ver los niveles piezométricos de algunos años actuales, de manera que no se pueden extraer

conclusiones consistentes. Sin embargo, se aprecia un crecimiento de estos desde el año 2006, tras el periodo de sequía, hasta el año 2013.

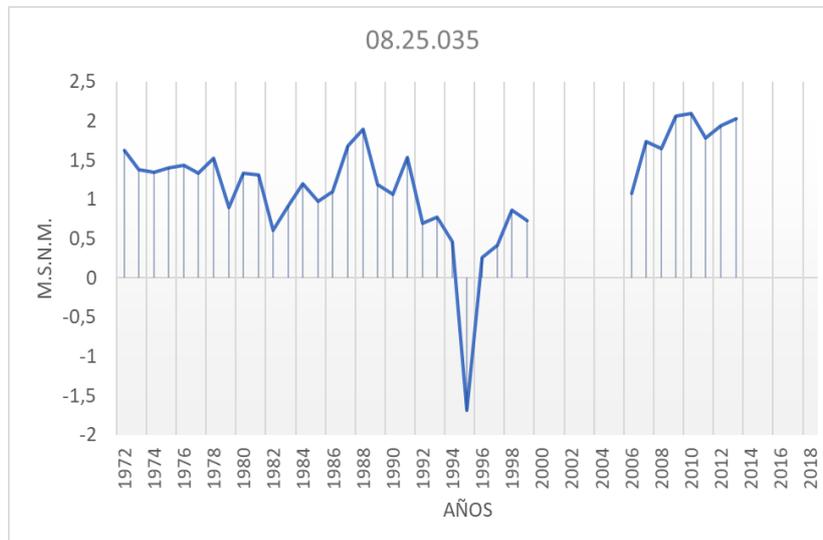


Figura 67. Evolución temporal del piezómetro 08.25.035. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.035: este piezómetro sí que muestra una serie de datos bastante completa. Principalmente, destaca la afección que tuvo debido a la sequía de la década de los 90, lo que demuestra que es sensible a estos periodos. Por lo demás, en el resto de los años, los valores permanecen oscilantes, pero sin ninguna tendencia de comportamiento definida.

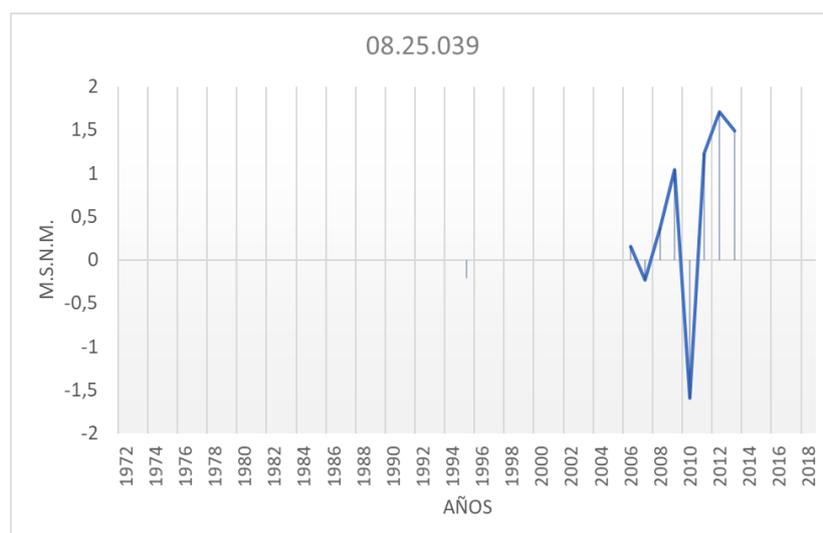


Figura 68. Evolución temporal del piezómetro 08.25.039. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.039: al igual que el primer piezómetro, este solo muestra información de algunos años actuales. A partir de él, solamente se puede

decir que los niveles oscilan entre un valor mínimo de -1'5 m.s.n.m. y un valor máximo un poco superior a 1'5 m.s.n.m.

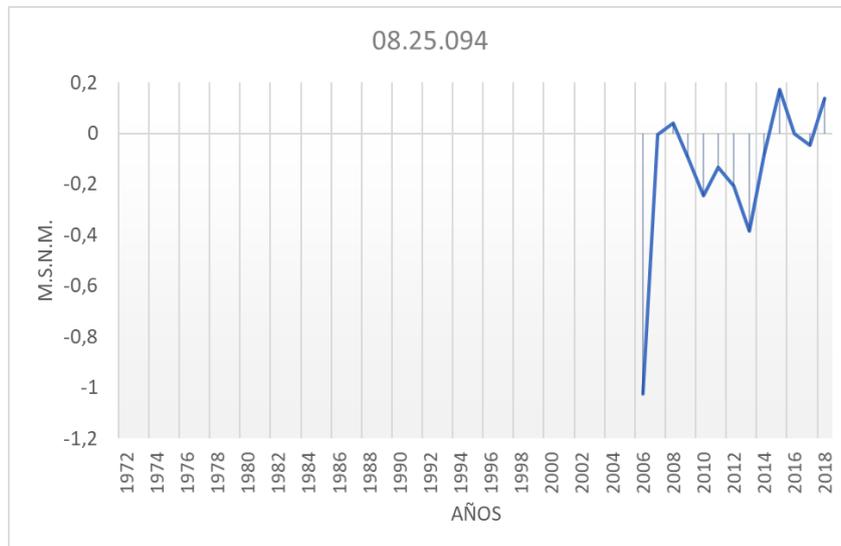


Figura 69. Evolución temporal del piezómetro 08.25.094. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.094: este piezómetro ya se analizó anteriormente por tratarse de un piezómetro que forma parte de la red representativa. En su gráfico, se puede ver una serie algo más completa de los años actuales. Se aprecia cómo fue sensible a la sequía del año 2006 y como se ha recuperado tras esta, alcanzando niveles piezométricos en torno a los 0'1 m.s.n.m.

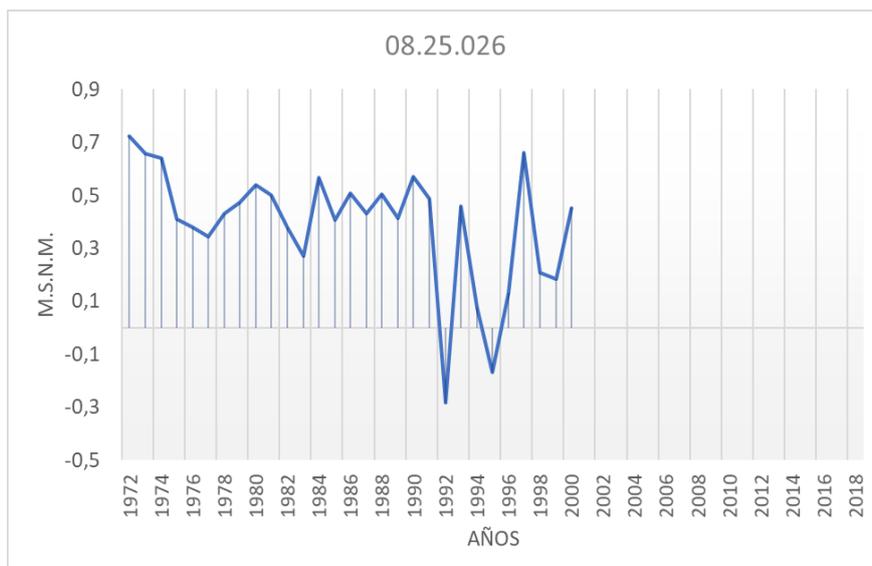


Figura 70. Evolución temporal del piezómetro 08.25.026. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.026: aquí se puede observar una serie bastante completa desde los años iniciales hasta el año 2001. En este piezómetro cabe destacar su sensibilidad a las sequías, especialmente a la de la década de los años 90. En cuanto a su comportamiento, se aprecian niveles piezométricos oscilantes, aunque con una ligera tendencia al decrecimiento, sin embargo, se debería contrastar con la información de los años actuales.

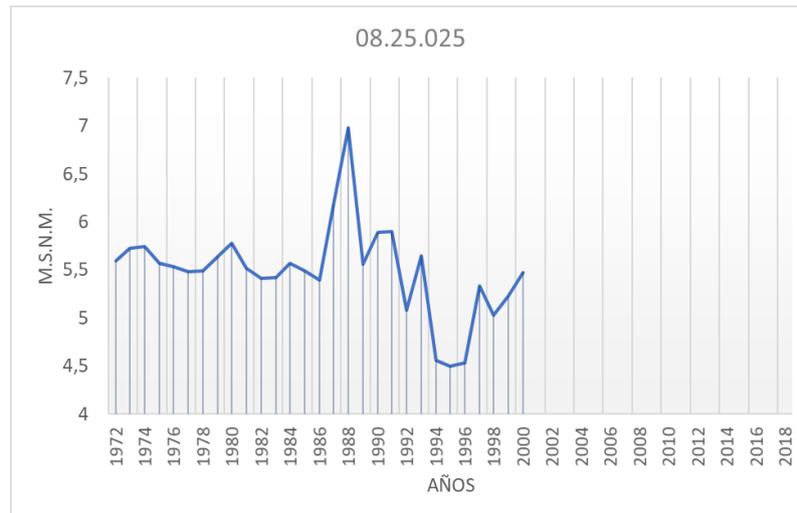


Figura 71. Evolución temporal del piezómetro 08.25.025. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.025: al igual que el piezómetro anterior, este, muestra información completa desde los años iniciales hasta el año 2001. En él, se aprecia sensibilidad a las sequías, especialmente a la de la década de los años 90, siguiendo con lo observado en los anteriores. En cuanto a su comportamiento no se observa ningún patrón definido, los niveles piezométricos permanecen más o menos constantes a excepción del pico que se produce justo antes de la sequía anteriormente comentada.

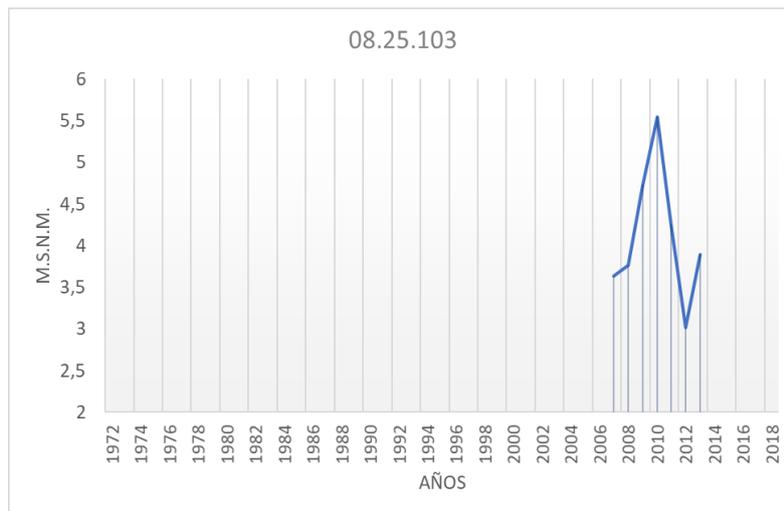


Figura 72. Evolución temporal del piezómetro 08.25.103. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.103: este piezómetro es de los que aporta información escasa de años actuales, por lo tanto, servirá como todos los anteriores para tener un orden de magnitud de a cuántos metros sobre el nivel del mar está situado el nivel del agua en este punto.

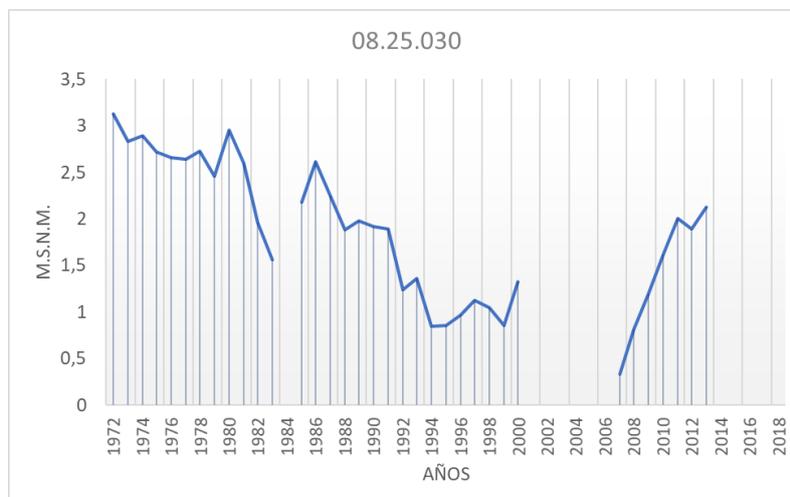


Figura 73. Evolución temporal del piezómetro 08.25.030. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.030: en este gráfico, se puede observar una serie con algunos cortes, pero con información tanto de los años históricos como de los actuales. En él se puede intuir una tendencia decreciente, al menos hasta el año 2000, aunque parece que empieza a recuperarse tras la sequía del año 2006.

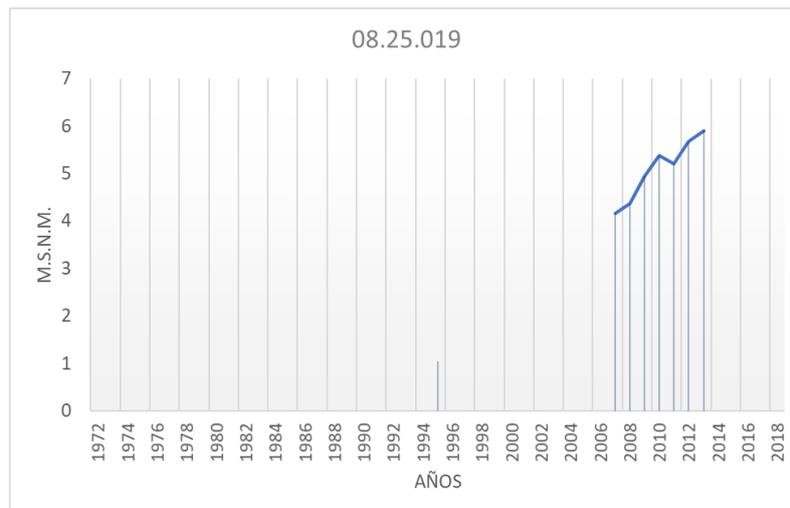


Figura 74. Evolución temporal del piezómetro 08.25.019. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.019: este gráfico, además de información de alguno de los años actuales, muestra un dato puntual en el año 1995. Comparando el nivel piezométrico de este año puntual, que se encontraba en pleno periodo de sequía, y los niveles más actuales, se puede ver claramente que estos han crecido, lo cual da pie a pensar que este piezómetro también es sensible a las sequías.

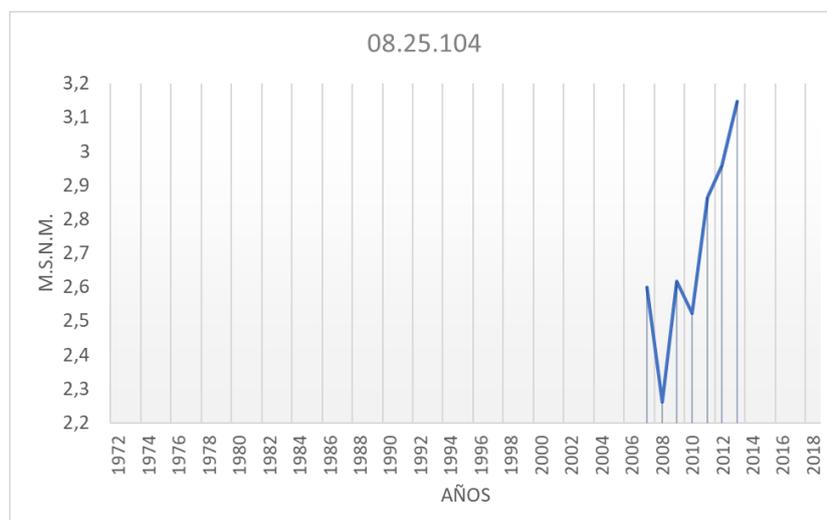


Figura 75. Evolución temporal del piezómetro 08.25.104. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.104: en este piezómetro solamente se puede concluir que fue afectado por la primera sequía del siglo XXI y que tras esta se recuperó, alcanzando niveles piezométricos de hasta 3'1 m.s.n.m.

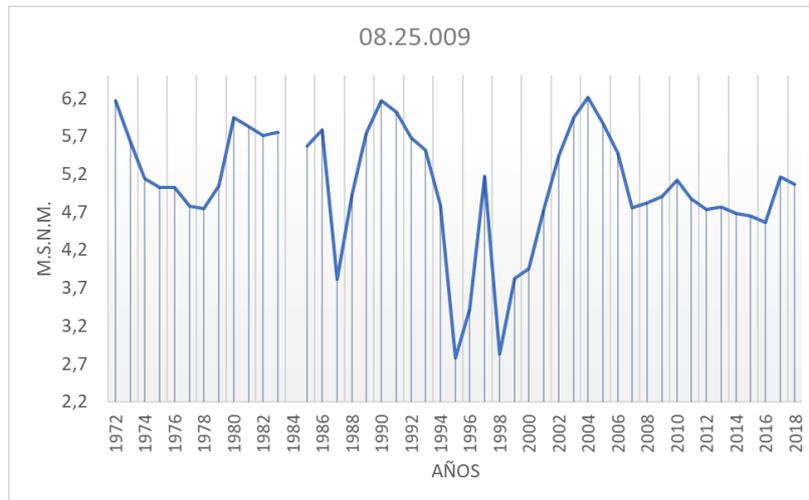


Figura 76. Evolución temporal del piezómetro 08.25.009. Fuente: propia.

- Piezómetro 08.25.009: por último, este piezómetro ya se analizó anteriormente por tratarse de un piezómetro que forma parte de la red representativa. En él, se puede ver una serie muy completa con solamente un corte entre los años 1984 y 1985. De manera que se puede hacer una buena lectura del comportamiento de este. Al parecer, los niveles piezométricos siguen un ligero patrón decreciente no muy marcado, el cual no puede afirmarse que se deba a acciones externas. Cabe destacar la sensibilidad a las sequías que presenta, demostrada especialmente en el descenso que se produce en la época de sequías de la década de los 90.

En general, se puede decir que bastantes de los piezómetros de esta sección aportan escasa información, ya que solamente muestran datos a partir del año 2006 y se cortan antes de llegar a la actualidad, de modo que no se puede conocer con fiabilidad el comportamiento que ha tenido el nivel piezométrico en esos puntos. En cuanto a los piezómetros que sí que tienen una serie de datos más completa, cabe destacar que en general su comportamiento no sigue un patrón establecido de crecimiento o decrecimiento, por lo que se puede intuir que la zona no está siendo afectada por acciones externas. La única excepción ocurre en las proximidades del Barranco del Carraixet, donde sí que se puede apreciar en el piezómetro 08.25.030 una tendencia descendente en los niveles piezométricos, aunque parece que empieza a recuperarse. Por lo tanto, se puede concluir que, a excepción de las proximidades al Barranco del Carraixet, donde parece que hay afecciones externas que han hecho descender el nivel

piezométrico con el paso de los años, los piezómetros de este corte transversal se encuentran sobre una zona que aparentemente tiene un comportamiento natural.

En el diagrama de barras siguiente, se observa la comparativa de los niveles medios en los periodos históricos y los actuales para cada uno de los piezómetros:

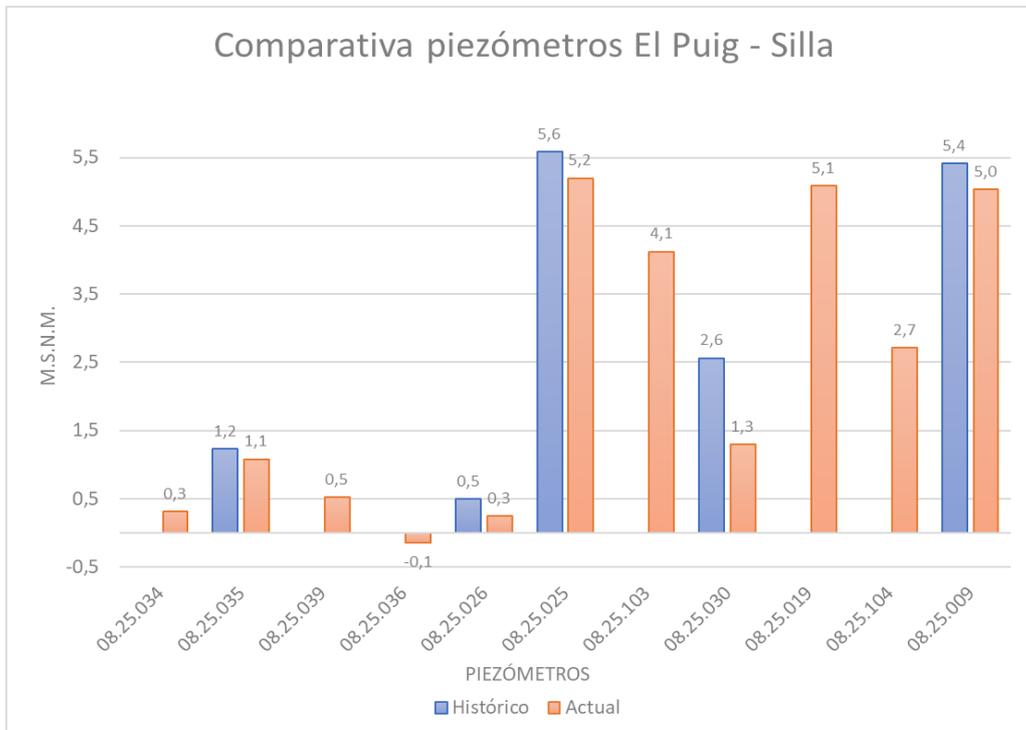


Diagrama 8. Comparativa entre niveles históricos y actuales El Puig - Silla. Fuente: propia.

Como se ha comentado anteriormente, muchos de los piezómetros no aportan información completa para poder realizar esta comparativa, sin embargo, sí se puede comprobar que el piezómetro 08.25.030, mencionado anteriormente, ha tenido un descenso medio superior a 1 m.s.n.m. En algunos de los cortes anteriores, este descenso pasaría desapercibido, sin embargo, al estar en un punto muy próximo a la costa, es un descenso a tener en cuenta.

Finalmente, el perfil transversal correspondiente a este corte se muestra en la siguiente figura:

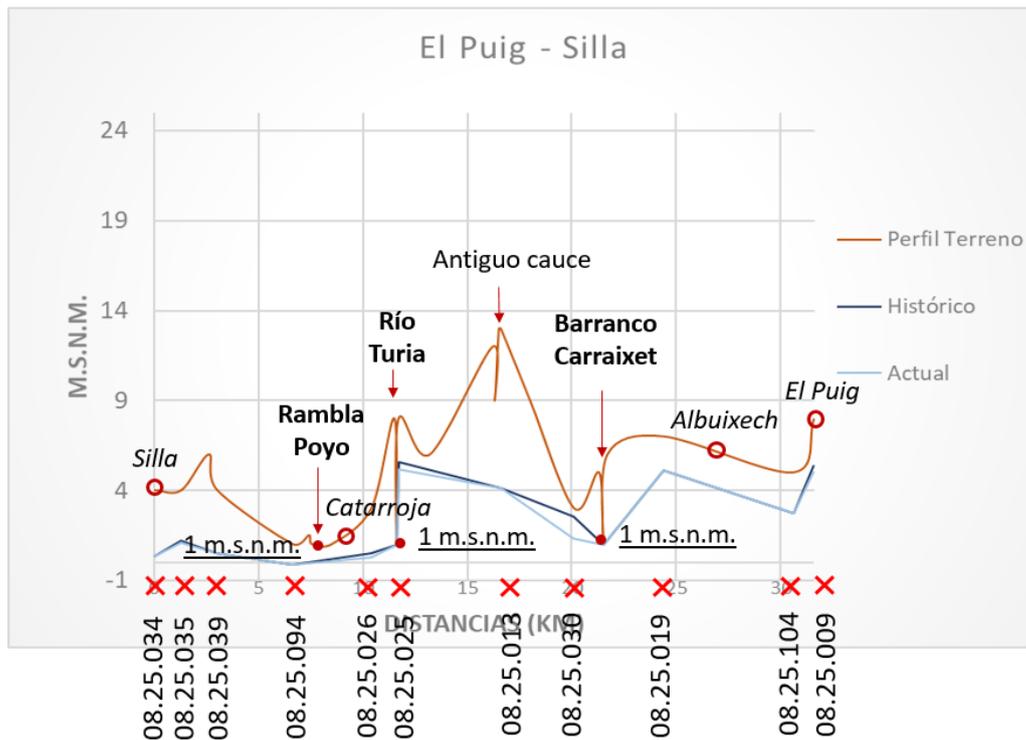


Figura 77. Perfil transversal El Puig - Silla. Fuente: propia.

En dicho perfil, además de los municipios de El Puig y Silla, se muestran el municipio de Albuixech, en la margen izquierda del río, así como el municipio de Catarroja, en la margen derecha. Además, la cota del cauce del río Turia en este punto se sitúa a 1 metros sobre el nivel del mar. También pueden verse representados Antiguo Cauce, así como la Rambla del Poyo y el Barranco del Carraixet, cuyos cauces se sitúan también a una cota de 1 m.s.n.m.

En cuanto a los niveles piezométricos de las masas de agua subterránea, se puede ver que, por la margen izquierda, el nivel piezométrico se encuentra por encima del cauce del río Turia, sin embargo, a medida que este se aproxima al Barranco del Carraixet, desciende cada vez más, debido a la baja cota a la que se encuentra su cauce, actuando como otro punto de fuga que encuentra el agua y que hace imposible que el agua pueda acumularse y haga crecer el nivel piezométrico. Por su parte, en la margen derecha, el nivel piezométrico está claramente por debajo del cauce del río Turia, estando incluso desconectado del cauce de la Rambla del Poyo. Por lo tanto, se podría concluir que el río en este tramo tiene un carácter perdedor por la margen derecha, mientras que, por la izquierda, quizás podría estar ganando algo o, al menos, no perdiendo tanto.

6.2. Análisis longitudinal

Tras el análisis transversal realizado en el apartado anterior, a continuación, se va a estudiar el río Turia de manera longitudinal, con el fin de complementar las conclusiones extraídas anteriormente y poder servir para una mejor comprensión del funcionamiento del sistema. Para ello, se ha seguido un procedimiento que queda dividido en las siguientes fases:

6.2.1. Perfil longitudinal

Antes de nada, resulta interesante conocer cuál es el perfil longitudinal que tiene el río Turia, para poder visualizar posibles características particulares que pueda tener. Para ello, se ha representado en un gráfico el nivel al que se encuentra el cauce del río en el tramo que va desde el embalse de Loriguilla a la desembocadura, que es el tramo analizado también anteriormente. Además, sobre este se han representado los niveles piezométricos medios, tanto para la margen derecha (punto verde) como para la margen izquierda (punto rojo); estos se han obtenido a partir de los cortes realizados anteriormente. También cabe destacar que se ha mostrado el emplazamiento de diferentes accidentes geográficos (cruz negra), así como varios municipios por los que circula el río Turia (puntos amarillos). Se muestra a continuación:

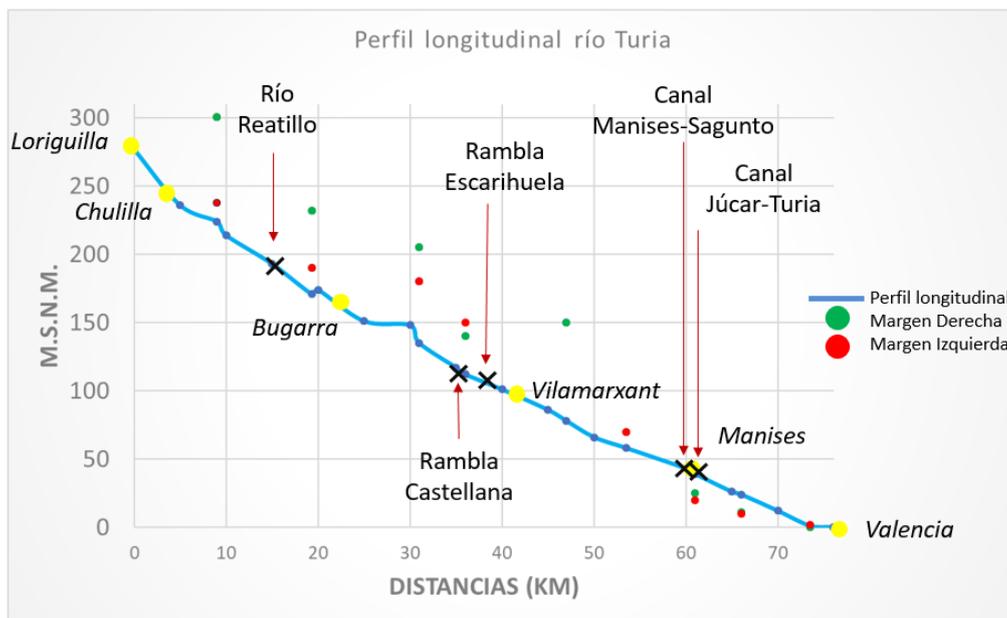


Figura 78. Perfil longitudinal río Turia. Fuente: propia.



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.



Como se puede apreciar, se trata de un tramo con una longitud aproximada de unos 76 kilómetros. Además, la cota más alta se sitúa, como es de esperar, en el embalse de Loriguilla, a unos 277 metros sobre el nivel del mar; a partir de ahí, desciende progresivamente hasta la desembocadura, donde alcanza el nivel del mar. No se aprecian tramos con pendientes ni muy pronunciadas ni muy suaves, ya más o menos el descenso de la cota del cauce del río es constante.

Sobre este perfil, aparecen representados los siguientes municipios, partiendo desde Loriguilla:

- Chulilla, a unos 3 kilómetros de Loriguilla y a una cota de unos 240 metros sobre el nivel del mar.
- Bugarra, a unos 22 kilómetros de Loriguilla y a una cota de unos 165 metros sobre el nivel del mar.
- Vilamarxant, a unos 42 kilómetros de Loriguilla y a una cota de unos 100 metros sobre el nivel del mar.
- Manises, a unos 61 kilómetros de Loriguilla y a una cota de unos 49 metros sobre el nivel del mar.
- Valencia, a unos 76 kilómetros de Loriguilla y a una cota prácticamente igual al nivel del mar.

También aparecen representados los siguientes accidentes geográfico:

- Río Reatillo, a unos 15 kilómetros de Loriguilla y a una cota de unos 190 metros sobre el nivel del mar.
- Rambla Castellana, a unos 35 kilómetros de Loriguilla y a una cota de unos 120 metros sobre el nivel del mar.
- Rambla Escarihuela, a unos 38 kilómetros de Loriguilla y a una cota de unos 110 metros sobre el nivel del mar.
- Canal Manises – Sagunto, a unos 60 kilómetros de Loriguilla y a una cota de unos 49 metros sobre el nivel del mar.
- Canal Júcar – Turia, a unos 61 kilómetros de Loriguilla y a una cota de unos 48 metros sobre el nivel del mar.



