

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

**ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA I DEL  
MEDI NATURAL**



# **Evaluación de alternativas para mejorar la garantía de suministro en el sector Entresieerras de la CC.RR. de Pulpí en el T.M. de Pulpí (Almería).**

**Máster en Ingeniería Agronómica**

**Trabajo Fin de Máster**

**Curso académico: 2019-2020**

Autora: Rocío Giménez Haro

Tutor: Iban Balbastre Peralta

Valencia, Septiembre 2020



# Evaluación de alternativas para mejorar la garantía de suministro en el sector Entresierras de la CC.RR. de Pulpí en el T.M. de Pulpí (Almería).

## Resumen

La Comunidad de Regantes de Pulpí consta de 8.380 hectáreas de riego, dedicadas al cultivo de gran variedad de frutas y hortalizas. Durante los últimos años, ha tenido que lidiar con períodos de sequía debido a la escasez de precipitaciones en la zona y a la falta de infraestructuras con las que garantizar el suministro del recurso hídrico.

Como consecuencia de ello, se han tenido que implementar medidas restrictivas del uso del agua, lo que conlleva a una reducción de rendimientos en los cultivos y de su calidad.

Ante esta problemática, en este Trabajo Fin de Máster, se van a evaluar diferentes alternativas para mejorar la garantía de suministro de agua a los regantes mediante tres ámbitos de actuación: alternativas en la entrada de suministro (maximizar las fuentes), alternativas en la demanda del recurso (reducir el consumo) y, por último, mejorar la gestión de suministro interna de la Comunidad de Regantes de Pulpí.

Para su realización se parte de los datos facilitados por la CC.RR., así como de cartografía y archivos pertenecientes a las entradas de agua.

En la primera etapa, se estudiarán las fuentes de esta Comunidad, se realizará una caracterización de los cultivos pertenecientes al sector Entresierras y se evaluarán las salidas de recurso hídrico. Una vez recogida esta información, se procederá al análisis del déficit que se produce entre aportes recibidos y demanda de los cultivos y se evaluarán las alternativas a tratar. En el primer grupo de alternativas se estudiarán las fuentes de aporte, en el segundo grupo se propondrán técnicas de cultivo para obtener un ahorro de agua y la sustitución de un porcentaje de cultivos que requieren más aporte hídrico por otros que requieran un menor aporte y en el tercer grupo de alternativas se analizará cómo paliar las diferencias entre entradas y salidas del volumen de agua y se dimensionará un nuevo embalse para ampliar su capacidad.

Todas estas alternativas se cuantificarán para ofrecer un coste aproximado de cada una de ellas a la CC.RR de Pulpí.

**Palabras clave:** Comunidad de Regantes. Ahorro hídrico. Gestión. Embalse. Fuentes. Demanda. Consumo. Volumen. Garantía de suministro. Cultivo.

# **Evaluation of alternatives to improve the supply assurance in Entresierras sector of the Irrigation Community of Pulpí in the T.M. of Pulpí (Almería).**

## **Abstrac**

The Pulpí Irrigation Community consists of 8.380 hectares of irrigated land, dedicated to the cultivation of a wide variety of fruits and vegetables. In recent years, it has had to deal with periods of drought due to the scarcity of rainfall in the area and the lack of infrastructure with which to guarantee the supply of water resources.

As a result, measures restricting water use have had to be implemented, leading to a reduction in crop yields and quality.

In view of this problem, in this Master's Thesis, different alternatives will be evaluated to improve the guarantee of water supply to irrigators through three areas of action: alternatives in the supply input (maximising sources), alternatives in the demand for the resource (reducing consumption) and finally, improving the internal supply management of the Pulpí Irrigation Community.

The project is based on data provided by the Community, as well as on maps and files belonging to the water supply.

In the first stage, the sources of this Community will be studied, a characterization of the crops belonging to the Entresierras sector will be carried out and the outlets of water resources will be evaluated. Once this information has been collected, the deficit between the inputs received and the demand for the crops will be analysed and the alternatives to be treated will be evaluated. In the first group of alternatives, the sources of supply will be studied, in the second group, cultivation techniques will be proposed to obtain water savings and the replacement of a percentage of crops that require more water supply by others that require less, and in the third group of alternatives, how to alleviate the differences between water volume inputs and outputs will be analyzed and a new reservoir will be sized to increase its capacity.

All these alternatives will be quantified to provide an approximate cost of each one of them to Irrigation Community.

**Keywords:** Irrigation Community. Water saving. Management. Reservoir. Sources. Demand. Consumption. Volume. Guarantee of supply. Crop.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias,

*A Iban por su apoyo y paciencia en cuanto a la realización de este trabajo, y por sus visitas que nos alegraban el día en las prácticas con el CVER.*

*A la Comunidad de Regantes de Pulpí, por facilitarme los datos de esa forma tan amable y por confiarme esta tarea.*

*A mis compañeros de "Horti", aunque cada uno lleve su camino, el poli une "too much".*

*A mis "T(r)opezones", por enseñarme a que todo puede ser dicho y hecho.*

*A Carmen, por estar presente en mi guerra interna sin yo saberlo, ayudarme a entenderme y quererme, por nuestro lenguaje no escrito y reír con la "panza" llena.*

*A ti, papá, por decir las cosas sin decir, por ser el investigador por excelencia, por inculcarme el amor que le tengo al campo y darme esa educación y humildad de las que nunca tendré palabras suficientes para agradecerte.*

*A ti, mamá, por esos abrazos que borran todo lo malo, por reflejar esa luz que tienes a pesar de las piedras que la vida nos pone en el camino, mi confidente, sin tu fuerza no habría sido capaz de llegar donde estoy, eres mi espejo y el pilar en el que me apoyo cada día, lo mejor que tengo.*

*A mi hermana mayor, Isa, te mereces una mención especial en esta página por tu ayuda y tu enorme paciencia en la realización de este trabajo a nivel profesional y sentimental, por esa paz que derrochas y hace que todo se convierta en una "balsica" de aceite, por ser mi apoyo incondicional cuando me he sentido en un "maremágnum".*

*Sabes que siempre te deberé una o... ¡más!*



---

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>                                      | <b>1</b>  |
| 1.1 Situación actual .....  | 1         |
| 1.2 Comunidad de Regantes de Pulpí .....                          | 2         |
| <b>2. OBJETIVOS.....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>3. METODOLOGÍA.....</b>  | <b>5</b>  |
| 3.1 Recopilación de datos .....                                   | 5         |
| 3.2 Delimitación superficie regable.....                          | 5         |
| 3.3 Estimación Necesidades Hídricas .....                         | 7         |
| 3.4 Problemática e incertidumbres.....                            | 9         |
| <b>4. DESCRIPCIÓN CASO DE ESTUDIO .....</b>                       | <b>10</b> |
| 4.1 Infraestructuras CC.RR de Pulpí .....                         | 10        |
| 4.2 Disponibilidad hídrica.....                                   | 14        |
| A. Concesiones asignadas.....                                     | 14        |
| B. Aportes reales recibidos.....                                  | 16        |
| 4.3 Demanda hídrica .....   | 19        |
| 4.4 Déficit hídrico .....   | 20        |
| <b>5. RESULTADOS: PROPUESTA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....</b> | <b>22</b> |
| 5.1 Propuestas.....   | 22        |
| A. Maximizar la disponibilidad hídrica.....                       | 22        |
| B. Reducir la demanda hídrica.....                                | 22        |
| C. Mejora de la gestión del recurso hídrico .....                 | 22        |
| 5.2 Evaluación .....  | 22        |
| A. Maximizar la disponibilidad hídrica.....                       | 23        |
| B. Reducir la demanda hídrica.....                                | 26        |
| C. Mejora gestión del recurso hídrico .....                       | 31        |
| D. Resumen alternativas.....                                      | 35        |
| E. Líneas de trabajo futuras.....                                 | 36        |

|    |                   |    |
|----|-------------------|----|
| 6. | CONCLUSIONES..... | 37 |
| 7. | BIBLIOGRAFÍA..... | 38 |

## ÍNDICE FIGURAS Y TABLAS

### FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Esquema general de la red de tuberías de la CC.RR de Pulpí. Fuente: CC.RR de Pulpí.<br>.....  | 3  |
| <b>Figura 2:</b> Esquema digitalización en QGIS de datos procedentes de la CC.RR de Pulpí. Fuente: Elaboración propia – ANEJO 3: PLANOS.....   | 7  |
| <b>Figura 3:</b> Superficie regable CC.RR de Pulpí (8.380 ha). Fuente: Elaboración propia - ANEJO 3: PLANOS. PLANO Nº 2: SUPERFICIE REGABLE CC.RR PULPÍ (8.380 HA) .....   | 10 |
| <b>Figura 4:</b> Embalses de Gorreta I y II (izquierda) y embalses de Capellanía I y II (derecha). Fuente: CC.RR de Pulpí.....   | 13 |
| <b>Figura 5:</b> Volumen concedido y recibido en los últimos cuatro años (2016-2019) expresado en $\text{hm}^3 \text{ año}^{-1}$ en la Comunidad de Regantes de Pulpí. Fuente: Elaboración propia. ....                | 19 |
| <b>Figura 6:</b> Volumen demandado por los cultivos y real recibido en los últimos cuatro años (2015-2019) expresado en $\text{hm}^3 \text{ año}^{-1}$ en el sector Entresierras. Fuente: Elaboración propia....       | 21 |
| <b>Figura 7:</b> Diferenciación entre agua desalada y no desalada ( $\text{hm}^3$ ) de las entradas de agua el sector Entresierras actual y con la opción de nuevas concesiones. Fuente: Elaboración propia..<br>..... | 25 |
| <b>Figura 8:</b> Ciclo fenológico cítricos y momentos de aplicación de Riego Deficitario Controlado. Fuente: Elaboración propia. ....  | 27 |
| <b>Figura 9:</b> Recursos hídricos del sector Entresierras frente a la demanda hídrica de los cultivos, ambos expresados en $\text{m}^3 \text{ mes}^{-1}$ . Fuente: Elaboración propia.....                            | 31 |
| <b>Figura 10:</b> Evolución volumen embalsado en los años 2017, 2018 y 2019. Fuente: CC.RR de Pulpí.....   | 32 |

**Figura 11:** Volumen almacenado diario en el mes más desfavorable (julio) en el año 2019 expresado en m<sup>3</sup> en el sector Entresierras. Fuente: Elaboración propia..... 32

**Figura 12:** Aportes recibidos (compra de agua) y consumos (venta de agua) en el sector Entresierras expresados en m<sup>3</sup> en el año 2019. Fuente: Elaboración propia. .... 33

**Figura 13:** Ubicación propuesta para la realización del embalse. Fuente: Elaboración propia. .... 34

## TABLAS

**Tabla 1:** Necesidades Totales de Riego mensuales (m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> y mes), y anuales ( m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> y año) en todos los cultivos del sector Entresierras, superficie que ocupa cada uno de ellos (ha) y el total de demanda hídrica expresado en hm<sup>3</sup>..... 8

**Tabla 2:** Estructura parcelaria CC.RR de Pulpí según número de comuneros. Fuente: CC.RR de Pulpí..... 11

**Tabla 3:** Conducciones CC.RR de Pulpí. Fuente: CC.RR de Pulpí..... 11

**Tabla 4:** Ramales, ventosas y contadores pertenecientes a la CC.RR Pulpí. Fuente: CC.RR Pulpí. .... 12

**Tabla 5:** Tipos de contadores en la CC.RR de Pulpí. Fuente: CC.RR de Pulpí. .... 12

**Tabla 6:** Capacidad y superficie de embalses de la CC.RR de Pulpí previo y posterior al Plan de Mejoras de Regadíos. Fuente: CC.RR de Pulpí - ANEJO 3: PLANOS. PLANOS Nº 5 (4) y 5 (5): CONDUCCIONES, EMBALSES Y POZOS CC.RR PULPÍ..... 13

**Tabla 7:** Características pozos Alto Guadalentín (concesión en el año 2010). Fuente: CC.RR. de Pulpí..... 14

**Tabla 8:** Volumen de agua concedida a la CC.RR de Pulpí en hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>. Fuente: CC.RR de Pulpí. .... 15

**Tabla 9:** Aportes reales recibidos en la CC.RR de Pulpí desde 2015 hasta 2019 expresados en hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>. Fuente: CC.RR de Pulpí. .... 16

