



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



RHyGA

Recursos Hídricos y Geología Ambiental
Grupo de Investigación RNM189

ESTUDIO DE LA HUELLA ENERGÉTICA DEL ABASTECIMIENTO URBANO DE AGUA DE LA PROVINCIA DE ALMERÍA

Fco. Javier Martínez Rodríguez

**Directores: D. Abel La Calle Martos y D. Francisco L. Cubillo
González.**

Curso: 2010/11.

**Trabajo de Investigación del Máster Agua y Medio Ambiente en
Áreas Semiáridas (AQUARID).**

Departamento de Hidrogeología y Química Analítica.

Universidad de Almería.

ABSTRACT

El presente trabajo de investigación tiene por objeto la determinación de los consumos de energía eléctrica asociados al abastecimiento urbano de agua de la provincia de Almería durante el año 2010. Se presentan los resultados de una encuesta de ámbito provincial que incluyen las demandas de aducción de los sistemas municipales de abastecimiento, la procedencia de los recursos hídricos, los volúmenes de agua facturados, los rendimientos técnicos de los sistemas y los consumos energéticos asociados desde la captación de los recursos hídricos hasta su puesta a disposición de los usuarios finales. Con estos resultados se determina la huella energética del agua en la provincia, además de obtener las emisiones de gases de efecto invernadero asociada a la generación de la energía consumida. Las principales conclusiones del estudio son la necesidad de que las administraciones públicas desarrollen estrategias de mejora de la eficiencia hidráulica y energética de los sistemas de abastecimiento, dado el importante ahorro de recursos naturales y económicos que conllevaría, y la idoneidad, desde un punto de vista energético, de promover la reutilización de las aguas residuales urbanas, especialmente en las zonas costeras.

ÍNDICE

1. Introducción y objetivos.....	1
1.1. El agua en la provincia de Almería.....	5
1.2. Agua–Energía-Cambio climático.....	9
1.3. Un asunto cuyo interés va en aumento.....	11
1.4. Objetivos perseguidos con el trabajo.....	18
2. Metodología.....	21
2.1. Trabajos de obtención de la información.....	23
2.2. Análisis de los datos recibidos.....	26
2.3. Incidencias en la obtención de la información.....	28
2.4. Estimación de los datos no disponibles.....	30
3. Resultados.....	33
3.1. Principales instalaciones de abastecimiento urbano.....	35
3.2. Resultados para municipios de más de 5.000 hab.....	35
3.3. Recursos hídricos destinados a abastecimiento urbano....	37
3.4. Huella energética del abastecimiento urbano de agua.....	41

3.5. Emisiones de gases de efecto invernadero.....	45
3.6. Discusión de los resultados obtenidos.....	47
4. Conclusiones.....	53
5. Agradecimientos.....	59
6. Referencias.....	63
Anejo 1. Instalaciones de abastecimiento urbano de la provincia...	71
Anejo 2. Análisis para los municipios de más de 5.000 hab.....	85

1. Introducción y objetivos.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

Las tradicionales políticas de oferta que han caracterizado la planificación hidrológica de España durante el siglo XX, basadas en el aumento de la disponibilidad y de la capacidad de regulación de los recursos hídricos, han dado lugar: al paulatino agotamiento de los mismos; a su pérdida de calidad por problemas de contaminación; a la necesidad de afrontar altos costes de explotación para su entrega; a la obligación actual de preservar y restaurar el estado de los ecosistemas acuáticos; y a conflictos entre usuarios motivados por la existencia de intereses enfrentados. En la actualidad, se hace imprescindible afrontar un cambio de mentalidad respecto a la gestión de los recursos hídricos, adoptando políticas de gestión de la demanda como paso previo para un uso sostenible de los mismos. En este sentido se pronuncian las principales referencias normativas vigentes en materia de aguas, como la Directiva 2000/60/CE marco sobre política de aguas [1], la Instrucción de planificación hidrológica [2] y la Ley de Aguas para Andalucía [3]. A modo de ejemplo, la citada Instrucción de planificación hidrológica recoge lo siguiente:

“El plan hidrológico contendrá una relación de medidas en materia de abastecimiento urbano conducentes a una gestión racional y sostenible del agua, incluyendo las campañas de concienciación en la sociedad, la utilización de dispositivos de ahorro domésticos, la eliminación de fugas en las redes de abastecimientos, la reutilización de aguas depuradas en el riego de parques y jardines y otras que se encuadren dentro de los principios básicos de conservación del agua y de gestión de la demanda.”

Los objetivos principales que se persiguen con las políticas de gestión de la demanda son los siguientes:

- Optimizar el uso de los recursos naturales necesarios directa (recurso) o indirectamente (energía y materias primas) para el suministro urbano de agua.
- Reducir los volúmenes de agua consumidos.

- Mantener y mejorar la calidad y la regularidad de los servicios de abastecimiento.
- Minimizar los costes globales para los ciudadanos, previa aplicación del principio de recuperación de costes
- Contribuir a la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento.
- Reducir los impactos ambientales directos (extracciones y vertidos) e indirectos (emisiones asociadas a la energía, paisajísticos, etc.).
- Poder satisfacer las nuevas necesidades de suministro.

En el caso del ciclo urbano del agua, los cada vez mayores requerimientos cualitativos y cuantitativos, relacionados con las cuestiones de tipo tecnológico a resolver (captación, transporte, tratamiento, etc.) en función de la calidad y la cantidad de los recursos disponibles, así como la obligación de que los retornos al medio ambiente presenten unos mínimos de calidad, hacen que cada vez sea mayor el consumo de energía necesario. Esta creciente dependencia energética presenta claros inconvenientes de cara a la sostenibilidad de los sistemas por el consumo de recursos naturales, los elevados costes de la energía y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la generación de las mismas.

El ciclo urbano del agua en Almería no es ajeno a este problema, sobre todo teniendo en cuenta que la mayor parte de los recursos empleados proceden de la captación de masas de aguas subterráneas y de la desalación de agua de mar, aunque hasta la fecha no se disponía de trabajos específicos que analizarán la relación agua-energía en la provincia.

El presente trabajo pretende determinar la huella energética del abastecimiento urbano de agua de cada uno de los municipios de la provincia, que permitirá evaluar desde un punto de vista energético los beneficios que podrían derivarse de la mejora de la eficiencia de

las redes de abastecimiento y del ahorro doméstico de agua, así como de la rentabilidad económica de la reutilización de las residuales urbanas una vez regeneradas. La reducción de estos consumos energéticos llevará implícita la reducción de los costes de explotación, un menor consumo de recursos naturales y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.



Figura 1. Ciclo urbano del agua. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 1 se representan las diferentes fases que componen el ciclo urbano del agua, siendo objeto de este trabajo la determinación de la huella energética del abastecimiento urbano de agua en la provincia de Almería, que incluye la captación, el bombeo en alta, el transporte, la potabilización, la desalación y la distribución hasta el consumo por los usuarios.

1.1. El agua en la provincia de Almería.

Los problemas asociados a la escasez y calidad del recurso agua han sido siempre factores limitantes del desarrollo social y económico de los pueblos. Los avances experimentados por la técnica a través de los tiempos han logrado invertir el proceso natural de acercamiento

del hombre al recurso por el acercamiento del recurso al hombre, además de permitir el aprovechamiento de fuentes de abastecimiento inaccesibles inicialmente.

La provincia de Almería es un claro exponente de esta situación, pues a pesar de tener unas condiciones climatológicas óptimas para el asentamiento de población y el desarrollo de sus actividades agrícolas, como recogieron en sus escritos los distintos viajeros que la visitaron siglos atrás, ha visto limitado su desarrollo por las particularidades de su ciclo hidrológico, caracterizado por las escasas precipitaciones propias de una zona árida y por su marcada variabilidad temporal y espacial, con la inexistencia de cursos continuos de agua por el carácter torrencial del régimen hidrológico, estando ligados los escasos ríos permanentes al afloramiento puntual y en muchos casos estacional de aguas subterráneas y al deshielo de las cumbres de las sierras de María, los Filabres y Nevada. A pesar de ello, la necesidad de satisfacer las demandas de la población (doméstica, agrícola, ganadera e industrial) ha propiciado que desde siempre se llevara a cabo la construcción de diferentes infraestructuras hidráulicas, que aún hoy se encuentran en buen estado de conservación y en uso.

La mayor parte de los sistemas de captación y distribución de agua utilizados hasta comienzos del siglo XX eran herencia de los períodos de dominación romana y árabe de la península ibérica, enmarcándose dentro de las tecnologías propias de la que podría ser denominada "hidráulica orgánica", que no hacía uso de recursos energéticos industriales y carecía de capacidad significativa de elevación, tan solo unos pocos metros gracias al uso durante siglos de las denominadas norias de sangre o de tiro. Estos sistemas hidráulicos tradicionales se relacionaban en Almería con los caudales ocasionales de los ríos y ramblas (boqueras, azudes, canales y acequias), con las surgencias de aguas subterráneas (manantiales), con los flujos subálveos (cimbras y norias) y con la escorrentía de las laderas (aljibes y balsas).

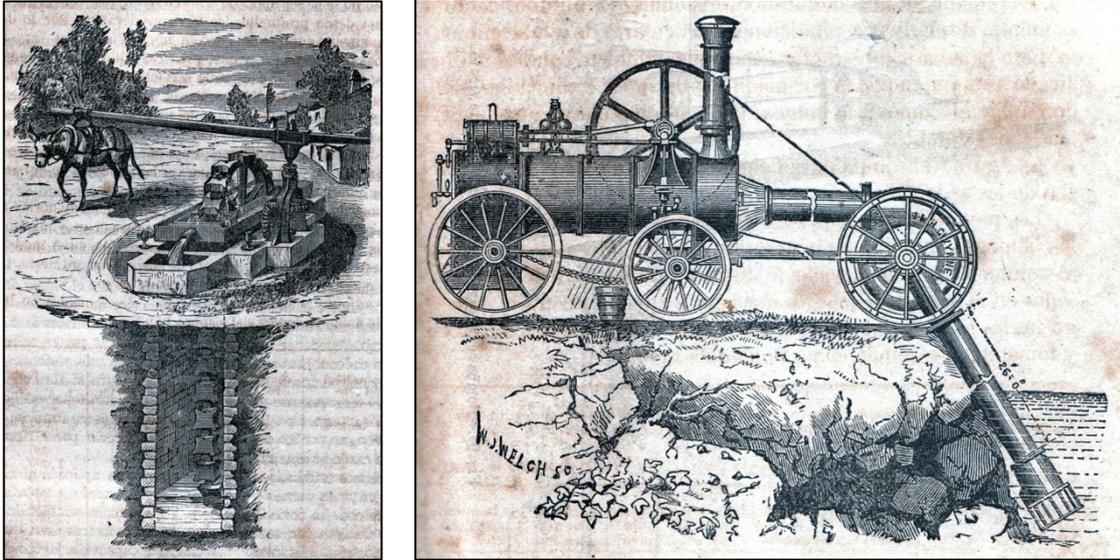


A la izquierda noria de canjilones en Lucainena de la Torres. A la derecha aljibe del Campo de Níjar. Fotos del autor.

También era habitual la excavación de galerías (minas y qânats) para la captación de recursos subterráneos que no afloraban de manera natural a la superficie. Un caso singular de estos sistemas hidráulicos lo constituyen las llamadas acequias de careos que recorren las laderas de las caras norte y sur de Sierra Nevada, cuyos moradores tuvieron la capacidad de concebir de forma intuitiva un aprovechamiento conjunto de recursos superficiales y subterráneos, induciendo la infiltración de aguas de deshielo de las cumbres a las capas subterráneas para posteriormente, pasados algunos meses, aprovechar las caudales infiltrados en manantiales y minas excavadas a tal efecto.

La única utilización de sistemas accionados por energía animal para la elevación del agua, junto con la señalada singularidad de la disponibilidad espacial y temporal del recurso en la provincia, no permitió la ampliación de la oferta de recursos hasta mediados del siglo XIX, en el que comenzaron a acoplarse maquinas de vapor a las bombas rotativas. Fue Euler (s. XVIII) en su "Memoria sobre las máquinas movidas a reacción por el agua" quien sentó las bases de la teoría moderna de máquinas hidráulicas de turbina, aunque el diseño de la primera bomba centrífuga se atribuye a Leonardo da Vinci a finales del siglo XV y sería en 1818 cuando se fabricara en Massachusetts una bomba de álabes rectos que funcionaba bajo los mismos principios que muchas de las actuales. El uso de estas

bombas rotativas de elevación se generalizaría a partir del comienzo de la utilización de combustibles fósiles y mucho más con la introducción de la energía eléctrica.



A la izquierda noria de sangre de canjilones. A la derecha bomba centrífuga accionada mediante una máquina de vapor. Fuente: Extraída de [4].

Hasta mediados del siglo XX solo pudieron ser explotados los subálveos de los ríos y los acuíferos subterráneos con la limitación técnica de que la distancia máxima entre los rodetes de la bomba y los motores que los accionaban fuera de aproximadamente 10 m., a partir de entonces, con la irrupción en el mercado de la primeras electrobombas sumergibles, es cuando se produce el mayor aumento de la oferta de recursos en la provincia de Almería y su desarrollo territorial, principalmente a través de los planes de Colonización del IRYDA, en los que se ejecutaron infraestructuras de riego y ordenación rural en el Campo de Dalías, en el Campo de Níjar y en la zona de Huércal-Overa, auténtico germen del importante boom agrícola posterior de la provincia. La trascendencia de las aguas subterráneas en la provincia hasta el comienzo de la generación de recursos no convencionales (desalación y reutilización) queda clarificada con el hecho de que alcanzaban cerca del 76% del total de

la oferta, según los planes hidrológicos vigentes de la Cuenca Sur de España y del Segura. Esta dependencia era aun mayor en el abastecimiento urbano, dadas las indudables ventajas que para estos usos reporta la utilización de aguas subterráneas.

Esta dependencia de las aguas subterráneas implica la necesidad de emplear equipos electromecánicos de elevación accionados mediante energía, casi en todos los casos eléctrica, viéndose aumentada esta demanda energética de manera considerable con la tendente inclusión en los sistemas de nuevos recursos procedentes de la desalación y de la desalobración.

1.2. Agua-Energía-Cambio climático.

El agua ha sido utilizada como fuente de energía desde hace varios milenios en norias y molinos, entre otros artilugios hidráulicos, hasta el desarrollo en el siglo XIX de las turbinas y de los aprovechamientos hidroeléctricos. Hoy en día la energía hidroeléctrica presenta pocas posibilidades de desarrollo, tanto porque los emplazamientos adecuados han sido ya ocupados por instalaciones de generación de energía, como por el aumento de la sensibilidad ambiental de la sociedad ante los impactos ambientales que de ellas se derivan. Por este motivo, el interés del agua como fuente de generación de energía mecánica y eléctrica se está trasladando en la actualidad al rol del recurso agua como consumidor de energía [5].

Inicialmente el binomio “agua-energía” fue estudiado desde la única perspectiva de los costes monetarios asociados a la disposición del recurso, resultando evidente el importante gasto de energía que la gestión sostenible del agua lleva aparejada. La percepción de esta problemática se ha visto un poco atenuada en la actualidad por la crisis económica, pero tan pronto como la economía se recupere, el precio del petróleo registrará nuevos máximos y de nuevo la crisis energética volverá a considerarse uno de los mayores problemas a escala mundial [6].



A la izquierda rodezno de molino harinero en la rambla de Inox (T.M. de Níjar). A la derecha central hidroeléctrica de Tíjola (trasvase del Negratín). Fotos del autor y cortesía de Acuamed (derecha).

En Europa, la entrada en vigor de Directiva Marco del Agua, que recogió el deber de tener en cuenta la recuperación de costes para el año 2010 y que estos consideraran también los costes ambientales, motivó que se empezaran a tener en cuenta los impactos ocasionados en la fase de generación de los recursos energéticos, en forma de emisión de gases de efecto invernadero (GEI). El impacto del agua como demandante de energía no termina en el aumento de la emisión de GEI provocado por el gasto de recursos energéticos, ya que los pronósticos del Panel Intergubernamental para el estudio del Cambio Climático (IPCC) prevén que en muchas áreas geográficas de España, en especial la mediterránea, el cambio climático relacionado con la emisión de GEI disminuirán las disponibilidades de recursos hídricos, dado que la mayoría de los modelos desarrollados en el marco del trabajo del IPCC vaticinan para el área mediterránea una reducción de los recursos hídricos de hasta el 30% [7].

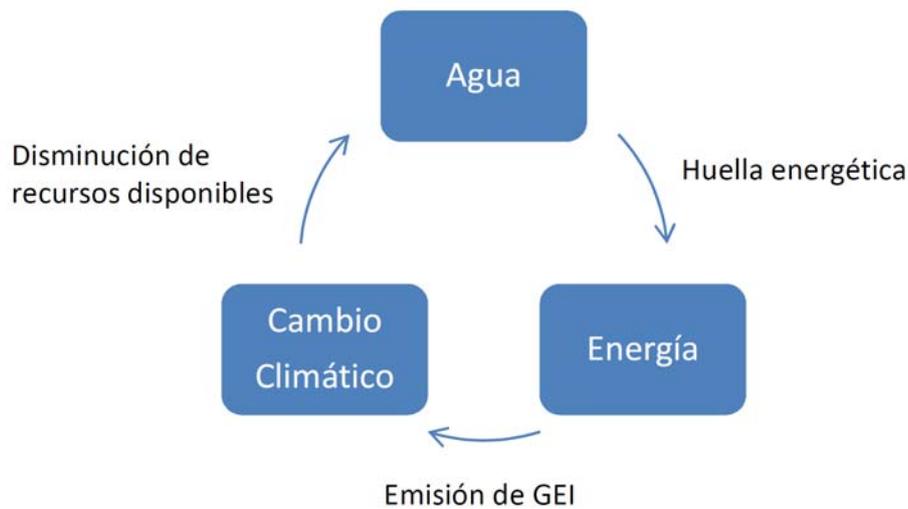


Figura 2. El trinomio agua-energía-cambio climático. Fuente: Adaptada de [6].

Este descenso de los recursos disponibles implicará también la reducción de la capacidad de producción de energía hidroeléctrica y la obligación de que el consumo energético aumente por la necesidad de captar las aguas subterráneas a mayores profundidades que las actuales. Esto ha hecho que en la actualidad se comience a hablar del trinomio “agua-energía-cambio climático”, sintetizado en el anterior gráfico.

1.3. Un asunto cuyo interés va en aumento.

Los primeros trabajos que analizaron en profundidad la relación agua-energía se realizaron en el estado de California en el año 2005, con la publicación por la California Energy Comisión (CEC) del “California´s Water- Energy Relationship. Final staff report” [8]. En este informe se determinó que el consumo total de energía relacionado con el agua (urbana, agrícola e industrial) representa en el citado estado norteamericano más del 19% del consumo total. El porcentaje sobre el total de energía consumida en el estado que se destinó al abastecimiento urbano de agua (sin incluir usos finales), a comparar posteriormente con los resultados del presente trabajo, fue del

0,57%. También se obtuvo la horquilla correspondiente al gasto de energía unitario asociado a cada una de las etapas del ciclo del agua (en kWh/m³). Desde entonces, en todos los Estados Unidos el interés por el asunto es creciente.

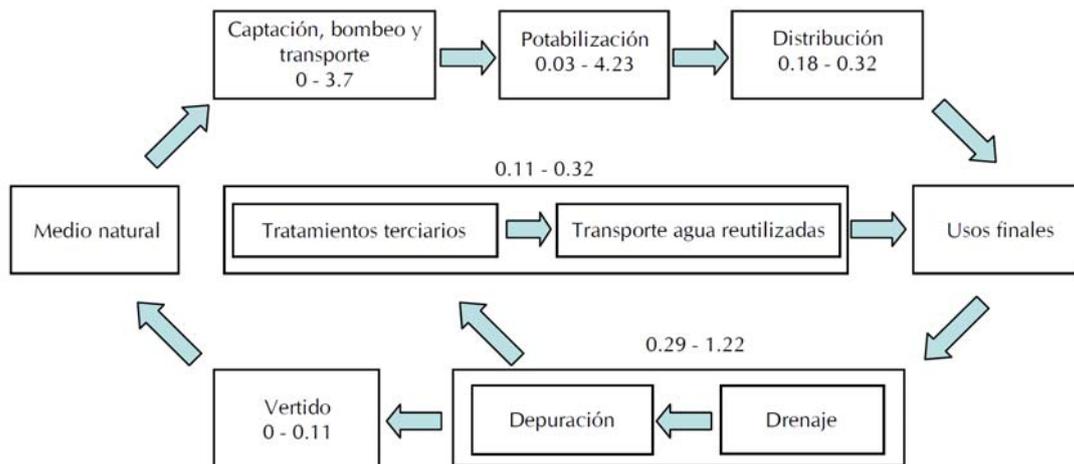


Figura 3. Energía necesaria en kWh/m³ para cada una de las fases del ciclo del agua en el estado de California. Fuente: Extraída de [8].