En cuanto a los niveles piezométricos que aparecen representados, se puede ver la variación que van sufriendo conforme el río se acerca a la desembocadura. Comienzan, por ambos márgenes, por encima de la cota del río Turia, siempre con el nivel piezométrico de la margen derecha superior al de la margen izquierda, excepto cuando se aproximan a las Ramblas Castellana y Escarihuela, donde el nivel medio es inferior por la margen izquierda que, por la derecha, justo cuando entra también en juego la Rambla del Poyo por la margen derecha. Tras esta zona, los niveles piezométricos por la margen derecha vuelven a crecer, sin embargo, no se tienen datos justo en el lado opuesto del río en ese mismo punto, sino que se tienen un poco más aguas abajo, donde se puede ver que comienzan a descender considerablemente. Una vez se alcanza el municipio de Manises, se puede ver como el nivel piezométrico medio en ambos márgenes se situará ya por debajo del cauce del río Turia hasta la desembocadura.

Este gráfico, sirve también como pequeño esquema en el que se puede ver en qué zonas el río tiene un carácter ganador y en qué zonas comienza a tener un carácter predominante perdedor.

6.2.2. Afecciones externas Loriguilla – Manises

Como paso previo a la restitución del caudal del río Turia, se ha considerado necesario realizar una pequeña descripción de todas las variables externas que intervienen en el tramo analizado del río Turia. En primer lugar, cabe destacar que resulta imprescindible la información que aportan los aforos; debido a que los únicos aforos que existen en este tramo son el aforo de Loriguilla, el aforo de Bugarra y el aforo de Manises, el tramo más largo que puede ser estudiado es el de Loriguilla – Manises, que es en el tramo en el que se ha basado esta parte. Dicho esto, y teniendo en cuenta estas afecciones externas comentadas, las cuales alteran el régimen natural del río y, en consecuencia, condicionan el caudal que transporta este realmente, se puede reconstruir lo que se conoce como caudal restituido, el cual se refiere al caudal que circularía por el río de manera natural, es decir, si no existieran esas afecciones que lo están condicionando. De manera que, el primer paso para reconstruirlo es definir cuáles

son las afecciones más importantes que existen en el tramo del río que va a ser estudiado. Estas, que se pueden dividir en entradas y en salidas, se definen a continuación, mostrando a su vez la serie de datos existente de cada una de ellas:

Entradas:

1. Salida del embalse de Loriguilla: se trata del caudal que sale del embalse de Loriguilla hacia aguas abajo.

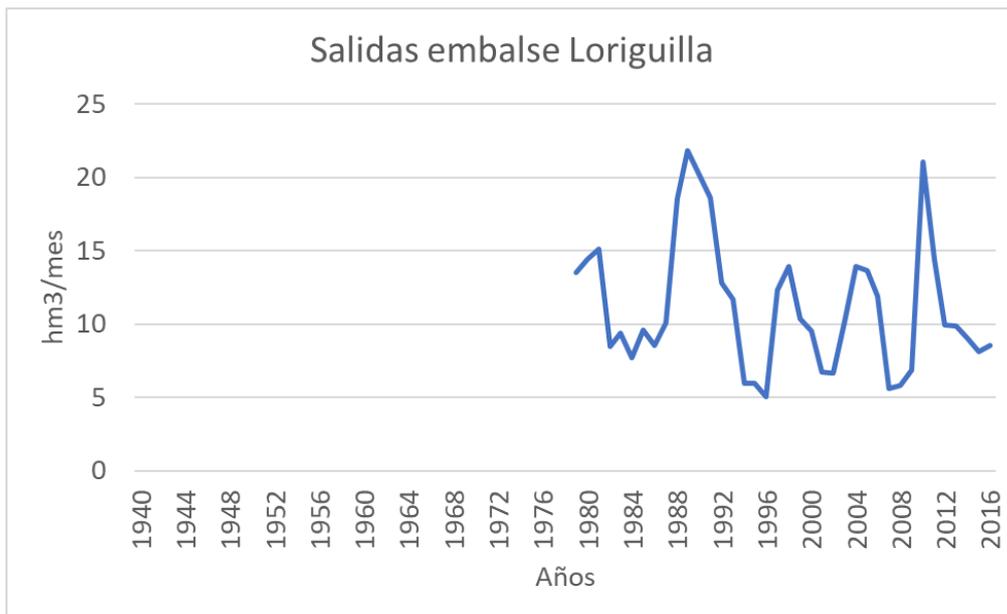


Gráfico 26. Salidas del embalse de Loriguilla. Fuente: propia.

Como se puede observar, se tiene información a partir del año 1979. En ellos se aprecia que el caudal de salida del embalse de Loriguilla no se ha mantenido constante en el tiempo. A finales de la década de los 80, alcanzó su valor máximo con un caudal de salida medio superior a los 20 hm³/mes, y a partir de entonces se ha mantenido oscilante entre valores de 5 y 20 hm³/mes aproximadamente.

2. Retornos de las filtraciones del embalse de Loriguilla: esto es el agua que, de manera natural, se filtra, bien a través de las paredes de la presa o bien a través del terreno, desde el embalse de Loriguilla hacia el río Turia sin haber sido vertida por el aliviadero del propio embalse.

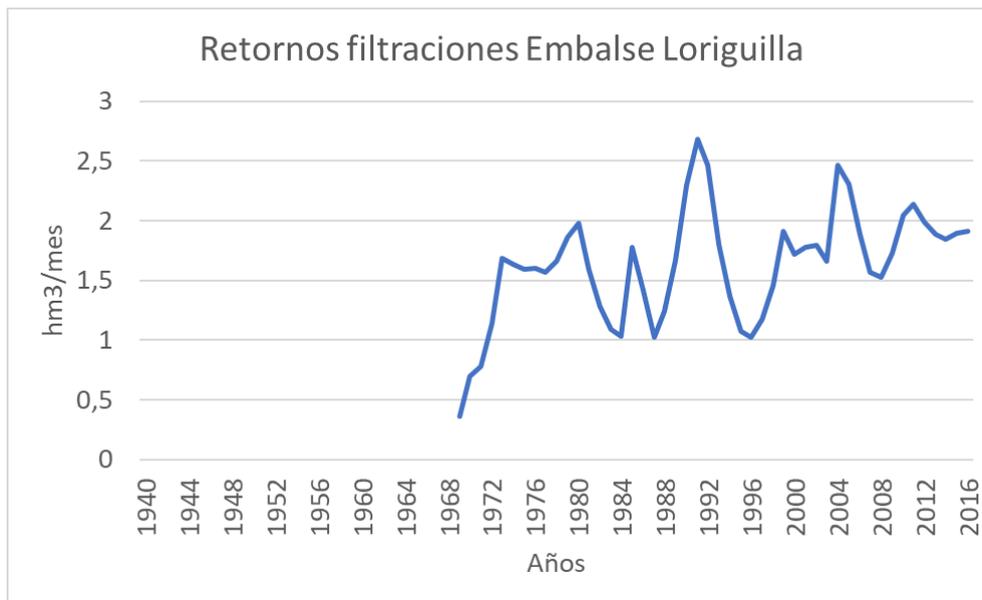


Gráfico 27. Retornos de las filtraciones del embalse de Loriguilla. Fuente: propia.

En este caso, se tienen datos desde el año 1969. El gráfico muestra una tendencia creciente de los retornos, aunque este se mueve siempre entre valores muy cercanos y no demasiado importantes, ya que el caudal medio máximo de retorno de 2'77 hm3/mes en el año 1991. Cabe destacar que la información de esta variable no se puede calcular de manera precisa, de modo que se realizan estimaciones aproximadas.

3. Retornos de riego de Pueblos Castillo: es la cantidad de agua que vuelve al cauce del río Turia tras haber sido derivada para ser utilizada por la comunidad de regantes de Pueblos Castillo, que, como ya se comentó en el apartado 5.2. de este documento, se trata de un conjunto de comunidades de regantes que toman sus aguas a través de dos azudes, el azud de Benaguasil y el azud de Lorca. Por la parte margen izquierda se constituyen las acequias de Benaguasil y de Lorca, mientras que, por la margen derecha se constituye la acequia de Vilamarxant.

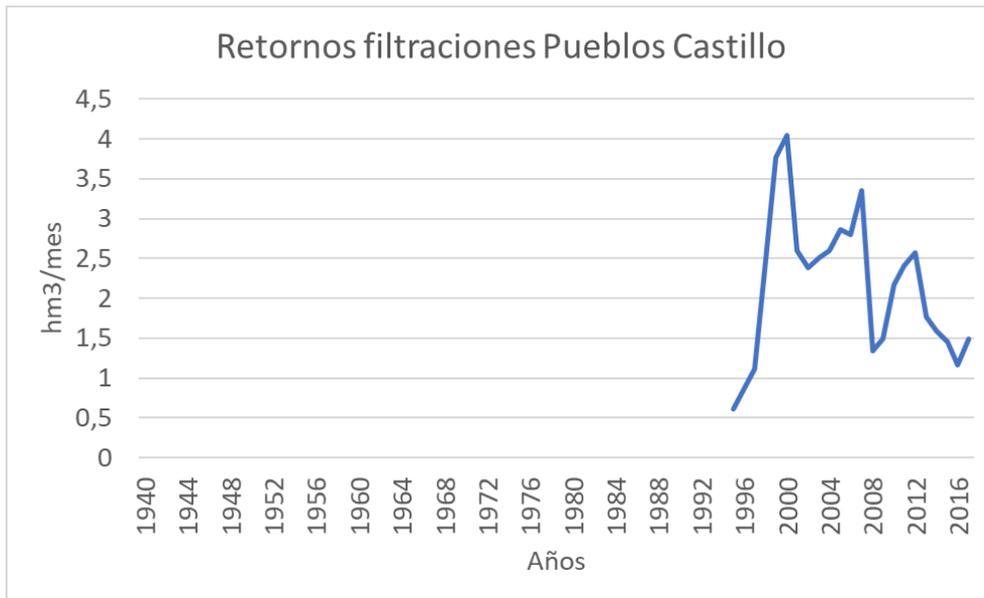


Gráfico 28. Retornos de riego de Pueblos Castillo. Fuente: propia.

Al igual que los retornos anteriores, estos no se pueden medir de manera exacta. En este caso, no se tiene información al respecto hasta bien entrada la década de los 90. Se puede observar que los valores de estos se mueven entre los 0'5 y los 4 hm3/mes.

4. Vertidos del Canal Júcar – Turia: se trata de la cantidad de agua que se vierte al río Turia procedente del Canal Júcar – Turia.

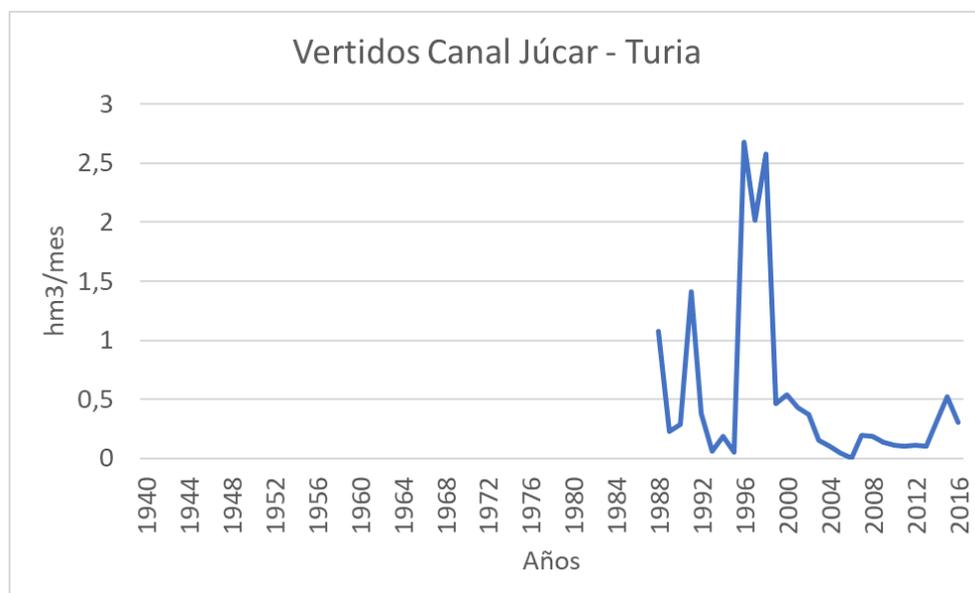


Gráfico 29. Vertidos del Canal Júcar - Turia. Fuente: propia.

Finalmente, del gráfico de estos vertidos, se puede decir que el valor máximo se alcanzó al final de la década de los 90, concretamente en el año 1996, con unos vertidos



de unos 2'68 hm³/mes. Además, la serie de datos tampoco es demasiado completa, existiendo estos solamente a partir del final de la década de los 80.

Salidas:

1. Salidas del aforo Manises: se trata del caudal que sale del aforo de La Presa, en Manises, hacia aguas abajo del mismo.

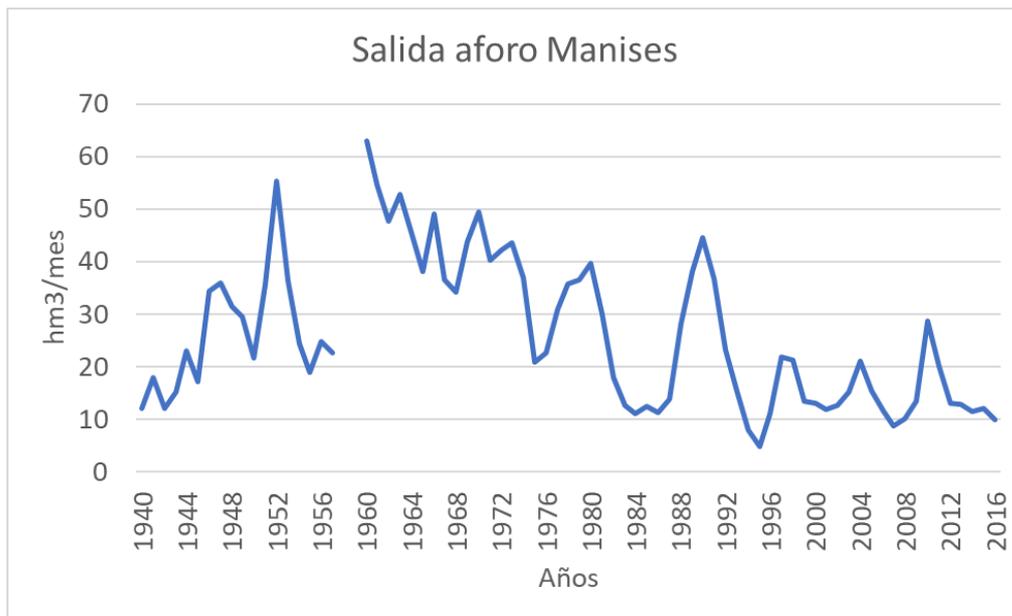


Gráfico 30. Salidas del aforo de Manises. Fuente: propia.

A diferencia de las afecciones definidas como “entradas”, en esta se puede visualizar una serie de datos mucho más completa. El primer aforo entró en funcionamiento en el año 1940 y se mantuvo hasta la riada de Valencia del año 1957, que la destruyó. El segundo aforo, que sigue en funcionamiento actualmente, ofrece datos a partir del año 1960. Analizando información que ofrece, se puede visualizar una clara tendencia decreciente en el caudal que sale por el aforo de Manises, pasando de un caudal medio superior a 60 hm³/mes en el año 1960 a los 10 hm³/mes que salieron en el año 2016. Este gráfico es uno de los ejemplos que hacen pensar que el río Turia puede estar siendo afectado por acciones externas, como pueden ser los bombes de agua descontrolados.

2. Aforo derivado de Pueblos Castillo: es el agua que se deriva desde el cauce del río Turia para ser utilizada para el riego de las comunidades de regantes de Pueblos Castillo, comentadas anteriormente.

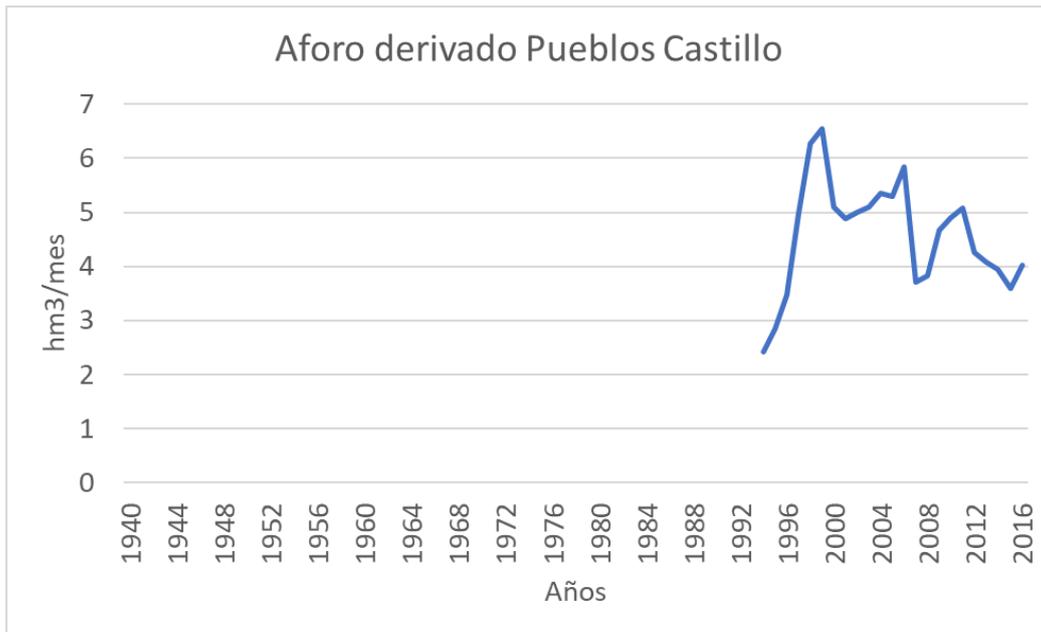


Gráfico 31. Aforo derivado de Pueblos Castillo. Fuente: propia.

En este caso, la información existente no es tan completa como lo es en el aforo de Manises. Se aprecia como el caudal derivado para las comunidades de regantes de Pueblos Castillos se mueven, de media, entre los 2 hm³/mes y los 6'5 hm³/s.

3. Toma de agua de Valencia: es el agua que se toma del río Turia para abastecer de agua a la ciudad de Valencia.



Gráfico 32. Toma de agua de Valencia. Fuente: propia.

Por último, del gráfico que representa el caudal extraído para el abastecimiento de Valencia, cabe destacar los picos que presenta, pasando de valores máximos a valores mínimos y viceversa. Parece que estas oscilaciones están marcadas por los periodos de sequías, ya que sobre el inicio de la década de los 90 y sobre el año 2006, que es cuando tuvieron lugar estas últimas, es cuando se alcanzan los valores del caudal medio más grandes, entorno a los 4'5 hm³/mes, sin embargo, a finales de la década de los 90 y principios del siglo XXI, que resulta ser una época sin sequías, los valores son mínimos, entorno a los 0'5 hm³/mes.

Finalmente, a modo de conclusión de esta fase, se ha considerado interesante mostrar el emplazamiento aproximado, sobre el río Turia, en el que tienen lugar todas y cada una de estas afecciones comentadas, con el fin de poder visualizar cómo están distribuidos a lo largo de este:

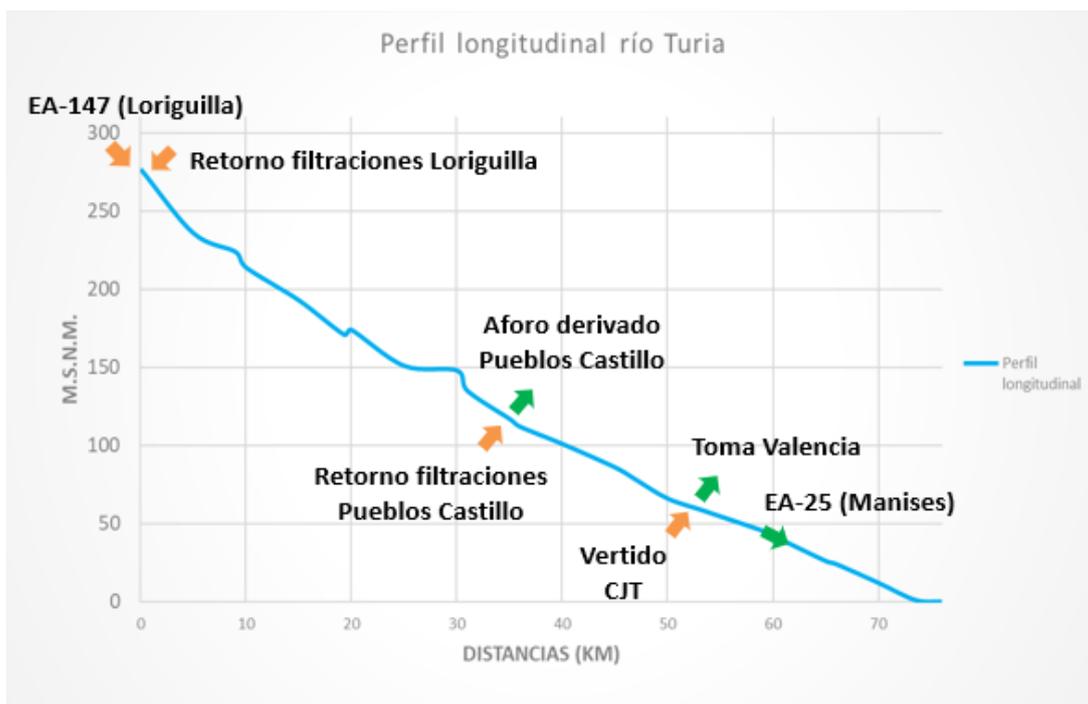


Figura 79. Afecciones externas sobre el río Turia. Fuente: propia.

6.2.3. Caudal restituido

Tras analizar tanto el perfil transversal del río como sus afecciones efímeras en el tramo Loriguilla - Manises, resulta de interés conocer cuál es el caudal que circula por el mismo, para poder tener un orden de magnitud del agua que transportaría de manera

natural el río Turia en el caso de que estas afecciones externas no tuvieran lugar. Este puede obtenerse de manera trivial a partir de la siguiente expresión:

$$Q_{\text{restituido}} = \text{Salidas} - \text{Entradas}$$

De manera que, aplicando la ecuación anterior, se obtiene el siguiente gráfico en el que aparece representado el caudal restituído para cada uno de los años estudiados:

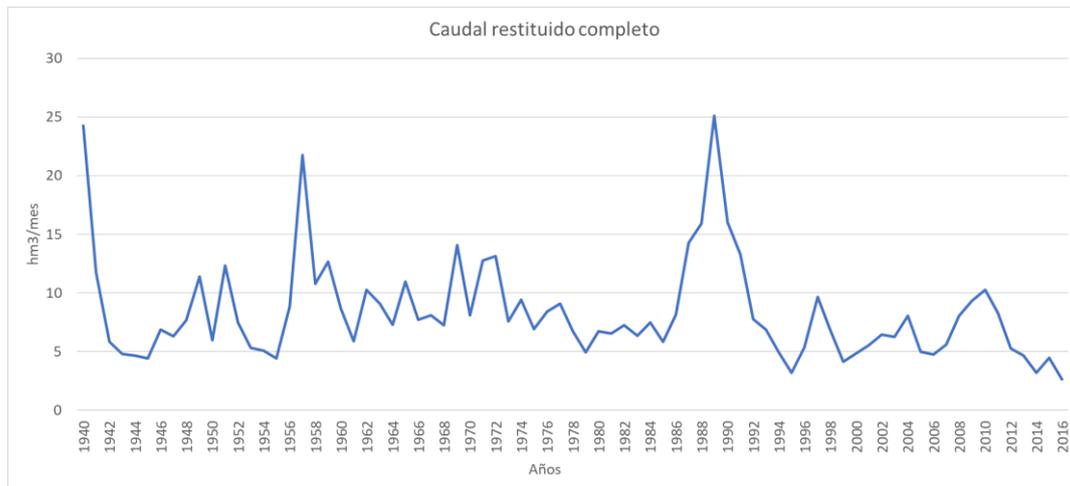


Gráfico 33. Caudal restituído. Fuente: propia.

Como se puede apreciar, el caudal que se obtiene tiene un comportamiento bastante estable, a excepción de algunos años concretos en los que se producen picos máximos que llegan hasta caudales medios de 25 hm³/mes, como en el año 1989. Se ha podido comprobar, analizando también la piezometría, que en esos años se producen, generalmente, crecidas en los niveles piezométricos, por lo que parece que existe cierta relación entre el comportamiento de estos y del caudal restituído.

Para terminar con este apartado, cabe hacer una explicación respecto a la obtención de este caudal restituído. El lector puede haberse percatado de que, a través de la simple aplicación de la ecuación anterior, es imposible obtener el caudal restituído para el total de los años, ya que, como se ha visto anteriormente en la descripción de las afecciones, la gran mayoría no posee datos históricos, sino que solamente existe información a partir de un año determinado, con la excepción de la salida del aforo de Manises. Para poder aplicar dicha ecuación correctamente, es necesario tener información de todas las variables que intervienen, de manera que esta solamente



puede utilizarse a partir del año 1994, que es cuando empiezan a existir datos correspondientes a los Pueblos Castillo, tanto de entrada como de salida.

Es por esto por lo que, para la obtención del caudal restituído en los años anteriores, se necesita el apoyo de un modelo que sea capaz de reproducir, al menos hasta el año 1940, las series de todas las afecciones incompletas. El modelo que se utilizó con este fin se conoce con el nombre de modelo Patrical. El Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente lo describe de la siguiente manera: *“El Módulo de simulación Patrical permite construir modelos del ciclo hidrológico y calidad de las aguas distribuidos espacialmente, con paso de tiempo de simulación mensual.*

Los modelos construidos realizan la simulación del ciclo hidrológico, en régimen natural o en régimen alterado por la actividad antrópica, aplicando la formulación en cada pequeño elemento (p.e. resolución de 1 km x 1 km) en que se discretiza la cuenca hidrográfica. El programa permite contemplar la menor posibilidad de evapotranspiración de la vegetación con contenidos bajos de humedad en el suelo, las transferencias laterales entre acuíferos, el movimiento del agua a través de la red fluvial, las relaciones río-acuífero (incluyendo la posibilidad de pérdidas en cauces) y la evolución de la piezometría media de los acuíferos” (PATRICAL).

Todo lo comentado anteriormente queda reflejado en la siguiente figura de modo esquemático:

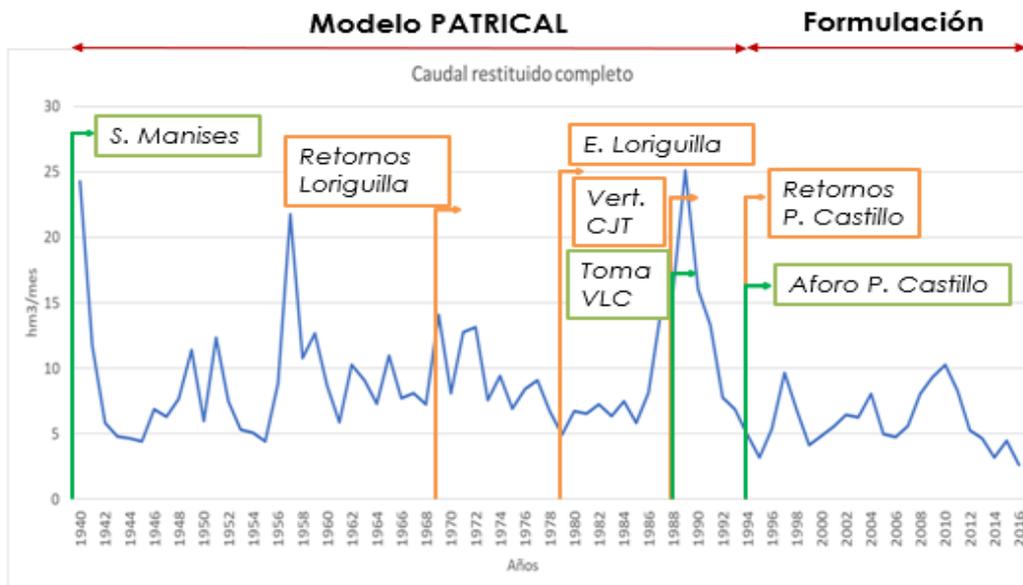


Figura 80. Esquema para la obtención del caudal restituído. Fuente: propia.

6.2.4. Caudal restituído vs Salida aforo Manises

Si se compara la serie obtenida para el caudal restituído con la serie mostrada anteriormente para la salida del aforo de Manises, llama la atención que el caudal restituído no sigue el mismo patrón de decrecimiento que se aprecia en esta última. Concretamente, en la serie del aforo de Manises, se pasa de un caudal de salida medio de 44 hm³/mes, entre los años 1960 y 1975, a un caudal de salida medio de 19 hm³/mes, entre los años 1976 y 2016. Es decir, se produce un descenso del caudal medio de unos 25 hm³/mes, como se puede apreciar en el siguiente gráfico:

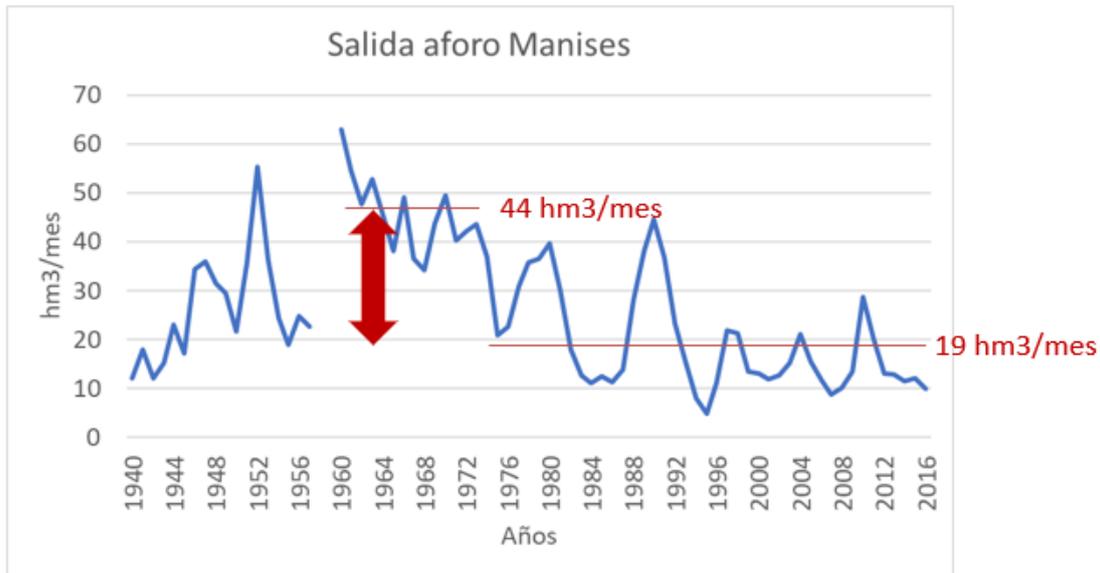


Gráfico 34. Descenso salida aforo Manises. Fuente: propia.

