



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



Estudio de Alternativas de Gestión de Agua Subterránea en la Cuenca del Rio Magro

Memoria

Trabajo final de grado

Titulación: Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Curso: 2014/15

Autor: Adrián Mercé Gallo

Tutor: Miguel Ángel Pérez Martín

Cotutor: Teodoro Estrela Monreal

Valencia, 11 de junio de 2015



Contenido

1. Introducción y Objetivos.....	1
2. Antecedentes y Estudios previos.....	3
3. Ámbito de Estudio	8
3.1 CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR.....	8
3.2. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN JÚCAR.....	10
3.3. RIO MAGRO	11
3.3.1. Embalse de Forata	13
3.3.2. Estaciones de aforos aguas arriba de Forata	14
4. Metodología.....	34
5. Descripción de Masas de Agua Subterránea	19
5.1. Unidad Hidrogeológica 08.24 Requena-Utiel.....	19
5.1.1. Marco Físico.....	19
5.2. Masas de Agua subterránea.....	32
6. Análisis de Piezometría.....	34
6.1. Masa subterránea 080.133 Utiel-Requena	37
6.2. Masa subterránea 080.139 Cabrillas Malacara	44
6.3. Masa subterránea 080.134 Mira.....	46
6.4. Masa subterránea 080.144 Sierra del Ave.....	47
7. Modelacion Matemática.....	49



7.1. Acciones Exteriores	49
7.1.1. Entradas al sistema	49
7.1.2. Salidas del sistema	52
Superficiales	58
7.2. Modelo	59
7.2.1 Resultados	59
7.2.2 Interpretación	64
7.3. Simulación	66
8. Resumen y Conclusiones	81



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



1. Introducción y Objetivos

Nunca reconoceremos el valor del agua hasta que el pozo este seco. A través de esta célebre frase, Thomas Fuller, historiador anglicano del siglo XVII, ya detectaba los problemas de gestión de los recursos hídricos e invitaba a reflexionar sobre los la gestión del agua

El agua es un recurso escaso, esto unido al uso intensivo que se realiza del mismo, hace que cada día sea más valorado por la sociedad. El hombre necesita agua, tanto para su vida cotidiana (consumo, higiene, etc.), como para desarrollar muchas de sus actividades económicas, principalmente agricultura de regadío, ganadería estabulada, industria y generación de energía eléctrica. La disponibilidad de agua es un factor de desarrollo económico, mientras su escasez puede limitar muchas actividades y provocar Estancamiento y pérdida de población.

Para disponer siempre del recurso, se utilizan todas las fuentes disponibles, recurriéndose tanto al agua superficial como al agua subterránea, almacenando la primera en embalses y la segunda en los acuíferos.

En España, las precipitaciones suministran la mayor parte de las aportaciones a los ríos en épocas en las que suelen ser menos requeridas, al no coincidir, normalmente, con los períodos en los que las demandas para riego alcanzan sus valores máximos. Por tanto, es necesario acumular el agua en las épocas húmedas para su utilización en los períodos de estiaje o de sequía. En este sentido, los acuíferos cubren funciones similares a las de los embalses superficiales: el bombeo de las reservas subterráneas en épocas secas o con grandes demandas de agua es equiparable al agua tomada de un embalse.

Sin embargo, las aguas subterráneas constituyen un recurso frágil tanto en sus aspectos de calidad como de cantidad. De un lado, la explotación de los acuíferos por encima de sus posibilidades efectivas está abocando a algunos hacia situaciones no sostenibles de desarrollo; en otros casos, existen zonas húmedas en proceso de regresión por afección al flujo que las alimenta; a su vez, la contaminación, localizada o difusa, conlleva una pérdida de la capacidad de los acuíferos para atender determinados usos, por lo que exige actuaciones para prevenirla y corregirla.

En concreto, en este trabajo se va a intentar dar explicación a los déficits de abastecimiento encontrados en el embalse de Forata, el cual lleva en las últimas décadas viendo sus



volúmenes anuales menguados. Para realizarlo, se centrará el estudio en los recursos subterráneos. Se estudiarán los distintos volúmenes de extracción concedidos por la Confederación Hidrográfica del Júcar, se modelarán los distintos acuíferos que abastecen aguas arriba del embalse de Forata y se comprobarán los modelos que se han utilizado hasta la fecha; intentando encontrar soluciones de gestión en los acuíferos para que las estimaciones sean más cercanas a los volúmenes que viene teniendo el embalse en estos últimos años.

Al mismo tiempo se comprobará si la disminución en los volúmenes del embalse son derivados del cambio climático, viéndose afectada la zona de estudio por una sequía; o si por el contrario es debido a que hay un mayor volumen extraído de los acuíferos que drenan al embalse. Se intentará identificar las razones y proponer soluciones factibles de gestión de las masas de agua subterránea para que se mitiguen los efectos o para que por lo menos se vea.

Los principales aspectos a desarrollar en este trabajo son:

1. Evaluación cuantitativa de las extracciones de aguas subterráneas, considerando la evolución histórica y su distribución espacial.
2. Análisis de la piezometría de las masas de agua subterránea aguas arriba del embalse, prestando especial atención a la relación río acuífero.
3. Estudio de la modelación matemática utilizada por la Confederación Hidrográfica del Júcar.
4. Simulación del comportamiento de las masas de agua subterránea mediante modelación matemática e interpretación de los resultados, así como de las distintas formas de gestión.

2. Antecedentes y Estudios previos

A continuación se realiza un breve análisis del Esquema Provisional de Temas importantes del segundo ciclo de planificación: 2015-21. Solo se centrará en lo relevante a los estudios del río Magro.

- Garantía y sostenibilidad de los abastecimientos y los riegos de río magro aguas abajo del embalse de Forata

Descripción y localización del problema: Los aprovechamientos tanto urbanos como agrícolas en los municipios de la cuenca del río Magro situada entre el embalse de Forata y el canal Júcar-Turia están afectados por un importante déficit de recursos lo que ocasiona déficits en las demandas agrícolas e, incluso, ha producido episodios puntuales de desabastecimiento de las demandas urbanas. En concreto, como se observa en la figura, se trata de los municipios de Alborache y Macastre en la Hoya de Buñol y los de Turís, Montserrat, Montroy, Real, Llombai, Catadau y Alfarp en la Ribera Alta. En lo que respecta a los usos agrícolas, los problemas se presentan en los regadíos superficiales dependientes de los recursos del Magro, tantos fluyentes como regulados en el embalse de Forata.

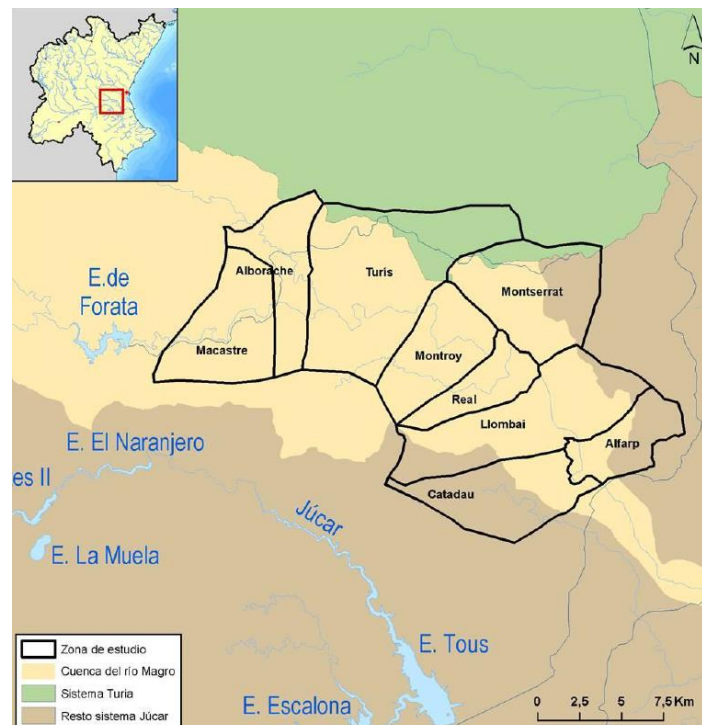


Figura 1: Municipios aguas abajo del embalse de Forata

El plan hidrológico 2009-2015 asigna en su artículo 28.B.13 la totalidad de los recursos superficiales del río Magro a los usos actuales y futuros que se realicen en la cuenca de dicho

río. La zona regable a atender con los recursos regulados por el embalse de Forata queda toda ella por encima del Canal Júcar-Turia, considerando que la que se encuentra por debajo (Masalet, Aledua y Carlet) se atiende con caudales procedentes del mencionado Canal Júcar-Turia, de acuerdo con las concesiones existentes.

Objetivos de planificación: Mejorar la garantía de suministro tanto de las demandas urbanas como de las demandas agrícolas en los municipios del Bajo Magro.

Evolucion y tendencia de demandas:

Demandas Urbanas: Históricamente las poblaciones de Montserrat, Montroy, Real de Montroi, Llombai, Catadau y Alfarp se abastecían de aguas subterráneas procedentes de manantiales y pozos, pero venían sufriendo restricciones periódicas de suministro de agua potable por lo que se integraron en la entidad Metropolitana de Servicios Hidráulicos, pero no se ha materializado completamente.

En cuanto al volumen de demanda, el plan hidrológico 2009-2015 la estimó en el horizonte 2009 para el conjunto de los municipios del área de estudio en poco más de 3 hm³ anuales previéndose un incremento en el volumen de demanda de unos 400.000 m³ hasta el horizonte 2027, especialmente, como se muestra en la figura siguiente, en los municipios del EMSHI.

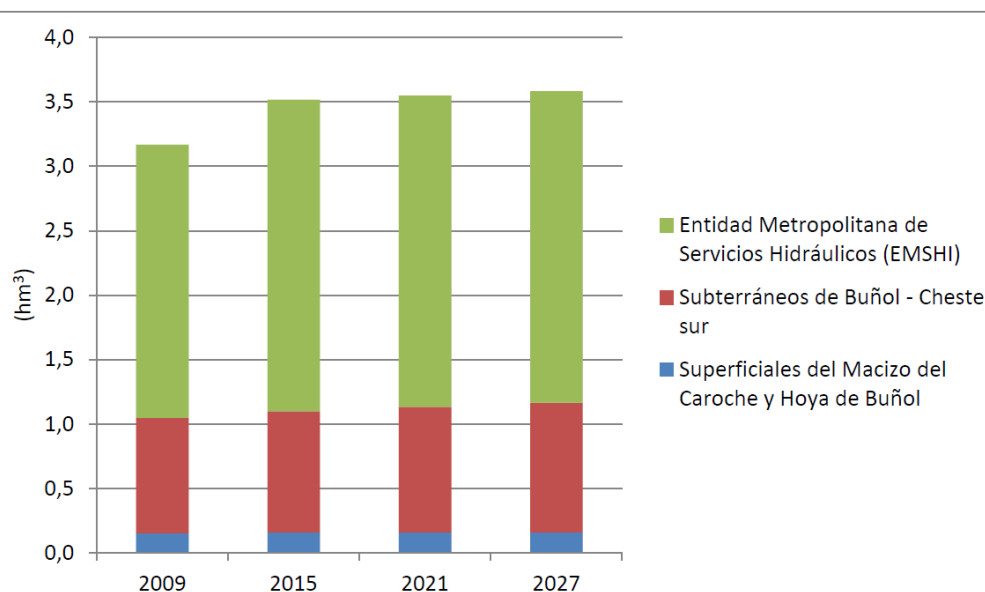


Gráfico 1: Evolución de las demandas urbanas en los municipios de estudio

Demandas agrícolas: El embalse de Forata, sobre el río Magro, entró en servicio en 1969 con el objetivo de mejorar las garantías y ampliar el regadío en la parte baja de su cuenca. Para

aprovechar estos nuevos recursos se constituyó el Sindicato Central de Forata que agrupaba a todos los usuarios agrícolas con una superficie de 4.276 ha. Sin embargo las entradas al embalse desde el año hidrológico 1998/93 se han reducido.

Esta situación fue en parte resuelta en 1996 cuando las 3.000 ha de los regadíos del Magro que se situaban por debajo del canal Júcar-Turia (comunidades de regantes de Masalet, Aledua y Acequia Comuna de Carlet) empezaron a abastecerse de aguas del Júcar a través de esta infraestructura.

Finalizado el cambio de origen de los recursos de estas comunidades de regantes mantienen derechos sobre las aguas del río Magro un total de 12 comunidades de regantes con una superficie concesional de unas 1.250 ha como se observa en la figura siguiente.

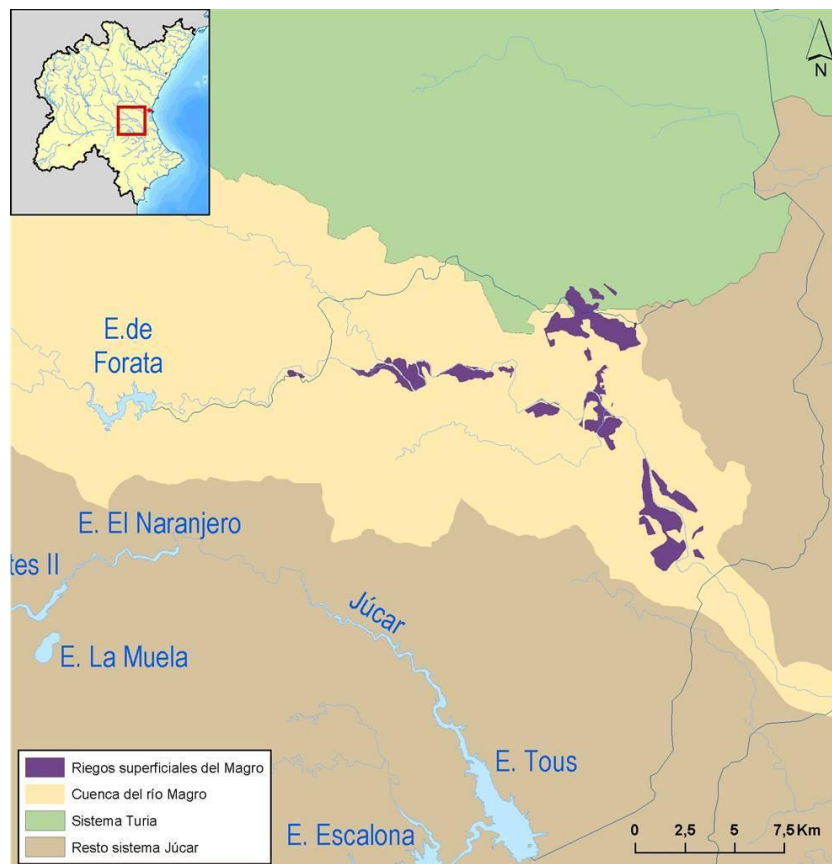


Figura 2: Comunidades de regantes con concesiones sobre aguas del río Magro

Según trabajos desarrollados estas comunidades de regantes presentarían una superficie regada de 1.142 ha principalmente dedicadas al cultivo de cítricos y de frutales de fruto carnoso no cítrico con una demanda bruta de 8,4 hm³/año por lo que el volumen regulado en el embalse de Forata, de media, resulta insuficiente para su correcto abastecimiento debiendo

recorrer a extracciones de pozos en épocas en la que se dispone de un menor volumen de recursos superficiales.

Por otra parte, en estos municipios existe una superficie del orden de 6.600 ha con regadíos de origen subterráneo.

Posibles alternativas de actuación:

La mejora de la garantía de los regadíos del río Magro aguas abajo del embalse de Forata puede realizarse con distintas alternativas de forma individual o coordinada, entre las que cabe destacar:

- Incrementar el volumen de recursos superficiales disponible mediante la regulación del Bajo Magro, lo que presenta la ventaja de resolver el problema dentro de la misma cuenca. Para ello se plantea adaptar la medida ya incluida en el programa de medidas del plan hidrológico 2009-2015 Alternativa a la Presa del Marquesado que, además, presentaría asimismo la función de reducir el riesgo de inundación de los municipios de la Ribera.
- Transferir recursos del río Cabriel regulados en el embalse de Contreras o del propio río Júcar desde el embalse de Cortes II al embalse de Forata lo que supondría aumentar las demandas dependientes del río Júcar, río con un importante nivel de stress hídrico.
- Ampliar la zona atendida por el canal Júcar-Turia tal y como ya se hizo en el pasado en el caso de los municipios de Alfarp, Catadau y Llombay, con una superficie de regadío de origen superficial de unas 620 ha. De esta manera se reduciría aproximadamente a la mitad la superficie de riego atendida desde el embalse de Forata. Esta nueva superficie abastecida desde el Canal Júcar-Turia produciría un incremento en las demandas dependientes del río Júcar, incremento que, sin embargo, podría ser materializado mediante la reutilización de aguas depuradas en las EDAR del entorno de la ciudad de Valencia.
- Incrementar la oferta de recursos subterráneos con el objetivo de potenciar el uso conjunto. Las principales masas de agua subterránea de la zona de estudio son Buñol- Cheste y La Contienda, que se encuentran en mal estado cuantitativo, y Sierra del Ave, que, además de presentar un índice de explotación elevado, está



sujeta a limitaciones en lo que se refiere a aumentar las extracciones por las posibles afecciones al espacio protegido de los Ullals de Massalavés.

- Fomentar el uso de recursos regenerados aunque el volumen que finalmente podría ser aprovechado sería relativamente pequeño ya que los efluentes de las principales EDAR de la zona (Mancomunitat del Marquesat, Vall dels Alcalans y Turís I) ya se reutilizan.
- Mejora de la eficiencia de los regadíos.

3. Ámbito de Estudio

3.1 CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

La Cuenca Hidrográfica del Júcar está localizada al este de la Península Ibérica. Agrupa todas las cuencas que vierten al mar Mediterráneo, entre la margen izquierda de la Gola del Segura, en su desembocadura, y la desembocadura del río Cenja, además de la cuenca endorreica de Pozohondo.

La extensión total es de 42.989 km² y se extiende por las provincias de Albacete, Alicante, Castellón, Cuenca, Valencia y Teruel, además de una pequeña zona en la provincia de Tarragona.

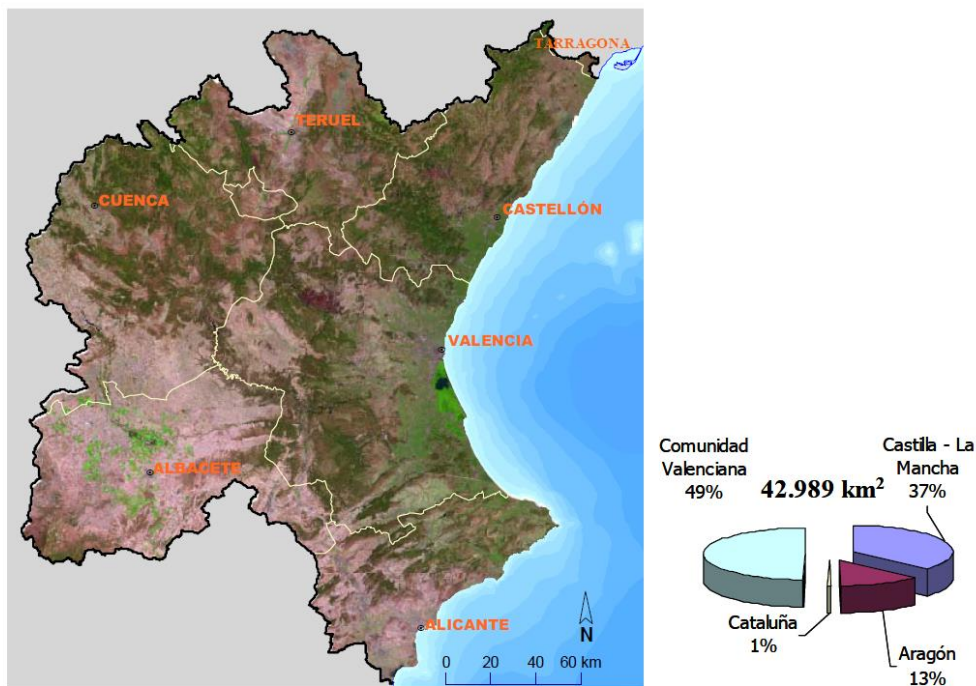


Figura 3: Ámbito territorial de CHJ y % de territorio por CC.AA.

Tiene una población de 4.360.000 habitantes (año 2001), lo que significa que uno de cada 10 españoles vive en el ámbito de la cuenca del Júcar. A este número hay que añadir la cifra de 1.400.000 habitantes equivalentes debidos al turismo, fundamentalmente en la costa valenciana. En el ámbito de la cuenca existe un gran contraste en la densidad de habitantes, que va desde los cerca de 20.000 habitantes por kilómetro cuadrado en el área metropolitana de Valencia a los 2 habitantes por kilómetro cuadrado en zonas montañosas de la provincia de Cuenca.

La Cuenca del Júcar está localizada entre las latitudes 38º y 40º norte y tiene un clima Mediterráneo con veranos secos y calurosos, e inviernos suaves. Los largos períodos de insolación junto con la circulación de masas de aire caliente hacen que la temperatura media anual oscile entre los 9ºC en las áreas montañosas del noroeste y los 18ºC de la zona costera.

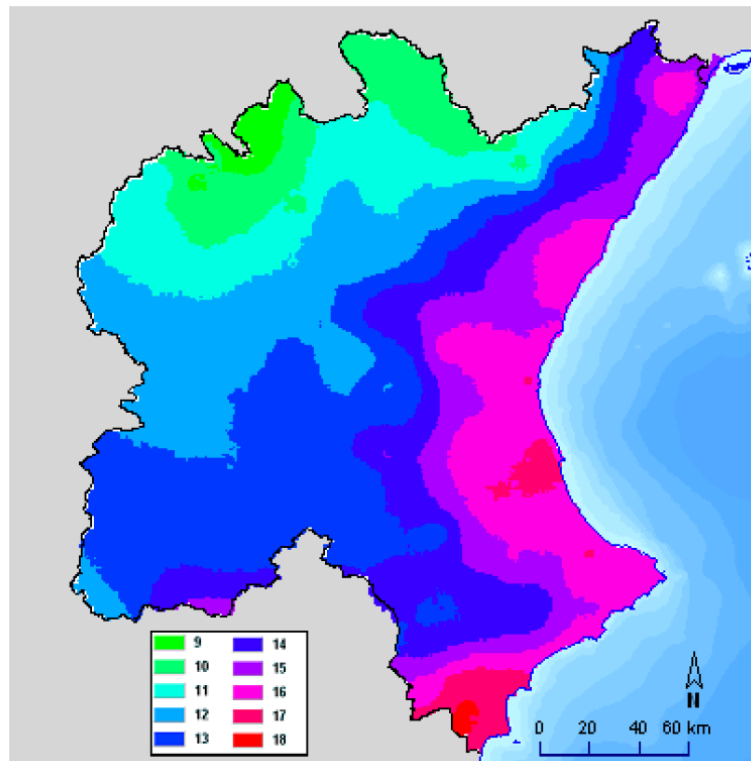


Figura 4: Mapa de temp. Media anual en ºC

La lluvia en la Cuenca del Júcar tiene una variabilidad importante espacial y temporal. La precipitación media anual para la totalidad de la cuenca ronda los 500 mm, variando entre los 300 mm en los años más secos hasta los 800 mm en los años más húmedos. La persistencia de años secos produce períodos de sequía, como la producida a mediados de los años 90.

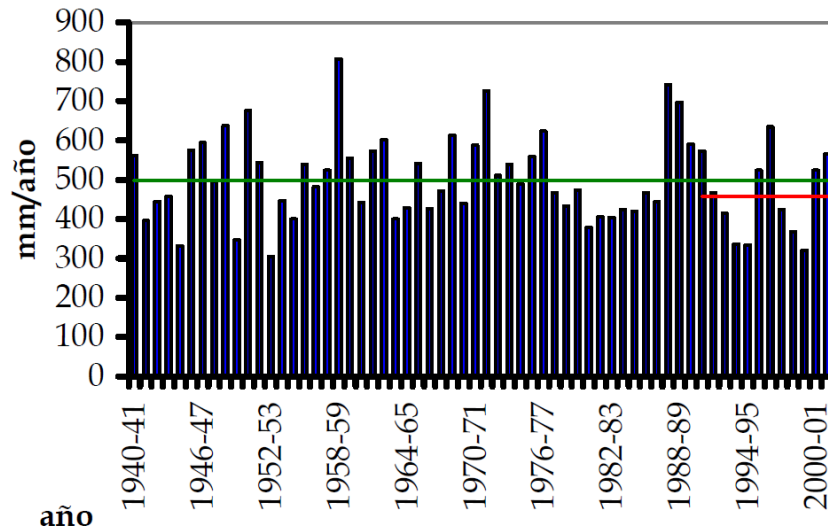


Figura 5: Precipita anual de la CHJ en mm/año

3.2. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN JÚCAR

La Confederación Hidrográfica del Júcar se estructura en 9 sistemas de explotación (figura siguiente), los cuales son la subdivisión básica de este ámbito territorial por cuencas hidrográficas. Estos sistemas son: 01 Cenia- Maestrazgo, 02 Mijares-Plan de Castellón, 03-Palanca-Los Valles, 04-Turia, 05-Júcar. 06-Serpis, 07-Marina Alta, 08-Marina Baja y 09-Vinalopó-Alacantí.

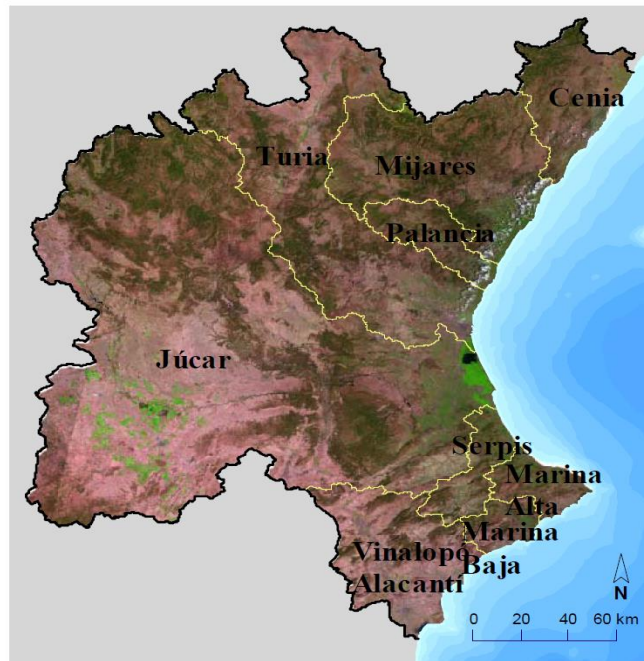


Figura 6: Sistemas explotación de CHJ

El Sistema Júcar comprende la totalidad de la cuenca del río Júcar, además del área y servicios efectivamente atendidos por el Canal Júcar-Turia y las subcuencas litorales comprendidas entre la Gola de El Saler y el límite de los términos municipales de Cullera y Tavernes de Valldigna. Se incluye, igualmente, la Cuenca endorreica de Pozohondo, en la provincia de Albacete.

Se trata del sistema de explotación más extenso (22.378 km²) y con más recursos hídricos de la Confederación. En él se encuentran, total o parcialmente, 18 unidades hidrogeológicas, entre ellas la Unidad Hidrogeológica 08.29 Mancha Oriental.

En el sistema Júcar se diferencian tres zonas geográficas climatológicamente distintas: las cuencas del Alto Júcar, incluyendo la Mancha Oriental, y el río Cabriel, hasta su confluencia en el embalse de Embarcaderos, de clima continental, que se acentúa o suaviza según predominen o no las condiciones del interior; las zonas de los ríos Magro, Albaida y Sellent, y la cuenca del río Júcar entre los embalses de Embarcaderos y Tous, con un clima intermedio entre los tipos continental y litoral, con importantes fluctuaciones tanto pluviométricas como termométricas en sentido Este-Oeste; por último, la zona localizada aguas abajo del embalse de Tous, caracterizada por un clima de tipo litoral mediterráneo. La precipitación media anual de la cuenca es de 510 mm., siendo la temperatura media de 13,6 °C, aunque las diferencias entre las distintas zonas geográficas son grandes: la pluviometría media en el Alto Júcar es de 630 mm/año, mientras que en la cuenca intermedia la pluviometría desciende hasta valores medios de 450 mm/año; por su parte, la temperatura media anual en el Alto Júcar es de 11,6 °C, mientras en la zona litoral se eleva hasta un valor medio de 17 °C.

3.3. RIO MAGRO

El río Magro discurre principalmente a lo largo de la cubeta, amoldándose a la geomorfología de la misma.

Su vaguada queda ubicada entre las sierras jurásicas de Aliaguilla (Dominio 5.2) y Bicuerca-Cerro Pelado (Dominio 5.4), que bordea por el sur amoldándose a los afloramientos calcáreos de la zona de Caudete de las Fuentes, que generan relieves positivos en general.

En las inmediaciones de Utiel el cauce se instala a favor de una discontinuidad estructural de primer orden que separa los dominios 4 (Cubeta) y 3 (Magro, margen izquierda), hasta el núcleo urbano de Requena. Más tarde disecciona la Sierra de Cabrillas-Tejo y Malacara, al sureste de Requena, abandonando la Unidad Higeogeologica 08.24 por el ramal este de la

cubeta, a su paso por la pedanía de Hortunas, entre los dominios 5.1 (Sierra Cabrillas-Tejo) por el norte y el dominio 1.2 (Triásico) por el sur.

De este modo, su transcurso a lo largo del Dominio 4 (Cubeta) presenta variaciones en cuanto a su comportamiento y carácter:

En su cabecera el río es ganador, al recoger la escorrentía superficial y subalvea (aporte subsuperficial a través de los depósitos coluviales y terrazas del acuífero) de las sierras jurásicas que lo confinan bilateralmente (Aliaguilla y Cerro Pelado), incluyendo las descargas directas de rezumes, surgencias y manantiales.

En la falda sur de la Sierra de Cerro Pelado el río presenta indicios de ser conservativo, al discurrir entre líneas equipotenciales, y en la falda de la Sierra de la Bicuerca pasa a ser claramente perdedor, al estar descolgado con respecto al nivel freático en la zona de Caudete de las Fuentes hasta el núcleo urbano de Utiel.

