

CASO DE ESTUDIO PPP FOR CITIES

AGOSTO 2021

CICLO INTEGRAL DEL AGUA EN LA CIUDAD DE ALMERÍA (ANDALUCÍA, ESPAÑA)

Juan Piedra
Joan Enric Ricart
Jordi Salvador



**PPP for
CITIES**
Specialist Centre
on PPP in Smart and
Sustainable Cities



Con la colaboración de

aqualia

Con el apoyo de:



CICLO INTEGRAL DEL AGUA EN LA CIUDAD DE ALMERÍA (ANDALUCÍA, ESPAÑA)

Juan Piedra
Joan Enric Ricart
Jordi Salvador

AGOSTO 2021

PPP FOR CITIES

El Specialist Centre on PPPs in Smart and Sustainable Cities (PPP for Cities) es un centro de investigación, innovación y asesoramiento que tiene como objetivo proporcionar a las administraciones públicas de todo el mundo apoyo en la organización, gestión y desarrollo de proyectos de colaboración entre el sector público y el privado, en el ámbito de las ciudades inteligentes.

Se trata, asimismo, de una plataforma de asociación entre empresas y administraciones a nivel global donde pueden explorar a fondo la dinámica de las asociaciones público-privadas, crear guías de buenas prácticas y estándares, y diseñar soluciones a los problemas a los que enfrentan las ciudades.

El centro está dirigido por el IESE Business School y forma parte del programa sobre PPP del International Centre of Excellence de las Naciones Unidas (UNECE). Cuenta con el apoyo y el patrocinio del Ayuntamiento de Barcelona y de otras administraciones públicas, y de empresas privadas.

Preparado por el Specialist Center on PPP in Smart and Sustainable Cities, perteneciente a los International Centers of Excellence on PPP de la UNECE, del Public-Private Sector Research Center del IESE Business School, como documento de interés para el estudio de las APP y no para ilustrar la gestión eficaz o ineficaz de una situación administrativa.

Este documento ha sido elaborado con información facilitada por Aqualia y forma parte de los casos de estudio de asociaciones público-privadas (APP) realizados para la CAF – Banco de Inversiones.

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida o guardada en un sistema de recuperación, usado en una hoja de cálculo, o transmitido de ninguna forma —electrónica, mecánica, fotocopiándolo, grabada u otra— sin el permiso por escrito del autor.

Equipo de trabajo

Juan Piedra

Asistente de investigación

Joan Enric Ricart

Profesor de Dirección Estratégica en IESE Business School

Jordi Salvador

Gerente del Public-Private Sector Research Center

Edición: Caja Alta Edición & Comunicación: www.cajaalta.es

Diseño: IESE Business School: www.iese.edu

ÍNDICE

Resumen	06
1. Antecedentes del proyecto	09
1.1. Localización y entorno del proyecto	09
1.2. Ciclo integral del agua	10
1.3. Marco tarifario: flujo de pagos	13
2. Licitación del proyecto	15
2.1. Licitación	15
2.2. Propuesta ganadora	17
3. El contrato. Inversiones, operación y retribución	18
3.1. Inversiones	18
3.2. Operación	21
3.3. Ingresos del concesionario	23
4. Empresa concesionaria	24
5. Riesgo: gestión y mitigación	25
6. Gobernanza	27
7. Impacto económico	28
8. Impacto del proyecto sobre los agentes	30
8.1. Administración	30
8.2. Residentes	30
8.3. Medioambiente	31
8.4. Empresa concesionaria	31
9. Características externas del proyecto	32
9.1. Condiciones económicas	32
9.2. Condiciones legales/legislativas	33
9.3. Condiciones medioambientales	33
10. Conclusiones	35
10.1. Metodología APP	35
10.2. Objetivos de desarrollo sostenible	36
10.3. Estrategia de ciudad	38
11. Conclusiones	39
Bibliografía	41
Apéndice A: Innovación en I+D	43

Listado de siglas y acrónimos

- APP:** asociación público-privada
- BioSol:** Bio-Solar Water Recycling
- BSP:** *Bio-Solar Purification*
- Capex:** *capital expenditure* (inversión en capital)
- CE:** Comisión Europea
- CETIM:** Centro Tecnológico de Investigación Multisectorial
- DAF:** *dissolved air flotation* (sistema de flotación por aire disuelto)
- DQO:** demanda química de oxígeno
- EBAR:** estación de bombeo de aguas residuales
- EDAR:** estación depuradora de aguas residuales
- EPC:** *engineering, procurement, and construction* (ingeniería, contratación y construcción)
- ESP:** peseta (divisa utilizada en España desde 1868 hasta 1999)
- EUR:** euro
- FC:** fibrocemento
- FCC:** Fomento de Construcciones y Contratas
- FD:** fundición dúctil
- I+D:** investigación y desarrollo
- IDAM:** instalación desaladora de agua del mar
- IECA:** Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía
- Incover:** Innovative Eco-Technologies for Resource Recovery from Wastewater
- INE:** Instituto Nacional de Estadística
- IO:** *input-output*
- IPC:** índice de precios al consumo
- O&M:** *operation & management* (operación y mantenimiento)
- OMT:** operación, mantenimiento y transferencia
- ONU:** Organización de las Naciones Unidas
- PE:** polietileno
- People-first PPP:** *People-first Public-Private Partnership*
- Phoenix:** Perfluorinated Compounds Holistic Environmental Interinstitutional Experience
- PIB:** producto interior bruto
- PITA:** Parque Científico-Tecnológico de Almería
- PVC:** policloruro de vinilo
- RD:** Real Decreto
- Sabana:** Sustainable Algae Biorefinery for Agriculture and Aquaculture
- SCADA:** *supervisory control and data acquisition*
- SIG:** sistemas de información geográfica
- Ulises:** Upgrading Wastewater Treatment Plants by Low Cost Innovative Technologies for Energy Self-Sufficiency and Full Recycling
- UE:** Unión Europea
- UNECE:** United Nations Economic Commission for Europe (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa)
- UTE:** Unión Temporal de Empresas

Resumen

La ciudad de Almería se sitúa en el sureste de la península ibérica, una de las regiones más secas de España como consecuencia de su clima subdesértico y sus bajos niveles de pluviosidad. Esta climatología ha supuesto históricamente un importante desafío para el desarrollo económico tanto de la urbe como de la región, pero, a la vez, ha sido un fuerte incentivo para la implementación de medidas destinadas a la gestión eficiente del agua. Esto último ha sido precisamente lo que ha permitido a la región desarrollar una economía impulsada por los sectores hortofrutícola y turístico, haciendo de esta ciudad un centro de desarrollo económico regional y un polo de atracción de población.

Una gestión eficiente del ciclo integral del agua (producción, suministro, distribución, saneamiento y depuración), la modernización de las infraestructuras y los equipamientos, así como el establecimiento de los incentivos adecuados a los residentes para hacer un consumo más responsable de este bien escaso, han permitido dar respuesta a las crecientes demandas de consumo de agua en la región, manteniendo la sostenibilidad medioambiental.

Aqualia es la empresa que gestiona actualmente todas las plantas que intervienen en dicho proceso en esta ciudad, a excepción de la planta desaladora, a través de un contrato de concesión administrativa con el Ayuntamiento de Almería que se remonta a 1993. Las infraestructuras gestionadas por la empresa incluyen:

- Ocho pozos acuíferos (pozos del Bernal).
- Depósito regulador de 100.000 m³.
- Cloración cabecera (para la potabilización del agua de los pozos).
- 19 depósitos de distinta capacidad dentro de la red de alta de abastecimiento.
- 788 kilómetros de redes de abastecimiento.
- Redes de alcantarillado con 642 kilómetros de colectores.
- Estación depuradora de aguas residuales (EDAR) de Cabo de Gata (dentro del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar).
- EDAR El Bobar (zona metropolitana donde se concentra el 85% del agua residual generada en el municipio).
- EDAR El Toyo (que presta su servicio a la zona de Retamar-El Toyo, a fin de descargar la contaminación producida por la EDAR de El Bobar).

La incorporación del concesionario privado a la gestión de una infraestructura de propiedad pública permitió realizar inversiones pendientes para mejorar y ampliar el equipamiento existente, así como aportar el conocimiento y la experiencia de una empresa multinacional, a la vez que facilitaba la transferencia de riesgos de construcción, operación y mantenimiento (O&M) desde el sector público hasta el sector privado.

Todas estas inversiones permitieron un importante incremento de la eficiencia en la red, y una importante reducción del consumo energético, minimizando así su impacto ambiental.

De forma paralela, en la EDAR El Toyo se han desarrollado varios proyectos de investigación, tales como, por ejemplo, las iniciativas Sustainable Algae Biorefinery for Agriculture and Aquaculture (Sabana), Innovative Eco-Technologies for Resource Recovery from Wastewater (Incover) y Bio-Solar Water Recycling (BioSol) (los dos primeros se encuadran dentro de Horizonte 2020¹, y el tercero, en LIFE²), que mediante tecnología innovadora basada en microalgas se obtiene agua tratada apta para su reutilización en el riego de zonas verdes y campos de golf. Ello permite impulsar la actividad económica de la región, además de la generación de otros subproductos de alto valor añadido tales como fertilizantes.

¹ Horizonte 2020 era el instrumento financiero que implementaba las políticas de innovación en la Unión Europea (UE) y tenía por objetivo garantizar la competitividad de Europa a nivel global en un periodo de siete años (2014-2020).

² El Programa de Medio Ambiente y Acción por el Clima (LIFE), creado en el año 1992, conforma el mecanismo de financiación de la UE para el medioambiente y el clima.

A su vez, está en fase de implantación otro proyecto LIFE —vigente hasta el año 2024—, denominado “Perfluorinated Compounds Holistic Environmental Interinstitutional Experience” o “Phoenix”, que estudia y analiza los sistemas más vanguardistas en la regeneración y reutilización de aguas residuales, así como la eliminación de los microplásticos y otras sustancias contaminantes.

En el caso de la EDAR El Bobar, se está desarrollando el proyecto LIFE Upgrading Wastewater Treatment Plants by Low Cost Innovative Technologies for Energy Self-Sufficiency and Full Recycling (Ulises) de economía circular, aplicada a escala real, basado en la purificación y el enriquecimiento de biogás para producir biocombustible vehicular, biofertilizantes agrícolas y agua apta para reutilizar, a partir de aguas residuales.

El funcionamiento de la concesión ha permitido avanzar de manera firme en el cumplimiento de algunos de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), más concretamente en el número 3, “Salud y bienestar”; el número 6, “Agua limpia y saneamiento”; el número 8, “Trabajo decente y crecimiento económico”; el número 9, “Industria, innovación e infraestructuras”; el número 13, “Acción por el clima”; el número 14, “Vida submarina”; y el número 17, “Alianzas para lograr los objetivos”.

En cuanto al impacto económico de la inversión directa e indirecta realizada por Aqualia, este estudio estima que asciende a 191,49 millones de euros, esto es, un 0,11% del producto interior bruto (PIB) regional en el 2019.

Con este proyecto, Almería se ha convertido en un centro de referencia en el uso eficiente del agua y en un ejemplo en el uso de tecnologías inteligentes dentro del sector, que han permitido superar las exigentes limitaciones impuestas por su clima y favorecer un desarrollo económico sostenible en la región, lo que supone un indudable impacto positivo directo sobre su población.

Localización: Almería, Andalucía (España).

Características del contrato de APP

Tipo de proyecto: *greenfield*¹.

Modo de entrega: concesión.

Inversión privada total por periodos²:

- 1993-2005: inversión³ para la mejora de las infraestructuras de 21.512.358 de euros⁴ y un canon anticipado de 7.012.890 euros. Inversión total en el periodo: 28.525.248 euros.
- 2006-2020: inversión de 41.883.920 euros para la modernización y mejora de la infraestructura; 14.341.862 euros en concepto de canon anual⁵. Inversión total en el periodo: 56.225.782 euros.

Inversión privada total (1993-2020): 84.751.030 euros.

Pliego de bases generales de la contratación: 18 de junio del 1992.

Presentación de ofertas: 17 de julio del 1992.

Apertura de plicas: 11 de agosto del 1992.

Firma del contrato: 9 de noviembre del 1992.

Inicio del contrato: 4 de diciembre del 1992.

Inicio de operaciones: 1 de enero del 1993.

Duración del contrato: 20 años, además de otros 20 de prórroga (1993-2032).

Fin de operaciones: 31 de diciembre del 2032, después de la extensión del contrato en el 2006 asociado a la nueva inversión realizada en la infraestructura.

Método de pago al concesionario: tiene como origen el pago de la tarifa por parte de los abonados según la ordenanza municipal. Inicialmente, la remuneración al concesionario se realizó a partir del coste unitario (en adelante, “tarifa”⁶) licitado, actualizado anualmente según la fórmula polinómica establecida.

Posteriormente, y vinculada a los efectos de la crisis económica, se estableció una nueva forma de retribución, basada en la tarifa según la ordenanza municipal actualizada de manera indexada al 90% del índice de precios al consumo (IPC) anual.

Autoridad contratante: Ayuntamiento de Almería.

¹ Proyecto consistente en la nueva construcción o renovación de una infraestructura, en la que existe una importante inversión en capital (*capital expenditure* [capex]), conllevando riesgo de construcción.

² El contrato inicial se firmó en 1993 por un periodo de 20 años, ampliándose en el 2006 para dar respuesta a las necesidades de inversión adicional en la infraestructura.

³ El contrato se licitó en pesetas, moneda española en vigor en 1992. El euro se adoptó siete años después —en 1999—, con un tipo de cambio de 166.386 pesetas por euro, aunque no fue hasta el 2002 que entró en circulación. Por simplicidad, los importes se presentan en euros al tipo de cambio prevalente en 1999 y actualizados por inflación a fecha de diciembre del 2020 —año de cierre del presente caso—. Véase: <https://www.ine.es/calcula/calcula.do>.

⁴ Incluía una inversión inicial y una dotación económica anual destinada a infraestructuras.

⁵ A partir del 2010, se adoptó un sistema de pago del concesionario al Ayuntamiento de Almería basado en un canon, compuesto por un importe fijo, más uno variable en función del agua facturada.

⁶ Por simplicidad, se usa el término “tarifa”, pese a no ser conceptos equivalentes. La empresa licitó, por el contrato ofreciendo un coste unitario, mientras que las tarifas las define la ordenanza municipal.

Proceso de licitación

Empresa ganadora: Sociedad de Gestión de Servicios Urbanos (Sogesur), actualmente Aqualia Gestión Integral del Agua, S. A. (Aqualia).

Financiación: en su totalidad con capital de la empresa matriz, Aqualia.

1. Antecedentes del proyecto

A continuación, se contextualiza el proyecto llevada a cabo a través de la exposición de su localización, las fases del ciclo integral del agua y del marco tarifario en el que se encuadra el proyecto.

1.1. Localización y entorno del proyecto

El proyecto se localiza en la urbe de Almería —capital de la provincia homónima—, situada en la comunidad autónoma de Andalucía (España)¹, al sureste de la península ibérica (véase la **Figura 1**). En el 2019, la ciudad contaba con una población de 198.533 habitantes², dentro de un término municipal de 298,42 km², donde reside el 28% del total de la población de la provincia (de un total de 719.820 habitantes en dicho año).

Figura 1. Localización del proyecto



Fuente: Almería (18 de abril del 2021). Basado en Wikipedia. "Archivo:EspañaLoc-Almería.svg." Wikipedia, La Enciclopedia Libre. Última modificación, 26 de junio del 2010. <https://es.wikipedia.org/wi>.