En cambio, en el caudal restituído no existe tal descenso, ya que los caudales medios se mantienen prácticamente constantes, en torno a un valor de unos 8 hm³/mes.

Si se comparan ambos gráficos, se puede visualizar claramente el patrón tan diferente que sigue cada uno de ellos:

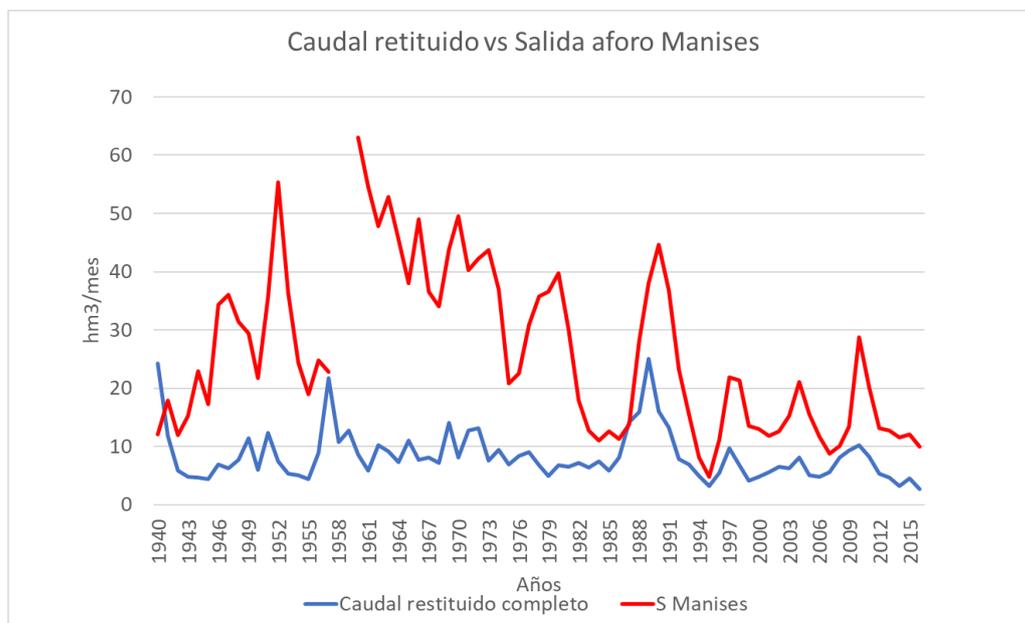


Gráfico 35. Caudal restituído vs Salida aforo Manises. Fuente: propia.

Una posible explicación a este fenómeno se encuentra en los bombeos. El modelo Patricial, como se ha visto anteriormente, permite construir modelos del ciclo



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.



hidrológico. En este caso, reproduce el ciclo a partir del año 1994, sin embargo, hay que tener en cuenta que los bombeos en ese año deberían estar prácticamente desarrollados por completos, por lo que el modelo podría haber interpretado que el caudal restituído se ha mantenido siempre en torno a los valores de los años 1994-2016, y que no han sufrido ningún descenso fruto de estos.

Comparando los caudales medios de ambas series se puede apreciar la gran diferencia existente entre ambas, exactamente de 18 hm³/mes, que como se ha dicho, aparentemente puede ser debida al efecto de los bombeos:

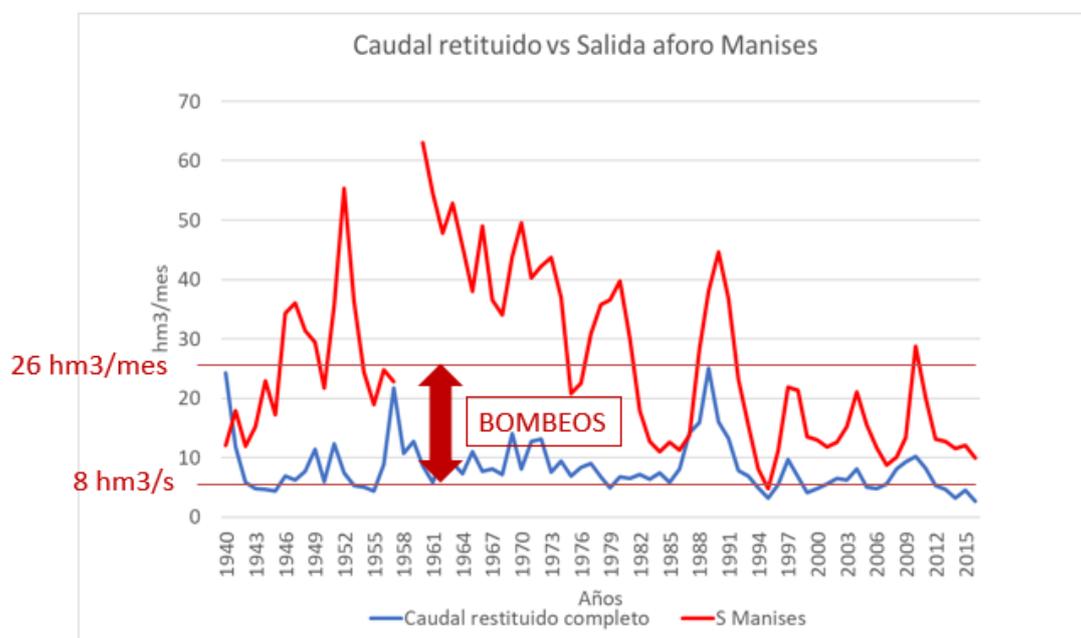


Gráfico 36. Comparativa de los caudales medios. Fuente: propia.



7. Modelo conceptual

El presente apartado, pretende servir de recopilación de aquellas ideas y conclusiones más importantes obtenidas en los apartados anteriores. Desde las que se pueden extraer tras realizar la descripción detallada del sistema, hasta las que se han obtenido realizando los análisis transversal y longitudinal.

Principalmente, se quiere dar respuesta a las siguientes incertidumbres:

- En primer lugar, se pretende entender el comportamiento del flujo del agua en el sistema, es decir, hacia dónde se mueve, cómo evoluciona o qué características especiales tiene.
- Por otro lado, surge la cuestión sobre qué zonas del sistema pueden estar viéndose afectadas por acciones externas. De manera que, tras analizar la piezometría, se pretende agrupar en una misma figura todas aquellas zonas que requieran alguna mención especial al respecto.
- Finalmente, y también gracias al análisis de los niveles piezométricos, se pretende dar respuesta a qué comportamiento tiene el río en cada uno de los tramos analizados. Para ello se representará también en una misma figura la evolución que sufre el río en cuanto a su carácter ganador o perdedor, además de tener conocimiento también del caudal medio que circula actualmente por el mismo gracias al análisis longitudinal realizado en el apartado anterior.

Encajando todas estas cuestiones, se puede construir un modelo conceptual que sirva para comprender un poco mejor el sistema y también para tener una base con la cual poder realizar el último apartado de este estudio.



7.1. Flujo del agua

Tras el análisis de las isopiezas mostrado en el apartado 5.5 del presente documento, y dando por fiables los mapas de isopiezas que allí se mostraron, especialmente los elaborados por la CHJ, en 2005, y el IGME, en 2008, por ser más actuales, se puede interpretar que el flujo del agua tiene un comportamiento que sigue los siguientes patrones:

- En la cabecera del tramo del río analizado, entre el Embalse de Loriguilla y el acuífero impermeable existente, se puede apreciar observando las curvas de nivel piezométrico, que el flujo del agua tiene una tendencia clara a desembocar en el río Turia, incidiendo sobre este con un cierto ángulo de inclinación. Esta interpretación parece consistente ya que se da en los dos mapas de isopiezas mencionados anteriormente.
- Tras este primer tramo, las curvas de nivel comienzan progresivamente a hacerse cada vez más perpendiculares al cauce del río Turia, en el tramo que pasa por los acuíferos de Liria – Casinos y Buñol – Chestre, por lo que, poco a poco, el flujo del agua aparentemente circula de una manera más paralela a este, aunque todavía desembocando sobre él.
- Finalmente, en el último tramo del río Turia, que pasa ya sobre el acuífero Plana de Valencia Norte, las isopiezas dan a entender que el flujo del agua es ya en la mayoría de los puntos paralelo a este, por lo que aparentemente el agua ya no desemboca de manera clara sobre el propio río.

Además de estos patrones de comportamiento que se aprecian en ambos mapas de isopiezas, cabe destacar la gran depresión que se produce, en el mapa elaborado por el IGME, en el acuífero Plana de Valencia Norte, justo en la zona fronteriza con el acuífero Buñol – Chestre. Curiosamente, en ese punto, se ha comprobado que no existe ningún piezómetro que pueda servir de ayuda para entender a qué se debe tal depresión, ya que, analizando el otro mapa de isopiezas, parece ser que se trate de algo puntual. De manera que, sería conveniente la instalación de un piezómetro en dicha zona que proporcione ayuda para poder entender dicho fenómeno.

La siguiente figura, pretende recoger de modo esquemático todo lo comentado anteriormente:

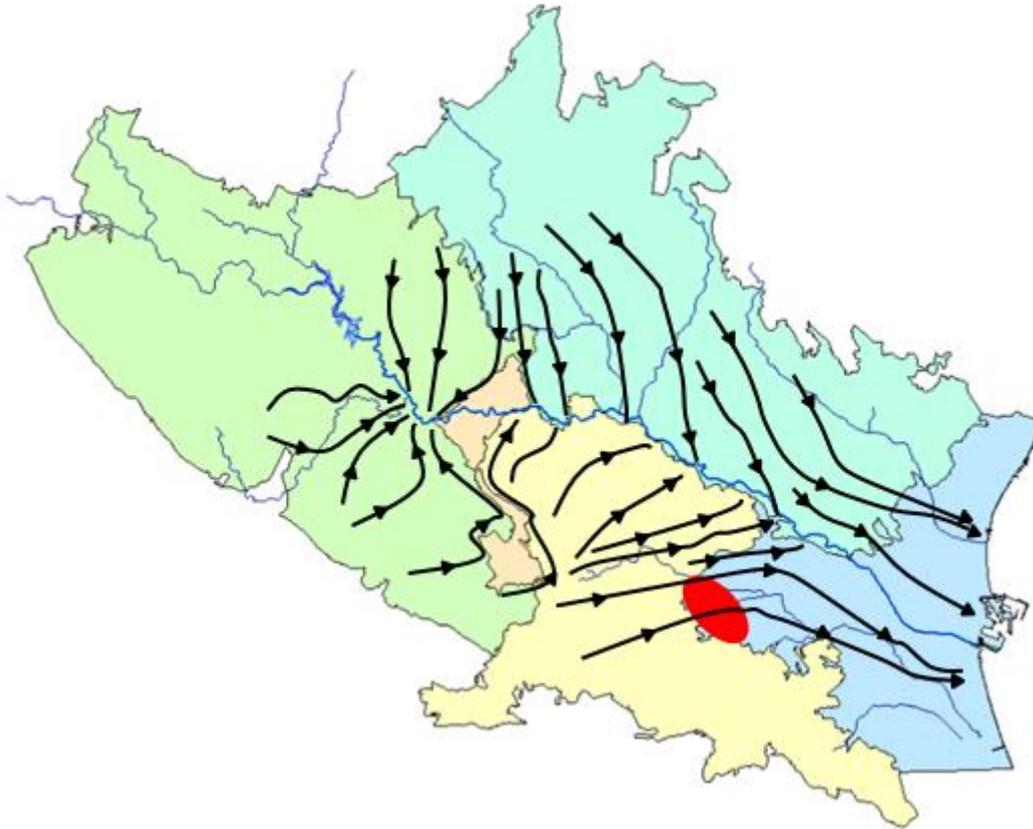


Figura 81. Esquema resumen del flujo del agua subterránea. Fuente: propia.

7.2. Piezómetros representativos

Debido que los piezómetros que forman parte de la red representativa son, por definición, aquellos que describen el comportamiento de las masas subterráneas, se considera interesante recopilar aquellas conclusiones extraídas cuando se realizó el análisis de estos, en el apartado 6.1.

En primer lugar, los piezómetros localizados en el acuífero Las Serranías, mostraban un comportamiento aparentemente natural, sin sufrir ningún patrón definido por la margen izquierda, y con oscilaciones en los pocos años en los que se tenía información por la margen derecha, por lo que, al parecer, no existe ninguna zona que merezca especial atención.



En segundo lugar, en los piezómetros que se situaban en el acuífero Liria – Casinos, se pudo apreciar que en la zona más alejada al río Turia, entre las Ramblas Escarihuela y Castellana, existe incremento de los niveles piezométricos con el paso del tiempo, mientras que, en la zona donde comienza la Rambla Castellana, los niveles piezométricos no siguen ningún patrón establecido, por lo que aparentemente su variación con el paso del tiempo ha sido totalmente natural.

En cuanto al piezómetro localizado en el acuífero Buñol – Cheste, se apreció claramente un descenso de los niveles piezométricos con el tiempo, por lo que puede ser una posible zona que se esté viendo afectada y que cabe controlar.

Finalmente, en los piezómetros ubicados en el acuífero Plana Valencia Norte, se pudo ver como en la margen izquierda, la serie de niveles piezométricos mostraban un ligero descenso con el paso del tiempo, por lo que puede ser una zona susceptible a afecciones externas. En cambio, por la margen derecha, se apreció un claro patrón creciente en el piezómetro situado más próximo al acuífero Buñol – Cheste, mientras que, en el piezómetro más próximo a la desembocadura, se pudo observar que los niveles habían crecido tras un fuerte descenso producido en el año 2006, sin embargo, no se puede saber si su evolución temporal ha seguido algún patrón establecido o se ha comportado de manera natural.

El resumen esquemático en el que aparecen destacadas las zonas que requieren una mención especial queda recogido en la siguiente figura:

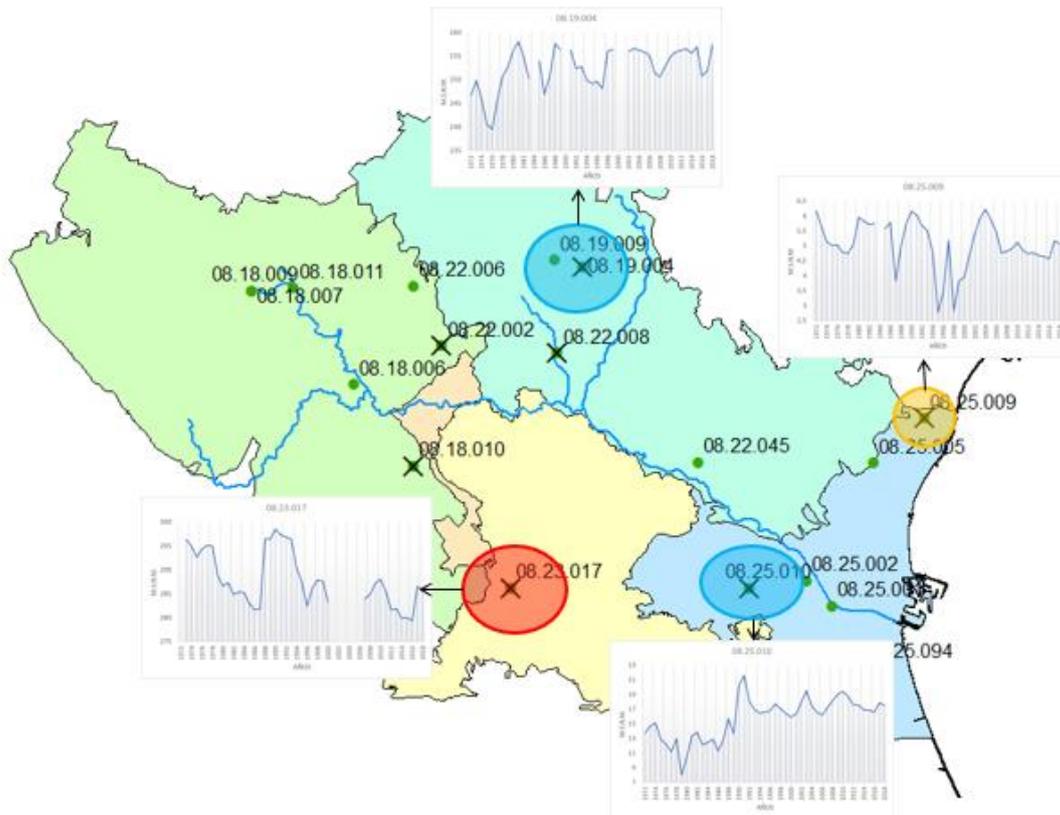


Figura 82. Esquema resumen de los piezómetros representativos. Fuente: propia.

7.3. Análisis transversal

En este apartado, se van a recoger aquellas conclusiones más importantes extraídas tras realizar el análisis transversal mediante los 8 cortes realizados y comentados en el apartado 6. Para ello, se tendrán en cuenta aquellas zonas que, tras la visualización de sus piezómetros, se puede apreciar que los niveles piezométricos han sufrido incrementos o descensos, mientras que, aquellas zonas en las que no se tiene información suficiente o bien los piezómetros demuestran que el comportamiento de las masas subterráneas en esos puntos es natural, se obvian. Además, se recogerá también la evolución del carácter ganador – perdedor del río Turia a medida que se aproxima a la desembocadura.

En primer lugar, en el corte transversal Villar del Arzobispo – Sot de Chera, se puede apreciar una primera zona en la que los niveles piezométricos parecen haber crecido si se analizan a la par los piezómetros 08.22.032 y 08.22.006, ya que se sitúan



muy próximos el uno del otro y los años que tiene cada uno aportando información se complementan.

En segundo lugar, en el corte transversal Monrabana – Chiva, el piezómetro 08.22.012 muestra una tendencia creciente de los niveles piezométricos. Al igual que el 08.19.004 visto anteriormente, que también tenía una tendencia creciente, este se encuentra entre las Ramblas Castellana y Escarihuela, aunque en este caso se sitúa más próximo al río y a la primera de estas ramblas mencionadas.

A continuación, en el corte transversal Bétera – Cheste, existe una zona localizada en la margen izquierda que parece tener una tendencia decreciente, al menos hasta el año 2000, en sus niveles piezométricos, tal y como muestra el piezómetro 08.20.042.

Posteriormente, en el corte transversal Raflebunyol – Picassent, se tienen un total de tres zonas que tiene un patrón de crecimiento – decrecimiento definido. La primera es creciente, al menos hasta el año 2000; se sitúa en la margen derecha del río Turia, junto a la Rambla Poyo, quedando definida por el piezómetro 08.25.023, y dando continuidad al crecimiento que se vio en el apartado anterior y que reflejó el piezómetro 08.25.010. Seguidamente, en la margen izquierda y junto al río Turia, aparece una zona en la que se puede intuir que los niveles piezométricos han sufrido un descenso, tal y como muestra el piezómetro 08.25.027. Finalmente, junto al Barranco del Carraixet, se sitúa el piezómetro 08.22.027, el cual muestra un comportamiento también decreciente de los niveles piezométricos.

Por último, en el corte transversal El Puig – Silla, existe otra zona decreciente, en la margen derecha del Barranco del Carraixet, tal y como se puede apreciar en el piezómetro 08.25.030, por lo que da continuidad al descenso que mostraba el piezómetro 08.22.027, mencionado anteriormente y situado también junto al Barranco del Carraixet.

Todas estas zonas comentadas quedan recogidas de manera esquemática en la siguiente figura:

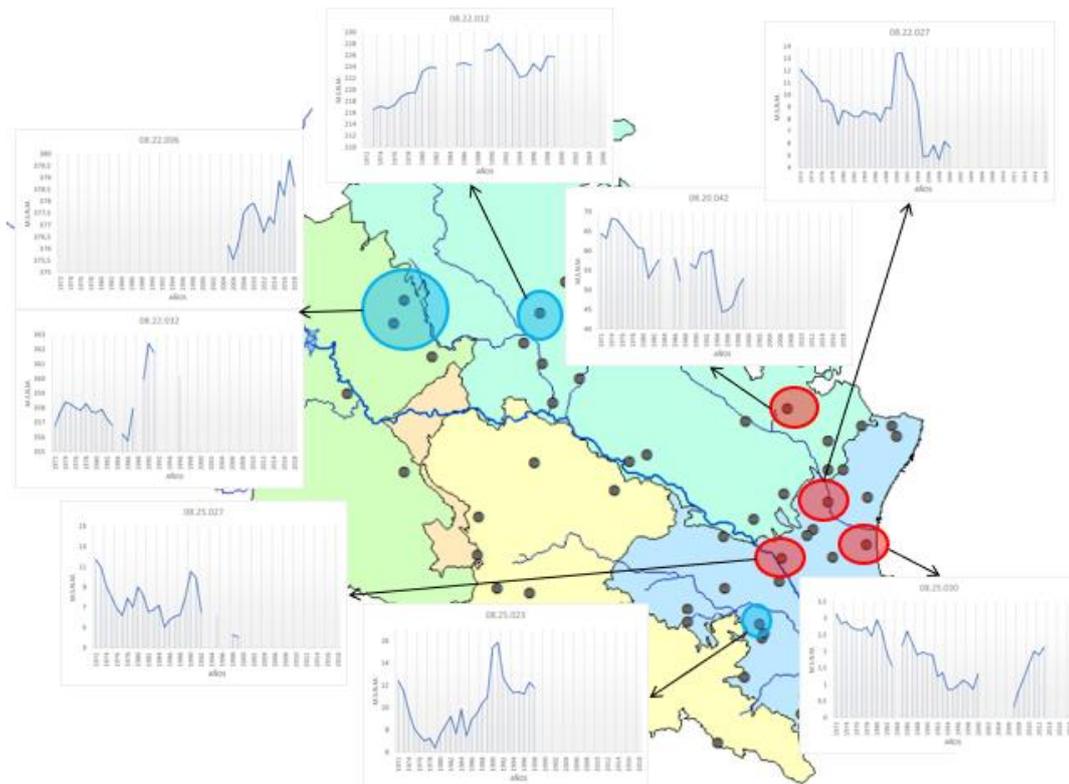


Figura 83. Esquema resumen de los cortes transversales. Fuente: propia.

En cuanto a la evolución del carácter ganador – perdedor del río, se pueden diferenciar los siguientes tres tramos:

- En un primer tramo que va desde el Embalse de Loriguilla hasta aproximadamente la Rambla Escarihula, se puede apreciar que el río tiene un carácter claramente ganador por ambas márgenes.
- A continuación de este, aparece un pequeño tramo que va desde la Rambla Escarihuela hasta Manises, en el cual por la margen derecha el río sigue siendo ganador, sin embargo, por la margen izquierda los niveles piezométricos comienzan a caer y el río no se puede asegurar que esté ganando agua.
- Finalmente, entre Manises y la desembocadura de río Turia, el río tiene un carácter predominantemente perdedor por ambas márgenes, debido a que los niveles piezométricos se sitúan por debajo del cauce del río Turia, condicionados, como ya se vio, por el descenso que sufren los cauces del Barranco del Carraixet y la Rambla Poyo al aproximarse este a la costa.

Estos tres tramos se recogen de esquemáticamente en la siguiente figura:

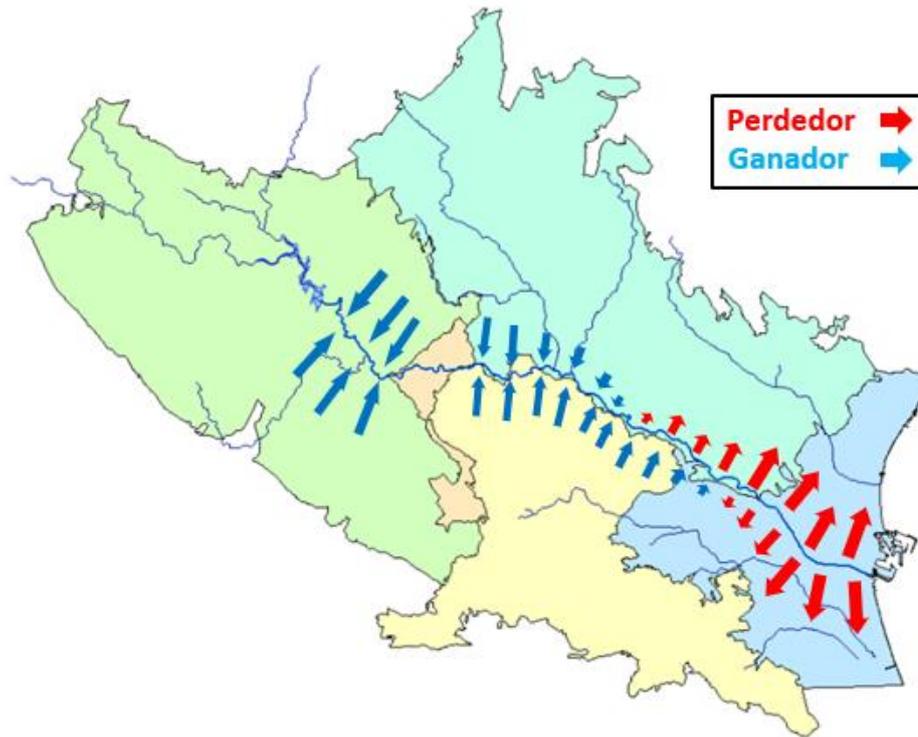


Figura 84. Esquema resumen del carácter del río Turia. Fuente: propia.

7.4. Representación del modelo conceptual

Para terminar con este apartado, se considera necesaria una representación global que sea capaz de recoger toda la información expuesta en los subapartados anteriores y que permita comprender el funcionamiento del sistema analizado, así como reflejar aquellas zonas que se consideran importantes debido a su comportamiento. Dicha representación se muestra en la siguiente figura:

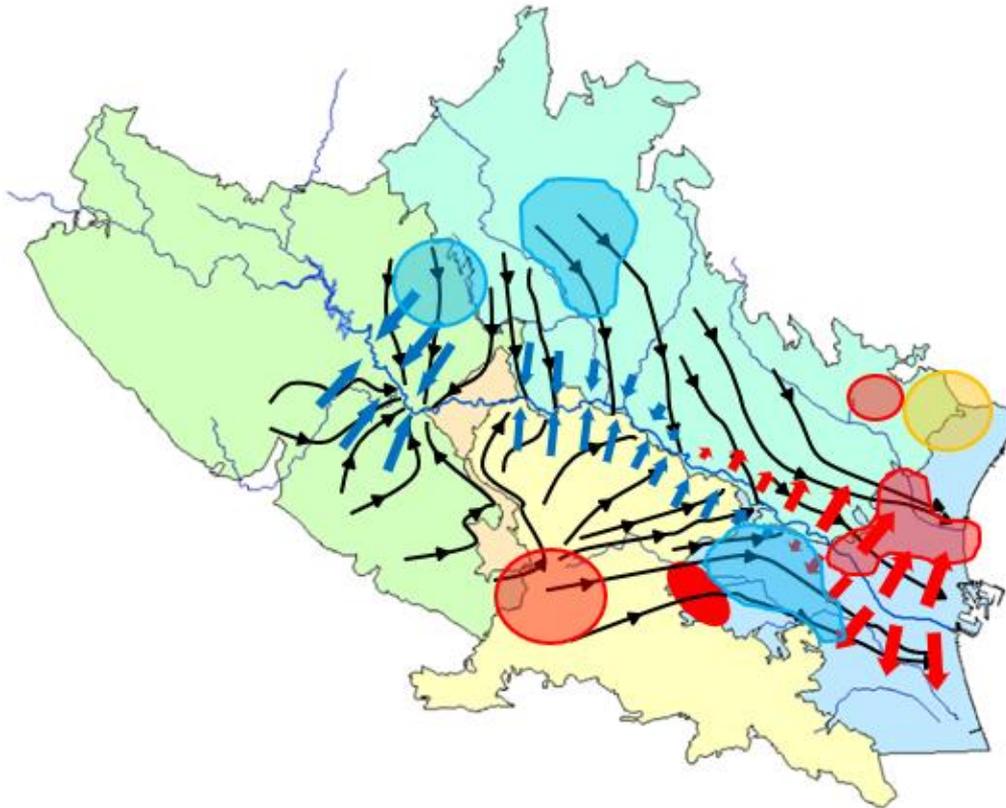


Gráfico 37. Esquema del modelo conceptual. Fuente: propia.

A modo de resumen final, y como se puede ver en la figura anterior, del sistema analizado cabe destacar las siguientes características. En su primer tramo, el río presenta un claro carácter ganador, con el flujo de agua incidiendo sobre el mismo prácticamente de manera perpendicular por ambas márgenes. Además, se puede observar que los niveles piezométricos han tenido una tendencia creciente con el paso del tiempo en, al menos, dos zonas importantes.

Conforme se va avanzando hacia la desembocadura, se aprecia que el flujo del agua va tendiendo cada vez a ser más paralelo al río, aunque todavía sigue incidiendo sobre este. También se aprecia que, en la margen derecha, ha habido un descenso de los niveles piezométricos, coincidiendo prácticamente con el nacimiento de la Rambla Poyo. Por su parte, en la margen izquierda, los niveles comienzan a descender de una forma más acelerada tendiendo cada vez a estar más próximos a la cota del cauce del río Turia y haciendo que este comience poco a poco a dejar de ser ganador por dicha margen.



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.



Finalmente, en su último tramo, el río ya es perdedor por ambas márgenes, el flujo del agua ya fluye prácticamente de manera paralela al río Turia, debido en parte al descenso por ambas márgenes de las cotas del Barranco del Carraixet y la Rambla del Poyo, que han dotado al agua subterránea de una vía de escape alternativa al río Turia. Además, cabe destacar que por la margen izquierda parece que los niveles piezométricos han descendido con el paso del tiempo, mientras que, por la margen derecha, parece haber una zona donde aparentemente han crecido, a excepción de la gran depresión que se observó en las isopiezas y que conviene analizar colocando un piezómetro en dicha zona.



8. Modelo matemático

El siguiente apartado servirá de cierre para el presente estudio. En él, se pretende elaborar un modelo matemático que sea capaz de reproducir de la mejor manera posible lo que sucede en la realidad en la zona de estudio. Dado que para la elaboración del modelo se precisan de una serie de datos, entre los que se encuentra el caudal que circula por el río Turia, y estos pueden conocerse de manera precisa gracias a las estaciones de aforo, el modelo matemático se va a centrar exclusivamente en el tramo del río Turia entre el Embalse de Loriguilla y Manises, descartando así el último tramo de este antes de llegar a la desembocadura. Este tramo se ve afectado por los acuíferos Las Serranías, Liria – Casinos y Buñol – Cheste, mientras que el acuífero Plana de Valencia Norte se entiende que no tendrá incidencia en el tramo analizado. Cabe destacar que, debido a que el tramo Loriguilla – Manises es un tramo considerablemente largo que puede estar sujeto a multitud de afecciones que pueden complicar demasiado la tarea, y a que existe un aforo intermedio en el municipio de Bugarra, se ha considerado útil dividir el modelo matemático en dos modelos de menor entidad, de manera que, el primer modelo se realizará en el tramo Loriguilla – Bugarra (Medio Turia), y el segundo se realizará en el tramo Bugarra – Manises (Bajo Turia). La unión de ambos modelos será equivalente a la modelización del tramo Loriguilla – Manises. Estos aparecen representados en la siguiente figura:



Figura 85. Alcance de los modelos. Fuente: propia.