En las inmediaciones de Utiel el río experimenta una fuerte flexión, cambiando su trazado de una orientación aproximada oeste-este a noroeste-sureste, como consecuencia de su adaptación a la estructura geológica del zócalo. En este tramo y hasta el núcleo urbano de Requena el río presenta tramos fuertemente influentes. El aluvial sobre el que se ha encajado se dispone en el contacto litológico entre dos zonas con un fuerte contraste de permeabilidad: el Dominio 3 de alta permeabilidad, con conglomerados y depósitos coluviales junto con pasadas detríticas finas, y la cubeta (4) con predominio de facies detríticas finas arcillo-margosas poco transmisivas, junto con pasadas aluviales de gravas con matriz arcillo-arenosa. La transferencia subterránea procedente de la UHG 08-18 se manifiesta especialmente en la mitad sur, donde el río presenta un carácter más conservativo que en la mitad norte, a pesar de las fuertes extracciones que presenta en la zona.

En el ramal sureste de la cubeta, al que accede el río Magro encajándose en la Sierra de Cabrillas, el río experimenta leves aportaciones de la Sierra, con un sentido de las líneas de flujo del agua subterránea coincidente a grandes rasgos con el trazado del río. En el ramal de la cubeta el río es marcadamente influente, hasta su salida de la UHG por la falda norte de la Sierra de Malacara.

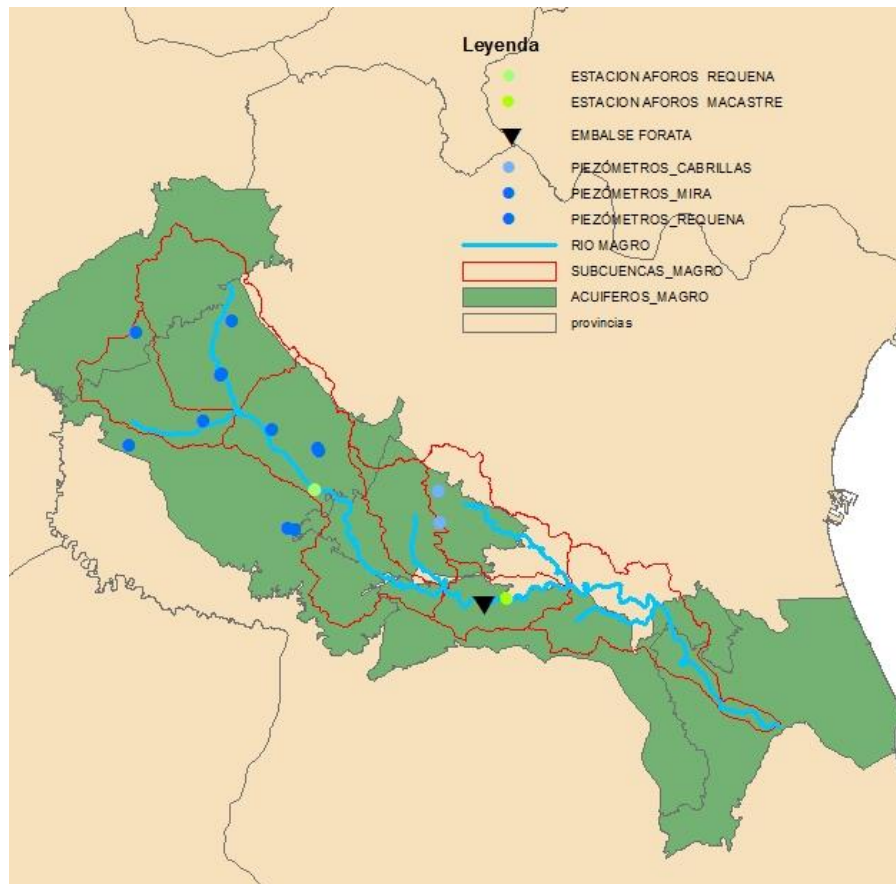


Figura 7: Río Magro

3.3.1. Embalse de Forata

A 67Km aguas arriba de la intersección con el Júcar se encuentra el embalse de Forata, en la provincia de Yátova. Este embalse se construyó en 1969 para abastecer a las comunidades de regantes de las provincias aguas abajo del mismo. Tiene una capacidad de 37hm³ y ocupa una extensión de 231 ha.

Desde hace unos años, viene experimentándose un fuerte descenso en los volúmenes del embalse, como puede observarse en el gráfico. Las explicaciones a este descenso vienen de aguas arriba, por lo que esa será la zona de estudio del trabajo.

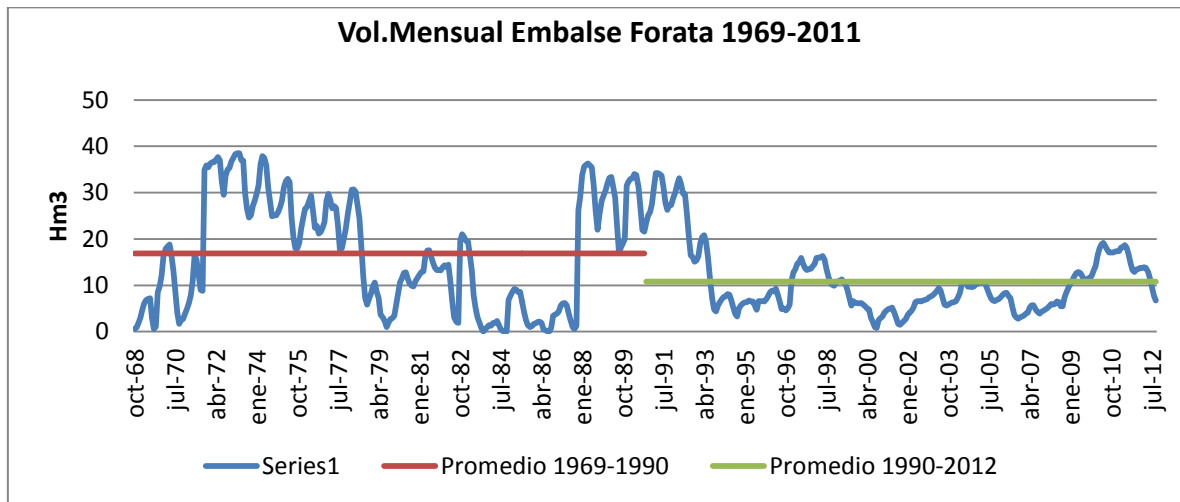


Gráfico 2: Reservas mensuales en Embalse de Forata (Hm3)

3.3.2. Estaciones de aforos aguas arriba de Forata

- Forata

El embalse tiene un registro de aforos desde que se construyó hasta la fecha. A partir de ese registro se ha creado el siguiente gráfico.

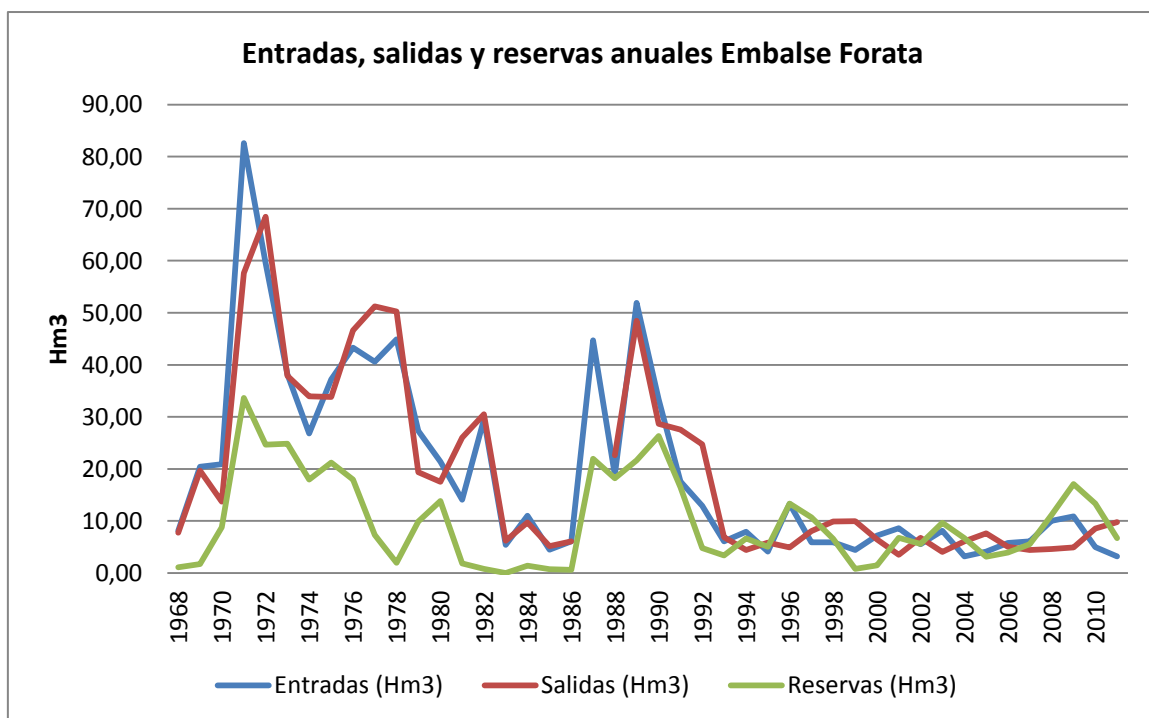


Gráfico 3: Entradas, salidas y reservas anuales en la estación de aforos de Forata(hm3)

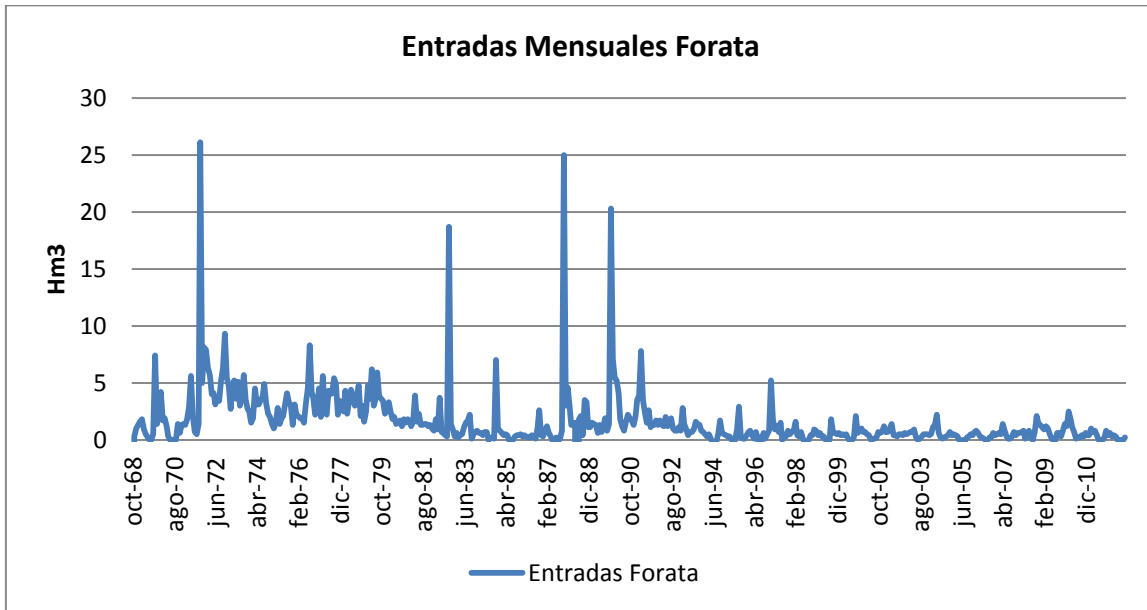


Gráfico 4: Volumen mensual aportado a Forata

- Requena

Agua arriba del embalse de Forata encontramos la estación fonométrica de Requena, código 8060, que tiene registros de aforos desde 1913 hasta 2012. A partir de estos datos se ha construido las siguientes tablas.

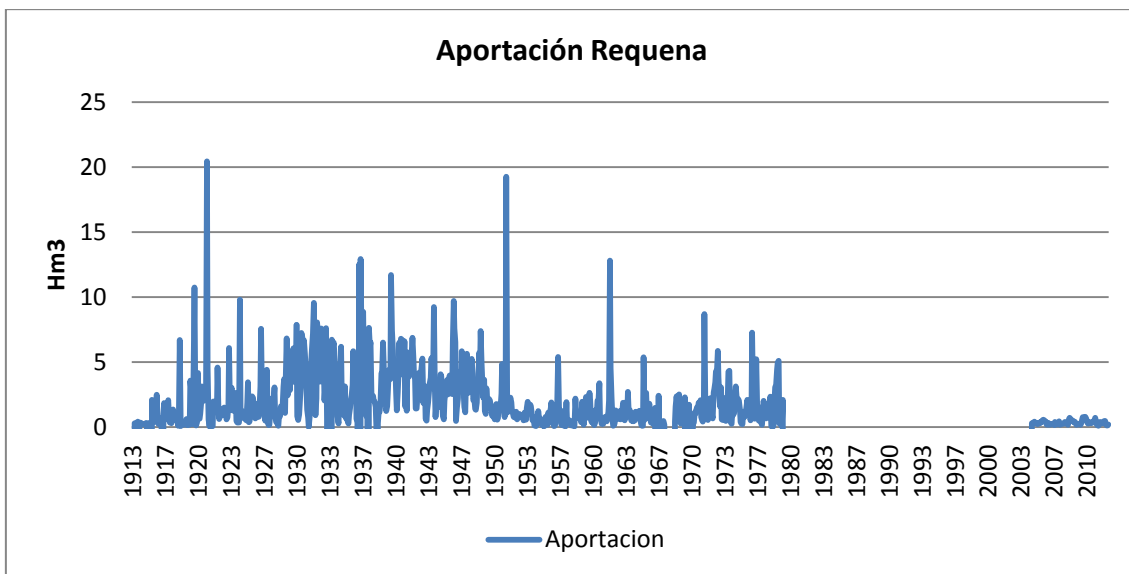


Gráfico 5: Volumen mensual de aportaciones en Requena(hm3)

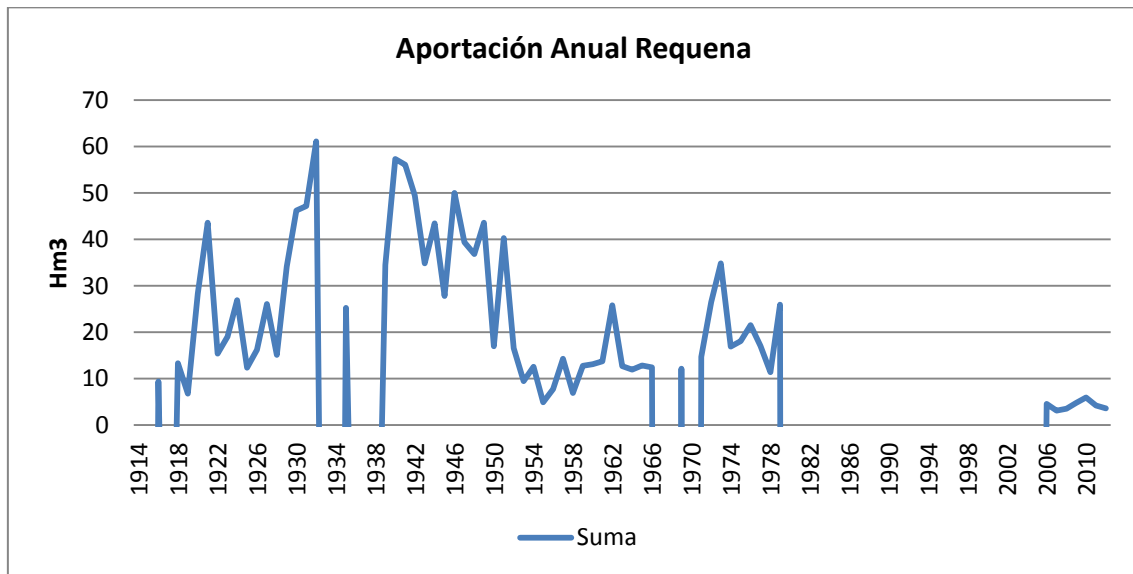


Gráfico 6: Aportación anual en estación de aforos de Requena

El principal inconveniente de esta estación de aforos es que no existen registros de datos desde 1979 hasta 2006, lo que hace difícil suponer que ha pasado en ese periodo. Además es justamente dentro de este periodo donde los volúmenes de entrada de Forata disminuyen.

Para ver los gráficos de una forma más clara, se van a comparar las aportaciones anuales y mensuales de cada estación.

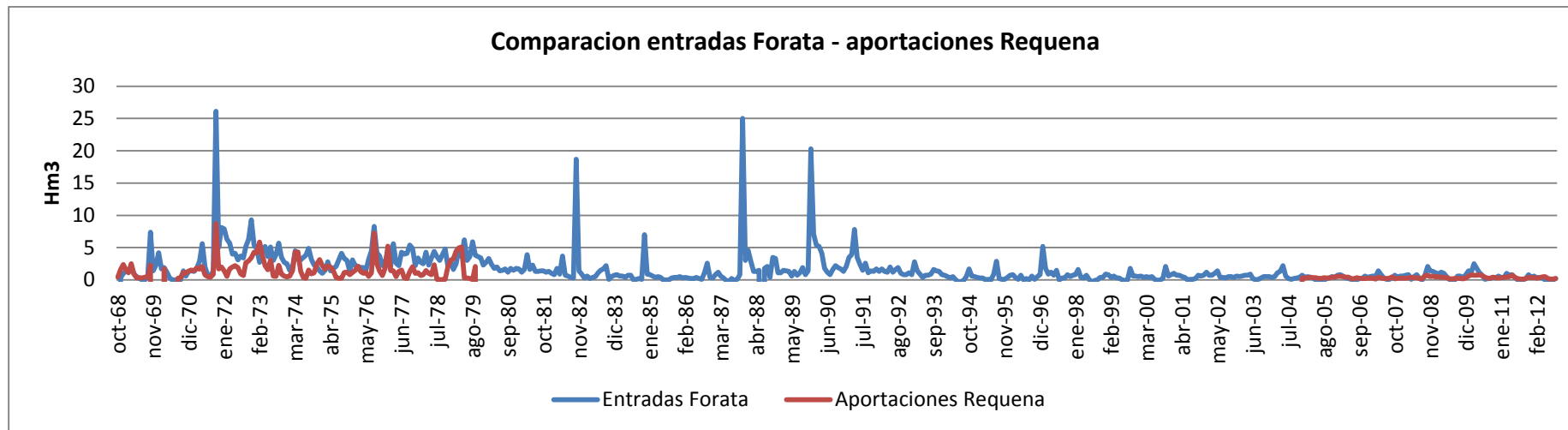


Gráfico 7: Comparación entre entradas mensuales a forata y aportaciones en la estación de aforos de Requena desde 1968

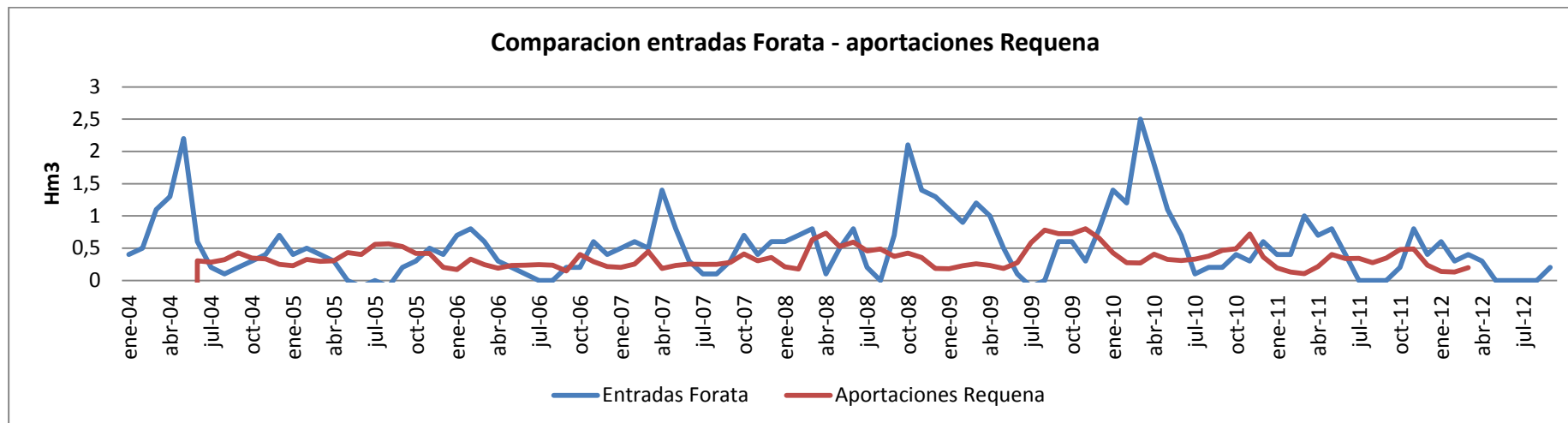


Gráfico 8: Comparación entre entradas mensuales a Forata y aportaciones en la estación de aforos de Requena desde 2004

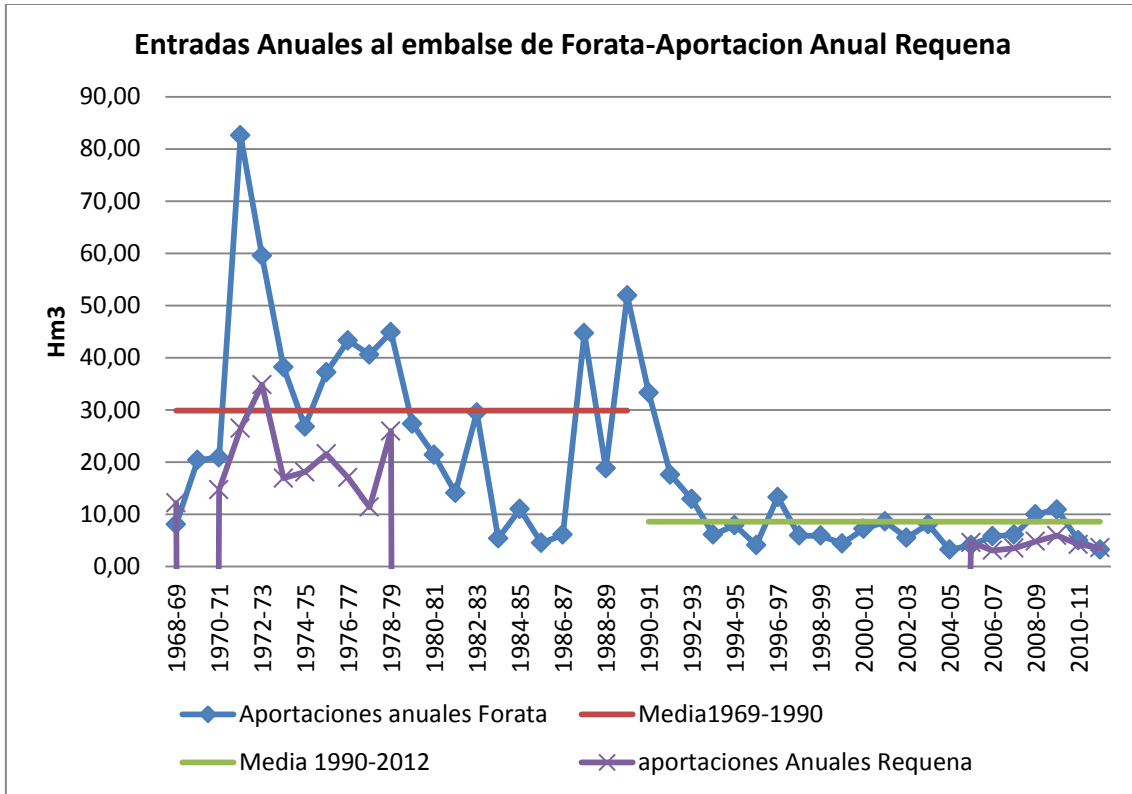


Gráfico 9: comparación de entradas anuales al embalse de Forata y las aportaciones anuales en la estación de aforos de Requena

La comparación de los registros muestra que el volumen aportado por Requena es la mitad de los volúmenes registrados por Forata. Esto se reconoce fácilmente en la región de datos de 1970-1979, pero con mayor dificultad en los datos 2004-2012. En esa última serie de datos, que se puede suponer como presente, los valores registrados en requena son muy similares a los valores registrados en Forata. Como se puede ver en el gráfico de comparación mensual dese 2004, hay volúmenes mensuales en el que hay más volumen registrado en la estación de aforos de requena que el volumen de entrada a Forata, lo que hace presuponer que en algún punto el río se ha desconectado de los acuíferos.

4. Descripción de Masas de Agua Subterránea

Las masas de agua subterránea que encontramos en el río magro son Requena-Utiel (08.133), Cabrillas-Malacara (08.139), Sierra del Ave(80.144), Mira(80,134) y dos acuíferos impermeables (80.912 y 80.913). De todas estas, las que nos interesan por encontrarse aguas arriba del Embalse de Forata son Requena-Utiel (08.133), Cabrillas-Malacara (08.139), Sierra del Ave(80.144), Mira(80,134).

A continuación se hace un resumen del informe de la unidad hidrogeológica 08.24 Requena Utiel, que engloba a lo que ahora se conoce como Mira, Requena-Utiel, para explicar el marco físico y la caracterización hidrogeológica de esas dos masas de agua subterránea.

4.1. Unidad Hidrogeológica 08.24 Requena-Utiel

4.1.1. Marco Físico

- Orografía

El límite suroccidental de la zona de estudio está definido por el río Cabriel y el Embalse de Contreras, el río en su curso hacia el sur, crea un estrecho valle, y marca el límite natural de las provincias de Cuenca y Albacete.

El límite nordeste se encuentra cerrado por las altas sierras del Tejo, Juan Navarro y Negrete, que dan paso a la comarca de Los Serranos. En el extremo este, se comunica por medio de la Sierra de las Cabrillas, con la estrecha fosa de Siete Aguas que la vincula a la llanura valenciana por la comarca de la Hoya de Buñol. Más a sudeste, las Sierras de Malacara y Martés cierran los límites de esta comarca por el valle de Ayora.

El área de estudio corresponde a las últimas estribaciones del Sistema Ibérico en dirección este, solamente un 10% de la zona está situada por encima de los mil metros, mientras que la zona llana ocupa una gran parte del área, formando una extensa plataforma ligeramente inclinada de norte a sur, y estando rodeada por una serie de áreas montañosas, entre las que destacamos:

- Al NE, se sitúa la Sierra del Tejo, con una altura máxima de 1.251 metros Sierra Negrete y la de Utiel. Al oeste, la Sierra de Mira.

El extremo sudoeste, con sierras que bordean el valle del Cabriel, extendiéndose hasta el valle de Cofrentes. Son zonas de elevación media entre las que se encuentra la Sierra del Rubial.



Siguiendo el valle nos encontramos con la Sierra de la Monterilla y la Sierra del Asno para acabar en los primeros tramos de la Sierra de Martés.

En los extremos más orientales de la comarca, está la sierra de las Cabrillas, barrera natural que separa la comarca de la plana de Utiel-Requena con la Hoya de Buñol.

Por el extremo occidental se localizan terrenos más llanos, destacando el anticlinal cabalgante de la Sierra de la Bicuerca.

- **Clima**

La zona posee un clima mediterráneo. El clima de la zona se puede clasificar dentro del tipo mediterráneo, aunque presenta rasgos de continentalidad que le vienen dados por su altitud y alejamiento del mar.

Respecto a la temperatura se puede deducir que la variación termométrica anual, forma una curva con un máximo a finales de verano y un mínimo a principios de invierno. El mes más cálido es Julio y también el más seco, debido a las altas temperaturas y consiguiente aumento de la evapotranspiración. El mes más frío es Enero. La amplitud térmica posee un amplio rango de variación lo que nos indica rasgos de continentalidad del clima.

Los inviernos son muy fríos y largos, a lo largo del invierno se registran frecuentes heladas, desde principios de noviembre hasta mediados de abril. Las temperaturas extremas más frías se han producido por la invasión de aire polar continental, llegando a los 15°C bajo cero.

Durante la estación primaveral se suelen producir altibajos en las temperaturas, dándose frecuentes heladas en los meses de abril y mayo. Así, en Utiel y Villargordo se han registrado heladas a finales del mes de mayo.

Tan solo hay dos meses de verano, ya que no suele sobrepasar los meses de julio y agosto, durante este se alcanzan altas temperaturas en las horas centrales el día. Cuando el viento predominante es del Poniente, la temperatura puede alcanzar los 39 ó 40 °C. Por las noches se aprecia un repentino bajón en las temperaturas, otro rasgo más de la continentalidad mencionada, debido a la entrada del viento llamado "Solano" que comienza a soplar a mitad de la tarde hasta bien entrada la noche.

El otoño es relativamente corto, las temperaturas sufren un acusado descenso y comienzan las escarchas y heladas matutinas.

El relieve de esta zona permite apreciar una clara disminución de temperatura con la altura y el desnivel del territorio, que hacen que sean muy marcados los fenómenos de inversión térmica en algunos valles y fondos abrigados.

Respecto a las precipitaciones, estas son escasas e irregulares. La primavera y el otoño son las dos estaciones lluviosas. El mes más lluvioso en primavera es mayo, y en otoño lo es octubre, tiempo que viene a coincidir con la recolección de la uva. Las escasas precipitaciones en verano, suelen estar provocadas por ascensiones rápidas de masas de aire recalentado y vienen acompañadas de tormentas de granizo.

En resumen, el clima de la zona se caracteriza por su sequedad, con dos estaciones lluviosas en primavera y en otoño. El verano es corto y el invierno largo. Se registran fuertes oscilaciones térmicas entre la estación cálida y la estación fría y entre el día y la noche. Existe riesgo de helada en primavera y posibilidad de frecuentes granizadas en verano.