La preocupación por la relación agua–energía en Europa es más reciente, ya que habrá que esperar hasta 2008 para que vea la luz en Inglaterra el primer informe institucional, que fue publicado por la Environment Agency y se ocupaba exclusivamente del problema en el ámbito urbano, ya que los gastos relacionados con la agricultura no son significativos en ese país [9]. En febrero de 2008, durante la celebración del Global Water Research Coalition, se llevó a cabo una de las primeras iniciativas por parte de la Unión Europea [10]. El taller “Agua y Energía” celebrado en Londres se centró únicamente en la mejora de la eficiencia de los procesos de depuración y se planteó el objetivo de reducir sus consumos de energía en un 20%. Sin embargo, sí se realiza un análisis global de la interacción agua-energía en el taller que tuvo lugar en Bruselas en enero de 2009 “The Energy-Water Nexus: Managing the Links between Energy and Water for a Sustainable Future” [11] organizado por la oficina COST de la Unión Europea. También es de destacar que a finales de octubre de

ese año se celebró en Copenhague la Conferencia Water & Energy, promovida por la IWA, anticipo a la Cumbre del Clima de la ONU.

Como prueba evidente del interés que para la Unión Europea tiene el binomio agua-energía conviene referirse a la convocatoria del VII Programa Marco, que en su work programme anexo a la convocatoria en el que se detallan los contenidos aparece en los temas referidos al cambio climático el epígrafe "Technologies and systems for urban water cycle services". Tras sintetizar los objetivos a cubrir por los proyectos indica como conclusión que sus resultados permitirán asistir a las autoridades hidráulicas y a los usuarios formular e implantar políticas adecuadas relacionadas con el agua urbana y sus niveles de servicio, además de aumentar el conocimiento sobre la relación agua-energía y desarrollar herramientas y técnicas para su implantación en la gestión integrada de ambos recursos [7].

Al igual que sucede en Europa, en España la preocupación de reducir el consumo energético asociado al ciclo urbano del agua se torna de actualidad y comienzan a realizarse estudios que cuantifican el consumo energético asociado al ciclo urbano del agua. Hasta hace bien poco la única referencia a nivel nacional eran los trabajos realizados en 2002 por Luís Sala [12], publicados en 2007 bajo el título "Balances energéticos del ciclo de agua y experiencias de reutilización planificada en municipios de la Costa Brava", en los que se analizaban 29 fuentes de suministro diferentes y 18 plantas depuradoras con el objetivo de justificar la idoneidad de reutilizar las aguas residuales urbanas. El estudio obtuvo valores similares a los del estudio posterior de California de 2005.

Tipo y fuente de agua	Rango consumo energético kWh/m ³
<i>Suministro de agua potable (incluido transporte hasta depósitos principales)</i>	
Agua superficial	0,0002 – 1,74
Agua subterránea	0,37 – 1,32
Desalación	4,94 – 5,41
<i>Tratamiento biológico de las aguas residuales</i>	
Fangos activados	0,43 – 1,09
Aireación prolongada	0,49 – 1,01
Lagunaje convencional	0,05
<i>Tratamiento de regeneración para eliminación de patógenos (a)</i>	
Filtración directa (filtros lecho pulsado) + desinfección (UV y cloro)	0,18
Filtración directa (filtros cerrados) + desinfección (UV y cloro)	0,50 – 1,21
"Title-22" + desinfección (UV y cloro) (b)	0,20 – 0,63

- (a) Consumo de la distribución del agua regenerada no incluido debido a la gran variabilidad en función de la ubicación del usuario.
- (b) "Title-22" se refiere al tratamiento completo según normativa californiana consistente en coagulación, floculación, decantación y filtración como tratamientos previos a la desinfección.

Tabla 1. Horquillas de huellas energéticas del agua en municipios de la Costa Brava. Fuente: Extraída de [12].

El 27 y 28 de octubre de 2009 se desarrollaron en Madrid, organizadas por el CEDEX, las 1ª Jornadas de Ingeniería del Agua, en las que por primera vez se incluye en España un taller monográfico dedicado a la relación agua-energía. En dichas jornadas fue presentado el trabajo "Estimación del consumo de energía ligado al uso del agua en la ciudad de Valencia" [13], en el que se fijaron las horquillas de consumo de las distintas etapas y las demandas totales de energía del ciclo urbano del agua de la ciudad del Valencia. Éste es hasta ahora el único trabajo realizado en España en estos términos, aunque debido al creciente interés por la gestión eficiente de ambos recursos, agua y energía será sin duda el prelude de estudios en mayor profundidad del consumo energético asociado al agua.

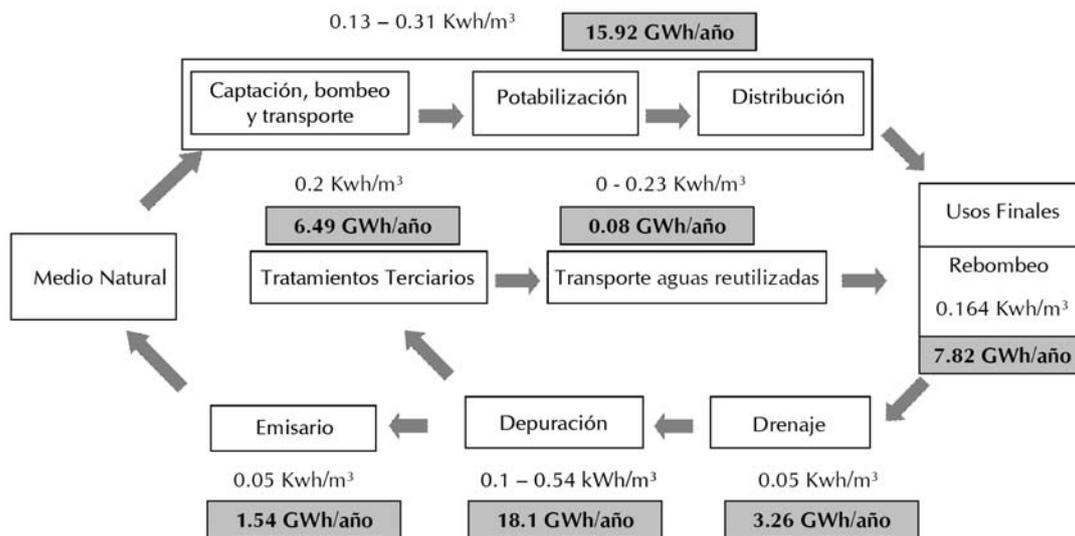


Figura 4. Consumo de energía del ciclo urbano del agua en la ciudad de Valencia. Fuente: Extraída de [13].

En la gráfica se puede observar que la energía consumida en la ciudad de Valencia en las fases del ciclo urbano del agua objeto del presente trabajo (captación, bombeo, transporte potabilización y distribución) suponen un 34% del total necesario para dicho ciclo, sin incluir en el mismo la reutilización de las aguas residuales. El ratio medio energía-agua de abastecimiento urbano se sitúa en 0,24 kWh/m³ y dentro de la horquilla 0,13-0,31 kWh/m³ en función de la procedencia.

En relación al regadío destaca el trabajo de Corominas (2010), cuyo objetivo es subrayar la evolución del consumo energético en la agricultura en los últimos 50 años [14], en el que como primera estimación se señala que el gasto de agua en España alcanza los 35.000 hm³/año, de acuerdo con los actuales planes de cuenca, correspondiendo el 68 % al regadío, el 18 % al uso urbano e industrial y restante 14% a la refrigeración de centrales productoras de energía. Estima una huella energética media para todo el ciclo urbano del agua (incluyendo los usos finales) de 3 kWh/m³ y 0,2 kWh/m³ para el regadío, alcanzando el consumo energético total asociado al agua los 23.660 GWh. Este valor supone algo más del

10% del total de España (223.000 GWh en el año 2005), bastante inferior al 19% de California.

Quizás el trabajo de mayor alcance realizado hasta la fecha fue el publicado por Hardy y Garrido el pasado año, en el que se analizan en profundidad las relaciones entre el agua y la energía en España [15].

<i>Etapas del ciclo</i>	<i>Uso de agua</i>	<i>Electricidad</i>	
	<i>Volumen (Mm³)</i>	<i>Consumo (GWh)</i>	<i>(%)</i>
Suministro/Captación/Abastecimiento y tratamiento de agua		11 861	64
Urbano	4 526	5 979	33
Desalación	694	2 276	12
Agrícola	20 360	4 196	23
Energía	8 759	1 656	9
Distribución / uso de agua		3 629	20
Residencial	2 544	441	2,4
Comercio	852	148	0,8
Municipal y Otro	96	17	0,1
Industrial	1 840	349	1,9
Agrícola	20 360	2 469	13
Agua no registrada	1 191	206	1,1
Tratamiento de aguas residuales		2 893	16
Recogida de agua	5 204	260	1,4
Depuración de agua	4 570	2 338	13
Agua reciclada (tratamiento y distribución)	501	294	1,6
Total de la energía relacionada con el agua		18.354	
Demanda total de energía en España		260.073	
Porcentaje		7,0%	

Tabla 2. Energía relacionada con el agua en España en 2007.

Fuente: Extraída de [15].

Hay que destacar que este 7% sobre el total del consumo eléctrico nacional no incluye los usos finales del agua, que es la etapa más consuntiva, con lo cual es fácil pronosticar que este porcentaje se situaría bastante por encima del 10% del trabajo de Corominas. Según Hardy y Garrido, el consumo eléctrico del abastecimiento urbano de agua en España alcanzó en 2007 los 6.620 GWh, un

2,55% del total del consumo eléctrico nacional, mientras que todo el ciclo urbano del agua (9.513 MWh) supuso un 3,66 %.

Analizando los valores incluidos en la tabla anterior se puede estimar la huella energética del abastecimiento urbano de agua (aducción más distribución), para después poder ser comparada con los resultados de esta investigación. El citado ratio energético deducible del trabajo de Hardy y Garrido es de 1,46 kWh/m³.

Además, fijan unos ratios energéticos kWh/m³ medios para las distintas etapas del ciclo del agua (urbana, agrícola e industrial), que se presentan en la siguiente tabla.

<i>Etapas del ciclo</i>	<i>Rango de intensidad energética (kWh/m³)</i>		
	<i>Mín.</i>	<i>Medio</i>	<i>Max.</i>
Abastecimiento y transporte de agua	0,00	0,24	2,10
Tratamiento de agua	0,11	0,57	4,67
Distribución de agua	0,12	0,21	0,22
Tratamiento de aguas residuales	0,41	0,53	0,61
Tratamiento y distribución de agua reciclada	0,32	0,59	0,85
Vertido de aguas residuales	0,00	0,05	0,11
Ciclo total	≈ 0,52		

Tabla 3. Huella energética de las fases del ciclo del agua en España. Fuente: Extraída de [15].

Otros ejemplos del interés que suscita el tema en la actualidad son; la celebración en la Exposición Internacional de Zaragoza (2008) de la Semana Temática Agua, Energía y Sostenibilidad, en la que se presentó la ponencia "Necesidad de mejorar la eficiencia en la distribución y el uso de agua y energía" [16]; el desarrollo en el 10º Congreso Nacional de Medio Ambiente (2010) de una sesión técnica dedicada íntegramente al "Consumo energético del ciclo integral del agua y propuestas de ahorro", y la inclusión de la ponencia "Agua, energía y eficiencia en el inaplazable reto de la sostenibilidad" [6] en el plenario sobre conocimientos y tecnología del agua del VII

Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua, que tuvo lugar entre los días 16 y 19 de febrero del presente año.

1.4. Objetivos perseguidos con el trabajo.

Los objetivos perseguidos con el presente estudio sobre la huella energética asociada al abastecimiento urbano del agua en la provincia de Almería son aumentar el conocimiento actual sobre las siguientes cuestiones:

- Demandas urbanas de agua. Se obtendrán los volúmenes de agua de aducción de los municipios de la provincia, así como los consumos registrados, determinándose las tasas de rendimiento técnico de los sistemas de abastecimiento.
- Procedencia de los recursos hídricos destinados a abastecimiento humano. Para cada uno de los municipios y para el ámbito provincial se obtendrán los volúmenes procedentes de captaciones subterráneas, aguas superficiales, desalación y/o transferencias externas.
- Huella energética del abastecimiento urbano de agua por municipio. Para cada municipio se obtendrán los consumos energéticos asociados a los sistemas de aducción, potabilización y distribución.
- Huella energética del abastecimiento urbano de agua en la provincia de Almería. Se definirá el porcentaje que supone el consumo de energía eléctrica ligado al abastecimiento urbano de agua respecto al total provincial.
- Ratios energía-agua. Se definirán las relaciones kWh/m³ del agua puesta en los depósitos de regulación y de la finalmente facturada para cada uno de los municipios y para el ámbito provincial.

- Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción de la energía consumida en el ciclo urbano del agua de los distintos municipios y para el ámbito provincial.

2. Metodología.

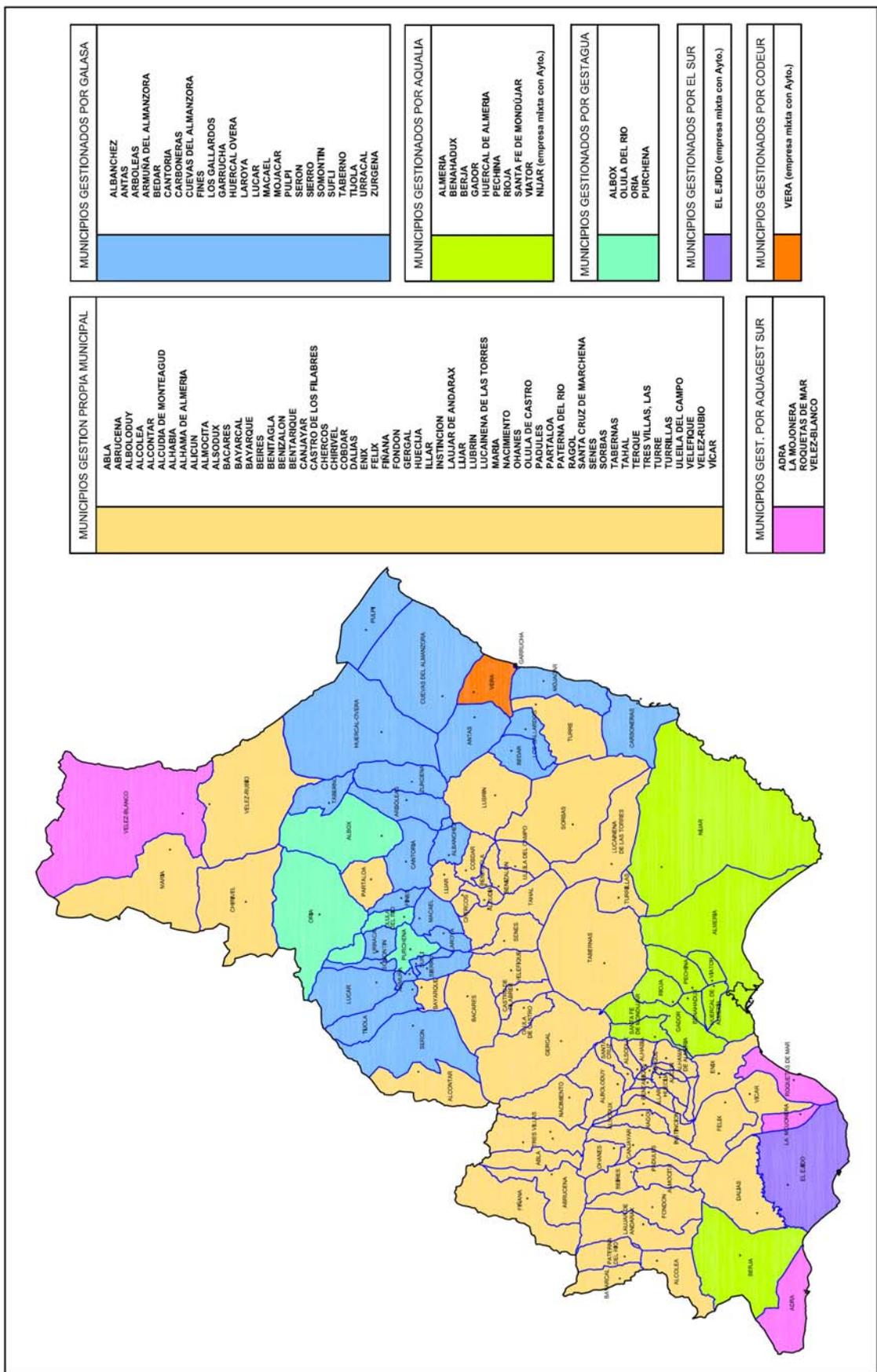
2. METODOLOGÍA.

2.1. Trabajos de obtención de la información.

Para la obtención de la información que garantizase la consecución de los objetivos inicialmente marcados en el presente trabajo de investigación ha sido necesario acometer un arduo trabajo de recopilación de datos, mediante el desarrollo de una campaña de encuestas que ha abarcado a los 102 municipios de la provincia de Almería, además de los explotadores de grandes infraestructuras de abastecimiento de agua, como Aquamed (desaladora de Carboneras), Aguas del Almanzora (trasvase del Negratín), Befesa (desaladora de Almería) y la Mancomunidad de Municipios del Bajo Andarax (pozos de La Calderona), estas últimas sobre todo relacionadas con los consumos energéticos asociados al agua.

En primer lugar se elaboró una base de datos con los contactos de los distintos responsables municipales de la gestión del abastecimiento del ciclo urbano del agua, inventariando aquellos municipios que se gestionan de forma directa y los que lo hacen a través de empresas concesionarias. En la página siguiente se incluye plano provincial en el que se detalla el modelo de gestión (pública o privada) de cada uno de los términos municipales y el nombre de la concesionaria del servicio municipal de aguas cuando la gestión es llevada a cabo por una empresa privado o mixta.

Con anterioridad a la remisión de la encuesta se informó vía telefónica a los responsables municipales sobre el contenido y la finalidad del trabajo, tratando de involucrar de manera individual a las personas que posteriormente serían los encargados de proceder al envío de la información. En algunos casos se mantuvieron reuniones personales, como se hizo con los Ayuntamientos de Vícar y Dalías, Aquamed, Aquagest Sur, Aqualia, El Sur y Galasa. Desde el primer momento se consideró que el éxito de la investigación residiría en lograr que los distintos gestores del agua urbana de la provincia accedieran a la entrega de los datos solicitados.



Plano 1. Gestores del abastecimiento urbano de la provincia. Elaboración propia.

Una vez establecidos los contactos previos, se procedió al envío de la encuesta municipal en la que se solicitaba la siguiente información, siempre referida al año 2010:

- Término municipal.
- Descripción general del sistema de abastecimiento municipal de agua potable.
- Volumen de aguas subterráneas destinado al abastecimiento en alta de la población (aducción).
- Volumen de aguas superficiales destinado al abastecimiento en alta de la población (aducción).
- Volumen de aguas de desalación destinado al abastecimiento en alta de la población (aducción).
- Volumen total de agua destinado al abastecimiento en alta de la población (aducción).
- Volumen total de agua facturado a los usuarios.
- Consumo energético asociado a las aguas subterráneas destinadas al abastecimiento en alta de la población (aducción).
- Consumo energético asociado a las aguas superficiales destinadas al abastecimiento en alta de la población (aducción).
- Consumo energético asociado a las aguas de desalación destinadas al abastecimiento en alta de la población (aducción).
- Consumo energético en rebombes intermedios.
- Consumo energético total asociado al abastecimiento de agua potable a la población.

El envío de las encuestas se llevó a cabo a comienzos del mes de mayo de 2011, reiterando las peticiones vía telefónica meses después en al menos dos ocasiones.

Es de destacar, salvo en muy raras excepciones, la implicación y el interés mostrado por los encuestados, ya que se puede decir que en todos los casos en los que se contaba con la información solicitada ésta ha sido remitida y ha podido ser empleada en la confección de este trabajo de investigación. Mención especial merecen, por su diligencia y por la bondad de la información facilitada Aquamed y las empresas concesionarias Aguas del Almanzora S.A., Aquagest Sur, Aqualia, Codeur, El Sur, Emanagua, Galasa y Gestagua.

Una vez finalizados los trabajos de recopilación de la información se ha contado con datos facilitados por Ayuntamientos y empresas concesionarias en un total de municipios cuya población supone un 94,1% del total provincial. Respecto a los recursos hídricos empleados en el abastecimiento urbano de la provincia estos datos incluyen el 95,3% del total.

2.2. Análisis de los datos recibidos.

Una vez recibida la información solicitada se procedió a su introducción en una base de datos, que posteriormente han sido procesados para la obtención de los resultados perseguidos.