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 10:</b> Previsión aportes recibidos para el año 2020 en la CC.RR de Pulpí expresado en hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup> . Fuente: CC.RR de Pulpí.....  | 17 |
| <b>Tabla 11:</b> Aportes reales recibidos en el sector Entresierras, desde 2015 hasta 2019 expresados en hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup> . Fuente: Elaboración propia. ....  | 18 |
| <b>Tabla 12:</b> Volúmenes recibidos medios en cinco años (2015-2019) en la CC.RR Pulpí y en el sector Entresierras. Fuente: Elaboración propia.....   | 18 |
| <b>Tabla 13:</b> Total demanda hídrica de los cultivos calculada en el mes de julio. Fuente: Elaboración propia. ....  | 20 |
| <b>Tabla 14:</b> Coste de compra de agua según su procedencia expresado en euros m <sup>-3</sup> , en color amarillo se muestra el agua que ha sido desalada y en color azul el agua no desalada. Fuente: CC.RR de Pulpí. .... | 25 |
| <b>Tabla 15:</b> Precios de venta del agua desalada y el agua de otras procedencias para el sector Entresierras actual y con las posibles concesiones propuestas. Fuente: Elaboración propia. ...                              | 26 |
| <b>Tabla 16:</b> Valores de evapotranspiración del cultivo al 100 %, al 50 % y al 33 % en cítricos en los meses de máximas necesidades hídricas marcados en naranja (estrategia RDC). Fuente: Elaboración propia. ....         | 28 |
| <b>Tabla 17:</b> Necesidades de riego anuales actual y realizando reconversión del 50% de cítricos a lechuga. Fuente: Elaboración propia.....  | 30 |
| <b>Tabla 18:</b> Costes reconversión 1.193,59 ha de cítricos a lechuga. Fuente: Elaboración propia .....   | 30 |
| <b>Tabla 19:</b> Costes de realización del nuevo embalse de 100.000 m <sup>3</sup> . Fuente: Datos proporcionados empresa privada especializada en la realización de obra civil en la zona. ....                               | 34 |
| <b>Tabla 20:</b> Resumen de costes de las alternativas propuestas. Fuente: Elaboración propia..  | 35 |
| <b>Tabla 21:</b> Coste de agua en comparación con el precio de venta de cada cultivo. Fuente: Datos proporcionados por empresas privadas especializadas en los cultivos de la zona.....  | 36 |

## **INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Situación actual

El agua es un elemento básico para el progreso económico y social. Su escasez y mala calidad pueden limitar el crecimiento de las civilizaciones. Actualmente, el agua sigue teniendo ese papel importante para el desarrollo de la humanidad, sobre todo en este país, ya que España es la región europea con la mayor superficie potencial de desertificación, teniendo dos terceras partes del territorio catalogadas como áridas, semiáridas o subhúmedas secas (MAPA, 2020), por lo que el recurso hídrico debe ser gestionado de la mejor forma posible para que no sea un recurso limitante.

A pesar de ello, España es un país que dedica un 7,57 % de su superficie a la producción de cultivos. En los últimos quince años, se ha producido una modernización en los regadíos, pasando de un sistema de riego tradicional por gravedad a un sistema más tecnificado con riego localizado, sea por aspersión o goteo (García, *et al.*, 2018).

Esta modernización en cuestión de regadíos, ha sido posible gracias a que la mayor parte de las ayudas recibidas por parte de las Administraciones Central y Autonómica, se han enfocado en fomentar la eficiencia del uso del recurso hídrico en el sector agrícola (Coromias, 2010). Para tecnificar los regadíos, mejorando así la eficiencia de estos, se elaboró el Plan Nacional de Regadíos (PNR), junto con otros planes de ayudas públicas. Tras la implementación de estos planes, la forma de entender y de ver la agricultura ha dado un gran cambio, aumentando la productividad de los cultivos y que éstos no tengan problemas como consecuencia de la escasez de agua (Coromias, 2010).

Andalucía es la Comunidad Autónoma que mayor superficie de riego localizado presenta en el último año, con más de un millón de hectáreas dedicadas a ello (ESYRCE, 2019). Según datos estadísticos de Instituto Nacional de Estadística (INE), el riego localizado aumentó en un 76 % y el riego por gravedad se redujo en un 60 % en la pasada década. La superficie total dedicada a regadío en este país es de 3.828.747 hectáreas, lo que supone un 22,54 % respecto de la superficie total ocupada por cultivos (ESYRCE, 2019).

Hoy en día, el sistema de riego por goteo representa el 53,09 %, el riego por aspersión un 14,95 % y el riego por gravedad un 23,56 % (ESYRCE, 2019). Los datos sobre regadíos del pasado

año, han aumentado con respecto a los datos del año 2018, por lo que se observa una evolución creciente en cuanto a superficie destinada a los cultivos en regadío.

La agricultura de regadío es el mayor consumidor de agua en España, aproximadamente un 70 %, de ahí el interés que existe en las últimas décadas entre usuarios-regantes y las administraciones públicas por su ahorro y aplicación eficientes.

## 1.2 Comunidad de Regantes de Pulpí

La escasez de agua en el municipio de Pulpí ha sido constante hasta bien entrado el siglo XX, en el que existían alrededor de 360 hectáreas dedicadas al riego con tandas o turnos de agua muy amplios, que condicionaban los cultivos que podían desarrollarse en la zona (Fernández *et al.*, 2014).

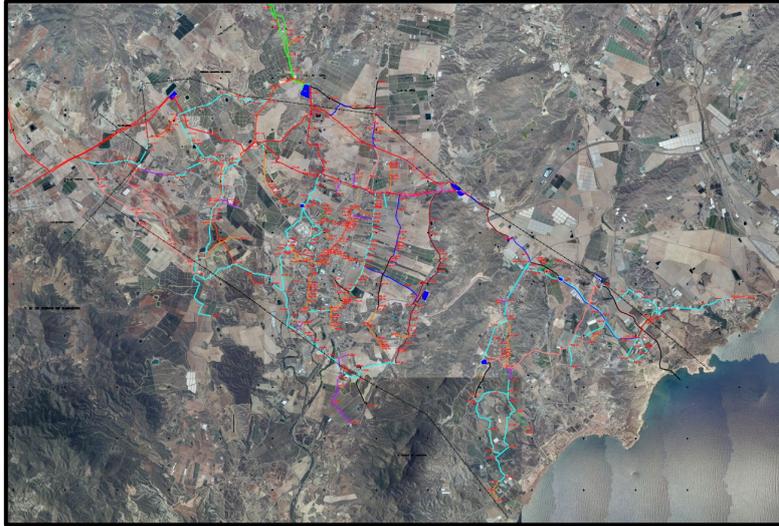
El ámbito territorial de la CC.RR de Pulpí, cuenta en la actualidad con una extensión de 94,85 Km<sup>2</sup>, de los cuales 8.380 ha se dedican a cultivos agrícolas. Esta Comunidad comprende toda la superficie del municipio de Pulpí, así como una parte de los términos municipales de Cuevas del Almanzora y Huércal-Overa, en la provincia de Almería. También da servicio a algunas parcelas situada en los términos municipales de Puerto Lumbreras y Águilas, pertenecientes a la Región de Murcia.

En las últimas dos décadas, esta Comunidad ha tenido un crecimiento exponencial, gracias a la inversión y a las ayudas públicas recibidas, para realizar infraestructuras de conexión y las concesiones autorizadas a la CC.RR de Pulpí. En esta Comunidad, se han ejecutado varios proyectos de mejoras y de modernización con ayuda de la Administración Autonómica (Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía) participando también los regantes.

En el Plan Nacional de Regadíos, en esta zona, se realizaron obras para la mejora de regadíos, nuevos depósitos y conexiones. En 2010 se elaboraron nuevos proyectos de mejoras y modernización de regadíos: restitución de arquetas de riego, revestimiento de embalses y mejora de la red de riego. Además de la instalación de contadores, telecontrol y telemedida.

Los distintos proyectos de mejora y modernización de los regadíos, han permitido aumentar progresivamente la capacidad de embalse hasta superar el millón y medio de metros cúbicos (1.566.764 m<sup>3</sup>).

Hoy en día, la Comunidad cuenta con una red de tuberías de 181 km de conexión (Figura 1) entre sus embalses y los regantes, para que estos puedan disponer de agua las 24 horas del día y los 365 días del año, puede consultarse en el *Anejo 3: Planos. PLANO Nº 5 (1): CONDUCCIONES, EMBALSES Y POZOS CC.RR PULPÍ.*



*Figura 1: Esquema general de la red de tuberías de la CC.RR de Pulpí. Fuente: CC.RR de Pulpí.*

Mediante estas mejoras, desde la sede central de la Comunidad, se tiene conocimiento en tiempo real de la distribución del agua a las distintas parcelas, así como de las entradas y salidas que se están produciendo en cada uno de los embalses. Estos esfuerzos y las inversiones llevadas a cabo, permiten una mayor eficiencia y sostenibilidad en el uso del agua para riego y la mejora de la calidad de vida del regante.

Gracias a estos proyectos, la Comunidad de Regantes presenta una mayor sostenibilidad, está mejor posicionada en el futuro debido a la variedad de recursos hídricos (trasvases, embalses, pozos, etcétera) y a las condiciones de la zona regable que permiten que la mayor parte de ella quede bajo las principales tomas de agua y sean mínimos los costes de elevación (Gómez, 2012).

Si bien, los últimos periodos de sequía acontecidos en la zona, en 2017 y el más reciente, en 2019, en el que se han tenido que realizar restricciones de suministro, han dejado sobre la mesa que, existe la necesidad de buscar alternativas para suplir la demanda del recurso hídrico en la zona, motivación de este Trabajo Final de Máster.

## **OBJETIVOS**

## 2. OBJETIVOS

Los objetivos principales de este estudio son:

- 1) Elaboración de archivos digitalizados de la zona de estudio para facilitar las funciones habituales de la Comunidad de Regantes de Pulpí: superficie regable de la CC.RR de Pulpí, superficie de los cultivos existentes en el sector Entresierras (características, necesidades hídricas y precios de coste de producción de los cultivos), posibles entradas del recurso hídrico y análisis de las infraestructuras de las que disponen actualmente.
  
- 2) Aumentar la garantía de suministro en el sector Entresierras perteneciente a la Comunidad de Regantes de Pulpí, mediante el análisis de alternativas en tres ámbitos de actuación: maximizar la disponibilidad de agua, reducir el consumo hídrico y mejorar la gestión interna de la Comunidad.

## **METODOLOGÍA**

### 3. METODOLOGÍA

La metodología que se ha empleado para realizar este estudio, se expone en los siguientes apartados. Para su elaboración, se ha contado con la ayuda y los datos proporcionados por la Comunidad de Regantes de Pulpí.

#### 3.1 Recopilación de datos

La recopilación de datos en el presente Trabajo, se ha llevado a cabo mediante la ayuda de diferentes organizaciones, que son: Aguas de Almanzora, diferentes empresas privadas de la zona especializadas en cada cultivo, para obtener datos sobre precios de coste de producción y tendencias de cultivo y, principalmente la Comunidad de Regantes de Pulpí.

En primer lugar, para conocer las entradas de agua en el sector Entresierras, se ha contado con la ayuda de los archivos de datos de la CC.RR de Pulpí. La Comunidad ha proporcionado datos sobre las diferentes concesiones de las que cuentan, además de mostrar los documentos concesionales autorizados y los pertenecientes a concesiones pendientes de resolución (IDAM Valdelentisco e IDAM Torrevieja). También se ha pedido información sobre los aportes recibidos reales en los últimos años, sobre infraestructuras de la Comunidad, planos de las conducciones, volúmenes almacenados, coste del agua obtenida de diferentes procedencias y como se contabilizan las pérdidas de agua.

Para ver si es posible aumentar las concesiones de agua, se ha contactado con las EDAR de la zona para saber si es posible obtener agua cuando su concesión de origen no la reclame en ese momento, saber qué tratamientos se realizan en las plantas de depuración y el destino de dicha agua, por si es posible aprovecharla en el sector de estudio.

#### 3.2 Delimitación superficie regable

Para esbozar el perímetro de riego del sector Entresierras, se parte de un fichero *Keyhole Markup Language (KMZ)* visible en la aplicación de código abierto, *Google Earth Pro*, en el que se muestra la superficie regable total de la CC.RR de Pulpí. Esta capa con formato *kmz*, tiene un tiempo de respuesta muy alto, por lo que se ralentizan las labores en dicha capa, haciendo su uso inviable. Además, en el trazado de dicha superficie, es difícil discernir qué parcelas están dentro del perímetro de riego y cuáles no.

Por ello, se decide realizar la superficie regable de nuevo, marcando las parcelas que sí que están dentro del perímetro de riego. Se ha creado una capa con la superficie regable en formato *shapefile (shp)*, un formato sencillo y no topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas, para así, conseguir una mayor precisión y una mejor representación de las parcelas de riego. Para su elaboración se han consultado bases de datos de la Comunidad, en las que aparece el perímetro de riego y se ha contado con la ayuda del programa *QGIS* como Sistema de Información Geográfica, de código abierto.

Esta herramienta ofrece múltiples funcionalidades, para este estudio, se han usado las siguientes:

- Marcar la superficie regable total de la CC.RR de Pulpí (8.380 ha), así como marcar la superficie regable perteneciente al sector Entresieras (5.987 ha).
- Observar y sobreponer datos vectoriales y ráster en diferentes formatos y proyecciones.
- Explorar datos espaciales: Reproyección al vuelo, gestor de base de datos, editar, ver, buscar atributos y etiquetar elementos.
- Crear, editar, administrar y exportar capas vectoriales y ráster: digitalización de mapas, creación y edición de archivos *shapefile*, complementos de georreferenciación.
- Utilización de complementos.