Se puede decir que, la elaboración de este modelo matemático tiene por objetivo principal la realización de simulaciones que permitan obtener una serie de conclusiones importantes relacionadas, sobre todo, con la explotación de las masas de agua subterránea en esta zona, así como con la incidencia que pueden tener sobre el caudal del río Turia. Además, también pretende servir como complemento al modelo conceptual elaborado en el apartado anterior, ya que todos los datos utilizados en su elaboración aportarán más información sobre el funcionamiento del sistema.

Para la construcción del modelo matemático, se va a utilizar el modelo de Témez; con él, se pretende modelizar la componente subterránea del sistema, que es la que se puede ver afectada de manera directa por una explotación descontrolada de las masas de agua subterránea. El modelo hidrológico distribuido de Témez es un modelo matemático simplificado de lluvia – escorrentía que se utiliza para la evaluación de los recursos hídricos en régimen natural con paso mensual. A partir de una serie de variables de entrada, como son las precipitaciones y la evapotranspiración, y los parámetros hidrológicos, el modelo es capaz de cuantificar los almacenamientos, humedad del suelo y volumen de los acuíferos, así como de obtener la escorrentía total,

a través de la suma de la escorrentía superficial y la escorrentía subterránea (Potenciano de las Heras y Villaverde Valero, 2009). Todo esto queda recogido en la siguiente figura:

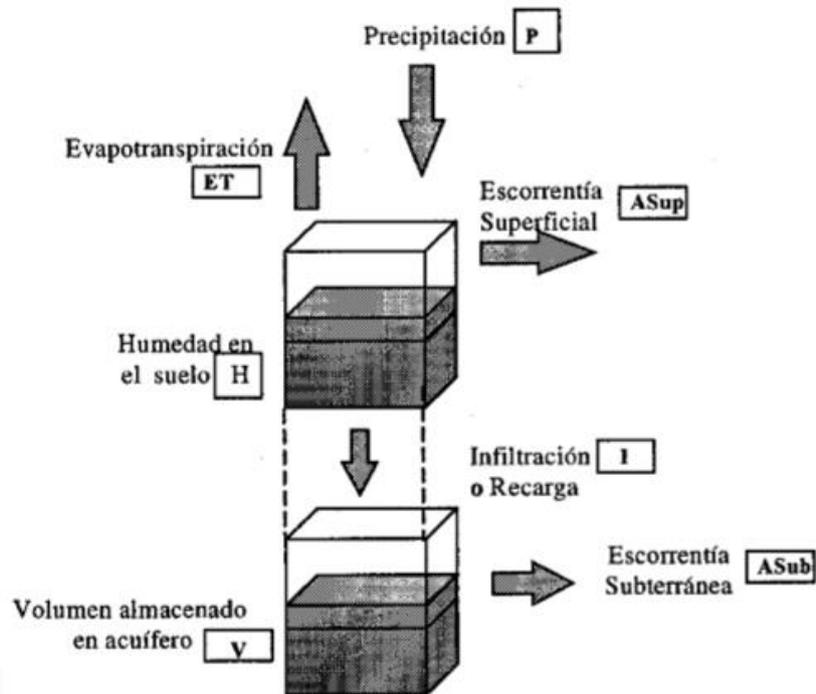


Figura 86. Esquema del modelo de Témex. Fuente: apuntes PGRH del MICCP.

Dado que, como se ha comentado antes, solamente se va a modelizar la escorrentía subterránea, el dato de entrada que se utilizará, y que es conocido, es la recarga mensual de los acuíferos. A partir de esta, se podrá calcular el volumen mensual almacenado por cada uno de ellos a través de la siguiente expresión:

$$V_i = V_{i-1} * e^{-\alpha * \Delta t} + \frac{R_i}{\alpha} * (1 - e^{-\alpha * \Delta t})$$

Donde:

- V_i es el volumen almacenado en el acuífero.
- R es la recarga del acuífero.
- α es el coeficiente de recesión del río, medido en 1/mes.
- t es el tiempo.

Finalmente, por simple diferencia entre el volumen de dos meses consecutivos, se obtiene el incremento o descenso que se ha producido en el mismo. Sumando dicha



diferencia a las aportaciones que se han producido en dicho mes, se obtiene la aportación final mensual.

Para terminar, tras este pequeño preámbulo acerca de lo que se espera de este apartado, se pasa ahora a describir la metodología seguida para la elaboración del mismo:

- En primer lugar, se obtendrán las aportaciones de cada uno de los acuíferos con el modelo de Témez, tal y como se ha explicado anteriormente.
- A continuación, con estas aportaciones, se intentará realizar la mejor calibración posible para cada uno de los modelos realizados, teniendo en cuenta diferentes casuísticas. De manera que, estos deberán ajustarse lo máximo posible a los datos observados de los que se dispone.
- Finalmente, se simularán algunas hipótesis futuras con el objetivo de analizar el efecto que tendrían estas sobre el sistema estudiado.

8.1. Cálculo de las aportaciones de los acuíferos

Como se ha explicado anteriormente, para obtener las aportaciones del modelo, se ha utilizado el modelo de Témez a partir de los datos de las recargas de los acuíferos. Cabe destacar que cada uno de los acuíferos se divide en diferentes celdas, para las cuales se conocen los datos de las recargas; de manera que, la aportación de cada uno de los acuíferos se debe obtener como suma de las aportaciones de cada una de las celdas que se considere que realmente están contribuyendo a aportar agua al río Turia. La selección de las celdas contribuyentes se realiza teniendo en cuenta el análisis transversal elaborado en el apartado 6 de este estudio.

8.1.1. Modelo Medio Turia

En este modelo, el acuífero en cuestión es el de Las Serranías. Este, a su vez, se dividen en las siguientes celdas:



1. Anticlinal de Chelva.
2. La Contienda de Chiva.
3. Las Serranías (Chulilla).
4. Medio Turia (Loriguilla).
5. Medio Turia (Sot y Buseo).

Tras el análisis transversal realizado, las únicas celdas que se tendrán en cuenta para la construcción del modelo son “Medio Turia (Loriguilla)”, “Medio Turia (Río Sot y Buseo)” y “Las Serranías (Chulilla)”, por entenderse que son las que realmente están aportando agua al río, ya que la celda “Anticlinal de Chelva” se encuentra en la zona del río que va antes incluso que el Embalse de Loriguilla, y la subcelda “La Contienda de Chiva,” queda muy alejada del río Turia y con un acuífero impermeable de por medio, por lo que se considera que no afectan al tramo analizado.

Teniendo en cuenta estos detalles, se modelizarán las aportaciones subterráneas producidas en este tramo.

8.1.2. Modelo Bajo Turia

Siguiendo con el procedimiento anterior, en este modelo se encuentran los acuíferos Liria – Casinos y Buñol – Cheste. Ambos se dividen también en celdas, de las cuales se tendrán en cuenta, por el mismo motivo que en el modelo anterior, las siguientes para cada acuífero.

Liria – Casinos:

1. Alcublas.
2. Benaguasil.
3. Bétera.
4. Casinos.
5. Paterna – Moncada
6. Liria (manantial).

Buñol – Cheste:



1. Mesozoicos de Chestre (cabecera).
2. Mesozoicos de Chestre (Turia).
3. Pedralba.
4. Terciarios de Chiva (Chiva).

Teniendo en cuenta estos detalles, se modelizarán las aportaciones subterráneas producidas en este tramo.

8.2. Ajuste del modelo

8.2.1. Elementos que intervienen

Para el ajuste del modelo es necesario estudiar los datos observados de los que se tiene conocimiento. De manera que, el primer paso será calcular cuál es la aportación intercuenca real que se produce en cada uno de los tramos. Esto se obtiene a partir de los caudales recogidos en cada uno de los aforos, de manera que la aportación intercuenca se obtiene como diferencia de los caudales entre dos aforos consecutivos.

Para ajustar el modelo a la aportación intercuenca obtenida, se deberán tener en cuenta los siguientes elementos y parámetros:

Elementos:

- Aportaciones superficiales: la aportación intercuenca calculada, incluye tanto las aportaciones superficiales como las subterráneas. Dado que las aportaciones subterráneas son las que se han modelizado, es necesario calcular también qué cantidad es aportada por las aguas superficiales. De manera que, como la cantidad de agua que circula procedente de las aportaciones superficiales es un dato conocido en las estaciones de aforo, la aportación superficial intercuenca puede obtenerse por simple diferencia de las aportaciones superficiales de dos aforos consecutivos, del mismo modo que se ha explicado anteriormente para obtener las aportaciones intercuenca totales.
- Afecciones externas: son aquellas actuaciones artificiales que pueden condicionar la cantidad de agua que circula por el río Turia. Básicamente



se trata de aquellas afecciones que se tuvieron en cuenta a la hora de calcular el caudal restituído. Estas son: las filtraciones del Embalse de Loriguilla, las derivaciones para los riegos de Pueblos Castillo, las filtraciones de retorno de los riegos de Pueblos Castillo, la Toma de Agua de Valencia y los vertidos del Canal Júcar – Turia.

- **Bombes:** los bombes son otro de los datos para tener en cuenta a la hora de alcanzar un ajuste del modelo adecuado. Se tiene conocimiento aproximado de los bombes que existen hoy en día, aunque no tienen por qué ser exactos, así como de sus curvas de crecimiento, las cuales tienen la forma de una curva exponencial que se desarrolla en un periodo de unos 20 años, manteniéndose constantes los bombes a partir de ese instante. Además, cabe tener en cuenta que los bombes se producen principalmente en los meses de verano cuando hay escasez de agua, mientras que en los meses de invierno estos disminuyen.

Parámetros:

- **Coefficiente de recesión del río (α):** este es uno de los parámetros que se deben utilizar para calibrar el modelo. Actualmente, se tiene una estimación de dicho parámetro para cada uno de los modelos, sin embargo, no tiene por qué ser un valor definitivo. De manera que este puede ser diferente del estimado, e incluso diferente entre acuíferos y entre celdas de un mismo acuífero.
- **Factor de influencia:** se trata de un factor multiplicador que tiene incidencia sobre las aportaciones modelizadas para cada una de las celdas seleccionadas de cada acuífero. Este factor se ha creado por el hecho de que, posiblemente, el total de las aportaciones que produce cada una de las celdas no esté desembocando en el río Turia. De manera que, este será otro de los parámetros utilizados para ajustar el modelo y actuará sobre las recargas de los acuíferos. Para su obtención, se tendrá en cuenta el análisis transversal realizado en el apartado 6, en el cual se puede intuir hasta qué punto las celdas de cada acuífero pueden estar aportando agua al río Turia.



- Calidad del ajuste: finalmente, para estimar la calidad del ajuste y, en definitiva, medir la validez del modelo para la realización de diferentes simulaciones, se va a utilizar el coeficiente de Nash-Sutcliffe (E). Este, es uno de los más utilizados en hidrología y se define como se muestra en la siguiente expresión:

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{sim,i} - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_{medio})^2}$$

Siendo el numerador el error cuadrático medio y donde:

- $Q_{sim,i}$, es el caudal simulado en un instante i .
- Q_i , es el caudal observado en un instante i .
- Q_{medio} , es el caudal medio de los caudales observados.

El coeficiente de Nash-Sutcliffe mide cuánto de la variabilidad de las observaciones es explicada por la simulación. Algunos de los valores propuestos a la hora de tomar decisiones en base a este coeficiente son los siguientes (Cabrera, 2011):

E	Ajuste
<0.2	Insuficiente
0.2 – 0.4	Satisfactorio
0.4 – 0.6	Bueno
0.6 -0.8	Muy bueno
> 0.8	Excelente

Tabla 4. Valores de referencia del coeficiente de Nash-Sutcliffe. Fuente: (Cabrera, 2011).

Si la simulación es perfecta, $E=1$; si $E=0$, indica que las predicciones del modelo son tan precisas como la media de los datos observados; finalmente, si $E<0$ la media observada es un mejor predictor que el modelo.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se procede ahora a la realización del ajuste para cada uno de los modelos comentados.

8.2.2. Modelo Medio Turia

Como se ha comentado anteriormente, el primer caso consiste en averiguar cuál es la aportación intercuenca que se produce en el tramo analizado, en este caso, en Loriguilla – Bugarra. Para ello es necesario el caudal que pasa por los aforos tanto de Loriguilla como de Bugarra, que son los que se muestran en el siguiente gráfico:

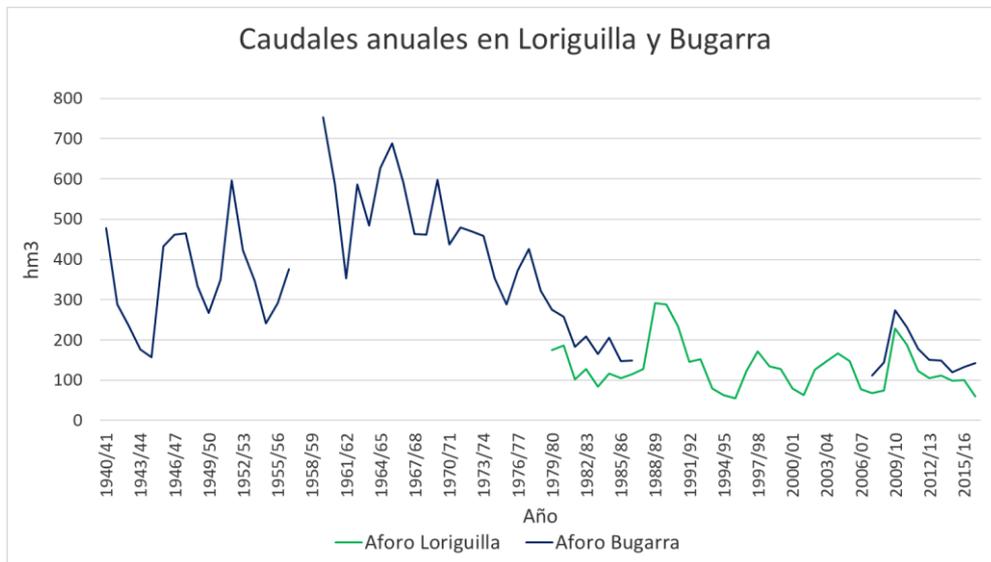


Gráfico 38. Caudales anuales en Loriguilla y Bugarra. Fuente: propia.

Como se puede apreciar, el caudal en Bugarra ha sufrido un descenso con el paso del tiempo, especialmente en el periodo comprendido entre los años 1959 – 1987, sin embargo, del caudal que sale del Embalse de Loriguilla solamente se tiene información desde el año 1979.

Para ninguno de los dos aforos existen datos de todos los años, ya que, por un lado, el aforo de Bugarra se destruyó en el año 1987 y no fue hasta el año 2007 cuando volvió a entrar en funcionamiento. Por otro lado, del Embalse de Loriguilla no se tienen datos hasta el año 1979. De manera que la aportación intercuenca solamente se puede calcular para los años en los que se tiene información de ambos aforos. Estos son los periodos comprendidos entre los años 1979 – 1987 y 2007 – 2017. Cabe destacar que, en dichos periodos, el caudal que pasa por Bugarra es superior al que sale del Embalse de Loriguilla, por lo que se producen aportaciones en ese tramo.

De manera que, la aportación intercuenca es la que se muestra en el siguiente gráfico:

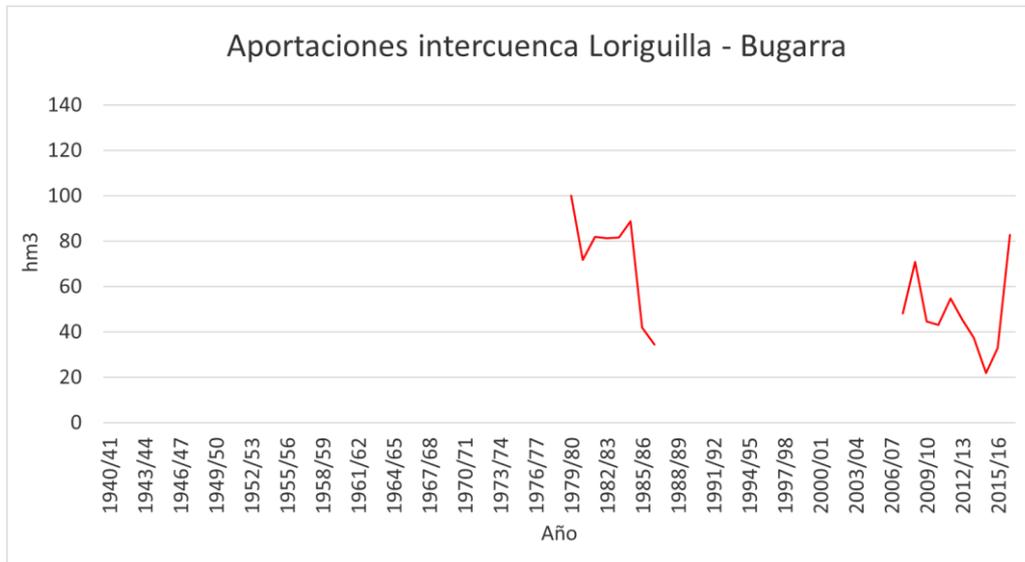


Gráfico 39. Aportaciones intercuenca Loriguilla - Bugarra. Fuente: propia.

Como se puede ver, los datos que se tiene para realizar el ajuste no son muy completos, lo que dificultará más aún la tarea. Se observa como la aportación intercuenca se mueve entre valor máximo de 100 hm³ en el año 1979/1980 y el valor mínimo de 20 hm³ en el año 2016/2017. Además, los datos aparecen diferenciados en dos periodos, que de aquí en adelante se hará referencia a ellos como “old”, el primer periodo, y “actual”, el segundo periodo.

Una vez que se conocen estas aportaciones, que son un dato observado y, por lo tanto, a lo que se debe ajustar el modelo, es momento de hacer un repaso a los diferentes elementos que intervienen en este tramo de los que se han comentado anteriormente.

En primer lugar, es necesario conocer cuáles son las aportaciones superficiales. Para este tramo, son las que se muestran en el siguiente gráfico:

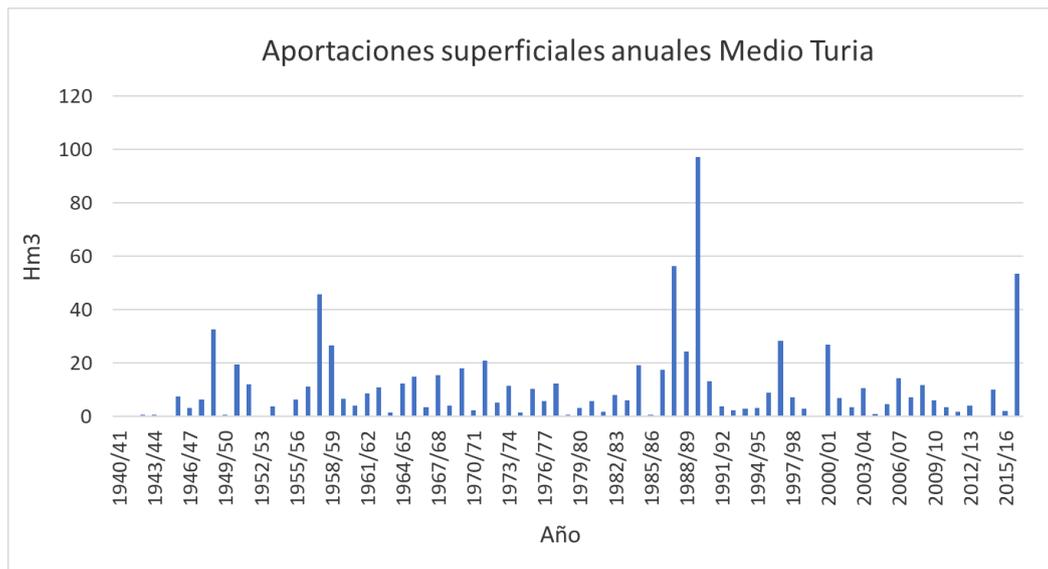


Gráfico 40. Aportaciones superficiales anuales Medio Turia. Fuente: propia.

Como se puede observar, las aportaciones superficiales no superan los 20 hm³ anuales, sin embargo, se producen ciertos picos de aportaciones en años determinados como, por ejemplo, en el año 1989/1990. De media, las aportaciones superficiales son de unos 11 hm³ anuales.

En segundo lugar, también es importante conocer cuáles de las afecciones externas que se describieron en el análisis longitudinal para obtener el caudal restituído (apartado 6.2) tienen incidencia en este tramo. De manera que, gracias a la figura 79 en la que aparecen localizadas las diferentes afecciones, se puede ver que la única que interviene en este tramo son los retornos por filtraciones del embalse de Loriguilla, los cuales ya fueron mostrados en el gráfico 27, y tiene un valor medio de unos 20 hm³ anuales.

Estos retornos deben sumarse a las aportaciones superficiales calculadas y a las aportaciones subterráneas modelizadas para tener un ajuste del modelo más preciso.

El último elemento para tener en cuenta en este modelo son los bombeos. En el tramo analizado solamente interviene, como se ha visto anteriormente, el acuífero de las Serranías. Se tiene conocimiento de que los bombeos actuales en dicho acuífero son de unos 5 hm³/año y de que su curva de evolución temporal tiene la siguiente forma:

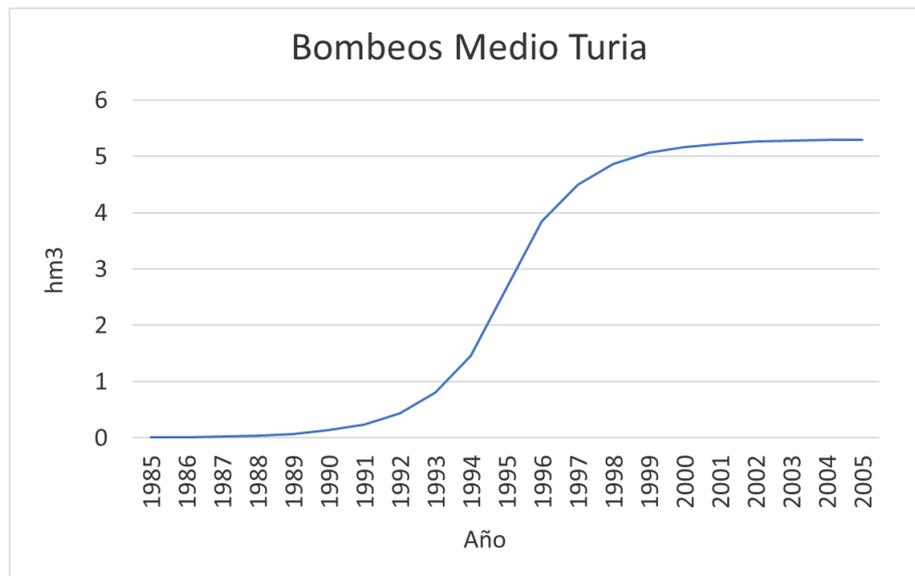


Gráfico 41. Evolución de los bombeos en Medio Turia. Fuente: propia.

Con todos estos elementos se procede ahora a realizar el mejor ajuste posible con la información disponible. Para ello, en primer lugar, se ha buscado el mejor valor para el parámetro α que permita representar, de la mejor manera posible, la forma que tienen las aportaciones intercuenca observadas. En segundo lugar, se han testado diferentes valores para el parámetro del factor de incidencia, con el objetivo de conseguir que el promedio de las aportaciones del modelo en el primer periodo (old) y en el segundo periodo (actual), sea lo más parecido posible al promedio de las aportaciones observadas en los mismos periodos. Además, también se ha tenido en cuenta la calidad del ajuste visualizando siempre el coeficiente de Nash – Sutcliffe, así como los gráficos anuales y mensuales que enfrentan las aportaciones totales del modelo contra las aportaciones totales observadas y los gráficos que muestran el patrón estacional.

De manera que, con todo lo anterior, los mejores ajustes posibles, con los datos disponibles para este modelo, son los que se muestran en la siguiente tabla:

Medio Turia	α (1/mes)	Factor	Bombeos (hm3/año)	Nash-Sutcliffe	$\Delta Ap.old$ (hm3/mes)	$\Delta Ap.act$ (hm3/mes)
Caso 1	0,15	0,65	5,3	-1	-30,06	0,22
Caso 2	0,15	1,4	5,3	-3,14	0,61	35,23
Caso 3	0,15	1,7	40	-2,06	0,6	0,57
Caso 4	0,15	1,27	26	-1,36	-11,96	0,22
Caso 5	0,15	1	17	-1,11	-19,84	0,2

Tabla 5. Ajustes para el modelo Medio Turia. Fuente: propia.

Caso 1:

En este primer caso, se ha intentado ajustar, principalmente, la variación entre las aportaciones del periodo actual, que en este caso es de 0'22 hm³/mes. Para ello se ha necesitado un factor de influencia de las aportaciones de las celdas de los acuíferos de 0'65. Con esto, se consigue obtener un coeficiente de Nash de -1, lo que indica que el ajuste es insuficiente.

Los gráficos comentados anteriormente son, para este caso, los que se muestran a continuación:

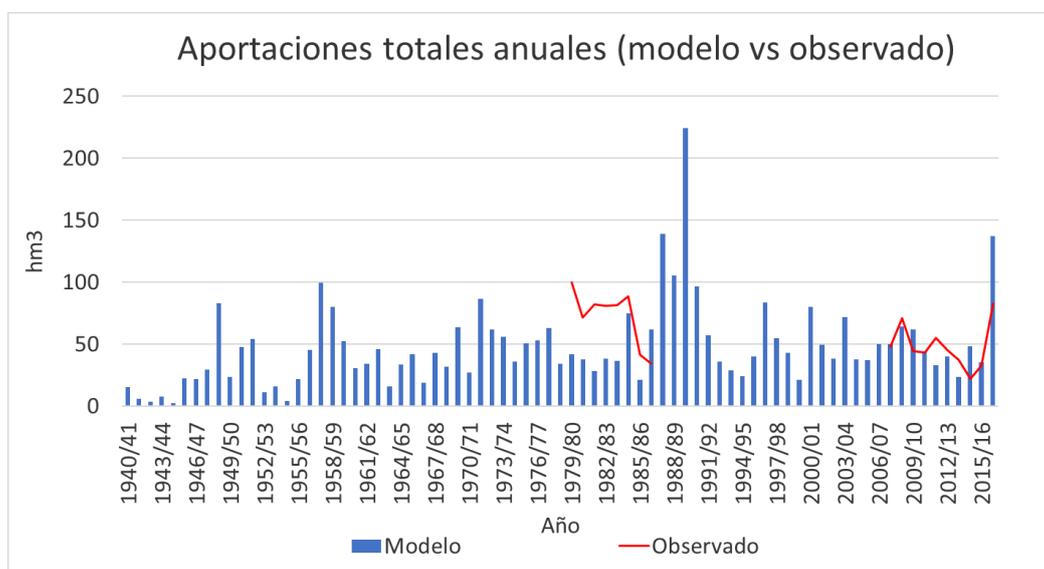


Gráfico 42. Aportaciones totales anuales Medio Turia caso 1. Fuente: propia.

Se puede ver claramente en este gráfico, como el ajuste para el periodo actual es mucho mejor que para el primero, tal y como cabía esperar al visualizar los resultados de la tabla anterior. En el periodo old las aportaciones del modelo no alcanzan a igualar las aportaciones realmente observadas, de ahí el desfase de unos 30 hm³/mes de media.

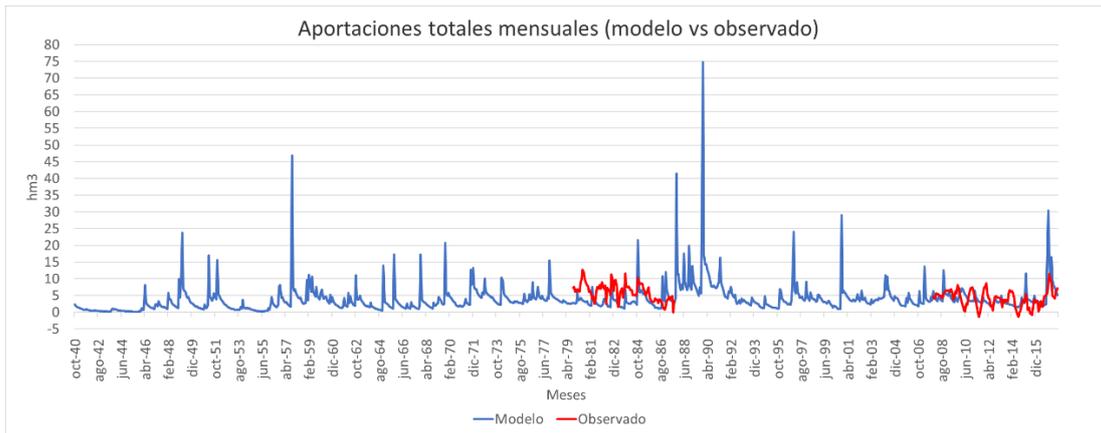


Gráfico 43. Aportaciones totales mensuales Medio Turia caso 1. Fuente: propia.

Del mismo modo que en el gráfico anterior, el ajuste es mejor para el periodo actual tal y como cabía esperar. Sin embargo, se aprecia como hay algunos picos que el modelo no es capaz de reproducir de manera correcta, lo cual se ve reflejado en el coeficiente de Nash.

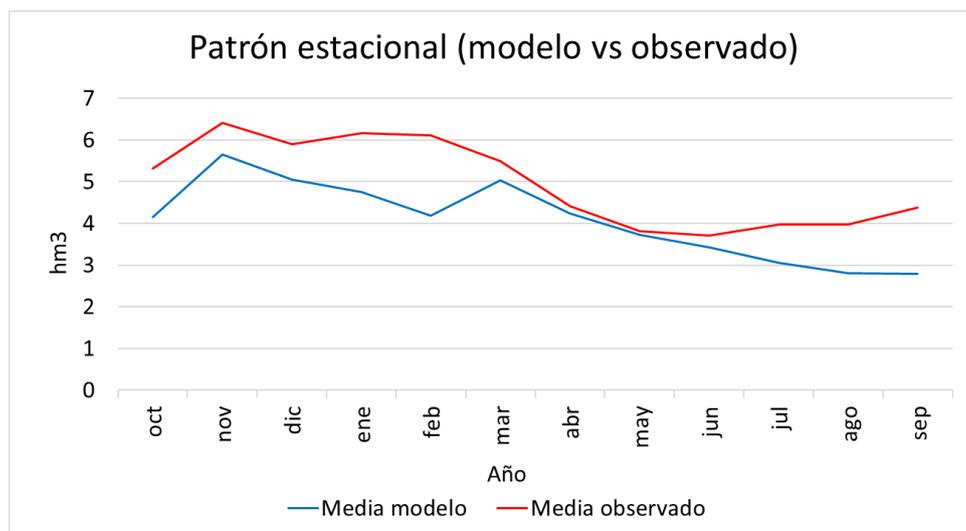


Gráfico 44. Patrón estacional Medio Turia caso 1. Fuente: propia.