La determinación de la huella energética del agua y de los ratios energía-agua lleva aparejada la necesidad de proceder en primer lugar a un estudio detallado de los recursos hídricos y de su procedencia. El estudio hidráulico efectuado ha permitido determinar para el año 2010:

- Demandas de agua urbana en aducción para cada uno de los municipios de la provincia.

- Procedencia de los recursos hídricos empleados en el abastecimiento urbano de agua para los distintos municipios de la provincia de Almería.
- Volumen de agua facturado por el servicio municipal de cada municipio.

Los parámetros energéticos obtenidos son:

- Energía eléctrica total consumida por el abastecimiento urbano de agua en cada uno de los municipios.
- Energía eléctrica consumida en función de la fuente del recurso hídrico.

Procesando estos datos municipales facilitados por los encuestados se ha podido establecer:

- Demanda total de agua urbana en la provincia de Almería.
- Procedencia de los recursos hídricos empleados en el abastecimiento urbano de agua en la provincia.
- Rendimiento técnico del sistema de abastecimiento de cada uno de los municipios, determinado como el cociente entre el agua facturada a los usuarios y el agua medida en aducción (abastecimiento en alta).
- Rendimiento técnico medio de los sistemas de abastecimiento de la provincia.
- Consumo total de energía eléctrica asociado al abastecimiento de agua urbana de la provincia.
- Consumo total de energía eléctrica para cada procedencia del recurso del abastecimiento de agua urbana de la provincia.

- Ratio kWh/m³ del agua de aducción (abastecimiento en alta) de cada uno de los municipios y del total de la provincia.
- Ratio kWh/m³ del agua facturada de cada uno de los municipios y del total de la provincia.
- Ratio kWh/m³ de las principales fuentes de abastecimiento urbano de agua de la provincia de Almería (trasvases, desaladoras, captaciones subterráneas, etc.)

2.3. Incidencias en la obtención de la información.

No contar con la información solicitada en la encuesta en algunos de los municipios responde en muy pocas ocasiones a una negativa por parte de los responsables a su envío. En la mayoría de los casos esta ausencia de información se relaciona con la carencia de datos en origen, dada la ausencia de una gestión adecuada del ciclo urbano del agua y de los reducidos medios humanos y materiales empleados.

La casuística observada durante la elaboración de este trabajo que justifica la ausencia de datos en algunos municipios es la siguiente:

- Ausencia de contadores que permitan la medición de los consumos en los sistemas de aducción, tanto en aguas subterráneas como en superficiales.
- Inexistencia de libros de registro de lecturas de los contadores de los sistemas de aducción.
- Existencia de captaciones de aguas subterráneas que se emplean indistintamente para abastecimiento y riego, sin ser posible estimar la proporción de consumos de agua y energía destinados a cada uso.

- Adquisición de recursos para abastecimiento a comunidades de regantes y particulares, sin ser posible determinar el consumo energético asociado al agua.
- Existencia de un único contrato de suministro eléctrico para varios usos municipales, sin ser posible cuantificar los relacionados con el agua.
- Ausencia de contadores domiciliarios en las redes de distribución municipales o con problemas de medición de los mismos por su elevada antigüedad. La falta de gestión adecuada motiva que se promuevan programas de renovación del parque de contadores domiciliarios.



A la izquierda contador tipo Woltman en sistema de aducción. A la derecha contador de suministro domiciliario. Fotos del autor.

Muchos de los municipios de la provincia delegan en el Servicio de Recaudación de la Diputación Provincial de Almería la recaudación de los impuestos y de las tasas municipales, como es el caso de la del servicio municipal de aguas, limitándose los Ayuntamientos a la introducción de los consumos registrados en los contadores domiciliarios. Por este motivo, gran parte de las encuestas recibidas no incluían los consumos facturados durante el año 2010, ante lo cual fue necesario solicitar a la institución provincial la citada información. Hay que destacar que para la totalización de los consumos facturados

en cada uno de los términos municipales fue necesario el desarrollo ex profeso de una aplicación informática.

2.4. Estimación de los datos no disponibles.

A pesar de que los municipios en los que no se contaban con datos consistentes para su análisis e interpretación suponían únicamente el 5,9% del total de la población provincial y el 4,7% del total de los recursos hídricos destinados a abastecimiento humano, se han realizado una serie de estimaciones para obtener tanto la demanda urbana de agua, como el consumo energético asociado en estos municipios.

Las simulaciones realizadas han pretendido solucionar las siguientes tipologías de carencia de datos:

- Ausencia de datos de consumos de recursos hídricos y energéticos.
- Ausencia de datos de consumos eléctricos pero existencia de datos de consumos de recursos hídricos.
- Cualquiera de las anteriores situaciones sumadas a la falta de volúmenes de agua facturados.
- Falta de volúmenes de agua facturados y disponibilidad de los volúmenes de aducción y de los consumos eléctricos.

Las demandas urbanas de agua han sido obtenidas, cuando no se disponía de datos suministrados por los explotadores, considerando una dotación de 210 l/hab/día, siempre teniendo en cuenta la tipología de poblaciones analizadas. No se ha considerado población estacional en la determinación de las demandas, ya que los municipios en los que se han realizado las simulaciones son de interior.

La ausencia de datos de consumos eléctricos ha sido suplida mediante el estudio de las captaciones subterráneas que nutren de agua potable a las poblaciones. Mencionar que en todos los casos en los que se carecía de esta información era ésta la procedencia de los recursos hídricos. Para ello, ha sido necesario afrontar una intensa búsqueda de la información disponible en los distintos trabajos, archivos y registros del Servicio de Infraestructura Urbana de la Diputación Provincial de Almería [17,18,19]. Las variables recopiladas para el posterior análisis hidráulico-energético de los sistemas han sido:

- Determinación de las captaciones de abastecimiento urbano.
- Niveles dinámicos de las captaciones de aguas subterráneas.
- Cotas geográficas de los cabezales de los sondeos.
- Cotas geográficas del llenado de los depósitos de regulación principal de los sistemas, realizándose un análisis altimétrico del trazado de las conducciones de aducción.

Con estos datos se ha realizado un estudio energético teórico para obtener el ratio kWh/m³ del agua bombeada por las captaciones. Para ello ha sido necesario estimar algunas variables hidráulicas y electromecánicas, considerándose los siguientes valores:

- Pérdidas de carga hidráulicas en conducciones: 5% de la altura geométrica a elevar.
- Rendimiento de la bomba: 70%.
- Rendimiento del motor: 95%.
- Pérdidas consideradas en la instalación eléctrica (cables, cuadros y transformador): 5% de la energía demandada por el equipo electromecánico.

Los municipios en los que se han realizado modelizaciones hidráulico-energéticas han sido Abla, Alcolea, Alcudia de Monteagud, Alhabia, Alsodux, Santa Cruz de Marchena, Alhama de Almería, Alcontar, Bacares, Benitagla, Bentarique, Canjáyar, Castro de Filabres, Chercos, Cobdar, Gérgal, Fondón, Huécija, Íllar, Laujar de Andarax, Líjar, Lubrín, Lucainena de las Torres, María, Nacimiento, Padules, Partaloa, Rágol, Santa Fe de Mondújar, Sorbas, Tabernas, Tahal, Terque, Turre, Turrillas, Velefique, Vélez-Rubio y Las Tres Villas.

En los casos en los que no ha sido posible contar con los datos de los consumos facturados se ha estimado un rendimiento técnico del sistema del 65%, resultado de dividir los volúmenes facturados entre los de aducción. Se trata de un valor superior al rendimiento medio (63%) obtenido en aquellos municipios en los que los explotadores del sistema y el Servicio de Recaudación Provincial han facilitado datos que han permitido su obtención.

3. Resultados.

3. RESULTADOS.

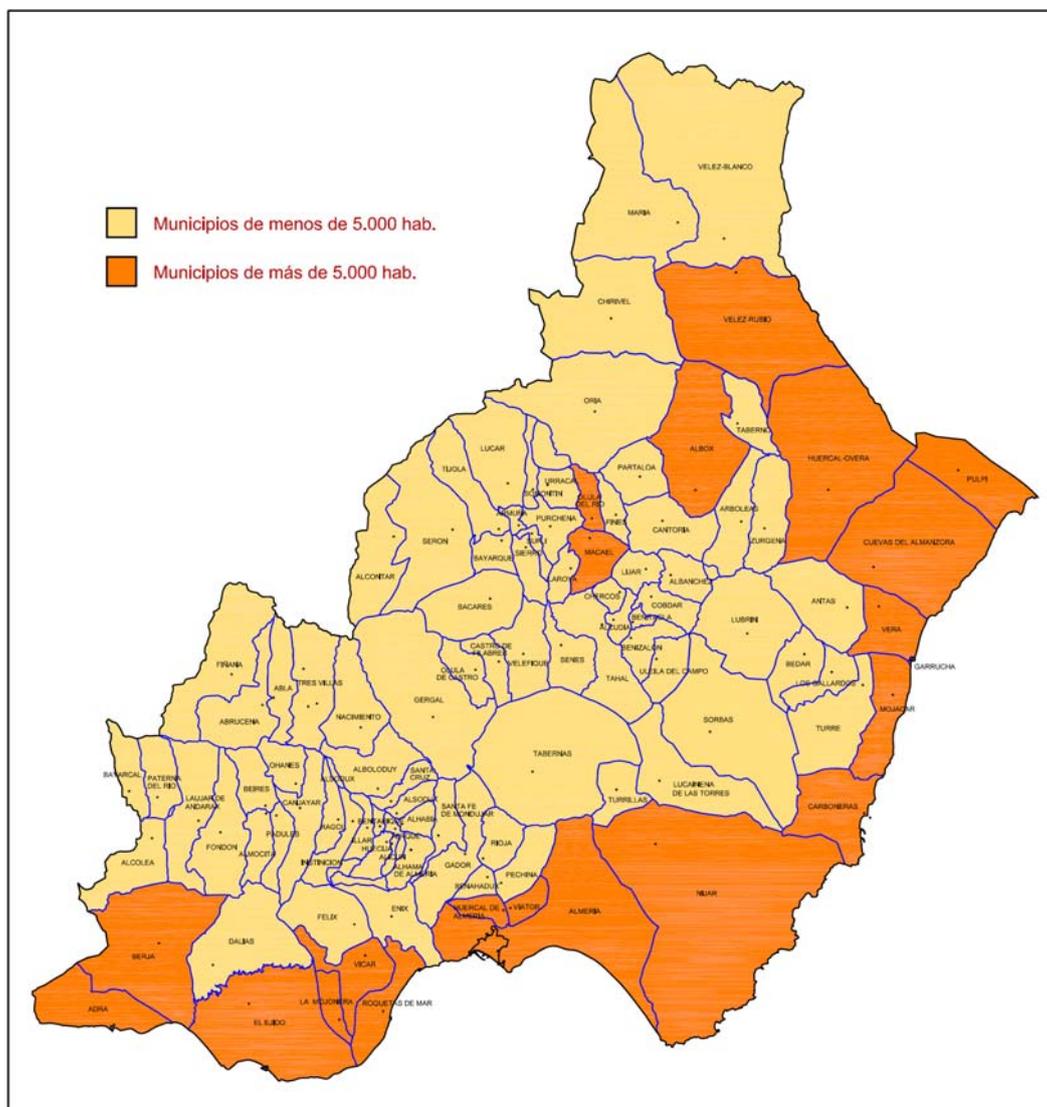
En el presente epígrafe se presentan los principales resultados obtenidos durante el desarrollo de los trabajos de recopilación de datos y procesado de los mismos. Para ahondar en el conocimiento de las fuentes de abastecimiento de agua urbana de la provincia de Almería, se presenta en primer lugar una descripción de las principales instalaciones destinadas a tal efecto basada en la información recibida de los explotadores. Después se analizan en detalle los resultados obtenidos durante la investigación para los municipios de más de 5.000 habitantes, para finalizar con la presentación y discusión a nivel provincial del estudio de recursos hídricos y de la huella energética del abastecimiento urbano de agua. Finalmente, se determinan las emisiones de gases de efecto invernadero que produce la energía eléctrica consumida.

3.1. Principales instalaciones de abastecimiento urbano.

En el Anejo 1, denominado "Instalaciones de abastecimiento urbano de la provincia", se describen las principales instalaciones de abastecimiento que fueron utilizadas durante el pasado año 2010 para la dotación de recursos hídricos destinados a satisfacer la demanda urbana de agua.

3.2. Resultados para municipios de más de 5.000 habitantes.

La población de la provincia de Almería ascendió en el año 2010 a 695.560 habitantes, repartidos en los 102 municipios que la integran. La distribución demográfica en el territorio se caracteriza por un predominio de la población en las zonas costeras y un progresivo despoblamiento de las zonas interiores de la provincia. Un claro ejemplo de ello es el hecho de que todos los municipios con más de 5.000 habitantes (21 municipios) se sitúan en el entorno costero, salvo Vélez-Rubio, Macael, Olula del Río y Albox, suponiendo su población el 85% del total provincial.



Plano 2. Municipios con población superior a 5.000 habitantes en 2010.
Fuente: Elaboración propia a partir de Instituto Nacional de Estadística.

Teniendo en cuenta que es precisamente en estas zonas costeras donde la disponibilidad de forma natural de recursos hídricos de calidad es menor y los consumos energéticos necesarios para satisfacción de las demandas urbanas son mayores, se ha incluido en el anejo 2, denominado "Análisis para los municipios de más de 5.000 habitantes", un estudio en profundidad de las relaciones agua-energía

en todos los municipios de más de 5.000 habitantes de la provincia de Almería.

3.3. Recursos hídricos destinados a abastecimiento urbano.

Una vez procesados los datos solicitados a través de la encuesta municipal y completados de manera teórica en aquellos casos en los que las peticiones no obtuvieran respuesta (5,9 % del total de la población y 4,7 % del total de la demanda hídrica), se presenta a continuación una tabla resumen en la que se detallan los recursos hídricos demandados durante el año 2010 para el abastecimiento urbano de agua de los 102 municipios de la provincia, además de la procedencia de los mismos (subterráneos, superficiales, desalación, transferencias externas) y los volúmenes facturados por el servicio municipal de aguas, que permitirán obtener el rendimiento técnico de los distintos sistemas municipales.

Municipio	Población 2010	Recursos utilizados				Totales en aducción (m ³)	Totales facturados (m ³)	Rendim. técnico (%)
		Subterráneos (m ³)	Superficiales (m ³)	Desalación (m ³)	Transfer. externas (m ³)			
Abla	1.463	82.139	30.000	0	0	112.139	72.890	65,0
Abrucena	1.367	0	118.363	0	0	118.363	82.854	65,0
Adra	24.512	2.013.728	500.000	0	0	2.513.728	1.249.001	49,7
Albánchez	814	63.736	0	0	0	63.736	42.088	66,0
Alboloduy	667	36.025	0	0	0	36.025	27.559	76,5
Albox	11.042	1.072.892	0	0	0	1.072.892	546.167	50,9
Alcolea	902	43.350	25.789	0	0	69.138	36.675	53,0
Alcóntar	598	45.837	0	0	0	45.837	29.794	65,0
Alcudia de Monteagud	144	11.038	0	0	0	11.038	7.174	65,0
Alhabia	718	55.035	0	0	0	55.035	35.773	65,0
Alhama de Almería	3.824	293.110	0	0	0	293.110	190.521	65,0
Alicún	253	25.550	0	0	0	25.550	16.608	65,0
Almería	190.013	10.800.000	0	5.200.000	0	16.000.000	11.800.000	73,8
Almócita	185	0	14.180	0	0	14.180	9.217	65,0
Alsodux	149	20.684	0	0	0	20.684	14.479	70,0
Antas	3.389	0	0	0	243.952	243.952	172.360	70,7
Arboleas	4.731	0	0	0	313.479	313.479	286.930	91,5
Armuña de Almanzora	339	23.955	0	0	0	23.955	17.392	72,6
Bacares	274	21.002	0	0	0	21.002	15.160	72,2
Bayárcal	358	0	27.441	0	0	27.441	17.836	65,0
Bayarque	233	0	70.192	0	0	70.192	45.625	65,0
Bédar	1.039	0	0	0	104.017	104.017	82.717	79,5
Beires	121	0	9.275	0	0	9.275	6.029	65,0

Tabla 4. Recursos destinados a abastecimiento urbano en 2010 en la provincia de Almería. Fuente: Elaboración propia.

Municipio	Población 2010	Recursos utilizados				Totales en aducción (m ³)	Totales facturados (m ³)	Rendim. técnico (%)
		Subterráneos (m ³)	Superficiales (m ³)	Desalación (m ³)	Transfer. externas (m ³)			
Beires	121	0	9.275	0	0	9.275	6.029	65,0
Benahadux	4.059	347.768	0	0	0	347.768	203.700	58,6
Benitagla	84	6.439	0	0	0	6.439	2.158	33,5
Benizalón	286	21.922	0	0	0	21.922	14.249	65,0
Bentarique	280	21.462	0	0	0	21.462	13.950	65,0
Berja	15.325	1.805.705	318.654	0	0	2.124.359	604.619	28,5
Canjáyar	1.490	74.236	39.973	0	0	114.209	78.648	68,9
Cantoria	4.001	238.420	0	0	0	238.420	168.911	70,8
Carboneras	8.123	6.605	0	129.600	634.110	770.315	460.580	59,8
Castro de Filabres	154	11.804	0	0	0	11.804	7.673	65,0
Cóbdar	165	12.647	0	0	0	12.647	6.028	47,7
Cuevas del Almanzora	12.891	0	0	0	954.494	954.494	688.786	72,2
Chercos	287	21.999	0	0	0	21.999	6.100	27,7
Chirivel	1.852	162.292	0	0	0	162.292	105.490	65,0
Dalías	3.983	0	305.297	0	0	305.297	190.761	62,5
Enix	469	0	46.720	0	0	46.720	24.983	53,5
Felix	643	500	70.000	0	0	70.500	36.418	51,7
Fines	2.434	214.009	0	0	0	214.009	138.892	64,9
Fiñana	2.432	0	186.413	0	0	186.413	96.368	51,7
Fondón	989	68.226	7.581	0	0	75.807	33.028	43,6
Gádor	3.225	365.000	0	0	0	365.000	221.472	60,7
Gallardos (Los)	3.828	0	0	0	289.133	289.133	194.372	67,2
Garrucha	8.441	0	0	0	536.006	536.006	445.875	83,2
Gérgal	1.099	84.238	0	0	0	84.238	54.755	65,0
Huécija	543	41.621	0	0	0	41.621	21.679	52,1
Huércal de Almería	15.628	1.744.744	0	0	0	1.744.744	840.000	48,1
Huércal-Overa	18.278	0	0	0	1.074.128	1.074.128	825.587	76,9
Íllar	421	32.270	0	0	0	32.270	20.975	65,0
Instinción	485	45.990	0	0	0	45.990	26.991	58,7
Laroya	164	320	8.395	0	0	8.715	7.155	82,1
Laujar de Andarax	1.799	55.157	82.736	0	0	137.893	89.631	65,0
Líjar	514	36.500	0	0	0	36.500	21.595	59,2
Lubrín	1.764	135.211	0	0	0	135.211	54.215	40,1
Lucainena de las Torres	671	51.432	0	0	0	51.432	19.084	37,1
Lúcar	885	88.512	0	0	0	88.512	66.932	75,6
Macael	6.120	529.803	0	0	0	529.803	341.928	64,5
María	1.455	136.000	0	0	0	136.000	88.400	65,0
Mojácar	7.745	0	0	0	1.623.449	1.623.449	985.799	60,7
Nacimiento	486	37.252	0	0	0	37.252	24.214	65,0
Níjar	28.242	0	0	2.124.359	0	2.124.359	1.491.383	70,2
Ohanes	761	0	58.331	0	0	58.331	37.915	65,0
Olula de Castro	209	0	16.020	0	0	16.020	10.413	65,0
Olula del Río	6.733	2.912	0	0	550.870	553.782	298.383	53,9
Oria	2.888	582.194	0	0	0	582.194	168.783	29,0
Padules	502	3.848	34.630	0	0	38.478	16.342	42,5
Partaloa	898	68.832	0	0	0	68.832	31.049	45,1
Paterna del Río	449	0	34.416	0	0	34.416	22.370	65,0
Pechina	3.720	352.584	0	0	0	352.584	229.180	65,0
Pulpí	8.429	0	0	0	703.153	703.153	554.225	78,8
Purchena	1.772	110.640	125.326	0	0	235.326	147.479	62,7
Rágol	356	27.287	0	0	0	27.287	17.516	64,2
Rioja	1.361	158.172	0	0	0	158.172	102.812	65,0
Roquetas de Mar	85.808	12.443.416	0	0	0	12.443.416	8.297.592	66,7
Santa Cruz de Marchena	240	18.396	0	0	0	18.396	11.957	65,0

Tabla 4 (continuación). Recursos destinados a abastecimiento urbano en 2010 en la provincia de Almería. Fuente: Elaboración propia.