Una vez acotada dichas superficies, se han observado qué cultivos hay en cada subparcela, contrastando la información procedente de varias fuentes:

- Datos del catastro que pueden cargarse en el programa *QGIS*.
- Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC). Se ha buscado el uso de suelo por recinto de las parcelas.
- Ortofotos actuales procedentes del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Las ortofotos son más o menos accesibles dependiendo de la Comunidad Autónoma. A través del Geoportal de Infraestructuras de Datos Espaciales de España (IDEE) se pueden obtener las URL para cargarlas en *QGIS* como capa *WMS*, para así, visualizarlas. Se ha contrastado con las ortofotos cargadas desde *Google Maps*.
- Mediante la observación propia de los cultivos y la tendencia a cultivos futuros en la zona y los datos proporcionados por la Comunidad de Regantes.

Los métodos anteriormente descritos, presentan disparidades entre sí, ya que, unos están más actualizados que otros. Para abordar estas diferencias en la clasificación de los tipos de cultivo, se han superpuesto todos los métodos, para así tener los datos de cultivos existentes con más exactitud (Figura 7). Una vez realizada esta contrastación de datos de cultivos, se puede decir que los datos pertenecientes al catastro son los menos actualizados, cabe señalar la complejidad de delimitar la gran extensión de las superficies con el programa, superponiendo los métodos anteriores también con la superficie regable proporcionada por la Comunidad en la que es difícil diferenciar el límite de las parcelas de riego.

Con el resultado de solapar los métodos descritos, las superficies regables (8.380 ha y 5.987 ha), se han digitalizado y se ha creado una base de datos en una Tabla de Atributos con las características, para facilitar la gestión de esta Comunidad, uno de los objetivos del presente trabajo. Los planos de la superficie regable y categorización de los cultivos, pueden consultarse en el *Anejo 3: Planos*.



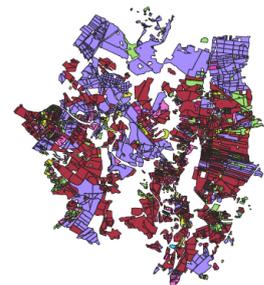
Archivo .kmz  
Sup regable total



Archivo .shp  
Sup regable total



Archivo .shp  
Sup regable Sector  
Entresiererras



Archivo .shp  
Sup regable Sector  
Entresiererras-cultivos

Figura 2: Esquema digitalización en QGIS de datos procedentes de la CC.RR de Pulpí. Fuente: Elaboración propia – ANEJO 3: PLANOS.

### 3.3 Estimación Necesidades Hídricas

Una vez delimitada la superficie y clasificada la información de los cultivos en la Tabla de Atributos realizada mediante el programa QGIS como se describe anteriormente, se ha procedido a la determinación de las necesidades de riego.

El cálculo de las necesidades netas de cada uno de los cultivos se ha elaborado mediante los datos climáticos obtenidos del SIAR para la estación experimental de Águilas (CIDA), procesados en el programa DISAGRO.

Para ello, se ha observado la estacionalidad de los cultivos en la zona de estudio, que puede observarse en el apartado 2. *Cálculo de las Necesidades de Riego Netas (Nrn) del Anejo 2: Estimación de las Necesidades Hídricas*, junto con los datos meteorológicos necesarios. Los resultados se han agrupado en una hoja de cálculo *Excel* para su procesamiento y posterior análisis.

Para obtener la demanda hídrica en cada mes, se ha calculado cada cultivo existente en cada uno de los meses junto con su superficie para hallar el volumen necesario en cada uno de los meses del año. Los datos han sido procesados mediante una hoja de cálculo *Excel* (Tabla 1).

Tabla 1: Necesidades Totales de Riego mensuales ( $m^3ha^{-1}$  y mes), y anuales ( $m^3ha^{-1}$  y año) en todos los cultivos del sector Entresieras, superficie que ocupa cada uno de ellos (ha) y el total de demanda hídrica expresado en  $hm^3$ .

| NECESIDADES TOTALES DE RIEGO         |                                |          |          |          |                   |          |          |          |          |
|--------------------------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|-------------------|----------|----------|----------|----------|
| Mes                                  | LECHUGA                        | BRÓCOLI  | SANDÍA   | CÍTRICOS | INVERNA-<br>DEROS | CIRUELO  | OLIVO    | ALMENDRO | VIÑEDOS  |
| Enero                                | 622,82                         | 707,48   | 0,00     | 288,85   | 199,50            | 0,00     | 108,26   | 0,00     | 0,00     |
| Febrero                              | 600,58                         | 821,40   | 0,00     | 375,68   | 271,73            | 0,00     | 159,38   | 0,00     | 0,00     |
| Marzo                                | 901,75                         | 0,00     | 86,18    | 446,61   | 305,29            | 164,84   | 280,28   | 159,22   | 0,00     |
| Abril                                | 1.157,57                       | 0,00     | 303,52   | 510,29   | 386,84            | 304,38   | 309,71   | 331,29   | 324,35   |
| Mayo                                 | 0,00                           | 0,00     | 1.542,09 | 652,62   | 584,18            | 773,37   | 438,68   | 584,18   | 627,73   |
| Junio                                | 0,00                           | 0,00     | 1.766,64 | 831,32   | 662,02            | 975,55   | 502,92   | 738,20   | 909,61   |
| Julio                                | 0,00                           | 0,00     | 1.289,80 | 1.075,77 | 787,00            | 902,04   | 604,37   | 787,00   | 1.071,19 |
| Agosto                               | 0,00                           | 0,00     | 0,00     | 1.034,84 | 629,39            | 731,52   | 467,24   | 551,75   | 270,31   |
| Septiembre                           | 0,00                           | 0,00     | 0,00     | 588,40   | 423,93            | 413,26   | 216,28   | 0,00     | 0,00     |
| Octubre                              | 639,22                         | 639,22   | 0,00     | 541,80   | 359,46            | 352,09   | 244,02   | 0,00     | 0,00     |
| Noviembre                            | 449,54                         | 442,55   | 0,00     | 265,80   | 190,75            | 0,00     | 134,42   | 0,00     | 0,00     |
| Diciembre                            | 332,98                         | 353,09   | 0,00     | 90,16    | 71,61             | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     |
| NECESIDADES TOTALES DE RIEGO ANUALES |                                |          |          |          |                   |          |          |          |          |
| Total unitario ( $m^3$ )             | 4.704,46                       | 2.963,73 | 4.988,22 | 6.702,13 | 4.871,69          | 4.617,05 | 3.465,55 | 3.151,64 | 3.203,18 |
| Superficie (ha)                      | 1.839,09                       | 400,00   | 392,81   | 2.387,18 | 88,66             | 246,90   | 196,00   | 430,75   | 5,62     |
| Total ( $hm^3/cultivo$ )             | 8,65                           | 1,19     | 1,96     | 16,00    | 0,43              | 1,14     | 0,68     | 1,36     | 0,02     |
| <b>TOTAL (<math>hm^3</math>)</b>     | <b>31,42 <math>hm^3</math></b> |          |          |          |                   |          |          |          |          |

### 3.4 Problemática e incertidumbres

Para la realización de este trabajo, hay que tener en cuenta diversas incertidumbres que dan lugar a que exista una disparidad elevada en cuanto a aportes recibidos y demanda hídrica de los cultivos. Las incertidumbres que se han presentado son:

- Los cálculos de necesidades hídricas se realizan de forma teórica. Dentro de cada cultivo puede haber diferentes variedades con marcos de plantación diferentes, sistemas de cultivo extensivos o intensivos y las características diversas que pueden observarse en las diferentes parcelas pertenecientes al sector de estudio (ubicación, clima, suelo y disposición de la parcela), ya que se trata de un total de 5.987 hectáreas de regadío, además, la estación agroclimática elegida es la más cercana al perímetro de riego, sin embargo al tratarse de una gran superficie, los datos climatológicos pueden variar.
- La superficie del sector Entresierras ha sido delimitada y revisada, aunque pueden existir parcelas que tengan derechos de riego y que no se estén regando, como puede ser el caso de los cultivos de secano, olivo y almendro. También puede que para estos cultivos únicamente se realicen riegos de apoyo.
- Posibilidad de que los regantes estén realizando riegos deficitarios no controlados debido al elevado déficit hídrico existente.
- Las concesiones otorgadas a la Comunidad no han cambiado, no obstante, los cultivos sí que han podido cambiar.

## **DESCRIPCIÓN CASO DE ESTUDIO**

## 4. DESCRIPCIÓN CASO DE ESTUDIO

A continuación, se exponen las cuantías de agua de las que goza la CC.RR de Pulpí, tanto las concesiones vigentes, como los volúmenes que realmente reciben las instalaciones de la CC.RR, así como el consumo teórico estimado en función de los cultivos existentes. De la diferencia resultante entre disponibilidad y demanda del recurso, se obtiene el déficit hídrico en el sector de estudio.

### 4.1 Infraestructuras CC.RR de Pulpí

La Comunidad de Regantes de Pulpí, con domicilio en Avenida Andalucía, 159 de Pulpí (Almería) y CP: 04640, está legalmente constituida con fecha de 15 de marzo de 1983. Sus Ordenanzas y Reglamentos fueron aprobados por Resolución del Ministerio de Obras Públicas, y se encuentra inscrita en el registro general de Entidades Jurídicas del ministerio de Economía y Hacienda, con CIF N.º G-04026514.

La CC.RR de Pulpí presenta una organización de riego a la demanda, está compuesta por Unidades de Demandas Agraria (UDA's), que son: 57-63 Acuífero del Alto Guadalentín, 62-68 Aguilas, 63-69 Almería-Segura, 64-70 Nuevos regadíos Almería-Sur.

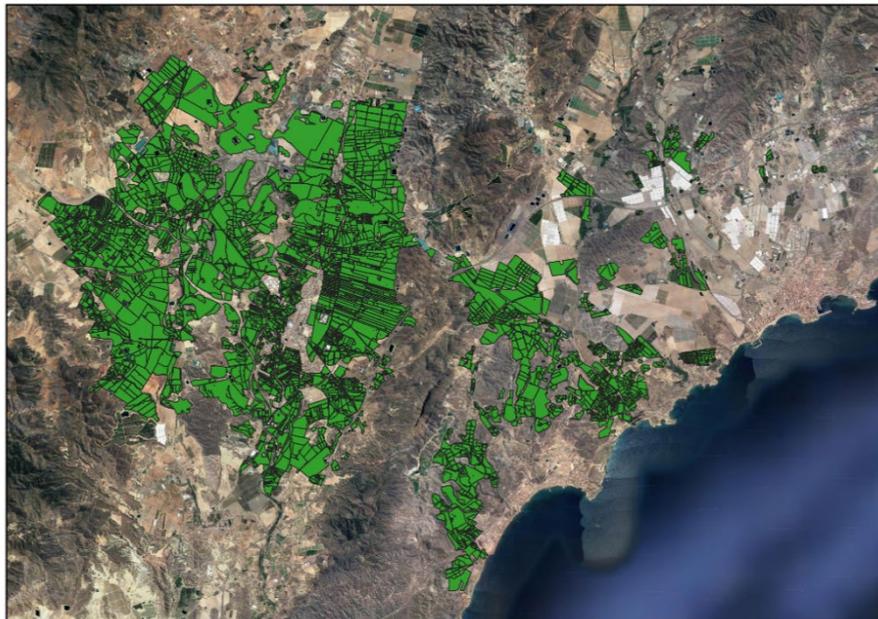


Figura 3: Superficie regable CC.RR de Pulpí (8.380 ha). Fuente: Elaboración propia - ANEJO 3: PLANOS. PLANO Nº 2: SUPERFICIE REGABLE CC.RR PULPÍ (8.380 HA)

Como se ha expuesto anteriormente, la Comunidad de Regantes Pulpí cuenta en la actualidad con una extensión de 94,85 Km<sup>2</sup>, de los cuales 8.380 ha se dedican a cultivos agrícolas. En dicha superficie se encuentran incluidos aproximadamente 1.240 comuneros con la estructura parcelaria que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Estructura parcelaria CC.RR de Pulpí según número de comuneros. Fuente: CC.RR de Pulpí.

| ESTRUCTURA PARCELARIA CC.RR DE PULPÍ |          |          |          |           |             |              |          |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-------------|--------------|----------|
| Superficie de riego                  | 8.380 ha |          |          |           |             |              |          |
| Número de comuneros                  | 1.240    |          |          |           |             |              |          |
| Reparto de la Propiedad              |          |          |          |           |             |              |          |
| Rangos de superficie                 | < 1 ha   | 1 – 3 ha | 3 – 5 ha | 5 – 20 ha | 20 – 100 ha | 100 – 250 ha | > 250 ha |
|                                      | 2,74%    | 8,18%    | 4,87%    | 10,36%    | 22,70%      | 21,09%       | 27,06%   |
| Rangos de regantes                   | 39,4%    | 37,88%   | 9,41 %   | 8,11 %    | 3,73%       | 0,97         | 0,49%    |

La Comunidad cuenta con una red de tuberías de 181 km de conexión entre sus embalses y los regantes, para que estos puedan disponer de agua las 24 horas del día y los 365 días del año (Tabla 3). Los materiales de estas conducciones son: PVC, acero y fibrocemento.