Finalmente, en cuanto al patrón estacional, se puede ver como el modelo es capaz de reproducir aproximadamente su forma y su orden de magnitud, sin embargo, se mantiene con valores ligeramente inferiores a los reales, debido en parte a que las aportaciones del primer periodo no están bien ajustadas y aquí se están teniendo en cuenta ambos periodos a la hora de obtener las medias mensuales.

Caso 2:

En este segundo caso, se ha intentado ajustar, principalmente, la variación entre las aportaciones del periodo old, cuyo valor es de 0'61 hm³/mes. Para ello se ha necesitado incrementar el factor de influencia de las aportaciones de las celdas de los acuíferos a 1'4. Esto ha disparado la variación de las aportaciones actuales a unos 35 hm³/mes de media y ha empeorado notablemente el coeficiente de Nash a -3'14. Por lo que, no parece descabellado dudar acerca de la rigurosidad de los datos que se tienen del primer tramo, es decir, los que se obtuvieron con el aforo existente previo actual.

Los gráficos comentados anteriormente son, para este caso, los que se muestran a continuación:

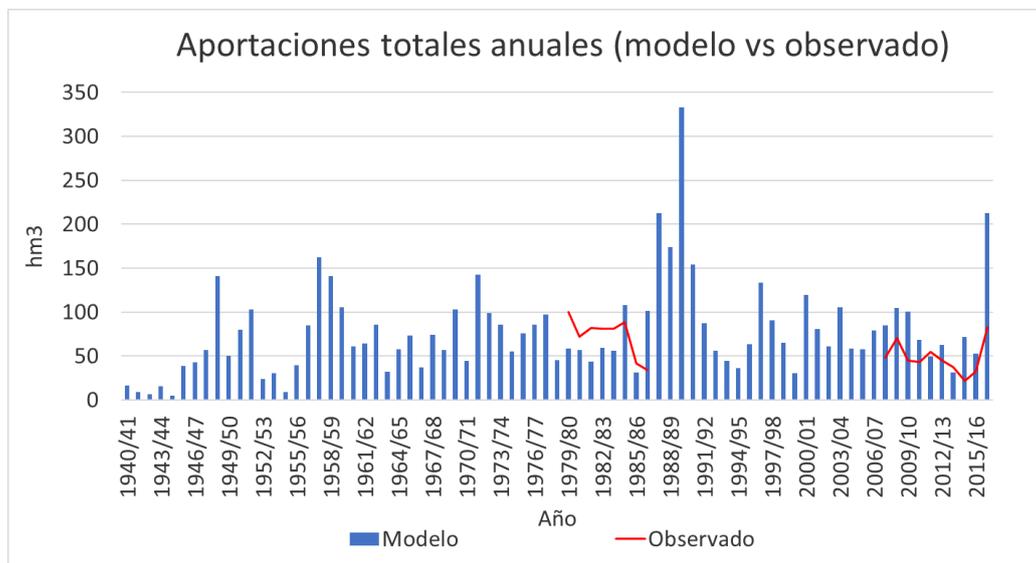


Gráfico 45. Aportaciones totales anuales Medio Turia caso 2. Fuente: propia.

En este gráfico se aprecia, respecto al del caso 1, que las aportaciones en el periodo old se han ajustado más. Ahora, las aportaciones del modelo están mucho más próximas a las aportaciones observadas en dicho periodo, sin embargo, hay un gran exceso de las aportaciones en el periodo actual, lo que provoca esa variación tan grande de 35 hm³/mes de media.

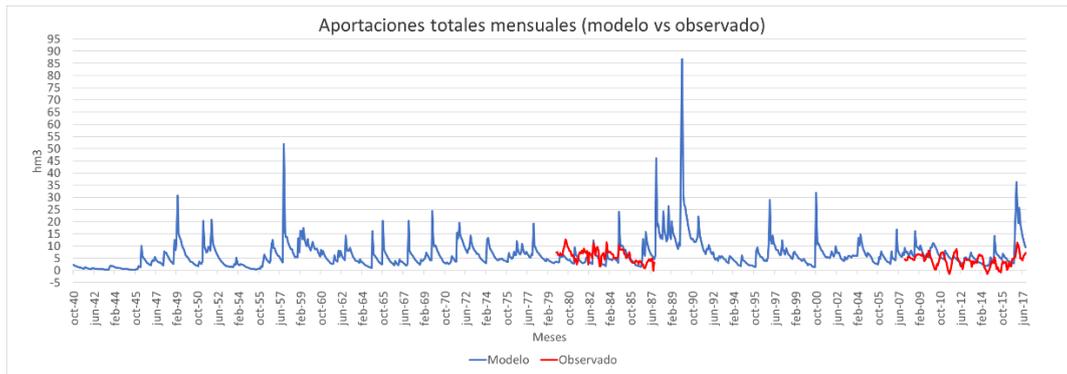


Gráfico 46. Aportaciones totales mensuales Medio Turia caso 2. Fuente: propia.

Del mismo modo, el efecto comentado para el gráfico anual se puede aplicar al gráfico mensual. Las aportaciones del modelo en el periodo old están mucho más ajustadas en orden de magnitud a las de las aportaciones observadas para el mismo periodo. Sin embargo, se aprecia que en el periodo actual son notablemente mayores en varios meses.

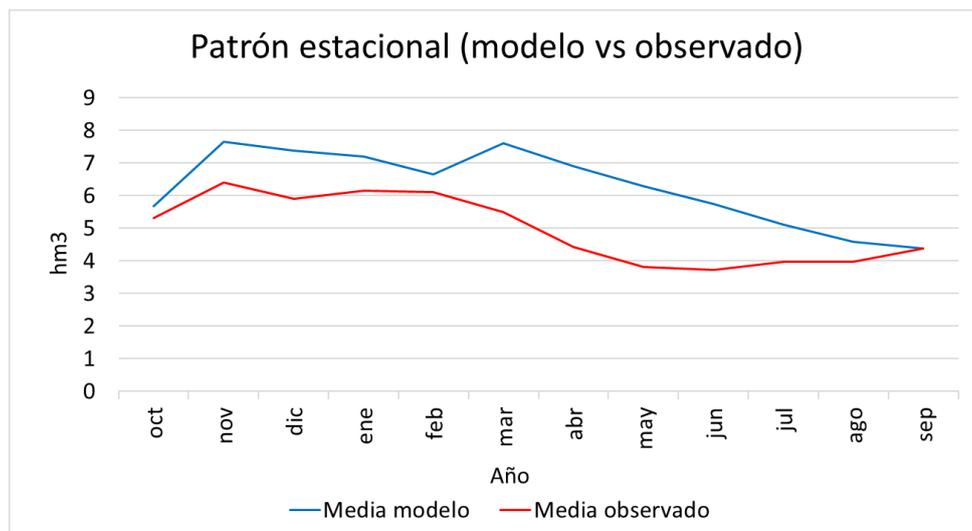


Gráfico 47. Patrón estacional Medio Turia caso 2. Fuente: propia.

Finalmente, del patrón estacional del modelo en este caso, cabe decir que, si bien en forma, más o menos, se aproxima a la forma del patrón observado, en este caso, los valores se encuentran por encima de este último, como era de esperar tras ver el desfase en la variación de aportaciones promedio en el periodo actual.

Caso 3:

En este tercer caso, se ha intentado ajustar simultáneamente las aportaciones promedio de ambos periodos, el old y el actual. Para ello se ha necesitado incrementar el factor de influencia de las aportaciones de las celdas de los acuíferos a 1'7 y aumentar los bombeos actuales hasta un valor de 40 hm³/año, es decir, unas ocho veces más que los bombeos que se tienen como dato, quedando la curva de evolución de estos como se puede ver a continuación:

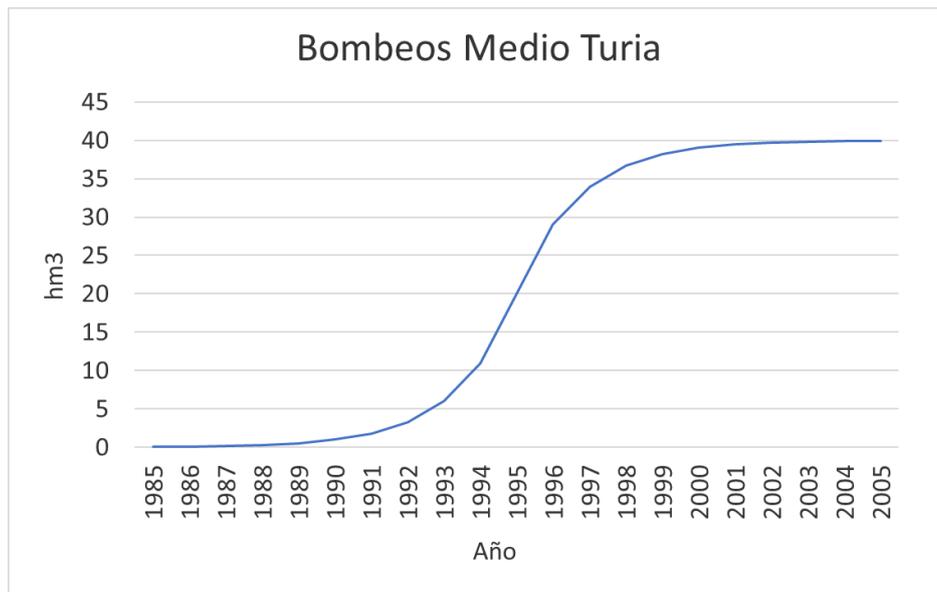


Gráfico 48. Evolución de los bombeos en Medio Turia caso 3. Fuente: propia.

Con esto, se tiene que la variación de las aportaciones promedio en el periodo old son de 0'6 hm³/mes, y del periodo actual de 0'57 hm³/mes. En cuanto al coeficiente de Nash, a pesar de seguir siendo malo, ha bajado hasta un valor de -2'06.

Los gráficos comentados anteriormente son, para este caso, los que se muestran a continuación:

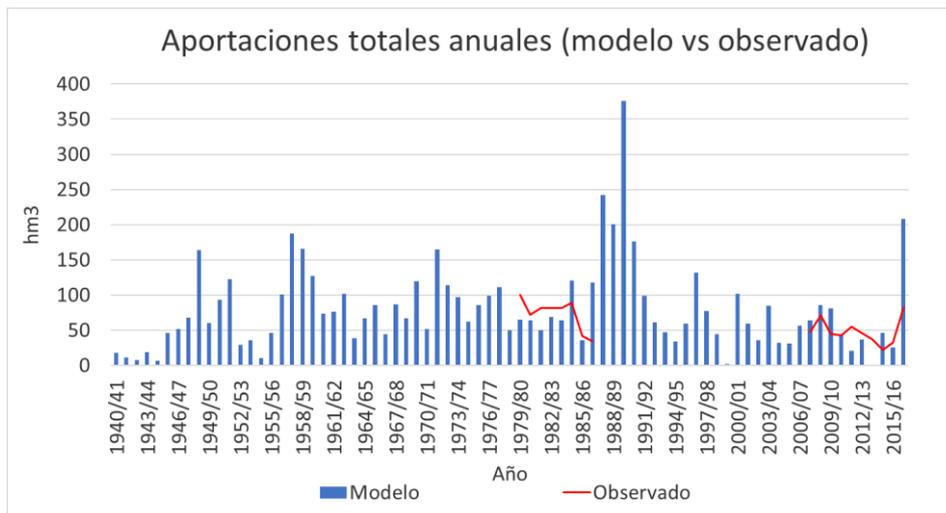


Gráfico 49. Aportaciones totales anuales Medio Turia caso 3. Fuente: propia.

En este caso, a diferencia de los dos anteriores, se aprecia como el gráfico está mejor ajustado para ambos periodos, tal y como se ha podido observar al obtener la variación media de las aportaciones entre el modelo y el observado.

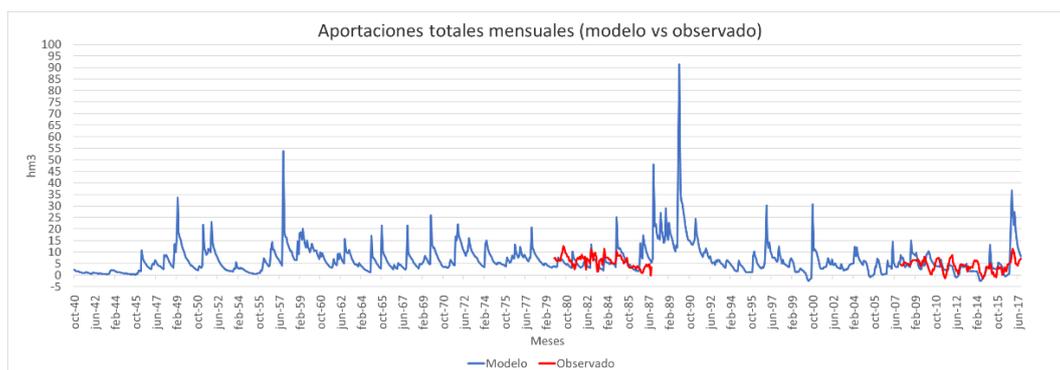


Gráfico 50. Aportaciones totales mensuales Medio Turia caso 3. Fuente: propia.

Al igual que en el gráfico anterior, en este también se aprecia un mejor ajuste para ambos periodos en cuanto a orden de magnitud, sin embargo, no llegan a reproducirse de manera idéntica todos los picos y descensos y es por eso por lo que el coeficiente de Nash sigue siendo deficiente.

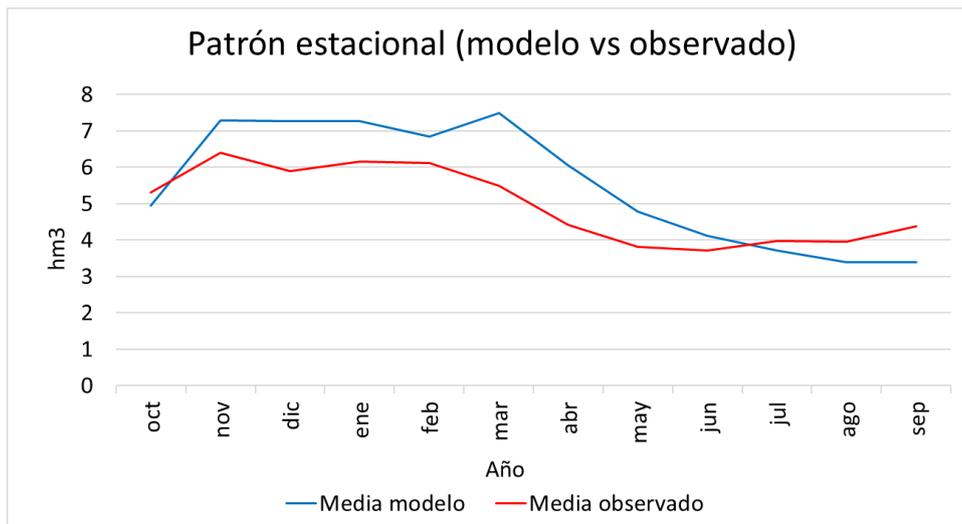


Gráfico 51. Patrón estacional Medio Turia caso 3. Fuente: propia.

Por último, el patrón estacional que se obtiene muestra un ajuste bastante bueno en cuanto a forma, si bien es cierto que, con valores ligeramente superiores a la media observada, de noviembre a junio, y ligeramente inferiores de julio a octubre.

Caso 4:

En este el caso siguiente, se ha intentado conseguir un ajuste intermedio a todos los anteriores, esto es que, por un lado, la variación media de las aportaciones entre el modelo y el observado en el periodo actual estén ajustadas sin necesidad de aplicar unos bombeos tan grandes, lo cual provoca que se tenga que utilizar un factor de influencia sobre las aportaciones de las celdas más pequeño al del caso anterior, empeorando el ajuste en el periodo old. Sin embargo, se ha intentado que, a pesar de empeorar respecto al caso 3, sea mejor al ajuste en dicho periodo del caso 1. Por otro lado, se ha intentado que el coeficiente de Nash, teniendo en cuenta estos condicionantes, sea lo menos malo posible, y que el patrón estacional del modelo se ajuste lo máximo posible al patrón estacional observado.

De manera que, los bombeos actuales en este caso se han reducido a 26 hm3/año, lo cual sigue siendo bastante superior al bombeo que se tiene como dato, concretamente unas cinco veces. Su curva de evolución se muestra a continuación:

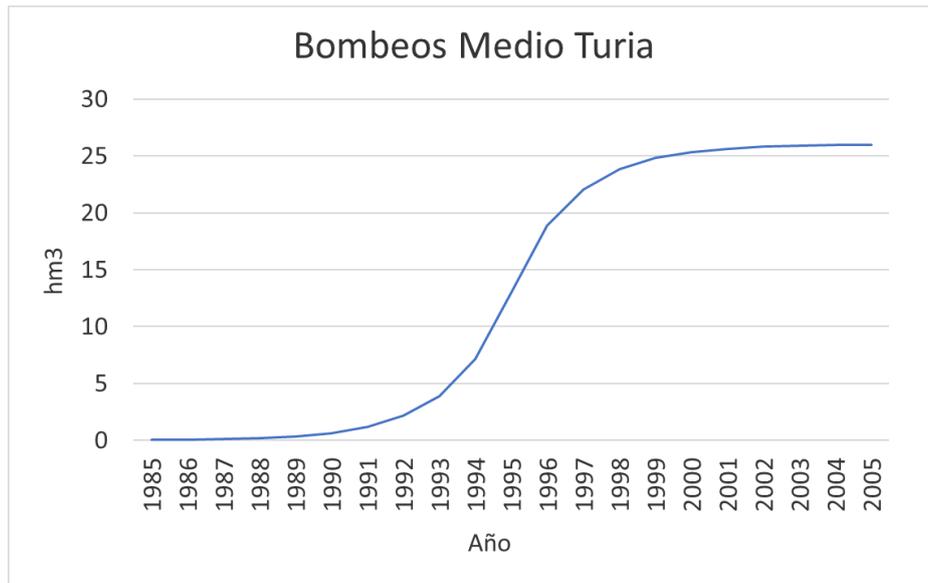


Gráfico 52. Evolución de los bombeos en Medio Turia caso 4. Fuente: propia.

Con todo esto, se tiene que la variación de las aportaciones promedio en el periodo old son de -11'96 hm3/mes, y del periodo actual de 0'22 hm3/mes. En cuanto al coeficiente de Nash, a pesar de seguir siendo malo, ha bajado de nuevo su valor, en este caso hasta un -1'36.

Los gráficos comentados anteriormente son, para este caso, los que se muestran a continuación:

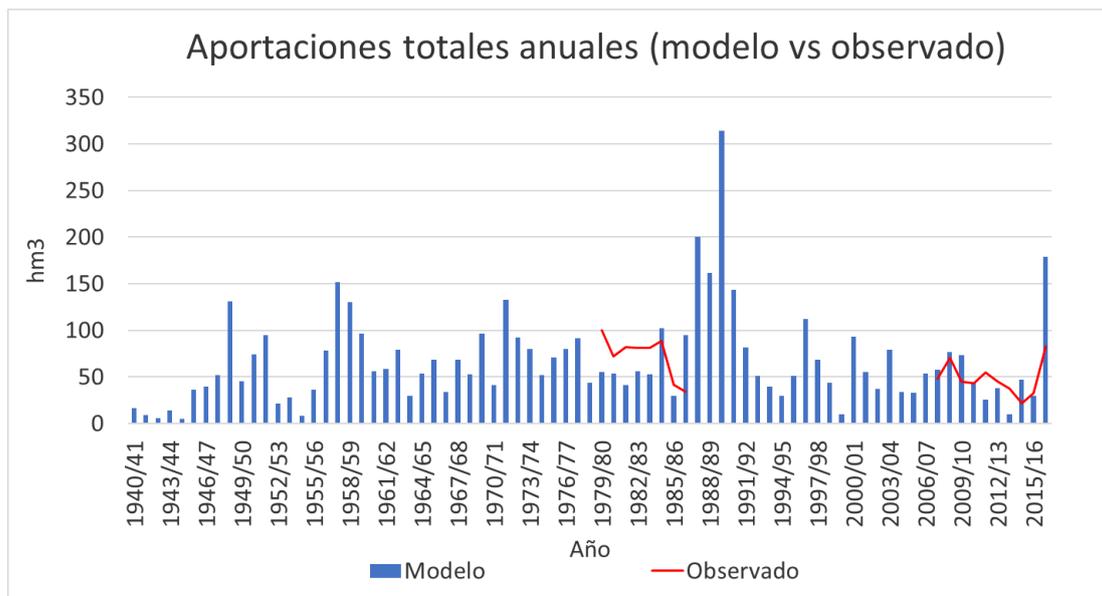


Gráfico 53. Aportaciones totales anuales Medio Turia caso 4. Fuente: propia.

En este gráfico se puede ver lo que se intuye por los resultados, y es que el ajuste en el periodo actual es bastante bueno, sin embargo, en el periodo old hay un déficit de aportaciones por parte del modelo.

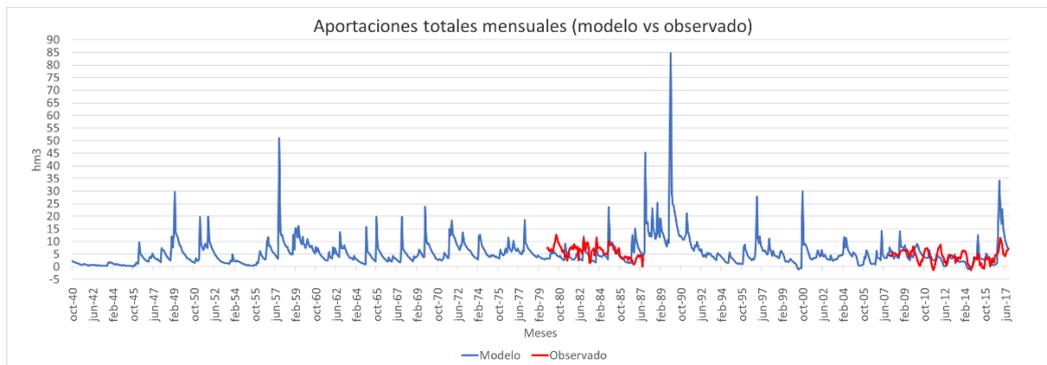


Gráfico 54. Aportaciones totales mensuales Medio Turia caso 4. Fuente: propia.

Al igual que en todos los casos anteriores, en este caso, este gráfico va acorde a lo mostrado en el gráfico anterior, es decir, las aportaciones en el periodo actual muestran un ajuste mejor que en el periodo old. Sin embargo, sigue sin reproducir de manera correcta los picos y descensos, a pesar de que el coeficiente de Nash ha mejorado respecto al caso anterior.

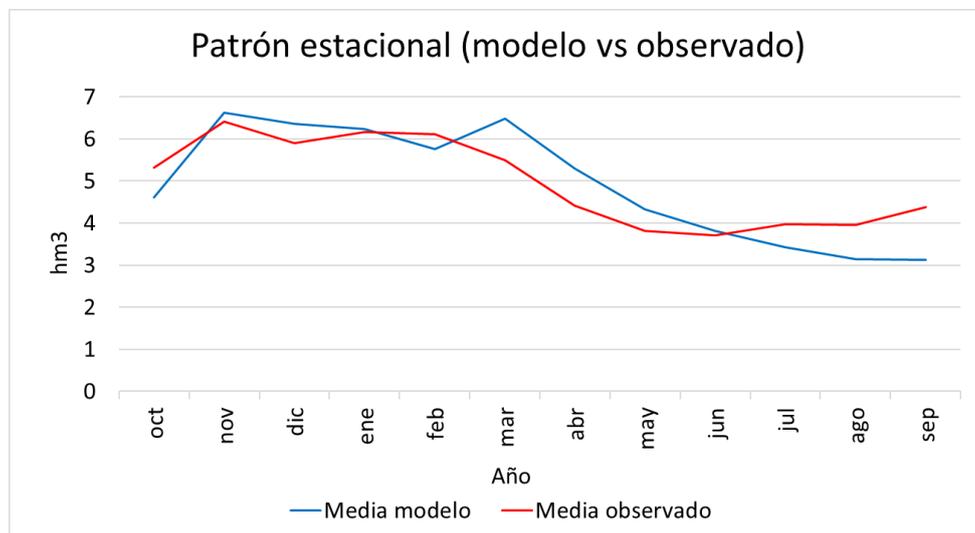


Gráfico 55. Patrón estacional Medio Turia caso 4. Fuente: propia.

Finalmente, el ajuste del patrón estacional para este caso parece ser el mejor de todos. La forma es muy similar y los valores entre el modelo y el observado se mueven muy próximos en todos los meses.

Caso 5:

En este último caso, se ha intentado conseguir un ajuste dando por seguro que, el total de las aportaciones que provienen de las celdas desembocan en el río Turia, es decir, utilizando un factor de influencia igual a 1. Esto provoca que el ajuste en el periodo old sea malo, cosa que no necesariamente debe ser un mal indicador ya que, como se ha visto en el caso 2, los datos de dicho periodo pueden ser erróneos y, además, que los bombeos tengan que crecer hasta los 17 hm³/año para ajustar el periodo actual, es decir, unas 3 veces más de lo que se tiene como dato actual, sin embargo, no se debe descartar que así sea, ya que los datos de los bombeos se basan en estimaciones, que pueden no ser todo lo precisas que debieran.

La curva de evolución de los bombeos propuestos en este caso se muestra a continuación:

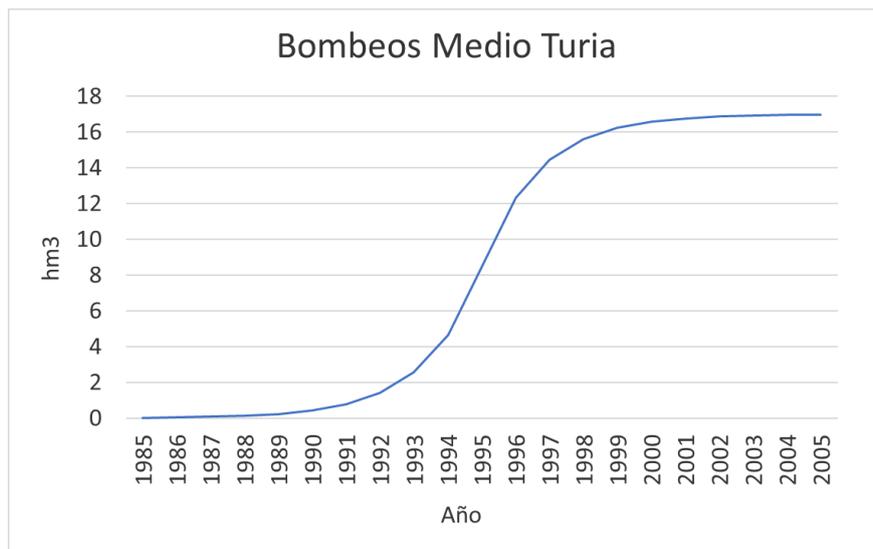


Gráfico 56. Evolución de los bombeos en Medio Turia caso 5. Fuente: propia.

Con todo esto, se obtiene una variación de las aportaciones medias en el periodo old de -19'84 hm³/año, una variación de las aportaciones medias en el periodo actual de 0'2 hm³/año, y un coeficiente de Nash de -1'11, bastante próximo al obtenido en el caso 1 que fue el menos malo.

Los gráficos comentados anteriormente son, para este caso, los que se muestran a continuación:

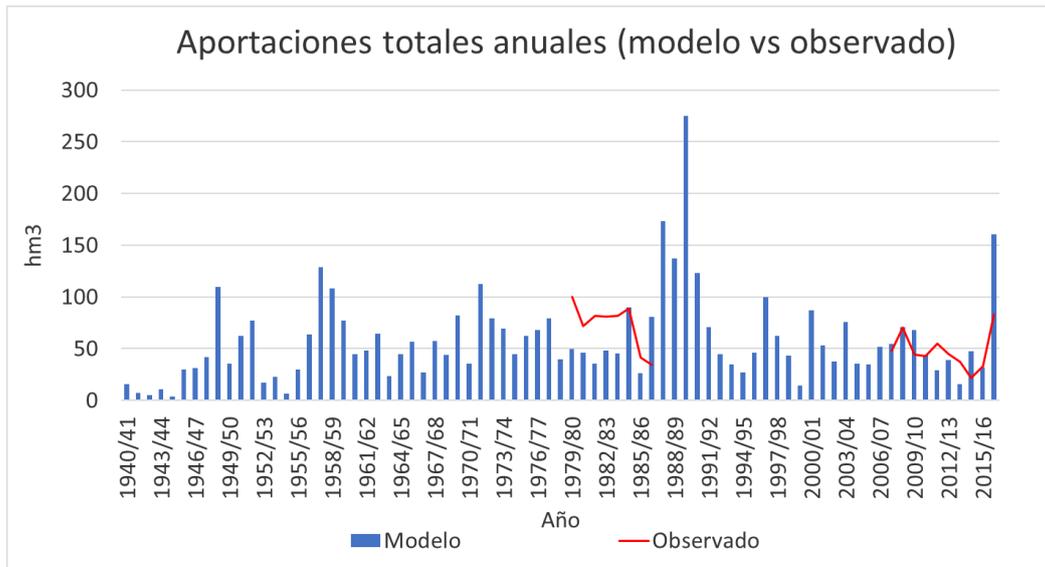


Gráfico 57. Aportaciones totales anuales Medio Turia caso 5. Fuente: propia.

En este gráfico se puede ver lo que se intuye por los resultados, y es que el ajuste en el periodo actual es bastante bueno, sin embargo, en el periodo old hay un déficit de aportaciones por parte del modelo, al igual que en los casos 1 y 4.

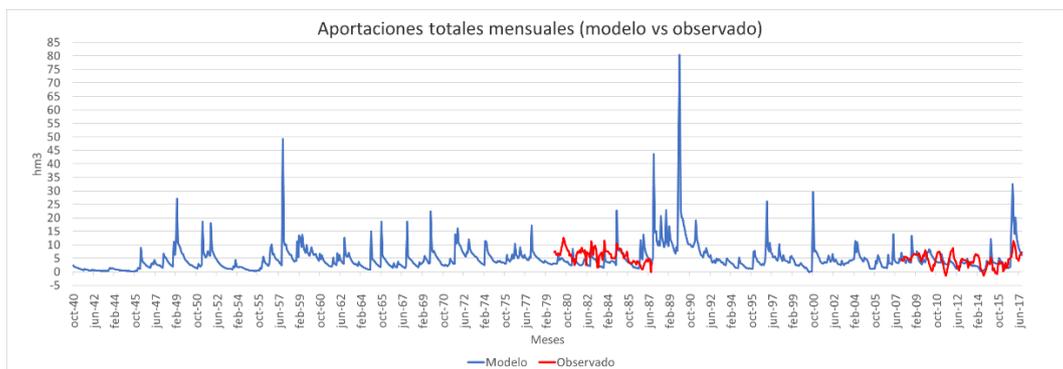


Gráfico 58. Aportaciones totales mensuales Medio Turia caso 5. Fuente: propia.