- Edafología

Los suelos de la zona se clasifican según la organización FAO-UNESCO (1974) como:

- Fluvisoles: Suelos jóvenes formados a partir de sedimentos recientes, generados por aportes coluviales y aluviales, estos últimos producidos por las sucesivas crecidas y avenidas de ríos, barrancos y ramblas. Son suelos poco desarrollados, con una morfología definida por los distintos horizontes correspondientes a los distintos aportes fluviales. Su contenido en materia orgánica decrece de forma irregular con la profundidad. Son suelos poco profundos, texturalmente heterogéneos y con buena permeabilidad y aireación.

En esta zona se localizan preferentemente en los márgenes y terrazas de los ríos, barrancos y ramblas, también en las llanuras aluviales meridionales y en los glaciares de pedimentación. Taxonómicamente los fluvisoles presentes en el área de estudio pueden ser: calcáreos y eútricos:

Los calcáreos, muy extendidos por buena parte de la zona, se caracterizan por presentar un alto contenido en carbonatos, además de un bajo contenido en materia orgánica, muy baja estabilidad estructural, textura muy heterogénea, pH neutro o ligeramente básico, complejo de cambio saturado en bases, capacidad de intercambio catiónico (CIC) poco elevado y bajo contenido en nitrógeno y fósforo.

Los eútricos aparecen asociados a las áreas de glaciares que reciben influencia de materiales silíceos, no es calcáreo, y sus principales características son un bajo CIC, muy baja estabilidad estructural y pH ligeramente básico.

Gracias a la notable profundidad de los fluvisoles, aireación y permeabilidad, y a sus escasas limitaciones físico-químicas, son suelos de notable profundidad, frecuentemente utilizados como suelos agrícolas de utilización intensiva, cuyas principales limitaciones son el peligro de inundación y la oscilación del nivel freático, además en los eútricos, se une el bajo poder de intercambio iónico y la escasa incorporación de materia orgánica.

- Litosoles: Son suelos con un espesor de hasta 10 cm, limitados en profundidad por la roca dura, continua y coherente. En nuestra zona de estudio se presentan, generalmente, sobre calizas y dolomías, estando relacionados con procesos erosivos acentuados. Este tipo de suelos incipientes aparece ligado a paisajes abruptos y pedregosos, con grandes pendientes propios de afloramientos rocosos y con una cobertura vegetal muy reducida.

Los procesos erosivos han actuado con gran intensidad, habiéndose alcanzado un estado de erosión irreversible. Pueden encontrarse como unidades puras o bien asociados a otros tipos de suelos (Rendzinas xéricas, Cambisoles cálcicos, etc.) Debido a la importancia de los procesos erosivos, a la abrupta topografía asociada, a su escasa profundidad, débil capacidad de retención de agua y elevada fragilidad, son suelos con muy baja capacidad de uso, únicamente aptos para establecer una cobertura vegetal muy limitada que favorezca su regeneración natural.

- Arenosoles: Se trata de suelos de textura gruesa formados sobre materiales no consolidados. Presentan materiales álbicos dentro de, al menos, los primeros 50 cm de perfil, o bien muestran horizontes argílicos, ócrico o cámbico, no obstante, el único horizonte de diagnóstico es un horizonte "A" ócrico. Aparecen ligados a los depósitos del Butsandstein, en áreas noroccidentales de la zona de estudio.

Los arenosoles, por sus peculiaridades físicas, presentan una gran capacidad de infiltración y baja retención de agua, por lo que la vegetación que soportan puede verse sometida a "estrés" hídrico. Además, el cuarzo, por su bajo calor específico, se calienta rápidamente y, como consecuencia de ello, los arenosoles son substratos muy selectivos de cara a la vegetación, y suelos donde la materia orgánica se mineraliza muy rápidamente. Pueden reconocerse dos unidades: arenoso albinos y arenosos cámbicos:

- Los albinos se caracterizan por la presencia de un horizonte "A" ócrico descansando directamente sobre el material de origen (areniscas), son además suelos no evolucionados, sin diferenciación de horizontes, ni incorporación de materia orgánica, Sus principales propiedades son: un bajo contenido en materia orgánica y muy baja CIC.

- Los cámbicos se presentan de forma muy reducida en el territorio, y se caracterizan por presentar elementos finos y con un contenido moderado de materia orgánica, lo que favorece la existencia de unos niveles de nutrientes y CIC bastante altos, comparados con los arenosoles álbicos. Debido a la particular vegetación que pueden llegar a soportar (encinas y jarales silícícolas) son suelo con un alto valor ecológico, destinados a un uso forestal.

- Cambisoles: Presentan un horizonte "A" ócrico o úmbrico, un segundo horizonte cálcico y un tercer horizonte cámbico. Este último es un horizonte de alteración "in situ", que se identifica por una variación de las propiedades físico-químicas dependiendo del material litológico de partida y del proceso de alteración. Pueden encontrarse en diversas situaciones topográficas, aunque su mejor desarrollo lo alcanzan en áreas de escasa o nula pendiente. Junto con los Regosoles, son los suelos más ampliamente representados en nuestro territorio, suelen aparecer asociados a éstos o a Luviosoles, Litosoles o Rendzinas, desarrollándose sobre margas y calizas de los diferentes periodos (Mioceno, Cretácico).

Pueden reconocerse dos unidades taxonómicas:

- Cambisoles cálcicos: se caracterizan por presentar un horizonte cálcico nodular o un horizonte petrocálcico, presentan una capacidad de retención de agua bastante elevada, alta estabilidad estructural y contenido de materia orgánica, con una CIC variable, según el usos a que se destinen.

-Cambisoles crómicos: se caracterizan por su bajo contenido en carbonatos y por la existencia de un lavado de arcillas en el horizonte cámbico, que se manifiesta por la aparición de cutanes delgados y discontinuos, con sus características físico - químicas que son similares a los cálcicos, a excepción de su bajo contenido en carbonatos, que además condiciona la ausencia de encostramientos subsuperficiales. En general, los Cambicoles, son más profundos que los anteriores, debido a que se sitúan en zonas de escada pendiente y material no consolidado, se destinan por lo general a uso agrícola de secano (viñas, almendros, etc.) Cuando se presentan en pendientes se utilizan forestalmente. Por último, los principales factores limitantes son, en el caso de existir desnivel apreciable, la aparición de TAP que reduce se espesor efectivo. En el caso contrario, los limita la pedregosidad, potencia y pendiente.

- Luvisoles: Son suelos caracterizado por la presencia de un horizonte argílico subsuperficial, que se encuentra saturado en bases en un 50 % o más. En nuestra área de estudio presentan frecuentemente tonalidades rojizas debido a los procesos de liberación en la deshidratación de compuestos de hierro. Son típicas, igualmente, la estructura prismática o poliédrica del horizonte argílico, con cutanes. Son suelos originados por lavado total de los carbonatos presentes en las calizas duras. Esta descarbonatación libera un residuo constituido por silicatos y materiales amorfos, entre los que se encuentran óxidos de hierro. Tras la eliminación de carbonatos y otros compuestos solubles sigue la translocación en profundidad del residuo arcillo-férrico, y por último, su deshidratación origina una rubrefacción del conjunto.

En nuestra zona de estudio, destacan dos tipos:

Luvisoles crómicos, se sitúan en áreas de escasa pendiente, el material de origen suele ser calizas duras del Jurásico o Mulchelkalk y superficies de aluviamiento y sedimentación. Sus principales características son: su fina textura, su elevada capacidad de retención de agua, elevada estabilidad estructural. Moderado contenido en materia orgánica y elevada CIC. Los luvisoles crómicos se sitúan en áreas de escasa pendiente.

Luvisoles álbicos, se originan a partir de material silíceo del Buntsandstein, cuya facilidad para el lavado origina un empobrecimiento superficial en arcillas y una acumulación de éstas en profundidad. Generalmente y pese a estar muy localizados en algunas áreas del territorio, se caracterizan por su bajo contenido en carbonatos, baja CIC, escaso contenido en materia orgánica y una concentración de arcillas en los horizontes basales del perfil. En general, los luvisoles aparecen asociados a Litosoles y Cambisoles. Su uso se ve limitado generalmente por su escasa profundidad y baja permeabilidad debida a su alto contenido en arcillas. Por ello suelen destinarse a uso forestal y en ocasiones para el cultivo de frutales con labores culturales adecuadas.

4.1.2. Caracterización Hidrogeológica

En el apartado anterior se ha anticipado cierta información relativa al marco físico, el encuadre geológico e hidrogeológico, la geometría de la UHG (extensión, límites y altitud), las condiciones de borde, la delimitación georeferenciada de la poligonal envolvente y una somera descripción de la red hidrográfica. En este apartado se pretende abundar sobre el conocimiento de la UHG.

La Unidad Hidrogeológica 08.24, Utiel-Requena, se adscriben al Sistema de Explotación nº 5 (Júcar), y se extiende al norte del río Cabriel en la llamada Plana de Utiel, hasta las serranías

La alimentación del sistema procede de la infiltración del agua de lluvia (25 hm^3) y aportes laterales procedentes de la UHG 08.18 (10 hm^3). La descarga se produce por drenaje al río Magro y bombeos ($15 \text{ hm}^3/\text{año}$), fundamentalmente con usos urbanos y agrícolas ($9,4 \text{ hm}^3/\text{año}$).

En una primera división, es posible establecer dos formaciones acuíferas en materiales cuaternarios y miocenos:

El acuífero cuaternario se localiza en el aluvial del río Magro y en los glaciais que jalonan el acuífero de la Sierra de Utiel, con una extensión aproximada de 100 km^2 y espesor variable entre 10 y 30 m.

En la formación miocena se distinguen dos niveles acuíferos, el superior, constituido por las calizas de edad Pontiense a techo, que es drenado por los numerosos manantiales que lo flanquean, y la formación infrayacente constituida por niveles de conglomerados y areniscas que alternan con materiales arcillosos (confinado-semiconfinado). En el sector meridional el Mioceno tiene unas facies margosas y evaporíticas, que en su extremo este pasan a calizas lacustres con intercalaciones de margas y yesos.

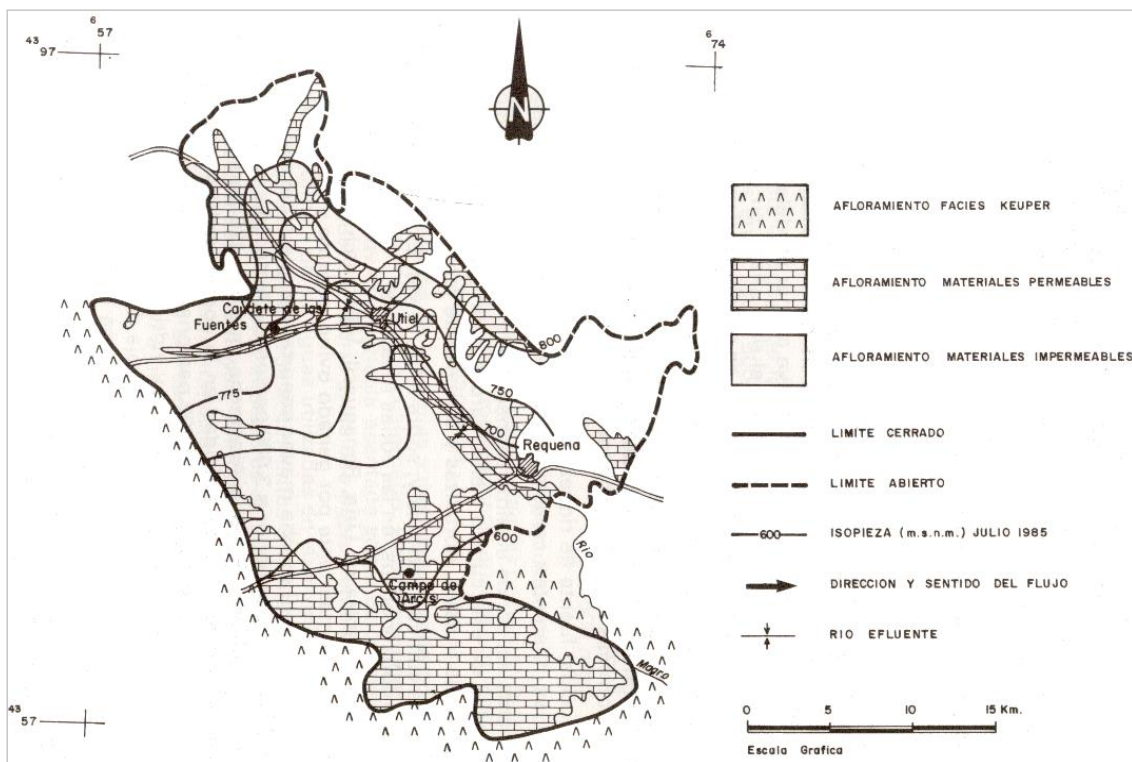


Figura 9: Funcionamiento hidrogeológico de la Unidad Hidrogeológica 08.24, sector central.

Modificado de "Las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana". ITGE, 1986.

CORTE GEOLÓGICO NNW-SSE: SIERRA DE LA BICUERCA-CAUDETE DE LAS FUENTES

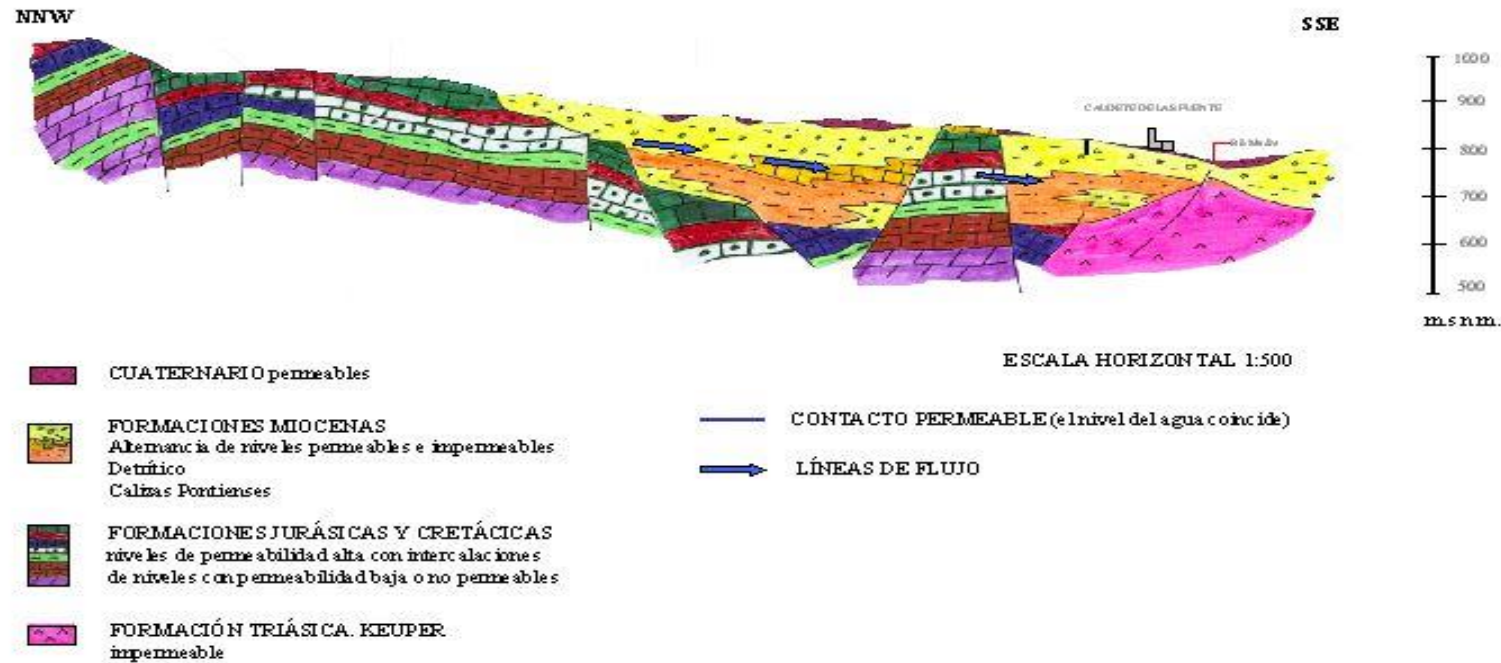


Figura 11: Corte geológico NNW-SSE: Sierra de la Bicuerca-Caudete de las Fuentes.

Algunos acuíferos de la UGH que son interesantes, extraídos del informe de la UGH 08.24:

FORMACIONES DETRÍTICAS DISPUESTAS ENTRE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO MAGRO Y LA SIERRA DE NEGRETE

Las facies conglomeráticas proximales dispuestas al pie de las Sierras de Utiel y Juan Navarro han sido detectadas hasta el cauce del río Magro. Este cauce está canalizado sobre un sinclinal que se ajusta a una discontinuidad estructural natural de orientación típica de la Cordillera Ibérica, aparentemente una falla. El trazado del río representa a grandes rasgos una separación natural entre facies aluviales proximales junto con arenas y margas de la margen izquierda (norte) por un lado, e intermedias, distales y calcáreas por la opuesta (parte del segmento 2-3 de la poligonal).

Este acuífero es altamente productivo al recibir, a través de un contacto permeable, fuertes transferencias de aguas subterráneas procedentes de la UHG 08.18, que se cifran entre 10 y 20 hm³/año. Un nuevo cálculo de esta transferencia se presenta en el apartado 4 “Funcionamiento hidráulico”, desprendiendo un valor de 13,72 hm³/año.

Se trata de la zona más productiva de la UHG, con abundantes sondeos surgentes cuyo funcionamiento está relacionado con un acuífero multicapa.

En el extremo este de la UHG el borde coincide con los depósitos de piedemonte de la Sierra de Juan Navarro y el norte de la Cabrillas-Tejo (segmento 4-5 de la poligonal). Estos depósitos conglomeráticos tienen interdigitaciones de acuerdo con una secuencia de progradación que se adapta a la tectónica regional.

A partir de los datos obtenidos de las columnas litológicas de los sondeos perforados en el área de estudio que ha sido posible recopilar (columnas nº80, 81, 89, 95, 104) el espesor del acuífero se ha estimado de 100-150 m para las arenas y conglomerados, que constituyen el que ha sido denominado “acuífero superior” y 50 m para las calizas (acuífero inferior).

Los parámetros hidrogeológicos de estas formaciones oscilan en torno a 10⁻² de coeficiente de almacenamiento en las facies más distales alcanzando valores del 15 % en las proximales en el contacto permeable que conecta las formaciones carbonatadas de la Sierra de Utiel con el piedemonte conglomerático de facies proximales a través de un contacto permeable.

El funcionamiento del subsistema, considerando continuidad hidrogeológica por las facies de borde de sierra a través de un contacto permeable, se define como una zona con alto caudal aunque bajo gradiente hidráulico, a través de la cual el agua subterránea de la Sierra de Utiel se dirige hacia el suroeste a través de unas condiciones de flujo subsuperficial y de niveles

permeables intercalados en el acuífero multicapa a más de 100 m de profundidad, conectando compartimentos confinados a ambos lados de la discontinuidad estructural en la que se ha encajado el río Magro.

Esta transferencia presenta continuidad aunque una magnitud variable dependiendo de la distalidad de las facies (a más distales, menos permeables), hasta el cauce del río Magro y el aluvial que ha desarrollado, cuyo trazado es bastante rectilíneo como consecuencia de haberse encajado en un accidente tectónico en una zona de transición entre facies proximales de comportamiento acuífero (margen izquierda) y facies distales que se comportan como un acuitardo (margen derecha). Estas facies se caracterizan por presentar paleocanales fluviales conglomeráticos fosilizados rellenos de una matriz arcillo-arenosa por la que se canaliza el flujo en el subsistema de la cubeta.

De forma esquemática, las dos figuras adjuntas reflejan este acontecimiento, siendo coincidentes en dirección y sentido las líneas de flujo tanto para el acuífero superficial como para el profundo.

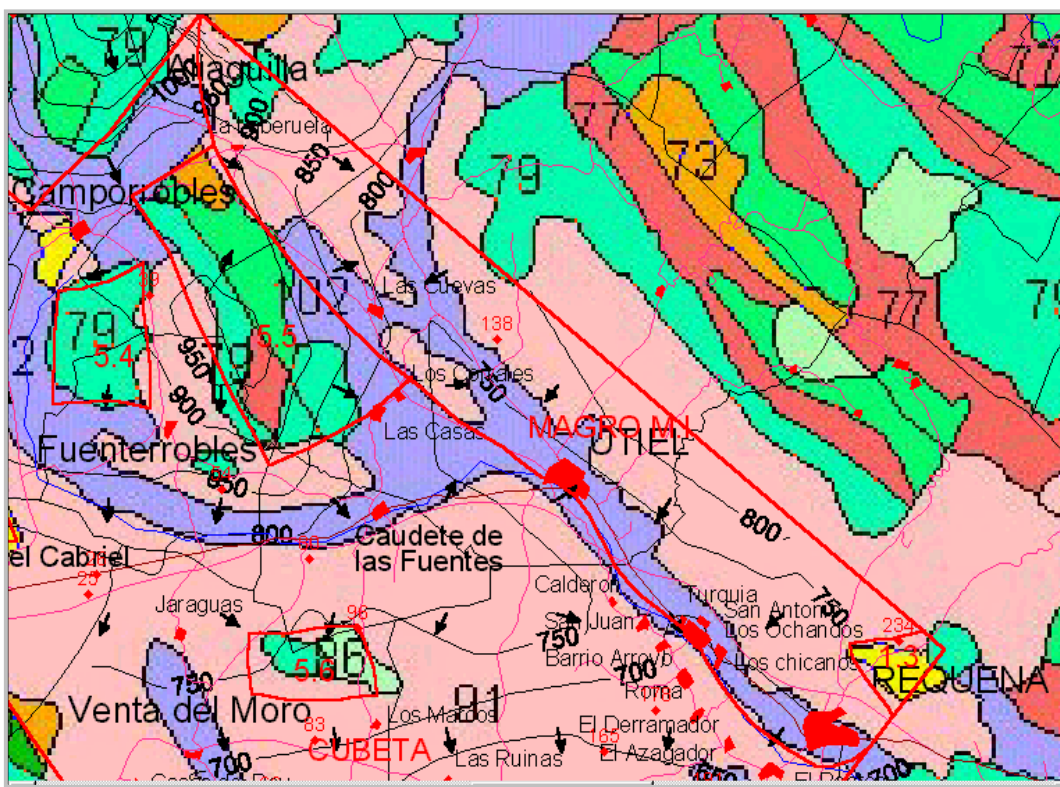


Figura 12: Líneas de flujo para el acuífero más superficial (elaboradas considerando los datos de captaciones de profundidad comprendida entre 0 y 35 m).

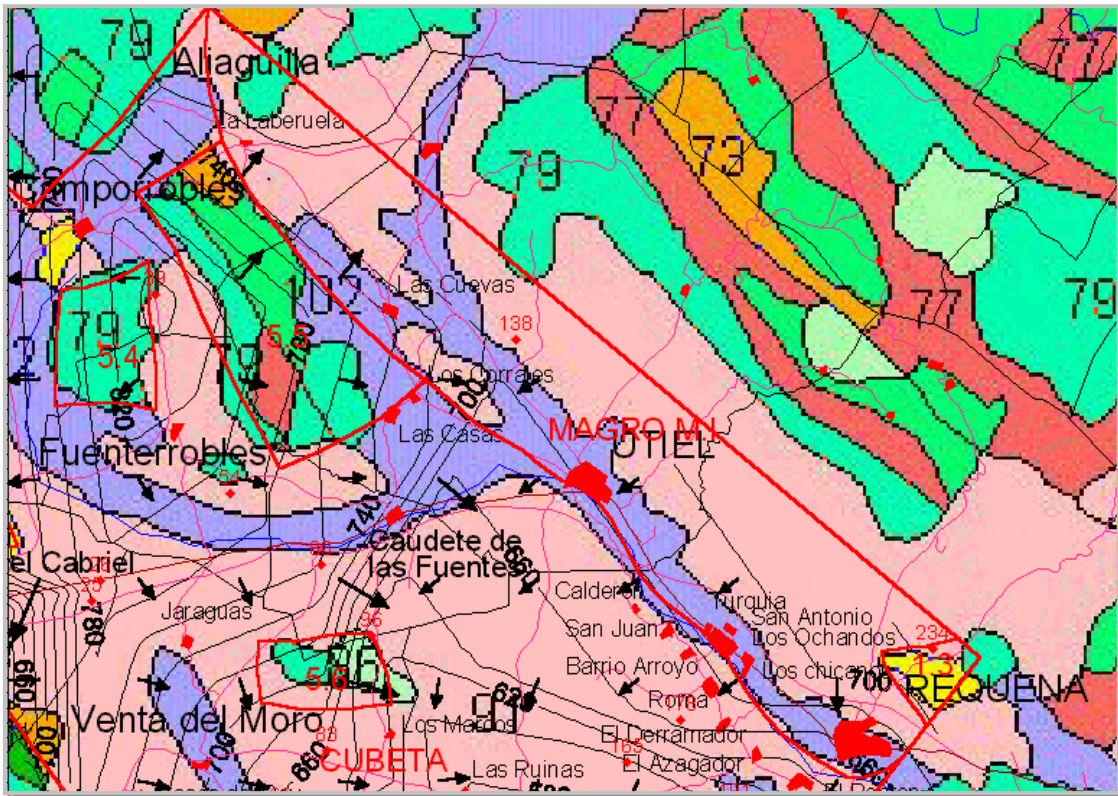


Figura 13: Líneas de flujo para el acuífero más superficial (elaboradas considerando los datos de captaciones de profundidad comprendida entre 35 y 300 m).

PLANA UTIEL-REQUENA

Se extiende desde el subsistema anterior hacia el depocentro de la cubeta. Se trata de un acuífero detrítico que fosiliza facies carbonatadas en Requena y que está constituido por arenas y arcillas con abundantes interdigitaciones y cambios laterales de facies, lo que le dota de una alta heterogeneidad y anisotropía.

La circulación de las aguas subterráneas suele ser semicanalizada a favor de paleocanales fosilizados o bancos con abundancia de gravas, relictos de antiguos episodios fluviales (rasgo distintivo de la Formación Jaraguas), o bien, con mayor lentitud, a través de los distintos lentejones conectados por lo general con contactos permeables o semipermeables.

La cubeta o “plana” tiene una alta superficie, distinguiéndose además de la plana principal, varios subsistemas, por lo general conectados (aunque su gradiente hidráulico sea muy bajo) dada la alta detracción de recursos que sufren. Estos subsistemas se ubican entre las sierras mesozoicas que circundan o diseccionan la Plana, que se describen en el próximo apartado.

A partir de los datos obtenidos de las columnas litológicas de los sondeos perforados en el área de estudio que ha sido posible recopilar (columnas nº1, 40, 44, 50, 51, 53, 54, 69, 75, 91, 97, 99, 114, 119, 150), el espesor del acuífero varía respecto a una zonas y otras. Los materiales

arenoso y margoarenosos alcanzan valores de 175 m teniendo una media de 100 m y el nivel calizas varía entre los 30 m de la zona central y los 150 m de la parte norte. La profundidad de 150 m representa por tanto una zona transicional, ya que en torno a esta cota cambian sustancialmente las características de los materiales y su comportamiento hidráulico en gran parte de los dominios considerados.

Los parámetros hidrogeológicos de estas formaciones, de acuerdo con la información disponible tienen un coeficiente de almacenamiento de aproximadamente 10^{-3} en las facies proximales, que en el centro de la cubeta llega a 10^{-3} dada su mayor distalidad.

Los niveles del agua oscilan entre 750 y 800 m.s.n.m. en el sector septentrional de la cubeta, descendiendo progresivamente hacia el sur, donde se registran cotas del agua de entorno a los 600 m.s.n.m. en las inmediaciones de Los Isidros y en la salida del Magro de la Unidad por Hortunas. Las surgencias principales están asociadas a los cauces tributarios del río Cabriel en el contacto entre las formaciones detríticas terciarias y cuaternarias y los afloramientos de facies Keuper.

En general el flujo de agua a través de la cubeta tiene una orientación norte-sur, que evoluciona hacia el sureste o suroeste a medida que se aproxima a los afloramientos de materiales permeables, siendo el río Magro el eje principal de drenaje actuando como colector de la escorrentía subterránea. Las líneas de flujo así mismo sufren fuertes inflexiones en las inmediaciones de los afloramientos mesozoicos o triásicos enraizados en el zócalo que salpican la plana, adquiriendo una configuración específica en cada caso.

4.2. Masas de Agua subterránea

Aguas arriba del río Magro, encontramos las masas de agua subterránea de Requena-Utiel (08.133), Cabrillas-Malacara (08.139), Sierra del Ave(80.144), Mira(80,134). De las cuales, Requena-Utiel y Mira pertenecen a la Unidad Hidrogeológica anteriormente mencionada.

El mapa de masas de agua subterránea, con el río, las estaciones de aforos, los piezómetros y el embalse se encuentra a continuación. También se expone una tabla con las distintas superficies de los acuíferos

Código	Color	Superficie (km2)
08.134 Mira	Rosa	501
08.133 Requena-Utiel	Verde	988
08.139 Cabrillas-Malacara	Beis	288
08.144 Sierra del Ave	naranja	415



Figura 14: Masas de agua subterránea aguas arriba el embalse de Forata con piezómetros, estaciones de aforos y embalse

5. Metodología

Para poder entender mejor la realización de este trabajo, se va a proceder a explicar la metodología empleada.

Una vez detectado el problema de abastecimiento para las comunidades de regantes del embalse de Forata, se va a proceder a ubicar el foco del problema que se asumirá que está aguas arriba del embalse de Forata. Para ello, suponiendo que los episodios pluviales se han mantenido constantes, y no han variado mucho, se plantea que el problema reside en las masas de agua subterránea que abastecen al río Magro y al Embalse de Forata. Por lo tanto, se va a realizar una primera descripción de las masas de agua subterránea, su caracterización hidrogeológica, unos análisis de la piezometría y una modelación matemática.

Se empezará realizando el análisis de la información de piezometría disponible, pues se hace necesario, como paso previo a la construcción del modelo, un análisis detallado de la evolución de niveles, que permita conocer con mayor grado de detalle el comportamiento hidrodinámico de la zona de estudio y su situación a lo largo de los años.