Tabla 3: Conducciones CC.RR de Pulpí. Fuente: CC.RR de Pulpí.

| DIÁMETRO (mm) | LONGITUD DE TUBERÍA (m) |
|---------------|-------------------------|
| 700           | 9.032                   |
| 600           | 32.449,16               |
| 500           | 2.320,75                |
| 400           | 8.912,40                |
| 315           | 11.995,32               |
| 300           | 11.972,64               |
| 250           | 13.146,87               |
| 200           | 61.976,92               |
| 160           | 5.896,19                |
| 150           | 17.133,70               |
| 140           | 2.779,95                |
| 125           | 12.508,80               |
| <b>TOTAL</b>  | <b>190.124,70</b>       |

Los ramales, ventosas y contadores se enumeran en la Tabla 4 y se describen los contadores en la Tabla 5. En la Tabla 6 se desglosa la capacidad y superficie embalsadas de las que dispone la Comunidad.

Tabla 4: Ramales, ventosas y contadores pertenecientes a la CC.RR Pulpí. Fuente: CC.RR Pulpí.

| RAMAL           | Nº | VENTOSAS   | CONTADORES  |
|-----------------|----|------------|-------------|
| GENERAL         | 1  | 23         | 82          |
| POZO LA HIGUERA | 2  | 7          | 66          |
| HERRADURA       | 3  | 0          | 27          |
| CALVARIO        | 4  | 8          | 49          |
| HOYA            | 5  | 18         | 183         |
| SECANO          | 6  | 5          | 119         |
| BENZAL          | 7  | 74         | 156         |
| COLLADO         | 8  | 4          | 13          |
| COCÓN           | 9  | 34         | 174         |
| POZO ESPARTO    | 10 | 44         | 103         |
| RAMBLA CONVOY   | 12 | 18         | 200         |
| SIERRA          | 16 | 38         | 128         |
| GENERAL II      | 17 | 14         | 53          |
| GENERAL BENZAL  | 18 | 8          | 14          |
| <b>TOTALES</b>  |    | <b>295</b> | <b>1367</b> |

Tabla 5: Tipos de contadores en la CC.RR de Pulpí. Fuente: CC.RR de Pulpí.

| CONTADOR           | CONTADOR Y CABLE           | DESCRIPCIÓN  |
|--------------------|----------------------------|--|
| <b>ULTRASÓNICO</b> | CONTADORES 50 / 2":        | CAUDALIMETRO ULTRASONICO 2" GMU-500 Gen3 PULSOS MID ISO16    |
|                    | CONTADORES 80 / 3":        | CAUDALIMETRO ULTRASONICO 3" GMU-500 Gen3 PULSOS MID ISO16    |
|                    | CONTADORES 100 / 4":       | CAUDALIMETRO ULTRASONICO 4" GMU-500 Gen3 PULSOS MID ISO16    |
|                    | CONTADORES 150 / 6":       | CAUDALIMETRO ULTRASONICO 6" GMU-500 Gen3 PULSOS MID ISO16    |
|                    | CABLE EMISOR DE IMPULSO:   | CABLE EMISOR PULSOS CAUDAL. ULTRAS. GMU M12 HEMBRA IP68-2 MT |
| <b>BRIDA</b>       | CONTADORES 50 / 2":        | CONT WOLTMAN WP-2" PN16-E1/100L O 1M3 S/CABLE-CL.B-MID GAER  |
|                    | CONTADORES 80 / 3":        | CONT WOLTMAN WP-3" PN16-E1/100L O 1M3 S/CABLE-CL.B-MID GAER  |
|                    | CABLE EMISOR DE IMPULSO    | R CONTADOR WP-WPI GAER-EMISOR PULSOS                         |
| <b>BRIDA</b>       | CONTADORES 100 / 4":       | WST GAER 4" E 1/1M3  |
|                    | CONTADORES 150 / 6":       | WST GAER 6" E 1/1M3  |
|                    | CONTADORES 200 / 8":       | WST GAER 8" E 1/1M3  |
|                    | CABLE EMISOR IMPULSO AZUL: | R WT II-WST-MS-EMISOR PULSOS AZUL VIOLETA. Emisor violeta    |
| <b>ROSCA</b>       | CONTADORES 25 / 1":        | CONTADOR GMM.DN25-1"-E1/100L-S/CABLE-MID GAER R80            |
|                    | CONTADORES 50 / 2" ROSCA:  | CONTADOR GMM.DN50-2"-E1/100L-S/CABLE-MID GAER R80            |
|                    | CABLE EMISOR DE IMPULSOS   | R CONTADOR MJ-MAG/GMM GAER-EMISOR PULSOS                     |

Tabla 6: Capacidad y superficie de embalses de la CC.RR de Pulpí previo y posterior al Plan de Mejoras de Regadíos.  
Fuente: CC.RR de Pulpí - ANEJO 3: PLANOS. PLANOS Nº 5 (4) y 5 (5): CONDUCCIONES, EMBALSES Y POZOS CC.RR PULPÍ.

| <b>Embalses constituidos con anterioridad al Plan Mejoras Regadíos</b> |                                  |                                   | <b>Embalses incluidos en el Plan Mejoras Regadíos</b> |                                  |                                   |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>DENOMINACIÓN</b>  | <b>CAPACIDAD (m<sup>3</sup>)</b> | <b>SUPERFICIE (m<sup>2</sup>)</b> | <b>DENOMINACIÓN</b>                                   | <b>CAPACIDAD (m<sup>3</sup>)</b> | <b>SUPERFICIE (m<sup>2</sup>)</b> |
| ESPARRAGAL   | 40.000                           | -                                 | CAPELLANÍA I  | 314.700                          | 36.963,18                         |
| BENZAL   | 125.000                          | 23.920,68                         | CAPELLANÍA II   | 404.364                          | 41.696,24                         |
| GORRETA I  | 125.000                          | 15.899,97                         | LA HOYA   | 253.000                          | 28.999,75                         |
| OLIVA  | 35.000                           | 7.169,92                          | GORRETA II  | 85.000                           | 23.932,25                         |
| COCÓN  | 45.000                           | 8.949,18                          | JARAVÍA   | 127.700                          | 16.318,06                         |
|  |                                  |                                   | LAS PILAS   | 12.000                           | 3.768                             |
| <b>TOTAL</b>   | <b>370.000</b>                   | <b>271.219,75</b>                 | <b>TOTAL</b>  | <b>1.196.764</b>                 | <b>151.677,48</b>                 |
| <b>CAPACIDAD TOTAL EMBALSES CC.RR PULPÍ = 1.566.764 m<sup>3</sup></b>  |                                  |                                   |   |                                  |                                   |

La capacidad total de los embalses es de 1.566.764 m<sup>3</sup>, con una superficie ocupada de 422.897,23 m<sup>2</sup>. En la Figura 4 se muestran fotografías de cuatro de los embalses de la Comunidad.



Figura 4: Embalses de Gorreta I y II (izquierda) y embalses de Capellanía I y II (derecha). Fuente: CC.RR de Pulpí.

En cuanto a los pozos del Alto Guadalentín, las características de su concesión pueden observarse en la Tabla 7.

Tabla 7: Características pozos Alto Guadalentín (concesión en el año 2010). Fuente: CC.RR. de Pulpí.

| POZOS ALTO GUADALENTÍN             |   |
|------------------------------------|---|
| Acuífero                           | 07.28.096 Alto Guadalentín  |
| Clase y afección                   | Regadío   |
| Término municipal                  | Puerto Lumbreras  |
| Volumen máximo anual               | 5.242.860 m <sup>3</sup>  |
| Superficie                         | 3.990,7ha   |
| Dotación                           | 1.313,8 m <sup>3</sup> /ha y año  |
| Caudal medio equivalente           | 166,25 l/s  |
| Características de las captaciones | <b>Sondeo nº 1:</b> 220 m de profundidad, 500 mm de diámetro, bomba sumergida de 360 CV y caudal instantáneo de 50 l/s                            |
|                                    | <b>Sondeo nº 2:</b> 206 m de profundidad, 500 mm de diámetro, bomba sumergida de 440 CV y caudal instantáneo de 50 l/s                            |
|                                    | <b>Sondeo nº 3:</b> 350 m de profundidad, 600 mm de diámetro, bomba sumergida de 440 CV y caudal instantáneo de 50 l/s. Distancia existente: 20 m |
|                                    | <b>Sondeo nº 4:</b> 206,5 m de profundidad, 500 mm de diámetro, bomba sumergida de 400 CV y caudal instantáneo de 50 l/s                          |

#### 4.2 Disponibilidad hídrica

El volumen del que dispone la CC.RR de Pulpí procede de concesiones, es decir, autorizaciones administrativas de volumen máximo anual otorgadas por los Organismos de Cuenca correspondientes, que son la Confederación Hidrográfica del Segura y la Demarcación Hidrográfica de la Cuenca Mediterránea Andaluza (anterior Confederación Hidrográfica del Sur). No obstante, el volumen que realmente recibe es inferior al concedido por cuestiones ajenas a la CC.RR de Pulpí.

Se enuncian las concesiones administrativas de la CC.RR Pulpí y los aportes reales recibidos desde 2016 hasta 2019.

##### A. Concesiones asignadas

La Comunidad de Regantes de Pulpí posee en la actualidad concesiones de agua anuales de diferentes orígenes y características:

- a) **Trasvase Negratín-Almanzora:** Mediante Resolución del 3 de agosto de 2004 de la Confederación Hidrográfica del Sur por la que se otorgó la conexión con un volumen de 50 hm<sup>3</sup>/año a la entidad mercantil Aguas del Almanzora, en dicha concesión, la Comunidad de Regantes participa con 7.000 hectáreas, lo que se corresponde con 14.583.310 m<sup>3</sup> de agua del Trasvase del Negratín.
- b) **Pozos Alto Guadalentín:** la Comunidad de Regantes de Pulpí, toma agua de los Pozos del Alto Guadalentín con un volumen de 5.242.860 m<sup>3</sup>, según Resolución de 19 de enero de 2007 y de los Pozos del Cortijo San Carlos con un volumen de 255.969 m<sup>3</sup>, según resolución de 13 de enero de 2007.
- c) **Rambla de los Arejos:** la Comunidad de Regantes de Pulpí recibe el volumen de 1.244.160 m<sup>3</sup>, según autorización Provisional de 1 de agosto de 1990.
- d) **Trasvase Tajo-Segura:** a la Comunidad de Regantes de Pulpí le corresponde un volumen de 400.000 m<sup>3</sup>, para una superficie regable total de 1.597,16 ha.
- e) **Desaladora de Águilas:** concesión de 5.000.000 m<sup>3</sup>.

De manera temporal, mientras ha estado en vigor en el Real Decreto 356/2015, de 8 de mayo, por el que se declara la situación de sequía en el ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Segura y se adoptan medidas excepcionales para la gestión de los recursos hídricos, la Comunidad ha disfrutado de una asignación de 0,48 hm<sup>3</sup> y una asignación de excedentes de hasta 0,52 hm<sup>3</sup> hasta el pasado año hidrológico 2018/2019.

En la Tabla 8 se resumen los volúmenes de concesión:

Tabla 8: Volumen de agua concedida a la CC.RR de Pulpí en hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>. Fuente: CC.RR de Pulpí.

| CONCESIÓN                      | Volumen concedido (hm <sup>3</sup> /año) |
|--------------------------------|--|
| Trasvase de Negratín-Almanzora | 14,58                                    |
| Pozos Alto Guadalentín         | 5,50                                     |
| Rambla de los Arejos           | 1,24                                     |
| Trasvase Tajo-Segura           | 0,40                                     |
| Desaladora de Águilas          | 5,00                                     |
| <b>TOTAL CC.RR PULPÍ</b>       | <b>26,73</b>                             |

El volumen anual concedido, aplicado a una superficie de 8.380 ha (totalidad perímetro de riego de la CC.RR de Pulpí), se traduce en una dotación a la hectárea de 3.190 m<sup>3</sup>/ha y año. De la aplicación de esta dotación a la superficie de 5.987 ha, pertenecientes al sector Entresieras, se obtiene un volumen recibido anual de **19,10 hm<sup>3</sup>**.

#### B. Aportes reales recibidos

El aporte de agua que realmente recibe la Comunidad de Regantes, no se corresponde con las cuantías asociadas a las concesiones expuestas en el epígrafe anterior. Por condicionantes ajenos, como las sequías experimentadas durante los años 2017 y 2019, la cantidad de agua aportada por parte de las concesiones ha sido inferior a la establecida. En la Tabla 9 se muestran los volúmenes recibidos desde 2015 hasta 2019, donde puede observarse la reducción de dichos volúmenes coincidentes con los periodos de sequía.