Al igual que en todos los casos anteriores, en este caso, este gráfico va acorde a lo mostrado en el gráfico anterior, es decir, las aportaciones en el periodo actual muestran un ajuste mejor que en el periodo old. Sin embargo, en cómputo general, no es una reproducción de la realidad lo buena que debería ser, tal y como refleja el coeficiente de Nash.

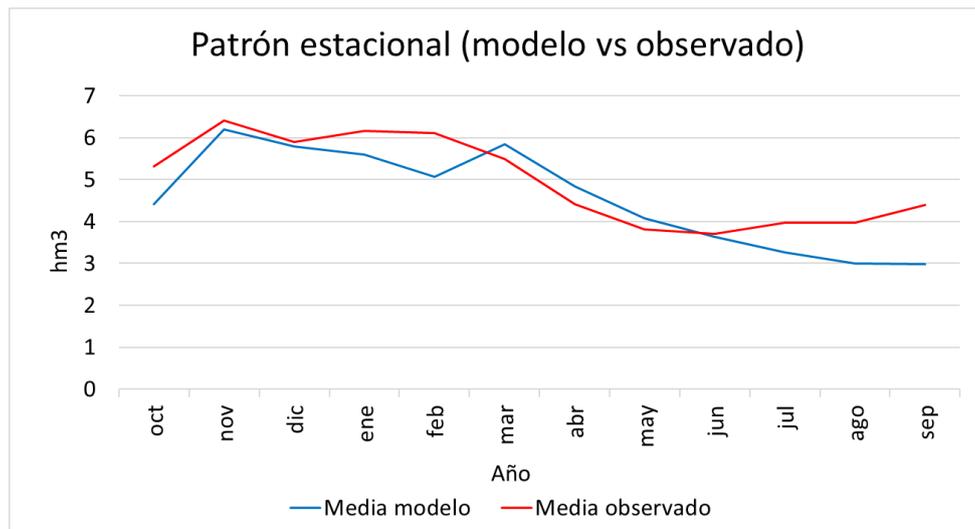


Gráfico 59. Patrón estacional Medio Turia caso 5. Fuente: propia.

Finalmente, el ajuste del patrón estacional para este caso parece ser bastante bueno. La forma es muy similar y los valores entre el modelo y el observado se mueven muy próximos en todos los meses, al igual que en el caso anterior.

Tras el ajuste de todos los casos propuestos, se puede entender un poco mejor el funcionamiento que tiene este primer tramo entre Loriguilla y Bugarra. Esto se explica, de manera esquemática, a través de la siguiente figura:

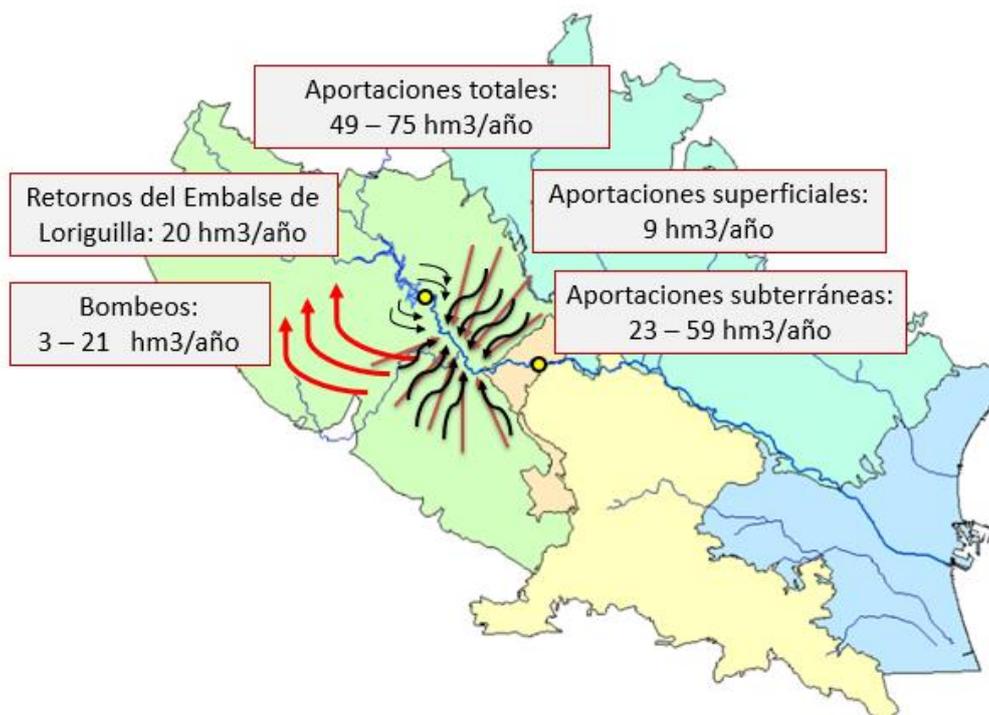


Figura 87. Esquema del modelo Medio Turia. Fuente: propia.



Es decir, se trata de un tramo en el que se producen unos bombeos que pueden llevarse de media entre 3 y 21 hm³ al año. Además, se producen unas aportaciones superficiales de unos 9 hm³/año, unos retornos por filtraciones del Embalse de Loriguilla de unos 20 hm³ al año y unas aportaciones subterráneas que pueden estar de media entre los 23 y los 59 hm³ al año. Sin embargo, para todos los casos estudiados, las aportaciones totales se mueven siempre en un intervalo comprendido entre 49 y 75 hm³ al año.

Para terminar con este modelo comentar que, dado que cada uno de los casos propuestos es el mejor ajuste desde un punto de vista diferente, según se pretenda ajustar más un elemento u otro, y que ninguno de ellos destaca entre los demás por ser un ajuste más preciso, se van a considerar los cinco casos mostrados anteriormente a la hora de realizar las simulaciones en el apartado 8.3, ya que hay que tener en cuenta todas las casuísticas posibles, y más viendo que ninguno de los modelos muestra un ajuste bueno según el coeficiente de Nash. De manera que se obtendrá un rango de posibles resultados para poder tener un orden de magnitud bastante fiable. Sin embargo, cabe destacar los ajustes que cuadran la variación de aportaciones del periodo old, pueden no ser correctos si los datos de la serie old de Bugarra tampoco lo son.

8.2.3. Modelo Bajo Turia

Al igual que en el modelo anterior, el primer paso consiste en averiguar cuál es la aportación intercuenca que se produce en el tramo analizado, en este caso, en Bugarra – Manises. Para ello es necesario el caudal que pasa por los aforos tanto de Bugarra como de Manises, que son los que se muestran en el siguiente gráfico:

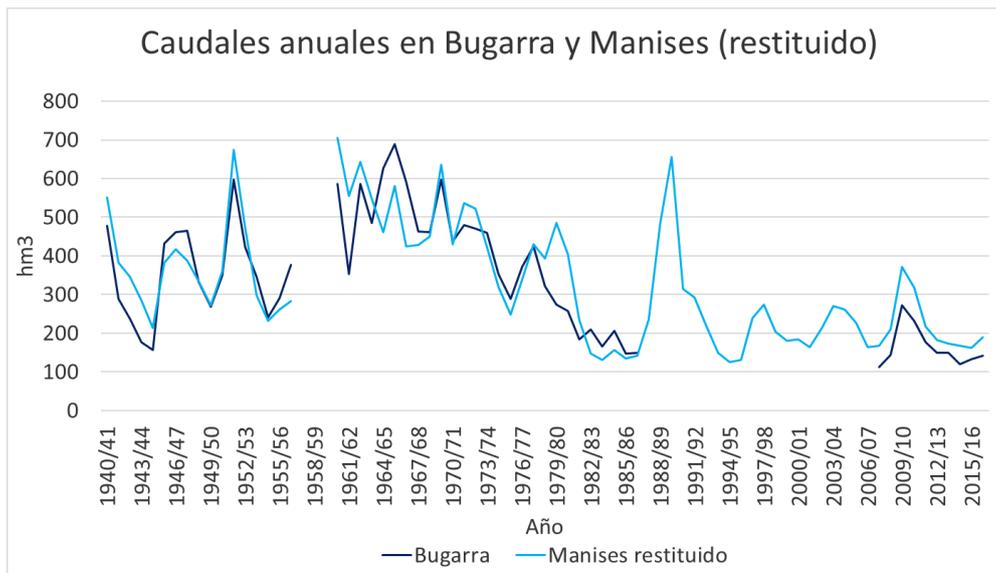


Gráfico 60. Caudales anuales en Bugarra y Manises (restituido). Fuente: propia.

Como se puede apreciar, el caudal del Manises, al igual que el de Bugarra, ha sufrido un descenso entre los mismos años (1959 – 1987). Durante dicho descenso, los caudales en ambos puntos se han ido alternado, es decir, en algunos años el caudal de Bugarra ha sido superior al de Manises, por lo que en dicho tramo se han producido pérdidas, y en otros el caudal de Manises ha sido superior al de Bugarra, por lo que en dicho tramo ha habido aportaciones. También existe un periodo más actual en el que se tienen datos de ambos caudales, a partir del año 2007; en este periodo, el caudal de Manises es siempre superior al de Bugarra, por lo que hace indicar que se han producido aportaciones.

En este caso, los datos de las aportaciones intercuenca serán más amplios que en el modelo anterior, ya que existen más años con datos simultáneos de ambos caudales. De manera que, la aportación intercuenca es la que se muestra en el siguiente gráfico:

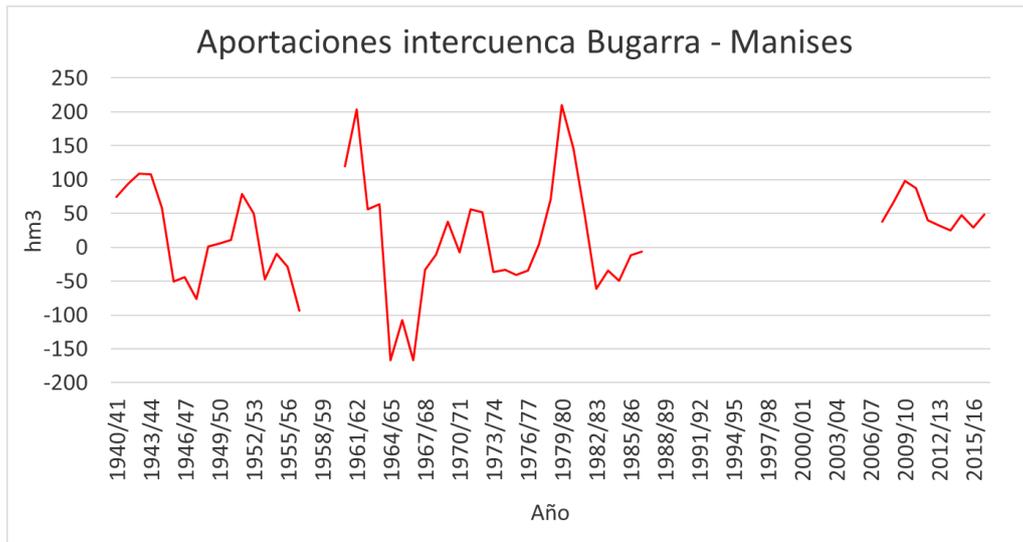


Gráfico 61. Aportaciones intercuenca Bugarra - Manises. Fuente: propia.

Como se puede ver, los datos que se tiene para realizar el ajuste son bastante completos en sus años históricos, sin embargo, en los años actuales, que se intuyen que serán los más precisos ya que se tienen en cuenta las afecciones externas y se puede obtener el caudal restituído, los datos son más escasos.

Se aprecia cómo hasta el año 1987, la aportación intercuenca en este tramo es muy variable, es decir, en algunos años se producen importantes aportaciones, mientras que en otro sucede completamente lo contrario, produciéndose importantes pérdidas. Mientras que, como cabía esperar al ver los caudales, en el tramo más actual se están produciendo siempre aportaciones en dicho tramo.

Una vez que se conocen estas aportaciones, que son un dato observado y, por lo tanto, a lo que se debe ajustar el modelo, es momento de hacer, al igual que en el modelo anterior, un repaso a los diferentes elementos que intervienen en este tramo de los que se han comentado al inicio del presente apartado.

En primer lugar, es necesario conocer cuáles son las aportaciones superficiales. Para este tramo, son las que se muestran en el siguiente gráfico:

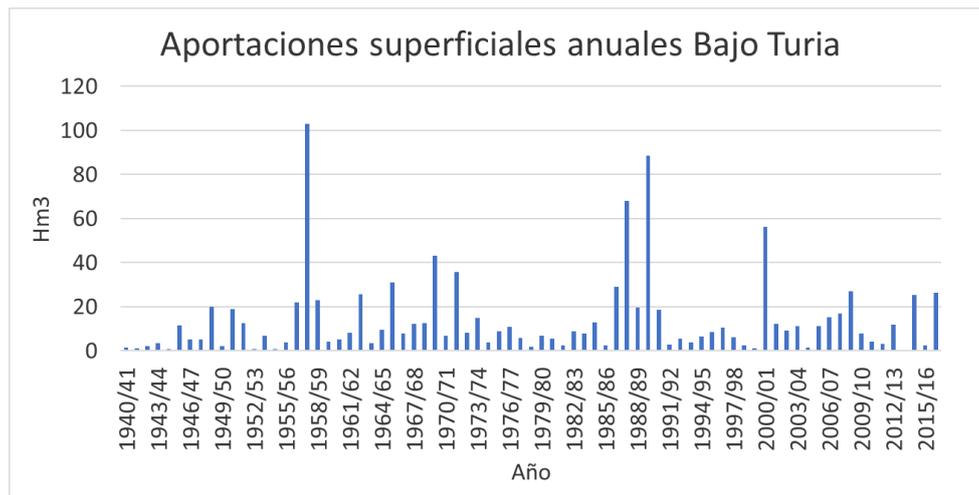


Gráfico 62. Aportaciones superficiales anuales Bajo Turia. Fuente: propia.

Como se puede observar, las aportaciones superficiales no superan los 20 hm³ en prácticamente ningún año; de hecho, de media, las aportaciones anuales son de unos 14 hm³. Sin embargo, se puede observar cómo se producen picos de aportaciones de gran magnitud en años puntuales, como por ejemplo en el año 1957/1958 donde las aportaciones superaron los 100 hm³, o el año 1989/1990 donde se llegó a los 88 hm³.

En segundo lugar, también es importante conocer cuáles de las afecciones externas que se describieron en el análisis longitudinal para obtener el caudal restituido (apartado 6.2) tienen incidencia en este tramo. De manera que, gracias a la figura 79 en la que aparecen localizadas las diferentes afecciones, se puede ver en este tramo tienen incidencia las derivaciones para los riegos de Pueblos Castillo, los retornos de los riegos de estas, los vertidos del Canal Júcar – Turia y la toma de agua de Valencia, cuyos gráficos se representaron los gráficos 31, 28, 32 y 29 respectivamente. Todas estas afecciones se han tenido en cuenta a la hora de calcular el caudal que pasa por el aforo de Manises, de manera que el ajuste se realizará sobre el caudal restituido. De media, cada una de estas afecciones produce lo siguiente:

- Las derivaciones de riegos para Pueblos Castillo se llevan unos 4'57 hm³/mes.



- Los retornos de los riegos de Pueblos Castillo devuelven unos 2'15hm³/mes.
- Los vertidos del Canal Júcar – Turia aportan 0'52 hm³/mes.
- La toma de agua de Valencia se lleva 1'92 hm³/mes.

El último elemento para tener en cuenta en este modelo son los bombeos. En el tramo analizado intervienen los acuíferos de Liria – Casinos y Buñol – Cheste, para los cuales se conocen los bombeos de las siguientes celdas:

Acuífero	Celda	Bombeos actuales
Liria - Casinos	-	78,34 hm ³ /año
Buñol - Cheste	Pedralba	15,01 hm ³ /año
	Mesozoicos de Cheste	5,97 hm ³ /año
	Terciarios de Chiva	44,53 hm ³ /año

Tabla 6. Bombeos actuales en Bajo Turia. Fuente: propia.

Las curvas de evolución de cada uno de estos bombeos son las siguientes:

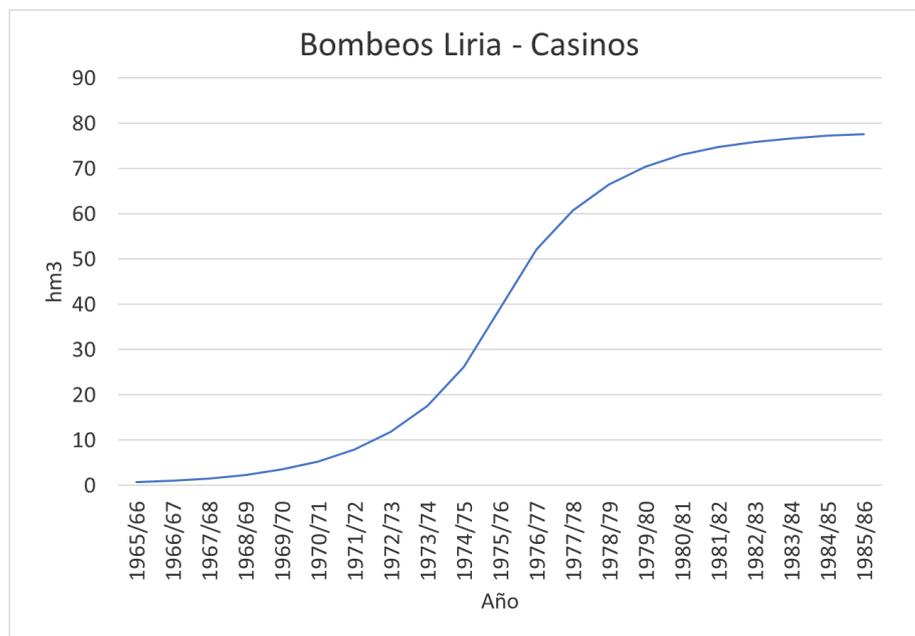


Gráfico 63. Evolución de los bombeos en Liria - Casinos. Fuente: propia.

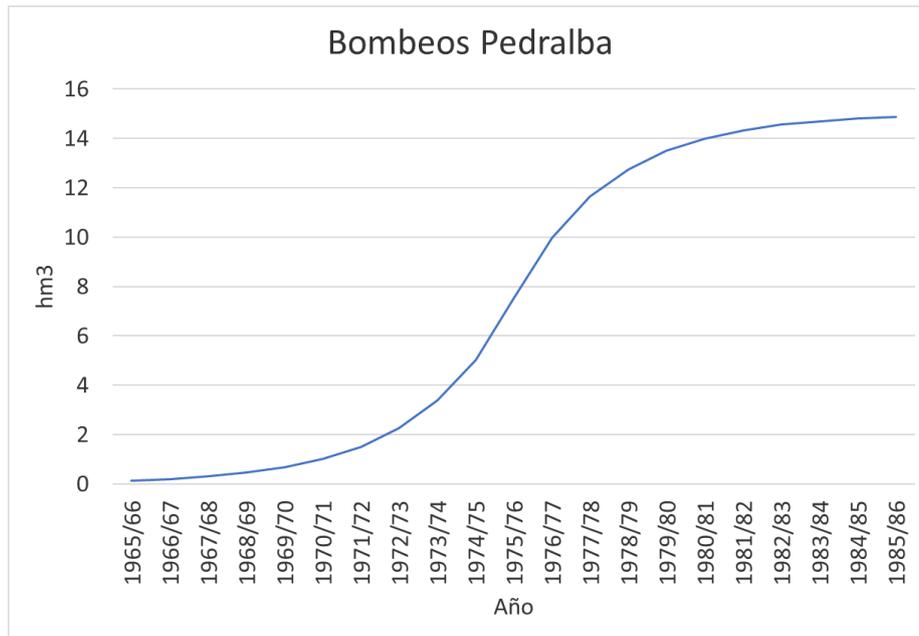


Gráfico 64. Evolución de los bombes en Pedralba. Fuente: propia.

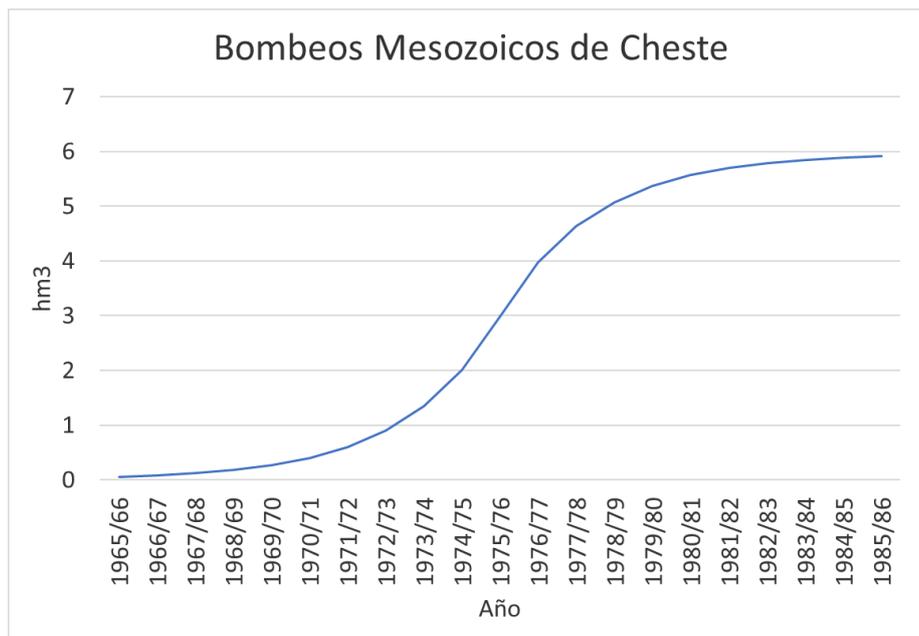


Gráfico 65. Evolución de los bombes en Mesozoicos de Cheste. Fuente: propia.

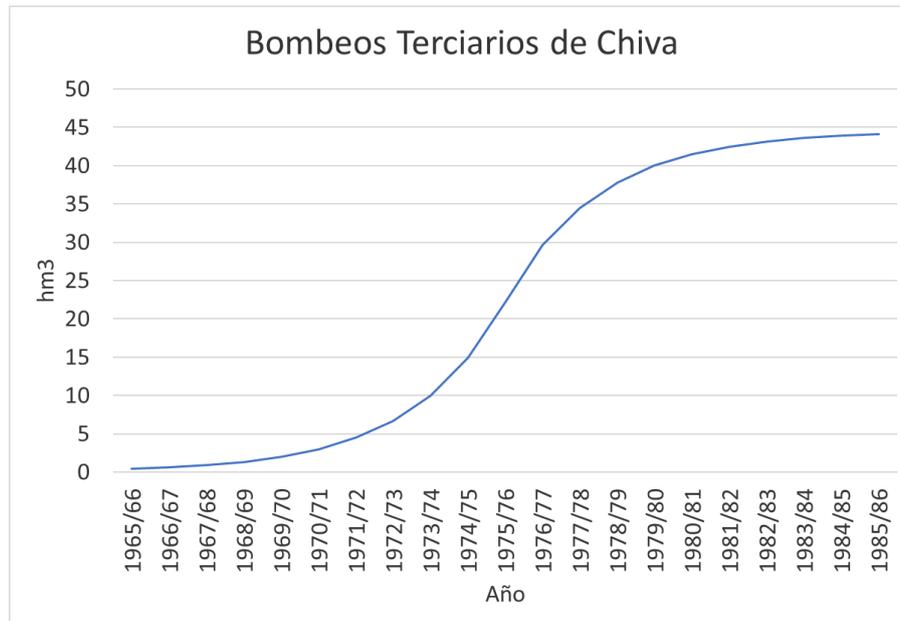


Gráfico 66. Bombeos Terciarios de Chiva. Fuente: propia.

Con todos estos elementos se procede ahora a realizar el mejor ajuste posible con la información disponible. Para ello, en primer lugar, igual que en el modelo anterior, se ha buscado el mejor valor para el parámetro α que permita representar, de la mejor manera posible, la forma que tienen las aportaciones intercuenca observadas. Se ha considerado el mismo valor de dicho parámetro para todas las celdas, independientemente del acuífero al que pertenezcan, con el fin de simplificar la tarea. En segundo lugar, se han testado diferentes valores para el parámetro del factor de incidencia, con el objetivo de conseguir que el promedio de las aportaciones del modelo sea lo más parecido posible al promedio de las aportaciones observadas. Debido a la gran dificultad que presenta que las aportaciones estén ajustadas teniendo en cuenta todos los años, se ha decidido realizar el ajuste exclusivamente para los datos del periodo más actual, ya que seguramente será el más preciso debido a que se pueden tener en cuenta los datos de las afecciones externas para obtener el caudal restituído. Como se conocen dichos datos hasta el año hidrológico 2016-2017, el ajuste se realizará para el periodo comprendido entre dicho año y el 2007-2008, que es cuando se comienza a tener información de las aportaciones intercuenca más actuales. Además, también se ha tenido en cuenta la calidad del ajuste visualizando siempre el coeficiente de Nash – Sutcliffe, así como los gráficos anuales y mensuales que enfrentan las aportaciones totales del modelo contra las aportaciones totales observadas y los



gráficos que muestran el patrón estacional, todos ellos para el periodo final sobre el que se realiza el ajuste.

De manera que, con todo lo anterior, los mejores ajustes posibles, con los datos disponibles para este modelo, son los que se muestran en la siguiente tabla:

Bajo Turia	α (1/mes)		Factor	Coeficiente de bombeo	Nash-Sutcliffe	$\Delta Ap.act$ (hm3/mes)
	Liria - Casinos	Buñol - Cheste				
Caso 1	0,1	0,1	1	0,03	-0,31	0,16
Caso 2	0,1	0,1	3	0,87	-3,35	-0,03
Caso 3	0,1	0,1	1,55	0,25	-1,18	1,48

Tabla 7. Ajustes para el modelo Bajo Turia. Fuente: propia.

Caso 1:

En este primer caso, se ha intentado ajustar el modelo suponiendo que el total de las aportaciones que producen las celdas de los acuíferos acaban desembocando en el río Turia. Para ello se ha necesitado imponer un factor reductor de los bombeos, de manera que solamente el 3% de ellos afecten al modelo ya que, si no, las aportaciones subterráneas no son capaces de cuadrar la variación media de las aportaciones para el tramo actual. Esta característica es consistente con lo observado en el análisis piezométrico, donde no se observaba un descenso de la piezometría con el paso del tiempo debido a los bombeos. Con este ajuste, se consigue obtener un coeficiente de Nash de -0'31, lo que indica que el ajuste es insuficiente, al igual que en el modelo anterior.

Los gráficos comentados anteriormente son, para este caso, los que se muestran a continuación:

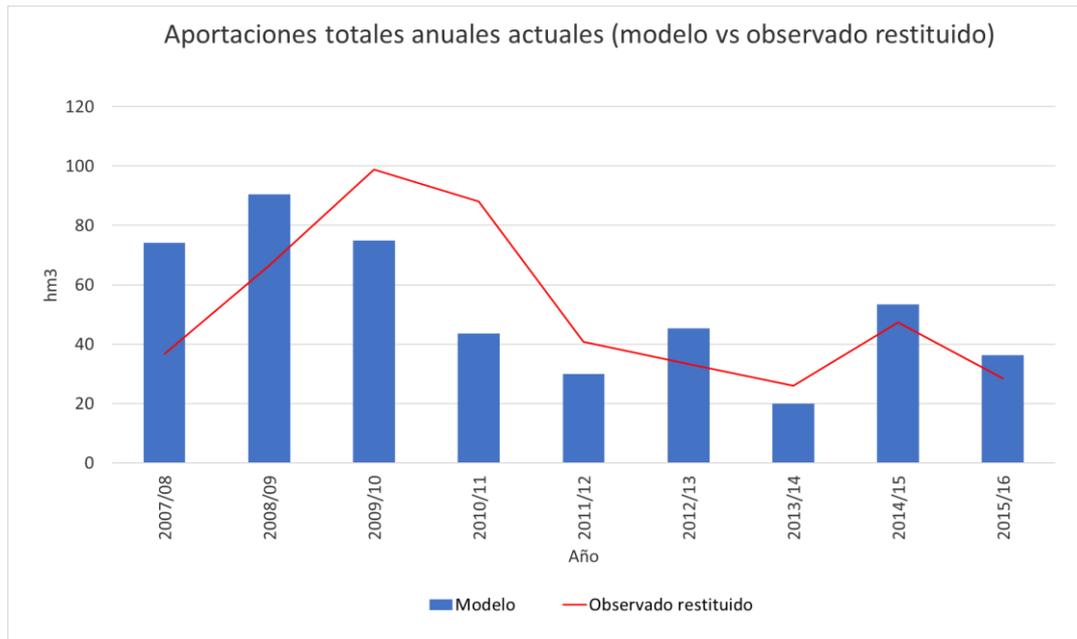


Gráfico 67. Aportaciones totales anuales actuales Bajo Turia caso 1. Fuente: propia.

En este gráfico se puede ver cómo el ajuste no es lo preciso que debería ser ya que, aunque en cuanto a forma, tienen cierta similitud, en varios años el modelo aporta más agua de la realmente observada y, en otros, el modelo se queda corto en cuanto a aportaciones.

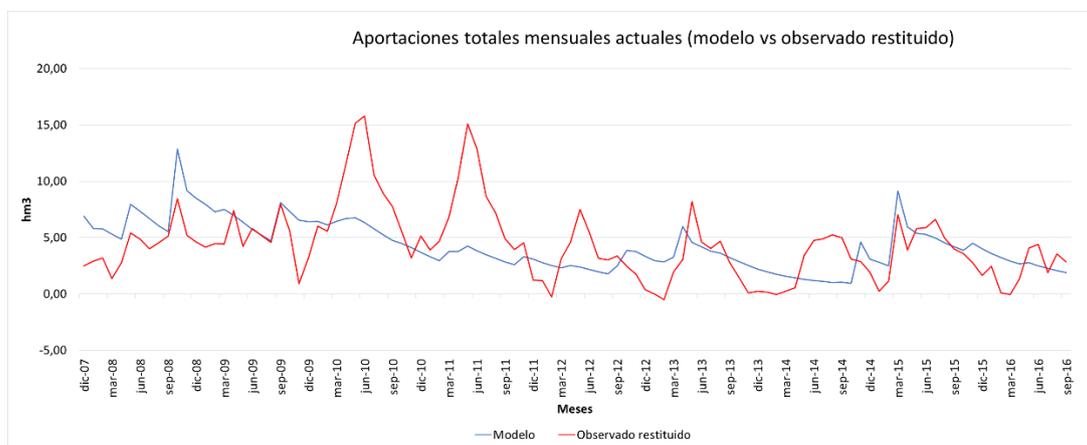


Gráfico 68. Aportaciones totales mensuales actuales Bajo Turia caso 1. Fuente: propia.

Este gráfico es un reflejo de lo que se veía en el anterior. El modelo no es capaz de reproducir adecuadamente todos los picos que se aprecian en la serie observada, de manera que en algunos meses aporta más agua de la realmente aportada y en otros aporta menos.