Debido a sus características geográficas e hidrográficas, es una de las regiones más secas de España³. Sin embargo, su clima exigente no ha sido un impedimento para que esta provincia haya crecido económicamente por encima de la media española en las últimas décadas. Dicho territorio ocupaba el trigésimo cuarto lugar en cuanto al producto interior bruto (PIB) per cápita del total de las 54 provincias españolas en el 2018⁴, a pesar de haber sido, en 1960, una de las regiones más empobrecidas del país⁵. Este fuerte crecimiento económico ha venido impulsado por un uso agrícola intensivo, centrado en productos hortofrutícolas⁶ y su industria, así como en un importante repunte del turismo, especialmente en los últimos años.

En el 2017, el sector agrícola de la provincia representó el 17% del PIB de la región de Andalucía, empleando a 90.000 personas.

Tanto el desarrollo económico de la provincia como el de la ciudad han sido posibles gracias, en parte, a una gestión eficiente del agua. Los entes públicos y las empresas privadas dedicadas a la gestión del agua han trabajado conjuntamente para la realización de inversiones e implementación de tecnologías innovadoras, la modernización de los sistemas de riego⁷ y una provisión eficiente del recurso, que han incluido:

- La combinación de la desalinización de agua marina con el uso de agua de acuíferos.
- El empleo de redes inteligentes de agua para minimizar pérdidas.
- La reutilización de agua depurada para regar campos de golf, jardines y espacios públicos, entre otros.

¹ En el 2018, Andalucía ocupaba la posición 227 de un total de 312 en el *ranking* de regiones europeas (*nomenclature des unités territoriales statistiques* [NUTS 2]) en cuanto a PIB per cápita.

² Instituto Nacional de Estadística (2020a).

³ Downward, S. R. y Taylor, R. (2007).

⁴ Instituto Nacional de Estadística (2020b).

⁵ Buchs, A. (2010).

⁶ Molina Herrera, J. (2005).

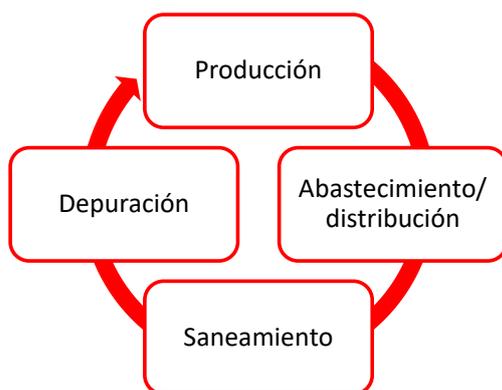
⁷ García-Valiñas, M. A. (2019).

Como resultado de esta colaboración público-privada, Almería es hoy una de las provincias más eficientes del mundo en cuanto a gestión hídrica^{8,9}.

1.2. Ciclo integral del agua

En este apartado, se describen las diferentes áreas de gestión que conforman el ciclo integral del agua en la concesión de Almería. Dicha caracterización se ordena “aguas abajo”, es decir, desde el principio hasta el final del ciclo y de vuelta al principio (véase la **Figura 2**). Este comienza con la producción de agua (que incluye la potabilización y el almacenamiento), seguida de la distribución del agua potable, el saneamiento (alcantarillado) y la depuración del recurso.

Figura 2. Ciclo integral del agua



Fuente: Elaboración propia.

1.2.1. Producción

El agua que abastece a la ciudad procede de los dos orígenes siguientes (véase la **Figura 3**):

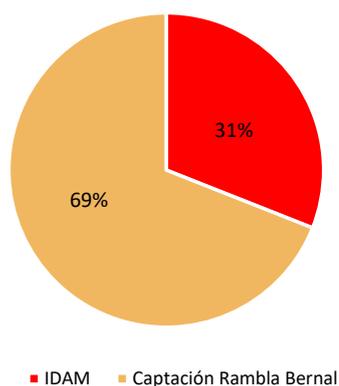
- Del acuífero Rambla Bernal¹⁰, ubicado en el municipio de El Ejido, que obtiene dicho recurso principalmente del deshielo de la parte posterior de la nieve acumulada en la cordillera de Sierra Nevada (3.479 m), y que llega a él a través de filtraciones subterráneas. Para que sea apta para el consumo humano, solo es necesario hacer una adición de hipoclorito de sodio (NaClO) en la instalación llamada “cloración cabecera”. Este acuífero se compone de 8 pozos que producen el 69% del agua distribuida en la ciudad de Almería.
- De la instalación desaladora de agua de mar (IDAM) de Almería. Su funcionamiento comenzó en el 2006, con el objetivo de apoyar la producción de agua proveniente de Rambla Bernal y tratar de evitar que la sobreexplotación de los pozos pudiera dañar gravemente el ecosistema. La planta utiliza la tecnología de ósmosis inversa y tiene una capacidad de generación de 50.000 m³/día para abastecer de agua a un promedio de 200.000 personas. En el 2019, esta forma de producción representó el 31% del agua suministrada a la urbe.

⁸ Grindlay, A. L. *et al.* (2011).

⁹ Fernández, A. (19 de julio del 2019).

¹⁰ La Rambla Bernal vierte el agua mediante 8 perforaciones a una tubería de 1.000 mm de diámetro, desde la cual se realiza el trasvase al depósito principal de regulación, que cuenta con una capacidad de 100.000 m³. Una vez tratada y apta para el consumo humano, se envía a través del canal de Aguadulce a la ciudad de Almería. Para ello, la captación de agua se realiza a una profundidad media de 265 m.

Figura 3. Origen del agua consumida en la ciudad de Almería en metros cúbicos (2019)



Fuente: Aqualia. Documento proporcionado por la empresa.

1.2.2. Abastecimiento

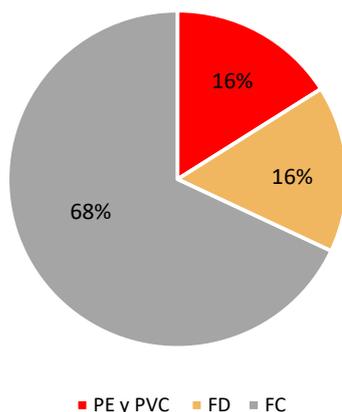
Las tareas de abastecimiento incluyen la captación, conducción del agua bruta, conducción a depósitos, gestión de depósitos reguladores, las redes generales de distribución de la ciudad y los elementos electromecánicos empleados para la elevación del agua.

La red de abastecimiento de agua comprende 19 depósitos, además de las tuberías de distribución y una serie de bombeos; todos están administrados por Aqualia, a excepción del depósito de la planta desalinizadora de Pipa Alta. Estos están interconectados y, a su vez, distribuyen el agua potable a las redes malladas de la ciudad, desde la urbanización Castell del Rey hasta el barrio de Cabo de Gata. Las capacidades de los depósitos varían entre los 200 m³ del de Cuevas de los Medina hasta los 100.000 m³ del depósito, situado en la localidad de Aguadulce.

El suministro de agua a la urbe se realiza desde los depósitos distribuidos por la totalidad del término municipal hasta el punto de toma del usuario final, bien por gravedad o mediante sistemas de bombeo. Tanto estos últimos como los depósitos están integrados en un sistema de telecontrol conectado a un centro de vigilancia, lo que permite conocer, en tiempo real, la situación de cualquiera de las bombas o el nivel de cada depósito, así como obtener datos históricos de las instalaciones.

El sistema de distribución del agua potable de la ciudad de Almería consta de 788 kilómetros de red, extendidos alrededor de 10 grandes áreas que, a su vez, se dividen en 76 sectores hidráulicos de distribución —que suelen llamarse igual que los barrios a los que llevan el suministro— y están compuestos por caudalímetros, que incorporan un sistema de registradores de datos para controlar el consumo. En cada uno de los sectores hidráulicos, hay medidores de flujo de gran calibre para el agua potable, de modo que las demandas de cada uno pueden ser conocidas en cualquier momento. Toda esta información se recoge en un punto central mediante un sistema de telemando, que permite saber, en tiempo real, tanto las demandas del sector como las de carácter anómalo de las distintas zonas, coincidiendo con las sobredemandas causadas por las roturas de las redes de agua debajo de los citados caudalímetros. La red cuenta con un total de 37.107 conexiones de suministro, 7.789 válvulas de cierre, 1.242 boquillas de riego y 1.160 bocas de incendio. En cuanto a los materiales de que están compuestas las diferentes tuberías de la red de distribución, un 68% es fibrocemento (FC); un 16%, fundición dúctil (FD); y un 16%, polietileno (PE) y policloruro de vinilo (PVC) (véase la **Figura 4**).

Figura 4. Composición de los materiales de la red de distribución



Fuente: Aqualia (2020). Obtenido de <https://www.aqualia.com/es/web/aqualia-almeria/ciclo-del-agua/abastecimiento>.

1.2.3. Saneamiento

Las tareas de saneamiento incluyen la gestión de la red municipal de alcantarillado, las estaciones de bombeo y los emisarios terrestres.

Las redes de alcantarillado se encargan de canalizar las aguas residuales producidas en la ciudad —ya sea por gravedad o a través de las estaciones de bombeo— a las EDAR. Hasta el 2019, dicho entramado contaba con 642 kilómetros de colectores, 29.646 unidades de conexiones domiciliarias y 17.588 imbornales o sumideros para la canalización del agua de lluvia.

En cuanto a la red de alcantarillado del núcleo urbano, es necesario indicar que su principal instalación es el colector general terrestre que transporta por gravedad la totalidad de las aguas residuales del núcleo urbano principal hasta la EDAR de El Bobar. Antes de llegar al colector, el agua pasa por varias estaciones de bombeo de aguas residuales (EBAR), que la recogen y elevan desde la zona costera hasta él. Por su parte, el agua residual de los núcleos periféricos, tales como La Cañada de San Urbano, El Alquíán, Costacabana y Retamar-El Toyo, se transporta mediante varias EBAR hasta la EDAR El Toyo. Todas las EBAR están conectadas a un sistema de telecontrol que, al igual que durante el abastecimiento, emite información en tiempo real de las distintas bombas, los caudales, la temperatura, etc.

1.2.4. Depuración

El proceso de depuración supone la etapa final del ciclo integral del agua. La ciudad de Almería cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales desde el año 1981, que entró en funcionamiento con la puesta en marcha de la EDAR de Costacabana. A partir de 1995, esta fue sustituida por la EDAR El Bobar, que alberga una capacidad de tratamiento de 48.000 m³/día.

En la actualidad, está en fase de construcción e implantación, en la EDAR El Bobar, un proyecto europeo de investigación y desarrollo (I+D), el LIFE Ulises, cuyo objetivo es la purificación y el enriquecimiento de biogás para producir biocombustible a partir de las aguas residuales.

En 1995, se puso en funcionamiento también la EDAR de Cabo de Gata (para tratar las aguas residuales de la barriada de San Miguel) y, en la actualidad, también se hace cargo de las que se generan en las localidades vecinas de Ruescas y Pujaire. La instalación fue diseñada para tratar hasta 750 m³/día de aguas residuales y recientemente se amplió hasta los 1.000 m³/día, adaptándose a las variaciones de caudal de estas, procedentes del turismo de la zona.

Los núcleos poblacionales de la periferia mencionados con anterioridad, tales como Costacabana, Retamar-El Toyo, El Alquíán y La Cañada de San Urbano, tratan sus aguas en la EDAR El Toyo, que fue construida en el 2004 y cuenta con una capacidad de tratamiento de 13.000 m³/día (véase la **Tabla 1**). La planta posee, además, un sistema de tratamiento terciario que produce agua de calidad adecuada para su reutilización en el riego de campos de golf y en jardines públicos. En el 2018, se implementaron

en dicha instalación tres proyectos europeos de I+D (Incover¹¹, BioSol¹² y Sabana), basados en la tecnología de las microalgas, y en breve se iniciará otro proyecto denominado “LIFE Phoenix”, orientado a la reutilización y regeneración de las aguas residuales urbanas para usos agrícolas, así como la eliminación de contaminantes emergentes y microplásticos. Dicha iniciativa constituye uno de los hitos de I+D de Aqualia (véase el **Apéndice A**).

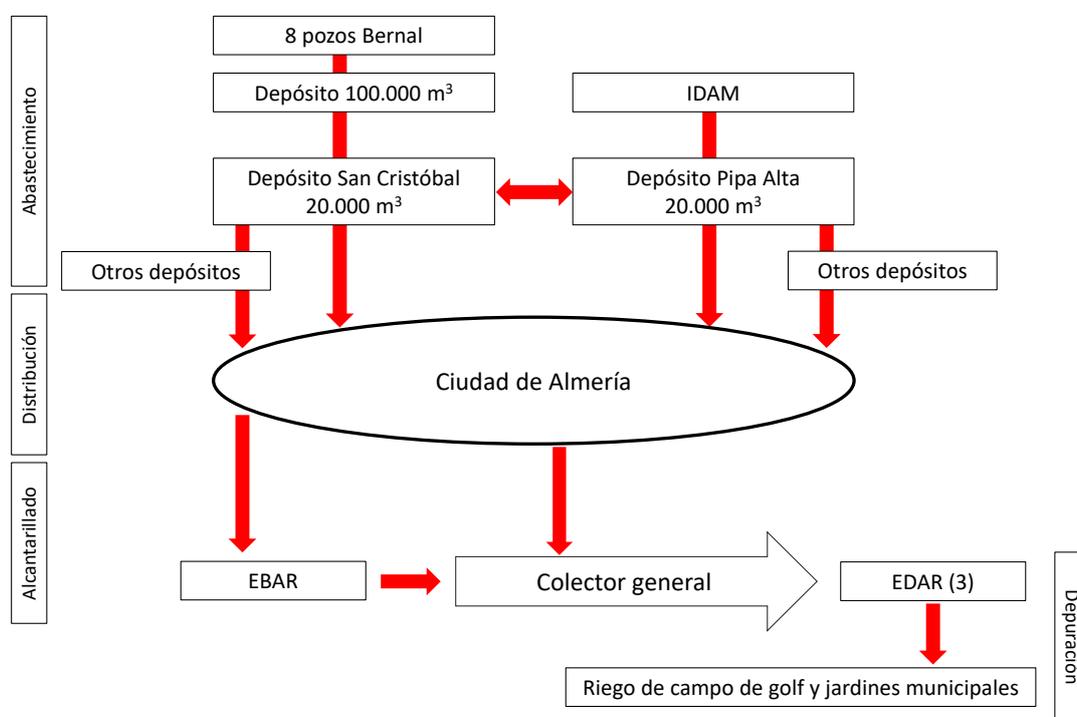
Tabla 1. Plantas de tratamiento de aguas residuales

Año	EDAR	Porcentaje del volumen total tratado	Capacidad
1995-actualidad	El Bobar	85%	48.000 m ³ /día
1995-actualidad	Cabo de Gata	2%	1.000 m ³ /día
2004-actualidad	El Toyo	13%	13.000 m ³ /día

Fuente: Aqualia (2018b). Datos proporcionados por la empresa.

La **Figura 5** recoge el ciclo integral del agua en la ciudad de Almería, desde la producción a partir del agua de los pozos hasta su posterior distribución, y finalmente su devolución y/o reutilización.

Figura 5. Ciclo integral del agua



Fuente: Elaboración propia.

1.3. Marco tarifario: flujo de pagos

El marco regulatorio español establece que los Gobiernos locales deben garantizar los servicios de agua y saneamiento a los residentes¹³. Para poder proveer dicho servicio, estos cuentan con la posibilidad de ser su administrador o externalizarlo a una empresa pública, privada o mixta¹⁴. En el caso de Almería, actualmente existe una concesión administrativa para gestionar el ciclo integral del agua de la ciudad, cuyo concesionario es la empresa privada Aqualia.