Tabla 9: Aportes reales recibidos en la CC.RR de Pulpí desde 2015 hasta 2019 expresados en hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>. Fuente: CC.RR de Pulpí.

| CONCESIÓN                                 | Volumen recibido 2015 (hm <sup>3</sup> /año) | Volumen recibido 2016 (hm <sup>3</sup> /año) | Volumen recibido 2017 (hm <sup>3</sup> /año) | Volumen recibido 2018 (hm <sup>3</sup> /año) | Volumen recibido 2019 (hm <sup>3</sup> /año) |
|---|--|--|--|--|--|
| Trasvase de Negratín-Almanzora            | 23,15  | 20,11  | 14,16  | 12,50  | 14,05  |
| Pozos Alto Guadalentín                    | 0,22   | 0,51   | 0,58   | 0,74   | 0,63   |
| Rambla de los Arejos                      | 0,11   | 0,15   | 0,36   | 0,15   | 0,18   |
| Trasvase Tajo-Segura                      | 0,38   | -  | 0,56   | 1,25   | 0,22   |
| Desaladora de Águilas                     | 3,61   | 5,26   | 7,70   | 6,20   | 5,80   |
| <b>TOTAL CC.RR PULPÍ</b>                  | <b>27,47</b>                                 | <b>26,03</b>                                 | <b>23,36</b>                                 | <b>20,84</b>                                 | <b>20,88</b>                                 |
| <b>VOLUMEN MEDIO RECIBIDO CC.RR PULPÍ</b> | <b>23,72 hm<sup>3</sup></b>                  |  |  |  |  |

En el presente año 2020, se prevé que el volumen recibido será menor que en 2019 (Tabla 10), debido a la sequía sufrida en ese año.

Tabla 10: Previsión aportes recibidos para el año 2020 en la CC.RR de Pulpí expresado en  $\text{hm}^3 \text{ año}^{-1}$ . Fuente: CC.RR de Pulpí.

| CONCESIÓN                      | Volumen previsto 2020 ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ) |
|--------------------------------|--|
| Trasvase de Negratín-Almanzora | 10,61  |
| Pozos Alto Guadalentín         | 0,61   |
| Rambla de los Arejos           | 0,24   |
| Trasvase Tajo-Segura           | 1,13   |
| Desaladora de Águilas          | 5,62   |
| <b>TOTAL CC.RR PULPÍ</b>       | <b>18,21</b>                                       |

A continuación, para conocer las razones por las que se aportó un volumen menor en el último año, 2019, se describen los aportes reales que ha consumido la Comunidad de Regantes:

- a) Trasvase Negratín-Almanzora:** 14.045.410  $\text{m}^3$  de agua consumidos durante el año 2019. Cabe señalar las circunstancias desfavorables en cuanto a la prestación de la concesión debido a la sequía experimentada durante ese año. Situación que hizo que el trasvase Negratín-Almanzora se cerrara (de agosto de 2019 a diciembre de 2019) y que, se recurriera a vías alternativas para el abastecimiento de agua para riego, tales como contratos de cesión de derechos de agua suscritos por Aguas del Almanzora, a la aportación de otras fuentes como la Desaladora del municipio de Carboneras y a la reserva de agua del Negratín en el embalse de Cuevas del Almanzora de periodos anteriores al corte del trasvase.
- b) Pozos Alto Guadalentín:** debido a la sobreexplotación a la que están sometidos, el caudal que recibe la Comunidad de Regantes es inferior a la dotación, el pasado año hubo un consumo de 634.610  $\text{m}^3$  de agua procedente de los Pozos del Esparragal y Cortijo San Carlos. Las masas de agua del Alto Guadalentín están sobreexplotadas, el nivel piezométrico ha experimentado un descenso de más de 100 metros desde principios de la década de los setenta. Situación muy influenciada por la subsidencia del terreno que se ha producido y sigue produciéndose en la zona.
- c) Rambla de los Arejos:** 181.646  $\text{m}^3$  de agua consumidos durante el año 2019. La aportación de la Rambla es significativamente inferior a la establecida debido a las extracciones irregulares de aguas superficiales que tienen lugar en el cauce aguas arriba.

- d) **Trasvase Tajo-Segura:** 215.589 m<sup>3</sup> de agua consumidos durante 2019. En los últimos 5 años se ha recibido un volumen que supone el 49 % del volumen concedido.
- e) **Desaladora del Bajo Almanzora:** esta desaladora se encuentra inoperativa por rotura debido a los daños sufridos en la zona durante la riada de 2012, por tanto, no se percibe agua de esta concesión.
- f) **Desaladora de Águilas:** durante el año 2019, gracias al uso de la reasignación y excedentes generados de la planta en momentos puntuales, se consumieron en total 5.803.075 m<sup>3</sup> de agua de la desaladora.

Tabla 11: Aportes reales recibidos en el sector Entresieras, desde 2015 hasta 2019 expresados en hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>.  
Fuente: Elaboración propia.

| CONCESIÓN   | Volumen medio recibido (hm <sup>3</sup> /año) |
|---|---|
| Trasvase de Negratín-Almanzora                    | 12,00   |
| Pozos Alto Guadalentín                            | 0,38  |
| Rambla de los Arejos                              | 0,14  |
| Trasvase Tajo-Segura                              | 0,34  |
| Desaladora de Águilas                             | 4,08  |
| <b>VOLUMEN MEDIO RECIBIDO SECTOR ENTRESIERRAS</b> | <b>16,94 hm<sup>3</sup></b>                   |

Tabla 12: Volúmenes recibidos medios en cinco años (2015-2019) en la CC.RR Pulpí y en el sector Entresieras.  
Fuente: Elaboración propia.

|  | CC.RR PULPÍ  | SECTOR ENTRESIERRAS |
|--|--------------|---------------------|
| <b>SUPERFICIE REGABLE (ha)</b>                           | 8.380        | 5.987               |
| <b>VOLUMEN MEDIO RECIBIDO (hm<sup>3</sup>) 2016-2019</b> | <b>23,47</b> | <b>16,94</b>        |

El volumen medio recibido en los últimos cinco años, aplicado a una superficie de 8.380 ha, se traduce en una dotación a la hectárea de 2.801 m<sup>3</sup>/ha y año. De la aplicación de esta dotación a la superficie de 5.987 ha de la superficie perteneciente al sector Entresieras, se obtiene un volumen medio recibido de **16,94 hm<sup>3</sup>** (Tabla 12).

A la vista de lo expuesto en las Tablas 8 y 9, se pone de manifiesto que existe una diferencia entre el volumen de agua concedido y el volumen que realmente recibe (y consume) la Comunidad a lo largo de los últimos cuatro años, siendo más acusada esa diferencia en los años

siguientes a periodos de sequía. El volumen concedido es de  $26,73 \text{ hm}^3$  mientras que el real recibido medio en cinco años, es de  $23,47 \text{ hm}^3$ , resultando una diferencia de  $3,26 \text{ hm}^3$  al año, lo que supone un **12,2 %** de diferencia sobre el volumen concedido (Figura 5).

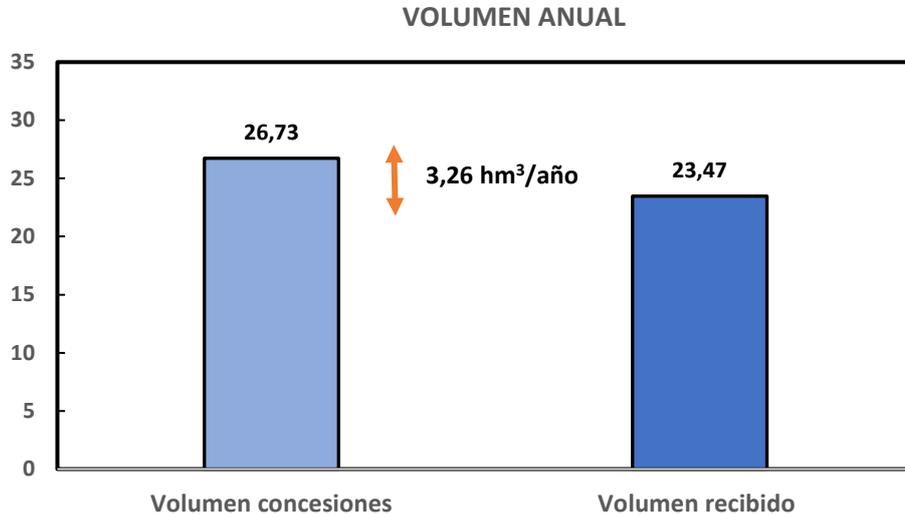


Figura 5: Volumen concedido y recibido en los últimos cuatro años (2016-2019) expresado en  $\text{hm}^3 \text{ año}^{-1}$  en la Comunidad de Regantes de Pulpí. Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 Demanda hídrica

La demanda hídrica se ha estimado mediante las necesidades teóricas de riego en base a los cultivos pertenecientes al sector Entresierras. Puede consultarse en el apartado número 3. *Necesidades de Riego Totales del Anejo 2: Estimación de las Necesidades Hídricas.*

Para determinar las necesidades netas de riego es necesario conocer los datos de la evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar para cada mes del año y los datos de la precipitación efectiva en la localización de la zona de estudio. Estos datos han sido obtenidos de la página web del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR). Los datos de precipitación y temperaturas se pueden consultar en el apartado número 6. *Características Climáticas del Anejo 1: Información caso de estudio.*

En el *Anejo 2: Estimación de las Necesidades Hídricas*, se ha realizado el cálculo de la demanda hídrica de los cultivos existentes en la zona. En primer lugar, se han calculado las necesidades netas de riego para todos los cultivos y se han corregido con el coeficiente de localización.

Una vez calculadas las necesidades netas, se procede al cálculo de las necesidades totales de riego para todos los cultivos pertenecientes al sector Entresierras. En el cálculo intervienen diversos factores tales como la eficiencia de aplicación (EA) y la uniformidad del riego (UE). Estos factores y los cálculos, se han definido y se han determinado en el epígrafe número 3. *Necesidades de Riego Totales del Anejo 2: Estimación de las Necesidades Hídricas.*

Para evaluar la demanda hídrica que existe en el sector de este trabajo, se ha realizado el cálculo de las necesidades totales de riego en función de los cultivos que hay en la zona. El cálculo se explica detalladamente en el *Anejo 2: Estimación de las Necesidades de Riego.*

Las necesidades hídricas de los regadíos del sector Entresierras suponen un volumen de **31,42 hm<sup>3</sup>** anual y un caudal medio equivalente de **996,28 l/s** (epígrafe número 3. *Necesidades de Riego Totales del Anejo 2: Estimación de las Necesidades Hídricas.*)

El cálculo de las necesidades hídricas se ha calculado también para cada cultivo en cada mes del año. Se obtiene que el mes de máximas necesidades es julio con una demanda total de **3,83 hm<sup>3</sup>** (Tabla 13).

Tabla 13: Total demanda hídrica de los cultivos calculada en el mes de julio. Fuente: Elaboración propia.

| CULTIVO                            | Volumen demandado julio (m <sup>3</sup> ) |
|------------------------------------|---|
| Lechuga                            | 0,00                                      |
| Brócoli                            | 0,00                                      |
| Sandía                             | 506.646,87                                |
| Cítricos                           | 2.568.055,51                              |
| Invernaderos                       | 69.775,20                                 |
| Ciruelo                            | 222.713,11                                |
| Olivo                              | 118.455,91                                |
| Almendro                           | 338.999,15                                |
| Viñedos                            | 6.020,09                                  |
| <b>TOTAL DEMANDA HÍDRICA JULIO</b> | <b>3.830.665,84</b>                       |

#### 4.4 Déficit hídrico

A la vista de la demanda de agua del sector Entresierras (31,42 hm<sup>3</sup>) y de las concesiones que le han sido autorizadas (19,10 hm<sup>3</sup>), se deduce que las concesiones serían insuficientes para cubrir las necesidades de este sector, además, no se recibe la totalidad del agua concedida, como se ha explicado anteriormente.