Municipio	Población 2010	Recursos utilizados				Totales en aducción (m ³)	Totales facturados (m ³)	Rendim. técnico (%)
		Subterráneos (m ³)	Superficiales (m ³)	Desalación (m ³)	Transfer. externas (m ³)			
Santa Fe de Mondújar	489	0	37.482	0	0	37.482	24.363	65,0
Senés	338	19.431	6.477	0	0	25.908	13.329	51,4
Serón	2.385	226.500	7.236	0	0	233.736	145.820	62,4
Sierro	460	420	22.265	0	0	22.685	17.989	79,3
Somontín	525	36.500	0	0	0	36.500	30.299	83,0
Sorbas	2.905	309.255	0	0	0	309.255	201.016	65,0
Suflí	262	12.288	0	0	0	12.288	8.975	73,0
Tabernas	3.626	328.482	0	0	0	328.482	213.513	65,0
Taberno	1.149	93.532	0	0	0	93.532	60.246	64,4
Tahal	431	33.036	0	0	0	33.036	21.473	65,0
Terque	464	35.566	0	0	0	35.566	23.118	65,0
Tíjola	3.955	301.717	53.244	0	0	354.961	234.984	66,2
Turre	3.791	290.580	0	0	0	290.580	165.282	56,9
Turrillas	233	17.859	0	0	0	17.859	11.609	65,0
Uleila del Campo	1.015	77.800	0	0	0	77.800	33.243	42,7
Urrácal	348	23.179	0	0	0	23.179	15.611	67,3
Veleftique	295	4.748	17.863	0	0	22.612	14.698	65,0
Vélez-Blanco	2.282	384.209	0	0	0	384.209	124.227	32,3
Vélez-Rubio	7.138	181.229	422.867	0	0	604.095	392.662	65,0
Vera	14.371	0	0	1.956.316	0	1.956.316	1.409.632	72,1
Viator	5.043	450.000	0	0	0	450.000	279.000	62,0
Vícar	23.410	1.768.893	0	0	0	1.768.893	1.143.649	64,7
Zurgena	3.060	0	0	0	234.433	234.433	175.009	74,7
Tres Villas (Las)	655	50.206	0	0	0	50.206	22.749	45,3
Ejido (El)	85.389	8.670.025	0	0	0	8.670.025	4.787.683	55,2
Mojonera (La)	8.540	1.721.674	0	0	0	1.721.674	544.836	31,6
Totales provinciales	695.560	49.811.572	2.697.165	9.410.275	7.261.224	69.179.596	43.589.263	

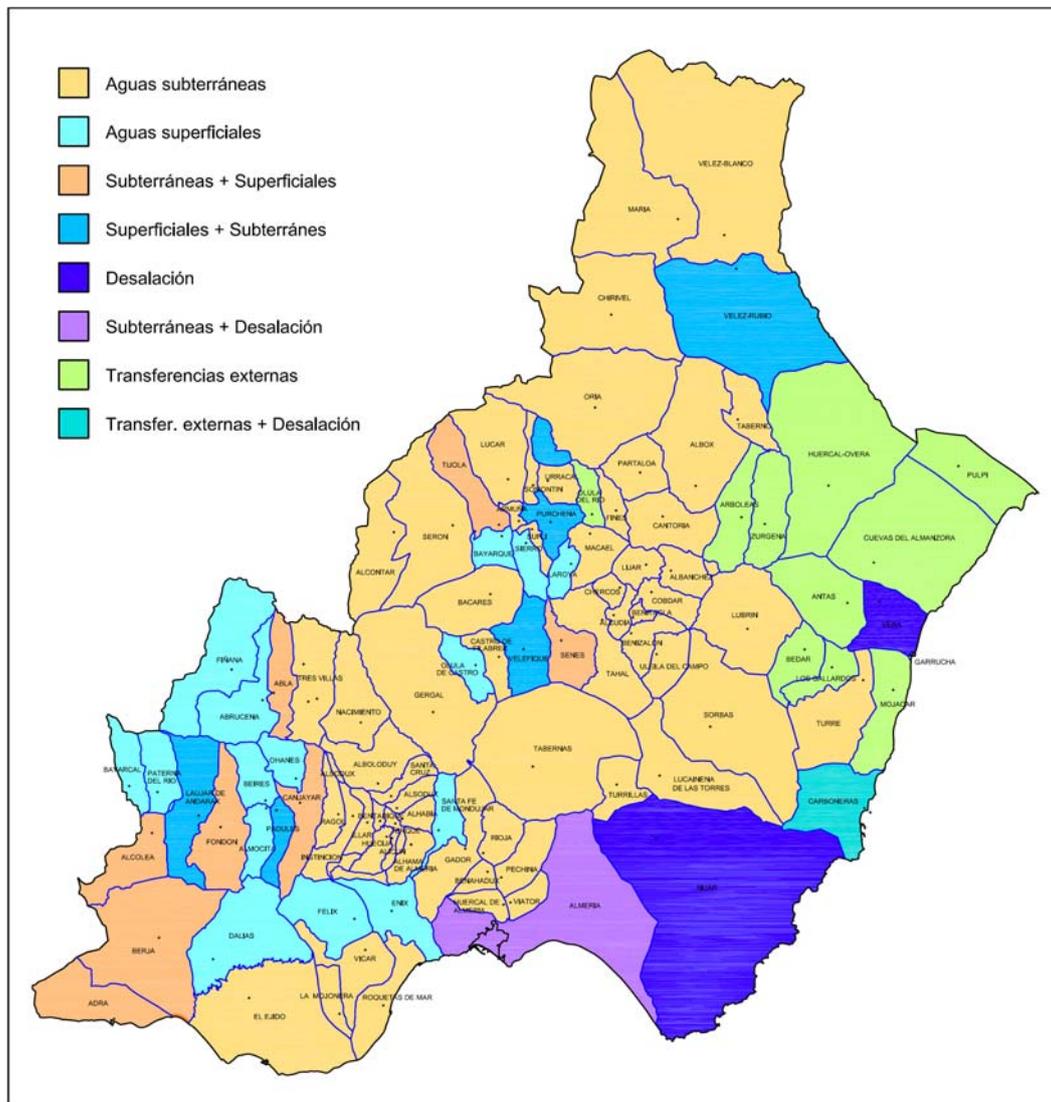
Tabla 4 (continuación). Recursos destinados a abastecimiento urbano en 2010 en la provincia de Almería. Fuente: Elaboración propia.

El volumen total de recursos destinados al abastecimiento urbano de la provincia ascendió durante 2010 a 69,18 hm³, de los cuales 49,81 hm³ (72 %) procedían de captaciones de aguas subterráneas, 2,70 hm³ (4 %) de aguas superficiales, 9,41 hm³ (14 %) de plantas desaladoras y 7,26 hm³ (10 %) de transferencias externas, en este caso correspondientes en su totalidad al trasvase del Negratín.

Hay que destacar que los recursos subterráneos que aparecen en la tabla anterior engloban los superficiales regulados y los superficiales fluyentes, empleando terminología del Borrador del Proyecto de Plan Hidrológico de la demarcación hidrográfica de las cuencas mediterráneas andaluzas [20], ya que tan solo se ha detectado el abastecimiento con aguas reguladas en el T.M. de Fiñana. Además, dentro de superficiales fluyentes se incluyen, por coherencia con el

citado Plan, las aguas procedentes de minas y galería, de discutible naturaleza superficial y tradicionalmente consideradas tipologías de captaciones subterráneas, aunque no precisen de sistemas de elevación para su utilización.

En el siguiente plano provincial se detalla la procedencia de los recursos para cada término municipal. En aquellos casos en los que el origen de los recursos fue múltiple se menciona en primer lugar el mayoritario, despreciándose proporciones menores del 5%.



Plano 3. Tipología de recursos empleados en el abastecimiento urbano durante 2010. Fuente: Elaboración propia.

El consumo medio por habitante de la provincia en aducción fue de 100,74 m³ al año (276 lxhab/día), mientras que esta cifra baja considerablemente en el caso de los realmente facturados, situándose en 62,78 m³ al año (172 lxhab/día), teniendo en cuenta solo los municipios en los se tenían datos consistentes de consumo y facturación. El rendimiento técnico medio de los sistemas de abastecimiento de la provincia de Almería, considerando exclusivamente aquellos en los que se contaba con datos reales, ascendió a un 63 %. El máximo rendimiento se ha obtenido en el municipio de Arboleas (92 %) y el mínimo en Chercos (28 %), siempre según datos de los explotadores y del Servicio de Recaudación de Diputación de Almería.

3.4. Huella energética del abastecimiento urbano de agua.

Caracterizados los recursos hídricos empleados en el 2010 para el abastecimiento de agua potable a la provincia de Almería, a continuación se presentan los consumos de energía eléctrica ligados a dichas demandas urbanas. Los consumos eléctricos referenciados con el término rebombado se corresponden con la reimpulsión de agua para poder dar servicio a zonas altas de las poblaciones, bien desde las redes de distribución o desde los depósitos principales de regulación. La energía imputada a la desalación incluye la suma de la captación, la desalación propiamente dicha y el bombeo hasta los depósitos de regulación de las redes municipales. Con la potabilización ocurre algo similar, ya que aparecen los consumos del tratamiento y del envío hasta los depósitos de agua producto (de cabecera en el caso de la ETAP de Cuevas del Almanzora). No han sido incluidos en el estudio las demandas energéticas debidas a las bombas dosificadoras de cloro de los depósitos de regulación, por ser irrelevantes respecto al resto y de imposible determinación en la mayoría de los casos.

Municipios	Consumos energéticos						Ratios (kWh/m ³)	
	Subterráneos (kWh)	Superficiales (kWh)	Potabilización (kWh)	Desalación (kWh)	Rebombeo (kWh)	Total (kWh)	En aducción	Registr.
Abla	61.604	0	0	0	0	61.604	0,55	0,85
Abrucena	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Adra	1.084.775	0	0	0	195.164	1.279.940	0,51	1,02
Albánchez	11.928	0	0	0	0	11.928	0,19	0,28
Alboloduy	39.848	0	50.058	0	0	89.906	2,50	3,26
Albox	1.233.990	0	0	0	0	1.233.990	1,15	2,26
Alcolea	34.246	0	0	0	0	34.246	0,50	0,93
Alcónzar	17.876	0	0	0	0	17.876	0,39	0,60
Alcudia de Mont.	7.064	0	0	0	0	7.064	0,64	0,98
Alhabia	39.625	0	0	0	0	39.625	0,72	1,11
Alhama de Almería	193.452	0	0	0	0	193.452	0,66	1,02
Alicún	28.046	0	0	0	0	28.046	1,10	1,69
Almería	15.000.000	0	0	21.840.000	0	36.840.000	2,30	3,12
Almócita	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Alsodux	14.893	0	0	0	0	14.893	0,72	1,03
Antas	0	143.932	419.597	0	369	563.898	2,31	3,27
Arboleas	0	184.953	539.184	0	127.140	851.276	2,72	2,97
Armuña de Alman.	8.930	0	0	0	0	8.930	0,37	0,51
Bacares	13.441	0	0	0	0	13.441	0,64	0,89
Bayárcal	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Bayarque	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Bédar	0	61.370	178.909	0	30.785	271.064	2,61	3,28
Beires	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Benahadux	275.535	0	0	0	0	275.535	0,79	1,35
Benitagla	4.893	0	0	0	0	4.893	0,76	2,27
Benizalón	10.961	0	0	0	0	10.961	0,50	0,77
Bentarique	9.658	0	0	0	0	9.658	0,45	0,69
Berja	2.137.563	0	0	0	136.365	2.273.928	1,07	3,76
Canjáyar	28.952	0	0	0	0	28.952	0,25	0,37
Cantoria	73.173	0	0	0	0	73.173	0,31	0,43
Carboneras	10.593	374.125	1.090.669	567.648	9.734	2.052.769	2,66	4,46
Castro de Filabres	9.089	0	0	0	0	9.089	0,77	1,18
Cóbdar	2.403	0	0	0	0	2.403	0,19	0,40
Cuevas del Alman.	0	563.151	1.641.730	0	0	2.204.881	2,31	3,20
Chercos	7.919	0	0	0	0	7.919	0,36	1,30
Chirivel	60.048	0	0	0	0	60.048	0,37	0,57
Dalías	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Enix	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Felix	2.000	0	0	0	0	2.000	0,03	0,05
Fines	98.444	0	0	0	0	98.444	0,46	0,71
Fiñana	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Fondón	54.581	0	0	0	0	54.581	0,72	1,65
Gádor	364.962	0	0	0	0	364.962	1,00	1,65
Gallardos (Los)	0	170.588	497.309	0	0	667.897	2,31	3,44
Garrucha	0	316.244	921.930	0	0	1.238.174	2,31	2,78
Gérgal	51.385	0	0	0	0	51.385	0,61	0,94
Huécija	26.637	0	0	0	0	26.637	0,64	1,23
Huércal de Almería	1.172.348	0	0	0	0	1.172.348	0,67	1,40
Huércal-Overa	0	633.736	1.847.500	0	442.071	2.923.307	2,72	3,54
Íllar	19.039	0	0	0	0	19.039	0,59	0,91
Instinción	42.500	0	0	0	0	42.500	0,92	1,57
Laroya	128	0	0	0	0	128	0,01	0,02
Laujar de Andarax	7.722	0	0	0	0	7.722	0,06	0,09
Líjar	22.995	0	0	0	0	22.995	0,63	1,06
Lubrín	676.053	0	0	0	0	676.053	5,00	12,47

Tabla 5. Consumos energéticos asociados al abastecimiento urbano de agua en 2010 en la provincia de Almería. Fuente: Elaboración propia.

Municipios	Consumos energéticos						Ratios (kWh/m ³)	
	Subterráneos (kWh)	Superficiales (kWh)	Potabilización (kWh)	Desalación (kWh)	Rebombeo (kWh)	Total (kWh)	En aducción	Registr.
Lucainena de las T.	40.033	0	0	0	0	40.033	0,78	2,10
Lúcar	22.624	0	0	0	0	22.624	0,26	0,34
Macael	245.355	0	0	0	0	245.355	0,46	0,72
María	107.440	0	0	0	0	107.440	0,79	1,22
Mojácar	0	957.835	2.792.332	0	23.185	3.773.352	2,32	3,83
Nacimiento	7.078	0	0	0	0	7.078	0,19	0,29
Níjar	0	0	0	11.152.885	396.807	11.549.692	5,44	7,74
Ohanes	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Olula de Castro	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Olula del Río	2.184	506.800	198.313	0	0	707.298	1,28	2,37
Oria	413.632	0	0	0	0	413.632	0,71	2,45
Padules	1.693	0	0	0	0	1.693	0,04	0,10
Partaloa	37.169	0	0	0	0	37.169	0,54	1,20
Paterna del Río	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Pechina	279.351	0	0	0	0	279.351	0,79	1,22
Pulpí	0	414.860	1.209.423	0	0	1.624.283	2,31	2,93
Purchena	82.302	0	0	0	0	82.302	0,35	0,56
Rágol	6.003	0	0	0	0	6.003	0,22	0,34
Rioja	124.956	0	0	0	0	124.956	0,79	1,22
Roquetas de Mar	8.434.522	0	0	0	339.207	8.773.729	0,71	1,06
Santa Cruz de M.	13.245	0	0	0	0	13.245	0,72	1,11
Santa Fe de M.	0	16.117	0	0	0	16.117	0,43	0,66
Senés	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Serón	68.469	0	0	0	0	68.469	0,29	0,47
Sierro	130	0	0	0	0	130	0,01	0,01
Somontín	13.505	0	0	0	0	13.505	0,37	0,45
Sorbas	157.720	0	0	0	0	157.720	0,51	0,78
Suflí	2.804	0	0	0	0	2.804	0,23	0,31
Tabernas	374.469	0	0	0	0	374.469	1,14	1,75
Taberno	50.507	0	0	0	0	50.507	0,54	0,84
Tahal	38.652	0	0	0	0	38.652	1,17	1,80
Terque	35.921	0	0	0	0	35.921	1,01	1,55
Tíjola	144.824	0	0	0	0	144.824	0,41	0,62
Turre	130.761	0	0	0	0	130.761	0,45	0,79
Turrillas	7.858	0	0	0	0	7.858	0,44	0,68
Uleila del Campo	41.929	0	0	0	0	41.929	0,54	1,26
Urrácal	9.044	0	0	0	0	9.044	0,39	0,58
Veleftique	2.374	0	0	0	0	2.374	0,11	0,16
Vélez-Blanco	452.677	0	0	0	0	452.677	1,18	3,64
Vélez-Rubio	106.283	0	0	0	0	106.283	0,18	0,27
Vera	0	0	0	3.874.104	0	3.874.104	1,98	2,75
Viator	253.534	0	0	0	0	253.534	0,56	0,91
Vícar	2.405.694	0	0	0	0	2.405.694	1,36	2,10
Zurgena	0	138.315	403.225	0	104.498	646.038	2,76	3,69
Tres Villas (Las)	28.338	0	0	0	0	28.338	0,56	1,25
Ejido (El)	8.640.884	0	0	0	0	8.640.884	1,00	1,80
Mojonera (La)	1.672.017	0	0	0	0	1.672.017	0,97	3,07
Totales provincial.	46.824.420	4.482.027	11.790.180	37.434.637	1.805.325	102,34 GWh		

Tabla 5 (continuación). Consumos energéticos asociados al abastecimiento urbano de agua en 2010 en la provincia de Almería. Fuente: Elaboración propia.

El consumo de energía eléctrica asociado al abastecimiento urbano de agua ascendió en la provincia de Almería durante 2010 a 102,34 GWh, lo que arroja un ratio medio de 1,48 kWh/m³.

En función de la procedencia de los recursos, los ratios medios agua-energía son los siguientes:

- Recursos de captaciones subterráneas: 0,94 kWh/m³.
- Recursos procedentes de la desalación: 4,50 kWh/m³. En esta media provincia no se ha incluido la planta de Vera, ya que su ratio energético (1,98 kWh/m³) induce a pensar que se trata de una desalobrador.
- Recursos procedentes de transferencias externas (trasvase del Negratín), se incluye potabilización en ETAP de Galasa: 2,24 kWh/m³.

Además de estos valores de ámbito supramunicipal, se presentan en la tabla anterior los consumos totales de electricidad y los ratios kWh/m³ de cada uno de los municipios. Estos ratios se ha estimado oportuno fijarlos tanto para el agua de aducción (abastecimiento en alta), como para la facturada a los usuarios, ya que de poco servirá a un municipio tener ratios kWh/m³ bajo en aducción con rendimientos técnicos de los sistemas reducidos. Las horquillas en las que se mueven estos valores son:

- Ratio energético en aducción: [0,00 – 5,44] kWh/m³.
- Ratio energético para agua facturada: [0,00 – 7,74] kWh/m³.

Los valores nulos se corresponden con municipios que se nutren únicamente de aguas superficiales fluyentes o reguladas, en los que se ha despreciado el consumo de las bombas dosificadoras de los equipos de cloración, como se justificó anteriormente.

3.5. Emisiones de gases de efecto invernadero.

La generación de la energía eléctrica empleada en el ciclo urbano del agua provocará la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, considerada una de las causas del actual cambio climático que padecemos. La cantidad de estas emisiones de GEI por kWh producido de energía eléctrica será función de las fuentes (carbón, petróleo, gas natural, nuclear, alternativas, etc.) empleadas en la generación de la misma. Aunque existen distintos gases de efecto invernadero, habitualmente se emplea la tonelada equivalente de CO₂ como parámetro de referencia para la evaluación del impacto de las emisiones

Según datos de la Agencia Andaluza de la Energía [21], las emisiones de CO₂ asociadas a cada GWh de energía eléctrica ascendieron, según los datos disponibles de 2009, a 459,3 t de CO₂. Teniendo en cuenta que el consumo energético total de la provincia relacionado con el agua abastecimiento urbano alcanzó los 102,34 GWh, las emisiones de supusieron durante 2010 un total de 47.005 toneladas de CO₂.

En la tabla siguiente se presentan las emisiones de GEI relacionadas con el abastecimiento urbano de agua de cada uno de los municipios de la provincia y los ratios kg de CO₂ por habitante y por metro cúbico de aducción.