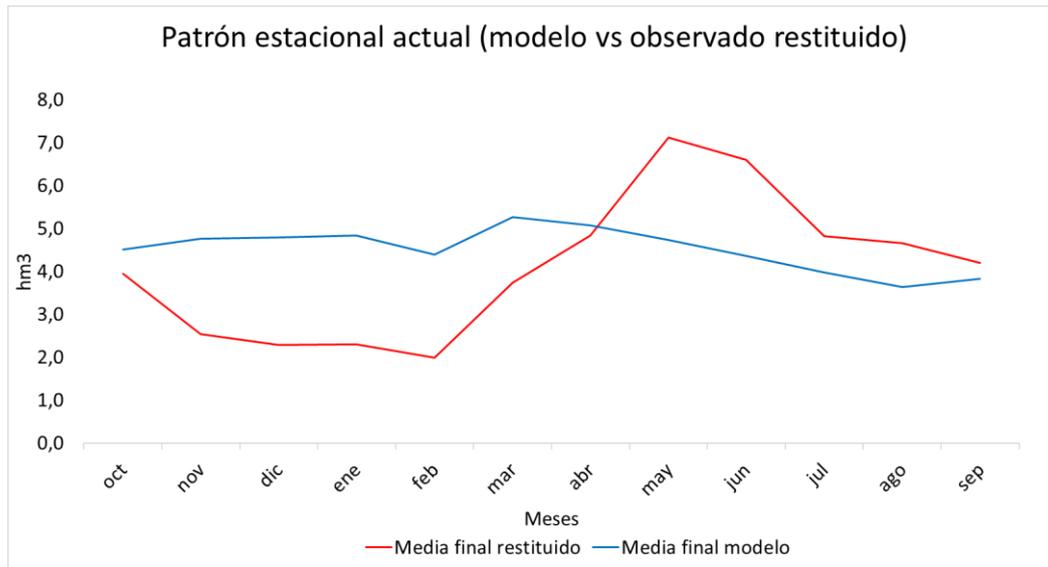


Gráfico 69. Patrón estacional actual Bajo Turia caso 1. Fuente: propia.

Finalmente, en cuanto al patrón estacional, se puede ver como el modelo es capaz de reproducir su orden de magnitud, sin embargo, sin embargo, la forma no se ajusta bien, debido a que el peso que se le ha dado a los bombeos es muy pequeño

Caso 2:

En este caso, se ha intentado ajustar mejor el patrón estacional, de manera que para ello es necesario asignar un coeficiente de bombeo superior, por lo que se ha subido a 0'87. Ello exige que el factor de incidencia crezca, con el objetivo de poder cuadrar la variación media de las aportaciones entre el modelo y la serie observada, por lo que, utilizando un factor de incidencia de 3, se obtiene una variación promedio de -0'03 hm³/año. Finalmente, el coeficiente de Nash que se obtiene con este ajuste es de -3'35, por lo que ha empeorado notablemente con respecto al anterior.

Pasando ahora a analizar los gráficos se tiene lo siguiente:

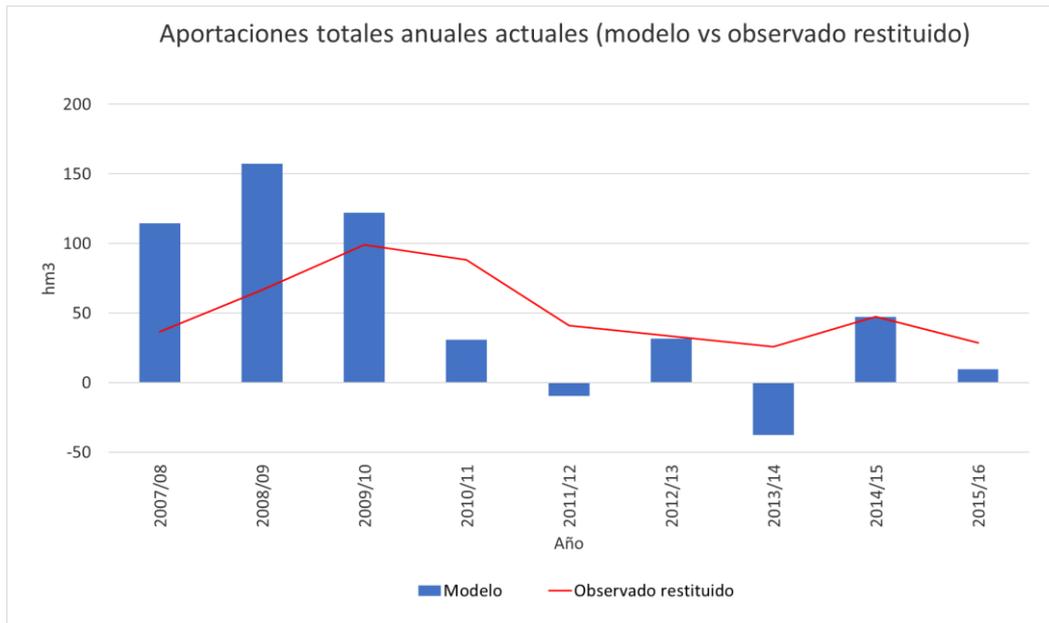


Gráfico 70. Aportaciones totales anuales actuales Bajo Turia caso 2. Fuente: propia.

En este caso, lo que ha ocurrido es algo similar a lo que ocurría en el caso anterior, es decir, existen años con aportaciones del modelo superiores a las observadas y años con déficits de aportaciones con respecto a estas últimas, e incluso con pérdidas, debido a la influencia tan grande que tienen los bombeos. Es por esto por lo que el ajuste no es lo bueno que debiera.

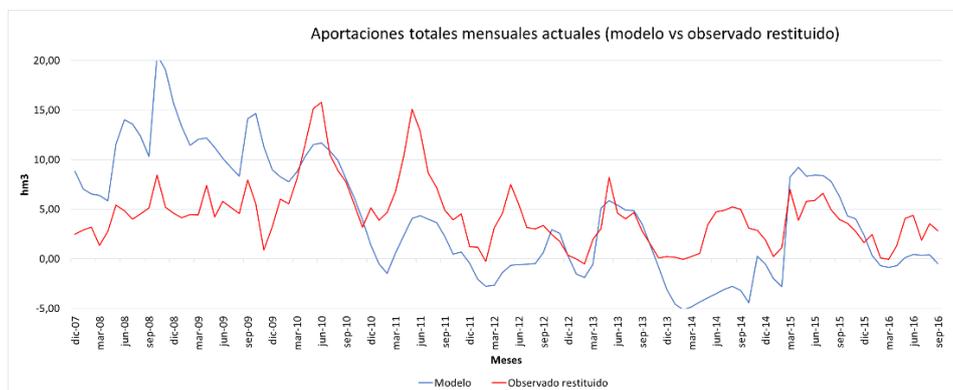


Gráfico 71. Aportaciones totales mensuales actuales Bajo Turia caso 2. Fuente: propia.

Del mismo modo que en el caso anterior, el modelo no es capaz de reproducir adecuadamente todos los picos y descensos que se aprecian en el observado, de ahí los desajustes que se aprecian en el gráfico anual, en los que se observan los meses en los que se producen pérdidas en lugar de aportaciones.

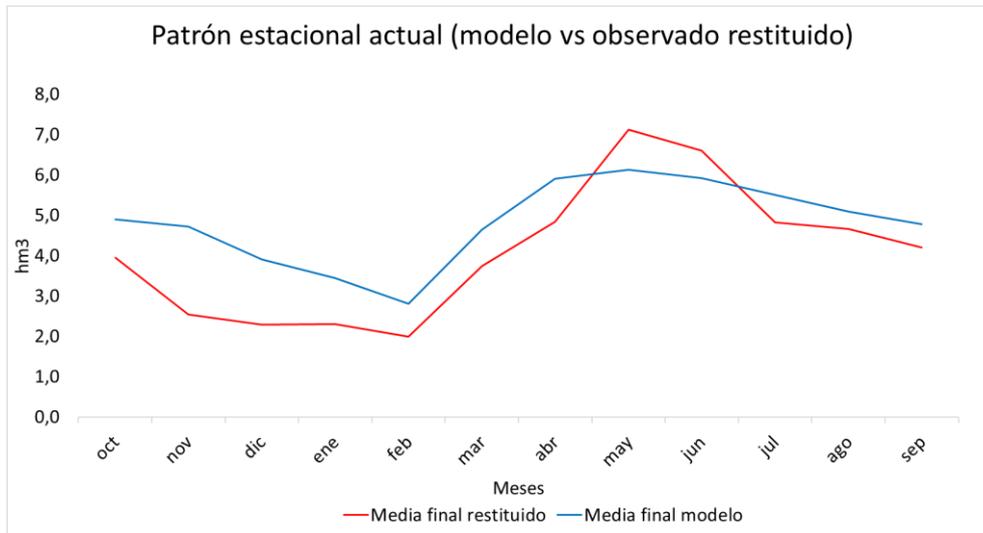


Gráfico 72. Patrón estacional actual Bajo Turia caso 2. Fuente: propia.

Finalmente, en cuanto al patrón estacional, se puede ver cómo el modelo ha mejorado bastante su ajuste, reproduciendo mucho mejor la forma del patrón estacional observado en todos los meses. Sin embargo, parece que, en general este ajuste no es demasiado bueno; el motivo principal está en los parámetros que se necesitan utilizar para cuadrar el patrón estacional, ya que se deben triplicar las aportaciones subterráneas y dar mucho peso a los bombeos, cosa que no corresponde con lo visto en análisis anteriores.

Caso 3:

En este último caso, se ha intentado buscar un ajuste intermedio entre los dos anteriores, que sea capaz de ajustar en la medida de lo posible tanto la variación media de las aportaciones entre el modelo y la serie observada como el patrón estacional, sin la necesidad de aplicar un coeficiente de bombeo tan elevado, para que se asemeje más a lo observado en el análisis transversal y que, a su vez, mejore el coeficiente de Nash. Para ello se ha utilizado un factor de incidencia de 1'55 y un coeficiente de bombeo de 0'25. Con ello se obtiene una variación de las aportaciones promedio de 1'48 hm³/año y un coeficiente de Nash de -1'18, mejorando el del caso anterior, pero siendo peor que el del caso 1, por lo que el ajuste sigue siendo insuficiente.

Analizando los gráficos se tiene lo siguiente:

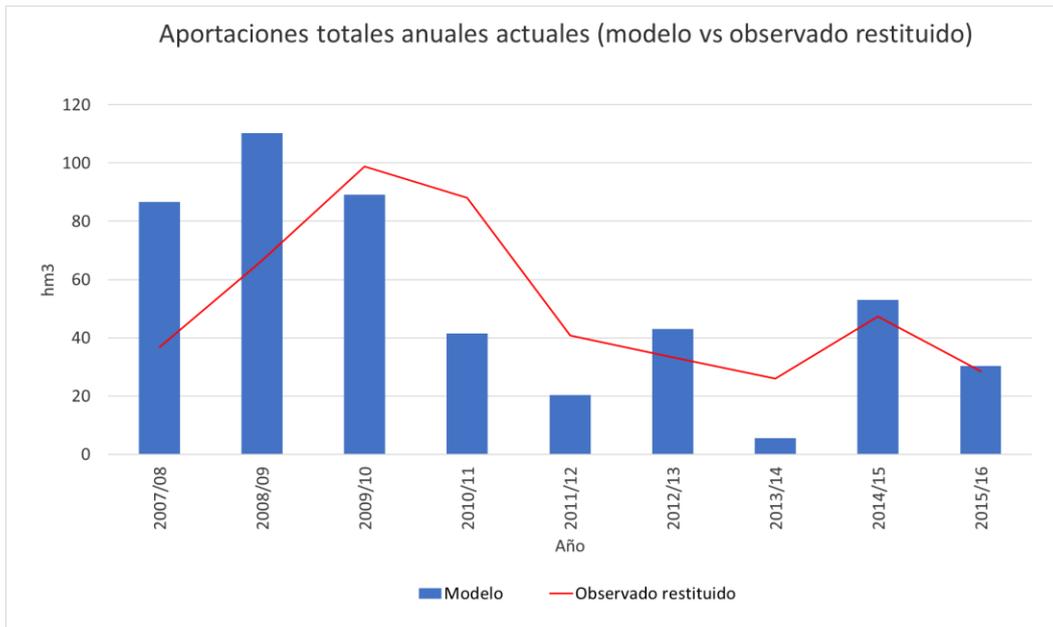


Gráfico 73. Aportaciones totales anuales actuales Bajo Turia caso 3. Fuente: propia.

Siguiendo con lo observado en los casos anteriores, existen años con exceso de aportaciones y otros con déficit con respecto a las aportaciones de la serie observada, pero nunca con pérdidas como ocurría en el caso anterior. El ajuste sigue siendo mejorable en este aspecto.

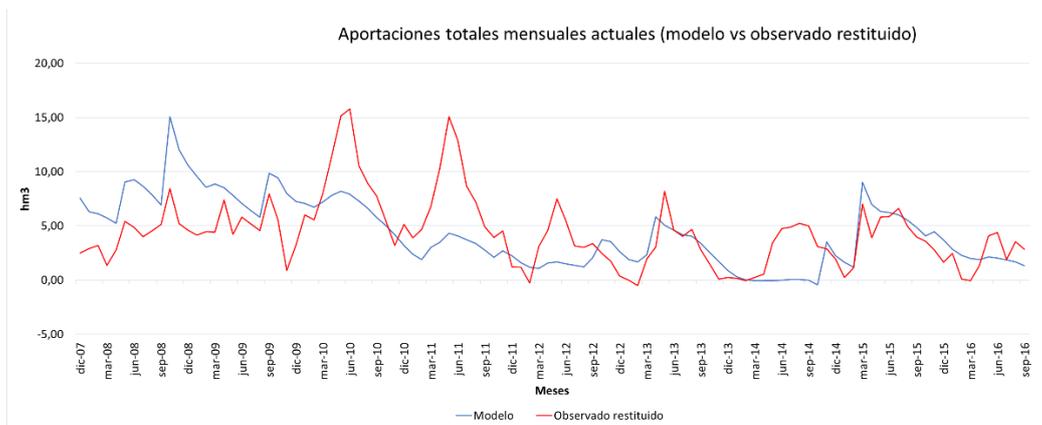


Gráfico 74. Aportaciones totales mensuales actuales Bajo Turia caso 3. Fuente: propia.

Del mismo modo, este gráfico no llega a reproducir las aportaciones mensuales de manera exacta, sin embargo, parece el mejor de los tres en este sentido, aunque todavía con mucho margen de mejora.

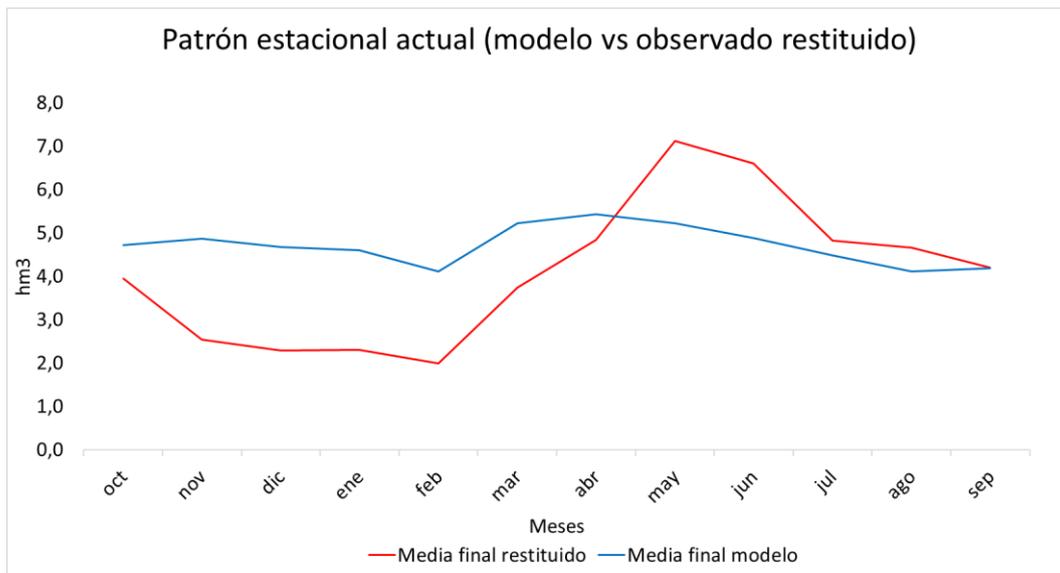


Gráfico 75. Patrón estacional actual Bajo Turia caso 3. Fuente: propia.

Finalmente, en cuanto al patrón estacional, el ajuste es intermedio al ajuste de los dos casos anteriores, es decir, mejora algo el del caso 1 pero aún se queda lejos del ajuste del caso 2, tal y como cabía esperar tras los valores de los parámetros que se han utilizado.

Tras el ajuste de todos los casos propuestos, se puede entender un poco mejor el funcionamiento que tiene este segundo tramo entre Bugarra y Manises, al menos, para el periodo más actual. Esto se explica, de manera esquemática, a través de la siguiente figura, donde se han tenido en cuenta los resultados de los ajustes 1 y 3, ya que el 2 fuerza demasiado los parámetros para intentar ajustar el patrón estacional, sin embargo, los resultados tienen otro orden de magnitud bien diferente que indica que no es un ajuste válido para extraer conclusiones.

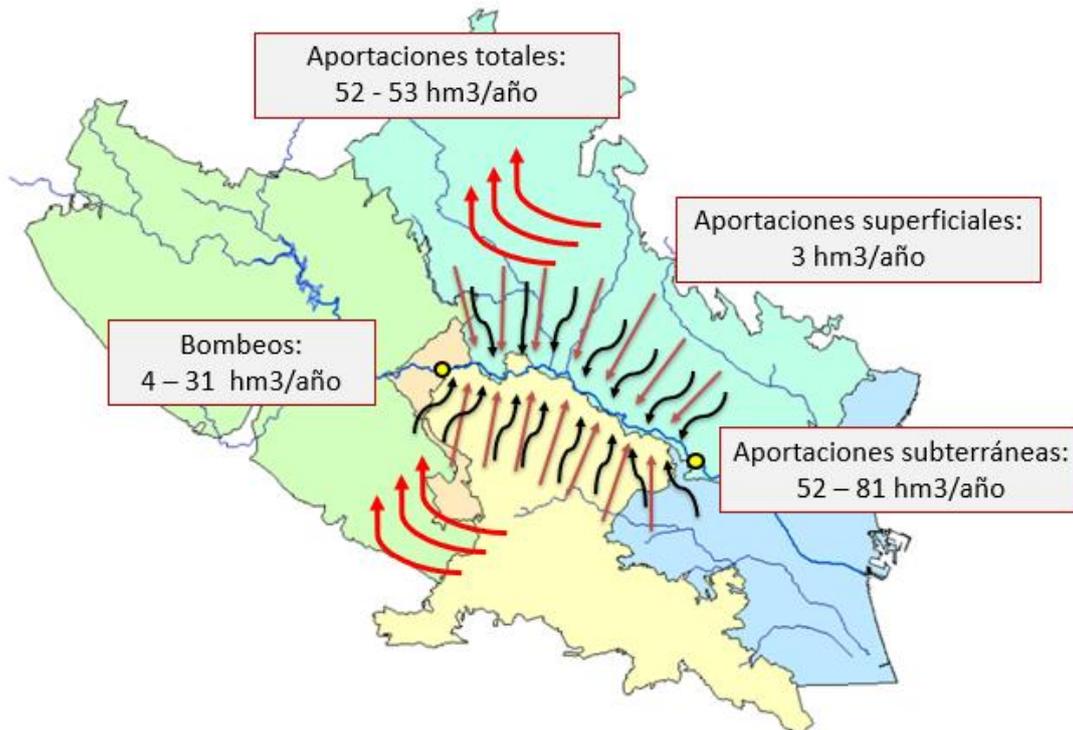


Figura 88. Esquema modelo Bajo Turia. Fuente: propia.

Con esto, se puede decir que se trata de un tramo en el que se producen unos bombeos que pueden llevarse de media entre 4 y 31 hm³ al año. Además, se producen unas aportaciones superficiales de unos 3 hm³/año y unas aportaciones subterráneas que pueden estar de media entre los 52 y los 81 hm³ al año. Sin embargo, para todos los casos estudiados, las aportaciones totales se mueven siempre en un intervalo comprendido entre 52 y 53 hm³ al año.

Para terminar con este modelo, comentar que, tras lo observado en el análisis transversal, parece que el ajuste con el caso 1 se asemeja más a lo que sucede en la realidad, donde los bombeos parece que no tienen demasiada influencia sobre el sistema, de manera que, se utilizará este para realizar las simulaciones. Además, también se ha decidido realizar las simulaciones con ajuste para el caso 3, que es capaz de ajustar mejor el patrón estacional, y así poder tener una perspectiva más amplia de los resultados obtenidos, descartando pues el ajuste realizado con el caso 2, tal y como se comentaba anteriormente.



8.3. Simulaciones

A modo de conclusión del presente estudio, se propone la simulación de un supuesto a través de la utilización de los modelos matemáticos ajustados en el apartado anterior. El supuesto consiste en evaluar la cantidad de agua que puede ser bombeada de las masas de agua subterránea, adicional a la que se está bombeando actualmente, con el objetivo de que se cumpla el caudal ecológico en el río Turia en, al menos, un 99% de los meses. Además, también se debe garantizar que, en la toma de agua de Valencia, haya siempre 1 m³/s, que es la concesión que tiene Valencia sobre el río Turia. Esta concesión es máxima prioridad y se debe tener en cuenta a la hora de hacer estudios de planificación, por lo que debe asegurarse en los resultados que se va a poder proporcionar siempre dicha cantidad de agua.

Se va a considerar para dicha simulación los resultados a partir del año 1980, ya que se considera que deben ser más precisos y, en el caso del modelo del Bajo Turia, comienza a haber información para realizar la restitución correctamente. Además, los bombeos comienzan a estar ya bastante desarrollados.

De manera que, el procedimiento seguido será el siguiente:

- En primer lugar, se propondrán un régimen de sueltas desde el Embalse de Loriguilla de manera que, estas no serán nunca inferiores al caudal ecológico en Bugarra y serán superiores a este en los meses que se necesita más agua.
- A continuación, se calculará el caudal que sale por Bugarra, a través de la suma de las aportaciones del modelo Medio Turia y el régimen de sueltas establecido anteriormente. Sobre este caudal de salida de Bugarra se aplicará la condición impuesta para la simulación y se calculará cuánto pueden crecer los bombeos como máximo para que se siga cumpliendo dicha condición.
- Del mismo modo se procederá en el modelo Bajo Turia, es decir, al caudal de salida obtenido en Bugarra, se le sumarán las aportaciones del modelo Bajo Turia y se obtendrá el caudal de salida en Manises, sobre el que se volverá a aplicar la condición descrita anteriormente y se calculará si



cumple con los bombeos impuestos en el modelo anterior. Si cumple, se calculará cuánto pueden crecer como máximo los bombeos en este tramo para que se siga cumpliendo la condición, pero si no cumple, se deberán recalcular los bombeos del tramo anterior. Cabe tener en cuenta en este tramo que hay una serie de afecciones externas a tener en cuenta, por lo que se propondrá un patrón para cada una de ellas basado en los datos históricos de las mismas.

Dicho esto, se pasa ahora a realizar las simulaciones para cada modelo.

8.3.1. Modelo Medio Turia

En primer lugar, como se ha comentado, se ha definido el régimen de sueltas desde el Embalse de Loriguilla. Para ello, antes que nada, es importante saber cuál es el caudal ecológico existente en este tramo, que en este caso es de 2'59 hm³/mes (PHJ A5, 2015). A continuación, se ha visualizado el patrón estacional del aforo de Loriguilla para todos los años hidrológicos desde el año 1980, con el objetivo de, posteriormente, proponer un régimen de sueltas acorde con estos valores y que sea capaz de optimizar las afecciones que se propondrán en el siguiente modelo. Con esto, se obtienen unas sueltas con un orden de magnitud real y que permite que las afecciones externas que actúan sobre el río puedan seguir dándose de la misma manera que se han dado hasta la fecha. Finalmente, en los meses en los que, tras analizar los patrones estacionales, los valores sean inferiores al caudal ecológico, se impone que el caudal que se suelta sea igual a este último, para así cumplir siempre con lo que se indica en el PHJ. Cabe destacar que, dada la restricción que se tiene en la toma de agua de Valencia de asegurar siempre 1 m³/s, las sueltas del Embalse de Loriguilla deberán ser ligeramente superiores a las que se han dado durante la historia, debido en parte a que, como se verá posteriormente en los valores históricos de la toma de agua, en general siempre han sido inferiores a dicho valor.

De manera que, teniendo en cuenta todo lo anterior, el régimen de sueltas propuesto se muestra en el siguiente gráfico, comparándolo con la mediana de las sueltas históricas en Loriguilla:

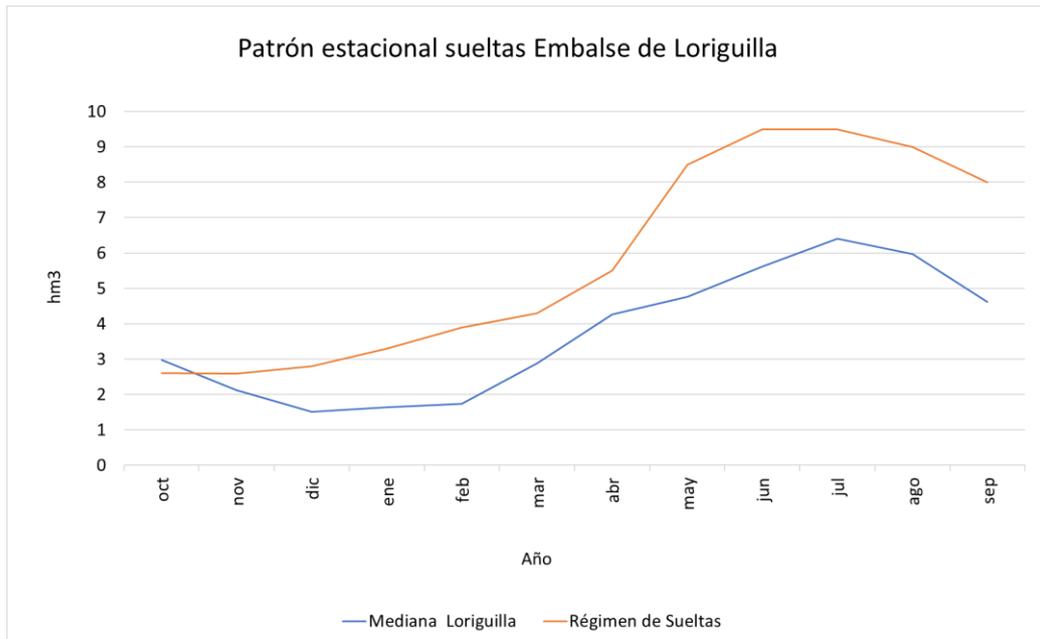


Gráfico 76. Patrón estacional del régimen de sueltas. Fuente: propia.

Como se puede ver, estas crecen en los meses de verano, ya que son los meses en los que más agua se necesita para abastecer las necesidades que se dan aguas abajo.

Procediendo ahora como se ha descrito anteriormente, los resultados de las simulaciones obtenidos para cada uno de los casos son los siguientes:

- Caso 1: con los bombeos actuales (5'3 hm³/año), el caudal ecológico se cumple en el 100% de los meses, por lo que todavía hay margen para bombear más agua y seguir cumpliendo la condición impuesta. El límite máximo de bombeos permitidos con el que se cumple el caudal ecológico en un 99% de los casos se alcanza con bombeos de 37 hm³/año.
- Caso 2: con los bombeos actuales (5'3 hm³/año), el caudal ecológico se cumple en el 100% de los meses, por lo que todavía hay margen para bombear más agua y seguir cumpliendo la condición impuesta. El límite máximo de bombeos permitidos con el que se cumple el caudal ecológico en un 99% de los casos se alcanza con bombeos de 47 hm³/año.
- Caso 3: con los bombeos actuales (40 hm³/año), el caudal ecológico se cumple en el 100% de los meses, por lo que todavía hay margen para bombear más agua y seguir cumpliendo la condición impuesta. El límite



máximo de bombeos permitidos con el que se cumple el caudal ecológico en un 99% de los casos se alcanza con bombeos de 51 hm³/año.

- Caso 4: con los bombeos actuales (26 hm³/año), el caudal ecológico se cumple en el 100% de los meses, por lo que todavía hay margen para bombear más agua y seguir cumpliendo la condición impuesta. El límite máximo de bombeos permitidos con el que se cumple el caudal ecológico en un 99% de los casos se alcanza con bombeos de 45 hm³/año.
- Caso 5: con los bombeos actuales (17 hm³/año), el caudal ecológico se cumple en el 100% de los meses, por lo que todavía hay margen para bombear más agua y seguir cumpliendo la condición impuesta. El límite máximo de bombeos permitidos con el que se cumple el caudal ecológico en un 99% de los casos se alcanza con bombeos de 42 hm³/año.

A partir de estos resultados se puede concluir que, para cumplir con el caudal ecológico en el tramo analizado, los bombeos todavía pueden crecer entre 11 y 41'7 hm³/año más, alcanzándose bombeos máximos que se mueven entre valores entre 37 y 47 hm³/año, e incluso de 51 hm³/año. Sin embargo, este último valor se da en el caso en el que más se forzaba el modelo para cuadrar la variación de las aportaciones, tanto en el periodo old como en el actual, por lo que puede estar sobredimensionado.

8.3.2. Modelo Bajo Turia

A continuación, se procede de manera análoga para el modelo Bajo Turia. En este caso, tal y como se comentó en el apartado 8.2, se van a realizar las simulaciones con los casos 1 y 3 del modelo Bajo Turia, por lo que al final se tendrán un total de diez simulaciones, dos por cada uno de los cinco casos del modelo Medio Turia, ya que el caudal de salida de Bugarra varía en función del caso escogido.

De los ajustes elegidos para realizar las simulaciones, cabe destacar que, en el caso 1 se aplicó un coeficiente de bombeo de 0'03, de manera que, si el total de los bombeos en Liria – Casinos, Pedralba, Mesozoicos de Cheste y Terciarios de Chiva sumaban 143'85 hm³/año, solamente se considera que están afectando al tramo estudiado un total de 4'31 hm³/año, mientras que, en el caso 3 se aplicó un coeficiente



de bombeo de 0'25, de manera que solamente se considera que están afectando al tramo estudiado un total de 35'96 hm³/año. Por lo que, a continuación, se buscará cuánto más puede crecer dicho factor de bombeo, si es que puede, para cada uno de los casos, con el fin de saber qué cantidad de bombeos pueden estar afectando simultáneamente al tramo, como máximo, para que se cumpla la condición general impuesta de que el caudal debe ser superior al caudal ecológico en el 99% de los meses, además de garantizar, como se ha comentado anteriormente, la concesión de agua de Valencia sobre el río Turia. En caso de que con los bombeos actuales no se cumpla dicha condición, se buscará cuánto es necesario reducir los bombeos en el tramo de aguas arriba, para así poder cumplir con lo establecido también en este tramo.