¹¹ El concepto “Incover” se ha diseñado como medida de transformación de la tecnología de saneamiento hacia una industria de recuperación de bioproductos y una fuente de agua reutilizable. <https://incover-project.eu/>.

¹² El proyecto BioSol tiene como principal objetivo el desarrollo y la validación de un sistema de depuración de las aguas residuales nuevo, eficiente y competitivo, basado en un proceso ecológico llamado “bio-solar purification” (BSP). <http://www.life-biosol.eu/>.

¹³ Según la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local.

¹⁴ García-Valiñas, M. A. (2019).

Las tarifas cobradas por parte del concesionario a los abonados por la prestación del servicio de provisión de agua y saneamiento son aprobadas de forma previa a su aplicación por el ayuntamiento y por el Gobierno autonómico. A su vez, los ingresos del concesionario derivados de la aplicación de dichas tarifas deben cubrir (en términos generales) el coste de la prestación del servicio y la recuperación de las inversiones realizadas, con el objetivo de mantener el equilibrio económico de la concesión.

A lo largo de la duración del contrato, los ingresos totales del concesionario deben sufragar el coste de los siguientes desembolsos:

- El canon, pagado por el concesionario al ayuntamiento.
- La infraestructura nueva ejecutada y las inversiones en mejora y reposición realizadas en la infraestructura (por ejemplo, las tuberías, los bombeos, los contadores de agua, etc.).
- Los costes de O&M.
- El beneficio del concesionario.

El contrato inicial de 1993 por la concesión del servicio del agua de la urbe de Almería partía de un contrato de remuneración al concesionario, basado en la tarifa ofertada por cada licitante en el concurso, siendo la empresa ganadora de la licitación (véase el apartado 3.3.) aquella que ofreciera una menor tarifa de operación¹⁵. La **Tabla 2** muestra cómo se distribuyeron las cantidades recaudadas por el servicio según el sistema de remuneración establecido aquel año, hasta 2010.

Tabla 2. Distribución de los ingresos tarifarios

Tarifa (pagada por usuario)	Remuneración al concesionario	Canon
		Inversiones en infraestructura
		Costes de O&M
		Beneficio del concesionario

Fuente: Elaboración propia.

¹⁵ A partir de 2010 la tarifa existente se indexó al 90% del IPC.

2. Licitación del proyecto

En 1992, Almería disponía de una calidad hídrica muy insuficiente, una baja eficiencia en su distribución debido a las grandes pérdidas de agua (resultado de la antigüedad de las redes de distribución) y un elevado porcentaje de hogares de la ciudad no disponía de contadores de agua. La entrada en vigor del Decreto 120/1991, de 11 de junio, por el que se aprueba el Reglamento del Suministro Domiciliario de Agua —que obligaba a dotar de contadores de agua a los almerienses para controlar su consumo en cada hogar y, consecuentemente, definir las tarifas¹⁶— era aún muy reciente y, por tanto, contaba con una limitada aplicación en la urbe.

Ante esta situación, en julio de ese mismo año, y con el objetivo de otorgar a una empresa privada la concesión de la gestión del agua y el saneamiento, además de realizar las inversiones necesarias, el Ayuntamiento de Almería publicó la licitación de la concesión administrativa del servicio público municipal de abastecimiento y distribución de agua potable y saneamiento de la ciudad.

2.1. Licitación

La empresa adjudicataria de la licitación sería aquella que cumpliera con todos los requisitos técnicos y presentara la mejor propuesta económica.

Los licitadores debían presentar una propuesta donde se especificase la tarifa del servicio de abastecimiento y saneamiento (euros/m³ de agua facturada), que incorporase los siguientes costes:

Tabla 3. Costes que debía cubrir la tarifa de licitación

Fijos	Variables
Personal	Compra de agua
Mantenimiento y conservación	Energía eléctrica
Gastos varios	Reactivos
Amortización de inversiones	Gastos generales y beneficio industrial
Gastos generales y beneficio industrial	Otros
Gastos financieros del ayuntamiento	

Fuente: Contrato administrativo para la explotación en régimen de concesión administrativa, del servicio público municipal de abastecimiento y distribución de agua potable y saneamiento. Excelentísimo Ayuntamiento de Almería. Diciembre del 1992.

Los ingresos totales del concesionario vendrían dados por la tarifa ofertada en la licitación (y actualizada anualmente, según la fórmula polinómica) multiplicada por el volumen de metros cúbicos de agua facturados.

Los licitadores también tuvieron que proponer las siguientes cifras:

- La tarifa media, tomando como base el volumen de agua que se esperaba facturar para poder calcularla. Esto tenía que determinar igualmente el beneficio o déficit potencial del servicio prestado.
- El volumen de la inversión en las obras e instalaciones del servicio (que debía recuperarse a través de la remuneración del concesionario, incluido en el coste unitario).
- El canon inicial anticipado mínimo, de cerca de 3 millones de euros¹⁷, al inicio del contrato, pudiendo ofrecer los licitadores cantidades adicionales.

¹⁶ Dicho decreto estableció que el proveedor de agua tenía la responsabilidad de facilitar los contadores a la población para llevar un correcto seguimiento de los niveles de consumo, el mantenimiento de la presión y el caudal dentro de los límites permitidos, así como la suspensión del servicio si fuera necesario. La lectura y determinación del consumo se utilizó para establecer las tarifas y aplicar los métodos de pago de las facturas.

¹⁷ 260.000.000 de pesetas (2.908.056,29 euros).

- Dotación económica anual destinada a la ampliación, renovación y mejora de las obras e instalaciones del servicio de agua, generalmente de carácter urgente, que debía ser autorizado previamente por parte del ayuntamiento. Inicialmente, esta dotación económica se estableció en 671.089 euros¹⁸.
- El suministro gratuito de un 10% del volumen de agua facturado a los servicios municipales.

Además, debían aportar una fianza de 357.000 euros¹⁹ y dos garantías:

- Una provisional, de 2.236,92 euros²⁰, que todos los licitadores tenían que depositar para formar parte de la licitación.
- Otra definitiva, de 4.473,84 euros²¹, aportada por la empresa adjudicataria, que se devolvería una vez finalizado el contrato.

La documentación tenía que presentarse en tres sobres y en ellos había que incluir el siguiente material:

- Documentación administrativa.
- Documentación de referencia de la capacidad para prestar el servicio.
- Propuesta económica.

Con la apertura del primer y el segundo sobre, se excluían del proceso a todos los licitadores que no cumplieran con los requisitos o que presentaran documentación incompleta. Posteriormente, la mesa de contratación abriría el tercero con la propuesta económica, que debía ser remitida al equipo técnico de la corporación para su análisis. Los criterios de adjudicación fueron los siguientes:

- Mejor organización propuesta para prestar el servicio.
- Mayor solvencia económica.
- Mejor propuesta económica.
- Mayor dotación gratuita para los consumos municipales.
- Mejor precio para los consumos que excedan dicha dotación.
- Discrecionalidad del ayuntamiento.
- Mayor volumen de inversiones realizadas a cargo del concesionario.
- Mejores condiciones financieras de las inversiones previstas.
- Entrega de los certificados de ayuntamientos de, al menos, 300.000 habitantes (el doble de la población estimada para Almería) en los que se hubiesen prestado servicios de distribución domiciliaria de agua potable.

Para el concurso, se presentaron cinco propuestas, cuyos sobres se abrieron en agosto de 1992. Los licitadores fueron tres uniones temporales de empresas (UTE) y dos entidades individuales:

1. Ferrovial y Cadagua.
2. Gestión y Técnicas del Agua, S. A. (Gestagua), y Société d'Aménagement Urbain et Rural (Saur).
3. Sociedad de Gestión de Servicios Urbanos, S. A. (Sogesur) —actualmente, Aqualia—
4. Construcciones Lain, S. A., Servicio Omicron, S. A. y Elsamex, S. A.
5. Aquagest.

¹⁸ 60.000.000 de pesetas anuales en 1993. Esta cantidad ha sido actualizada periódicamente (inicialmente, según la fórmula polinómica) y, en diciembre del 2020, ascendía a aproximadamente 723.000 euros anuales.

¹⁹ 32.000.000 de pesetas en 1993 (357.913 euros).

²⁰ 200.000 pesetas en 1993 (2.236 euros).

²¹ 400.000 pesetas en 1993 (4.473 euros).

De las cinco propuestas, Sogesur presentó el proyecto más ventajoso para el suministro, la distribución y el servicio de saneamiento del agua en la ciudad almeriense. Los resultados de la licitación se resumen en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Resultados de la licitación

Licitadores	Posición
Sogesur	1
Aguagest	2
Gestagua-Saur	3
Lain-Omicron-Elsamex	4
Ferrovial-Cadagua	5

Fuente: Contrato de suministro, distribución y servicio de saneamiento de agua de Almería (4 de diciembre del 1992).

2.2. Propuesta ganadora

La propuesta ganadora, de la empresa Sogesur, incluía:

- Una tarifa media de 103 ESP/m³ para el servicio de abastecimiento y saneamiento.
- Una tarifa media vigente de 119,24 ESP/m³.
- El canon anticipado a percibir por el ayuntamiento a la firma del contrato de 2.900.000 euros y de una cantidad adicional por encima del mínimo exigido por pliego, que ascendía a 4.104.833,75 euros²². En total, su oferta incluía el pago de 7.012.890 euros²³.
- La dotación, con carácter gratuito, del 10% del volumen de agua para su empleo en servicios municipales.
- Un presupuesto para inversiones en infraestructuras de 13.400.000 euros²⁴ a realizar en 4 años (1993-1996), dedicado a obras de acondicionamiento y mejoras.
- Dotación anual para infraestructuras de 671.089²⁵ euros. Esta dotación se debía destinar al pago, previa aprobación del ayuntamiento, de renovaciones por final de vida útil (generalmente, con carácter de urgencia) de la infraestructura. Dicho importe se actualizaba en la misma proporción o en el porcentaje aplicados a la revisión tarifaria.

Además de lo anteriormente citado, la empresa consignó la fianza y las garantías correspondientes.

²² 367.000.000 de pesetas (4.104.833,75 euros).

²³ 627.000.000 de pesetas (7.012.890,04 euros).

²⁴ 1.264.080 pesetas (13.397.030 euros).

²⁵ Inicialmente, 60.000 pesetas anuales.

3. El contrato. Inversiones, operación y retribución

En este apartado, se expone la información correspondiente a los detalles del contrato suscrito entre la empresa concesionaria y el ayuntamiento para llevar a cabo el proyecto de gestión del ciclo del agua en la ciudad de Almería.

3.1. Inversiones

La actual concesión se inició en 1993, cuando Sogesur (adquirida por la compañía Aqualia en el 2003) ganó la licitación para abastecer y distribuir el agua de la ciudad durante un periodo de 20 años²⁶.

El contrato, vigente en la actualidad, se ha desarrollado a lo largo de dos etapas:

1. Periodo 1993-2005

Durante esta etapa se realizaron:

- Inversiones en infraestructuras por valor de 21.512.358 euros.
- Pago del canon anticipado por importe de 7.012.890 euros²⁷ (que se debía destinar a la inversión en la infraestructura).

En total, la inversión ejecutada a lo largo de dicho periodo ascendió a 28.525.248 euros.

Los primeros cuatro años del contrato de concesión (1993-1996) se focalizaron en localizar y rectificar el funcionamiento incorrecto de la infraestructura y las pérdidas de agua, analizar el inventario del consumo municipal y determinar aquellos hogares sin contadores o que tuviesen un funcionamiento deficiente.

Aqualia instaló un total de 70.000 contadores de agua entre los consumidores, llegando a una cobertura de micromedición del 94% de la población de la urbe en 1996, tan solo tres años después de haber ganado la concesión (véase la **Figura 6**). Adicionalmente, el concesionario identificó y cartografió todas las redes de suministro de la ciudad para poder llevar a cabo una planificación óptima del servicio.

Figura 6. Evolución del número de contadores y % sobre total (1993-1996)



Fuente: Documentos proporcionados por la empresa. Información presentada en el curso de verano Agua, Agricultura y Sostenibilidad, impulsado por la Universidad de Almería y celebrado en el 2019.

²⁶ El inicio de los servicios prestados por Sogesur al municipio de Almería se remonta a los años ochenta, cuando se le adjudicó el contrato de explotación y mantenimiento de la EDAR de Costacabana.

²⁷ El contrato también establecía un canon de concesión, que se pagaría por anticipado por parte de Aqualia al Ayuntamiento de Almería, de acuerdo con el beneficio esperado que percibiera de dicha operación. Este canon no debía modificarse mientras las tarifas o el coste unitario no varían y era preciso que el ayuntamiento reinvirtiese este importe para el mantenimiento y la mejora de la infraestructura.

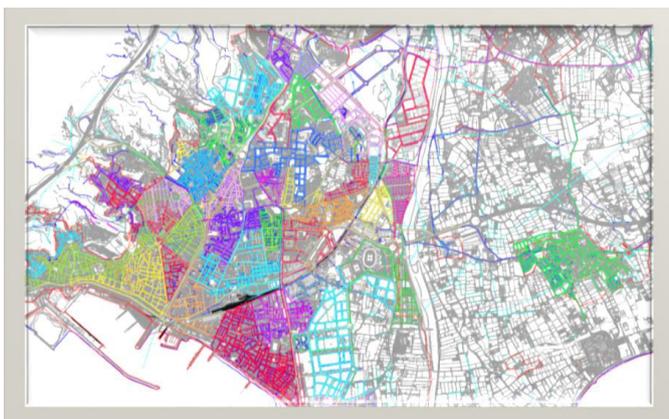
Esta etapa inicial de fuerte inversión permitió un importante ahorro en el consumo de agua, no solo por la reducción de las pérdidas mediante la sustitución de las redes deterioradas, sino también porque los nuevos contadores de agua instalados incentivaron el ahorro de este recurso natural entre los residentes.

La segunda etapa de planificación de este primer contrato se desarrolló entre los años 1997 y el 2005, en los que el concesionario se centró en la optimización de la gestión de la infraestructura y la mejora de los sistemas. Además, se llevaron a cabo nuevas inversiones en los siguientes mecanismos:

- Equipos de detección de fugas, como los prelocalizadores.
- Caudalímetro electromagnético y de inserción.
- Registradores de datos SMS.
- Renovación e instalación de nuevas válvulas para el control del sector.
- Ampliaciones de la red de transporte existente, entre otros.

A lo largo de esos años, se produjo también la actualización de la cartografía del territorio y su introducción en la nueva plataforma de sistemas de información geográfica (SIG) de Aqualia (véase la **Figura 7**), que permite una planificación y operación óptimas mediante el uso de datos georreferenciados. Así, en esta segunda etapa, también se llevó a cabo la instalación de contadores de sector para el control de volúmenes.

Figura 7. Red SIG de Aqualia



Fuente: Aqualia (2018a). Obtenido el 12 de noviembre del 2019 desde: Aplicación de las nuevas tecnologías en la gestión diaria de la red de abastecimiento de Almería.

2. Periodo 2006-2020

En el 2006, se amplió el contrato de la empresa por otros 20 años (hasta el 2032), bajo el compromiso de realizar nuevas inversiones por parte del concesionario, puesto que, en el 2004, el ayuntamiento había detectado necesidades de mejora de la infraestructura valoradas en 82.800.000 euros.

El nuevo contrato para la renovación, ampliación y mejora de la infraestructura representó a lo largo de todo el período:

- Inversión en infraestructura de 41.883.920 euros. Además, el concesionario aportó 7.300.000 euros de financiación sin ningún coste financiero adicional, con el fin de poner en marcha la desaladora.
- Aqualia asumiría hasta 200.000 euros de los costes anuales por mantenimiento que generarían dos nuevas grandes infraestructuras como eran el Parque Científico-Tecnológico de Almería (PITA) y la ampliación de la EDAR El Bobar.
- La ampliación de la garantía definitiva a 666.930,48 euros.