A continuación, se procede a estudiar en profundidad los resultados obtenidos por el método PATRICAL (Pérez, 2005) en este río y ver cómo se comporta. El modelo estudiado es el modelo PATRICAL (Precipitación Aportación en Tramos de Red Integrados con Calidad de Agua. Pérez 2005). Este modelo permite construir un escenario hidrológico temporal.

Se crean mapas mensuales de precipitación y evapotranspiración, calculados en base a los valores de lluvia total mensual y temperatura diaria media mensual. El módulo de calidad de agua, simula el transporte de sustancias químicas en los flujos y almacenamientos de agua.

Como resultado obtenemos dos escenarios posibles, el régimen natural y el régimen alterado. El régimen natural solo tiene en cuenta las variaciones de pluviometría y evapotranspiración producidas por los agentes naturales, cambio del clima, temperatura y pluviometría. Por otro lado, el régimen alterado tiene en cuenta tanto los cambios producidos por los cambios climáticos como temperatura y pluviometría, como los producidos por las extracciones en la zona de estudio.

Este modelo utiliza las masas superficiales de agua, por lo tanto se utilizara la comparativa del tramo del río que acaba en requena, con los valores observados en la estación de aforos de Requena. Para completar el proceso se utilizaran los valores del modelo en Forata, comparados con los valores de la estación de aforos de Forata.



Seguidamente, se hará una simulación, zonificando los acuíferos, de los comportamientos del acuífero en cada una de las zonas, para ver si el acuífero tiene niveles que oscilan alrededor del nivel del río o si está desconectado, haciendo que el río se pueda comportar como perdedor en vez de ganador. Para este método se emplearán los datos de la base de datos de la Confederación Hidrográfica del Júcar para el método PATRICAL, así como los niveles piezométricos observados en los acuíferos, intentando reproducir las oscilaciones que aparecen en esos piezómetros. Los parámetros que se obtienen del método PATRICAL son, la altura umbral del acuífero, la cota más baja del acuífero, el coeficiente de almacenamiento y alfa; las distintas recargas se obtienen del plan y de Comisaría. Con ellos obtenemos el volumen inicial del acuífero en cada momento, la recarga neta y la altura piezométrica.

6. Análisis de Piezometría

En este apartado se realiza el análisis de la información de piezometría disponible, pues se hace necesario, como paso previo a la construcción del modelo, un análisis detallado de la evolución de niveles, que permita conocer con mayor grado de detalle el comportamiento hidrodinámico de la zona de estudio y su situación a lo largo de los años.

El análisis se realiza a partir de datos de medidas realizadas en una red de pozos de observación y de piezómetros. Se entiende por pozo de observación un pozo de explotación, experimental o abandonado, en el que se puede medir el nivel del agua. Por piezómetro se entiende un tubo de pequeño diámetro conectado hidráulicamente al acuífero y en cuyo interior el agua alcanza una altura que equilibra la presión del acuífero en el punto de conexión.

En primer lugar se realiza un análisis de los niveles del acuífero en régimen no alterado, es decir, suponiendo que no existen extracciones, para posteriormente analizar su evolución histórica. El análisis finaliza con el estudio de la variación de los niveles en los últimos años, examinando los descensos que se han producido.



Figura 15: Mapa de situación de piezómetros

6.1. Masa subterránea 080.133 Utiel-Requena

Esta masa de agua subterránea contiene 10 piezómetros, ubicados de la siguiente manera:

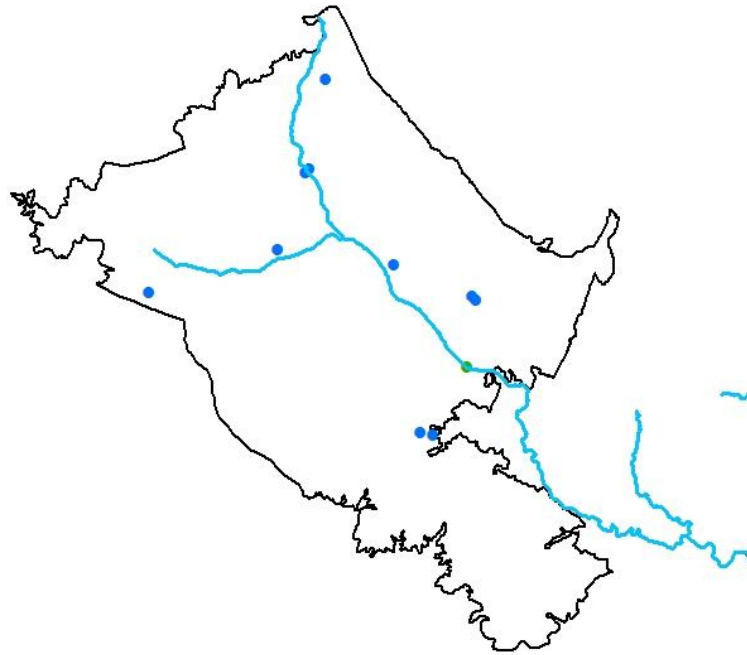


Figura 16: Distribución Espacial de los Piezómetros de Requena-utiel

El análisis de la evolución de la piezometría a lo largo del tiempo permite conocer las variaciones de nivel de la lámina de agua en el acuífero, así como el comportamiento hidrogeológico de la zona en estudio. Para ello se dispone de series históricas de medidas de niveles para el período 1981-2014. En la tabla siguiente se muestran los 10 piezómetros usados en la elaboración del análisis, con su localización y sus coordenadas UTM.

Código	Municipio	X UTM	Y UTM
08.18.005	Utiel	651140	4393826
08.24.003	Requena	662447	4377062
08.24.005	Utiel	656511	4379664
08.24.007	Villagordo del Cabriel	637540	4377361
08.24.009	Requena	659528	4366504
08.24.010	Requena	662720	4376721
08.24.011	Utiel	649999	4387067
08.24.031	Caudete de	647423	4380660

	las Fuetes		
08.24.032	Requena	658603	4366763
08.24.033	Utiel	649688	4386789

Tabla 1: Piezómetros de serie histórica 1981-2014

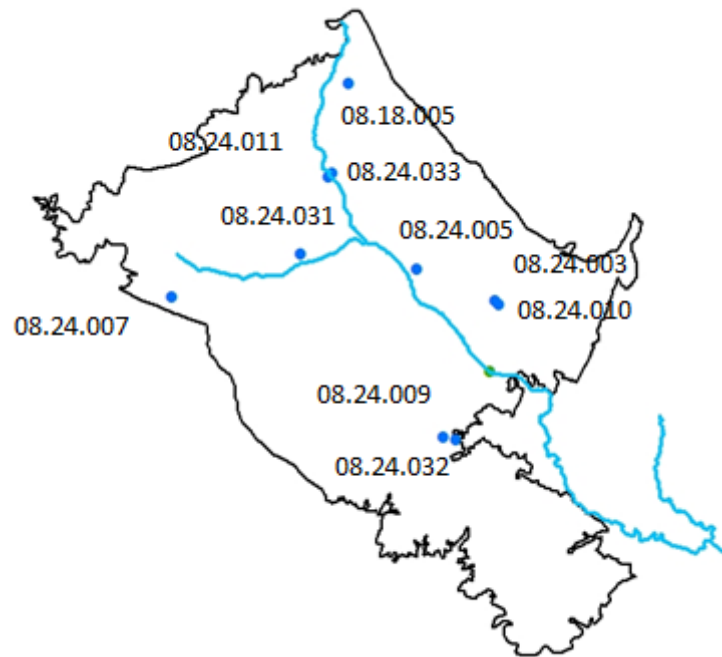


Figura 17: Distribución espacial y código de los piezómetros en Requena-Utiel

A continuación se exponen las distintas evoluciones históricas de piezometría encontradas en la masa de agua subterránea Requena-Utiel.

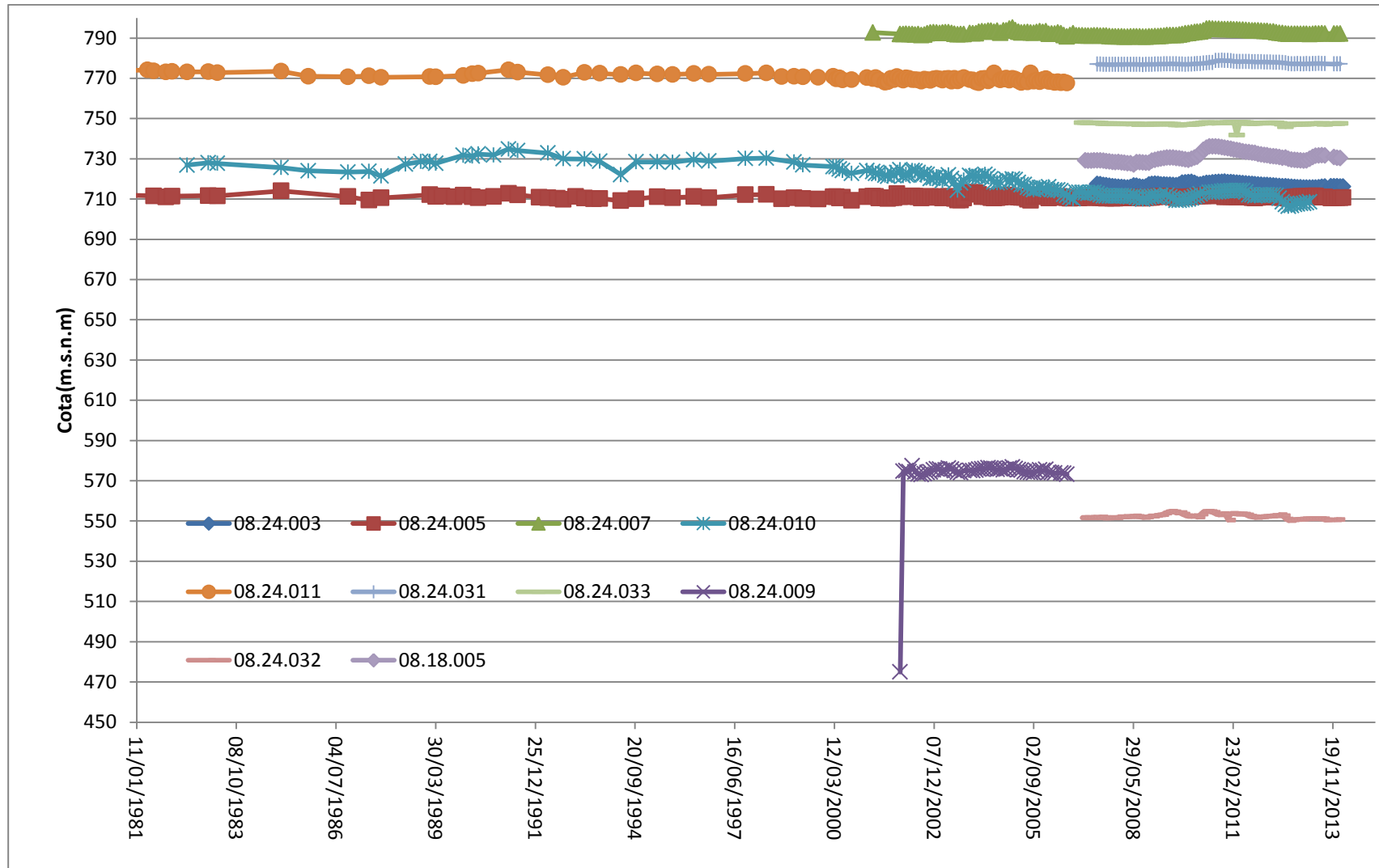


Gráfico 10: Evolución histórica de piezometría en la masa de agua subterránea Requena-Utiel 1981-2014

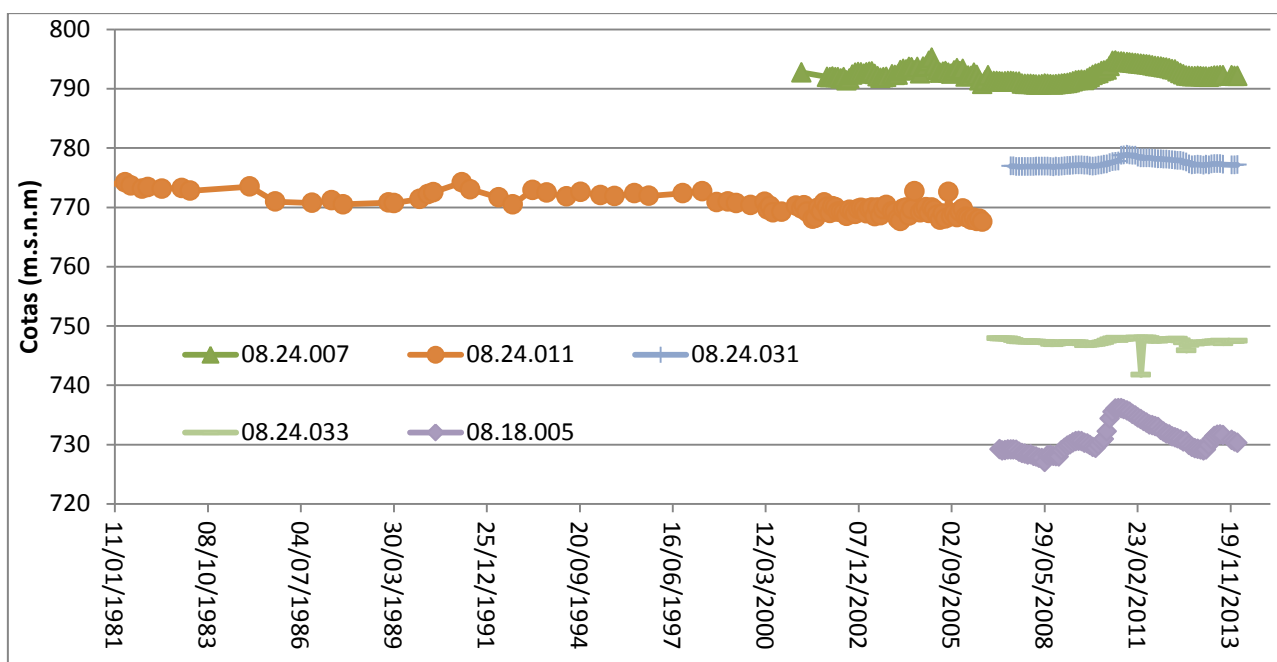


Gráfico 11: Evolución histórica del Norte de la masa Requena-Utiel

Este gráfico muestra al grupo de piezómetros de la zona norte de la masa. En el se observa que los valores de los piezómetros 08.24.011 y 08.24.033, que por su proximidad deberían estar en torno a los mismos valores, están desconectados por lo que se puede asumir que los valores históricos, los del piezómetros 08.24.011 son erróneos y que se midieron mal. Además también se muestra otro resultado anómalo, el piezómetro 08.18.005, que es el que más al norte se encuentra, tiene una cota muy inferior a las de los piezómetros que se encuentran aguas debajo de este, por lo tanto, hay que suponer que las mediciones de este piezómetro también son erróneas

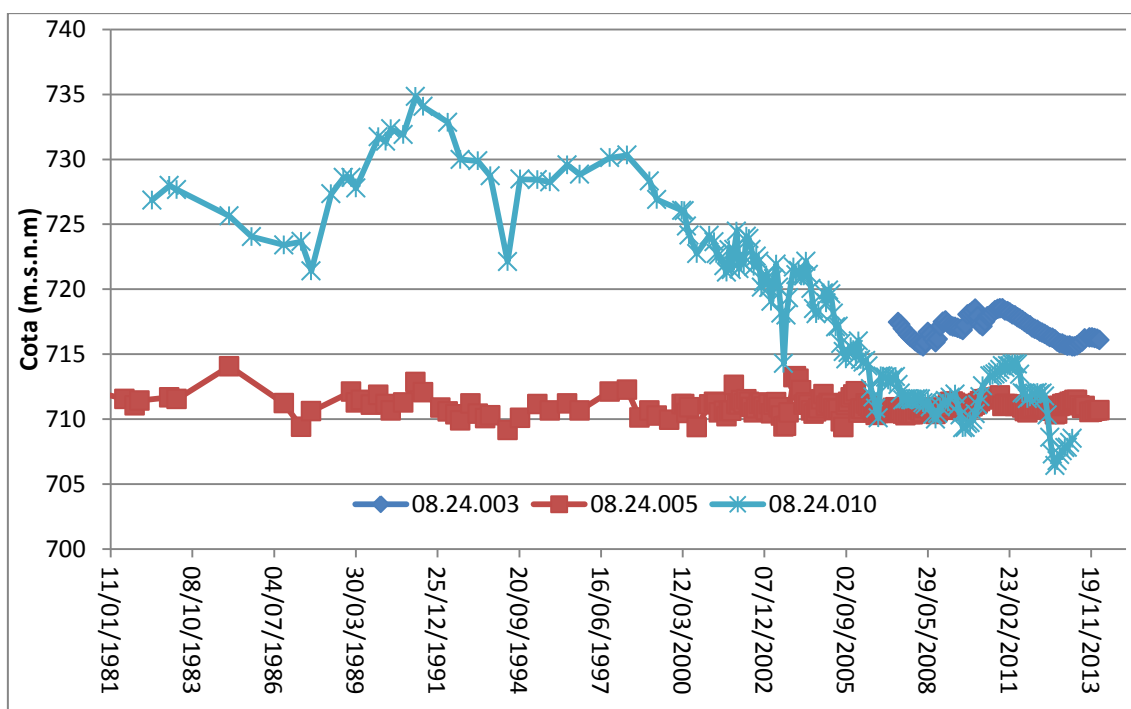


Gráfico 12: Evolución histórica del centro y Este de la masa Requena-Utiel

En este gráfico podemos observar el mayor cambio de piezometría, que desciende 30 metros. Además, a diferencia del gráfico anterior, sí que se ve la conexión entre el piezómetro 08.24.010 y el 08.24.003, que están muy cerca unos de otros. Además, teniendo en cuenta la situación del piezómetro 08.24.005, que está casi en el río Magro, podemos ver como en los alrededores del río el nivel no disminuye, sino que oscila entre unos valores, manteniéndose estable. De esto último se puede decir que las extracciones, no acaban de afectar al río.

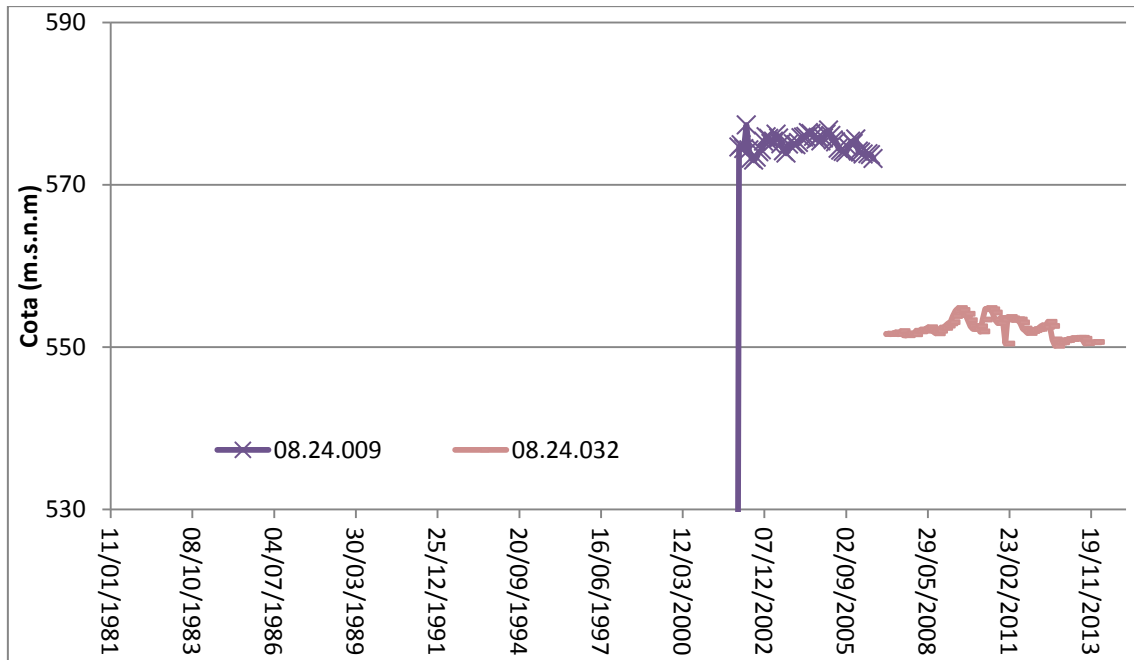
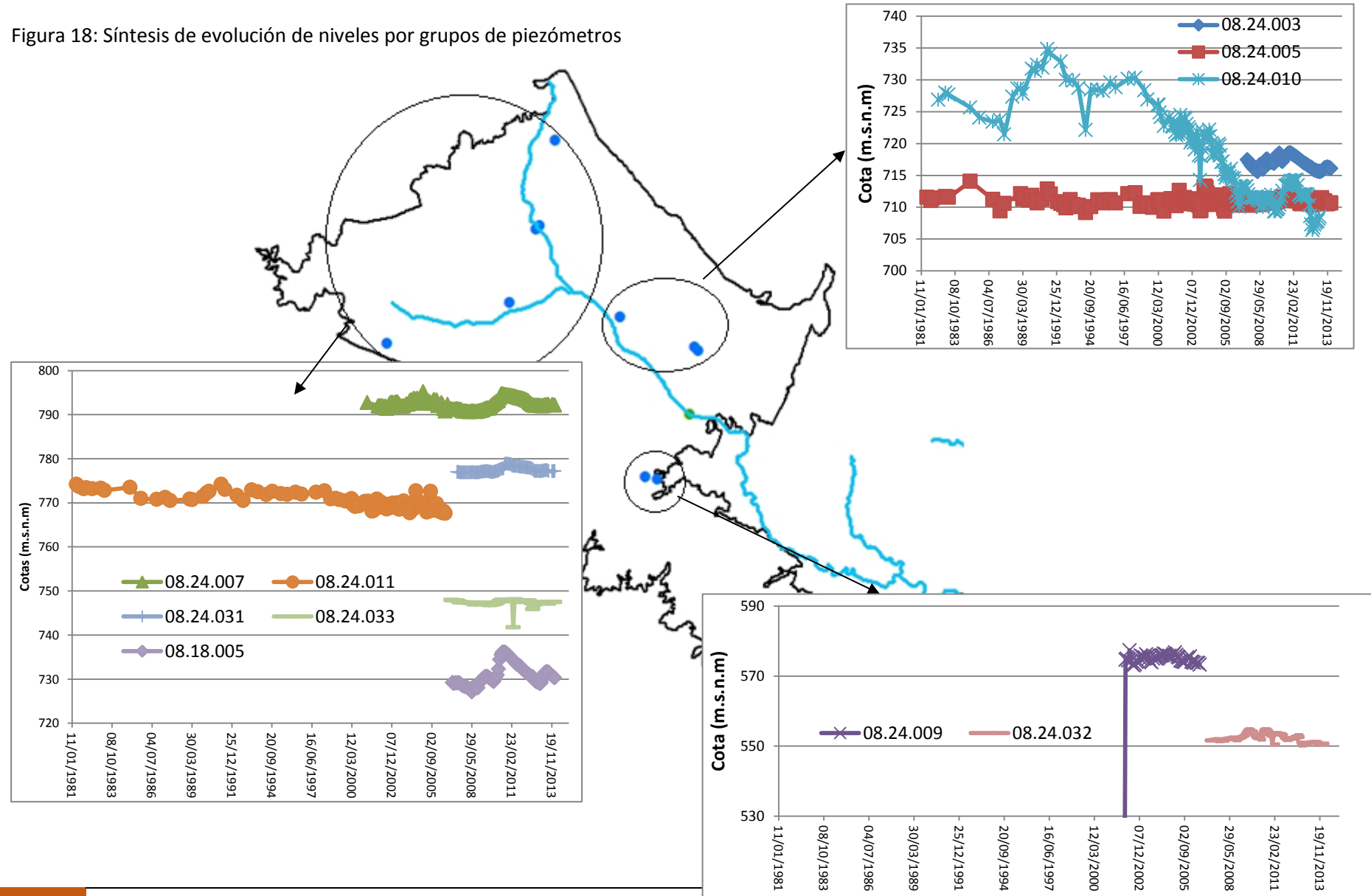


Gráfico 13: Evolución histórica del Sur de la masa Requena-Utiel

Por último, este gráfico muestra los niveles piezométricos de la zona Sur de la masa, lo que nos proporciona la imagen final para hacernos una idea de la dirección de flujo en la masa de agua, que va del Noreste hacia el Suroeste.

Figura 18: Síntesis de evolución de niveles por grupos de piezómetros



6.2. Masa subterránea 080.139 Cabrillas Malacara

Esta masa de agua subterránea contiene dos piezómetros cuya situación se puede ver en la siguiente figura.

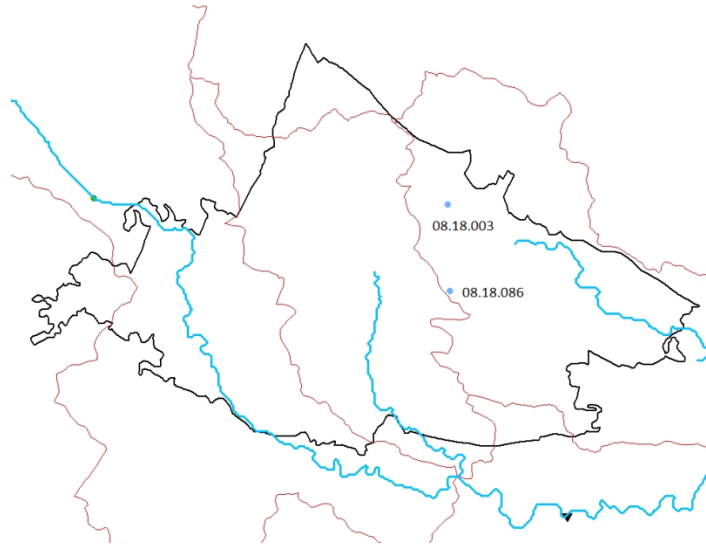


Figura 19: Distribución espacial de los piezómetros en Cabrillas-Malacara

En la siguiente tabla se muestran los piezómetros que encontramos en la masa, el municipio en el que se encuentran y la coordenadas UTM de los mismos.

Código	Municipio	X UTM	Y UTM
08.18.003	Siete Aguas	678.640	4.371.495
08.18.086	Siete Aguas	678.733	4.367.466

Tabla 2: Piezómetros de serie histórica 2001-2014

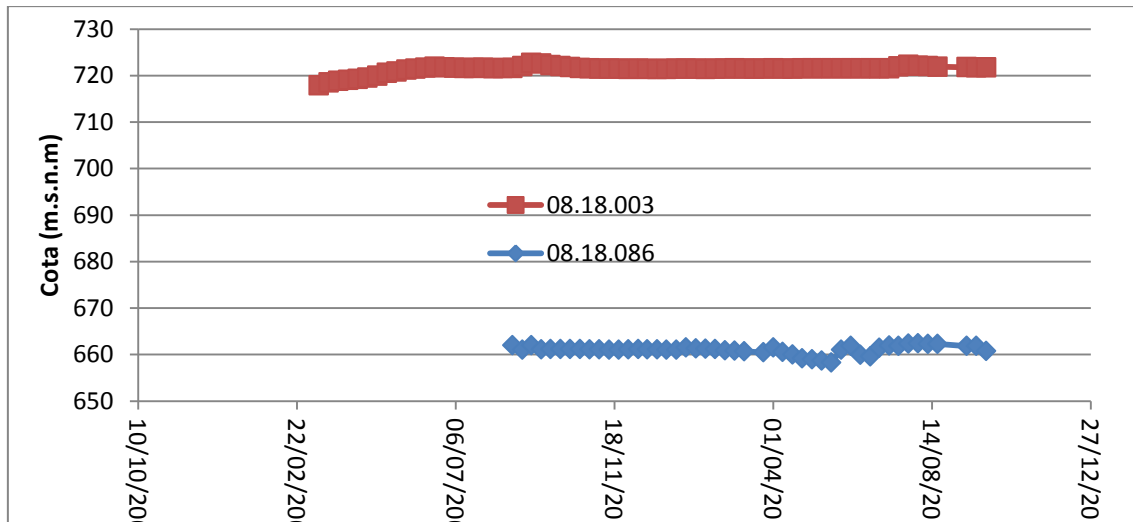


Gráfico 14: Evolución histórica de piezómetros en Cabrillas-Malacara

De este gráfico podemos suponer que el acuífero se encuentra en régimen natural y que está estable. Se comprueba como el piezómetro que está más al norte y cuya cota debería ser mayor, efectivamente es mayor, lo cual guarda coherencia con la realidad.