Las aportaciones que realmente se han obtenido, presenta un valor aún menor que las concesiones adjudicadas (16,94 hm<sup>3</sup>), lo que resulta insuficiente para cubrir la demanda hídrica en el sector, por lo que, se obtiene un déficit hídrico:

$$31,42 \text{ hm}^3 \text{ demandados} - 16,94 \text{ hm}^3 \text{ recibidos} = 14,48 \text{ hm}^3$$

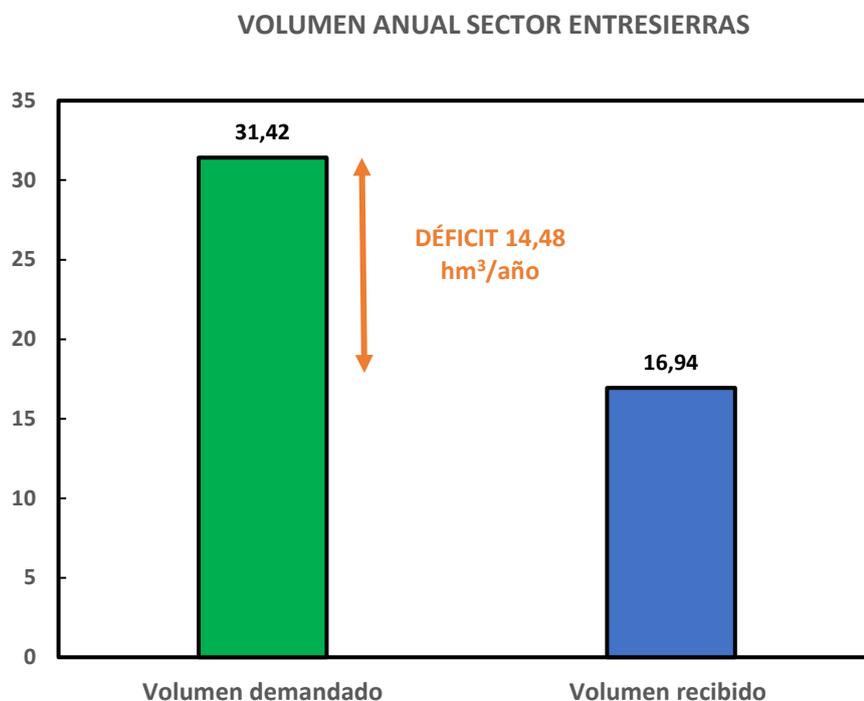


Figura 6: Volumen demandado por los cultivos y real recibido en los últimos cuatro años (2015-2019) expresado en hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> en el sector Entresierres. Fuente: Elaboración propia.

De los cálculos, se obtiene un déficit de 14,48 hm<sup>3</sup> al año (Figura 6), un 85,5 % sobre el volumen recibido en los últimos cinco años.

Al obtener un déficit hídrico tan elevado, surge la necesidad de analizar qué está ocurriendo en la zona y estudiar alternativas para paliar este déficit hídrico, motivación de este Trabajo Fin de Máster.

**RESULTADOS: PROPUESTA Y EVALUACIÓN**  
**DE ALTERNATIVAS**

## 5. RESULTADOS: PROPUESTA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Antes de describir las alternativas propuestas, cabe destacar que, no son sencillas de analizar debido a la incertidumbre en los datos recopilados, como se ha descrito en el epígrafe 3.4 *Problemática e incertidumbres* del presente documento.

### 5.1 Propuestas

Las propuestas para paliar el déficit hídrico calculado se agrupan en tres ámbitos de actuación: en maximizar la disponibilidad de agua, en reducir la demanda hídrica y en mejorar la gestión del recurso hídrico.

#### A. Maximizar la disponibilidad hídrica

La disponibilidad de agua depende de las concesiones que recibe la CC.RR de Pulpí, como se ha dicho anteriormente. Se podrían aumentar las entradas de agua si se dispone de una mayor dotación de agua en las concesiones o se contempla la posibilidad de realizar peticiones para nuevas concesiones.

#### B. Reducir la demanda hídrica

La demanda hídrica es siempre la misma, ya que, el número de regantes no varía. Una opción a contemplar es la reconversión de cultivos que demandan más agua por otros que presentan una demanda menor y proponer técnicas de cultivo que reduzcan el consumo de este recurso.

#### C. Mejora de la gestión del recurso hídrico

En este tercer ámbito de actuación se propone la realización de un embalse para poder almacenar agua y poder mejorar la regulación hídrica para un aprovechamiento de los recursos en los momentos de demanda máxima y reducir las pérdidas por evaporación y roturas de las infraestructuras de la Comunidad.

### 5.2 Evaluación

Una vez citadas las propuestas, se va a realizar un análisis de cada una de ellas para ver cuáles pueden ser las alternativas a considerar en cada ámbito de actuación.

A. **Maximizar la disponibilidad hídrica**

La Comunidad de Regantes de Pulpí tiene dos concesiones pendientes de resolución. En 2018 comenzaron los trámites administrativos para solicitar la concesión a la Instalación Desaladora de Agua de Mar (IDAM) de Valdelentisco de 2 hm<sup>3</sup> a la Confederación Hidrográfica del Segura. El pasado año 2019, se comenzaron también trámites para la concesión de 1 hm<sup>3</sup> a la IDAM de Torrevieja.

Estas dos concesiones presentan un inconveniente técnico común y es que, hasta el momento no hay infraestructura de conexión entre las desaladoras de Valdelentisco y Torrevieja con la Comunidad de Regantes de Pulpí por lo que, en caso de ser aceptadas las concesiones, se deberían realizar las infraestructuras pertinentes para hacer llegar los volúmenes requeridos a esta Comunidad.

El pasado año, 2019, fue otorgado un volumen de 1,5 hm<sup>3</sup> para la futura ampliación de la IDAM de Águilas. Aún no se ha recibido ese volumen debido a que, no se ha realizado la obra. La aceptación de este volumen implica la reducción progresiva de la extracción de agua procedente de pozos. Dicha reducción se empezó a aplicar este mismo año, disminuyendo cada año alrededor de un 12 % el agua extraída de pozos, para así, en 2026 dejar de utilizar agua con esta procedencia debido a la sobreexplotación de los acuíferos de la zona de estudio. De esta manera, en 2027, la CC.RR de Pulpí, no podrá hacer uso de la concesión de los pozos del Alto Guadalentín, habrán quedado sustituidos por agua desalada procedente de la IDAM de Águilas.

Tras observar las posibles entradas de agua en el sistema, se ha analizado la zona por si cabe la posibilidad de solicitar nuevas concesiones. En el municipio donde se realiza este estudio, se cuenta con dos Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR).

Una de ellas, la depuradora San Juan de los Terreros-Pilar de Jaravía, (pedanías de Pulpí) cede el recurso hídrico en su totalidad a los dos campos de golf situados en la zona (Mundo Aguilón y Costa 1, este último en desuso). Se ha constatado que el campo de golf no consume agua de manera constante, en los meses de otoño y de invierno su consumo disminuye notablemente.

Aprovechando esta situación, la Comunidad de Regantes de Pulpí podría ser beneficiaria de reasignaciones y sobrantes del recurso hídrico procedentes de las depuradoras, tras realizar los trámites administrativos oportunos, manteniendo la prioridad del concesionario original al campo de golf, si éste necesitara agua.

Aun así, esta fuente puede presentar diversos inconvenientes. Para usar el agua reutilizada, debe de haber pasado los tratamientos oportunos para la eliminación de restos biológicos, contiene gran cantidad de materia orgánica, por lo que pueden producirse toxicidades en los cultivos poco exigentes en cuanto a nutrientes. Además, la calidad del agua empleada para el riego debe interpretarse desde un punto de vista agronómico, ya que además de los parámetros químicos deben considerarse: la influencia del suelo, cultivo, método de riego y manejo del agua.

En un estudio realizado en el cultivo de la platanera en Gran Canaria, se ha concluido que, el agua depurada es un recurso alternativo que puede ser empleado en cultivos exigentes en calidad de agua, siempre que se utilice de forma adecuada. Su uso permite producir plátanos de forma sostenible, asimismo la disponibilidad constante en el tiempo y la estabilidad de su precio, la convierten en un recurso que puede resultar estratégico para mantener la competitividad de muchas fincas comerciales (Palacios *et al.*, 1999).

Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), la autorización o concesión de aguas residuales para riego solo puede realizarse si se demuestra que el fin perseguido es realmente realizar un riego y no encubre una eliminación de aguas residuales mediante vertido de las mismas al terreno. Para ello debería justificarse en la solicitud de reutilización, mediante un estudio, cuáles son las necesidades hídricas de los cultivos que se pretende regar, de modo que se reduzca al mínimo o se elimine la percolación de los contaminantes. Por tanto, sólo puede autorizarse la reutilización si se demuestra que no es un vertido.

Como se ha expuesto anteriormente, la mayor parte del agua que utiliza la Comunidad es recibida de trasvases, la ventaja que presenta la desalación frente a estos, es que no depende de la pluviometría en un área determinada, sino que se presenta como un recurso “inagotable”, ahora bien, sus costes son mucho más elevados, mientras no mejore la tecnología de desalación y no bajen los precios de la energía. Las aguas desaladas son muy ácidas y en ocasiones contienen boro, elemento que en altas dosis es nocivo para cultivos como los cítricos (Ródenas *et al.*, 2005), otro inconveniente del agua desalada es qué hacer con las aguas de rechazo (salmuera), su vertido al mar obliga a la construcción de salmoreoductos, cuyo mantenimiento encarece el producto final.

Obteniendo nuevas concesiones de agua desalada con una cantidad de 17,8 hm<sup>3</sup> y un volumen de 1 hm<sup>3</sup> procedente de las EDAR, el agua desalada aumentaría en un 31 % en detrimento de las aguas con otra procedencia (Figura 7). Si esas nuevas concesiones se dieran,

no existiría déficit hídrico, pudiendo cubrir así las demandas de los cultivos en este sector, no obstante, obtener esa cantidad de agua desalada sería posible si se realizaran nuevas desaladoras o se pusieran en marcha desaladoras que están actualmente está inoperativa como la desaladora del Bajo Almanzora ubicada en el municipio de Cuevas del Almanzora que quedó inoperativa tras las inundaciones acontecidas en 2012.

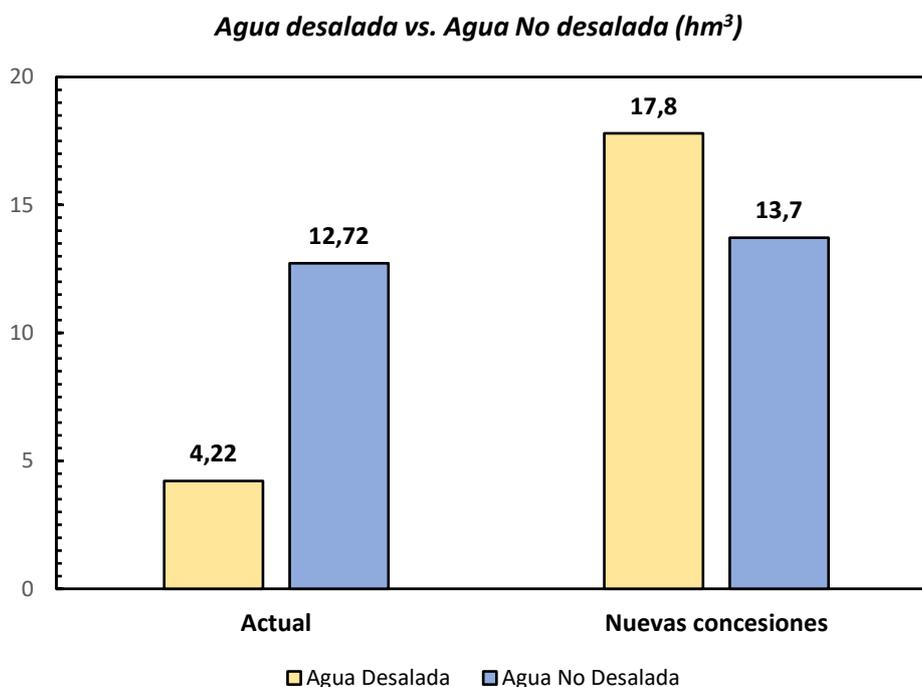


Figura 7: Diferenciación entre agua desalada y no desalada (hm<sup>3</sup>) de las entradas de agua el sector Entresierras actual y con la opción de nuevas concesiones. Fuente: Elaboración propia..

Los precios de coste del agua se muestran en la Tabla 14. Con la opción propuesta en la Figura 9, se han analizado los datos de los precios de venta de agua en la Comunidad (Tabla 15). Se observa que, el agua desalada presenta un precio más elevado. Los resultados hallados son para cubrir el déficit calculado.

Tabla 14: Coste de compra de agua según su procedencia expresado en euros m<sup>-3</sup>, en color amarillo se muestra el agua que ha sido desalada y en color azul el agua no desalada. Fuente: CC.RR de Pulpí.

| PROCEDENCIA AGUA            | COSTE AGUA (€/m <sup>3</sup> ) |
|-----------------------------|--------------------------------|
| RAMBLA DE LOS AREJOS        | 0,40                           |
| DESALADORA ÁGUILAS          | 0,40                           |
| POZOS ALTO GUADALENTÍN      | 0,31                           |
| TRASVASE NEGRATÍN-ALMANZORA | 0,35                           |
| TRASVASE TAJO-SEGURA        | 0,21                           |

Tabla 15: Precios de venta del agua desalada y el agua de otras procedencias para el sector Entresieras actual y con las posibles concesiones propuestas. Fuente: Elaboración propia.

| PROCEDENCIA AGUA | Precio coste agua (€/m <sup>3</sup> ) | Precio total actual (€) | Precio total Nuevas concesiones (€) |
|------------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Agua Desalada    | 0,40                                  | 1.689.758               | 75.116.000                          |
| Agua No Desalada | 0,29                                  | 3.726.538               | 174.518.400                         |
| <b>TOTAL</b>     |                                       | <b>5.416.296</b>        | <b>249.634.400</b>                  |

Cada fuente de entrada de agua presenta unas características diferentes dependiendo de la procedencia y de los trámites necesarios para que se autoricen. Los trasvases no son una fuente constante de entrada, ya que pueden ser suspendidos debido a la baja pluviometría, como el suspenso del trasvase del Negratín-Almanzora, acontecido en los años 2017 y 2019.