Además, en el 2012 (con carácter retroactivo desde el 2010), se acordó entre ambas partes un sistema de pago de canon anual (fijo y variable) del concesionario al ayuntamiento:

- Canon fijo:
 - o 0 euros (2010).
 - o 750.000 euros (2011).
 - o 1.100.000 euros (2012).
 - o 1.300.000 euros (2013).
 - o 1.500.000 euros (2014 y en adelante).

Adicionalmente, a partir del 2015, el concesionario pagaría también un canon variable calculado como el 10% de la variación positiva de los ingresos interanuales (diferencia de facturación entre ejercicios consecutivos).

La suma de los cánones anuales ascendió a lo largo del período hasta 14.341.862 de euros.

Durante este periodo, se incorporaron nuevas técnicas para detectar fugas de agua, se instalaron 19 sistemas de modulación de presión y un nuevo sistema de supervisión, control y adquisición de datos (*supervisory control and data acquisition* [SCADA]) para su recepción, y la gestión de registradores y equipos de modulación de la presión GPRS. Asimismo, se introdujeron herramientas del ámbito del *internet of things* (IoT) o internet de las cosas, que permitieron una gestión más eficiente a través de la detección, cuantificación y gestión de pérdidas de agua; el análisis de los flujos significativos, la gestión de los fallos en la telemetría, la detección temprana de fugas en la red o la monitorización de la calidad del agua (véase información detallada en el **Apéndice A.1.**).

Desde el 2014 hasta la fecha, Aqualia —la empresa concesionaria— ha apostado además por la incorporación de novedosas tecnologías basadas en el manejo de datos para llevar a cabo un sistema de gestión de redes inteligentes. Ese mismo año, se incorporó un software inteligente de gestión de redes (véase en el **Apéndice A.2.**) que, en combinación con las metodologías antes mencionadas, permitieron realizar una mejor vigilancia, la gestión de los eventos en tiempo real, alertas automáticas, una planificación más eficiente a corto y largo plazo, etc. Además, se han introducido innovadores equipos humanos y tecnológicos para la detección de fugas mediante gas trazador.

La cantidad total invertida desde el inicio del proyecto, en el año 1993, hasta la actualidad se recoge en la **Tabla 5.**

Tabla 5. Plan de inversiones (1993-2020)

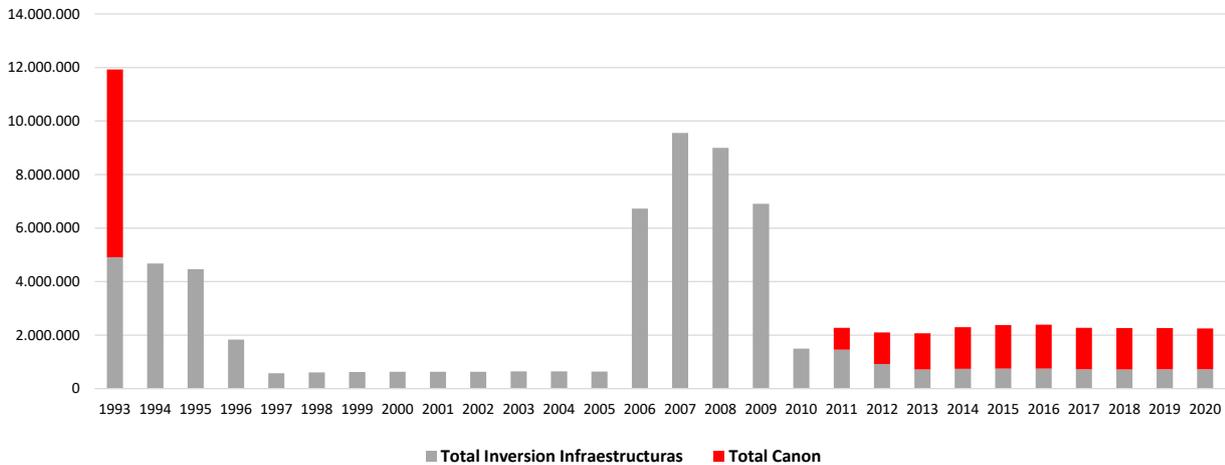
Plan de inversión (1993-2006)	Importes actualizados (2020)
Inversión infraestructuras	21.512.358€
Canon anticipado	7.012.890€
Subtotal	28.525.248€
Plan de inversión (2006-2020)	
Inversión en infraestructuras	41.883.920€
Canon anual	14.341.862€
Subtotal	56.225.782€
TOTAL	84.751.030€

Nota: Los valores en euros actualizados se obtienen a través de la incorporación de la inflación durante el periodo en la aplicación del INE (<https://www.ine.es/calcula/>).

Fuente: Documentos proporcionados por la empresa.

El monto total de las inversiones realizadas en la infraestructura ha ascendido hasta el 2020, desde el comienzo de la gestión en 1993, a 84.751.030 euros (actualizados), que se han financiado íntegramente con la aportación de capital por parte del concesionario (véase la **Figura 8**).

Figura 8. Inversiones totales de la concesión en Almería (en euros, 1993-2020)

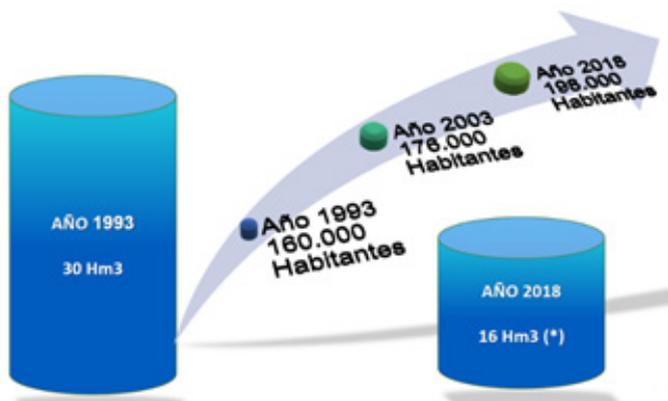


Fuente: Documentos proporcionados por la empresa.

3.2. Operación

Todas las inversiones descritas se han materializado en un aumento de la eficiencia en el consumo de agua (véase la **Figura 9**), representado por su reducción en alrededor del 50% (de 30 hm³, en 1993, a 16 hm³, en el 2018), a pesar, incluso, de un aumento simultáneo de la población de en torno al 22% (de 160.000 habitantes, en 1993, a 198.533, en el 2019).

Figura 9. Consumo de agua y aumento de la población en Almería (1993, 2003, 2018)



Fuente: Documentos proporcionados por la empresa. Presentado en el curso de verano Agua, Agricultura y Sostenibilidad, impulsado por la Universidad de Almería y celebrado en el 2019.

A continuación, la **Tabla 6** recoge algunos de los indicadores que dan muestra de la evolución de la gestión desde el año 1993 hasta la actualidad.

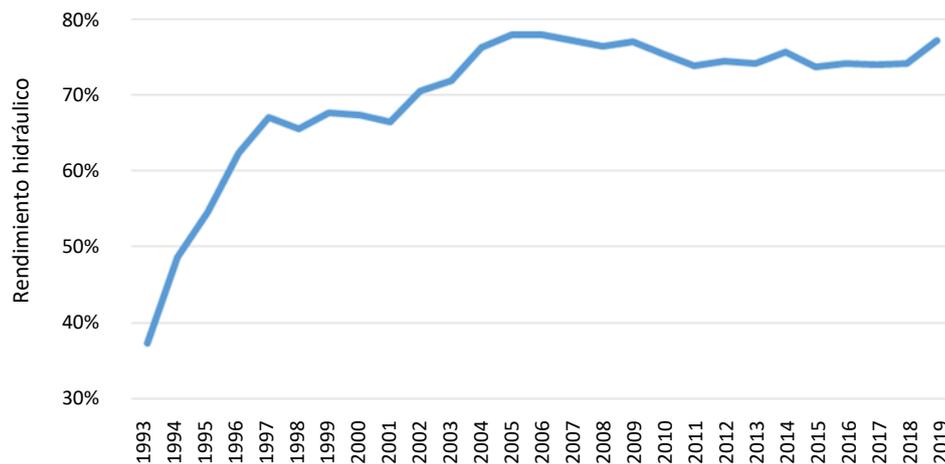
Tabla 6. Evolución en los servicios de agua (1993 vs. 2019)

	1993	2019	Porcentaje de variación
Población atendida (habitantes)	162.316	199.650	23,00%
Volumen de agua suministrada (millones de m ³ /año)	29,10	16,05	-44,85%
Volumen total registrado (millones de m ³ /año)	10,5	12,7	20,95%
Suministro municipal (m ³ /año)	957.853	1,24 mills.	29,46%
Eficiencia de la red hídrica (%)	45,44	75,2	65,49%
Número de sectores de agua	16	75	368,75%
Contadores de agua (unidades)	42.848	103.444	141,42%
Acometidas de abastecimiento (conexiones a red) (unidades)	25.200	37.107	35,61%
Longitud de la red de suministro (km)	442	788	78,28%
Consumo de energía (millones kWh/año)	18	14	-22,22%

Fuente: Documento proporcionado por la empresa.

Los datos plasmados permiten observar la mejora del rendimiento técnico de la red de agua en Almería hasta alcanzar una eficiencia hidráulica cercana al 75%, lo que supone un resultado óptimo dada su antigüedad y los materiales predominantes en la infraestructura (véase la **Figura 4**). Además, este incremento en el rendimiento representa una mejora del 65% respecto a la fase inicial del contrato (véase la **Figura 10**). Estas mejoras en la gestión del agua han hecho posible una mayor disponibilidad del recurso hídrico y, por tanto, el crecimiento sostenible de la urbe en términos demográficos y económicos.

Figura 10. Rendimiento técnico de la infraestructura de la red de agua de Almería (1993-2019)



Fuente: Documento proporcionado por la empresa.

3.3. Ingresos del concesionario

Los ingresos del concesionario se han calculado a partir de dos fórmulas en dos etapas diferentes: 1993-2010 y desde el 2010²⁸ en adelante. Los cambios vinieron derivados de la drástica reducción en el consumo de agua, resultado de la grave crisis económica que sufrió España a partir del 2008.

En una primera etapa, en el periodo 1993-2010, sus ingresos se basaban en la tarifa ofertada en la licitación:

Ingreso del concesionario = tarifa ofertada en licitación volumen de agua facturada

Tal como se ha señalado en el apartado 1.3. los ingresos debían financiar el canon anticipado y las nuevas inversiones realizadas, la mejora y ampliación de las infraestructuras, sus costes de O&M y el beneficio del operador.

Además, el ente privado podía recibir subvenciones para alcanzar el equilibrio económico de la concesión, en caso de que su retribución no lo permitiera debido a la existencia de volúmenes consumidos inferiores a los previstos, ya que esto no debía ser asumido por la empresa según el pliego de condiciones de la concesión.

La tarifa podía ser indexada después de un año, como mínimo, a partir de la fecha de adjudicación o cuando el incremento acumulado de la indexación fuera superior al 2,5%, calculándose la revisión con la fórmula polinómica establecida en el contrato, que considera variaciones en los costes de distintos elementos.

La fórmula polinómica para el cálculo de la indexación de la tarifa media se especifica a continuación:

$$Kt = a \frac{Ht}{Ho} + b \frac{Et}{Eo} - c \frac{Qt}{Qo} + d \frac{It}{Io} + e$$

donde:

kt = coeficiente de revisión en el momento t .

a, b, c, d = peso, en tanto por uno, de cada uno de los cinco conceptos correspondientes respecto del total de gastos ($a + b + c + d + e = 1,00$).

e = Peso, en tanto por uno, de la amortización y financiación, respecto del total de gastos.

Ht = índice del coste de la mano de obra, en el momento de la revisión, t (a nivel provincial).

Ho = índice del coste de la mano de obra, en la fecha de confección del estudio inicial, o (a nivel provincial).

Et = índice del coste de la energía, en el momento de la revisión, t .

Eo = índice del coste de la energía, en la fecha de confección del estudio inicial, o .

Qt = precio medio ponderado por m^3 de agua comprada, en el momento de la revisión, t .

Qo = precio medio ponderado por m^3 de agua comprada, en la fecha de confección del estudio inicial, o .

It = el IPC, en el momento de la revisión, t .

Io = el IPC, en la fecha de confección del estudio inicial, o .

La tarifa media también se podía modificar en el caso de que hubiesen acometido inversiones destinadas a ampliaciones o mejoras no contempladas, previa aprobación por parte del ayuntamiento.

La fórmula de cálculo de la remuneración al concesionario del año 1993 —basada en la tarifa de oferta e indexada por la fórmula polinómica— no se adaptó bien a los cambios bruscos y sostenidos a la baja de la demanda a partir del 2009, lo que provocó importantes déficits en la cobertura de los costes de explotación del operador.

Por ello, y teniendo en consideración que la tarifa debe cubrir todos los costes del servicio e inversiones realizadas, a partir del año 2012 se tomó como referente de partida la tarifa existente en ese momento, la cual no había sido actualizada desde varios años atrás, acordándose su actualización de atrasos durante los ejercicios 2012, 2013 y 2014 y fijando una actualización automática indexándola al 90 % de la inflación.

A partir del 2011, se aplicó el nuevo canon fijo, que fue ascendiendo desde los 750.000 euros hasta fijarse en 1.500.000 euros anuales a contar desde el 2015, además de un canon variable del 10% en función del volumen de agua facturado, siendo 10.000.000 m^3 el volumen de agua de referencia (descrito en el apartado 3.1.).

²⁸ A pesar de que las modificaciones contractuales se produjeron en el 2012, estas tenían carácter retroactivo con efecto desde el 2010.

4. Empresa concesionaria

Aqualia comenzó sus operaciones en 1980 y, en la actualidad, es una empresa del Grupo Fomento de Construcciones y Contratas (FCC) (que posee el 51% de la compañía) —cuyas principales áreas de negocio se centran en medioambiente, agua e infraestructuras— e IFM Investors —gestor multinacional de fondos de pensiones, especializado en las inversiones en infraestructuras— (dueño del 49%).

Aqualia es la compañía líder en gestión del ciclo integral del agua en España, la cuarta de Europa y la novena del mundo. Está presente en 17 países, atendiendo a cerca de 30 millones de personas en más de 1.100 municipios. En el 2020, sus ingresos ascendieron, aproximadamente, a 1.200 millones de euros.

Además de prestar servicios en un ámbito municipal, Aqualia cuenta con una importante experiencia y trayectoria multinacional en ingeniería, contratación y construcción (EPC) y O&M. La empresa ha ejecutado con éxito más de 700 proyectos relacionados con estos sectores en Europa, Latinoamérica, Oriente Medio y África del Norte.

5. Riesgo: gestión y mitigación

Al igual que en cualquier proyecto de asociación público-privada (APP), una evaluación adecuada del riesgo constituye una cuestión crítica para poder alcanzar el éxito del servicio. En la literatura existente sobre la materia, a menudo se dice que el riesgo en este tipo de emplazamientos debe ser transferido a la parte que mejor pueda lidiar con él²⁹. A este respecto, la **Tabla 7** muestra la asignación de riesgos en el proyecto según la categoría.

Tabla 7. Asignación de riesgos entre la empresa y el ayuntamiento

Riesgo	Asignación
Terrenos y espacio	Ayuntamiento
Medioambiente	Aqualia
Diseño y construcción	Aqualia
Financiación	Aqualia
Demanda	Aqualia/ayuntamiento
Inflación	Aqualia/ayuntamiento
Tipo de interés	Aqualia
O&M	Aqualia
Político	Aqualia

Fuente: Elaboración propia.