En primer lugar, al igual que con las sueltas del Embalse de Loriguilla, se debe escoger un patrón para cada una de las afecciones que intervienen en este tramo. A continuación, se muestra en los siguientes gráficos cada uno de estos patrones propuestos, comparándolos siempre valores que se consideren representativos de las series históricas de cada uno de ellos, como pueden ser la media o la mediana:

➤ Derivaciones Pueblos Castillo:

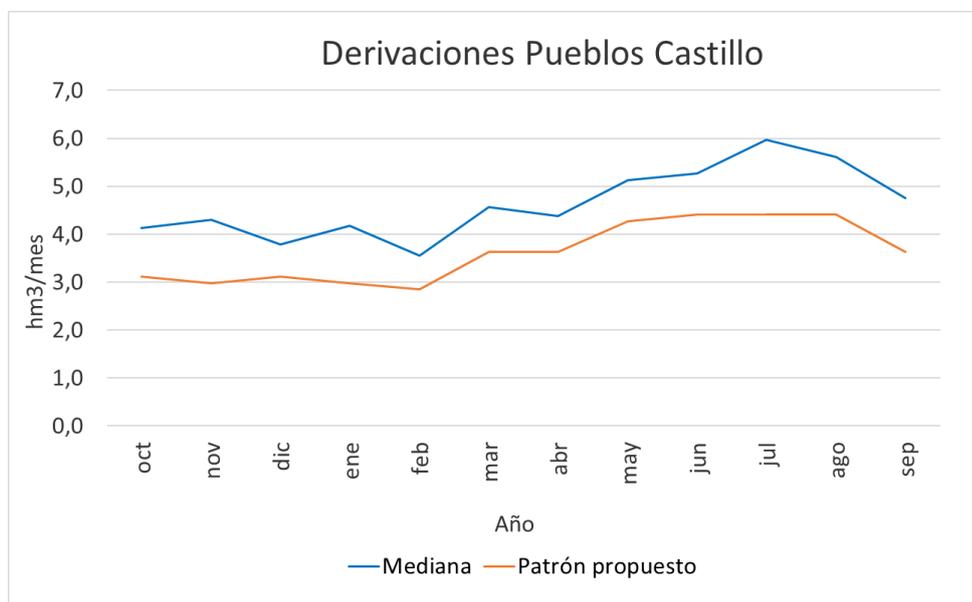


Gráfico 77. Patrón de derivaciones propuesto para Pueblos Castillo. Fuente: propia.

Como se puede observar, las derivaciones se incrementan en los meses de verano, al igual que las sueltas del embalse de Loriguilla que se vieron en el modelo anterior, ya que son los meses en los que más agua se necesita.

➤ Retornos de las derivaciones de Pueblos Castillo:

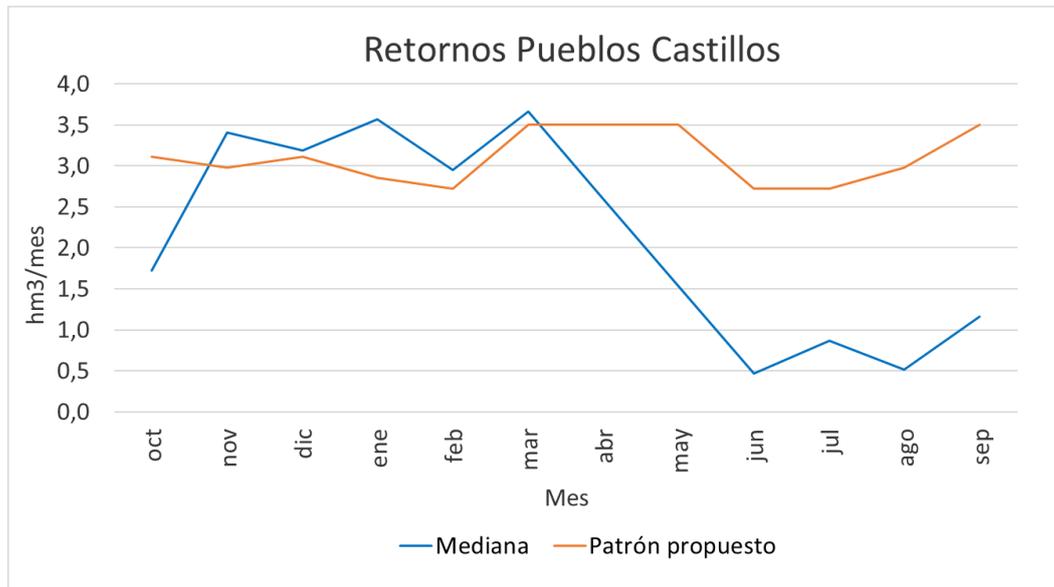


Gráfico 78. Patrón de retornos de Pueblos Castillo propuesto. Fuente: propia.

Como se puede observar, los retornos ligeramente inferiores a las derivaciones en los meses de invierno ya que, gran parte del agua que se deriva, finalmente se devuelve porque no es necesaria. Sin embargo, en los meses de verano los retornos sí son bastante inferiores a las derivaciones propuestas, debido a que se utiliza una mayor cantidad del agua derivada. Sin embargo, se puede ver cómo los valores propuestos en los meses de verano son superiores a los históricos, ya que muchas veces se deriva agua en exceso que finalmente es devuelta al río, especialmente en los meses de mayo y de septiembre que son el inicio y el fin de la campaña de riegos. Además, nunca se sabe a ciencia cierta el valor exacto de los retornos, por lo que los valores históricos pueden no ser precisos.

➤ Vertidos de canal Júcar – Turia:

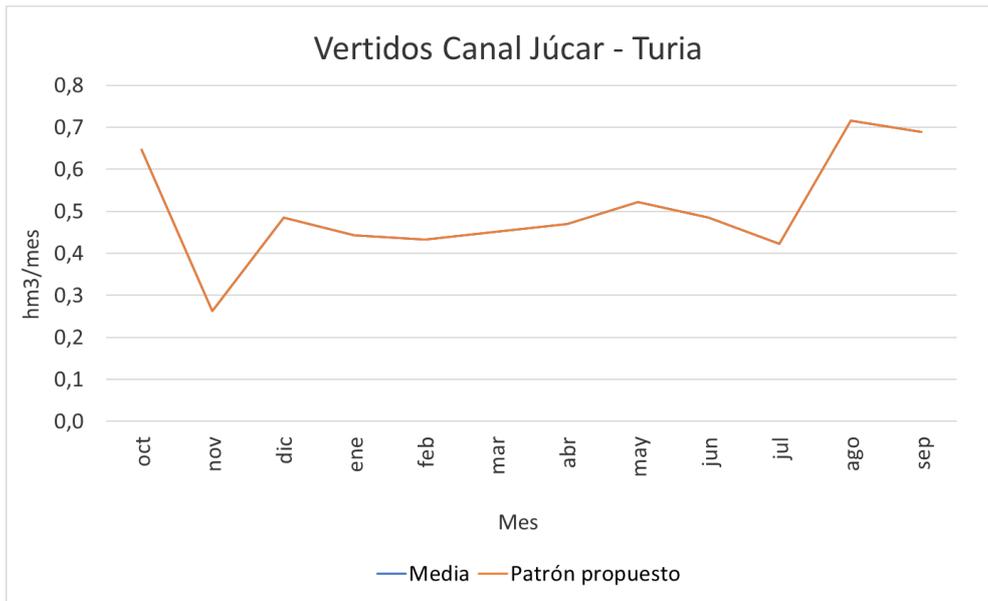


Gráfico 79. Patrón de vertidos propuesto para el Canal Júcar - Turia. Fuente: propia.

En este caso, los vertidos propuestos coinciden exactamente con la media de los valores históricos, ya que se considera un buen patrón.

➤ Toma de Agua de Valencia:

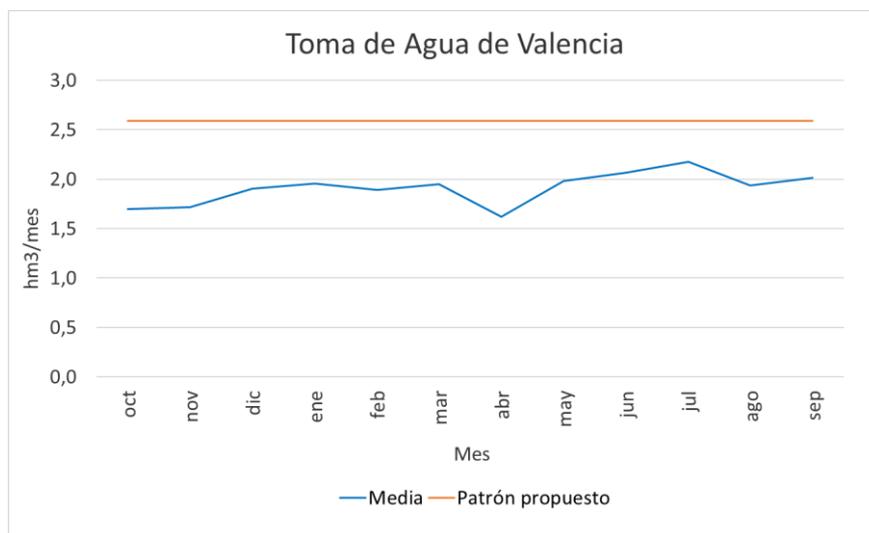


Gráfico 80. Patrón de la toma de agua de Valencia propuesto. Fuente: propia.

Como se comentaba anteriormente, se ha considerado una toma constante en todos los meses de 2'59 hm3/mes o, lo que es lo mismo, 1 m3/s, valor que corresponde con la concesión que tiene Valencia sobre el río Turia y que se debe garantizar siempre. Como se anticipaba en el modelo Medio Turia, los valores históricos son inferiores a la



toma propuesta, por lo que ha sido necesario incrementar también el patrón del régimen de sueltas.

Tras visualizar todos los patrones de las afecciones propuestos, comentar también que, en este caso, el caudal ecológico que se debe cumplir es de 3'02 hm³/mes (PHJ a5, 2015). Por lo que se ha reducido ligeramente con respecto al modelo anterior.

Con todo esto, se pasa ya a realizar cada una de las diez simulaciones que tienen lugar en este tramo:

Caso 1 Bajo Turia:

- Caso 1 Medio Turia: con los bombeos máximos fijados en el tramo anterior (37 hm³/año), se tiene que el caudal ecológico se cumple en un 98'65% de los meses, por lo que se está incumpliendo la condición impuesta. Esto provoca que los bombeos aguas arriba deban reducirse. De manera que, los bombeos máximos permitidos aguas arriba para cumplir con la condición impuesta aguas abajo deben descender hasta un valor de 28 hm³/año.
- Caso 2 Medio Turia: con los bombeos máximos fijados en el tramo anterior (47 hm³/año), se tiene que el caudal ecológico se cumple en un 98'65% de los meses, por lo que se está incumpliendo la condición impuesta. Esto provoca que los bombeos aguas arriba deban reducirse. De manera que, los bombeos máximos permitidos aguas arriba para cumplir con la condición impuesta aguas abajo deben descender hasta un valor de 44 hm³/año.
- Caso 3 Medio Turia: con los bombeos máximos fijados en el tramo anterior (51 hm³/año), se tiene que el caudal ecológico se cumple en un 98'42% de los meses, por lo que se está incumpliendo la condición impuesta. Esto provoca que los bombeos aguas arriba deban reducirse. De manera que, los bombeos máximos permitidos aguas arriba para cumplir con la condición impuesta aguas abajo deben descender hasta un valor de 47 hm³/año.



- Caso 4 Medio Turia: con los bombeos máximos fijados en el tramo anterior (45 hm³/año), se tiene que el caudal ecológico se cumple en un 98'42% de los meses, por lo que se está incumpliendo la condición impuesta. Esto provoca que los bombeos aguas arriba deban reducirse. De manera que, los bombeos máximos permitidos aguas arriba para cumplir con la condición impuesta aguas abajo deben descender hasta un valor de 41 hm³/año.
- Caso 5 Medio Turia: con los bombeos máximos fijados en el tramo anterior (42 hm³/año), se tiene que el caudal ecológico se cumple en un 98'65% de los meses, por lo que se está incumpliendo la condición impuesta. Esto provoca que los bombeos aguas arriba deban reducirse. De manera que, los bombeos máximos permitidos aguas arriba para cumplir con la condición impuesta aguas abajo deben descender hasta un valor de 32 hm³/año.

Caso 2 Bajo Turia:

- Caso 1 Medio Turia: con los bombeos máximos fijados en el tramo anterior (37 hm³/año), se tiene que el caudal ecológico se cumple en un 95'50% de los meses, por lo que se está incumpliendo la condición impuesta. Esto provoca que los bombeos aguas arriba deban reducirse. De manera que, los bombeos máximos permitidos aguas arriba para cumplir con la condición impuesta aguas abajo deben descender hasta un valor de 3 hm³/año.
- Caso 2 Medio Turia: con los bombeos máximos fijados en el tramo anterior (47 hm³/año), se tiene que el caudal ecológico se cumple en un 94'82% de los meses, por lo que se está incumpliendo la condición impuesta. Esto provoca que los bombeos aguas arriba deban reducirse. De manera que, los bombeos máximos permitidos aguas arriba para cumplir con la condición impuesta aguas abajo deben descender hasta un valor de 44 hm³/año.



- Caso 3 Medio Turia: con los bombeos máximos fijados en el tramo anterior (51 hm³/año), se tiene que el caudal ecológico se cumple en un 95'05% de los meses, por lo que se está incumpliendo la condición impuesta. Esto provoca que los bombeos aguas arriba deban reducirse. De manera que, los bombeos máximos permitidos aguas arriba para cumplir con la condición impuesta aguas abajo deben descender hasta un valor de 28 hm³/año.
- Caso 4 Medio Turia: con los bombeos máximos fijados en el tramo anterior (45 hm³/año), se tiene que el caudal ecológico se cumple en un 94'82% de los meses, por lo que se está incumpliendo la condición impuesta. Esto provoca que los bombeos aguas arriba deban reducirse. De manera que, los bombeos máximos permitidos aguas arriba para cumplir con la condición impuesta aguas abajo deben descender hasta un valor de 41 hm³/año.
- Caso 5 Medio Turia: con los bombeos máximos fijados en el tramo anterior (42 hm³/año), se tiene que el caudal ecológico se cumple en un 95'27% de los meses, por lo que se está incumpliendo la condición impuesta. Esto provoca que los bombeos aguas arriba deban reducirse. De manera que, los bombeos máximos permitidos aguas arriba para cumplir con la condición impuesta aguas abajo deben descender hasta un valor de 14 hm³/año.

Tras haber realizado todas las simulaciones con todas las combinaciones posibles, es necesario recapitular los resultados obtenidos para poder extraer conclusiones. Estos quedan recogidos en la siguiente tabla:



RESUMEN DE RESULTADOS		Bombeos (hm ³ /año)	Modelo Bajo Turia	
			Caso 1	Caso 3
Modelo Medio Turia	Caso 1	Antes simulación	37	37
		Después simulación	28	3
	Caso 2	Antes simulación	47	47
		Después simulación	44	24
	Caso 3	Antes simulación	51	51
		Después simulación	47	28
	Caso 4	Antes simulación	45	45
		Después simulación	41	22
	Caso 5	Antes simulación	42	42
		Después simulación	32	14

Tabla 8. Resumen de la simulación del modelo Bajo Turia.

En ella se observa que, para todos los casos simulados, los bombeos máximos definidos en el modelo Medio Turia deben reducirse para cumplir las condiciones impuestas en el modelo Bajo Turia. Por lo que, de manera trivial, la primera conclusión importante que se puede extraer es que en el tramo Bajo Turia no está permitido realizar bombeos adicionales a los que se realizan actualmente.

Analizando ahora cada uno de los casos de manera independiente, se puede observar que, para el caso 1, los bombeos máximos aguas arriba deben reducirse entre 3 y 10 hm³/año, de manera que estos descienden a valores máximos comprendidos entre 28 y 47 hm³/año. En cuanto al caso 2, se observa que los bombeos máximos deben reducirse de una manera más drástica, entre 23 y 34 hm³/año, de manera que estos descienden a valores máximos comprendidos entre 3 y 28 hm³/año.

Con todo esto, puede afirmarse que los bombeos máximos permitidos en el tramo Medio Turia están fuertemente condicionados por el tramo Bajo Turia, de manera que, si se quieren cumplir las condiciones en ambos tramos simultáneamente, los bombeos máximos que se deben imponer en dicho tramo giran en torno a un valor medio de 37'5 hm³/año para el caso 1 y de 15'5 hm³/año para el caso 2, es decir, notablemente inferiores a los obtenidos en la simulación del modelo anterior.



9. Resumen y conclusiones

El presente apartado pretende ser una síntesis del procedimiento seguido para la elaboración del presente estudio, así como de aquellas ideas y conclusiones más importantes del mismo.

En primer lugar, en la descripción del sistema que se vio en el apartado 5, se compararon los diferentes mapas de isopiezas que se han elaborado con el paso del tiempo. Se pudo observar cómo las curvas de nivel de los dos mapas más actuales comparten un mismo patrón de comportamiento, sin embargo, en el elaborado en el año 2008 por el IGME, se encontró una importante depresión que alcanza los -50 m.s.n.m. y que no aparece en el otro mapa también relativamente actual elaborado en el año 2005. Esta particularidad no pudo ser contrastada posteriormente con el análisis transversal, ya que casualmente en esa zona no existe ningún piezómetro que pueda aportar una serie de datos temporales para poder comprobar si ese descenso fue debido a un error en la elaboración del mapa, si fue debido a alguna causa excepcional que se produjo en ese año o si es un comportamiento que se ha repetido más veces en la historia. Además, se pudo realizar una interpretación acerca de cómo fluye el agua en dicha zona gracias a las curvas de nivel de estos mapas, de manera que, a partir del comportamiento de este flujo de agua, pueden distinguirse tres zonas en el sistema, que, desde el Embalse de Loriguilla hasta la desembocadura del río, son las siguientes:

- o Una primera zona que llega aproximadamente hasta el límite entre el acuífero Las Serranías y los acuíferos Liria – Casinos y Buñol – Chestre. En ella se observa que el flujo del agua se dirige prácticamente de manera perpendicular al río Turia, por lo que parece evidente que el agua que aporta el acuífero Las Serranías en el tramo comprendido entre el Embalse de Loriguilla y el límite comentado anteriormente sirve en su totalidad para alimentar al propio río Turia.

- o Una segunda zona de transición que empieza donde termina la anterior y llega prácticamente hasta el comienzo del acuífero Plana Valencia Norte. En ella, el flujo del agua pasa de ser completamente perpendicular al río Turia a tener progresivamente



un ángulo de incidencia cada vez menor a 90°. Por lo que las aportaciones de los acuíferos Liria – Casinos y Buñol – Chestre parece que siguen aportando bastante agua al río Turia, pero cada vez de manera menos directa.

o Finalmente, una tercera zona en el último tramo del río, desde el inicio del acuífero Plana Valencia Norte hasta su desembocadura aproximadamente, donde se puede observar que el flujo del agua ya es prácticamente paralelo al río, por lo que las aportaciones de este acuífero se dirigen principalmente hacia el mar y no tanto hacia el río Turia como en las dos zonas anteriores.

A continuación, en el apartado 6 se realizó un análisis transversal de la zona de estudio a través de una serie de cortes transversales, con el objetivo de poder extraer información relevante a la hora de poder comprender el comportamiento del sistema estudiado. Antes de nada, se analizó el comportamiento de los piezómetros clasificados como representativos, por ser estos los piezómetros que mejor representan el comportamiento de la zona en la que se encuentran, de los cuales se pudo identificar una serie de zonas cuyo comportamiento ha seguido un patrón marcado creciente o decreciente que merece ser destacado. Estas zonas son las siguientes:

o Se puede ver la existencia de dos zonas con un comportamiento de los niveles piezométricos creciente, situadas una en el acuífero Liria – Casinos, entre la Rambla Castellana y la Rambla Escarihuela, y otraya más próxima a la desembocadura del río, en el acuífero Plana Valencia Norte en la margen derecha del río.

o También se visualiza una zona con un comportamiento claramente decreciente, situada en el acuífero Liria – Casinos, relativamente alejada del río.

o Por último, aparece otra zona cuyo comportamiento sigue también un patrón decreciente pero no tan marcado como el anterior, situada prácticamente en el límite del acuífero Plana Valencia Norte por la margen izquierda del río.

Posteriormente, se realizaron un total de 8 cortes transversales, distribuidos de la siguiente manera: dos en el acuífero Las Serranías, tres en los acuíferos Liria – Casinos y Buñol – Chestre y tres en el acuífero Plana Valencia Norte. De estos, es importante destacar que, tras el análisis de los piezómetros que componen estos cortes, cabe



destacar que la gran mayoría, o bien no sigue un patrón creciente o decreciente definido, o bien no aporta datos suficientes como para poder observar ese patrón. De manera que, las únicas zonas destacables por este aspecto son las siguientes:

- o Se aprecian solamente tres zonas con un comportamiento creciente. Situadas, dos en la margen izquierda del río Turia, una en el acuífero Las Serranías y otra en el acuífero Liria – Casinos, entre las Ramblas Castellana y Escarihuela, próxima a la zona comentada anteriormente en los piezómetros representativos. La tercera se sitúa en la margen derecha del río Turia y en el acuífero Plana Valencia Norte, también relativamente próxima a la zona comentada anteriormente.

- o En cuanto a zonas con un comportamiento decreciente, se puede ver que estas se agrupan principalmente en la margen izquierda del acuífero Plana Valencia Norte. También aparece otra zona más independiente situada en el acuífero Liria – Casinos, en la margen izquierda del Barranco del Carraixet.

Además, tras este análisis, se pudo analizar el carácter que tiene el río Turia, siendo este claramente ganador en su primer tramo, y siguiendo un comportamiento similar al de las isopiezas, es decir, siendo su carácter ganador progresivamente menos marcado, hasta llegar al acuífero Plana Valencia Norte donde el carácter comienza a ser perdedor ya por ambos márgenes. Destacar en este sentido, que por la margen izquierda el río comienza a ser perdedor antes que por la margen derecha.

Tras el análisis transversal, se realizó un análisis longitudinal, con el objetivo de estudiar las diferentes afecciones externas que influyen sobre el caudal que transporta el río Turia. Con estas se pudo obtener el caudal restituído del río Turia, esto es, el caudal que circularía por el mismo si no existieran dichas afecciones. Estas afecciones se dividieron en entradas y en salidas, de manera que unas aportan agua al río y otras se lo llevan de él, siendo estas últimas notablemente superiores, por lo que el caudal que circula por el río Turia en régimen alterado se puede decir que es inferior al que debería circular en su régimen natural.



Tras estos dos análisis, se elaboró un modelo conceptual que trata de recoger todas las conclusiones comentadas anteriormente de manera estructurada, con el fin de definir cuál es el comportamiento del sistema.

El último paso de este estudio consistió en la construcción de un modelo matemático que fuera capaz de reproducir el comportamiento real del sistema. Para ello decidió dividirse el modelo en dos, con el objetivo de simplificar su construcción. El primer modelo se llama Medio Turia y va desde el Embalse de Loriguilla hasta el aforo de Bugarra; el segundo modelo se llama Bajo Turia y va desde el aforo de Bugarra hasta el aforo de Manises. Una vez construidos estos modelos, se utilizaron para realizar unas series de simulaciones, cuyo objetivo era averiguar cuál es el bombeo máximo que se puede producir en cada uno de ellos de manera que se cumpla con el caudal ecológico propuesto por el PHJ, para cada tramo, en un 99% de los meses, además de garantizarse siempre la concesión que tiene Valencia sobre el río Turia. De la elaboración de cada uno de estos modelos, así como de la simulación realizada, puede concluirse que, a pesar de que en el modelo Medio Turia se obtienen unos bombeos máximos con los que se cumple el caudal ecológico en ese tramo, estos deben reducirse, ya que dicho tramo está muy condicionado por lo que sucede aguas abajo, donde no se permiten bombeos adicionales. De manera que, si se quieren cumplir las condiciones simultáneamente en ambos modelos, los bombeos máximos permitidos en el modelo Medio Turia deben girar en torno a valores de 18'20 y 38'40 hm³/año.

En este sentido cabe destacar que, actualmente, se estima que la recarga disponible en el acuífero Las Serranías, teniendo en cuenta el total del recurso renovable y las restricciones ambientales, es de 43'50 hm³/año, de manera que, si se bombean 5'30 hm³/año, todavía quedarían disponibles 38'20 hm³/año. Tras observar los resultados obtenidos en las simulaciones, es importante señalar que dicha estimación pueda estar sobredimensionada, siendo el recurso disponible algo menor si se quiere garantizar que en el tramo bajo del río se cumplen también las condiciones impuestas.

Por su parte, en los acuíferos Liria – Casinos y Buñol – Cheste no existen excesos de recurso disponible para realizar más bombeos, sino que hay déficits, lo cual es consistente con los resultados obtenidos.



10. Líneas futuras

Para cerrar con el estudio realizado, se sugieren una serie de mejoras que permitirán un análisis más exhaustivo y riguroso del sistema en cuestión.

En primer lugar, resulta conveniente una recogida de datos más precisa, eficaz y mejor distribuida, especialmente en cuanto a lo que se refiere a los niveles piezométricos. Se ha observado que muchos de ellos aportan información muy escasa y que, además, existen zonas en el sistema susceptibles de haber sufrido alteraciones con el paso del tiempo que han pasado desapercibidas por no existir una red de piezómetros de mayor calidad. Entre estas, cabe destacar la gran depresión que se pudo observar en los mapas de isopiezas, situada en el acuífero Plana Valencia Norte, en la margen derecha del río Turia y casi en la frontera con el acuífero Buñol – Cheste.

Además de la piezometría, también es importante que la información que recogen los aforos sea lo más precisa posible. Ello requiere un mantenimiento constante de los dispositivos utilizados, para evitar así posibles errores en la toma de datos, como podría haberse producido en el antiguo aforo situado en Bugarra.

También se anima a perseverar en la recogida de datos que tiene que ver con las afecciones externas que inciden sobre el río. Ello permitirá un mayor control sobre las mismas y proporcionará un mayor conocimiento sobre los efectos que estas tienen sobre el río Turia.

Para terminar, se propone la mejora del modelo elaborado una vez se tenga información más completa y precisa, en todos los aspectos, que así lo permita. De manera que, con un modelo más preciso pueden proponerse numerosos casos más de simulación que serán de gran utilidad para una planificación hidrológico óptima en los próximos años.



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.





11. Referencias y bibliografía

- ArcGis. ¿Qué es la plataforma ArcGis? Página web <https://www.esri.es/arcgis/>
- Cabrera, J., 2011. Calibración de modelos hidrológicos (7. Medidas de bondad de ajuste).
- Canal Júcar Turia. Comunidad General de Usuarios del Canal Júcar – Turia. Página web <http://www.canaljucarturia.com/canal.html>
- CEDEX, 2014 – 2015a. Anuario de aforos, estaciones de aforo: datos de información foronómica (Estación 8147: Río Turia o Guadalquivir en Loriguilla Salida Embalse).
- CEDEX, 2014 – 2015b. Anuario de aforos, estaciones de aforo: datos de información foronómica (Estación 8022: Río Turia o Guadalquivir en Bugarra).
- CEDEX, 2014 – 2015c. Anuario de aforos, estaciones de aforo: datos de información foronómica (Estación 8147: Río Turia o Guadalquivir en Presa, La).
- CHJ, 2010. Red de Estaciones de Aforos y Embalses.
- Mateu, J., 1995a. Ponencia “Precedentes históricos de la Confederación” (Historia). Abril de 1995.
- Mateu, J., 1995b. Ponencia “Precedentes históricos de la Confederación” (Conclusión). Abril de 1995.
- Google Earth. Wikipedia, la enciclopedia libre. Noviembre del 2018. Página web https://es.wikipedia.org/wiki/Google_Earth
- GVCartografic, 2013. ¿Qué es Terrsit? Blog Institut Cartogràfic Valencià. Página web <https://gvacartografic.wordpress.com/2013/01/31/que-es-terrasit/>
- La Razón, 2013. Los acuíferos, donde se esconde la mitad de nuestra agua.
- Las Provincias, 2010. Finaliza la excavación del nuevo túnel del canal de riego Camp de Turia. Noviembre 2010.



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.



Los regadíos del Bajo Turia, 2010. Paisatges culturals a la Reial Asèquia de Moncada.

Página web <http://www.paisatgesculturals-rsm.org/02C/los-regadios-del-bajo-turia/>

MAPAa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Confederaciones Hidrográficas). Página web <https://www.mapa.gob.es/es/>

MAPAb. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Masas de agua subterránea). Página web <https://www.mapa.gob.es/es/>

MTE. Ministerio para la Transición Ecológica (Aguas superficiales: categorías y tipos de masas de agua). Página web <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/categorias-y-tipos-de-masas-de-agua/>

PATRICAL. Software para el cálculo de la Precipitación – Aportación en Tramos de Red Integrados con Calidad del Agua (Descripción). Página web <https://www.iiama.upv.es/iiama/es/transferencia/software/patrical-e.html>

PHJ, 2015a. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar 2015 – 2021. Memoria: Ciclo de la planificación hidrológica 2015 – 2021 Confederación Hidrográfica del Júcar, 76-77.

PHJ, 2015b. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar 2015 – 2021. Memoria: Ciclo de la planificación hidrológica 2015 – 2021 Confederación Hidrográfica del Júcar, 1.

PHJ, 2015c. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar 2015 – 2021. Memoria: Ciclo de la planificación hidrológica 2015 – 2021 Confederación Hidrográfica del Júcar, 37-38.

PHJ, 2015d. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar 2015 – 2021. Memoria: Ciclo de la planificación hidrológica 2015 – 2021 Confederación Hidrográfica del Júcar, 62.

PHJ, 2015e. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar 2015 – 2021. Memoria: Ciclo de la planificación hidrológica 2015 – 2021 Confederación Hidrográfica del Júcar, 65.



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.



PHJ, 2015f. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar 2015 – 2021. Memoria: Ciclo de la planificación hidrológica 2015 – 2021 Confederación Hidrográfica del Júcar, 66.

PHJ A3, 2015a. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar 2015 – 2021. Memoria – Anejo 3: Usos y demandas de agua, 97.

PHJ A3, 2015b. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar 2015 – 2021. Memoria – Anejo 3: Usos y demandas de agua, 102.

PHJ A5, 2015. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar 2015 – 2021. Memoria – Anejo 5: Régimen de caudales ecológicos.

Piezómetros, 2010. Redes de control de la Confederación Hidrográfica del Júcar (Piezometría). Página web <https://www.chj.es/es-es/medioambiente/redescontrol/Paginas/Piezometria.aspx>

Potenciano de las Heras, A., Villaverde Valero, J.J., 2009. Implementación del modelo hidrológico de Témez para la evaluación de recursos hídricos con Grass GIS. Fase superficial y subterránea. 2009.



Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.





Estudio de la relación río – acuífero del tramo final del río Turia e implicaciones en la gestión del agua. Provincia de Valencia.



FDO.: RAMÓN-LLIN PLA, RAFAEL