En cuanto a los pozos, dejarán de explotarse en un futuro próximo debido a la sobreexplotación de los acuíferos de la zona. El agua procedente de las EDAR, puede ser una fuente estable, no obstante, necesita de un control exhaustivo para garantizar su calidad. La mejor opción, en cuanto a garantía de suministro, es el uso de agua desalada, ya que es una fuente constante de entrada, a pesar de su mayor precio (Tabla 15).

#### B. Reducir la demanda hídrica

Para reducir la demanda hídrica, puesto que, la superficie de cultivo no va a decrecer, se plantean actuaciones dentro de la superficie regable del sector Entresieras. Una de ellas es aplicar una técnica de cultivo, denominada técnica de Riego Deficitario Controlado (RDC) y otra realizar cambios en los cultivos que ocupan dicha superficie.

#### **Riego Deficitario Controlado**

El Riego Deficitario Controlado consiste en reducir el riego durante los estadios fenológicos que menos afecten a la producción (Mitchell *et al.*, 1986). Para poder aplicar diferentes estrategias de RDC correctamente, es necesario caracterizar el grado de sensibilidad al déficit hídrico para los diferentes estadios fenológicos, siendo la floración y el cuajado del fruto, los momentos más críticos (Doorembos y Kassam, 1979).

Esta técnica se ha estudiado en diversos cultivos, como por ejemplo en cítricos, almendro y ciruelo de hueso. En el sector de estudio, sería interesante aplicar esta técnica, especialmente,

en el cultivo de los cítricos debido a que ocupan la mayor parte de la superficie regable, un 40 %.

En cítricos, los períodos más sensibles a la falta de agua son la floración y el cuajado, si existe un déficit en el riego en estas épocas, se incrementará la caída de frutos (Ginestar y Castel, 1996). El período fenológico más apropiado para la aplicación del RDC es el verano (Figura 8), como indicaron Ginestar y Castel en 1996, siempre que se restaure el riego a dosis no limitantes con suficiente antelación a la cosecha, permitiendo el crecimiento compensatorio de los frutos (Cohen y Goell, 1988).

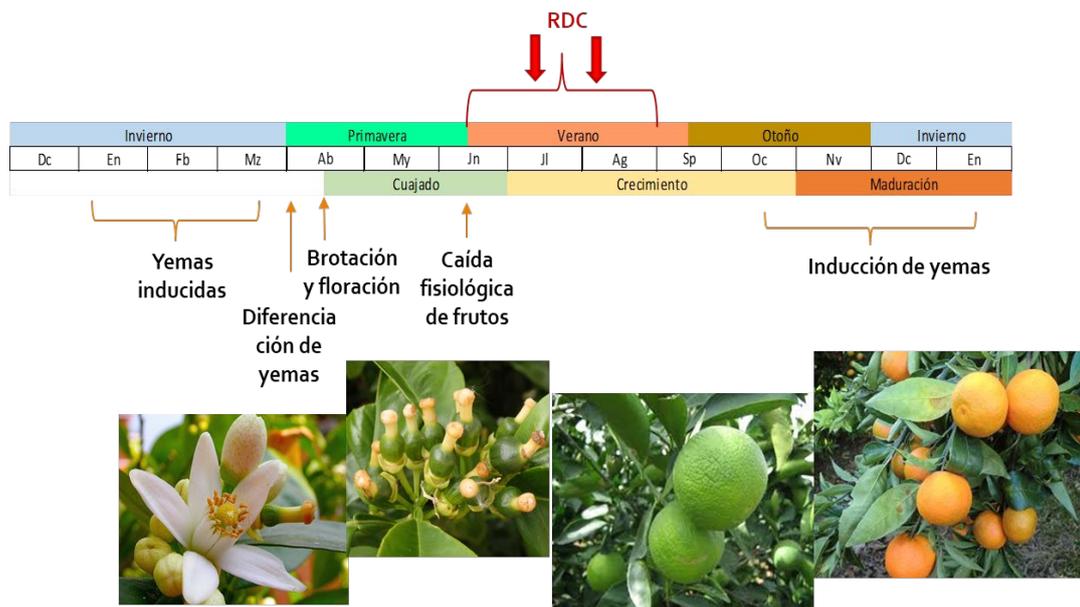


Figura 8: Ciclo fenológico cítricos y momentos de aplicación de Riego Deficitario Controlado. Fuente: Elaboración propia.

La respuesta al RDC puede ser variable en función del momento de aplicación, de las variedades y de la intensidad del déficit hídrico. Por ello es necesario seguir la evolución del estado hídrico de los árboles, que se determina mediante una cámara de presión en hojas. Ballester et al., en 2009, tras dos años realizando tratamientos de RDC, concluyeron que, en la variedad Clementina de Nules con un tratamiento de RDC al 50% de la evapotranspiración del cultivo, se consigue un ahorro del 20 % en riego sin que haya una merma de producción o un menor tamaño de frutos. Además, esta técnica redujo los costes en poda y aumentó la cantidad de sólidos solubles en el fruto, aportando un mayor sabor.

Intrigliolo y Castel, en 2004 y cinco años más tarde, en 2009, observaron los mismos resultados en árboles de ciruelo. Aplicando esta técnica en 3 momentos diferentes: pre-recolección, post-recolección y déficit continuo. Después de la recolección aplicando el riego al

33 % de la  $ET_c$ , se obtiene un ahorro hídrico del 29 %, un igual peso de la fruta y una reducción del desarrollo vegetativo. Añadieron que, el RDC más la técnica de aclareo de frutos, no reduce el rendimiento económico ya que, la calidad de los frutos aumenta debido a la mayor acumulación de sólidos solubles en ellos.

Basado en las experiencias anteriores, en el sector Entresieras podría ser interesante aplicar tratamientos de RDC en cítricos que presentan una mayor superficie en este sector. La estrategia de RDC sería al 50 % y al 33 % de la  $ET_c$  en los meses de verano junio, julio y agosto (Tabla 13).

Aplicando la estrategia de RDC teóricamente, en la reducción del riego al 50 % de la  $ET_c$  se obtiene un ahorro hídrico total del 11,5 % a final de año y el tratamiento al 33 % de la  $ET_c$ , se consigue un ahorro del 15,4 % (Tabla 16). Puede ser una alternativa válida a corto plazo, aunque para contemplar esta opción, se debe observar el comportamiento del cultivo durante al menos dos años para poder determinar si en la zona y en las variedades que se aplique, funciona de manera favorable.

Tabla 16: Valores de evapotranspiración del cultivo al 100 %, al 50 % y al 33 % en cítricos en los meses de máximas necesidades hídricas marcados en naranja (estrategia RDC). Fuente: Elaboración propia.

| EVAPOTRANSPIRACIÓN CÍTRICOS 100% vs. 50 % y 33 % $ET_c$ (RDC) |                |                           |                          |
|---|----------------|---------------------------|--------------------------|
| Mes   | $ET_c$ (100 %) | $ET_c$ (RDC 50 % $ET_c$ ) | $ET_c$ (RDC 33% $ET_c$ ) |
| Enero   | 37,10          | 37,10                     | 37,10                    |
| Febrero   | 45,07          | 45,07                     | 45,07                    |
| Marzo   | 58,68          | 58,68                     | 58,68                    |
| Abril   | 63,12          | 63,12                     | 63,12                    |
| Mayo  | 70,41          | 70,41                     | 70,41                    |
| Junio   | 86,56          | 43,28                     | 28,57                    |
| Julio   | 108,92         | 54,46                     | 35,94                    |
| Agosto  | 111,80         | 55,90                     | 36,89                    |
| Septiembre  | 78,17          | 78,17                     | 78,17                    |
| Octubre   | 60,95          | 60,95                     | 60,95                    |
| Noviembre   | 37,34          | 37,34                     | 37,34                    |
| Diciembre   | 23,25          | 23,25                     | 23,25                    |
| <b>TOTAL demanda hídrica cultivos S.E (hm<sup>3</sup>)</b>    | <b>31,42</b>   | <b>27,81</b>              | <b>26,58</b>             |
| <b>Ahorro hídrico Estrategias RDC</b>                         |                | <b>11,5 %</b>             | <b>15,4 %</b>            |

Esta técnica no incrementa el coste de producción, de hecho, baja el coste debido a la reducción del volumen de agua aplicado, resultando ser una alternativa interesante. Una de las

incertidumbres citadas anteriormente, es que, el riego deficitario esté siendo aplicado sin control de las épocas en las que se realiza, lo que puede producir mermas en la producción y en el desarrollo vegetativo, se recomienda realizar esta técnica de forma controlada.

### **Reconversión de cultivos**

Otra de las opciones para reducir la demanda hídrica podría ser la reconversión de cultivos. Se ha observado la tendencia de cultivos en la zona, generalmente, se busca la reducción de la superficie ocupada por cítricos, ya que éstos presentan una alta demanda de agua durante todo el año.

Con la superficie destinada al cultivo de lechuga en la zona de estudio, desde el año 2010 hasta el año 2019, se ha observado una tendencia de crecimiento de la superficie de este cultivo. En 10 años, la superficie de lechuga ha aumentado en un 10 % y otros cultivos como cítricos y ciruelo, han disminuido (ESYRCE, 2020). Una opción interesante puede ser el aumento de superficie destinada al cultivo de lechuga en detrimento del área cultivada de cítricos.

Como se ha explicado en el apartado 2. *Cálculo de las Necesidades de Riego Netas (Nrn)* del *Anejo 2: Estimación de las Necesidades Hídricas*, la lechuga en esta zona presenta dos ciclos de cultivo, en otoño-invierno y en primavera, por lo que, este cultivo no se encuentra en los meses de máximas necesidades hídricas. Además, los hábitos de consumo han cambiado y cada vez es mayor la demanda de este producto por el mercado interior y exterior.

Realizar una reconversión del 50 % de la superficie de cítricos a lechuga obtenemos una demanda hídrica de 29,04 hm<sup>3</sup>, que sigue estando por encima de 16,94 hm<sup>3</sup> de agua que recibe el sector (Tabla 17). Esta opción, no cubre el déficit existente y se realizaría a largo plazo debido a que, cambiar de cultivo supone un cambio en el modelo y sobre todo un cambio de mentalidad por parte del regante, lo que pueden ser inconvenientes para que la reconversión no se realice o se alargue en el tiempo.

Tabla 17: Necesidades de riego anuales actual y realizando reconversión del 50% de cítricos a lechuga. Fuente: Elaboración propia.

| <b>NECESIDADES TOTALES DE RIEGO ANUALES.</b> |                        |                                       |                                     |  |
|--|------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--|
| <b>Reconversión de cultivos</b>              |                        |                                       |                                     |  |
| <b>Cultivos</b>                              | <b>Superficie (ha)</b> | <b>Total (hm<sup>3</sup>/cultivo)</b> | <b>Superficie reconversión (ha)</b> | <b>Total reconversión (hm<sup>3</sup>/cultivo)</b> |
| Lechuga                                      | 1839,09                | 8,65                                  | 3032,68                             | 14,27  |
| Brócoli                                      | 400,00                 | 1,19                                  | 400,00                              | 1,19   |
| Sandía                                       | 392,81                 | 1,96                                  | 392,81                              | 1,96   |
| Cítricos                                     | 2387,18                | 16,00                                 | 1193,59                             | 8,00   |
| Invernaderos                                 | 88,66                  | 0,43                                  | 88,66                               | 0,43   |
| Ciruelo                                      | 246,90                 | 1,14                                  | 246,90                              | 1,14   |
| Olivo  | 196,00                 | 0,68                                  | 196,00                              | 0,68   |
| Almendra                                     | 430,75                 | 1,36                                  | 430,75                              | 1,36   |
| Viñedos                                      | 5,62                   | 0,02                                  | 5,62                                | 0,02   |
| Cebada                                       | 1839,09                | 8,65                                  | 3032,68                             | 14,27  |
| <b>TOTAL</b>                                 | <b>5.987</b>           | <b>31,42</b>                          | <b>5.987</b>                        | <b>29,04</b>                                       |

Para realizar el cambio del 50 % de superficie de cítricos (1.193,59 ha) a lechuga, es preciso tener en cuenta la maquinaria necesaria. Los costes de esta alternativa se muestran en la Tabla 18. Para la creación de caminos se han tenido en cuenta 2.000 metros, ya que se trata de diferentes parcelas.