Riesgo de terrenos y espacio: el Ayuntamiento de Almería era el responsable de la adquisición de los terrenos y de poner a disposición del concesionario el espacio necesario para la construcción, modernización y ampliación de las instalaciones.

Riesgo medioambiental: el órgano de gobierno de la ciudad se encargó de transferir a Aqualia las instalaciones con todas las garantías ambientales al inicio de la concesión y era el último responsable de cualquier problema de esta naturaleza. Sin embargo, la empresa debía asumir el cumplimiento de la normativa medioambiental durante el periodo de operación de las infraestructuras, siendo su responsable directo y estando sujeta a penalización en caso contrario.

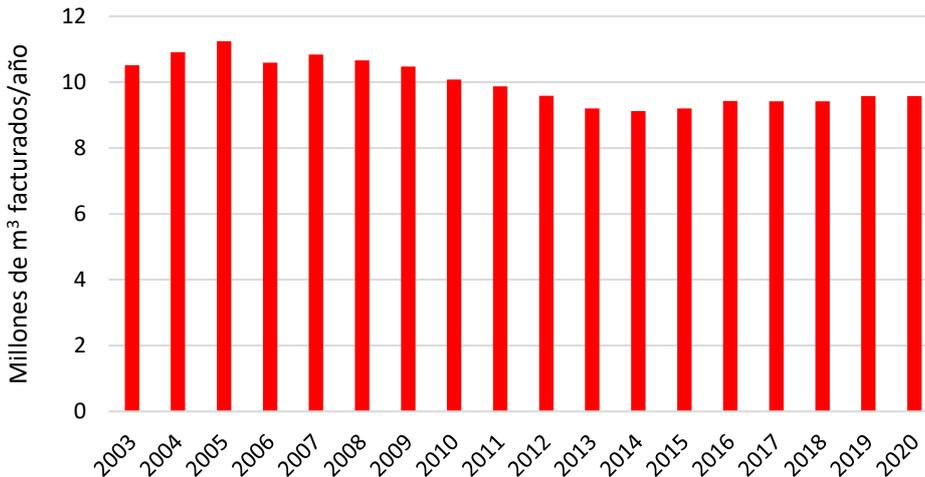
Riesgo de diseño y construcción: la empresa privada estaba a cargo de los procesos de ampliación y mejora de las infraestructuras dentro del periodo de duración del contrato, asumiendo, por tanto, esos riesgos.

Riesgo financiero: la responsable única de llevar a cabo el plan de inversiones de mejora y ampliación de las infraestructuras era Aqualia —tanto en el contrato inicial como en su renovación, en el 2006—, sin que ello supusiese repercusión alguna en los pasivos del ayuntamiento. Todas las inversiones realizadas por la compañía durante la vigencia del contrato se financiaron con capital propio, haciéndose cargo la empresa matriz de todos los riesgos financieros.

Riesgo de demanda: este riesgo recayó parcialmente sobre la empresa. La retribución total al concesionario dependía del volumen total de agua facturado y del coste unitario licitado en el periodo 1993-2010. Sin embargo, una parte de los costes de operación eran fijos y, por tanto, independientes de esta medición, sobre cuya variabilidad de consumo la compañía no tenía ningún control. Por ello, esta debía ajustar sus costes de operación a los volúmenes de agua distribuidos, asumiendo los riesgos asociados a cambios abruptos. Precisamente fue esta la situación que llevó, en el 2009, a una importante caída de la cantidad de agua facturada, resultado de la fuerte crisis económica atravesada por el país, que tuvo un impacto considerable en sus ingresos. Esto condujo, en el 2012, a modificar sus condiciones de remuneración con el fin de que la operación no fuera deficitaria; por ello, el ayuntamiento también asumió una parte del riesgo, ya que cualquier pérdida que no pudiera ser cubierta por la tarifa aprobada debía ser compensada a Aqualia o reestructurada si no se podía alcanzar el equilibrio económico.

²⁹ Berrone, P. et al (2018).

Figura 11. Evolución de la demanda del agua (2003-2020)



Fuente: Aqualia (2020). Documento proporcionado por la empresa.

Riesgo de inflación: asumido principalmente por la Administración en la primera etapa —a través de la fórmula polinómica para la actualización de la tarifa unitaria— y en la segunda (a partir del 2012) —con una adaptación de la remuneración equivalente al 90% del IPC—. En todo caso, es importante señalar que las actualizaciones no eran completas, que las diferencias en la evolución de los precios de los costes de O&M podían ser diferentes a las recogidas por la inflación y que se producían a año vencido, con el consiguiente coste de financiación que ello tiene para la concesionaria.

Riesgo de tipo de interés: lo asumió Aqualia, que debía financiar las obras de mejora y ampliación de la infraestructura, así como el canon adelantado al inicio del contrato. Su solvencia financiera y sus activos definirían a qué tipo de interés podía pedir prestado.

Riesgo de O&M: asumido única y exclusivamente por el concesionario.

Riesgo político: soportado por Aqualia ante una posible cancelación de la concesión o por un incumplimiento por parte del sector público de las condiciones inicialmente pactadas. A pesar de que cualquier modificación unilateral de estas, realizadas por la autoridad pública, debería conllevar la indemnización al concesionario por valor del perjuicio económico generado. Sin embargo, aunque el sistema legal e institucional imperante y existente en España reduce los riesgos políticos de las actuaciones discrecionales de la Administración, no los elimina por completo. Las negociaciones entre el ayuntamiento y Aqualia para dar solución a los problemas tarifarios generados por la caída del consumo se dilataron a lo largo de tres años (del 2010 al 2012), durante los cuales el concesionario siguió prestando el servicio a la población en las mismas condiciones.

6. Gobernanza

En este tipo de concesión —como en cualquier contrato de medio y largo plazo, en el que participan diversos actores políticos y económicos con diferentes prioridades—, la gobernanza del proyecto es uno de los elementos clave para su éxito. A lo largo de la vida y el desarrollo de un proyecto, pueden surgir situaciones inesperadas que obliguen a las partes a llegar a acuerdos sobre algunas cuestiones que no se contemplaron inicialmente. Por esta razón, los contratos se consideran incompletos cuanto mayor sea su duración al existir una incertidumbre creciente con el tiempo. Si se cuenta con buenos mecanismos de gobernanza, será posible asegurar que el proyecto avance correctamente a lo largo del tiempo³⁰.

A pesar de que en el contrato analizado no existen instituciones formales establecidas para dirimir las posibles discrepancias, sí se contempla una interlocución constante, regular y fluida entre ambas partes, con el objetivo común de ofrecer un servicio continuo y adecuado a los ciudadanos en un servicio tan esencial como el suministro de agua.

En el caso de que no se llegue a acuerdos respecto de las controversias que pudieran surgir entre las partes, estas deben ser resueltas según lo establecido en la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas³¹, y en el Reglamento de Servicios de las Corporaciones Locales³². La ley establece que, en el momento de una controversia, la Administración respectiva se encarga de nombrar a un inspector y a un secretario que se encargarán de solicitar las pruebas y los requisitos necesarios, y de formular un pliego de cargos al concesionario, que dispondrá de ocho días para responder. El documento con la respuesta correspondiente se remite a la Administración, que dará una resolución final.

En caso de infracción, el concesionario está sujeto a unas multas que variarán en función de esta. El ayuntamiento también puede suspender temporalmente la operación del servicio por parte del ente privado, asumiendo el organismo público la operación si lo considerara necesario; las infracciones muy graves pueden conllevar, incluso, la rescisión del contrato. Aunque ninguna de estas situaciones se ha producido en el caso estudiado, se ha considerado importante mencionar la capacidad de la que dispone la Administración local para las tareas de supervisión de la concesión.

Desde el inicio del contrato, en el caso objeto de estudio, el principal escollo que tuvo que superar la concesión se produjo a raíz de la profunda crisis económica sufrida en España a partir del 2008, que redujo de manera significativa el consumo de agua. El origen de esta situación surgió de la deficiente adaptación a importantes cambios en la demanda dentro del sistema de cálculo para la retribución al concesionario. El sistema funcionó bien mientras las variaciones de consumo fueron moderadas, pero dejó de hacerlo correctamente cuando se experimentaron fuertes caídas en su demanda. Ello suponía un perjuicio económico importante para el concesionario y ponía en riesgo el equilibrio económico de la gestión.

Ante esta situación, y para beneficio de todas las partes, el ayuntamiento propuso una modificación del contrato —descrita en apartados anteriores— que llevaba aparejado también un plan de inversiones financiado por la empresa a medio plazo (véase el apartado 3.3. para más detalles).

³⁰ Grossman, S, J. y Hart, O. D. (1986); Hart, O. D. y Moore, J. (1990).

³¹ En el momento de la firma del primer contrato, la normativa vigente era la Ley de 17 de julio de 1958, sobre Procedimiento Administrativo. Esta ha sufrido algunas reformas a lo largo de los años, estando en vigor actualmente la aprobada el 1 de octubre del 2015: la Ley 39/2015, de 1 de octubre, de Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.

³² Decreto de 17 de junio de 1955 por el que se aprueba el Reglamento de Servicios de las Corporaciones Locales.

7. Impacto económico³³

En este apartado, se estima el impacto macroeconómico de las inversiones ejecutadas por el concesionario sobre la producción de la economía andaluza y almeriense. El análisis se centra en la producción (ventas) generada a corto plazo para el proyecto, considerando la inversión empleada a partir de los planes de inversión, tanto de 1993 como del 2006. Para ello, se utiliza la metodología *input-output* (IO)³⁴.

A partir de la matriz de IO, podemos calcular los multiplicadores de la demanda final en términos de producción. Estos expresan el grado de vinculación entre las industrias y permiten estimar el efecto total que una específica (en este caso, la de infraestructura hidráulica) tiene sobre el total de la economía, por lo que se ha utilizado ampliamente para cuantificar el impacto económico relativo al aumento de la demanda final en una industria determinada.

Los multiplicadores captan dos efectos que resultan de un cambio en la actividad económica: el directo y el indirecto. La intuición detrás del concepto de multiplicador es que el aumento inicial de la demanda final de una industria determinada (en este caso, de abastecimiento de agua y saneamiento) multiplicará su demanda (efecto directo) y de todas las que estén vinculadas (efecto indirecto). Por ejemplo, la inversión inicial en infraestructura hidráulica afectará a la demanda final del sector de la construcción, lo que dará lugar a un aumento del consumo de hormigón, que se traducirá a su vez en un mayor consumo de productos mineros, un aumento en la contratación de personal en el sector y, por tanto, una ocupación y un gasto de las familias superiores.

Para el cálculo del impacto económico, se ha considerado el plan de inversiones realizado entre 1993 y el 2006. Los valores de las inversiones en el primer año (presentadas en pesetas) fueron convertidos a euros actualizados al 2020. A continuación, dichos datos (tanto de 1993 como del 2006) fueron convertidos a su equivalente en el 2020³⁵, utilizando las tasas de inflación publicadas por el Instituto Nacional de Estadística (INE)³⁶.

Los multiplicadores utilizados se obtuvieron a partir de las tablas IO (fechadas en el 2016³⁷) publicadas por el Instituto de Cartografía y Estadística de Andalucía (IECA)³⁸. Por su parte, los datos del PIB regionales para el 2019 (último año de publicación)³⁹ fueron obtenidos de la misma fuente antes mencionada.

³³ Es importante tener en cuenta que la metodología *input-output* debe cumplir con algunos supuestos que pueden limitar la interpretación final de los resultados. Además, el uso de datos macroeconómicos regionales hace que estos sean inexactos, si se quieren utilizar para una comprensión más profunda del impacto en la economía (como en el caso de la ciudad de Almería). A pesar de estas limitaciones, el modelo puede utilizarse como una buena aproximación a nivel regional, aunque se recomienda al lector que interprete los resultados con cautela.

³⁴ El marco IO se basa en determinadas matrices de entrada y salida —construidas a partir de datos económicos observados para una región geográfica específica (por ejemplo, un área metropolitana, Estado, país, etc.)—, que representan la actividad de un grupo de industrias productoras de bienes (productos) y consumidoras de los de otras (insumos) dentro del proceso de producción propio de cada una de ellas (Miller y Blair, 2009), lo que permite una evaluación intersectorial de la economía.

³⁵ Se utiliza como variable el 2018 por ser el último año de publicación de las cuentas regionales del IECA, en el momento de realizar este estudio. <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/>.

³⁶ Actualización de las rentas con el IPC general (sistema del IPC basado en el 2016) para los periodos anuales completos. <https://www.ine.es/calcula/calcula.do>.

³⁷ Último año de publicación de las tablas IO.

³⁸ <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/mioan/>.

³⁹ Véase <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/craa/index.htm>.

Los multiplicadores directos e indirectos⁴⁰ de la inversión en la planta tuvieron los resultados recogidos en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Resumen de los datos económicos

PIB (Andalucía, 2019)	173.373,13 mills. de €
PIB (Almería, 2019)	16.234,77 mills. de €
Inversión en infraestructuras del proyecto (1993-2020)	84,75 mills. de €
Impacto estimado del proyecto (1993-2020)	191,49 mills. de €
Impacto económico por euro invertido	2,26€/1€
Producción generada en relación con el PIB anual de Andalucía (2019)	0,11%
Producción generada con relación al PIB anual de Almería (2019)	1,18%
Empleos directos generados por el proyecto	147 empleos en 2019

Fuente: Elaboración propia.

El estudio estima que los 84.751.030 euros invertidos entre 1993 y el 2020 contribuyeron a aumentar la producción total de la economía andaluza por efectos directos e indirectos cuantificados en 191,49 millones de euros —lo que representó el 0,11% del PIB regional en el 2019— y sería un equivalente aproximado al 1,18% del PIB de la provincia de Almería en ese mismo año. El O&M del servicio generó, de manera directa, 147 empleos hasta el 2019. Además, el impacto económico fue de 2,26 euros por cada euro invertido.

⁴⁰ Uso de tablas regionales IO del 2016 publicadas por el IECA. <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia>.

8. Impacto del proyecto sobre los agentes

El proyecto de gestión del ciclo de agua ha supuesto un impacto en cuatro áreas específicas que se abordan a continuación: administración, residentes, medioambiente y en la empresa concesionaria.

8.1. Administración

La concesión del servicio de abastecimiento de agua y saneamiento en la ciudad de Almería permitió a la Administración local beneficiarse de las más avanzadas tecnologías en la gestión de este recurso natural, el *know-how* en operación de una empresa con una amplia experiencia internacional y la capacidad de inversión que Aqualia podía aportar, a la vez que transfería los riesgos de O&M al sector privado (véase el apartado 5 para más detalles). Este traspaso de competencias al operador privado proporcionó unos fuertes incentivos al concesionario para llevar a cabo una gestión no solo eficaz, sino también eficiente en la prestación del servicio.

La inversión en la mejora y ampliación de las infraestructuras realizada durante la vigencia del contrato se hizo con capital aportado por el concesionario, lo que permitió una mejora del stock de capital público de la urbe, sin que ello tuviera un impacto directo en las finanzas municipales. Estas inversiones se destinaron a infraestructuras tan importantes como la ampliación de la longitud de la red o el aumento en la instalación de los contadores de agua.

Por último, la urbe ha podido obtener reconocimiento a nivel internacional en el ámbito del tratamiento de aguas, al albergar y ser la sede principal de la implementación de importantes proyectos europeos de I+D —citados anteriormente—, y en el uso de tecnología.