6.3. Masa subterránea 080.134 Mira

La masa subterránea 080.134 tiene dos piezómetros

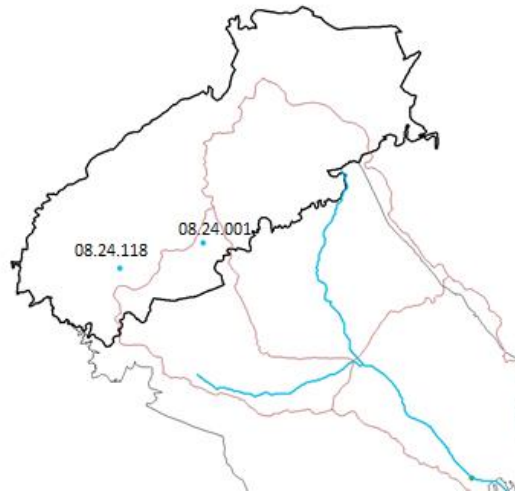
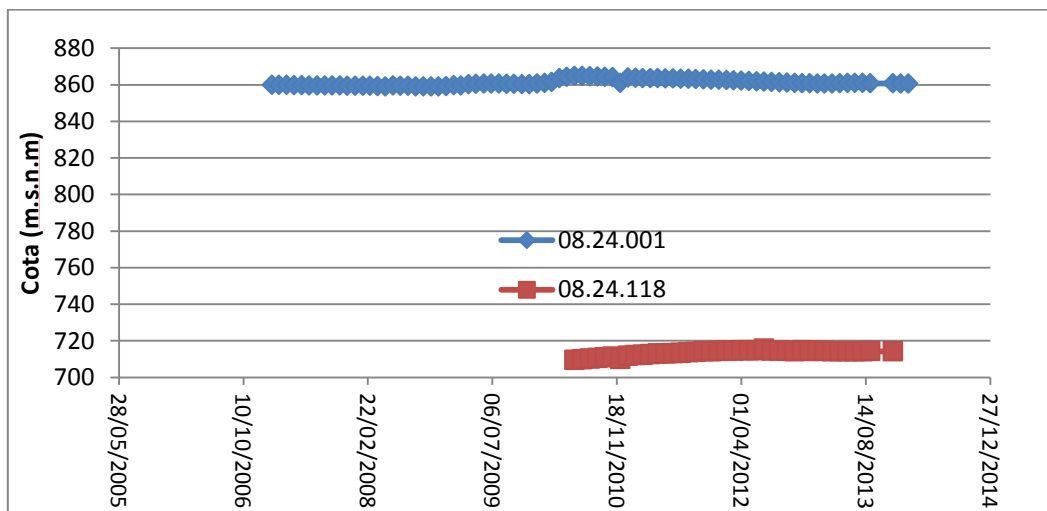


Figura20: Distribución espacial de los piezómetros en Mira

Código	Municipio	X UTM	Y UTM
08.24.001	Camporrobles	631194,41	4390005,59
08.24.118	Sinarcas	638490,39	4392222,59

Tabla 3: Piezómetros de serie histórica 2006-2014



Gráfica 15: Evolucion histórica de piezómetros en Mira

6.4. Masa subterránea 080.144 Sierra del Ave

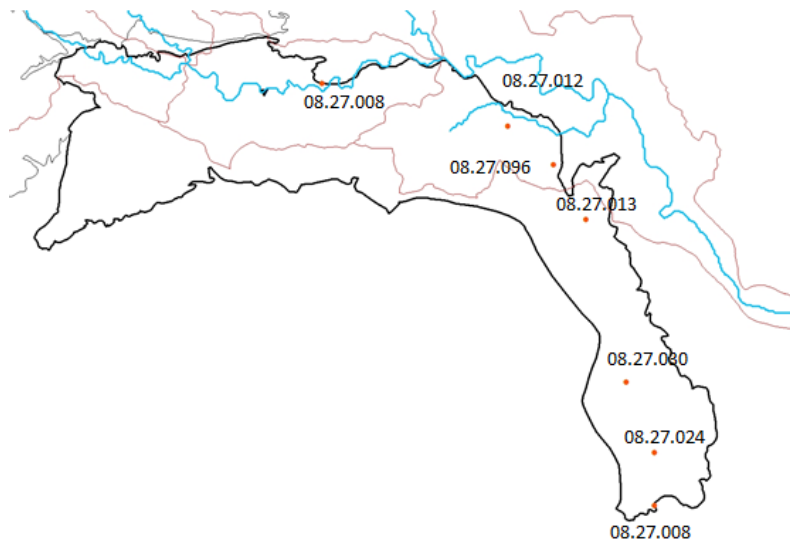


Figura 21: Distribución espacial de los piezómetros en Sierra del ave

Código	Municipio	X UTM	Y UTM
08.27.008	Macastre	687932,277	4357282,47
08.27.087	Lloombai	703214,258	4351937,36
08.27.009	Gavarda	709871	4329489,59
08.27.012	Montroi	700170,301	4354484,37
08.27.013	Catadau	705327,19	4348340,38
08.27.030	Guadassuar	707993,053	4337619,47
08.27.024	Alberic	709857,007	4332978,56

Tabla 4: Piezómetros de serie histórica 2006-2014

Los piezómetros 08.27.008, 08.27.009, 08.27.087 son piezómetros que encontramos en la actualidad, los demás piezómetros tienen registros históricos que nos ayudarán a comprobar el descenso.

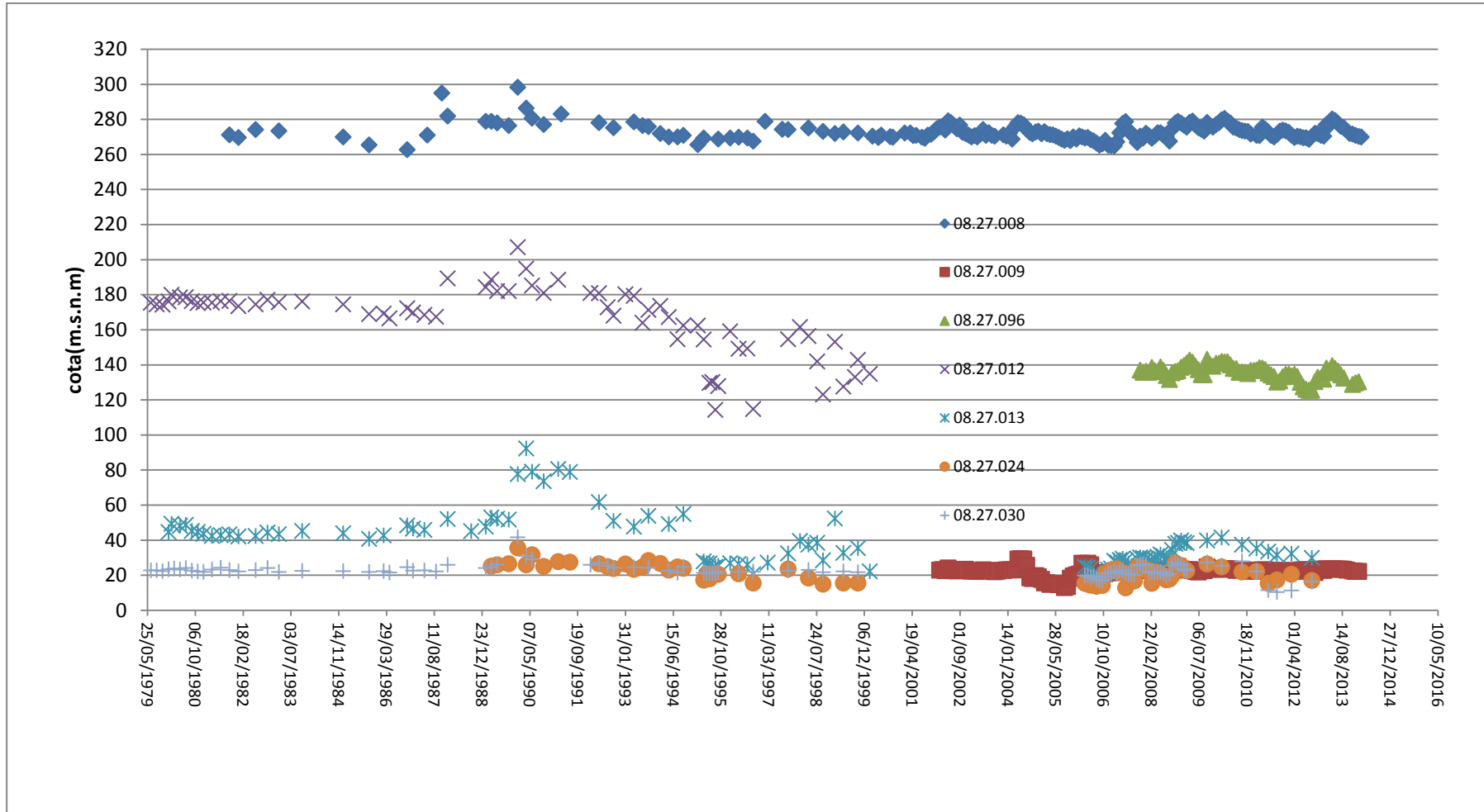


Gráfico 16: Evolución histórica de los piezómetros en Sierra del Ave

7. Modelación Matemática

7.1. Acciones Exteriores

7.1.1. Entradas al sistema

Las entradas al sistema son las aportaciones que entran dentro del acuífero. Estas entradas se han obtenido de las bases de datos proporcionadas por la confederación hidrográfica del Júcar y del Plan Hidrográfico del Júcar.

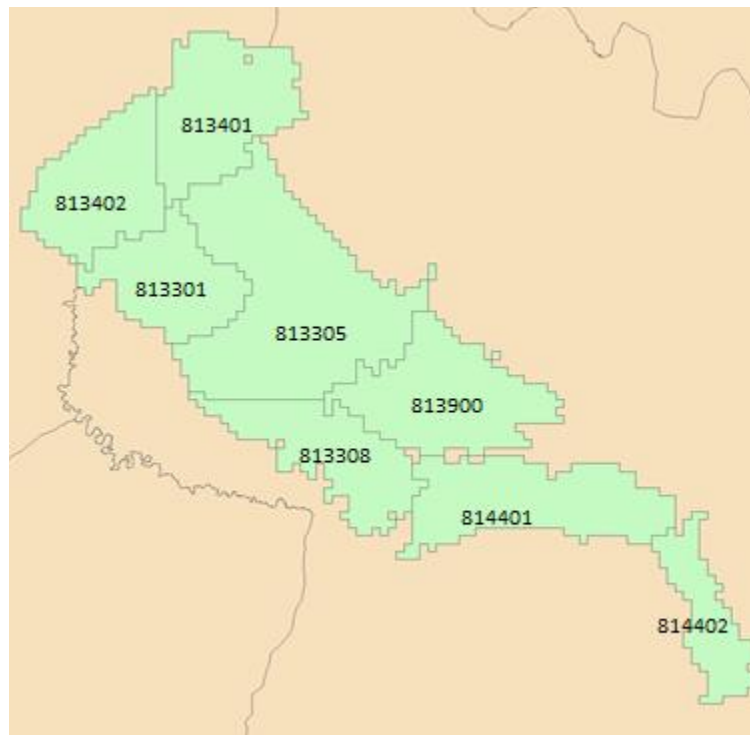
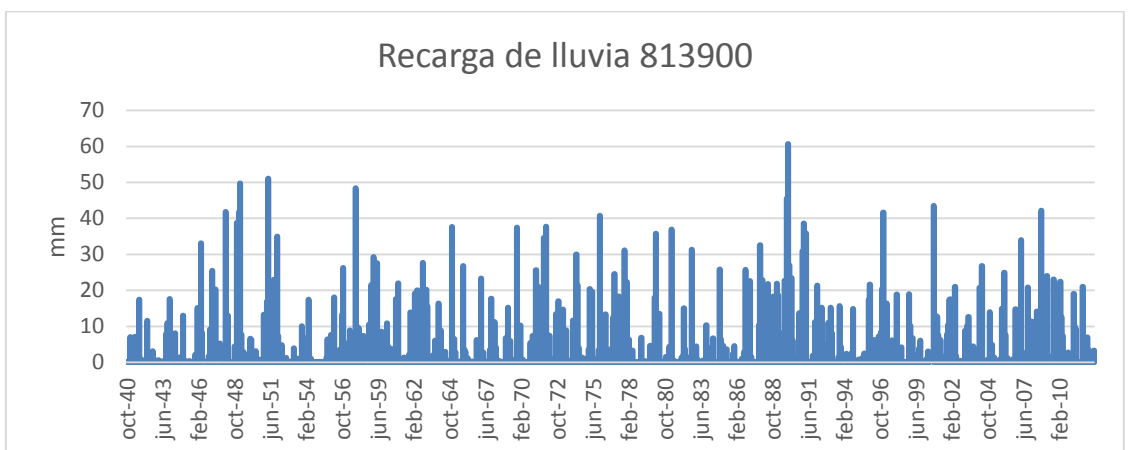
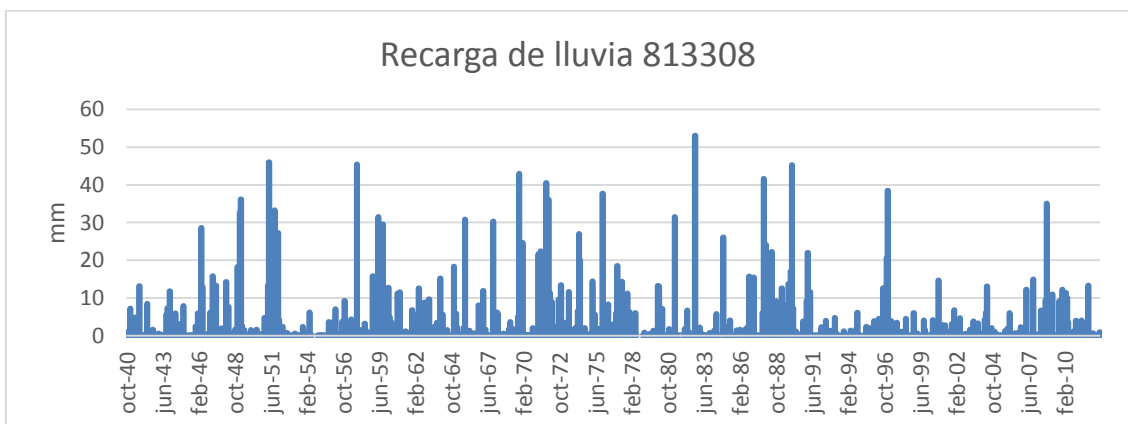
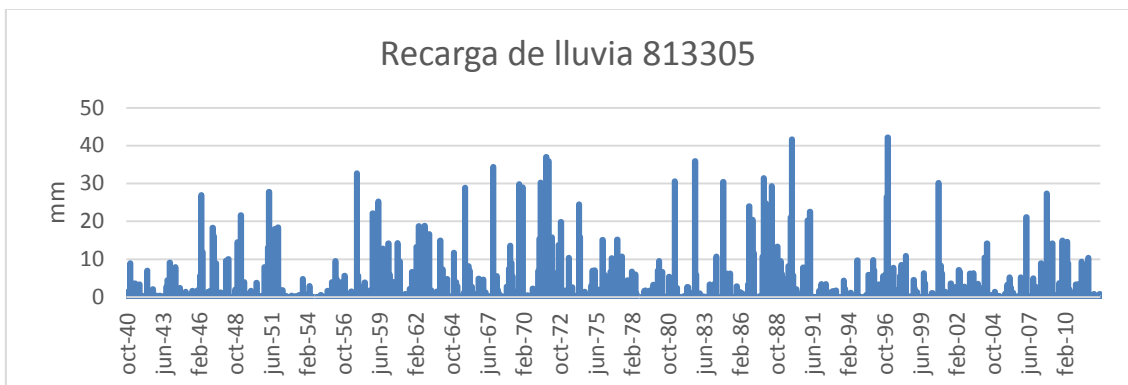
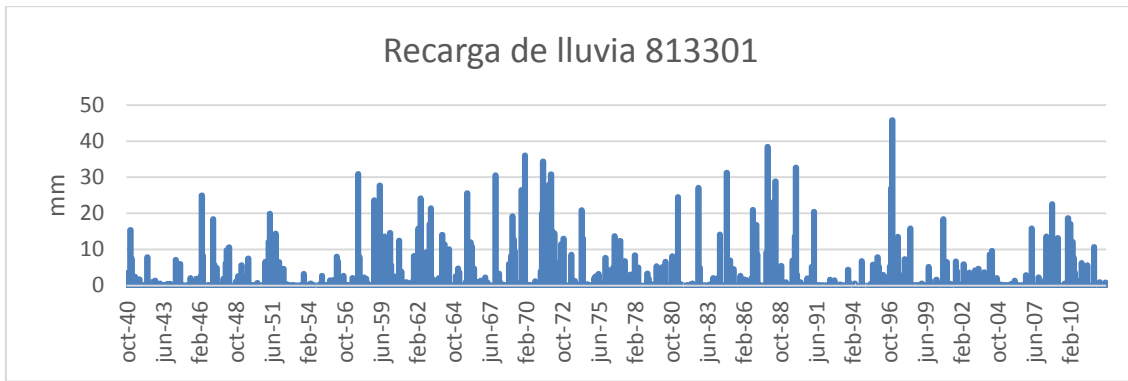


Figura 22: Mapa con códigos de las bases de datos de Requena-Utiel y Cabrillas-Malacara

Recargas

Para cada una de estas zonas definidas, se dispone de una serie mensual 1940/41 – 200/01. Como ejemplo se muestran las series anuales de recarga neta por lluvia para cada zona, obtenidas a partir de la agregación de los datos mensuales.



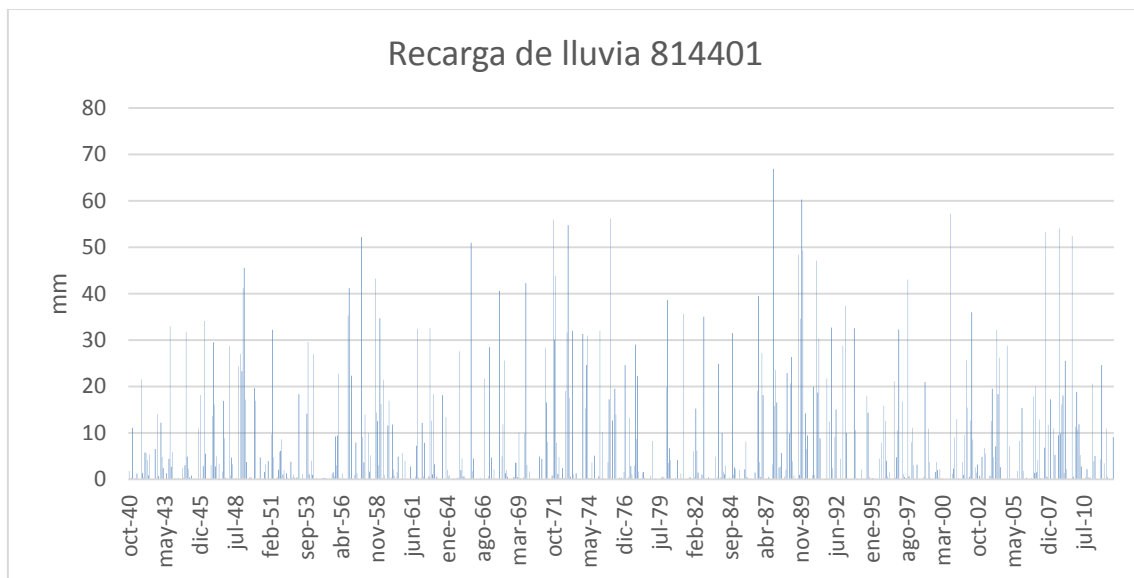
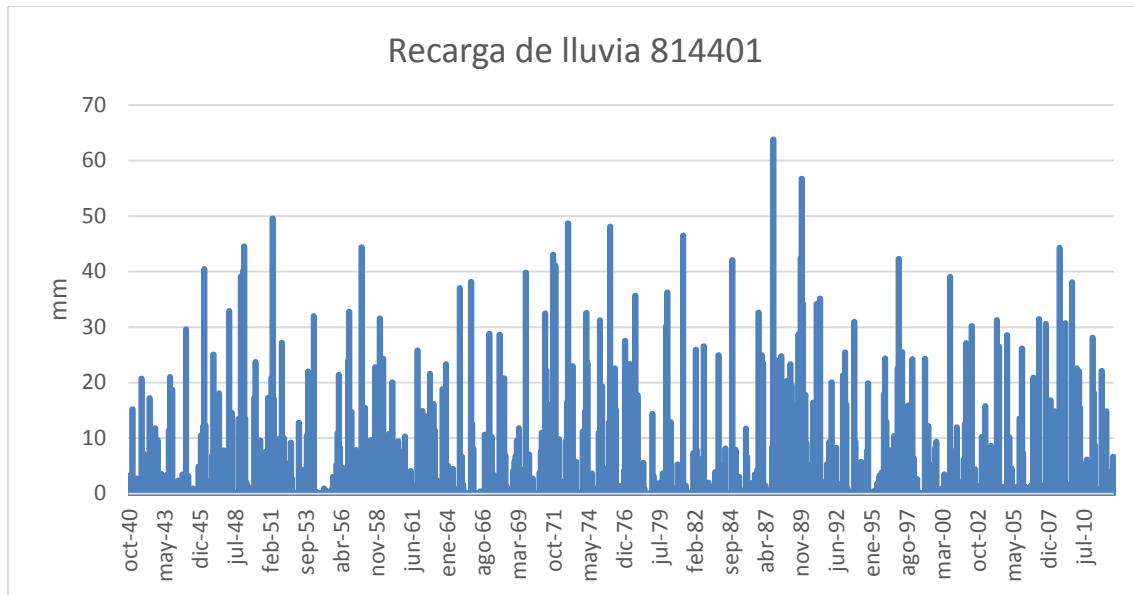


Figura 23: Gráficas de recarga de lluvia mensual por zonas

Retornos

En la modelización se introducen los valores netos de las extracciones de agua subterránea, por lo que no es necesario contemplar los retornos de riego.

Según Plan Hidrográfico del Júcar este valor es 1.1hm³/año para la masa de Requena-Utiel. Este valor se supone proporcional al riego efectuado en cada zona.

7.1.2. Salidas del sistema

Extracciones Para usos agrícolas

Las extracciones que encontramos en las masas de agua subterránea han sido obtenidas de los expedientes que tiene la comisaría de aguas de la confederación hidrográfica del Júcar.

Utiel-Requena

En la masa 08.133, las extracciones para usos agrícolas se dividen en riego y ganadería. El uso agrícola es mayoritariamente riego por goteo de vides y rego para secano. En la siguiente tabla se muestran los distintos volúmenes máximos anuales concedidos a los distintos tipos de riego.

Agrícola	Hm ³ /año
Viñedo	13,034
Secano	0,902
Ganadero	0,617
Hortalizas y Frutales	0,602

Tabla 5: Relación de volumen máximo anual con el uso principal en Requena-Utiel

Como se ha supuesto en el párrafo anterior, la concesión de agua para el viñedo en la zona de Requena-Utiel es mucho mayor que los demás usos puesto que la zona, como ya se ha comentado en capítulos anteriores, tiene como potencia económica la viticultura.

Del total de extracciones para usos agrícolas, encontramos una cierta cantidad de los mismos que son los considerados 54.2, estos son los que se consideran que están dentro del Artículo 54.2 de la Ley de Aguas y que tienen unos volúmenes máximos anuales inferiores a los 7000m³/año. El volumen total de las extracciones para uso agrícola dentro de estas consideraciones son de riego 2.422Hm³/año y de ganadero 0.199Hm³ año. Casi una tercera parte de las extracciones para uso ganadero están dentro de concesiones con menos de 7000m³/año. No es tan significativo en el caso del riego, en el que son una séptima parte de todo el volumen máximo concedido.

A continuación se exponen los distintos las extracciones para los distintos usos en Requena

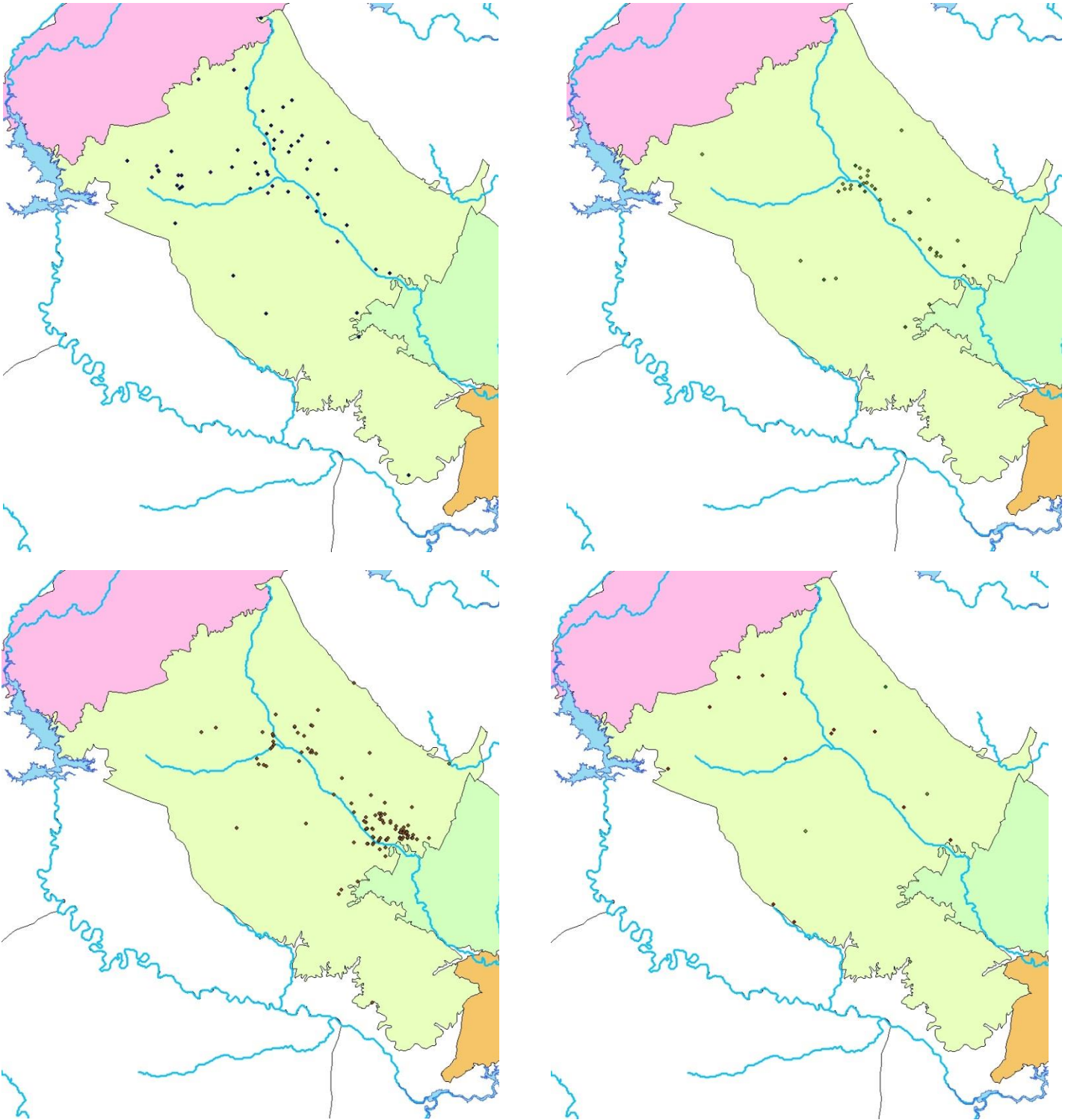


Figura 24: De izq. a der. y de arriba abajo; localización de las extracciones para uso principal Ganadero, Industrial, Domestico, Abastecimiento.

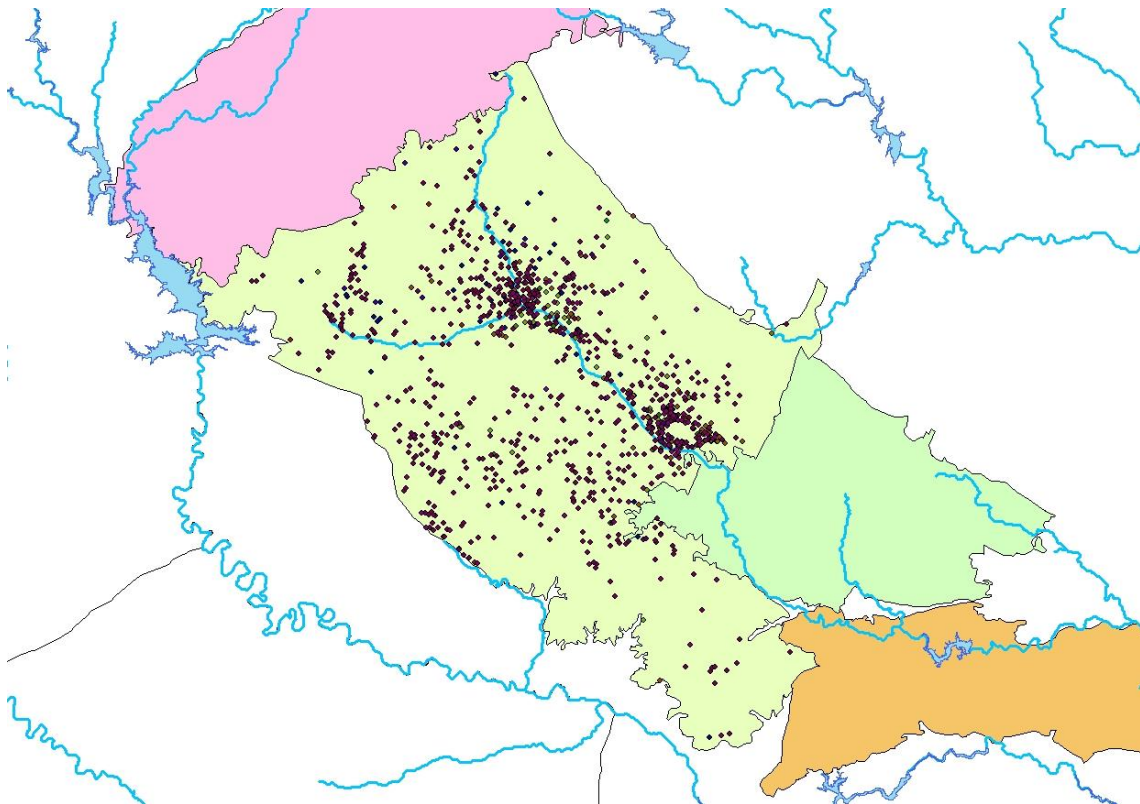


Figura 25: Localización de las extracciones para uso principal riego

Cabrillas-Malacara

USOS	Hm3
RIEGO	1,851
GANADERO	0,004
TOTAL	1.855

Tabla 6: Relación volumen máximo anual agrícola en Cabrillas-Malacara

En la masa 08.139, las extracciones no vienen definidas por usos principales, por lo que no se puede saber el uso que está teniendo el agua dentro del riego. Los volúmenes máximos anuales de riego son 1.851 Hm3/año mientras que el ganadero son 0.004 Hm3/año. Se ve una clara influencia del uso para riego sobre el uso para ganadería.

De estos volúmenes máximos anuales, encontramos 0.367 Hm3/año que se encuentran dentro de los considerados 54.2; de los cuales 0.148Hm/año son para riego y 0.004 Hm3/año son para ganadería. Los expedientes considerados como 54.2, en el caso del riego representan el 10% del volumen total, mientras que es el 100% del ganadero.