Municipios	Población 2010	Demanda en aducción (m ³)	Energía asociada (kWh)	Emisiones (kg de CO ₂)	Ratio kg de CO ₂ / hab.	Ratio kg de CO ₂ / m ³
Abla	1.463	112.139	61.604	28.295	19,34	0,25
Abrucena	1.367	118.363	0	0	0,00	0,00
Adra	24.512	2.513.728	1.279.940	587.876	23,98	0,23
Albánchez	814	63.736	11.928	5.479	6,73	0,09
Alboloduy	667	36.025	89.906	41.294	61,91	1,15
Albox	11.042	1.072.892	1.233.990	566.772	51,33	0,53
Alcolea	902	69.138	34.246	15.729	17,44	0,23
Alcóntar	598	45.837	17.876	8.211	13,73	0,18
Alcudia de M.	144	11.038	7.064	3.245	22,53	0,29
Alhabia	718	55.035	39.625	18.200	25,35	0,33
Alhama de Almería	3.824	293.110	193.452	88.853	23,24	0,30
Alicún	253	25.550	28.046	12.882	50,92	0,50

Tabla 6. Emisiones asociadas al abastecimiento urbano de agua en 2010 en la provincia de Almería. Fuente: Elaboración propia.

Municipios	Población 2010	Demanda en aducción (m ³)	Energía asociada (kWh)	Emisiones (kg de CO ₂)	Ratio kg de CO ₂ / hab.	Ratio kg de CO ₂ / m ³
Almería	190.013	16.000.000	36.840.000	16.920.612	89,05	1,06
Almócita	185	14.180	0	0	0,00	0,00
Alsodux	149	20.684	14.893	6.840	45,91	0,33
Antas	3.389	243.952	563.898	258.998	76,42	1,06
Arboleas	4.731	313.479	851.276	390.991	82,64	1,25
Armuña de Almanz.	339	23.955	8.930	4.102	12,10	0,17
Bacares	274	21.002	13.441	6.174	22,53	0,29
Bayárcal	358	27.441	0	0	0,00	0,00
Bayarque	233	70.192	0	0	0,00	0,00
Bédar	1.039	104.017	271.064	124.500	119,83	1,20
Beires	121	9.275	0	0	0,00	0,00
Benahadux	4.059	347.768	275.535	126.553	31,18	0,36
Benitagla	84	6.439	4.893	2.248	26,76	0,35
Benizalón	286	21.922	10.961	5.034	17,60	0,23
Bentarique	280	21.462	9.658	4.436	15,84	0,21
Berja	15.325	2.124.359	2.273.928	1.044.415	68,15	0,49
Canjáyar	1.490	114.209	28.952	13.298	8,92	0,12
Cantoria	4.001	238.420	73.173	33.608	8,40	0,14
Carboneras	8.123	770.315	2.052.769	942.837	116,07	1,22
Castro de Filabres	154	11.804	9.089	4.175	27,11	0,35
Cóbdar	165	12.647	2.403	1.104	6,69	0,09
Cuevas del Almanz.	12.891	954.494	2.204.881	1.012.702	78,56	1,06
Chercos	287	21.999	7.919	3.637	12,67	0,17
Chirivel	1.852	162.292	60.048	27.580	14,89	0,17
Dalías	3.983	305.297	0	0	0,00	0,00
Enix	469	46.720	0	0	0,00	0,00
Felix	643	70.500	2.000	919	1,43	0,01
Fines	2.434	214.009	98.444	45.215	18,58	0,21
Fiñana	2.432	186.413	0	0	0,00	0,00
Fondón	989	75.807	54.581	25.069	25,35	0,33
Gádor	3.225	365.000	364.962	167.627	51,98	0,46
Gallardos (Los)	3.828	289.133	667.897	306.765	80,14	1,06
Garrucha	8.441	536.006	1.238.174	568.693	67,37	1,06
Gérgal	1.099	84.238	51.385	23.601	21,48	0,28
Huécija	543	41.621	26.637	12.235	22,53	0,29
Huércal de Almería	15.628	1.744.744	1.172.348	538.459	34,45	0,31
Huércal-Overa	18.278	1.074.128	2.923.307	1.342.675	73,46	1,25
Íllar	421	32.270	19.039	8.745	20,77	0,27
Instinción	485	45.990	42.500	19.520	40,25	0,42
Laroya	164	8.715	128	59	0,36	0,01
Laujar de Andarax	1.799	137.893	7.722	3.547	1,97	0,03
Líjar	514	36.500	22.995	10.562	20,55	0,29
Lubrín	1.764	135.211	85.183	39.125	22,18	0,29
Lucainena de las T.	671	51.432	40.033	18.387	27,40	0,36
Lúcar	885	88.512	22.624	10.391	11,74	0,12
Macael	6.120	529.803	245.355	112.692	18,41	0,21
María	1.455	136.000	107.440	49.347	33,92	0,36
Mojácar	7.745	1.623.449	3.773.352	1.733.101	223,77	1,07
Nacimiento	486	37.252	7.078	3.251	6,69	0,09
Níjar	28.242	2.124.359	11.549.692	5.304.773	187,83	2,50
Ohanes	761	58.331	0	0	0,00	0,00
Olula de Castro	209	16.020	0	0	0,00	0,00
Olula del Río	6.733	553.782	707.298	324.862	48,25	0,59
Oria	2.888	582.194	413.632	189.981	65,78	0,33

Tabla 6 (continuación). Emisiones asociadas al abastecimiento urbano de agua en 2010 en la provincia de Almería. Fuente: Elaboración propia.

Municipios	Población 2010	Demanda en aducción (m ³)	Energía asociada (kWh)	Emisiones (kg de CO ₂)	Ratio kg de CO ₂ / hab.	Ratio kg de CO ₂ / m ³
Padules	502	38.478	1.693	778	1,55	0,02
Partaloa	898	68.832	37.169	17.072	19,01	0,25
Paterna del Río	449	34.416	0	0	0,00	0,00
Pechina	3.720	352.584	279.351	128.306	34,49	0,36
Pulpí	8.429	703.153	1.624.283	746.033	88,51	1,06
Purchena	1.772	235.326	82.302	37.801	21,33	0,16
Rágol	356	27.287	6.003	2.757	7,75	0,10
Rioja	1.361	158.172	124.956	57.392	42,17	0,36
Roquetas de Mar	85.808	12.443.416	8.773.729	4.029.774	46,96	0,32
Santa Cruz de M.	240	18.396	13.245	6.083	25,35	0,33
Santa Fe de M.	489	37.482	16.117	7.403	15,14	0,20
Senés	338	25.908	0	0	0,00	0,00
Serón	2.385	233.736	68.469	31.448	13,19	0,13
Sierro	460	22.685	130	60	0,13	0,00
Somontín	525	36.500	13.505	6.203	11,81	0,17
Sorbas	2.905	309.255	157.720	72.441	24,94	0,23
Suflí	262	12.288	2.804	1.288	4,92	0,10
Tabernas	3.626	328.482	374.469	171.994	47,43	0,52
Taberno	1.149	93.532	50.507	23.198	20,19	0,25
Tahal	431	33.036	38.652	17.753	41,19	0,54
Terque	464	35.566	35.921	16.499	35,56	0,46
Tíjola	3.955	354.961	144.828	66.520	16,82	0,19
Turre	3.791	290.580	130.761	60.059	15,84	0,21
Turrillas	233	17.859	7.858	3.609	15,49	0,20
Uleila del Campo	1.015	77.800	41.929	19.258	18,97	0,25
Urrácal	348	23.179	9.044	4.154	11,94	0,18
Velesique	295	22.612	2.374	1.090	3,70	0,05
Vélez-Blanco	2.282	384.209	452.677	207.915	91,11	0,54
Vélez-Rubio	7.138	604.095	106.283	48.816	6,84	0,08
Vera	14.371	1.956.316	3.874.104	1.779.376	123,82	0,91
Viator	5.043	450.000	253.534	116.448	23,09	0,26
Vícar	23.410	1.768.893	2.405.694	1.104.935	47,20	0,62
Zurgena	3.060	234.433	646.038	296.725	96,97	1,27
Tres Villas (Las)	655	50.206	28.338	13.016	19,87	0,26
Ejido (El)	85.389	8.670.025	8.640.884	3.968.758	46,48	0,46
Mojonera (La)	8.540	1.721.674	1.672.017	767.957	89,92	0,45
Totales provinciales	695.560	69,12 hm³	102,34 GWh	47.005 tn de CO₂	67,58	0,68

Tabla 6 (continuación). Emisiones asociadas al abastecimiento urbano de agua en 2010 en la provincia de Almería. Fuente: Elaboración propia.

3.6. Discusión de resultados obtenidos.

Durante el año 2010 la demanda urbana total de agua de la provincia de Almería ascendió a 69,18 hm³, de los cuales un 72 % procedían de aguas subterráneas, un 4 % de aguas superficiales, un 14 % de la desalación de aguas marinas y un 10 % de transferencias externas, en concreto del trasvase del Negratín. Hay que señalar la cada vez mayor utilización de recursos procedentes de desalación, principalmente en los municipios de Almería, Níjar y Vera, tendencia

que previsiblemente continuará en aumento con el paso de los años, gracias a la puesta en servicio de nuevas desaladoras, como la del Bajo Almanzora (recientemente terminada) y la de Balanegra (en construcción), y la conexión de las existentes de Carboneras y Almería con los sistemas de abastecimiento del Levante Almeriense, del Bajo Andarax, con el campo de Tabernas y con la comarca de Los Filabres. Este incremento de la proporción de las aguas desaladas en el total conllevará el aumento de la huella energética del agua, pero es, junto con las estrategias de gestión de la demanda y el control de la sobreexplotación, la única solución viable a corto plazo para la necesaria mejora del estado ecológico y de calidad de las masas de agua subterráneas y superficiales de la provincia de Almería.

El rendimiento técnico medio de los sistemas de abastecimiento de la provincia de Almería durante 2010 ascendió a un 63 %, lo que deja clara la necesidad de emprender planes de mejora de la eficiencia de los sistemas de distribución de la provincia, impulsados tanto desde los propios Ayuntamientos, como desde el resto de las administraciones públicas (provincial, autonómica y estatal). Normalmente se estima que de los consumos no facturados el 60% se corresponde con fugas y el resto con subcontaje de contadores, tomas fraudulentas, consumos municipales no registrados, etc. Por lo tanto, será necesario trabajar en el futuro en la reducción de ambas proporciones, tanto por el ahorro en recursos naturales, como por la implantación racional y socialmente justa de las políticas de recuperación de costes marcadas por la Directiva Marco de aguas y por las legislaciones estatal y autonómica que la trasponen. Además, claro está, de las ventajas económicas que reportarán estas mejoras a la explotación de los sistemas de abastecimiento.

El consumo medio por habitante de la provincia en aducción fue de 100,74 m³ al año (276 l/hab/día), dotación esta muy razonable, que entra dentro de los valores normalmente empleados en la evaluación de las demandas en los estudios de recursos hídricos.

Analizando el Borrador del Plan de la Demarcación [20] y considerando las demandas obtenidas en este trabajo para los

municipios incluidos en la demarcación del Segura (T.M. Chirivel, María, Pulpí, Veléz-Blanco y Vélez-Rubio), la demanda estimada para la provincia es de 71,77 hm³. Por lo tanto, el valor obtenido en esta investigación para el año 2010 de 69,18 hm³ es un 3,6 % inferior al recogido en la planificación.

La mayor variación con respecto a la planificación se produce en el análisis de la procedencia de los recursos empleados en abastecimiento urbano. A continuación se presenta una gráfica en la que pueden observarse las importantes diferencias al respecto.

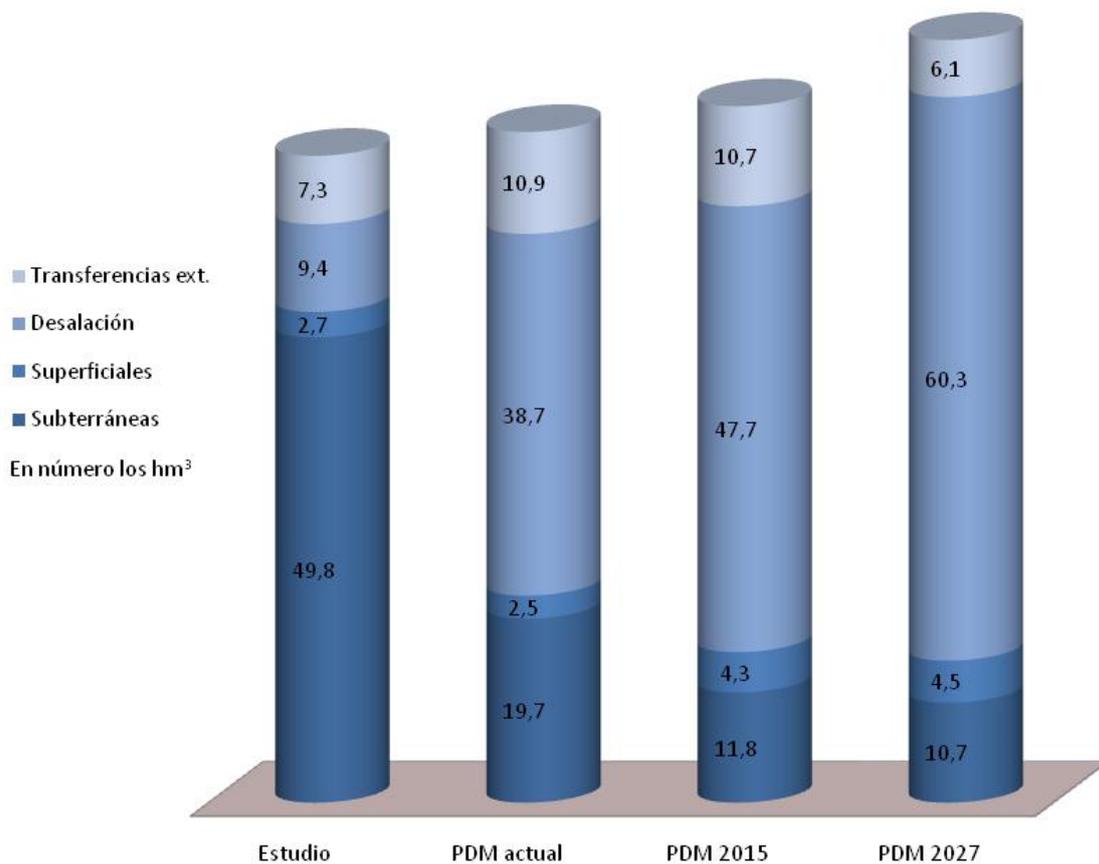


Figura 5. Demandas de abastecimiento urbano previstas por la planificación (PDM) según la procedencia del recurso, comparadas con los resultados del presente estudio. Fuente: Elaboración propia a partir de [20].

Según los datos más recientes publicados por la Agencia Andaluza de la Energía [21], el consumo de energía eléctrica de la provincia de Almería ascendió en el año 2009 a 3.035 GWh, lo que implica que el gasto energético asociado al abastecimiento urbano de agua, estimado según los resultados del presente trabajo de investigación en 102,34 GWh, supone un 3,37% del total de la energía eléctrica consumida en la provincia. Se trata de un porcentaje superior al 2,55% fijado por Hardy y Garrido a nivel nacional y muy lejos del 0,57% obtenido en el estado de California. La reducida proporción de aguas superficiales respecto a las subterráneas y el cada vez más frecuente empleo de aguas desaladas motivan que este porcentaje sea mayor en Almería. Como se mencionó con anterioridad, la creciente introducción de recursos procedentes de la desalación de agua de mar conllevará en el futuro un aumento de la proporción de la energía eléctrica relacionada con el suministro de agua respecto a la total. Será esta la parte del ciclo urbano donde las diferencias de la huella energética del agua serán mayores respecto a las de otras regiones españolas, ya que el resto de fases del ciclo no estarán tan condicionadas por las singularidades hidrológicas de la provincia de Almería.

Esta cuestión queda perfectamente reflejada en la tabla siguiente, donde se comparan los ratios energéticos medios del abastecimiento urbano de agua obtenidos en este trabajo con los fijados en los estudios de la ciudad de Valencia [13], que se nutre de aguas superficiales potabilizadas, y en el realizado a nivel nacional por Hardy y Garrido [15].

Lugar	Ratio medio abast. (kWh/m ³)
Ciudad de Valencia [13]	0,24
Media nacional [15]	1,02
Provincia de Almería	1,48

*Tabla 7. Ratios medios del abastecimiento urbano.
Fuente: Elaboración propia.*

Otra importante conclusión que se puede extraer del presente trabajo, es la idoneidad, desde un punto de vista energético, de promover la reutilización de las aguas procedentes de las estaciones de tratamiento de aguas residuales, una vez regeneradas mediante los tratamientos terciarios que precisen los usos posteriores a los que se destinen. Teniendo en cuenta que la media nacional de la regeneración de las aguas residuales y su distribución se estima en $0,59 \text{ kWh/m}^3$ [15] y comparando estos resultados con los ratios energéticos de aducción y distribución obtenidos en este trabajo, es manifiesta la idoneidad de la reutilización de las aguas residuales en gran cantidad de municipios de la provincia de Almería, siendo especialmente recomendable en municipios costeros que emplean recursos desalados, como Almería, Níjar y Vera, y en todos aquellos que reciben agua del sistema trasvase del Negratín – ETAP de Cuevas del Almanzora, es decir, en la zona del Levante Almeriense.

Por último, se ha querido efectuar una aproximación, a falta de estudios más precisos, al consumo energético que podría haber alcanzado el ciclo urbano del agua en la provincia sin considerar los denominados usos finales. Hay que señalar que las fases del ciclo que estarán más fuertemente condicionadas por las características hidrológicas del territorio son precisamente las determinadas en el presente estudio. A continuación se detallan los ratios considerados en la estimación, que se corresponden con las medias nacionales [15], y los consumos energéticos anuales de cada una de las fases del ciclo urbano del agua. Es de destacar que no se ha tenido en cuenta la reutilización y que los volúmenes que se supone son tratados en las EDAR representan el 90% de los volúmenes facturados en abastecimiento ($39,23 \text{ hm}^3$), lo que implicaría una situación, bastante irreal en la actualidad, en la que todas las aguas de la provincia fueran depuradas.

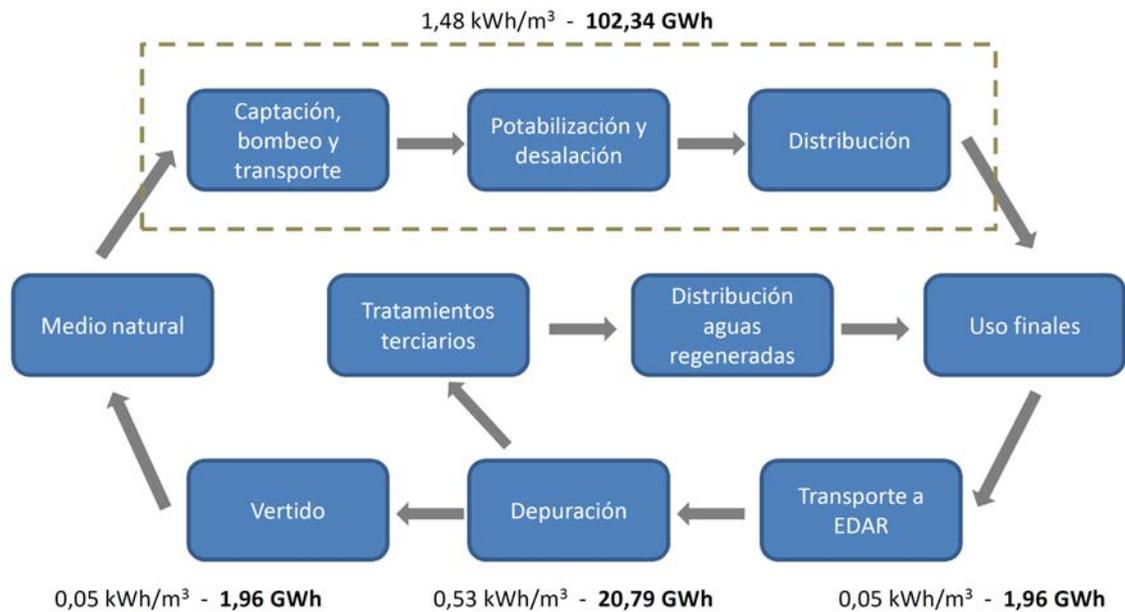


Figura 6. Estimación del consumo de energía del ciclo urbano del agua en la provincia de Almería. Fuente: Elaboración propia y [15].

Con el modelo realizado, el consumo de energía de todo el ciclo urbano del agua podrá rondar los 127,05 GWh, lo que supondría un 4,2 % del total de la energía eléctrica consumida en la provincia.