8.2. Residentes

La ciudad de Almería se localiza en una zona árida con poca pluviosidad y, por ello, es especialmente importante hacer un buen uso de los escasos recursos hídricos existentes que permita un desarrollo económico sostenible.

El uso óptimo de este bien, gracias a una mejor infraestructura y mayor eficiencia en la operación, ha facilitado el desarrollo de la industria hortofrutícola y del turismo, con el consecuente impacto sobre la creación de valor añadido y de empleo que ello puede suponer.

Además, los residentes se han beneficiado de manera directa de la generación de puestos de trabajo locales durante toda la vida del proyecto, llegando a un máximo de creación de 169 empleos en el 2006. La importancia de este hecho debe ser puesta en valor al tratarse de una zona especialmente afectada por el desempleo⁴¹.

El precio medio⁴² del suministro de agua (abastecimiento y saneamiento sin IVA) que pagaron los consumidores en la ciudad de Almería en el 2019⁴³ fue de 28,85 euros, siendo Almería la única capital de provincia con abastecimiento de agua desalada, que tiene un coste muy superior a cualquier otra fuente de suministro.

En otras ciudades como Jaén tuvieron un precio medio en 2019 de 30,43€, mientras que en otras ciudades andaluzas y que cuentan con operadores públicos los precios fueron generalmente superiores Sevilla (36,27€), Huelva (37,50€), Granada (31,40€) o Córdoba (28,48€).

Finalmente, y a modo de mejoras del servicio para el usuario, cabe mencionar otras innovaciones adoptadas; por ejemplo, la implantación de cajeros automáticos en las oficinas del consumidor, para facilitar el pago de las facturas y ofrecer una mejor calidad en el servicio.

⁴¹ La tasa de paro media en España era del 16,3% en el tercer trimestre del 2020, siendo del 26,5% en la provincia de Almería, según datos del INE.

⁴² Referido al precio medio de un consumo de entre 10 m³ y 20 m³ con contador individual de 13 mm.

⁴³ Federación de Asociaciones de Consumidores y Usuarios de Andalucía-Consumidores en Acción (2019).

8.3. Medioambiente

La gestión implementada y la mejora de las infraestructuras han generado un beneficio ambiental resultado de una mayor eficiencia de este recurso natural, representada por un menor volumen de agua distribuida (aproximadamente, un 50% menos, de 1993 al 2017), lo que ha permitido, incluso, poder servir a un mayor porcentaje de población (incremento del 22% más de 1993 al 2017). La mejora en el uso de la infraestructura y la aplicación de nuevas tecnologías inteligentes han facilitado también reducir y controlar las fugas de agua antes de que se produzcan, contribuyendo a resolver la gran y creciente escasez de recursos hídricos de la zona. A su vez, esto tiene un impacto directo positivo en la mejora de la sostenibilidad de los pozos acuíferos.

Las nuevas metodologías para la reutilización del agua han supuesto asimismo grandes innovaciones en el sector, dada la complejidad de su tratamiento. A pesar de que este proceso sigue representando una pequeña proporción del total de agua consumida, es muy importante en términos de sostenibilidad económica y ambiental.

Por último, los proyectos de I+D que se vienen desarrollando en el territorio almeriense hasta la fecha encierran un enorme potencial para la preservación del medioambiente. Entre sus objetivos más importantes, se encuentran el estudio de nuevas formas de aprovechar los lodos provenientes de la depuración de aguas residuales y la innovación en tecnologías para la reducción del consumo energético.

8.4. Empresa concesionaria

Uno de los primeros beneficios para Aqualia proviene del reconocimiento internacional que ha adquirido como empresa gestora del ciclo del agua en Almería, fruto de la actividad realizada durante las últimas décadas.

Además, la localización de la urbe ha permitido a la compañía participar como socio estratégico en diferentes proyectos impulsados por la UE, desempeñando un papel de liderazgo no solo en la prestación de servicios de agua, sino también en su innovación. A su vez, la cooperación con empresas internacionales, así como con el Ayuntamiento de Almería y la Universidad de Almería, ha permitido a Aqualia erigirse como una de las entidades responsables de situar a la urbe en la senda de convertirse en una ciudad inteligente y en un ejemplo de liderazgo en el suministro y la gestión del ciclo del agua.

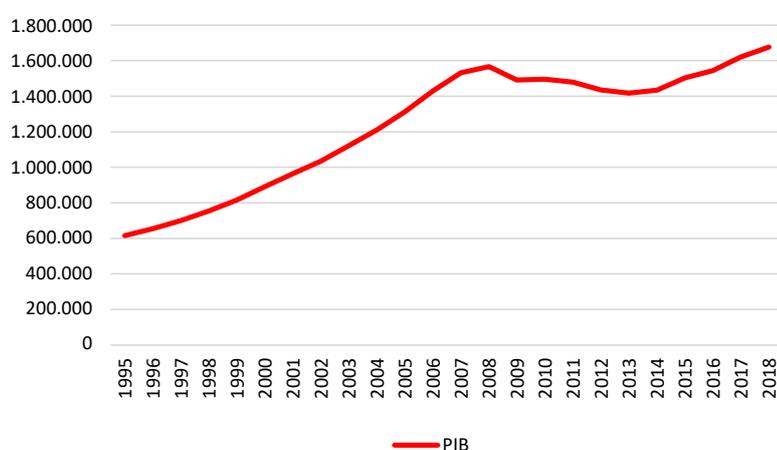
9. Características externas del proyecto

En cuanto a los principales condicionantes externos del proyecto de gestión del ciclo del agua en Almería, se describen a continuación en diferentes apartados: condiciones económicas, legales/administrativas y medioambientales.

9.1. Condiciones económicas

El contrato se adjudicó en 1992 durante la crisis económica que sucedió a la culminación de la Exposición Universal de Sevilla y a los Juegos Olímpicos de Barcelona. La economía española y, en concreto, la andaluza inició su recuperación dos años después, en 1994, que dio paso a una larga etapa de crecimiento que se prolongó hasta el 2008, cuando estalló la crisis derivada de la burbuja inmobiliaria, según se observa en la **Figura 12**. En el 2014, comenzó una nueva fase de crecimiento que se alargó hasta marzo del 2020, y que se vio interrumpida por la crisis sanitaria de la COVID-19.

Figura 12. PIB de Andalucía (1995-2018)

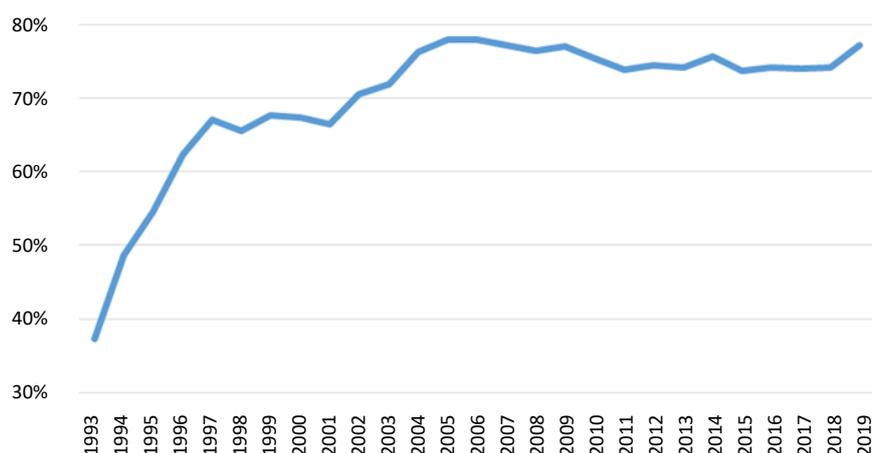


Nota: Datos en millones de euros.

Fuente: Elaboración propia a partir de las tablas del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.
www.juntadevalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/temas/est/tema_cuentas.htm.

La tasa de inflación se mantuvo elevada entre 1993 y 1996 como resultado de los procesos de devaluación de la peseta, que se llevaron a cabo con el objetivo de revertir la profunda crisis económica en la que estaba sumida la economía del país. Sin embargo, con la entrada en la eurozona, las subidas de los precios se estabilizaron en unas tasas compatibles con un proceso de fuerte expansión económica (véase la **Figura 13**).

Figura 13. Tasa de inflación media anual de España (1990-2018)



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Fondo Monetario Internacional (2021) Inflation Rate, Average Consumer Prices [Mapa de datos]. <https://www.imf.org/external/datamapper/datasets/WEO>.

En el 2018, el PIB de la provincia de Almería representaba el 9,4% de la economía andaluza. La agricultura suponía una importante y creciente contribución al PIB de la provincia (el 12,7% en el 2008, creciendo hasta el 17,2% en el 2017), seguida de las actividades mayoristas y minoristas (un 15% en el 2017), y una fuerte participación del sector de la construcción, que se debilitó después del 2008.

9.2. Condiciones legales/legislativas

En España, la responsabilidad de la prestación del servicio urbano del agua recae —según la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local— en las Administraciones locales, que pueden optar por la provisión interna a través del propio ayuntamiento o su externalización mediante una empresa pública, privada o mixta.

Además, el Reglamento del Suministro Domiciliario del Agua para Andalucía —aprobado por el Decreto 120/1991, de 11 de junio— tiene por objeto regular la relación entre la entidad que presta el servicio de abastecimiento de agua potable a los hogares y sus abonados, indicando los derechos y las obligaciones básicos de cada una de las partes.

9.3. Condiciones medioambientales

La provincia de Almería, tal como se ha mencionado anteriormente, constituye una de las zonas más áridas de la península, además de poseer una elevada radiación solar media y un régimen de lluvias poco frecuentes. Esta realidad climática crea unas condiciones ideales para el crecimiento de microalgas, que, como organismos fotosintéticos, requieren radiación. Además, estas circunstancias ambientales han sido favorables para desarrollar proyectos tales como Sabana o LIFE Ulises⁴⁴. Sin embargo, estas también plantean desafíos ambientales, dado el deterioro al que se han enfrentado las fuentes naturales de agua a través de los años: las demandas de este recurso para uso doméstico y agrícola han excedido la capacidad natural de equilibrio de las extracciones a través de la recarga natural de los reservorios y acuíferos⁴⁵.

Al respecto, la **Tabla 9** muestra los porcentajes de consumo por actividades principales. Se observa que el riego destinado a las actividades hortofrutícolas consume alrededor del 80% de los recursos hídricos de la región, lo que está provocando un déficit en el abastecimiento de agua que resulta insostenible a largo plazo⁴⁶.

⁴⁴ El proyecto LIFE Ulises tiene como objetivo revolucionar los procesos convencionales de depuración mediante un conjunto de tecnologías novedosas que permiten producir recursos de valor, tales como biocombustible vehicular, biofertilizantes agrícolas y agua apta para su reutilización, a partir de las aguas residuales.

⁴⁵ Downward, S. R. y Taylor, R. (2007).

⁴⁷ Downward y Taylor, 2007, García-Caparrós *et al.*, 2017.

Para poder hacer frente a esta situación, se han llevado a cabo diferentes medidas y acciones, que van desde el empleo de recursos hídricos alternativos tales como el agua desalinizada por ósmosis inversa, proveniente de las plantas desaladoras (véase la **Tabla 10**), hasta el agua reutilizada (especialmente para su uso en el riego de campos de golf), así como la gestión integral de los recursos hídricos mediante el uso de nuevas tendencias en tecnología para su abastecimiento y riego, con el objetivo de aumentar la eficiencia en su uso⁴⁷.

No hay duda de que las autoridades de la región se enfrentan a grandes retos en lo que respecta a las necesidades hídricas. Los esfuerzos siguen adelante y la inversión en este tipo de infraestructuras ha ido en aumento continuamente en los últimos años a fin de abordar y dar respuesta a las necesidades existentes.

Tabla 9. Consumo de agua por actividad (en porcentaje)

Cuencas fluviales	Urbano	Irrigación	Ganadería	Campos de golf	Industria
Cuenca del río Adra y el acuífero de Dalías	20,0%	79,2%	0,0%	0,7%	0,0%
Andarax	8,9%	88,4%	0,2%	0,0%	2,5%
Campo de Níjar	4,8%	93,9%	0,2%	1,0%	0,1%
Cuenca de los ríos Carboneras y Aguas	27,0%	68,2%	0,2%	4,1%	0,5%
Almanzora	9,0%	88,6%	0,8%	0,7%	0,9%

Nota: Los porcentajes se calculan como la extracción total anual de agua dulce para el consumo, dividida por el promedio anual de recursos de agua dulce.

Fuente: García-Caparrós *et al.* (2017).

Tabla 10. Capacidad de agua en las plantas desalinizadoras de agua de mar por ósmosis inversa de Almería

Planta desalinizadora	Capacidad de agua (hm ³ /año)
Bajo Almanzora	20
Palomares	9-10
Carboneras	42
Rambla Morales	22
Almería	20
Campo de Dalías	30

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Sostenible (2015). Anejo III. Usos y demandas. *En Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas*. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/agencia_andaluzadelagua/nueva_organizacion_gestion_integral_agua/planificacion/planes_aprobados_consejo_gobierno/dh_mediterraneo_aprobado/Anejos_memoria/Anejo_III/ANEJO_III.pdf.

⁴⁷ García-Caparrós *et al.* (2017).

10. Evaluación

A continuación, se valora y analiza el proyecto de gestión del ciclo de agua para la urbe de Almería a través de distintos parámetros: desde la perspectiva de la metodología APP, desde los ODS y estrategia de ciudad.

10.1. Metodología APP

En este apartado, la **Tabla 11** muestra los datos correspondientes al proyecto llevado a cabo entre Aqualia y el Ayuntamiento de Almería.

Tabla 11. Metodología APP

Metodología APP	Existencia	Detalles del proyecto. Suministro de agua y saneamiento en Almería
1. Método de adquisición y proceso de licitación		
1.1. Análisis de la relación calidad-precio o análisis de coste-beneficio	No	Contrato de Concesión que incluye construcción y financiación.
1.2. Competencia real por el contrato	Sí	Sí, cinco ofertantes.
1.3. Comité de evaluación de ofertas	Sí	Comité de contratación.
2. Cuestiones contractuales e incentivos		
2.1. Construcción	Sí	Incluyendo ingeniería, O&M, ampliación y mejora de infraestructuras existente.s
2.2. Calidad verificable	Sí	Calidad mínima del agua exigida por la ley, reducción de pérdidas, reducción de consumos y mejora de eficiencia.
2.3. Externalidades	Sí	Positivas en medioambiente, desarrollo económico e investigación.
2.4. Duración		20 años y otros 20 años de ampliación del contrato.
3. Riesgo, financiación y pagos		
3.1. Riesgo de construcción y operación	Aqualia	Ingeniería, ampliación y mejora de instalaciones.
3.2. Riesgo de financiación	Aqualia	Operación y mantenimiento de instalaciones.
3.3. Riesgo de operación	Aqualia	Operación y mantenimiento de instalaciones.
3.4. Riesgo de demanda	Parcialmente transferido	
3.5. Mecanismo de pago	Tarifa a usuarios según ordenanza municipal. Inicialmente, tarifa actualizada anualmente con fórmula polinómica; a partir del 2010, indexación al 90% según IPC.	
3.6. <i>Special purpose vehicle (SPV)</i>	No	La empresa matriz responde por el contrato.
4. Gobernanza		
4.1. Transparencia	Sí	Tarifas según contrato y aprobadas anualmente mediante ordenanza municipal.
4.2. Proceso participativo de toma de decisiones	Sí	Comunicación continua entre concesionario y ayuntamiento.
4.3. Vigilancia externa	No	El ayuntamiento tiene la obligación de vigilar y controlar el cumplimiento de las obligaciones del concesionario
4.4. Marco legal específico	Sí	Estable.
5. Proceso de construcción		
5.1. Sobrecostes	No	
5.2. Plazos retrasados	No	

6. Beneficios potenciales			
6.1.	Posible certeza del precio	Sí	Tarifas municipales.
6.2.	Transferencia de responsabilidades al sector privado	Sí, casi total	
6.3.	Incentivos a la innovación	Sí	Eficiencia en la gestión del agua y minimización del impacto ambiental, e incentivos para la reducción de costes.
6.4.	Ahorro en los pagos públicos	Sí	La inversión es asumida por la empresa privada.
6.5.	Enfoque del ciclo de vida	Sí	Contrato Operación, mantenimiento y traspaso.
6.6.	Incentivo para terminar a tiempo	Sí	La finalización de la infraestructura permite obtener las máximas las ganancias de eficiencia.