Mira

Agrícola	Hm3
RIEGO	3,030
GANADERO	0,733
TOTAL	3,763

Tabla 7: Relación volumen máximo anual agrícola en Mira

En la masa 08.133 Mira, se observa como el uso predominante es el riego, el cual además como se veía en el apartado anterior era el uso mayoritario de la masa. Las concesiones, en hm3, que se encuentran dentro de los considerados 54.2 son 0.077hm3 en el uso para riego y 0.134 en el uso para ganadero.

Extracciones Para usos urbanos e industriales

Utiel-Requena

La masa 08.133 tiene un volumen máximo anual concedido para uso urbano, doméstico e industrial de 10.121 Hm³/año. En la siguiente tabla se desglosan los volúmenes anuales máximos por los distintos usos:

Urbano e Industrial	Hm ³ /año
Abastecimiento	8,642
Doméstico	0,307
Industrial	1,172

Tabla 8: Relación de volumen máximo anual en Hm³ con los distintos usos principales en Requena-Utiel

De la tabla de arriba se observa la influencia del uso para abastecimiento frente a los usos domésticos e industriales. Esto es debido a que la concesión para abastecimiento en Requena, Utiel y los demás municipios circundantes tiene que ser suficiente, mientras que los usos domésticos e industriales concedidos son los que son, sin necesidad de que se concedan más ya que no tienen prioridad.

Cabrillas-Malacara

La masa 08.139 tiene un volumen máximo anual concedido para uso urbano, doméstico e industrial de 3.967 Hm³/año. Los cuales se desglosan de la siguiente manera:

Urbano e Industrial	Hm ³ /año
Abastecimiento	2.980
Doméstico	0.130
Industrial	0.857

Tabla 9: Relación de volumen máximo anual en Hm³ con los distintos usos principales en Cabrillas-Malacara

En la tabla superior se observa como el abastecimiento, en el uso urbano e industrial es claramente superior. Al igual que en el caso de la masa 08.133, Requena-Utiel, los valores son lógicos y atienden a las demandas de la población.

Mira

La masa 08.139 tiene un volumen máximo anual concedido para uso urbano, doméstico e industrial de 1.359 Hm³/año. Los cuales se desglosan de la siguiente manera:

Urbano e Industrial	Hm ³ /año
Abastecimiento	1.300
Doméstico	0.003
Industrial	0.056

Tabla 10: Relación de volumen máximo anual en Hm³ con los distintos usos principales en Mira

Al igual que en los casos anteriores, el abastecimiento, atendiendo a las necesidades y prioridades de los usos, es la que más volumen máximo anual tiene con diferencia.

Salidas por afloración de agua

El modelo utilizado también contempla las salidas de las masas de agua subterránea a ríos y manantiales. Esto puede ayudar a definir la dirección de flujo, así como comprobar donde estima el modelo que sale el agua.

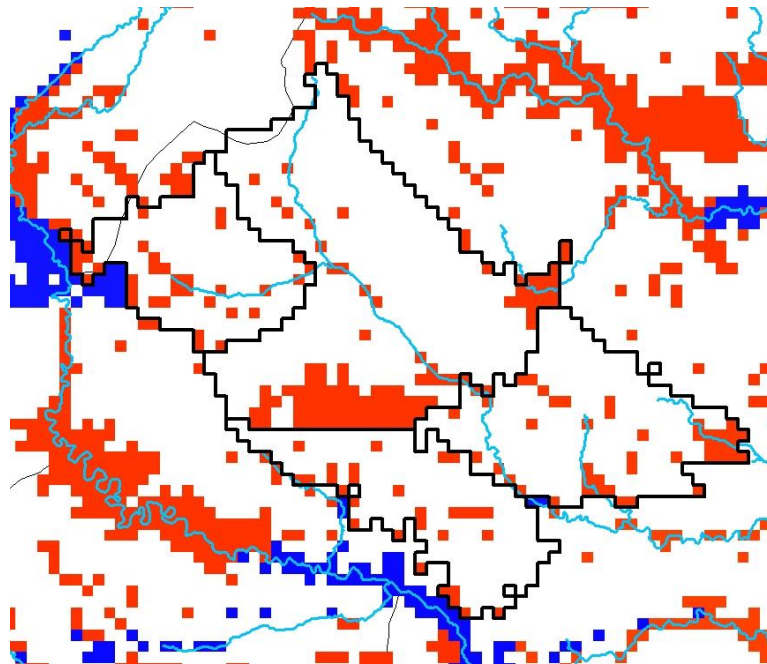


Figura 26: Ráster de afloramientos de agua subterránea según las zonas delimitadas

En la figura superior se observa como el modelo está estimando que los afloramientos que se producen en la masa subterránea 08.133 Requena-Utiel, no tienen mucha influencia en el río magro. Al mismo tiempo se ve como el agua fluye hacia la zona más Sur de la masa, dirigiéndose hacia el río Cabriel. La zona 813301 tiene una parte importante drenando al río Magro pero otra parte que drena hacia el embalse de Contreras. La zona 813305, claramente

muestra que el drenaje se ubica en la frontera con la zona 813308, lo que implica que el drenaje sigue el curso hacia el río Cabriel. Finalmente, la zona 813308 muestra que los afloramientos de agua surgen en la frontera Sur de esa zona, en los límites con el río Cabriel.

De igual modo ocurre en la masa 08.139 Cabrillas-Malacara, donde el agua aflora sobretodo en el río Mijares y en el río Buñol, siendo mayor en este último río que desemboca en el río Magro aguas abajo del embalse de Forata.

De esta figura se deduce que en la masa de agua subterránea 08.133 Requena-Utiel, drena en dirección hacia el Cabriel, más concretamente hacia el embalse de Cortes de Pallás que se encuentra al sur del mismo.

Superficiales

Los datos obtenidos en este apartado provienen de los registros de comisaría de la Confederación Hidrográfica del Júcar, al igual que los datos de extracciones subterráneas, son volúmenes máximos anuales, pero aportan una estimación máxima de lo que se puede estar utilizando. En este caso solo se utilizarán los datos obtenidos para las masas de Requena y Cabrillas-Malacara puesto que son estas las que extraen agua del río Magro y las que podrían afectar.

Requena

En esta masa encontramos 48 concesiones de agua superficial con un total de 3.868 Hm³/año de volumen máximo concedido.

Cabrillas-Malacara

En esta masa encontramos 15 concesiones de agua superficial con un total de 1.678 Hm³/año de volumen máximo concedido.

7.2. Modelo PATRICAL

A continuación se exponen los resultados de una forma gráfica de los datos que proporciona el modelo PATRICAL de masas superficiales para Requena y Forata. De esta manera se podrá visualizar lo que pasa antes de Requena y en las intermeditaciones entre Requena y Forata

7.2.1 Resultados

Los resultados del modelo son los que se muestran a continuación.

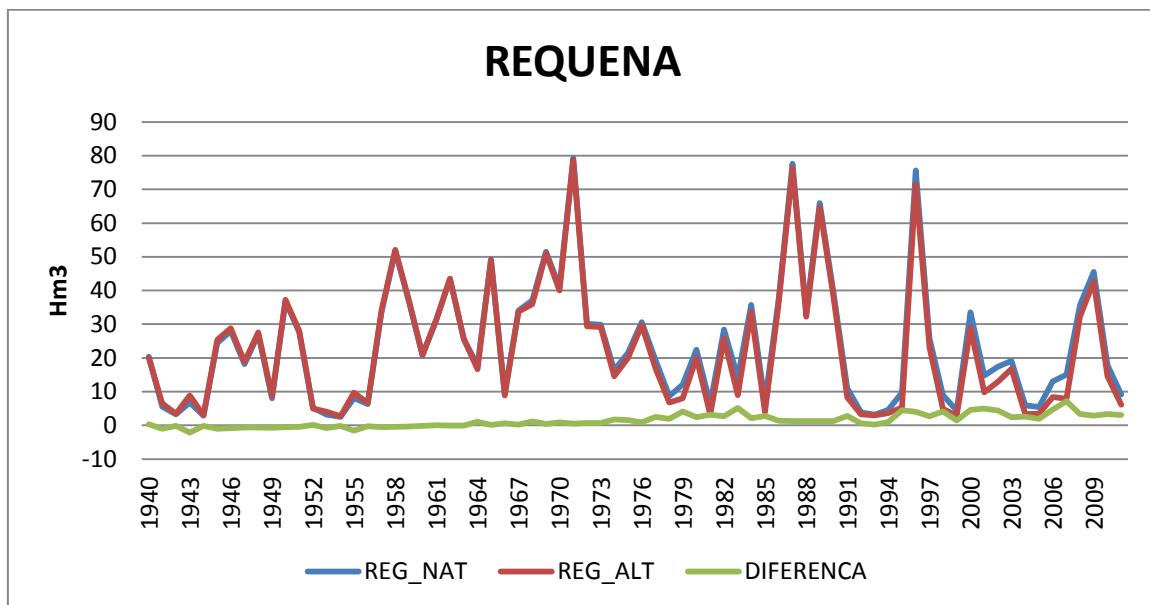


Gráfico 17: Resultados del modelo PATRICAL en tramo hasta Requena en Régimen natural y alterado y la diferencia entre ambos

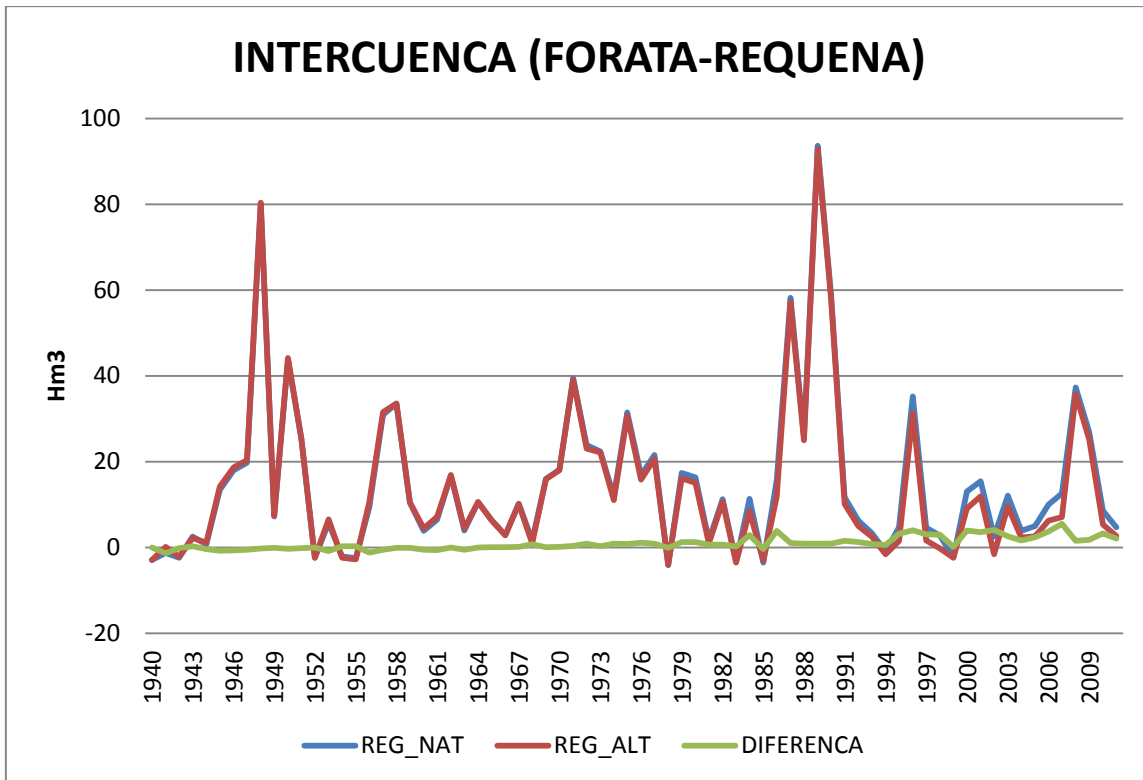


Gráfico 18: Resultados del modelo PATRICAL en tramo de la intercuentea en Régimen natural y alterado y la diferencia entre ambos

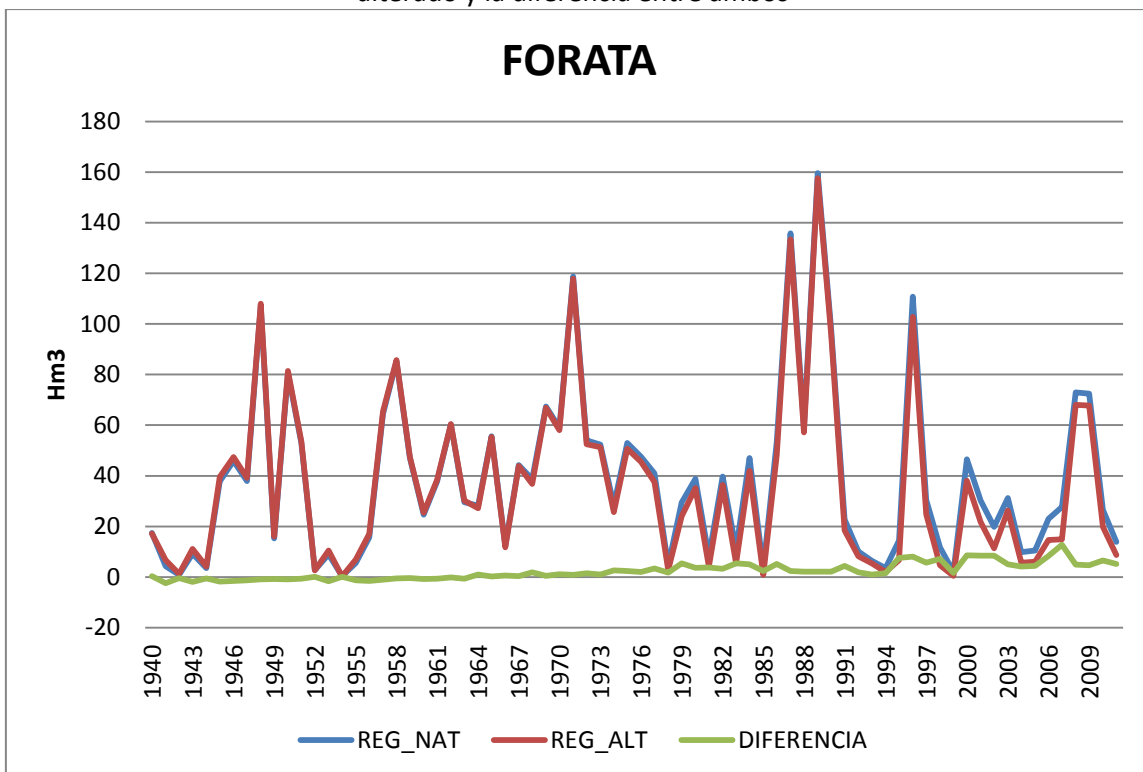


Gráfico 19: Resultados del modelo PATRICAL en tramo hasta Forata en Régimen natural y alterado y la diferencia entre ambos

Para una visualización más clara, se exponen a continuación los valores para el periodo 1970-1980 y 2006-2011, representativos del histórico y actual.

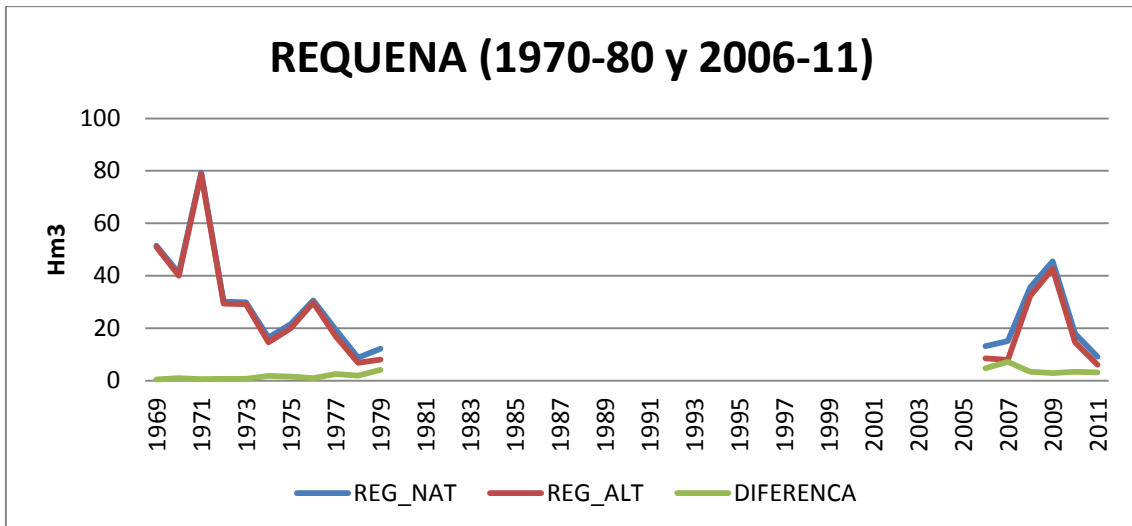


Gráfico 20: Resultados del modelo PATRICAL en tramo hasta Requena en Régimen natural y alterado y la diferencia entre ambos para los periodos 1970-80 y 2006-11

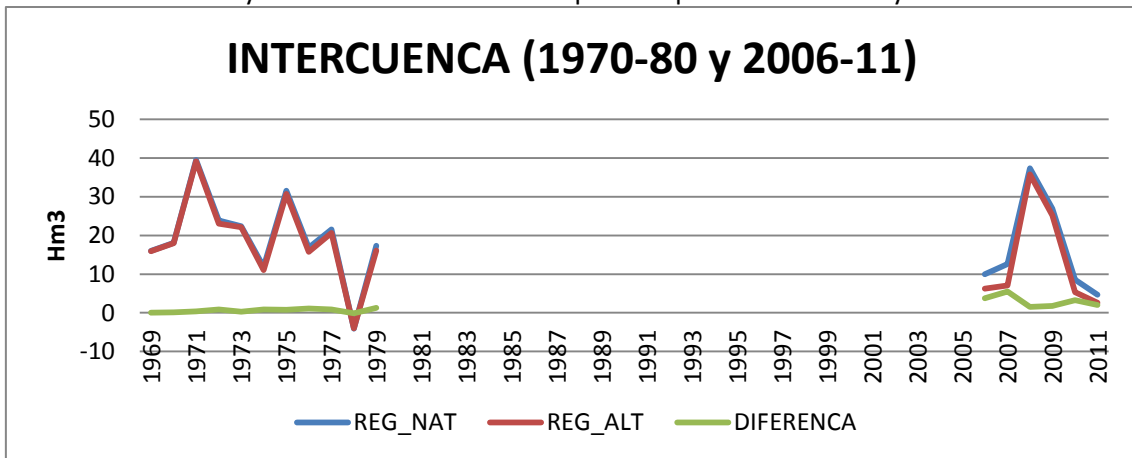


Gráfico 21: Resultados del modelo PATRICAL en tramo de la intercuenca en Régimen natural y alterado y la diferencia entre ambos para los periodos 1970-80 y 2006-11

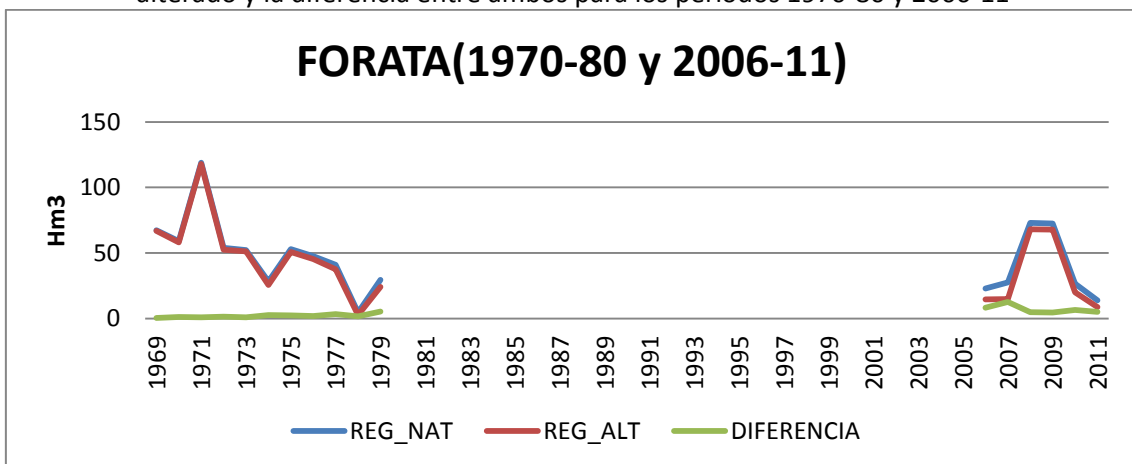


Gráfico 22: Resultados del modelo PATRICAL en tramo hasta Foraa en Régimen natural y alterado y la diferencia entre ambos para los periodos 1970-80 y 2006-11

Con los resultados del PATRICAL, sí que se observa que las extracciones en la zona de requena son aproximadamente 10 Hm3. Valores similares a los observados en el Plan Hidrográfico del Júcar. Para averiguar las extracciones tan solo hay que restar el régimen alterado que

contempla extracciones y clima con el régimen natural que contempla solamente el clima como factor reductor. Pero también se observa como la intercuencia, los valores son superiores a los esperados por las extracciones del acuífero de Cabrillas-Malacara, que según el plan se estiman en 1.4Hm3.

Lo siguiente a realizar es una comparación entre lo observado y lo que hace el modelo, de esta manera se podrá comprobar si el modelo está funcionando dentro de las expectativas y poder valorar su validez. Para ello se presentan las siguientes gráficas en las que se exponen los valores observados por las estaciones de aforos de Requena y Forata en comparación con los tramos de Requena y Forata.

Al igual que en el caso anterior, se va a proceder a representar los gráficos solamente con los periodos de 1970-1980 y 2006-2011, representando así el estado histórico y el actual.

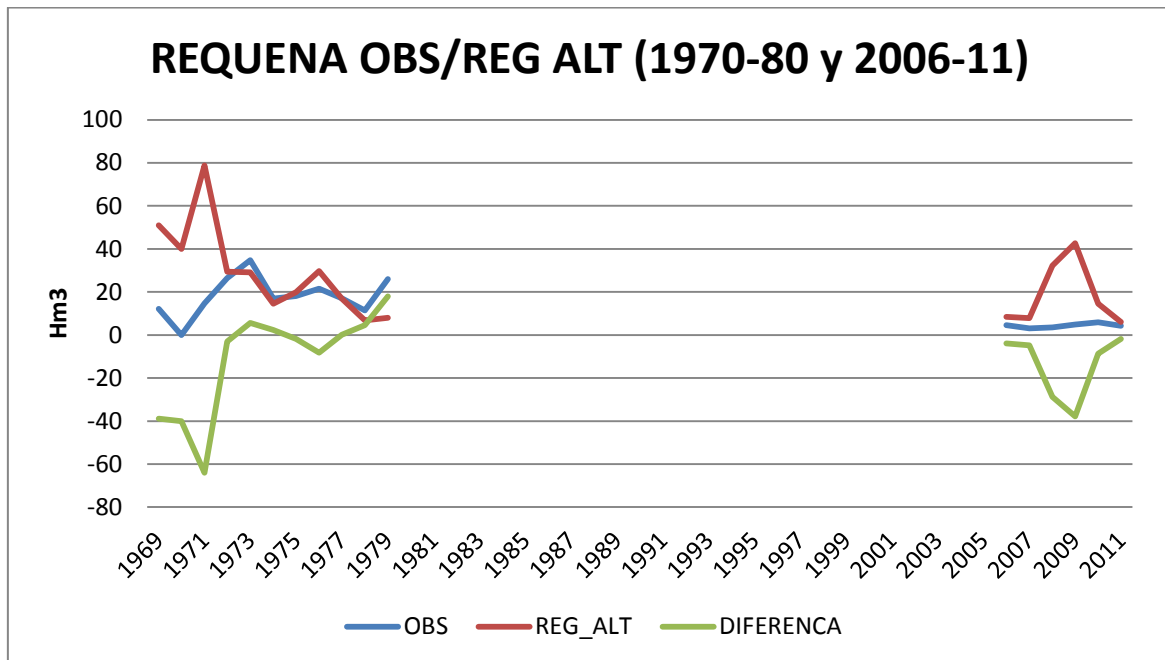


Gráfico 23: Resultados del modelo PATRICAL en tramo hasta Requena en Régimen alterado, el observado y la diferencia entre ambos para los periodos 1970-80 y 2006-11

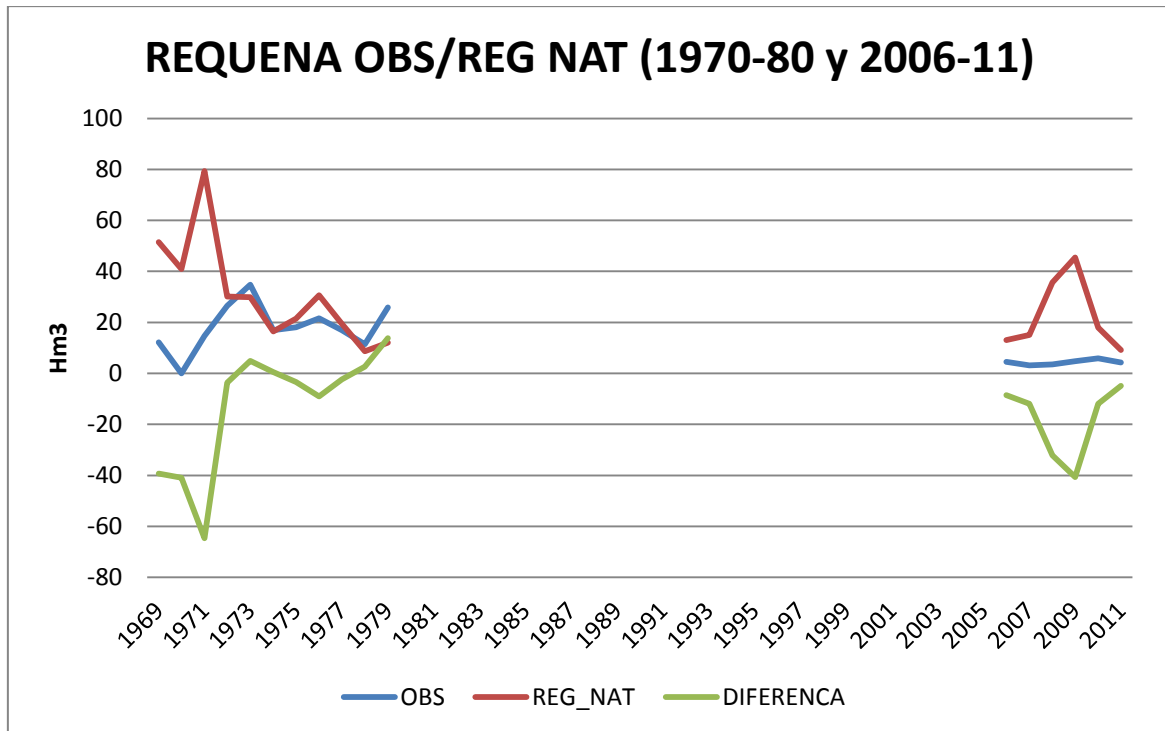


Gráfico 24: Resultados del modelo PATRICAL en tramo hasta Requena en Régimen natural, el observado y la diferencia entre ambos para los periodos 1970-80 y 2006-11

7.2.2 Interpretación

De una forma más clara, quedan representados los resultados que se exponen en la siguiente tabla. En la que se muestran los promedios de los registros históricos y los de los actuales de los caudales anuales en régimen natural, alterado y los observados.

		PROMEDIO (hm ³)		
		1970-1980	2006-2011	$\Delta Q(\text{hm}^3/\text{año})$
observado	Requena	20,76	4,36	16,41
	Intercuenca	19,47	2,45	17,02
	Forata	40,23	6,80	33,43
Reg_Nat	Requena	28,32	22,72	5,60
	Intercuenca	19,56	16,68	2,88
	Forata	47,88	39,40	8,48
Reg_Alt	Requena	26,68	18,64	8,04
	Intercuenca	18,86	13,70	5,16
	Forata	45,55	32,34	13,20

Tabla 8: Promedios de aportaciones observadas, en régimen natural y alterado y variaciones de caudal en Requena, Forata y la intercuenca

Se observa como las variaciones de caudales en las observadas son mucho superiores a las que tiene el modelo en régimen alterado, del orden del doble. La gran diferencia parece apuntar a que el bombeo es superior a lo que se ha estimado en el Plan Hidrológico

Las siguientes tablas muestran las variaciones de caudales más desglosadas para poder entender un poco más la acción del clima, la del bombeo y como se muestran en la realidad.

(hm ³)	ΔQ_{obs}	ΔQ_{clima}	$\Delta Q_{\text{bom+cl}}$	$\Delta Q_{\text{bmb_mod}}$	Bombeo Plan	Bombeo Censo	$Q_{\text{obs}} - Q_{\text{clim}} (\text{bomb})$
Requena	16,41	5,60	8,04	2,44	9,70	25,35	10.81
Intercuenca	17,02	2,88	5,16	2,28	1,30	6.76	14.14
Forata	33,43	8,48	13,20	4,73	11,00	32,11	24.95

Tabla 9: Variaciones de caudales observados y modelo

En la tabla superior se observa como el modelo está muy desajustado de lo que realmente se está observando en los últimos años. El modelo estima un bombeo de 4 hm³/año en Requena

cuando el plan tiene un bombeo de 9,7hm³/año. Lo mismo pasa en Forata, donde las diferencias entre los caudales observados y del modelo son de 25,4hm³/año. El modelo también muestra que en la intercuenca se está extrayendo más agua que la estimada en el plan.

Para intentar averiguar por qué el modelo no está representando los datos que debería tener por el plan, se recurre a calcular las diferencias entre las salidas y las pérdidas registradas para las masas de agua subterránea de Requena-Utiel y Cabrillas-Malacara. La diferencia entre las salidas y las pérdidas en las masas de agua debería representar el total del bombeo que aparece en el modelo PATRICAL y esclarecer si los bombeos son los considerados o no.