4. Conclusiones.

4. CONCLUSIONES.

La escasez y la falta de calidad de los recursos hídricos de la provincia, unidas al elevado consumo energético asociado a la entrega de los mismos a la población evidenciados en el presente trabajo de investigación, obliga a la reorientación de las tradicionales políticas de oferta hacia estrategias de gestión eficiente y sostenible de la demanda. Esta gestión deberá incidir tanto en la mejora de la eficiencia en los sistemas de aducción, como en la reducción de los consumos finales (domiciliarios, públicos, industriales, etc.). Estas acciones redundarán también de manera indirecta en la reducción de los consumos energéticos y en la minimización de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, resultantes de la generación de energía y responsables en parte del cambio climático actual, siendo este trinomio agua-energía-cambio climático una cuestión cada vez más tenida en cuenta en los países desarrollados. Además, una vez comprobado el importante consumo energético asociado al agua, debiera incidirse en la mejora de los rendimientos energéticos de las distintas etapas y procesos que abarca el ciclo urbano del agua, más aun considerando que el consumo de energía por metro cúbico continuará aumentando, al ser necesario seguir trabajando en los años venideros en la mejora de la gestión sostenible del agua y que se prevé que los efectos de cambio climático dificulten aun más el acceso de los usuarios a agua apta para uso humano.

Durante el año 2010, la demanda urbana total de agua de la provincia de Almería ascendió a 69,18 hm³, de los cuales un 72 % procedían de aguas subterráneas, un 4 % de aguas superficiales, un 14 % de la desalación de aguas marinas y un 10 % de transferencias externas, en concreto del trasvase del Negratín. Hay que destacar la cada vez mayor utilización de recursos procedentes de desalación, principalmente en los municipios de Almería, Níjar y Vera, tendencia que previsiblemente continuará en aumento con el paso de los años y que a pesar de que provocará el aumento de la huella energética del agua es, junto con las estrategias de gestión de la demanda y el control de la sobreexplotación, la única solución viable a corto plazo

para la necesaria mejora del estado ecológico y de calidad de las masas de agua subterráneas y superficiales de la provincia de Almería.

La dotación media en aducción por habitante y día de la provincia fue 276 l/hab/día en el año 2010, mientras que el consumo medio de registrados fue de 172 l/hab/día. El rendimiento técnico medio fue del 63 %, lo que deja clara la necesidad de emprender planes de mejora de la eficiencia de los sistemas de distribución de la provincia, impulsados desde ámbitos municipales, provincial, autonómico y estatal, tanto por el ahorro económico que conllevaría, como por la reducción del empleo de recursos naturales (agua y energía). Además, la mejora de los rendimientos técnicos permitiría la implantación racional y socialmente justa de las políticas de recuperación de costes marcadas por la Directiva Marco de aguas y por las legislaciones estatal y autonómica que la trasponen al ordenamiento jurídico español.

El gasto energético asociado al abastecimiento urbano de agua ascendió en el año 2010 a 102,34 GWh, suponiendo un 3,37 % del total de la energía eléctrica consumida en la provincia de Almería en ese año. Las singularidades hidrológicas de la provincia son las responsable de que esta proporción se sitúe por encima del 2,55% fijado por Hardy y Garrido [15] como media nacional. Esta proporción se prevé que cada vez sea mayor en Almería, principalmente por el aumento de aguas procedentes de desaladoras para abastecimiento de las poblaciones.

Otra importante conclusión que se puede extraer del presente trabajo, es la idoneidad, desde un punto de vista energético, de promover la reutilización de las aguas procedentes de las estaciones de tratamiento de aguas residuales una vez regeneradas, ya que comparando los ratios energéticos habituales de la reutilización con los resultados en aducción y en distribución obtenidos en este trabajo, parece manifiesta la idoneidad de la reutilización de las aguas residuales en gran cantidad de municipios de la provincia de Almería, siendo especialmente recomendable en municipios costeros

que emplean recursos desalados, como Almería, Níjar y Vera, y en todos aquellos que reciben agua del sistema trasvase del Negatín – ETAP de Cuevas del Almanzora en el Levante Almeriense.

A falta de datos más precisos, se ha realizado una estimación del consumo total de energía eléctrica que podría haber alcanzado todo el ciclo urbano del agua en la provincia, obteniéndose un total de 127 GWh, que suponen un 4,2 % del total provincial.

También se ha evaluado, en términos de emisiones de gases de efecto invernadero, el trinomio agua-energía-cambio climático, obteniendo unas emisiones durante el año 2010 de 47.005 toneladas de CO₂.

Para terminar, mencionar que los recursos destinados al abastecimiento urbano en la provincia de Almería únicamente suponen un 14,8 % del total requerido para todos los usos, según los documentos de planificación hidrológica [20]. Dado que los usos agrarios demandan 422 hm³ al año (84,4 % del total), será necesario analizar en profundidad en el futuro la relación agua-energía en la agricultura almeriense.

5. Agradecimientos.

5. AGRADECIMIENTOS.

Son muchas las personas que me han ayudado en la realización de este trabajo de investigación. En primer lugar quiero agradecer la ayuda prestada a mis Directores, Abel La Calle de la Universidad de Almería y Francisco Luís Cubillo del Canal de Isabel II de Madrid, quienes siempre me han orientado en el trabajo y con sus innumerables aportaciones al mismo lo han enriquecido de manera significativa. Abel, espero que después de esta nueva experiencia sigamos haciendo frente común por “la causa” en los foros que coincidamos.

Mención especial merece mi compañera en el Máster AQUARID María López. Gracias María, por creer en este trabajo desde al principio y colaborar incansablemente en la recopilación de la información y en la implementación de datos, siempre más de lo que debías.

Agradecer el apoyo y colaboración de mis amigos y compañeros del Área de Fomento de Diputación de Almería, Manuel Cordero, Carlos Castrillo, Fernando Trillo y Arnoldo Rodríguez. Gracias a Miguel Pérez del Servicio de Informática de Diputación de Almería por el desarrollo de una aplicación específica para la obtención de los consumos facturados anualmente.

También, dar las gracias a todas aquellas personas que con su trabajo y colaboración me han permitido disponer de la información necesaria para la elaboración del estudio, entre las que se encuentran; empleados municipales de Ayuntamientos de la provincia, entre otros, Lourdes Alonso (Ayto. de Tahal), José G. Aranda (Ayto. de Dalías), Adela M. Arcos ((Ayto. de Padules), Antonio Capel (Ayto. de Sorbas), Antonio Crisol (Ayto. de Líjar), María P. Estrada (Ayto. de Las Tres Villas), Francisco Flores (Ayto. de Felix), José M. Galera (Ayto. de Vícar), Javier Garrido (Ayto. de Almería), Sonia M. Guil (Ayto. de Alboloduy), José López (Ayto. de Turrillas), Bernardo Martínez (Ayto. de Abla), Juan A. Navarro (Ayto. de Felix), Manuel Román (Ayto. de Nacimiento), Isabel Sáez (Ayto. de Chercos), José Sánchez (Mancomunidad de Municipios del Bajo

Andarax), Francisco Segura (Ayto. de Tahal) y José M. Zamora (Ayto. de Huércal de Almería); Sonia Rodríguez de la Consejería de Medio Ambiente; personal de empresas públicas, como Juan J. Luque y Tomás Valdecantos de Acuamed; responsables de empresas concesionarias y explotadoras de los servicios, como Antonio M. Caparrós de Aguas del Almanzora S.L., Gonzalo Jiménez, Pablo Marjalizo y Emilio Santandreu de Aquagest Sur, José V. Colomina, Alejandro Jurado, Juan M. Gálvez, Pedro Pardo, F. Ramón Sáez y Daniel Sánchez de Aqualia, José M. Gómez de Befesa, Miguel A. Gimeno de Codeur, Jesús Vallejo de El Sur, Ricardo Jaramillo de Galasa y Eduardo Cano de Gestagua; y consultores como Elena Acebes de Ecomímesis, Francisco Cano, Margarita Cobos de Ecoeq, Darío Fernández de Siglo XXII y Miguel Sánchez de Aljibe Consultores.

Por último, pedir disculpas a Elena y a mi hermana María por unas cuantas semanas de "a veces estar sin estar" y darles las gracias por "todo lo demás también".

6. Referencias.

6. REFERENCIAS.

- [1] Unión Europea (2000). Directiva 200/600/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de Octubre de 2000. Diario Oficial de las Comunidades Europeas de 22/12/2000.
- [2] Gobierno de España (2008). Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de planificación hidrológica. B.O.E. nº 229 (22/9/2008).
- [3] Junta de Andalucía (2010). Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas para Andalucía. B.O.J.A. nº 155 (9/8/2010).
- [4] Llauradó, A. (1878). Tratado de agua y riegos.
- [5] Cabrera E., Cobacho R., Cabrera Jr. E., Pardo M.A. (2009). Agua y energía en España. Un reto complejo y fascinante. Jornadas de Ingeniería del Agua. Madrid. 16 p.
- [6] Cabrera E., Pardo M. A., Cabrera Jr. E. y Cobacho R. (2011). Agua, energía y eficiencia o el inaplazable reto de la sostenibilidad. VII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua. Fundación Nueva Cultura del Agua. 13 p.
- [7] Pardo M.A. (2010). Influencia de los costes del agua y la energía en la renovación de tuberías. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Valencia. 531 p.
- [8] California Energy Comisión (2005). California´s Water- Energy Relationship. Final staff report. CEC 700 – 2005 – 011 SF. California Energy Comisión. State of California.
- [9] United Kingdom Environment Agency (2008). Greenhouse gas emissions of water supply and demand management options. Science Report – SC070010, Julio 2008. Bristol.

- [10] Global Water Research Coalition (2008). Water and Energy. Report of the GWRC Research Strategy Workshop. London.
- [11] Official Journal of the European Union (2009). Call for proposals under the 2009 and 2010 work program of the 7th EC Framework Program for Research, Technological Development and Demonstration Activities, WP 2010. Official Journal of the European Union 30.07.2009. Bruselas.
- [12] Sala L. (2007). Balances energéticos del ciclo de agua y experiencias de reutilización planificada en municipios de la Costa Brava. Seminario Agua, Energía y Cambio Climático. Universidad Politécnica de Valencia.
- [13] Cabrera E., Cabrera Jr. E., Pardo M.A. y Murgui M. (2009). Estimación del consumo de energía ligado al uso del agua en la ciudad de Valencia. Jornadas de Ingeniería del Agua. Madrid. 13 p.
- [14] Corominas J. (2010). Agua y Energía en el riego en la época de la Sostenibilidad. Ingeniería del Agua. Volumen 17, nº 3.
- [15] Hardy L. y Garrido A. (2010). Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España. Papeles de Agua Virtual nº 6. Fundación Botín. Santander.
- [16] Cobacho R., Cabrera E., Pardo M.A. (2008). Necesidad de mejorar la eficiencia en la distribución y el uso de agua y energía. Semana Temática Agua, Energía y Sostenibilidad. Exposición Internacional de Zaragoza. 13 p.
- [17] Diputación Provincial de Almería (2011). Encuesta de Infraestructura y Equipamiento Local.
- [18] Diputación Provincial de Almería (2010). Mejora energética en las captaciones de agua potable de algunos municipios de la

provincia de Almería. Actuaciones de Sostenibilidad en el interior de la provincia de Almería. FEDER 2007.

- [19] Diputación Provincial de Almería (2007). Diagnóstico preventivo de captaciones de agua en situación de riesgo en la provincial de Almería.

- [20] Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (2010). Borrador del Proyecto de Plan Hidrológico de la demarcación hidrográfica de las cuencas mediterráneas andaluzas.

- [21] Agencia Andaluza de la Energía (2010). Datos energéticos de Andalucía 2009. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia. Junta de Andalucía.

- [22] Jorreto S., Sánchez F., Pulido A. (2007). Desalación y sostenibilidad de acuíferos costeros. El caso del delta del río Andarax. Boletín Geológico y Minero, 118. p. 695-708.

- [23] Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (2011). Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.

Anejos.

Anejo 1. Instalaciones de abastecimiento urbano de la provincia.

ANEJO 1. INSTALACIONES DE ABASTECIMIENTO URBANO DE LA PROVINCIA.

A continuación se describen las principales instalaciones de abastecimiento que fueron utilizadas durante el pasado año 2010 para la dotación de recursos hídricos destinados a satisfacer la demanda urbana de agua.

Desaladora de Almería.

En funcionamiento desde el año 2006, se encuentra situada en las proximidades de la desembocadura del río Andarax y dentro del delta del mismo. La instalación tiene una capacidad teórica de producción anual de 18,25 hm³ y capta las aguas de la masa subterránea O60.012 Medio-Bajo Andarax [20].

El suministro de agua bruta a la desaladora se realiza mediante una batería de pozos costeros que captan por debajo de la interfase agua dulce-agua salada del acuífero detrítico del Bajo Andarax. Para ello se ejecutaron diecinueve sondeos situados a una distancia comprendida entre 30 y 150 m de la línea de costa, con el objetivo de extraer un caudal de 1.200 l/s. La realización de estas captaciones en un acuífero donde existen usuarios con derechos adquiridos desde hace mucho tiempo obligó a establecer una red de observación del agua dulce, de la franja de transición y del agua salada, que permite conocer la respuesta del sistema a una extracción tan importante de agua. Atendiendo a la experiencia acumulada en lo que a seguimiento parcial se refiere, es probable que pueda producirse "intrusión dulce", a pesar de que los pozos de bombeo tienen toda la franja de agua dulce aislada con cemento y arcillas impermeables. En este sentido, y dado que el acuífero tiene unos usuarios tradicionales, el arrastre de agua dulce podría plantear problemas y tener consecuencias legales susceptibles de reclamación. Otro problema potencial podría ser la subsidencia que tales bombeos pueden inducir en el delta [22].



Desaladora de Almería. Foto del autor.

El agua salada es impulsada mediante bombas sumergibles hasta el depósito de agua bruta de la planta de desalación por ósmosis inversa, equipada con bastidores capaces de producir un caudal máximo de 50.000 m³/día de agua producto apta para consumo humano. Una vez tratada el agua es impulsada hasta los depósitos de la Pipa, desde donde se abastece a la ciudad de Almería y su área metropolitana.

Hay que destacar la infrautilización de la infraestructura desde su puesta en funcionamiento, ya que se sigue abasteciendo a la ciudad de Almería con los recursos subterráneos procedentes de los pozos de Bernal, atendiendo a criterios económicos. Durante el año 2010 la producción de la desaladora de Almería ascendió a 5,20 hm³, solo un 28,5% de su capacidad teórica.

Los consumos energéticos asociados al volumen de agua producido en la desaladora de Almería han sido facilitados por Befesa, empresa explotadora de la planta. Estos consumos incluyen tanto la captación del agua mediante la batería de pozos costeros, el tratamiento en la IDAM y su impulsión hasta los depósitos de La Pipa, obteniéndose un ratio energético de 4,20 kWh/m³.



*Bastidores de ósmosis inversa de la desaladora de Almería.
Foto del autor.*

Desaladora de Carboneras.

Ocupa una extensión de 45.000 m² y está situada en el polígono industrial del término municipal de Carboneras (Almería). Su ejecución comenzó en febrero de 2001 y diecisiete meses después comenzó el suministro de agua desalada. Con una producción diaria de 120.000 m³ (42 hm³/año) tiene capacidad para abastecer a una población de 500.000 habitantes equivalentes. Capta las aguas de la masa costera 610019 Cabo de Gata – Límite del P.N. Cabo de Gata [20].

Se acometió con la previsión inicial de ejecutar una segunda fase en la que se duplicaría su capacidad de producción, con lo que la planta podría suministrar 84 hm³/año. El destino inicial para los 42 hm³ de agua desalada era el regadío del Campo de Níjar (27 hm³) y el abastecimiento humano a las poblaciones del levante almeriense servidas por Galasa (15 hm³). La infrautilización de la planta para el regadío del Campo de Níjar ha motivado que se busquen nuevos usuarios, como las zonas regables de los Campos de Tabernas, de los Llanos de Almería y del valle del Almanzora. Además, desde el año

2009 el abastecimiento de agua potable al término municipal de Níjar se efectúa desde esta desaladora.



Desaladora de Carboneras en construcción. Foto cortesía de Acuamed.

La máxima producción de agua desalada precisa un volumen diario de agua bruta de 256.000 m³/día. Para la obtención de este caudal se dispuso una toma submarina abierta compuesta por dos tuberías de poliéster reforzado de fibra de vidrio de diámetro 2.000 mm, que llevan el agua por gravedad desde el mar hasta tres canales desarenadores en los que se decantan los sólidos, para después pasar a una cantara. Desde la cantara hasta los filtros de la planta, el agua circulará gracias a 14 (12+2) bombas de 200 kWh de tipo cámara partida. A partir de este bombeo la planta se divide en dos líneas independientes e idénticas.

El filtrado se realiza en dos fases. En la primera y para cada una de las líneas, el agua a tratar pasa por 22 filtros de arena capaces de

retener partículas de 80 micras. Después el agua pasa a los filtros de cartucho, existiendo 12 unidades por línea, donde quedan retenidas las partículas mayores de 20 micras.

Tras el filtrado el agua bruta se envía a las membranas de osmosis inversa mediante un bombeo de alta presión con bombas (6+1) centrífugas horizontales de cámara partida y alta presión (950 m³/h-75 bar). Cada línea de la planta cuenta con 6 bastidores, capaces de desalar cada uno de ellos 10.000 m³/s. Para la recuperación energética del rechazo de salmuera se cuenta, acoplado al eje de las bombas de alta presión, con turbinas tipo Pelton, recuperándose el 80% (66 bar.) de la energía suministrada.

El caudal máximo de rechazo, cifrado en 146.666 m³/día, es vertido por gravedad al mar mediante un emisario de diámetro 1.600 mm y longitud 1.200 m. En el vertido se produce una dilución de la salmuera al mezclarse con las aguas de refrigeración de la central térmica. Una vez que el agua producto sale de la planta pasa a un depósito de regulación de 3.500 m³ de capacidad, desde el que es bombeada hacia Venta del Pobre y hacia el Levante Almeriense.

El bombeo hacia las balsas de regulación de Venta del Pobre comienza con un bombeo parcial hasta una balsa de 100.000 m³ ejecutada con su baso en hormigón armado y situada a la cota 45 m.s.n.m.. Desde esta balsa se reimpulsa hasta las balsas de Venta del Pobre situadas a la cota 280 m.s.n.m. con una capacidad de regulación total de 200.000 m³. La impulsión tiene una longitud total de 19 km y está fabricada en tubería de diámetro 1.400 mm de acero con soldadura helicoidal.

Desde las balsas de Venta del Pobre el agua discurre por gravedad por todo el Campo de Níjar a través de una tubería de hormigón armado con camisa de chapa de diámetro 1.400 mm, que está previsto que pronto alcance las zonas regables de los Llanos de Almería. En una de las tomas de esta tubería de hormigón situada en las proximidades de la Villa de Níjar se derivan los caudales destinados al abastecimiento de agua potable del término municipal

del mismo nombre. Parte del agua de esta desaladora se destinó también durante el año 2010 al abastecimiento de agua potable del municipio de Carboneras.



A la izquierda estación de impulsión desde la desaladora de Carboneras hasta las balsas de Venta del Pobre. A la derecha Balsas de Venta del Pobre. Fotos del autor y cortesía de Dragados S.A. (derecha).

Los consumos energéticos asociados al volumen de agua procedente de la desaladora de Carboneras han sido facilitados por Acuamed, empresa pública propietaria de la planta y de los bombeos hasta las balsas de Venta del Pobre y el depósito de Carboneras. Los ratios energéticos son:

- Agua a la salida de la desaladora de Carboneras: $4,03 \text{ kWh/m}^3$.
- Agua puesta en las balsas de Venta del Pobre: $5,25 \text{ kWh/m}^3$.
- Agua puesta en el depósito de Carboneras: $4,38 \text{ kWh/m}^3$.

Trasvase del Negratín y potabilizadora de Galasa.

Ejecutado para trasvasar 50 hm^3 anuales desde el embalse del Negratín, situado dentro de demarcación hidrográfica del Guadalquivir y de la provincia de Granada, hasta distintas zonas regables del

entorno de la cuenca del río Almanzora y de los Llanos de El Saltador-Huércal-Overa, así como para mejorar el abastecimiento a los núcleos urbanos de la zona. La actuación estaba incluida en el Plan Global de Actuaciones Hidráulicas Prioritarias de la Provincia de Almería (Plan Almería) y su construcción fue gestionada por la Empresa Pública Aguas de la Cuenca del Sur, S.A., mediante convenio de financiación y explotación con Aguas del Almanzora, S.A..