Fuente: Elaboración propia.

10.2. Objetivos de desarrollo sostenible

Los ODS se enmarcan dentro de la Agenda 2030, impulsada por la ONU. Su finalidad es conseguir un futuro mejor y más sostenible para la población mundial.

Al respecto, en el proyecto de concesión del ciclo integral del agua en la ciudad de Almería, se pueden identificar dos niveles de impacto sobre los ODS: alto y moderado (véase la **Tabla 12**).

Ha sido posible conseguir un alto nivel de impacto en los siguientes ODS:

- 3: “Salud y bienestar”.
- 6: “Agua limpia y saneamiento”.
- 8: “Trabajo decente y crecimiento económico”.
- 9: “Industria, innovación e infraestructuras”.
- 13: “Acción por el clima”.
- 14: “Vida submarina”.
- 17: “Alianzas para lograr objetivos”, por el acuerdo entre el sector público y privado para la prestación de un servicio esencial.

La propia infraestructura ha facilitado el consumo de agua potable y el tratamiento de las aguas residuales, y, por tanto, ha mejorado las condiciones de salud pública y de bienestar de la urbe. A su vez, la inversión desplegada ha permitido lograr una reducción del consumo de este recurso, una gestión más eficiente, un menor consumo energético y la participación en proyectos de investigación internacionales, favoreciendo la sostenibilidad de los ecosistemas. Todo ello ha propiciado la reducción de la presión sobre el medioambiente e incrementado la disponibilidad de agua —lo que ha facilitado el desarrollo de las industrias—, fomentando el crecimiento económico y el empleo estable. La mejora en la eficiencia energética no solo se ha traducido en un ahorro de costes a la empresa, sino también en una reducción de las emisiones contaminantes.

Adicionalmente, el proyecto ha tenido un impacto moderado sobre un ODS concreto:

- 11: “Ciudades y comunidades sostenibles”.

El hecho de garantizar un abastecimiento de agua de buena calidad y un adecuado sistema de saneamiento implica beneficios directos para la salud de las personas. Además, la reducción del consumo por habitante y la reutilización del agua han permitido disponer de más recursos hídricos para destinar al riego de zonas verdes e instalaciones y al sector agrícola, que tiene un peso importante para la economía de la región.

Tabla 12. ODS de la ONU

Suministro de agua y saneamiento en Almería		
ODS	Alto impacto	Impacto moderado
1. Fin de la pobreza		
2. Hambre cero		
3. Salud y bienestar	✓	
4. Educación de calidad		
5. Igualdad de género		
6. Agua limpia y saneamiento	✓	
7. Energía asequible y no contaminante		
8. Trabajo decente y crecimiento económico	✓	
9. Industria, innovación e infraestructuras	✓	
10. Reducción de desigualdades		
11. Ciudades y comunidades sostenibles		✓
12. Producción y consumo responsables		
13. Acción por el clima	✓	
14. Vida submarina	✓	
15. Vida de ecosistemas terrestres		
16. Paz, justicia e instituciones sólidas		
17. Alianzas para lograr los objetivos	✓	

Fuente: Elaboración propia.

Paralelamente, la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa⁴⁸ (UNECE, del inglés) ha desarrollado el concepto de “*people-first Public-Private Partnership*” (*people-first PPP*), que, de forma simple, puede ser definido como aquellos proyectos de APP que no solo cumplen con los objetivos marcados en cuanto a la provisión del servicio, sino que además permiten mejorar el bienestar de las personas, especialmente de las más desfavorecidas. Los proyectos *people-first PPP* deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Incrementar el acceso a los servicios esenciales sin ningún tipo de restricción, especialmente a las personas más vulnerables, fomentando la equidad.
- Desarrollar una infraestructura de manera económicamente eficiente y fiscalmente sostenible, que promueva el crecimiento económico y la creación de puestos de trabajo.
- Ser propuestas medioambientalmente sostenibles, implicadas en la protección y preservación del planeta.
- Suponer planteamientos escalables y replicables, permitiendo y facilitando el desarrollo de nuevos proyectos.
- Implicar a todos los *stakeholders*.

Con base en la información presentada en los apartados anteriores, el proyecto de concesión del ciclo integral del agua de Almería a la empresa Aqualia está alineado con los principios de los *people-first PPP* de la UNECE, y puede ser definido y considerado como tal.

⁴⁸ UNECE (2021).

10.3. Estrategia de ciudad

A partir de los estudios desarrollados por el Specialist Centre on PPPs in Smart and Sustainable Cities (PPP for Cities), dirigido por el IESE Business School, se han seleccionado cinco indicadores (véase la **Tabla 13**) que permiten definir las características necesarias de los proyectos y que las APP pueden impulsar con el fin de contribuir a que las urbes sean lugares más hospitalarios, funcionales y sostenibles en los que vivir y trabajar⁴⁹.

Tabla 13. Cinco elementos clave para el desarrollo de PPP en las ciudades

Identificación de las necesidades de los ciudadanos a través de consultas con estos.	✓
Aprovechamiento de los beneficios de la utilización del <i>big data</i> .	✓
Captura de sinergias y ganancias colectivas, implicando a diferentes actores en el proceso de decisión.	✓
Compartición del <i>know-how</i> y la innovación. Las empresas privadas están especializadas en áreas particulares sobre las que poseen la última tecnología disponible y experiencia.	✓
Movilización de recursos financieros. Los presupuestos públicos se enfrentan cada vez más a mayores limitaciones presupuestarias, particularmente a nivel municipal. Invitar a empresas privadas a participar en la financiación puede permitir financiar determinados proyectos que, de otro modo, no se podrían realizar.	✓

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la concesión del ciclo integral del agua en el núcleo urbano de Almería, los elementos que habría que destacar, en el contexto de la ciudad, serían los siguientes:

- El proyecto está claramente justificado por un escenario de crecimiento poblacional y necesidad de satisfacción de sus demandas de consumo de agua en un entorno árido. Tanto la mejora de la infraestructura como una gestión más eficiente, introduciendo incentivos al ahorro, han permitido reducir las pérdidas de agua y garantizar la sostenibilidad del medioambiente.
- El desarrollo de la infraestructura del proyecto tiene como efecto directo favorecer el desarrollo económico del núcleo urbano.
- La concesión ha permitido la transmisión de conocimiento del sector privado al público, la transferencia del riesgo de construcción y operacional y la aportación financiera por parte del sector privado, reduciendo su peso sobre los presupuestos municipales. Gracias a esto, el sector público ha podido incorporar la experiencia del privado, sin que el primero pierda el control sobre el proyecto, ya que recupera la propiedad una vez ha expirado el periodo de la concesión.

⁴⁹ Berrone, P. et al. (2017).

11. Conclusiones

Históricamente, la poca disponibilidad de agua en la ciudad de Almería había limitado su capacidad de desarrollo económico y demográfico tanto a nivel urbano como provincial.

Durante los años ochenta, el problema de la escasez hídrica se vio agravado por su excesiva dotación por habitante, debido a la carencia de contadores en la mayoría de los hogares de la urbe y a una infraestructura anticuada, lo que resultaba en constantes pérdidas de agua.

Ante esta situación, desde la Administración local se licitó un contrato de concesión por el que la empresa privada adjudicataria Aqualia llevaría a cabo la inversión necesaria para modernizar la infraestructura existente —incluyendo la instalación de contadores en los hogares y las redes de distribución—, con el fin de mejorar la eficiencia operativa y reducir las pérdidas de agua. Todo ello debía desembocar en un uso más eficiente del recurso, puesto que tenía que impulsar el desarrollo sostenible de la ciudad.

A través de la modalidad contractual de APP, el concesionario privado fue escogido a través de un proceso de licitación acorde con los estándares y las buenas prácticas internacionales. Este sería responsable de llevar a cabo las tareas de ingeniería, construcción y mejora de la infraestructura, su financiación y operación y mantenimiento, asumiendo el riesgo asociado a cada uno de estos cometidos. Con ello, la Administración pública reducía los riesgos a los que estaba expuesta a la hora de prestar este servicio público esencial.

Las inversiones realizadas hasta la fecha por parte de Aqualia ascendieron a 84,7 millones de euros, teniendo unos efectos directos e indirectos de 191,4 millones de euros, equivalente aproximado al 1,18% del PIB (en el 2019) de la provincia almeriense. Así, el impacto económico fue de 2,26 euros por cada euro invertido, generando adicionalmente 147 empleos directos hasta el 2019.

Algunos datos que permiten entender el alcance e impacto de la mejora de las infraestructuras y de los cambios en la operación realizados a partir del año 1993 son los siguientes: (1) el consumo de agua en la ciudad se ha reducido a la mitad, a pesar de haber experimentado un incremento poblacional del 22%; (2) incremento de la eficiencia de la red hídrica se ha situado en 81,03%; (3) la instalación de 70.000 contadores de agua y posterior mantenimiento y reemplazo de los mismos llegando a casi un 100% de micromedición, y (4) reducción del consumo de energía en un 30%.

Desde el inicio del proyecto, el sistema de pago al concesionario se había basado en el cobro de la tarifa ofertada y actualizada mediante la fórmula polinómica, pero, desde el 2010, se ha sustituido por la tarifa aprobada por el ayuntamiento e indexada al 90% del IPC.

Adicionalmente, el precio del agua⁵⁰ en Almería en el 2019⁵¹ se encuentra por debajo del de otras capitales de provincia andaluzas como Granada, Huelva o Sevilla, con operadores públicos, siendo la única capital con agua desalada.

Paralelamente a esta gestión, y en el marco de la concesión, Aqualia ha impulsado diversas iniciativas de I+D de carácter europeo —como los proyectos Sabana, Incover y BioSol—, con el objetivo de fomentar la reutilización del recurso natural en el riego de zonas verdes y campos de golf. Además de estos, se han llevado a cabo los proyectos LIFE Phoenix y Ulises de economía circular para el enriquecimiento del biogás procedente de las aguas residuales.

Todo ello ha incrementado la disponibilidad de agua, permitiendo también el desarrollo de la agricultura y de la industria hortofrutícola en la región, lo cual ha supuesto creación de empleo, además de garantizar la sostenibilidad ambiental de la urbe.

Asimismo, la inversión asociada al ciclo integral del agua en Almería ha permitido contribuir de manera significativa al cumplimiento de los siguientes ODS —propuestos por la ONU—: 3, “Salud y bienestar”; 6, “Agua limpia y saneamiento”; 8, “Trabajo decente y crecimiento económico”; 9, “Industria, innovación e infraestructuras”; 13, “Acción por el clima”; 14, “Vida submarina”, y 17, “Alianzas para lograr los objetivos”.

⁵⁰ Consumo de entre 10 m³ y 20 m³ con contador individual de 13 mm.

⁵¹ Federación de Asociaciones de Consumidores y Usuarios de Andalucía-Consumidores en Acción (2019).

El proyecto de Almería también está alineado con la taxonomía de la UE de actividades sostenibles (del inglés, *EU taxonomy for sustainable activities*⁵²), que es un sistema de clasificación de actividades económicas sostenibles desde el punto de vista medioambiental, que deben permitir incrementar la inversión sostenible e implementar el Pacto Verde Europeo (Green Deal). Este mecanismo de clasificación establece seis objetivos medioambientales, de los cuales los proyectos deben cumplir cuatro condiciones generales para obtener dicha calificación:

1. Mitigación del cambio climático.
2. Adaptación al cambio climático.
3. Uso sostenible y protección del agua y los recursos marinos.
4. Transición a una economía circular.
5. Prevención y control de la contaminación.
6. Protección y restauración de la biodiversidad y los ecosistemas.

En el caso concreto de la concesión en Almería, el proyecto cumple con cinco de ellos, en concreto, los 2, 3, 4, 5 y 6.

En conclusión, se trata, pues, de un proyecto que ha permitido mejorar la calidad de vida de los habitantes de Almería, garantizando la provisión de un bien esencial y evitando problemas de salud pública; asegurar la sostenibilidad de las fuentes de agua actuales, generar e impulsar el crecimiento económico y crear lugares de trabajo estables. Pero, además de estos efectos positivos, conviene destacar que la gestión del ciclo del agua está alineada con algunos de los ODS de la ONU y con la iniciativa *people-first PPP* de la UNECE, así como con los principios propuestos además de seguir y cumplir con la taxonomía de la UE en materia medioambiental.

⁵² Comisión europea (2020).

Bibliografía

- ALMERÍA. (18 de abril del 2021). En *Wikipedia*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Almer%C3%ADa>
- AQUALIA (s. f). *Abastecimiento*. <https://www.aqualia.com/es/web/aqualia-almeria/ciclo-del-agua/abastecimiento>, septiembre del 2020.
- AQUALIA (2017). *Memoria técnica anual del servicio municipal de aguas de Almería*.
- AQUALIA (2018a). *Aplicación de las nuevas tecnologías en la gestión diaria de la red de abastecimiento de Almería*.
- AQUALIA (2018b). *Memoria técnica anual del servicio municipal de aguas de Almería*.
- AQUALIA (2019). *Implantación de la planta demostrativa de microalgas del proyecto Sabana en la EDAR El Toyo, Almería*.
- BERRONE, P., Fageda, X., Llumà, C., Ricart, J. E., Rodríguez, M., Salvador, J. y Trillas, F. (2018). *Asociación público-privada en América Latina: una guía para los gobiernos regionales y locales*. Corporación Andina de Fomento.
- BERRONE, P. y Ricart, J. E. (2016). La gobernanza inteligente, clave para las "smart cities". *Harvard Deusto Business Review*, 254, 14-21.
- BERRONE, P., Ricart, J. E., Rodríguez Planas, M. y Salvador, J. (2017). 7 Forces to Success in PPPs: Smart Cities via Public-Private Partnerships. *IESE Insight*, 34. <https://www.ieseinsight.com/doc.aspx?id=2024&ar=5>
- BUCHS, A. (2010). Water Crisis and Water Scarcity as Social Constructions. The Case of Water Use in Almería (Andalusia, Spain). *Options Méditerranéennes*, (95), 207-211. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00565223>
- COLOMINA, José Vicente; Otero, José Antonio, y Pérez Feito, Rafael. Aqualia. Entrevistas por Juan Piedra y Jordi Salvador, Barcelona, 2019, 2020.
- COMISIÓN EUROPEA. (Diciembre del 2020). *EU taxonomy for sustainable activities*. European Commission - European Commission. https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance/eu-taxonomy-sustainable-activities_en
- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO SOSTENIBLE (2015). *Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas*.
- DOWNWARD, S. R. y Taylor, R. (2007). An Assessment of Spain's Programa AGUA and Its Implications for Sustainable Water Management in the Province of Almería, Southeast Spain. *Journal of Environmental Management*, 82(2), 277-289. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.12.015>
- FEDERACIÓN DE ASOCIACIONES DE CONSUMIDORES Y USUARIOS DE ANDALUCÍA-CONSUMIDORES EN ACCIÓN (2019). *Estudio sobre las tarifas del suministro domiciliario del agua en 53 ciudades españolas*.
- FERNÁNDEZ, A. (19 de julio del 2019). Almería, la más eficiente del mundo en el uso del agua. *La Voz de Almería*. <https://www.lavozdealmeria.com/noticia/20/economia/175556/almeria-la-mas-eficiente-del-mundo-en-el-uso-del-agua>
- FONDO MONETARIO INTERNACIONAL (2021). *Inflation Rate, Average Consumer Prices* [Mapa de datos]. <https://www.imf.org/external/datamapper/datasets/WEO>
- GARCÍA-CAPARRÓS, P., Contreras, J. I., Baeza, R., Segura, M. L. y Lao, M. T. (2017). Integral Management of Irrigation Water in Intensive Horticultural Systems of Almería. *Sustainability*, 9(12), 1-21. <https://doi.org/10.3390/su9122271>
- GARCÍA-VALIÑAS, M. A. (2019). Water Governance in Spain: The Role of Federalism and Private-Public Partnerships en Porcher, S. y Saussier, S. (Eds.), *Facing the Challenges of Water Governance* (pp. 29-55). Palgrave Macmillan Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98515-2_2
- GRINDLAY, A. L., Lizárraga, C., Rodríguez, M. I. y Molero, E. (2011). Irrigation and Territory In The Southeast of Spain: Evolution and Future Perspectives Within New Hydrological Planning. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 150, 623-637. <https://doi.org/10.2495/SDP110521>
- GROSSMAN, S. J. y Hart, O. D. (1986). The Costs and Benefits of Ownership: A Theory of Vertical and Lateral Integration. *Journal of Political Economy*, 94(4), 691-719.