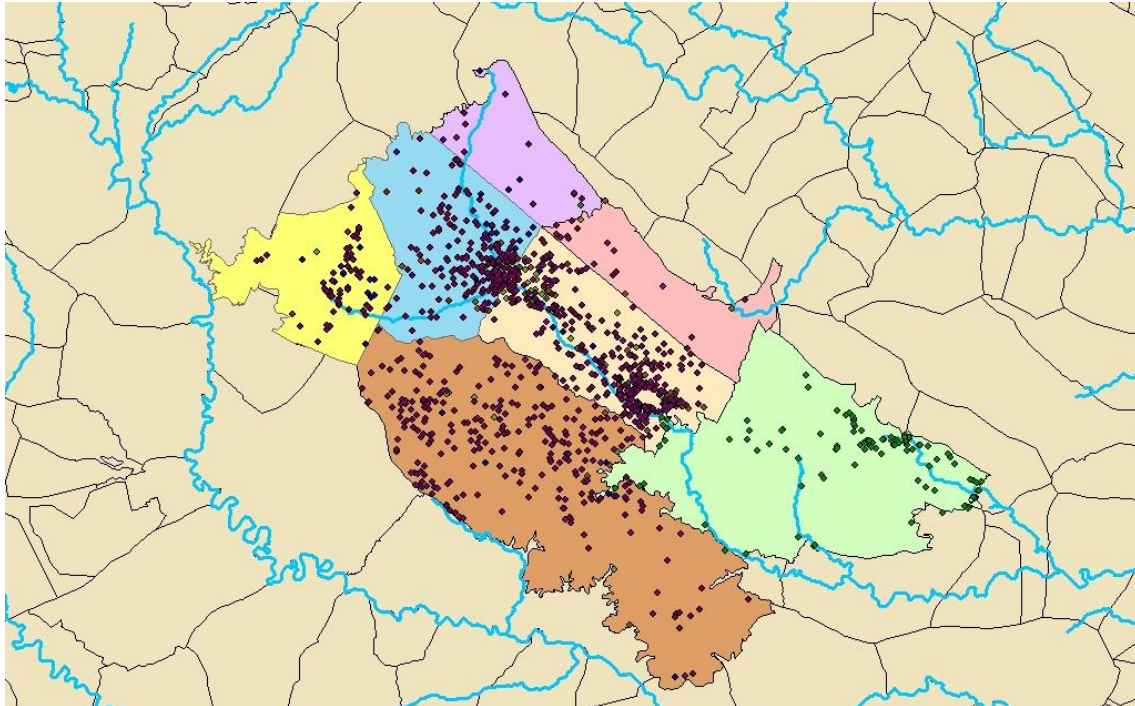
		salidas			perdidas		
		nat	alter	diferencia	nat	alter	diferencia
813301	Requena - Utiel (Fuenterrobles)	17,48	16,85	0,63	0,00	0,00	0,00
813305	Requena - Utiel (Utiel)	7,69	2,85	4,84	0,91	3,75	2,84
813308	Requena - Utiel (Requena)	3,12	2,86	0,26	0,05	0,08	0,03
		SUMA		5,73	SUMA		2,87
					SUMA		8,61
		salidas			perdidas		
813900	Cabrillas Malacara (Forata)	9,78	9,07	0,71	0,09	5,92	5,83
					SUMA		6,55

Tabla 10: salidas y pérdidas de las masas Requena-Utiel y Cabrillas-Malacara en régimen natural y alterado

En esta tabla, aplicando el modelo en la masa de agua subterránea de Requena-Utiel se observa un bombeo de 8.61hm³/año, un resultado parecido al que se supone en el Plan Hidrológico del Júcar, por lo que se afirma que el modelo está ajustado. La razón por la que no se ve reflejado en la masa de agua superficial es porque estará dirigiéndose y repercutiendo en otra zona de la masa subterránea. Eso mismo no pasa en la otra masa subterránea, en Cabrillas el bombeo del modelo es de 6.55hm³/año, también parecido al que aparece en las tablas superiores pero muy superior a los 1.3 hm³/año. Sin embargo, este resultado es más parecido a lo que tienen los expedientes de comisaría, lo que podría significar que el déficit se encuentra en el acuífero de Cabrillas-Malacara.

7.3. Simulación

Para la simulación, se van a realizar distintas zonas de estudio. Para la zonificación, se van a seleccionar las zonas con los siguientes criterios, zonas más acusadas por extracciones, zonas de las masas que están en régimen natural o alterado y delimitación con subcuencas. Con estos criterios, se obtienen las siguientes zonas:



Color	Nombre de la zona	Área (km2)
Amarillo	Atalayuela	124.45
Azul	Utiel	160.51
Violeta	Norte	60.86
Naranja	Campo Arcis	401.26
Oliva	Requena	156.56
Rosa	Este	84.27
Verde	Cabrillas-Malacara	288

Figura 27 : Zonas del modelo

Para la obtención de los parámetros α , s , h_0 y h_{umbral} , se utilizarán los valores que vienen dados por la Confederación Hidrográfica del Júcar, dependiendo de la zona (813301, 813305, 813308, 813901) y distribuyéndolo por el área afectada. Los parámetros por cada zona son:

	813301	813305	813308	813901
α	400	400	400	700
s	0.1	0.1	0.1	0.015
H ₀	673	544	424	408
H _{umb}	796	967	561	605

Tabla 11: Parámetros α , s, h₀ y h_{umbral} en las distintas zonas

Lo siguiente a contabilizar es el bombeo que se da en cada una de las zonas de estudio, para ello, utilizando los sistemas de información geográfica y superponiendo las zonas delimitadas con las extracciones existentes en la zona de estudio nos da la siguiente gráfica:

Nombre de la zona	VMA (Hm ³)	Superficie (km ²)
Atalayuela	0.984	121.9
Utiel	7.956	145.4
Norte	0.603	77.8
Campo Arcis	4.371	401.2
Requena	10.163	138.5
Este	1.175	103.2
Cabrillas-Malacara	5.822	288

Tabla 12: Volúmenes máximos anuales extraídos en hm³ y superficie en km² por zonas

Los bombeos que se han supuesto en este caso son los que encontramos en los expedientes de comisaría, diferenciando entre agrícola y urbano. Además, para el caso de las extracciones para riego se ha utilizado la curva que proporciona el Plan hidrológico del Júcar que aparece en el anejo 6 para las extracciones en el Magro. En las siguientes tablas se muestra esta curva y además los distintos volúmenes máximos anuales para uso agrícola y urbano, así como los porcentajes que representan. Esto último se hace para así poder sacar la proporcionalidad con las extracciones que muestra el plan y comparar resultados.

	VMA				Bomb tot	%bomb	PHJ			
	Bomb	Bomb urb	% rieg	%urb			bob phj	bom prop	bomb prop Riego	Bomb prop urb
Atalayue la	0,753	0,231	0,765	0,234	25,291	0,0389	9,7	0,377	0,289	0,089
Campo Arcis	3,841	0,558	0,873	0,1268	25,291	0,1739	9,7	1,687	1,473	0,214
Utiel	6,73	1,226	0,845	0,154	25,291	0,3145	9,7	3,051	2,581	0,470
Requena	2,289	7,885	0,224	0,775	25,291	0,4022	9,7	3,902	0,878	3,024
Norte	0,564	0,0395	0,934	0,065	25,291	0,0238	9,7	0,231	0,216	0,015
Este	1,07	0,105	0,910	0,089	25,291	0,0464	9,7	0,451	0,410	0,040
Cabrillas	5,822	1,359	0,810	0,189	5,822	1	1,3	1,300	1,054	0,246

Tabla 13: bombeos para uso agrícola y urbano en las distintas zonas del modelo para volumen máximo anual y Plan Hidrológico del Júcar

A continuación se exponen los resultados obtenidos en la simulación, con los bombeos de cada una de las zonas según los que contempla el Plan hidrológico del Júcar.

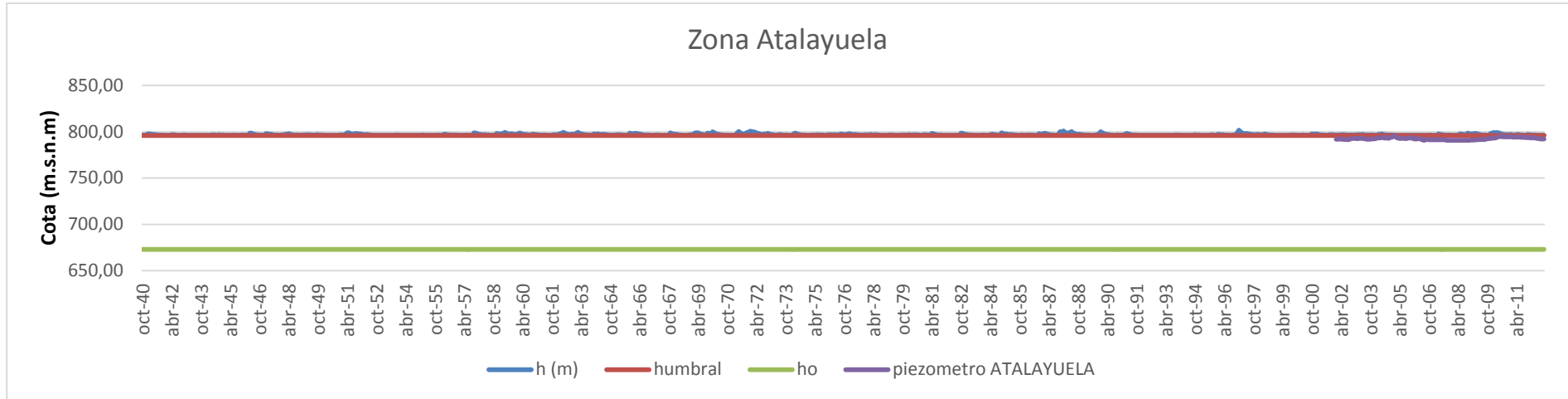


Gráfico 25: Altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona de Atalayuela con volúmenes de extracción del PHJ

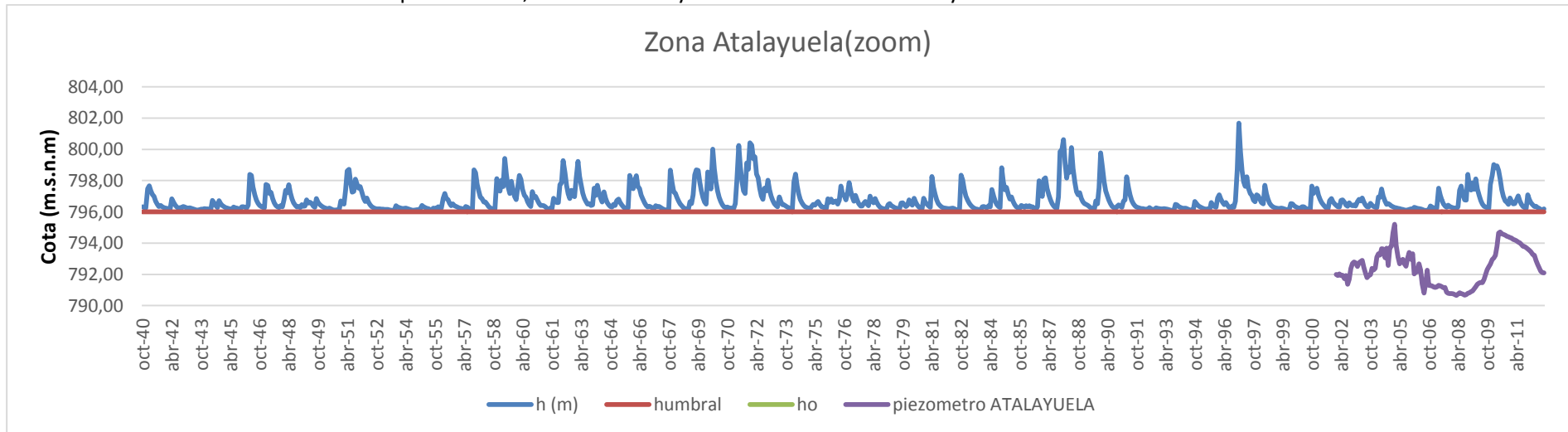


Gráfico 26: Zoom de altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona de Atalayuela con volúmenes de extracción del PHJ

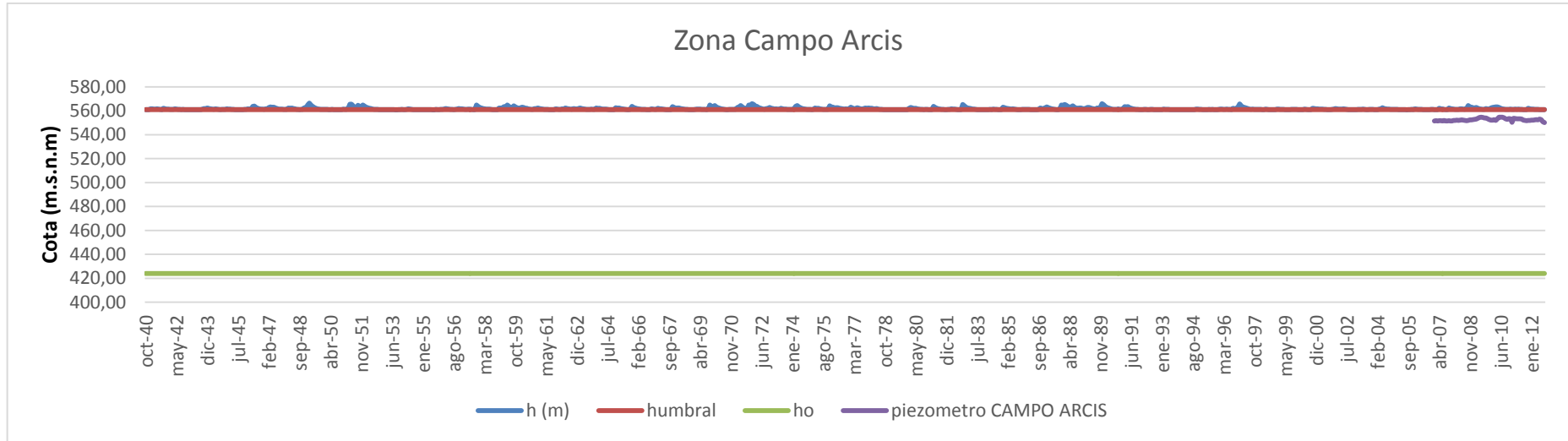


Gráfico 27: Altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona de Campo Arcis con volúmenes de extracción del PHJ

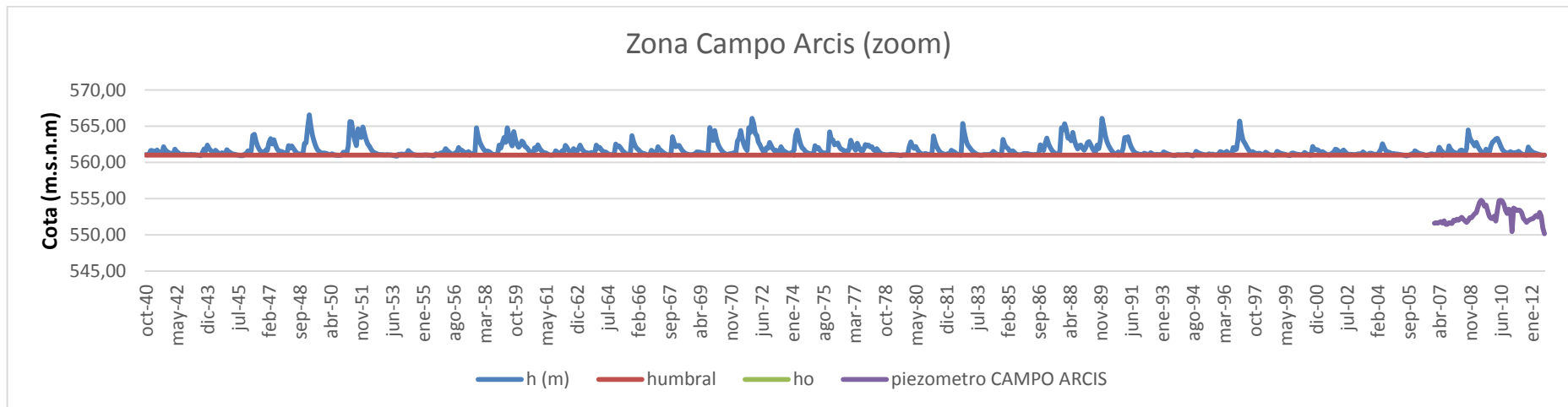


Gráfico 28: Zoom de altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona de Campo Arcis con volúmenes de extracción del PHJ

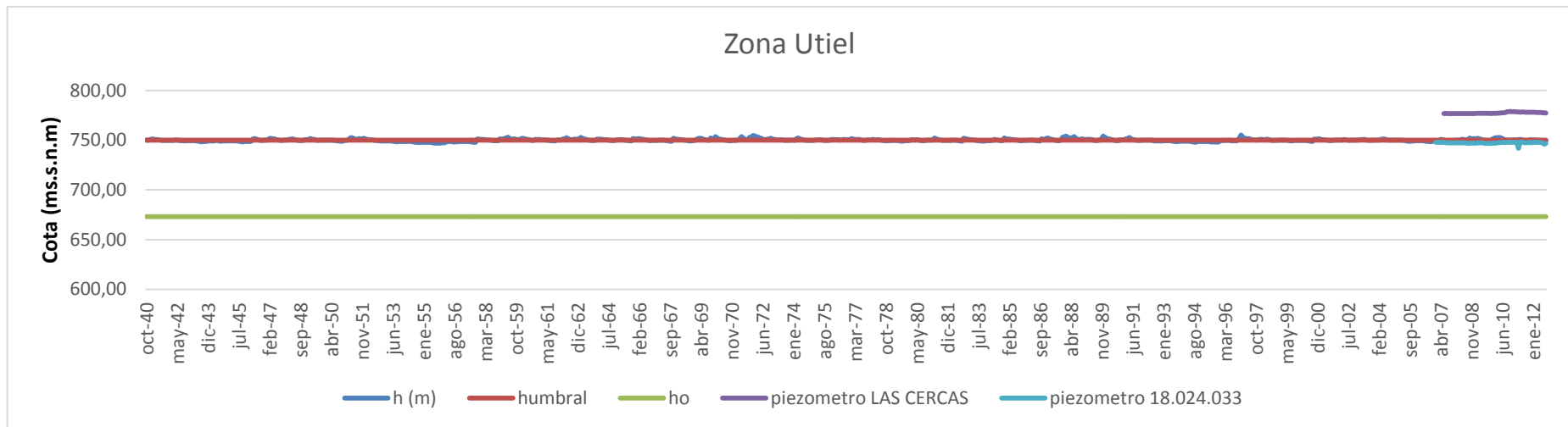


Gráfico 29: Altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona de Utiel con volúmenes de extracción del PHJ

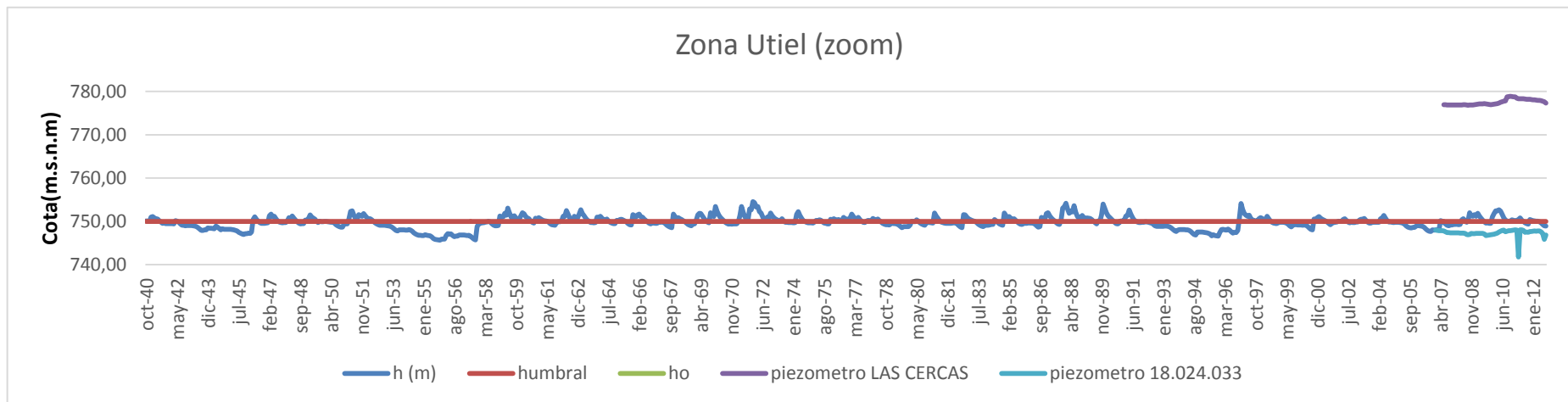


Gráfico 30: Zoom Altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona de Utiel con volúmenes de extracción del PHJ

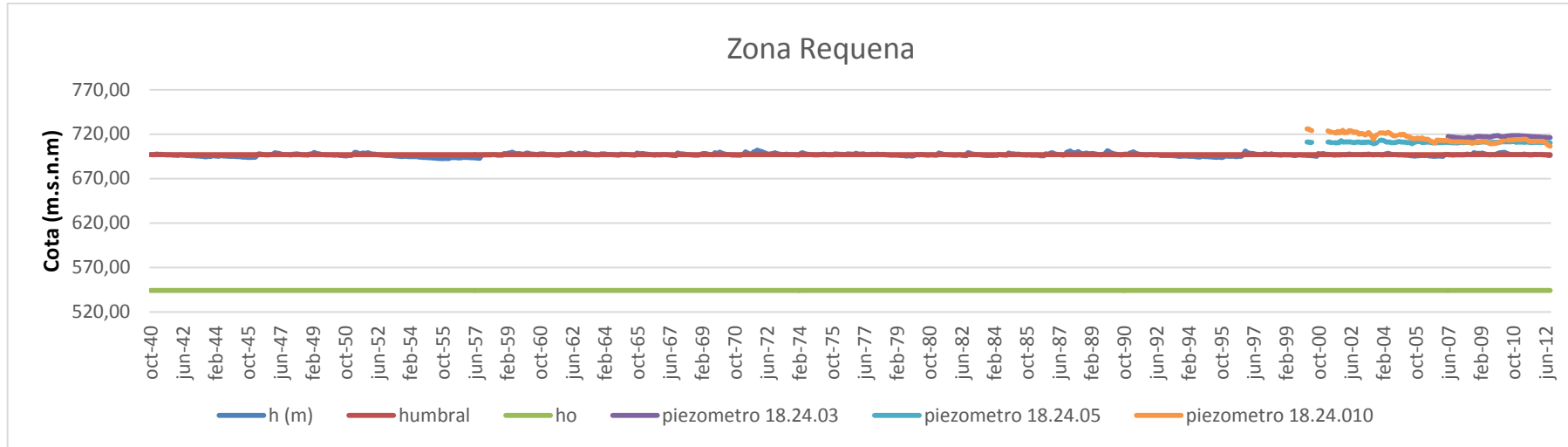


Gráfico 31: Altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona de Requena con volúmenes de extracción del PHJ

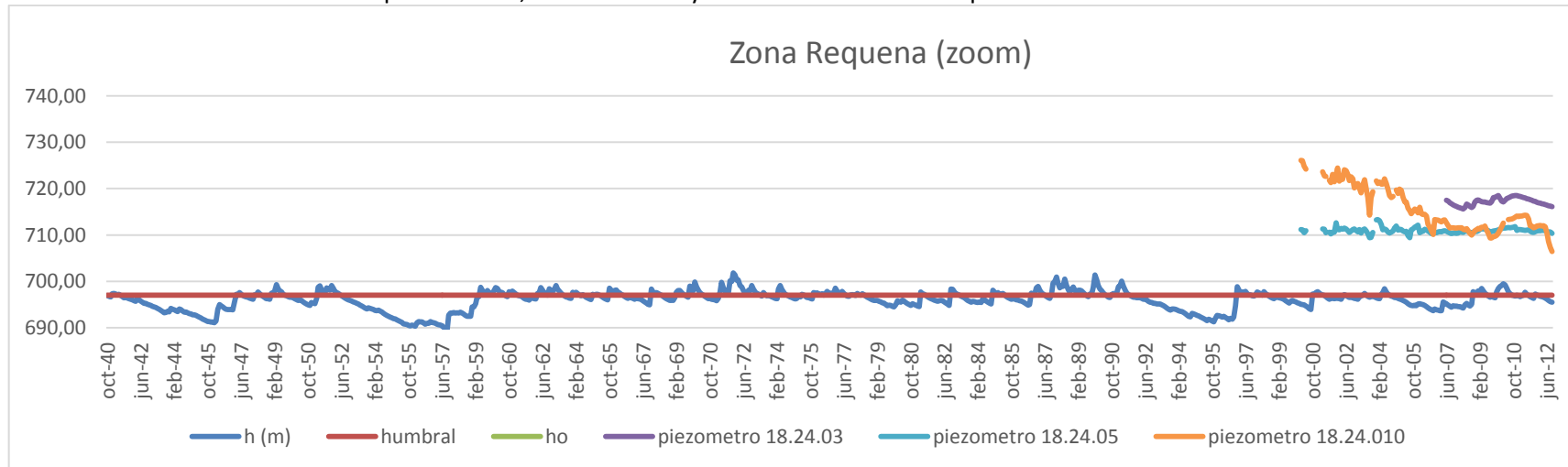


Gráfico 32: Zoom de altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona de Requena con volúmenes de extracción del PHJ

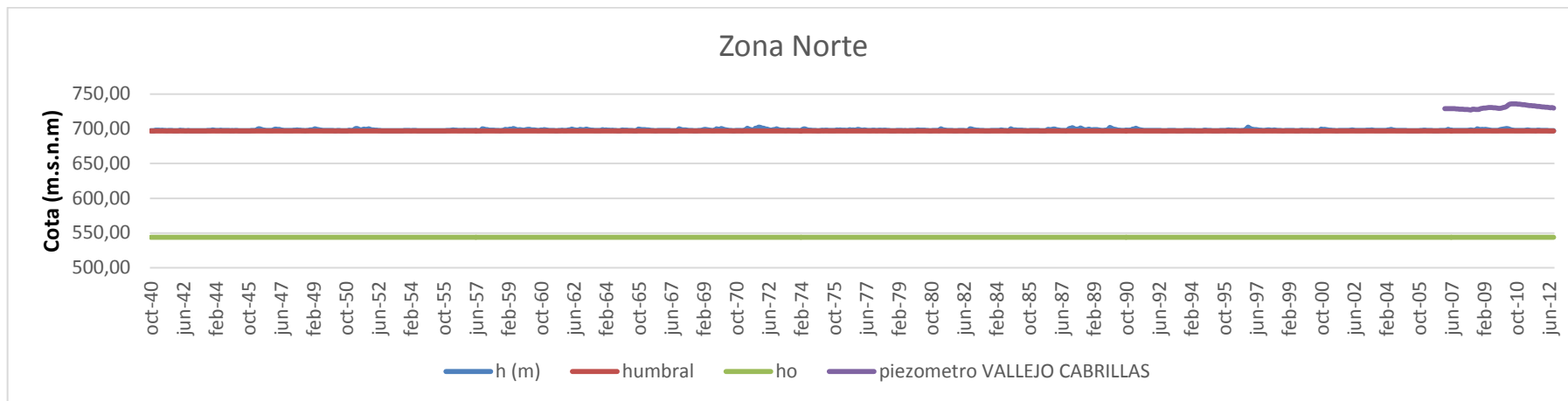


Gráfico 33: Altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona Norte con volúmenes de extracción del PHJ

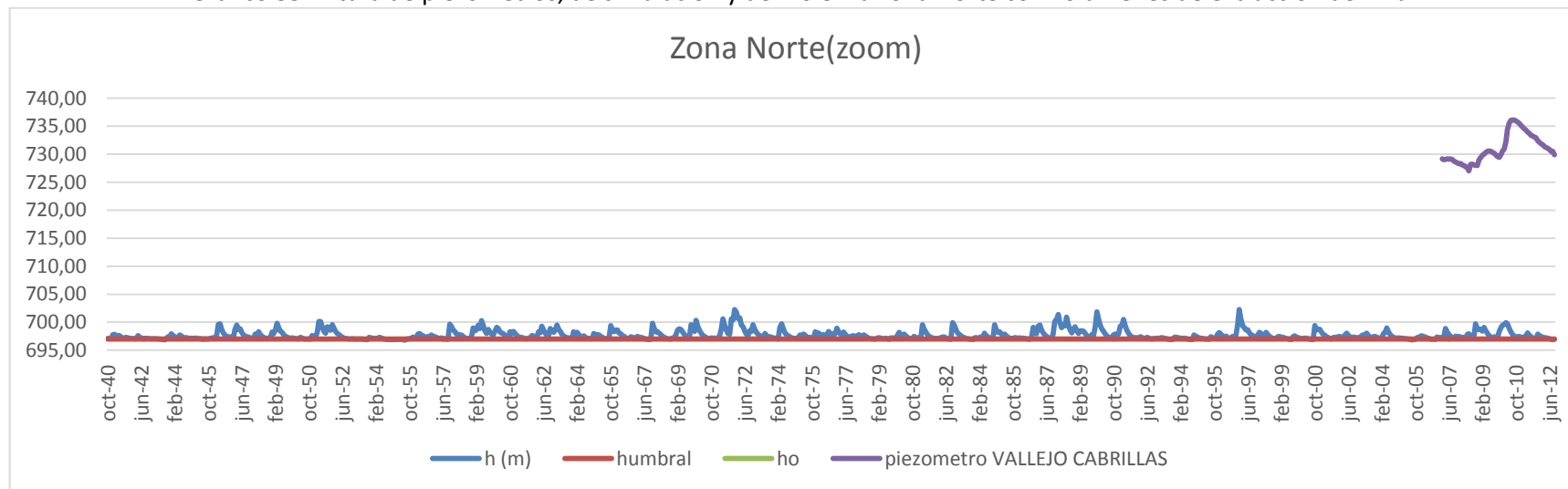


Gráfico 34: Zoom de altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona Norte con volúmenes de extracción del PHJ