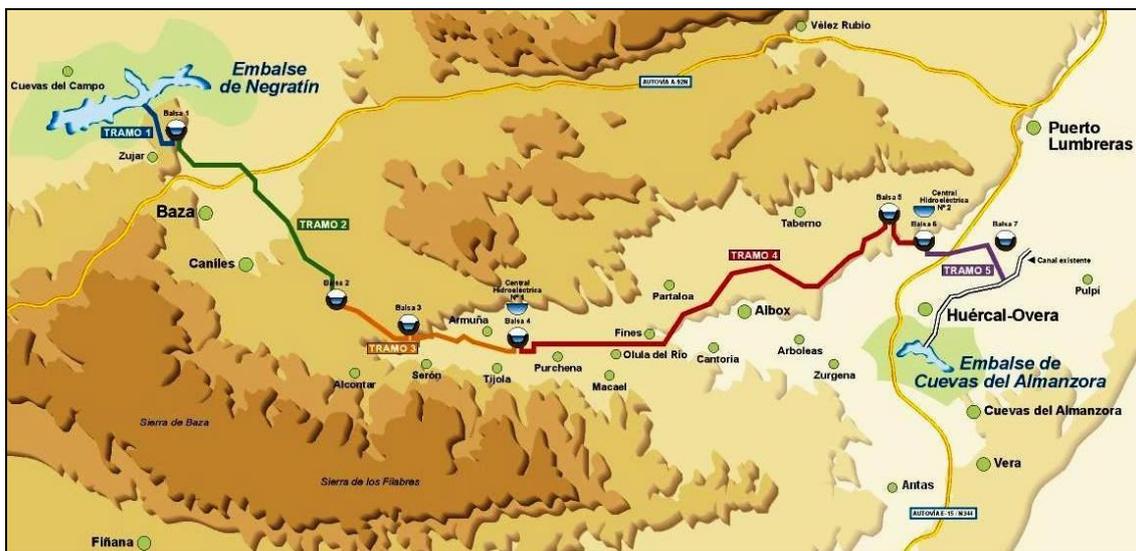


Figura 4. Esquema del trasvase del Negratín. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente.

El trasvase capta las aguas en la masa de agua artificial ES0511100056 - Embalse del Negratín de la Demarcación Hidrológica del Guadalquivir [23], siendo por tanto una transferencia desde una demarcación externa a la Mediterránea. Comienza con un bombeo situado en el embalse del Negratín, capaz de impulsar sus aguas por encima del mismo hasta una altura de 400 m, y finaliza junto a la salida sur del túnel de El Saltador del trasvase Tajo-Segura. Está formado por una canalización de 120 km de longitud y diámetro 1.200 mm, fabricada en acero con soldadura helicoidal, a excepción de sus últimos 30 km que lo están con tubería de hormigón armado con camisa de chapa, siendo capaz de trasegar un caudal de diseño de 2 m³/s. Intercaladas en el trasvase se han ejecutado un conjunto

de siete balsas de tierras impermeabilizadas con lámina de polietileno con una capacidad total de regulación de $1,3 \text{ hm}^3$. Además, la actuación contempló la colocación de dos minicentrales hidroeléctricas que se encuentran en servicio en la actualidad. La primera, situada en Tíjola, cuenta con un salto neto de 300 m y una potencia de turbina de 5,2 MW, mientras que la segunda dispone de un salto neto de 180 m, una potencia de turbina de 2,9 MW y se ubica en el paraje de los Manuales del T.M. de Huércal-Overa.



A la izquierda estación de impulsión situada junta al embalse del Negratín. A la derecha final del trasvase del Negratín. Fotos del autor y cortesía de Acuamed (izq.).

En la actualidad las aguas están siendo utilizadas en su mayor parte por las distintas comunidades de regantes que integran Aguas del Almanzora S.A., que han puesto en marcha distintos planes de mejora de sus redes de regadío. Las dotaciones destinadas a abastecimiento humano fueron utilizadas durante el año 2010 principalmente por Gestión de Aguas del Levante Almeriense, S.A. (Galasa), transportando las aguas por gravedad a través de una tubería de diámetro 700 mm de fibrocemento desde el final del trasvase (salida sur del túnel de El Saltador del trasvase Tajo-Segura) hasta la planta potabilizadora de su propiedad existente al pie del pantano de Cuevas del Almanzora. El volumen de agua total que Aguas del Almanzora entregó a Galasa durante 2010 ascendió a $5,18 \text{ hm}^3$. Además, durante el pasado año también se emplearon aguas

del trasvase para el abastecimiento humano del T.M. de Olula de Río, hasta un total de $0,55 \text{ hm}^3$.

Los consumos energéticos asociados al volumen de agua procedente del trasvase del Negratín han sido facilitados por Aguas del Almanzora S.A., empresa explotadora del mismo. Estos consumos incluyen la energía necesaria para elevar el agua desde el pantano del Negratín ($1,54 \text{ kWh/m}^3$) y la debida a otros consumos ($0,02 \text{ kWh/m}^3$), a los que habrá que resta la producción de energía hidroeléctrica de la planta de Tijola ($0,64 \text{ kWh/m}^3$) y la de la que se ubica en el paraje de Los Manueles del T.M. de Huércal-Overa ($0,33 \text{ kWh/m}^3$). Por tanto, los ratios energéticos son:

- Recursos derivados aguas arriba de la hidroeléctrica de Tijola: $1,56 \text{ kWh/m}^3$.
- Recursos derivados entre la hidroeléctrica de Tijola y la hidroeléctrica de Los Manueles: $0,92 \text{ kWh/m}^3$.
- Recursos derivados aguas abajo de la hidroeléctrica de Los Manueles o entregados al final de trasvase: $0,59 \text{ kWh/m}^3$.

De los resultados de explotación de la ETAP de Cuevas de Almanzora facilitados por Galasa para el año 2010 se deduce que el porcentaje de rechazo de la misma fue del 23,6%, lo que supone que de cada metro cúbico captado del trasvase del Negratín tan solo $0,764 \text{ m}^3$ se incorporarán a la red de abastecimiento. Esto implica que el coste energético del trasvase asociado a cada m^3 de salida de la ETAP se verá aumentado en $0,18 \text{ kWh/m}^3$. El ratio de producción de la ETAP, sumado a la impulsión hasta los depósitos de cabecera, estimado por Galasa es de $1,54 \text{ kWh/m}^3$. Se considerará que el consumo de energía de la ETAP es $1,72 \text{ kWh/m}^3$.



Planta potabilizadora de Galasa situada al pie del embalse de Cuevas del Almanzora. Foto del autor.

Pozos de Bernal.

Los pozos de Bernal, que captan aguas de la aguas masa de agua subterránea 060.013 Campo de Dalías – Sierra de Gádor [20], están situados en el término municipal de El Ejido y están compuestos por una batería de 8 sondeos, denominados Bernal 1-2-3-4-5-6-7-8, cuyos caudales de extracción confluyen en una conducción de diámetro 1.250 mm, desde la que se realiza el trasvase hacia el depósito principal de 100.000 m³ de capacidad de tipología de cubierta con membrana plástica flotante situado al norte de Aguadulce. La captación del agua se realiza a una profundidad media de 265 m. Este grupo de sondeos entró en funcionamiento a inicios de 1993 con los pozos Bernal 1, 2 y 3. Atendiendo a la mejora en la calidad de las agua que supuso para Almería la introducción en el sistema de estos sondeos, durante el verano del mismo año entran en funcionamiento los pozos Bernal 4, 5, 6 y 7, quedando fuera de uso los sondeos del Sector III que hasta entonces habían satisfecho la demanda hídrica. Finalmente, un año más tarde, se realiza la puesta en marcha del sondeo de Bernal 8. A la salida del depósito de Aguadulce se trata el agua para hacerla apta para uso humano y se

transporta hasta a Almería a través del denominado “Canal de Aguadulce”. Durante el año 2010 el volumen total de extracción de estos pozos ascendió a 10,8 hm³.

Los consumos energéticos de las aguas procedentes de los pozos de Bernal que abastecen a Almería han sido facilitados por Aqualia, empresa explotadora de los mismos. Estos consumos incluyen las impulsiones de los pozos de Bernal y el rebombado desde Aguadulce hasta Almería, cifrándose el ratio energético e 1,39 kWh/m³.

Pozos de La Calderona.

Se sitúan en el T.M. de Santa Fe de Mondújar y abastecen a la Mancomunidad de Municipios del Bajo Andarax, formada por los municipios Huércal de Almería, Viator, Pechina, Benahadux, Rioja, Gádor y Santa Fe de Mondújar. Dentro de esta denominación se incluyen 3 captaciones, normalmente conocidas como Calderona I, Calderona II y Calderona III. Los tres sondeos captan aguas de la masa de agua subterránea 060.012 Medio-Bajo Andarax [20].

El sondeo Calderona I fue ejecutado por el IGME y cedido a Diputación en el año 1983, cediendo ésta su explotación en 1986 a la Mancomunidad de Municipios del Bajo Andarax. En ese mismo año se ejecuta el sondeo de Calderona II, como complemento al existente ante el aumento de las demandas. La pérdida de rendimiento de ambos motivó que en 1992 se acometieran las obras del Calderona III. Las aguas extraídas son transportadas por gravedad hacia las poblaciones de la Mancomunidad a través de una conducción que discurre por el cauce del río Andarax. La situación de deterioro de los sondeos y las elevadas pérdidas de la conducción del río han motivado que la Junta de Andalucía esté ejecutando en la actualidad obras de mejora del sistema, además de conectarlo con la desaladora de Almería.

La gestión de este sistema de abastecimiento corrió a cargo de la Mancomunidad de Municipios del Bajo Andarax, mediante explotación

directa, hasta el 1 de junio de 2010. A partir de esta fecha la explotación pasó a manos de Aqualia, actual empresa concesionaria del servicio municipal de aguas de todos los municipios que integran la mancomunidad.

Anejo 2. Análisis para los municipios de más de 5.000 habitantes.

ANEXO 2. ANÁLISIS PARA LOS MUNICIPIOS DE MÁS DE 5.000 HABITANTES.

A continuación se presenta un estudio en profundidad de las relaciones agua-energía en todos los municipios de más de 5.000 habitantes de la provincia de Almería, ordenados por número de habitantes.

T.M. de Almería.

La población de derecho del T.M. de Almería durante el año 2010 alcanzó los 190.013 habitantes, suponiendo un 27,3% del total de la de la provincia.

A pesar de contar con la desaladora situada en el delta del río Andarax (IDAM de Almería) que tiene capacidad suficiente para abastecer a toda la población del término municipal, la falta de conexión de la misma con los depósitos que suministran agua a la zona oeste de ciudad y, fundamentalmente, sus elevados costes de explotación, sin haberse ni evaluado ni considerado nunca los costes ambientales ocasionados por la sobreexplotación de los acuíferos del Poniente, han motivado que aun hoy el 60% del volumen de aducción de Almería proceda de aguas subterráneas captadas de la masa de agua del Campo de Dalías-Sierra de Gádor, en los denominados pozos de Bernal.

Para la obtención de la información relacionada con el abastecimiento urbano de agua al término municipal se han mantenido diversos contactos con Aqualia, empresa concesionaria del servicio municipal de aguas de Almería.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Almería durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 16.000.000 m³.
 - De Pozos de Bernal: 10.800.000 m³.
 - De IDAM de Almería: 5.200.000 m³.
- Volumen total registrado: 11.800.000 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 73,8 %.

Los consumos energéticos asociados al volumen de agua procedente de la desaladora de Almería han sido facilitados por Befesa, empresa explotadora de la planta. Estos consumos incluyen tanto la captación del agua mediante la batería de pozos costeros, el tratamiento en la IDAM y su impulsión hasta los depósitos de La Pipa.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de Almería durante el año 2010 son los siguientes:

- Aguas procedentes de los pozos de Bernal.
 - Energía consumida: 15.000.000 kWh.
 - Ratio energético aducción: 1,39 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 1,88 kWh/m³.
- Aguas procedentes de la IDAM de Almería (puestas en el depósito municipal de la Pipa).
 - Energía consumida: 21.840.000 kWh.
 - Ratio energético aducción: 4,20 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 5,69 kWh/m³.

- Valores medios para el término municipal.
 - Energía consumida: 36.840.000 kWh.
 - Ratio energético aducción: 2,30 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 3,12 kWh/m³.

T.M. de Roquetas de Mar.

La población de derecho del T.M. de Roquetas de Mar durante el año 2010 alcanzó los 85.808 habitantes, suponiendo un 12,3% del total de la población de la provincia de Almería.

La totalidad de las aguas destinadas al abastecimiento urbano del término municipal de Roquetas de Mar procedieron de recursos subterráneos captados en la masa de agua subterránea del Campo de Dalías-Sierra de Gádor, mediante diversos sondeos distribuidos por el municipio.

Para la obtención de la información relacionada con el abastecimiento urbano de agua al término municipal se han mantenido diversos contactos con Aquagest Sur, empresa concesionaria del servicio municipal de aguas.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Roquetas durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 12.443.416 m³.
- Volumen total registrado: 8.297.592 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 66,7 %.

Los principales consumos energéticos del sistema estuvieron relacionados con los equipos de bombeo instalados en los sondeos de

captación de aguas subterráneas, a los que hay que sumar los correspondientes a los rebombes de El Rancho y el Sector IV.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de Roquetas de Mar durante el año 2010 son los siguientes:

- Aguas procedentes de los sondeos de captación.
 - Energía consumida: 8.434.522 kWh.
 - Ratio energético aducción: 0,68 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 1,02 kWh/m³.

- Valores medios para el término municipal.
 - Energía consumida: 8.773.729 kWh.
 - Ratio energético aducción: 0,71 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 1,06 kWh/m³.

T.M. de El Ejido.

La población de derecho del T.M. de El Ejido durante el año 2010 alcanzó los 85.389 habitantes, suponiendo un 12,3% del total de la población de la provincia de Almería.

La totalidad de las aguas destinadas al abastecimiento urbano del término municipal de El Ejido procedieron de recursos subterráneos captados en la masa de agua subterránea del Campo de Dalías-Sierra de Gádor, mediante diversos sondeos distribuidos por el municipio.

Para la obtención de la información relacionada con el abastecimiento urbano de agua al término municipal se han mantenido diversos

contactos con El Sur, empresa mixta de servicios municipales de El Ejido.

Los datos hidráulicos de explotación durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 8.670.025 m³.
- Volumen total registrado: 4.787.683 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 55,2 %.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de El Ejido durante el año 2010 son los siguientes:

- Energía consumida: 8.640.884 kWh.
- Ratio energético aducción: 1,00 kWh/m³.
- Ratio energético registrados: 1,80 kWh/m³.

T.M. de Níjar.

La población de derecho del T.M. de Níjar durante el año 2010 alcanzó los 28.242 habitantes, suponiendo un 4,1% del total de la población de la provincia de Almería.

El término municipal de Níjar se abasteció durante el año 2010 de aguas procedentes de la desaladora de Carboneras, pasando por las balsas de la Venta del Pobre y discurriendo por la conducción Venta del Pobre-Níjar hasta un depósito de regulación de la red municipal donde se procede a la cloración del agua, para ser posteriormente distribuida por el municipio.

Para la obtención de la información relacionada con el abastecimiento urbano de agua al término municipal se han mantenido diversos contactos con Emanagua, empresa mixta concesionaria del servicio municipal de aguas coparticipada por el Ayuntamiento (51%) y Aqualia (49%).

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Níjar durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 2.124.359 m³.
- Volumen total registrado: 1.491.383 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 70,2 %.

Los consumos energéticos asociados al volumen de agua procedente de la desaladora de Carboneras han sido facilitados por Acuamed, empresa pública propietaria de la planta. La energía necesaria para disponer un metro cúbico de agua en las balsas de Venta del Pobre es de 5,25 kWh. A este consumo energético será necesario sumar los correspondientes a los bombeos intermedios que se requieren para abastecer a la Villa de Níjar, Aguamarga, Fernán Pérez, Las Hortichuelas y Rodalquilar.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de Níjar durante el año 2010 son los siguientes:

- Aguas procedentes de la desaladora de Carboneras.
 - Energía consumida: 11.152.885 kWh.
 - Ratio energético aducción: 5,25 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 7,48 kWh/m³.

- Valores medios para el término municipal.
 - Energía consumida: 11.549.692 kWh.
 - Ratio energético aducción: 5,44 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 7,74 kWh/m³.

T.M. de Adra.

La población de derecho del T.M. de Adra durante el año 2010 alcanzó los 24.512 habitantes, suponiendo un 3,5% del total de la población de la provincia.

Para la obtención de la información relacionada con el abastecimiento urbano de agua al término municipal se han mantenido diversos contactos con Aquagest Sur, empresa concesionaria del servicio municipal de aguas.

La dotación de los caudales necesarios para el abastecimiento urbano se realizó de manera conjunta con recursos procedentes de sondeos que captan en la masa de agua subterránea del Delta del Adra y con caudales de aguas superficiales de las fuentes de Marbella.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Adra durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 2.513.728 m³.
 - De sondeos de captación: 2.013.728 m³.
 - De fuentes de Marbella: 500.000 m³.
- Volumen total registrado: 1.249.000 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 49,7 %.

Los principales consumos energéticos del sistema estuvieron relacionados con los equipos de bombeo instalados en los sondeos de captación de aguas subterráneas, a los que hay que sumar los correspondientes al rebombes necesario para el suministro a las barridas de El Toril, Guainos Altos, Cuatro Corrales, Fuente del Ahijado, núcleos de poniente y las zonas altas del núcleo principal.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de Adra durante el año 2010 son los siguientes:

- Aguas procedentes de los sondeos de captación.
 - Energía consumida: 1.084.775 kWh.
 - Ratio energético aducción: 0,54 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 1,08 kWh/m³.

- Valores medios para el término municipal.
 - Energía consumida: 1.279.940 kWh.
 - Ratio energético aducción: 0,51 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 1,02 kWh/m³.

T.M. de Vícar.

La población de derecho del T.M. de Vícar durante el año 2010 alcanzó los 23.410 habitantes, suponiendo un 3,4% del total de la población de la provincia de Almería.

La totalidad de las aguas destinadas al abastecimiento urbano del término municipal de Vícar procedieron de recursos subterráneas captados en la masa de agua subterránea del Campo de Dalías-Sierra

de Gádor, mediante diversos sondeos distribuidos por el municipio. La gestión del sistema de abastecimiento es de tipo municipal.

Los datos hidráulicos de explotación durante el año 2010, obtenidos del Ayuntamiento de Vícar, son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 1.768.893 m³.
- Volumen total registrado: 1.143.649 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 64,7 %.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de Vícar durante el año 2010 son los siguientes:

- Energía consumida: 2.405.694 kWh.
- Ratio energético aducción: 1,36 kWh/m³.
- Ratio energético registrados: 2,10 kWh/m³.

T.M. de Huércal-Overa.

La población de derecho del T.M. de Huércal-Overa durante el año 2010 alcanzó los 18.278 habitantes, suponiendo un 2,6% del total de la población de la provincia de Almería.

El servicio municipal de aguas de Huércal-Overa está gestionado por Galasa. El municipio se abasteció durante el año 2010 de aguas procedentes del trasvase del Negratín, una vez tratadas en la planta potabilizadora situada al pie del embalse de Cuevas del Almanzora, operada por Galasa.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Huércal-Overa durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 1.074.128 m³.
- Volumen total registrado: 825.587 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 76,9 %.

Los consumos energéticos asociados al volumen de agua procedente del trasvase del Negratín que llegarán hasta la ETAP de Cuevas del Almanzora han sido facilitados por Aguas del Almanzora S.A., empresa explotadora del mismo. Estos consumos incluyen la energía necesaria para elevar el agua desde el pantano del Negratín (1,54 kWh/m³) y la debida a otros consumos (0,02 kWh/m³), a los que habrá que resta la producción de energía hidroeléctrica de las centrales de Tíjola (0,64 kWh/m³) y de Los Manueles (0,64 kWh/m³). Por tanto, los recursos derivados aguas abajo de la hidroeléctrica de Los Manueles o entregados al final de trasvase tendrán una huella energética de 0,59 kWh/m³.

De los resultados de explotación de la ETAP de Cuevas de Almanzora facilitados por Galasa para el año 2010 se deduce que el porcentaje de rechazo de la misma fue del 23,6%, lo que supone que de cada metro cúbico captado del trasvase del Negratín tan solo 0,764 m³ se incorporarán a la red de abastecimiento. Esto implica que el coste energético del trasvase asociado a cada m³ de salida de la ETAP se verá aumentado en 0,18 kWh/m³. El ratio de producción de la ETAP, sumado a la impulsión hasta los depósitos de cabecera, estimado por Galasa es de 1,54 kWh/m³. Se considerará que el consumo de energía de la ETAP es 1,72 kWh/m³.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de Huércal-Overa durante el año 2010 son los siguientes:

- Consumos hasta los depósitos de agua producto de la ETAP de Cuevas del Almanzora.
 - Energía consumida por el trasvase: 633.736 kWh.

- Energía consumida por la ETAP: 1.847.500 kWh.
- Energía consumida total: 2.481.236 kWh.
- Ratio energético aducción: 2,31 kWh/m³.
- Consumos en rebombes hasta depósitos de regulación.
 - Volumen de aducción estimado: 1.074.128 m³.
 - Energía consumida: 442.071 kWh.
 - Ratio energético aducción: 0,41 kWh/m³.
- Valores medios para el término municipal.
 - Energía consumida: 2.923.307 kWh.
 - Ratio energético aducción: 2,72 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 3,54 kWh/m³.