- HART, O. D. y Moore, J. (1990). Property Rights and the Nature of the Firm. *Journal of Political Economy*, 98(6), 1119-1158. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/261729>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2020a). *Almería: población por municipios y sexo* [Tabla de datos]. www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2857#!tabs-tabla
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2020b): *PIB y PIB per cápita. Serie 2000–2019* [Base de datos] https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736167628&menu=resultados&idp=1254735576581#!tabs-1254736158133
- LIFE ULISES PROJECT – Wastewater Treatment Plants as a New Model of Urban Biorefinery (20 de septiembre del 2019). *Centro Tecnológico de Investigación Multisectorial*. <http://cetim.es/proyecto-life-ulises-las-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-como-nuevo-modelo-de-biorrefineria-urbana/?lang=en>
- MILLER, R. E. y Blair, P. D. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Cambridge University Press.
- MOLINA HERRERA, J. (2005). *La economía de la provincia de Almería*. Instituto Cajamar. <http://www.juntadeandalucia.es/educacion/vscripts/wbi/w/rec/4625.pdf>
- PIEDRA, J. y Salvador, J. (2019). *Entrevista a Rafael Pérez-Feito y José Otero*.
- PIEDRA, J., Rodríguez Planas, M., Trillas, F. y Ricart, J. E. (2018). *Entrevista a Rafael Pérez-Feito*. Comunicación personal.
- SALVADOR, J., Trillas, F., Ricart, J. E. y Rodríguez Planas, M. (2016). *Entrevista a Rafael Pérez-Feito*. Comunicación personal.
- SALVADOR, J., Ricart, J. E., Trillas, F. y Rodríguez, M. (2018). *Entrevista a Rafael Pérez-Feito*. Comunicación personal.
- UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. Homepage | UNECE. Last modified 2021. <https://unece.org/>.

Apéndice A: Innovación en I+D

A lo largo de la vida del proyecto, Aqualia ha ido implementando diferentes innovaciones en materia de I+D, siendo pionera en la utilización de nuevas técnicas de tratamiento y depuración de aguas residuales, en su reutilización y en la producción de biofertilizantes. Además, los sistemas de gestión de redes inteligentes han derivado en una notable mejora de la eficiencia en el uso del agua. Ambas innovaciones se describen en este apéndice.

A.1. Sistema de gestión de redes inteligentes

En el 2014, se implementó el *software* inteligente de gestión de redes, que utiliza el sistema SCADA, centralizando los valores de las presiones y los flujos en la red con frecuencias horarias; también el sistema SIG, basado en los mapas de la red, y la conectividad a Internet, que permite subir la información a los servidores.

A través de avanzados algoritmos matemáticos y estadísticos, es capaz de traducir los datos recogidos en bruto en información práctica y crear un modelo de operaciones de planificación de la red para cada día, teniendo en cuenta las correlaciones y la variación en el tiempo y el espacio. Las variaciones de las magnitudes monitoreadas se interpretan por el *software*, que identifica y clasifica los eventos para mostrarlos al administrador. La fiabilidad de las predicciones y del clasificador de eventos está basada en docenas de algoritmos patentados.

La implementación de este programa informático representa un buen ejemplo de las nuevas tecnologías que hacen uso del IoT y la ciencia de los datos para desarrollar las siguientes actividades:

- Detectar, cuantificar y gestionar las pérdidas de agua.
- Analizar los flujos significativos.
- Estudiar la tendencia de los flujos.
- Gestionar los fallos de telemetría (fallos en los sensores, las comunicaciones, etc.).
- Advertir sobre anomalías de presión.
- Identificar los eventos de ruptura por sector.
- Monitorear la calidad del agua.
- Identificar las áreas de fuga dentro de los sectores (mediante la modelización hidráulica y el análisis de las presiones existentes).

Asimismo, también permite optimizar el servicio prestado al consumidor, gestionando eficientemente las órdenes de trabajo de intervención en red generadas o pendientes de realizar, junto con la información y las predicciones de demanda⁵³.

⁵³ Aqualia (2018a).

A.2. EDAR de microalgas de I+D

La EDAR de microalgas, ubicada en la EDAR El Toyo, es una innovadora infraestructura basada en la tecnología de estos microorganismos que crecen gracias a la luz solar y a los nutrientes presentes en el medio acuático. Su empleo en el proceso de depuración permite alcanzar altos niveles de eliminación de la demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno y fósforo, obteniendo, por un lado, un agua tratada apta para su reutilización en el riego y, por otro lado, una biomasa de algas con excelentes propiedades como biofertilizante. El proyecto se desarrolló en torno a dos iniciativas europeas de I+D en los que Aqualia participó como socio estratégico:

- Horizonte 2020 Incover: impulsado por la Comisión Europea (CE) a través de Horizonte 2020, se trata del mayor programa europeo de financiación destinado a I+D. Teniendo en cuenta la actual escasez de agua a nivel mundial y el coste de O&M del tratamiento de las aguas residuales, el concepto “Incover” fue diseñado para pasar de una tecnología de saneamiento a una industria de recuperación de bioproductos y una fuente de agua reutilizable. El objetivo principal del proyecto se centró en transformar las aguas residuales de las aglomeraciones urbanas en una fuente de energía (biometano), y en la creación de productos valiosos como bioplásticos y biofertilizantes, obteniendo simultáneamente agua de calidad para su reutilización; todo ello a partir de los fotobiorreactores utilizados en el cultivo de microalgas.
- LIFE BioSol Water Recycling: desarrollado con la financiación de la CE dentro del marco del programa LIFE, su objetivo principal era el desarrollo y la validación de un nuevo sistema de reutilización de aguas residuales. El concepto se basaba, al igual que la iniciativa anterior, en la tecnología de las microalgas, especialmente orientada a las pequeñas ciudades. En este sistema, se hacía uso de los procesos biológicos y la tecnología solar para reutilizar hasta el 80% del agua tratada, y para recuperar y valorar los residuos orgánicos generados durante este proceso. La construcción y operación de la EDAR El Toyo constituyó la segunda etapa del proyecto.

De forma específica, las tecnologías desarrolladas en dicha planta son las siguientes:

- El tratamiento de las aguas residuales por medio del cultivo a escala industrial de microalgas en una laguna de 3.000 m² de alta eficiencia y baja energía, mediante un sistema patentado por Aqualia —que permite llevar a cabo este proceso según la directiva europea 91/271/CEE: tratamiento de las aguas residuales urbanas—, incluyendo la eliminación de los nutrientes, gracias a la simbiosis entre algas y bacterias. Este procedimiento, además de conseguir una alta eficiencia en la eliminación de sustancias contaminantes, representó un ahorro del 50% en los costes energéticos y de explotación respecto a las instalaciones convencionales, gracias a la aportación de oxígeno por parte de las microalgas.
- La producción de biofertilizantes a través de un sistema de recolección de microalgas y clarificación de efluentes se ha llevado a cabo en la EDAR El Toyo, donde se utilizó el sistema de flotación por aire disuelto (DAF), desarrollado por la empresa, y se realizó la posterior deshidratación mediante un decantador centrífugo horizontal.
- La reutilización de las aguas residuales —cumpliendo con el RD 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas— para los cultivos agrícolas y el riego de campos de golf y de urbanizaciones mediante dos nuevas tecnologías:
 1. Sistema de desinfección solar del efluente de la laguna de cultivo de microalgas mediante un proceso de oxidación anódica y sin consumo externo de energía o de reactivos químicos, a cargo de la empresa AUTARCON GmbH (Alemania).
 2. Sistema de riego inteligente o riego *smart*, de la compañía Future Intelligence (Grecia), que optimiza el consumo de agua mediante el empleo de sensores locales en la plantación y el procesamiento de datos a través de Internet.

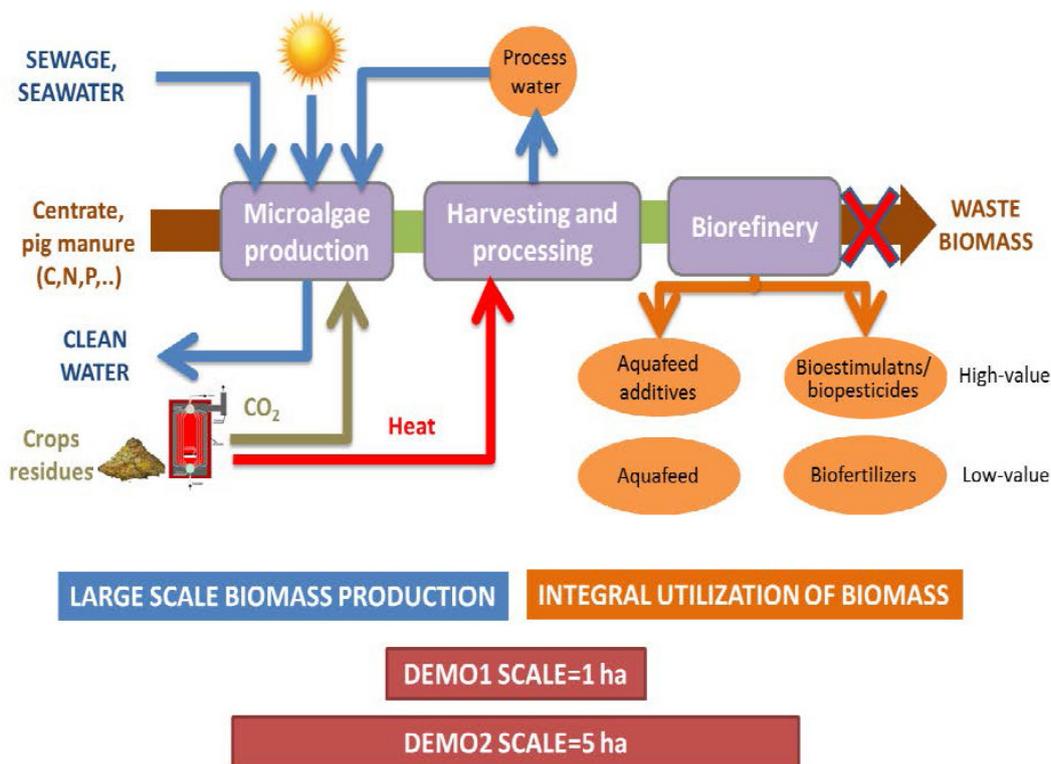
- La recuperación de los nutrientes en humedales verticales, diseñado por el Center for Recirkulering-Recirku (Dinamarca), a partir de la investigación sobre diferentes tipos de plantas para optimizar la recuperación de los nutrientes de las aguas residuales.

La EDAR de microalgas comenzó a funcionar en julio del 2018, tratando 200 m³/día de aguas residuales. Con el objetivo de evaluar la estabilidad del sistema de depuración, se hizo un riguroso seguimiento de los datos obtenidos y de los resultados en las diferentes estaciones medidoras, y, además, se supervisó la microbiología del proceso mediante la identificación microscópica de las diferentes especies de microalgas intervinientes. Asimismo, se mantuvo una relación de colaboración con la Universidad de Almería a través del envío mensual de muestras de la biomasa cosechada y la realización de bioensayos específicos para determinar sus propiedades agronómicas como biofertilizante⁵⁴.

Ambas iniciativas llegaron a su fin en septiembre del 2019 y obtuvieron buenos resultados, demostrando la viabilidad de la tecnología empleada.

Este proyecto, al igual que Incover, pertenece al programa Horizonte 2020 de la UE, cuenta con un presupuesto superior a los 10.000.000 de euros y tiene como objetivo demostrar, a escala real, la derivación de diferentes productos —como bioestimulantes, bioplaguicidas, aditivos alimentarios y biofertilizantes— a partir de microalgas cultivadas con diferentes fuentes de nutrientes, por ejemplo, los lodos o las aguas residuales municipales. Su finalidad es lograr un proceso de purificación del agua con residuo cero, dentro de una escala demostrativa de hasta cinco hectáreas de superficie de cultivo, implementando el concepto de “biorrefinería”. El marco del proceso de tratamiento se presenta en la **Figura A1**.

Figura A1. Estructura general del proyecto Sabana



Fuente: Aqualia (2019)⁵⁵. Documento proporcionado por la empresa.

⁵⁴ Aqualia (2018b). Documento proporcionado por la empresa.

⁵⁵ Aqualia (2019).

A.3. Las EDAR como nuevo modelo de biorrefinería urbana

El último hito en el desarrollo de tecnologías novedosas es la puesta en marcha de un nuevo proyecto LIFE, llamado “Ulises”, cuyo objetivo se centra en la transformación de las EDAR en un modelo renovado de biorrefinería urbana a través de la autosuficiencia energética y la recuperación completa de residuos, lodos y agua, lo que se traduce en la producción de biocombustibles, fertilizantes y agua de calidad apta para su uso en el riego⁵⁶.

Esta iniciativa está cofinanciada por la CE en el marco del programa LIFE y fue adjudicada a varias entidades: Aqualia (a la cabeza del proyecto), Centro Tecnológico EnergyLab, Universidad de Almería y Centro Tecnológico de Investigación Multisectorial (CETIM).

En una primera etapa, llevada a cabo en dos plantas piloto de El Bobar, el proyecto se ha centrado en la minimización de la demanda de energía gracias a un nuevo proceso de pretratamiento anaeróbico y a un sistema de aireación, así como en el aumento de la producción de biogás y su utilización como combustible en el transporte. Desde el punto de vista energético, con ello se logrará conseguir un tratamiento autosuficiente en la planta.

En la etapa final, los resultados se escalarán en un campo de cultivo de 600 m² para demostrar la estrategia de reciclaje y la valoración de los nutrientes de los fertilizantes.

⁵⁶ LIFE ULISES Project – Wastewater Treatment Plants as a New Model of Urban Biorefinery (20 de septiembre del 2019).

www.iese.edu

Barcelona
Madrid
Munich
New York
São Paulo



A Way to **Learn** . A Mark to **Make** . A World to **Change** .