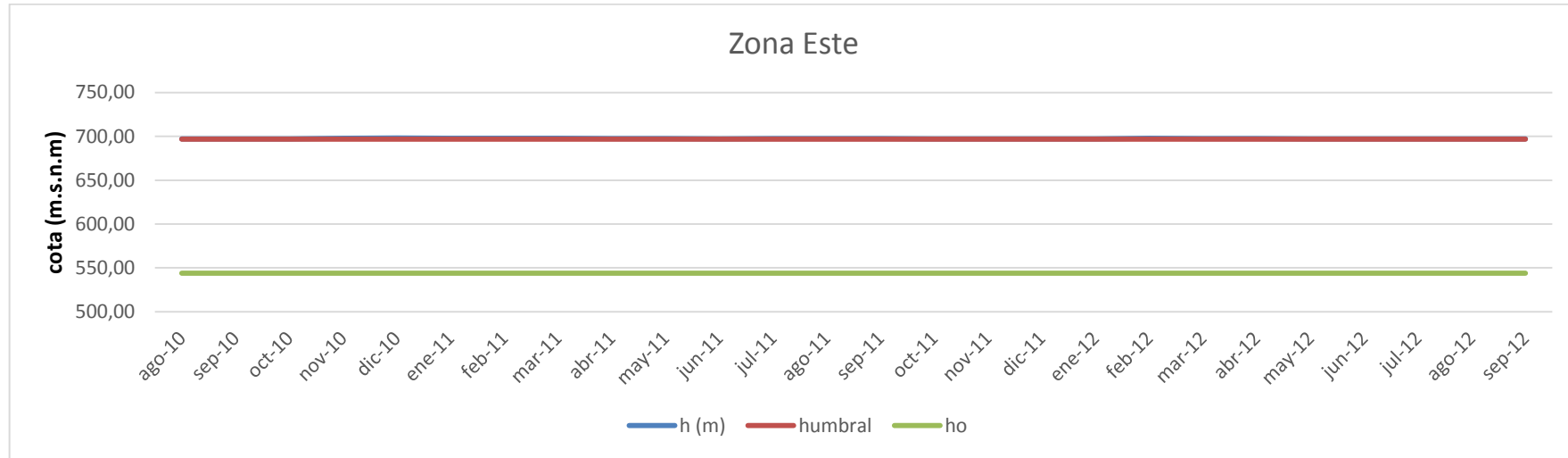


Gráfico 35: Altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona Este con volúmenes de extracción del PHJ

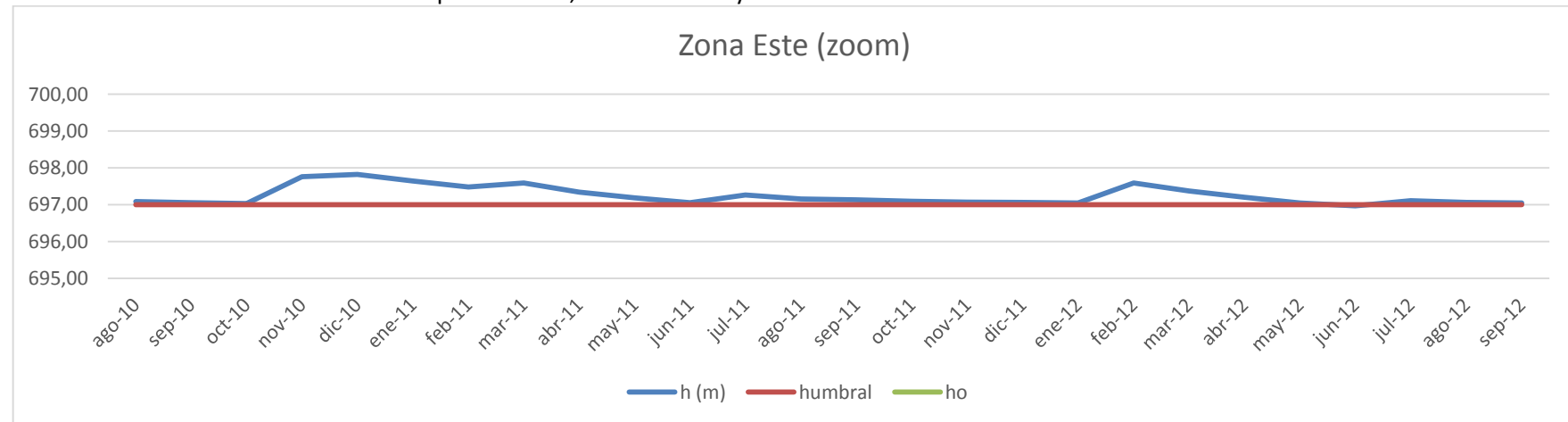


Gráfico 36: Zoom de altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona Este con volúmenes de extracción del PHJ



Gráfico 37: Altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona de Cabrilas con volúmenes de extracción del PHJ

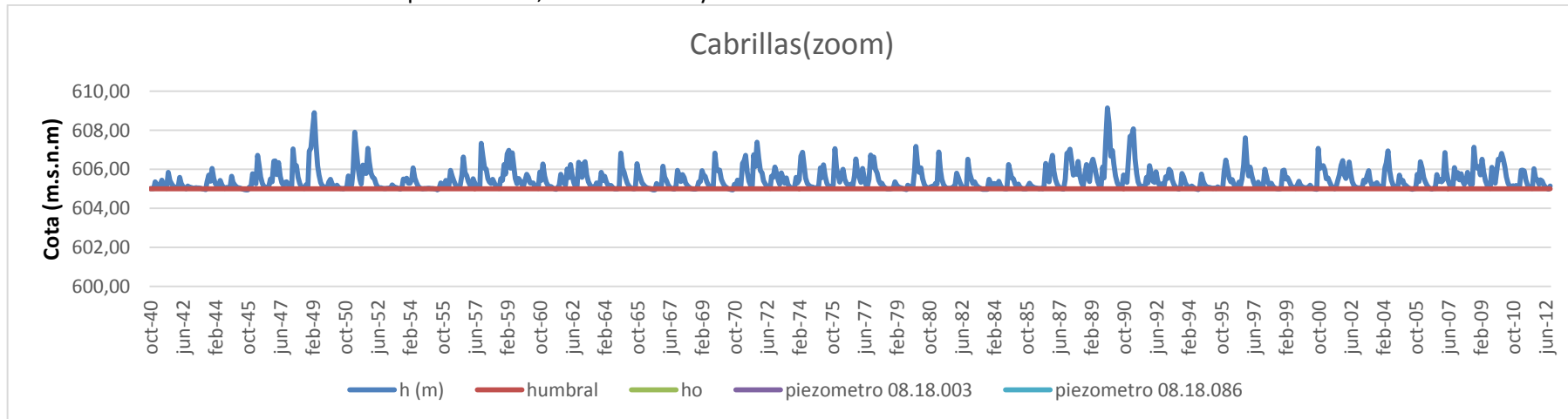
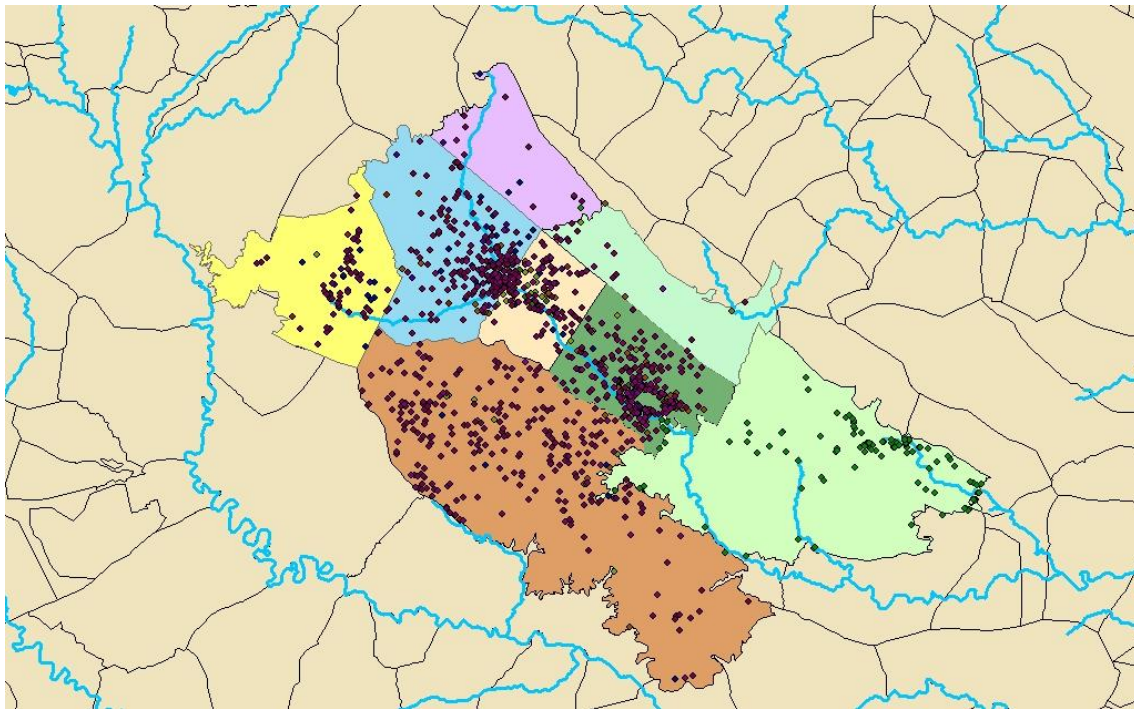


Gráfico 38: Zoom de altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona de Cabrilas con volúmenes de extracción del PHJ

Estudiando detenidamente las tablas, y sabiendo que las zonas más afectadas por los bombeos son las zonas de Utiel y de Requena, se comprueba que en el resto de zonas el nivel de la masa de agua subterránea está por encima de la cota del río, lo que significa que estará dándole agua al río. En el caso de las zonas de Utiel y de Requena, el nivel del acuífero que es simulado aumenta y disminuye provocando mayores oscilaciones alrededor del nivel del río, lo que quiere decir que en ciertos momentos aporta agua al río y en otros no. Además, en el caso de Requena, no se puede observar el descenso que el piezómetro 18.24.010 presenta. Esto hace suponer que esta zona tiene que estar simulada con mayor precisión, para lo cual se procederá a realizar una partición más en esa zona.

Los niveles que muestran los piezómetros en algunos casos no concuerdan con el nivel del río puesto que los piezómetros se encuentran a distancias considerables del río, el único piezómetro que se encuentra cerca del río y debería dar un resultado similar es el piezómetro 18.24.005 y 18.24.033.

La partición propuesta de la zona de requena es la que se muestra en la siguiente figura



Color	Nombre de la zona	Área (km2)
Amarillo	Atalayuela	124.45
Azul	Utiel	160.51
Violeta	Norte	60.86
Naranja	Campo Arcis	401.26

Beis	Requena (1)	77.22
Verde	Requena (2)	79.35
Rosa	Este	84.27
Oliva	Cabrillas-Malacara	288

Figura 28:Zonas modelo nuevo

	Bagr	Bomb urb	% rieg	%urb	Bomb tot	%bom b	bob phj	bom prop	bomb prop Riego	Bomb prop urb
Requena	2,289	7,885	0,22498526	0,77501474	25,2915	40%	9,7	3,90	0,88	3,02
Requena1	0,49	0,365	0,57309942	0,42690058	25,2915	3%	9,7	0,33	0,19	0,14
Requena2	1,79	7,52	0,19226638	0,80773362	25,2915	37%	9,7	3,57	0,69	2,88

Tabla 14: bombeos para uso agrícola y urbano en las distintas zonas del modelo para volumen máximo anual y Plan Hidrológico del Júcar

Con estos datos, se obtienen estos nuevos gráficos:

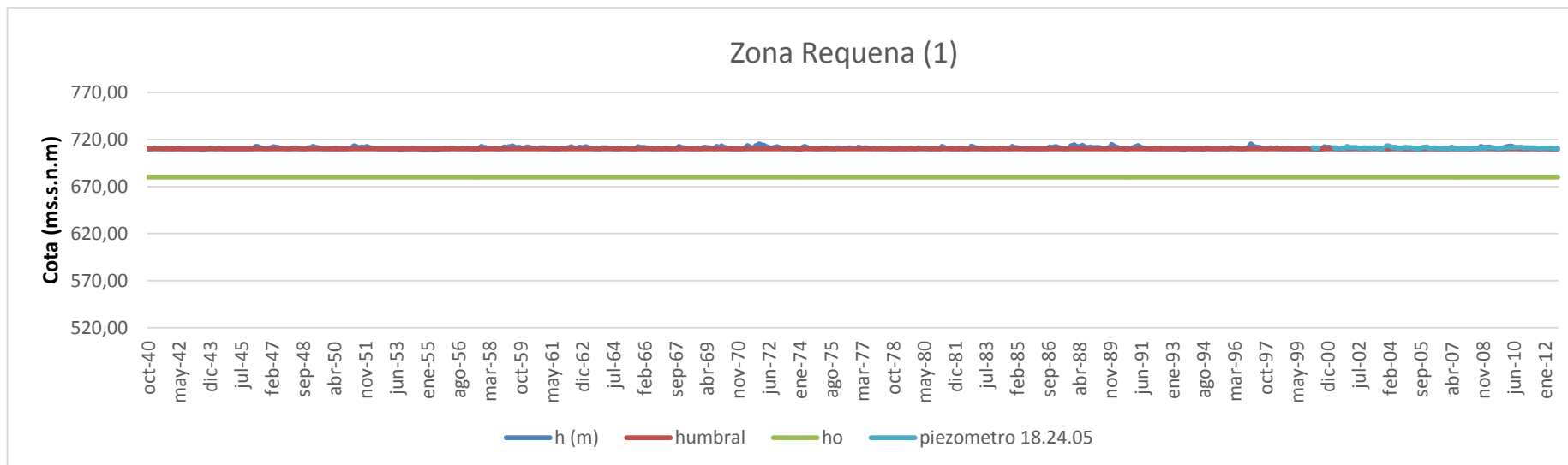


Gráfico 39: Altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona de Requena (1) con volúmenes de extracción del PHJ

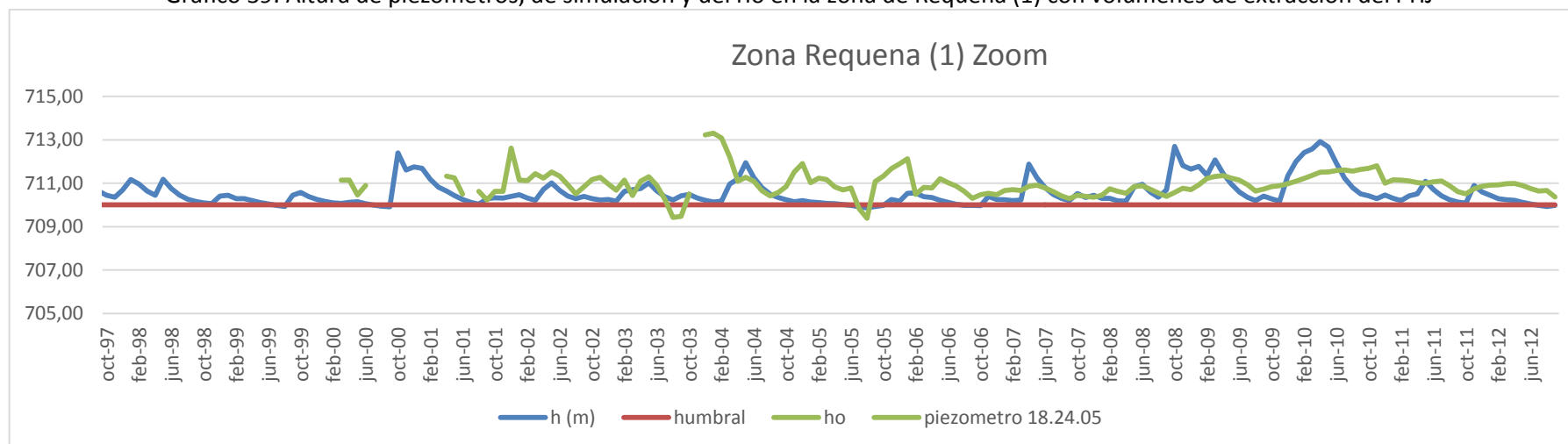


Gráfico 40: Zoom de altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona de Requena(1) con volúmenes de extracción del PHJ

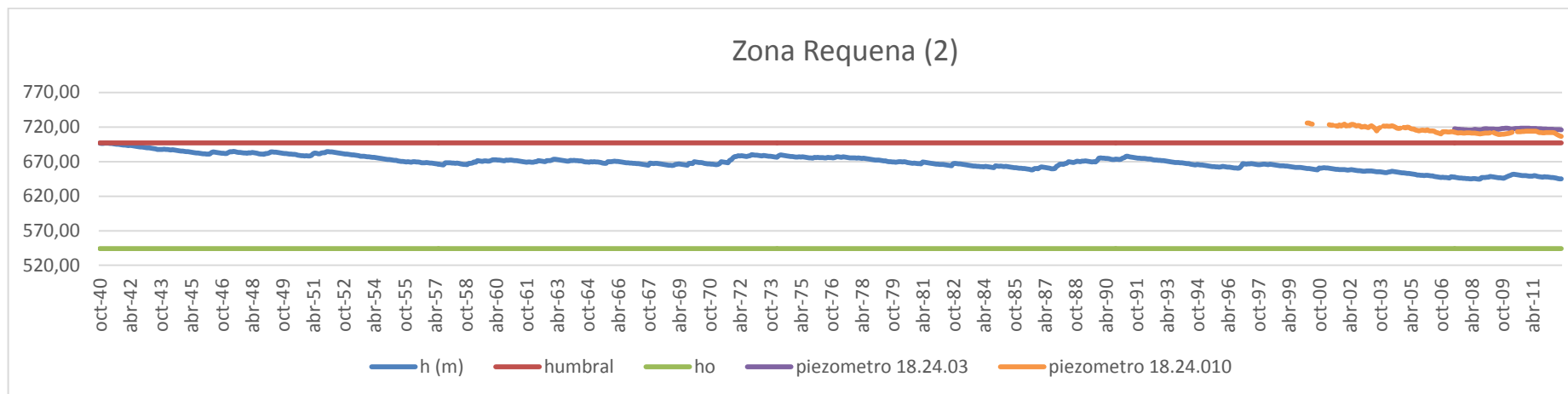


Gráfico 41: Altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona de Requena (2) con volúmenes de extracción del PHJ

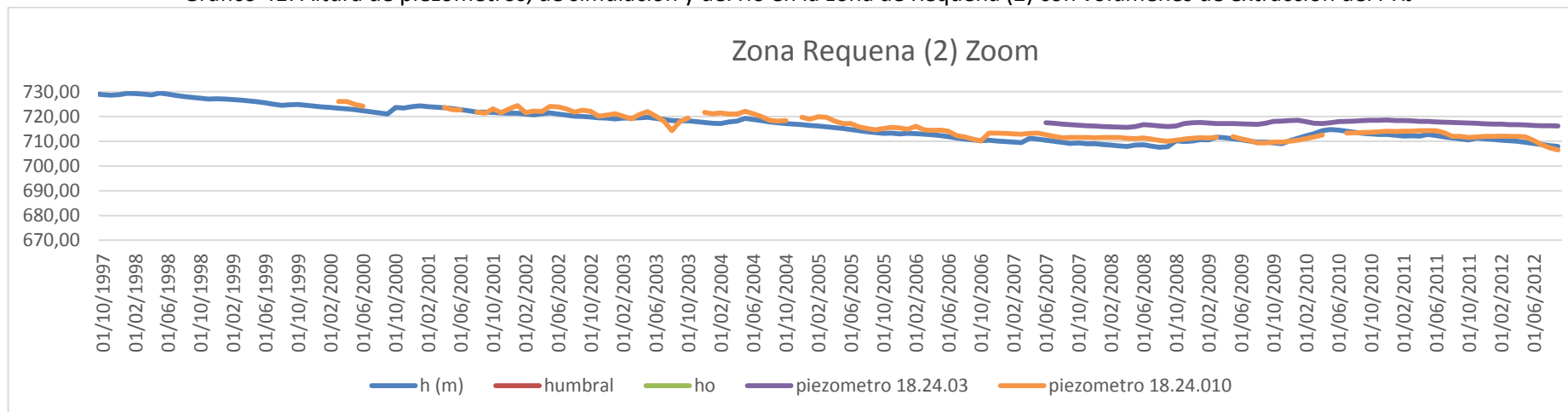


Gráfico 42: Zoom de altura de piezómetros, de simulación y del río en la zona de Requena (2) con volúmenes de extracción del PHJ



Ahora, estas nuevas zonas, reproducen con mayor exactitud lo que los piezómetros estaban mostrando. Como también se puede observar, con esta nueva partición, la zona norte de requena, Requena (1), aporta al río, mientras que en la zona sur, donde se concentran las extracciones, el nivel no es suficiente como para dar agua al río.

Al mismo tiempo, al realizar estas particiones también se consigue reproducir lo que los piezómetros estaban mostrando, un descenso más pronunciado en la zona sur de la zona requena y un nivel estable en la zona norte de la zona de requena. En el caso de la zona de requena (2), se ha logrado reproducir el descenso y posterior recuperación que muestran los piezómetros. Algo similar se ha reproducido en el caso de Requena (1), en el que la simulación, incluso ha puesto los niveles simulados en el mismo rango que los niveles piezométricos que se muestran en la zona.

Esta última zonificación reproduce mejor lo que se está observando y permite focalizar el problema de las extracciones a las zonas de Utiel y a Requena (2), siendo más acusado el problema en la zona Requena (2). Con esta última simulación se representa de forma clara como el descenso en Requena es más acusado y como el río queda desconectado del acuífero, haciendo más razonable el descenso de volúmenes que se muestra en el embalse de Forata.

8. Resumen y Conclusiones

Los acuíferos que abastecen al río Magro son 08.133 Requena-Utiel, 08.139 Cabrillas-Malacara, 08.144 Sierra del Ave. Esto se comprueba con las direcciones de flujo subterráneo que aparecen en el apartado 5 Descripción de las masas subterráneas. De estas masas, las que abastecen de forma significativa son las masas 08.133 Requena-Utiel y 08.139 Cabrillas-Malacara. Por lo que los cambios más significativos tienen que venir de la correcta gestión de los recursos subterráneos de estos acuíferos, para que de esta manera, los acuíferos se recarguen y de esta manera aporten un mayor volumen al río y posteriormente al embalse.

Como se ha podido comprobar, en el cómputo global, los acuíferos no muestran un mal estado, sin embargo, aun así no llega suficiente agua al embalse de Forata, lo que significa que las masas de agua subterránea aun comportándose de manera natural están drenando sus aguas hacia otros lados.

En concreto, la masa 08.133 Requena-Utiel, muestra un cono de depresión más señalado en la zona sur de la misma, la denominada Requena (2) en el modelo de simulación. Además, como se ha visto en el apartado 7 Modelación Matemática, el método PATRICAL que se está utilizando por parte de la Confederación Hidrográfica del Júcar presenta tres zonas para esta masas de agua subterránea y muestra que la masa drena hacia el río Cabriel haciendo más difícil visualizar los efectos en el río Magro. Para que sean más visuales los resultados en el río Magro, se propone realizar una redistribución de las zonas similar a la que se ha realizado en este trabajo, dividiendo la masa 08.133 de forma que represente el drenaje hacia el río Magro y el drenaje hacia el Cabriel. Así se tendrá una visión más clara del comportamiento del acuífero en las zonas que tienen más densidad de pozos de extracción por superficie, y se separarán de las zonas con menores extracciones. En total se propone cambiar de las tres zonas de influencia a las 7 zonas que se han estudiado.

La masa de agua subterránea 08.139 Cabrillas-Malacara, no tiene muchas extracciones ni muestra descensos piezométricos, lo que significa que está en régimen natural. Aun así, en el método PATRICAL., se comprueba que el drenaje ocurre principalmente en el río Buñol, que abastece al río Magro aguas abajo del embalse de Forata. Aun así, la simulación ha demostrado que el nivel de la masa de agua subterránea es superior al nivel del río Magro en la zona por la que pasa. Por eso, se propone una solución similar a la propuesta en la masa 08.133 Requena-Utiel, en la que se haga una nueva partición de la masa de agua subterránea, para que se represente de forma más clara lo que sucede en la parte que drena al río Buñol y la parte que drena al río Magro y Mijares, que abastecen al embalse de Forata. De esta

manera, también se verá que debido a que las extracciones están en las cercanías de Buñol, las extracciones afectarán al río Buñol, proporcionando una visión más ajustada de lo que pasará en la zona de la masa que drena al río Magro. Con todo lo expuesto anteriormente la solución a adoptar se muestra en la siguiente figura.

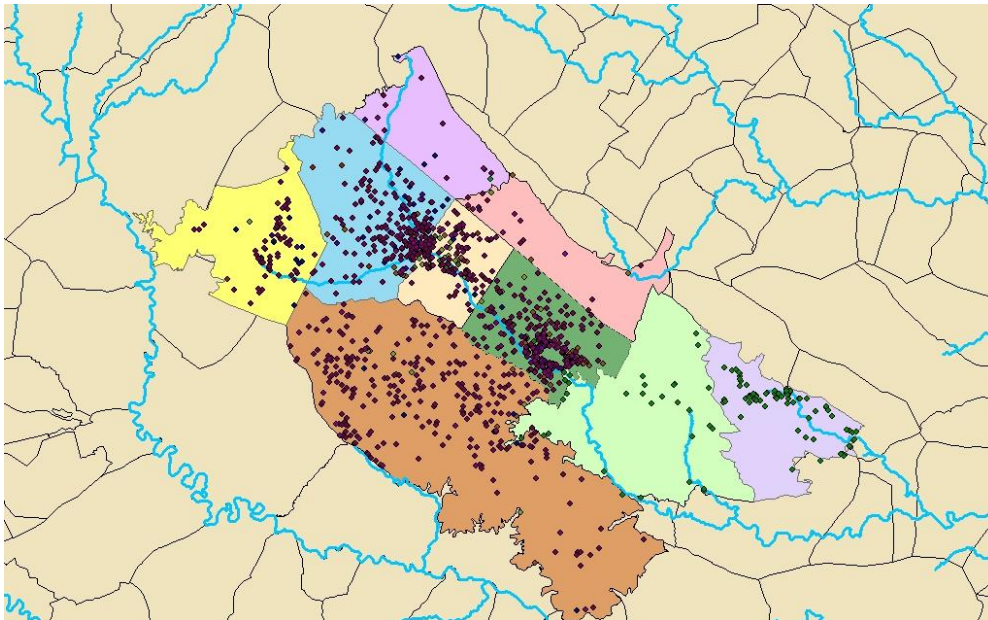


Figura 29: Solución adoptada para cambio en las distintas zonas de las masas 08.133 y 08.139

Puesto que hay una menor densidad de extracciones en la zona de Campo Arcis, que drena hacia el Cabriel, y hay una mayor densidad en las zonas que drenan al Magro, otra posible solución de gestión es cambiar la ubicación de las extracciones a zonas más alejadas del río Magro y en dirección Este, haciendo que el descenso de piezometría se reparta más por las zonas menos densificadas y logrando de esta manera que el acuífero vuelva a conectarse con el río.

Además, como se ha podido detectar, teniendo en cuenta el gráfico de volúmenes históricos del embalse de Forata, se descarta que las pérdidas se deban a filtraciones o un incremento de la evaporación. Esto se deduce de que el embalse estaba lleno en el periodo histórico, por lo que tanto las filtraciones y evaporación deberían ser mayores en esos periodos, sin embargo en periodos más cercanos al presente, los volúmenes son menores, por lo tanto las filtraciones y la evaporación deberá ser menor.

Aún con estos cambios en la gestión de los acuíferos, no queda solucionado el problema de abastecimiento para las comunidades de regantes del embalse de Forata, solo una representación más ajustada de lo que está sucediendo en las masas de agua subterránea aguas arriba del embalse. Aun así, si se reubican las extracciones de las zonas con mayor



densidad, en un tiempo se recuperará el régimen natural del río y de la masa de agua subterránea, haciendo que las aportaciones de esta última sean las que se podían tener en el pasado, y no causando que sea solamente la masa 08.139 Cabrillas-Malacara la que aporte, debido a la desconexión en el tramo más bajo del río con el acuífero en la masa 08.133 Requena-Utiel.

Con todo esto aún queda la incógnita del nivel de descensos que se detecta tanto en los volúmenes embalsados en Forata como en los descensos que muestran los modelos. Se ha explicado con la modelación el descenso que podría sufrir debido a Requena, pero queda explicar el descenso que se observa desde Requena hasta el embalse, en el cual según muestran los datos, la masa está en buen estado y las extracciones superficiales no son tan acusadas.



9. Bibliografía

CHJ, 2015. Esquema Provisional de Temas Importantes del segundo ciclo de planificación hidrológica 2015-2021

CHJ, 2015. Plan Hidrográfico del Júcar Ciclo 2015-2021. Memoria

CHJ, 2015. Plan Hidrográfico del Júcar Ciclo 2015-2021. Anejo 2: Inventario de recursos hídricos

CHJ, 2015. Plan Hidrográfico del Júcar Ciclo 2015-2021. Anejo 3: Usos y demandas de agua

CHJ, 2015. Plan Hidrográfico del Júcar Ciclo 2015-2021. Anejo 6: Sistemas de explotación y balances

CHJ, 2015. Plan Hidrográfico del Júcar Ciclo 2015-2021. Anejo 7: Inventario de presiones

CHJ, 2001. Plan de explotación de la unidad hidrogeológica 08.24 "Utiel-Requena"

Estudio de utilización conjunta de los recursos hídricos superficiales y subterráneos en las cuencas media y baja de los ríos Júcar y Turia

Hidrogeomorfología del abanico aluvial del río Magro. Ruiz Pérez J.M. Departamento de Geografía de la Universitat de Valencia