T.M. de Huércal de Almería.

La población de derecho del T.M. de Huércal de Almería durante el año 2010 alcanzó los 15.628 habitantes, suponiendo un 2,2% del total de la población de la provincia.

El abastecimiento del término municipal durante el año 2010 se realizó mediante la utilización de dos fuentes de captación de aguas subterráneas. Mayoritariamente, los recursos procedieron del sondeo de La Tandilla, situado en el T.M. de Almería, que se complementó con caudales procedentes de los sondeos de La Calderona, propiedad de la Mancomunidad de Municipios del Bajo Andarax.

La gestión del abastecimiento hasta el 1 de junio de 2010 corrió a cargo del Ayuntamiento de Huércal de Almería. A partir de esta fecha la explotación pasó a manos de Aqualia, actual empresa concesionaria del servicio municipal de aguas de todos los municipios que integran la Mancomunidad del Bajo Andarax.

Para la obtención de toda la información relacionada con el abastecimiento urbano de agua al término municipal ha sido necesario entrar en contacto con el Ayuntamiento de Huércal de Almería, con la Mancomunidad de Municipios del Bajo Andarax y con Aqualia.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Huércal de Almería durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 1.744.744 m³.
 - Del pozo de La Tandilla: 1.400.000 m³.
 - De los pozos de la Calderona: 344.744 m³.
- Volumen total registrado: 840.000 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 48,1 %.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja durante el año 2010 son los siguientes:

- Aguas procedentes del pozo de La Tandilla.
 - Energía consumida: 900.000 kWh.
 - Ratio energético aducción: 0,64 kWh/m³.
- Aguas procedentes de los pozos de La Calderona.
 - Energía consumida: 272.348 kWh.

- Ratio energético aducción: 0,79 kWh/m³.
- Valores medios para el término municipal.
 - Energía consumida: 1.172.348 kWh.
 - Ratio energético aducción: 0,67 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 1,40 kWh/m³.

T.M. de Berja.

La población de derecho del T.M. de Berja durante el año 2010 alcanzó los 15.325 habitantes, suponiendo un 2,2% del total de la población de la provincia de Almería.

Para la obtención de la información relacionada con el abastecimiento urbano de agua al término municipal se han mantenido diversos contactos con Aqualia, empresa concesionaria del servicio municipal de aguas.

La dotación de los caudales necesarios para el abastecimiento urbano se realizó de manera conjunta con recursos procedentes de sondeos que captaron en la masa de agua subterránea del Campo de Dalías-Sierra de Gádor y con caudales de la galería de Maicenteno y las fuentes del Almez, El Santo y El Tajo.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Berja durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 2.124.359 m³.
 - De sondeos de captación: 1.805.705 m³.
 - De galerías y fuentes: 318.654 m³.

- Volumen total registrado: 604.619 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 28,5 %.

Los principales consumos energéticos del sistema estuvieron relacionados con los equipos de bombeo instalados en los sondeos de captación de aguas subterráneas, a los que hay que sumar los correspondientes al rebombeo necesario para el suministro al barrio de Los Cerrillos.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de Berja durante el año 2010 son los siguientes:

- Aguas procedentes de los sondeos de captación.
 - Energía consumida: 2.137.563 kWh.
 - Ratio energético aducción: 1,18 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 4,14 kWh/m³.
- Valores medios para el término municipal.
 - Energía consumida: 2.273.928 kWh.
 - Ratio energético aducción: 1,07 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 3,76 kWh/m³.

T.M. de Vera.

La población de derecho del T.M. de Vera durante el año 2010 alcanzó los 14.371 habitantes, suponiendo un 2,1% del total de la población de la provincia de Almería.

El término municipal de Vera se abasteció durante el año 2010 de agua procedente de una desalobrador explotada por Codeur, empresa mixta concesionaria del servicio municipal de aguas coparticipada por el Ayuntamiento (51%) y Key Lanzarote (49%). Las aguas son captadas de la masa de agua subterránea Cubeta de Ballabona-Sierra Lisbona-Río Antas.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Vera durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 1.956.316 m³.
- Volumen total registrado: 1.409.632 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 72,1 %.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de Vera durante el año 2010 son los siguientes:

- Energía consumida: 3.874.104 kWh.
- Ratio energético aducción: 1,98 kWh/m³.
- Ratio energético registrados: 2,75 kWh/m³.

T.M. de Cuevas del Almanzora.

La población de derecho del T.M. de Cuevas del Almanzora durante el año 2010 alcanzó los 12.891 habitantes, suponiendo un 1,9% del total de la población de la provincia de Almería.

El servicio municipal de aguas de Cuevas del Almanzora está gestionado por Galasa. El municipio se abasteció durante el año 2010 de aguas procedentes del trasvase del Negratín, una vez tratadas en la planta potabilizadora situada al pie del embalse de Cuevas del

Almanzora, operada por Galasa. Las aguas discurren por gravedad desde los depósitos de agua producto de la ETAP hasta los depósitos de Cuevas del Almanzora, Las Herrerías, Desert Springs, Las Cunas, Villaricos y Palomares.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Cuevas del Almanzora durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 954.494 m³.
- Volumen total registrado: 688.786 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 72,2 %.

Según se justificó para el T.M. de Huércal-Overa, los consumos energéticos desde el embalse del Negratín hasta la entrada de la ETAP ascienden a 0,59 kWh/m³ y desde ese lugar hasta los depósitos de cabecera de la ETAP a 1,72 kWh/m³, después de todo el proceso de potabilización.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de Cuevas del Almanzora durante el año 2010 son los siguientes:

- Energía consumida: 2.204.881 kWh.
- Ratio energético aducción: 2,31 kWh/m³.
- Ratio energético registrados: 3,20 kWh/m³.

T.M. de Albox.

La población de derecho del T.M. de Albox durante el año 2010 alcanzó los 11.042 habitantes, suponiendo un 1,6% del total de la población de la provincia de Almería.

La totalidad de las aguas destinadas al abastecimiento urbano del término municipal de Albox procedieron de recursos subterráneos captados en la masa de agua subterránea del Alto-Medio Almanzora, en concreto de cinco sondeos que abastecen a tres sistemas independientes de abastecimiento.

Para la obtención de la información relacionada con el abastecimiento urbano de agua al término municipal se han mantenido diversos contactos con Gestagua, empresa concesionaria del servicio municipal de aguas.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Albox durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 1.072.892 m³.
- Volumen total registrado: 546.167 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 50,9 %.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja durante el año 2010 son los siguientes:

- Energía consumida: 1.233.990 kWh.
- Ratio energético aducción: 1,15 kWh/m³.
- Ratio energético registrados: 2,26 kWh/m³.

T.M. de La Mojonera.

La población de derecho del T.M. de La Mojonera durante el año 2010 alcanzó los 8.540 habitantes, suponiendo un 1,2% del total de la población de la provincia de Almería.

La totalidad de las aguas destinadas al abastecimiento urbano del término municipal de La Mojonera procedieron de recursos subterráneos captados en la masa de agua subterránea del Campo de Dalías-Sierra de Gádor.

Para la obtención de la información relacionada con el abastecimiento urbano de agua al término municipal se han mantenido diversos contactos con Aquagest Sur, empresa concesionaria del servicio municipal de aguas.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de La Mojonera durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 1.721.674 m³.
- Volumen total registrado: 544.836 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 31,6 %.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de La Mojonera durante el año 2010 son los siguientes:

- Energía consumida: 1.672.017 kWh.
- Ratio energético aducción: 0,97 kWh/m³.
- Ratio energético registrados: 3,07 kWh/m³.

T.M. de Garrucha.

La población de derecho del T.M. de Garrucha durante el año 2010 alcanzó los 8.441 habitantes, suponiendo un 1,2% del total de la población de la provincia de Almería.

El servicio municipal es gestionado por Galasa. El municipio se abasteció durante el año 2010 de aguas procedentes del trasvase del Negratín, una vez tratadas en la planta potabilizadora situada al pie del embalse de Cuevas del Almanzora, operada por Galasa. Las aguas discurren por gravedad desde los depósitos de agua producto de la ETAP hasta el depósito municipal.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Garrucha durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 536.006 m³.
- Volumen total registrado: 445.875 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 83,2 %.

Según se justificó para el T.M. de Huércal-Overa, los consumos energéticos desde el embalse del Negratín hasta la entrada de la ETAP ascienden a 0,59 kWh/m³ y desde ese lugar hasta los depósitos de cabecera de la ETAP a 1,72 kWh/m³, después de todo el proceso de potabilización.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de Garrucha durante el año 2010 son los siguientes:

- Energía consumida: 1.238.174 kWh.
- Ratio energético aducción: 2,31 kWh/m³.
- Ratio energético registrados: 2,78 kWh/m³.

T.M. de Pulpí.

La población de derecho del T.M. de Pulpí durante el año 2010 alcanzó los 8.429 habitantes, suponiendo un 1,2% del total de la población de la provincia de Almería.

El servicio municipal es gestionado por Galasa. El municipio se abasteció durante el año 2010 de aguas procedentes del trasvase del Negratín, una vez tratadas en la planta potabilizadora situada al pie del embalse de Cuevas del Almanzora, operada por Galasa. Las aguas discurren por gravedad desde los depósitos de agua producto de la ETAP hasta el depósito municipal.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Pulpí durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 703.153 m³.
- Volumen total registrado: 554.225 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 78,8 %.

Según se justificó para el T.M. de Huércal-Overa, los consumos energéticos desde el embalse del Negratín hasta la entrada de la ETAP ascienden a 0,59 kWh/m³ y desde ese lugar hasta los depósitos de cabecera de la ETAP a 1,72 kWh/m³, después de todo el proceso de potabilización.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de Pulpí durante el año 2010 son los siguientes:

- Energía consumida: 1.624.283 kWh.
- Ratio energético aducción: 2,31 kWh/m³.
- Ratio energético registrados: 2,93 kWh/m³.

T.M. de Carboneras.

La población de derecho del T.M. de Carboneras durante el año 2010 alcanzó los 8.123 habitantes, suponiendo un 1,2% del total de la población de la provincia de Almería.

El servicio municipal es gestionado por Galasa. El municipio se abasteció fundamentalmente durante el año 2010 de aguas procedentes del trasvase del Negratín, una vez tratadas en la planta potabilizadora situada al pie del embalse de Cuevas del Almanzora, operada por Galasa. Las aguas discurren por gravedad desde los depósitos de agua producto de la ETAP hasta los depósitos municipales de Carboneras, El Saltador, El Llano de Don Antonio y la Cueva del Pájaro, siendo necesario reimpulsarlas hasta el depósito de La Palmerosa. Al depósito de la Cueva del Pájaro llegaron también aguas procedentes de un sondeo (6.605 m³). Además, para reforzar el suministro también fueron abastecidos 129.600 m³ desde la desaladora de Carboneras.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Carboneras durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 770.315 m³.
- Volumen total registrado: 460.580 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 71,9 %.

Según se justificó para el T.M. de Huércal-Overa, los consumos energéticos desde el embalse del Negratín hasta la entrada de la ETAP ascienden a 0,59 kWh/m³ y desde ese lugar hasta los depósitos de cabecera de la ETAP a 1,72 kWh/m³, después de todo el proceso de potabilización.

Como se mencionó con anterioridad, es necesario reimpulsar el agua para que alcance el depósito de La Palmerosa (36.052 m³ con un

ratio de 0,27 kWh/m³). El sondeo de la Cueva del Pájaro (6.605 m³) tuvo un consumo unitario de 1,60 kWh/m³.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de Carboneras durante el año 2010 son los siguientes:

- Consumos hasta los depósitos de agua producto de la ETAP de Cuevas del Almanzora.
 - Volumen de aducción estimado: 634.110 m³.
 - Energía consumida: 1.464.794 kWh.
 - Ratio energético aducción: 2,31 kWh/m³.

- Consumos desde la desaladora de Carboneras hasta el depósito municipal.
 - Volumen de aducción estimado: 129.600 m³.
 - Energía consumida: 567.648 kWh.
 - Ratio energético aducción: 4,38 kWh/m³.

- Valores medios para el término municipal incluidos el rebombeo de la Palmerosa y el sondeo de la Cueva del Pájaro.
 - Energía consumida: 2.052.769 kWh.
 - Ratio energético aducción: 2,66 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 4,46 kWh/m³.

T.M. de Mojácar.

La población de derecho del T.M. de Mojácar durante el año 2010 alcanzó los 7.745 habitantes, suponiendo un 1,1% del total de la población de la provincia de Almería.

El servicio municipal es gestionado por Galasa. El municipio se abasteció durante el año 2010 de aguas procedentes del trasvase del Negratín, una vez tratadas en la planta potabilizadora situada al pie del embalse de Cuevas del Almanzora, operada por Galasa. Las aguas discurren por gravedad desde los depósitos de agua producto de la ETAP hasta los depósitos municipales de Macenas, Las Marinas, Los Gurullos y Marina la Torre, siendo necesario reimpulsarlas hasta los depósitos de El Jaramel y el Sopalmo.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Mojácar durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 1.623.449 m³.
- Volumen total registrado: 985.799 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 60,7 %.

Según se justificó para el T.M. de Huércal-Overa, los consumos energéticos desde el embalse del Negratín hasta la entrada de la ETAP ascienden a 0,59 kWh/m³ y desde ese lugar hasta los depósitos de cabecera de la ETAP a 1,72 kWh/m³, después de todo el proceso de potabilización.

Como se mencionó con anterioridad, es necesario reimpulsar el agua para que alcance los depósitos de El Jaramel (124.465 m³ con un ratio de 0,18 kWh/m³) y el de Sopalmo (19.515 m³ con un ratio de 0,04 kWh/m³).

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de Mojácar durante el año 2010 son los siguientes:

- Consumos hasta los depósitos de agua producto de la ETAP de Cuevas del Almanzora.
 - Volumen de aducción estimado: 1.623.449 m³.
 - Energía consumida: 3.750.167 kWh.
 - Ratio energético aducción: 2,31 kWh/m³.

- Valores medios para el término municipal incluidos los rebombes del Jaramel y el Sopalmo.
 - Energía consumida: 3.773.352 kWh.
 - Ratio energético aducción: 2,32 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 3,83 kWh/m³.

T.M. de Vélez Rubio.

La población de derecho del T.M. de Vélez Rubio durante el año 2010 alcanzó los 7.138 habitantes, suponiendo un 1% del total de la población de la provincia de Almería.

El abastecimiento municipal se realizó principalmente desde las fuentes de La Teja y Los Molinos, complementándose con recursos procedentes de un sondeo de captación de aguas subterráneas situado al sur del polígono industrial que aporta agua al depósito principal y al que abastece al polígono. La gestión del servicio de aguas es municipal.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Vélez Rubio durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción estimado: 560.946,00 m³.
 - De fuentes y manantiales: 392.662,20 m³.
 - De sondeo de captación: 168.283,80 m³.
- Volumen total registrado: 392.662,00 m³.
- Rendimiento técnico del sistema estimado: 70,0 %.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de Vélez Rubio durante el año 2010 son los siguientes:

- Aguas procedentes del sondeo para el abastecimiento de la población.
 - Volumen de aducción estimado: 134.627 m³.
 - Energía consumida: 79.293 kWh.
 - Ratio energético aducción: 0,59 kWh/m³.
- Aguas procedentes del sondeo para el abastecimiento del polígono industrial.
 - Volumen de aducción estimado: 33.657 m³.
 - Energía consumida: 26.990 kWh.
 - Ratio energético aducción: 0,80 kWh/m³.

- Valores medios para el término municipal.
 - Energía consumida: 106.283 kWh.
 - Ratio energético aducción: 0,19 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 0,27 kWh/m³.

T.M. de Olula del Río.

La población de derecho del T.M. de Olula del Río durante el año 2010 alcanzó los 6.733 habitantes, suponiendo un 1% del total de la población de la provincia de Almería.

Casi la totalidad de las aguas consumidas para abastecimiento urbano durante el año 2010 procedieron del trasvase del Negratín, derivándolas del mismo hacia una planta potabilizadora en la que se convierten en aptas para uso humano. Además, el municipio se abasteció de dos pequeños sondeos situados en la masa de agua subterránea del Alto-Medio Almanzora.

Para la obtención de la información relacionada con el abastecimiento urbano de agua al término municipal se han mantenido diversos contactos con Gestagua, empresa concesionaria del servicio municipal de aguas.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Olula del Río durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 553.782 m³.
 - De trasvase del Negratín: 550.870 m³.
 - De sondeos: 2.912 m³.
- Volumen total registrado: 298.383 m³.

- Rendimiento técnico del sistema: 53,9 %.

Los consumos energéticos asociados al volumen de agua procedente del trasvase del Negratín han sido facilitados por Aguas del Almanzora S.A., empresa explotadora del mismo. Estos consumos incluyen la energía necesaria para elevar el agua desde el pantano del Negratín ($1,54 \text{ kWh/m}^3$) y la debida a otros consumos ($0,02 \text{ kWh/m}^3$), a los que habrá que resta la producción de energía hidroeléctrica de la planta de Tíjola ($0,64 \text{ kWh/m}^3$). De los resultados de explotación de la ETAP de Olula del Río facilitados por Gestagua para el año 2010 se deduce que el porcentaje de rechazo de la misma fue del 10%, lo que supone que de cada metro cúbico captado del trasvase del Negratín tan solo $0,9 \text{ m}^3$ se incorporarán a la red de abastecimiento. Esto implica que el coste energético del trasvase asociado a cada m^3 de salida de la ETAP se verá aumentado en $0,10 \text{ kWh/m}^3$. El ratio de producción de la ETAP estimado por Galasa es de $0,26 \text{ kWh/m}^3$. Se considerará que el consumo de energía de la ETAP es $0,36 \text{ kWh/m}^3$.

Los datos energéticos de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja del T.M. de Almería durante el año 2010 son los siguientes:

- Aguas procedentes del transvase del Negratín.
 - Energía consumida por el trasvase: 506.800 kWh.
 - Energía consumida por la ETAP: 198.313 kWh.
 - Energía consumida total: 707.298 kWh.
 - Ratio energético aducción: $1,27 \text{ kWh/m}^3$.
 - Ratio energético de registrados: $2,36 \text{ kWh/m}^3$.

- Aguas procedentes de sondeos.
 - Energía consumida: 2.184 kWh.
 - Ratio energético aducción: 0,75 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 1,39 kWh/m³.

- Valores medios para el término municipal.
 - Energía consumida: 707.102 kWh.
 - Ratio energético aducción: 1,28 kWh/m³.
 - Ratio energético de registrados: 2,37 kWh/m³.

T.M. de Macael.

La población de derecho del T.M. de Macael durante el año 2010 alcanzó los 6.120 habitantes, suponiendo un 0,9% del total de la población de la provincia de Almería.

El abastecimiento del término municipal durante el año 2010, gestionado por Galasa, se realizó exclusivamente mediante la utilización de captaciones de aguas subterráneas municipales situadas en el término.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Macael durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 529.803 m³.
- Volumen total registrado: 341.928 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 64,5 %.

Los datos energéticos facilitados por Galasa de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja durante el año 2010 son los siguientes:

- Energía consumida: 245.355 kWh.
- Ratio energético aducción: 0,46 kWh/m³.
- Ratio energético registrados: 0,71 kWh/m³.

T.M. de Viator.

La población de derecho del T.M. de Viator durante el año 2010 alcanzó los 5.043 habitantes, suponiendo un 0,7% del total de la población de la provincia de Almería.

El abastecimiento del término municipal durante el año 2010 se realizó exclusivamente mediante la utilización de captaciones de aguas subterráneas municipales situadas en el término municipal.

La gestión del abastecimiento hasta el 1 de junio de 2010 corrió a cargo del Ayuntamiento de Viator. A partir de esta fecha la explotación pasó a manos de Aqualia, actual empresa concesionaria del servicio municipal de aguas de todos los municipios que integran la Mancomunidad del Bajo Andarax.

Para la obtención de toda la información relacionada con el abastecimiento urbano de agua al término municipal ha sido necesario entrar en contacto con el Ayuntamiento de Huércal de Almería, con la Mancomunidad de Municipios del Bajo Andarax y con Aqualia.

Los datos hidráulicos de explotación del T.M. de Viator durante el año 2010 son los siguientes:

- Volumen total de aducción: 450.000 m³.

- Volumen total registrado: 279.000 m³.
- Rendimiento técnico del sistema: 0,62 %.

Los datos energéticos facilitados por Aqualia de la explotación del ciclo integral del agua de uso urbano desde la aducción hasta la distribución en baja durante el año 2010 son los siguientes:

- Energía consumida: 1.233.990 kWh.
- Ratio energético aducción: 1,15 kWh/m³.
- Ratio energético registrados: 2,26 kWh/m³.