Tabla 18: Costes reconversión 1.193,59 ha de cítricos a lechuga. Fuente: Elaboración propia

| <b>Costes Reconversión cítricos</b> |   |                    | <b>TOTAL (€)<br/>50 %<br/>Reconversión</b> |
|-------------------------------------|---|--------------------|--|
| <b>Labores preparatorias</b>        | Arranque de árboles y eliminación de restos   | 700 €/ha           | 835.513,00                                 |
|                                     | Labor de subsolador   | 60 €/ha            | 71.615,40                                  |
|                                     | Labor de grada de discos  | 21 €/ha            | 25.065,39                                  |
|                                     | Creación de caminos   | 3,6 €/metro lineal | 7.200,00                                   |
|                                     | Labor motoniveladora (caballones)   | 120 €/ha           | 143.230,80                                 |
|                                     | Labor replanteo   | 60 €/ha            | 71.615,40                                  |
| <b>Material vegetal</b>             | Variedad Romana<br>marco plantación: 0,9 x 0,2 m<br>número plantas: 3.316               | 0,13 €/planta      | 155,17                                     |
| <b>Reemplazo sistema de riego</b>   | Material de campo (riego en suelo con tubería portagoteros de Ø 16 mm y espesor 0,4 mm) | 0,43 €/ha          | 0,00                                       |
| <b>TOTAL RECONVERSIÓN (€)</b>       |   |                    | <b>1.154.908,40</b>                        |

El precio total estimado de reconversión es de 1.154.908,40 euros, este precio es orientativo y depende de cada parcela, sobre todo del material a reemplazar en el sistema de riego o la orografía del terreno.

Tras observar que el déficit es difícil de cubrir, se propone realizar un cambio en el patrón de cultivos en un futuro. Cambiar cultivos que tienen máximas necesidades en verano como la sandía por otros como la lechuga que está en los meses de menor necesidad.

### C. Mejora gestión del recurso hídrico

Para mejorar la gestión del recurso, se han analizado los aportes hídricos del sector Entresieras frente a la demanda que presentan los cultivos cada mes. Como se observa en la Figura 9, el mes de máximas necesidades es el mes de julio y los aportes recibidos son insuficientes para cubrir la demanda de los cultivos. Además, se deduce que la demanda hídrica estimada con el método de cálculo utilizado está sobredimensionada, como se ha explicado anteriormente.

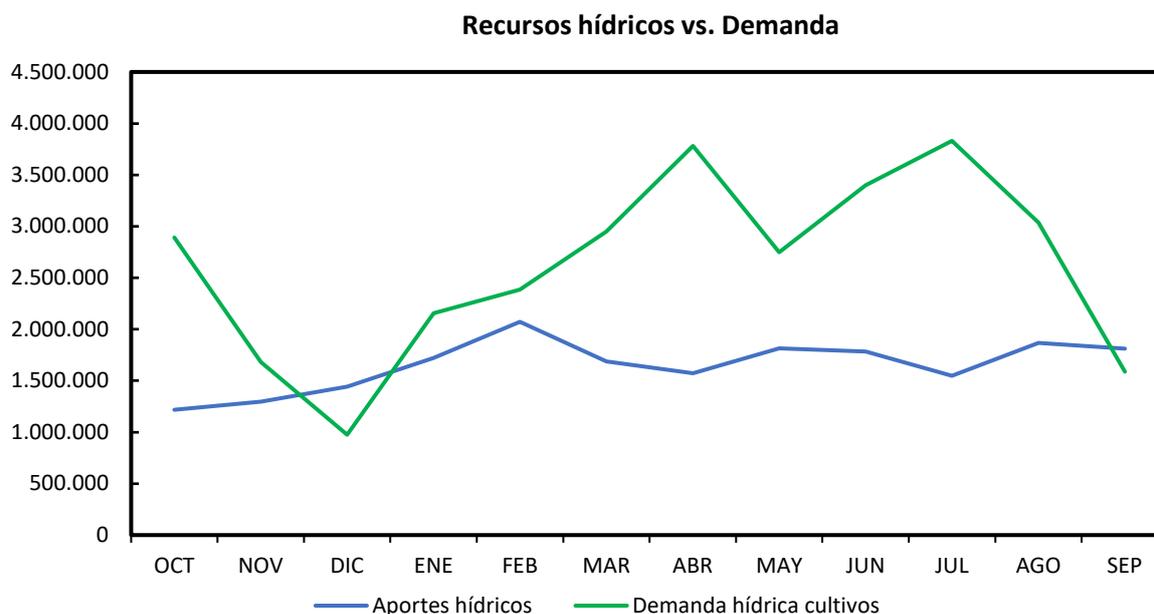


Figura 9: Recursos hídricos del sector Entresieras frente a la demanda hídrica de los cultivos, ambos expresados en m<sup>3</sup> mes<sup>-1</sup>. Fuente: Elaboración propia.

Para ver qué ocurre con los aportes hídricos, se han observado la evolución de agua embalsada total de la CC.RR de Pulpí, como se muestra en la Figura 10, los embalses siempre disponen de agua, exceptuando los meses de octubre y noviembre del año 2017, en los que se suspendió el trasvase del Negratín-Almanzora por sequía en la cuenca del Guadalquivir y también se ha analizado el volumen almacenado diario en el mes de julio, ya que es el mes más

desfavorable, para ver cuánto baja el volumen desde el día 1 hasta el 31. Los datos corresponden a la superficie del sector Entresierras (Figura 11).

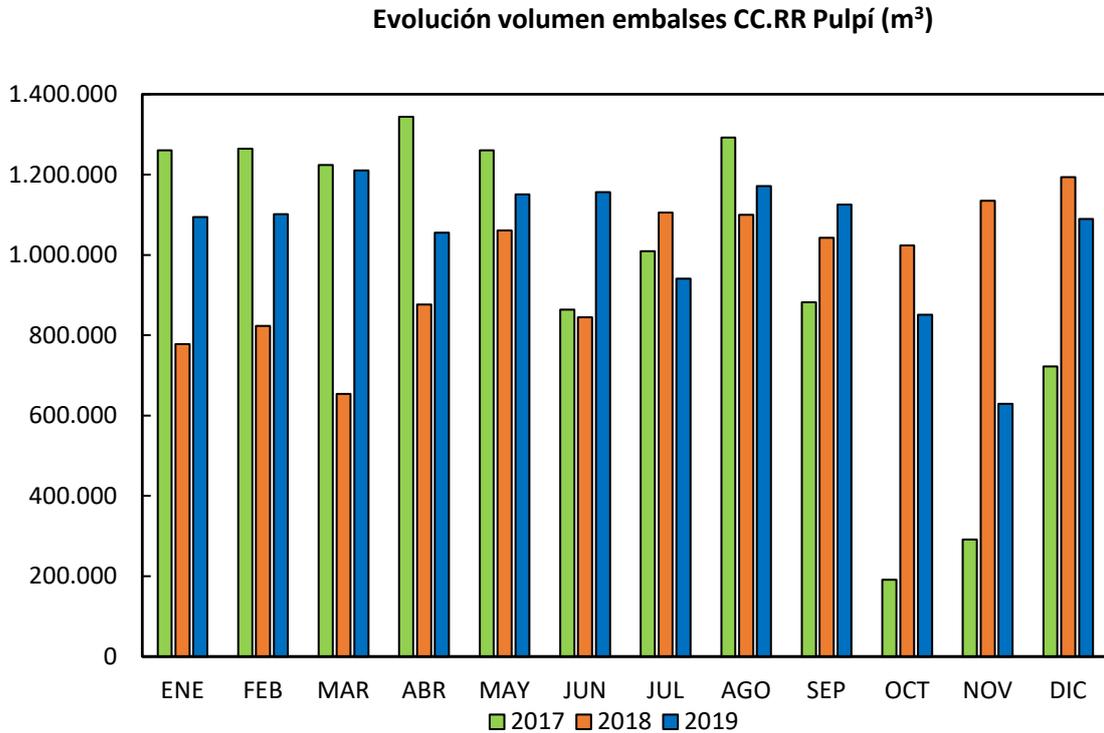


Figura 10: Evolución volumen embalsado en los años 2017, 2018 y 2019. Fuente: CC.RR de Pulpi.

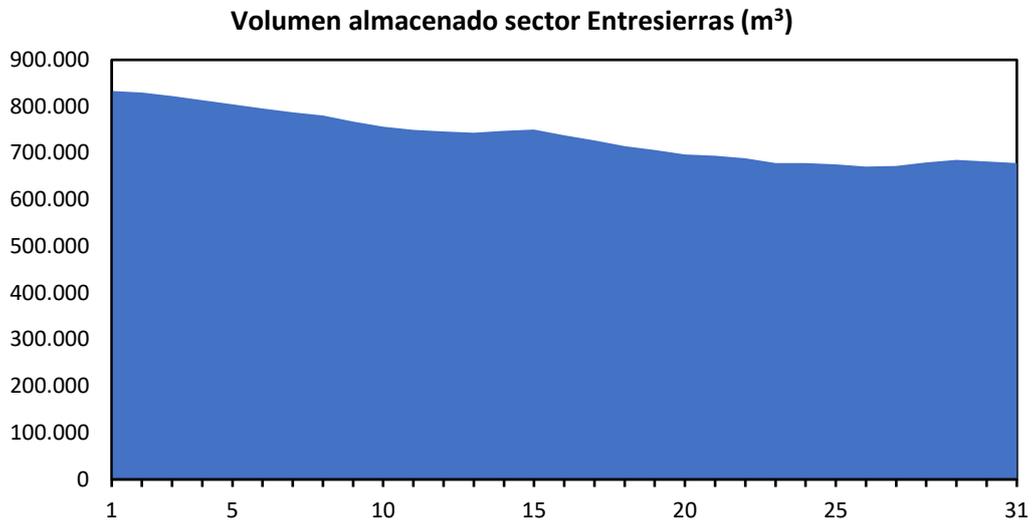


Figura 11: Volumen almacenado diario en el mes más desfavorable (julio) en el año 2019 expresado en m<sup>3</sup> en el sector Entresierras. Fuente: Elaboración propia.

Los aportes recibidos en el mes de julio en el año 2019 fueron de **1.546.949 m<sup>3</sup>** y el volumen que fue consumido de los embalses fue la diferencia del volumen embalsado el día 1 de julio con el volumen embalsado el día 31 de julio (**154.792 m<sup>3</sup>**). La suma de estos dos aportes, son los

volúmenes totales aportados y, es de **1.701.741m<sup>3</sup>**. La demanda hídrica en ese mes es de **3.830.666 m<sup>3</sup>**, resultando una disparidad entre volumen total aportado con la demanda hídrica de los cultivos de **2.128.924 m<sup>3</sup>**. Esta diferencia se debe a la incertidumbre existente en los datos recopilados, el método de las necesidades es una estimación teórica y, además, estarán regando menor cantidad de la que necesita cada cultivo.

Se han analizado también los volúmenes de agua que se consumen en el sector, es decir, el volumen de agua que se vende al año, para observar si también existe déficit (Figura 12).

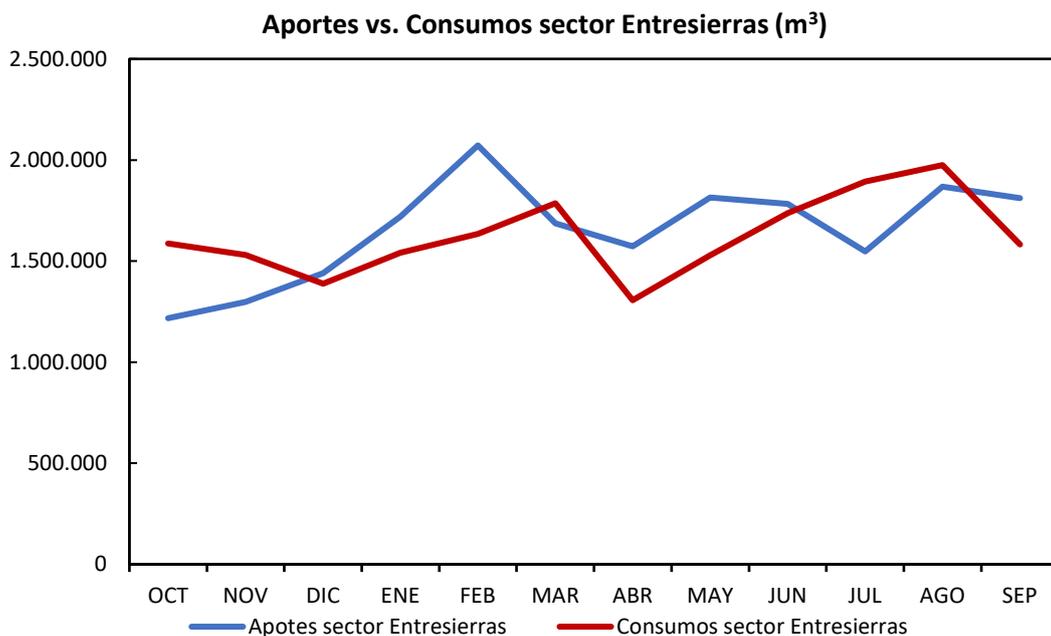


Figura 12: Aportes recibidos (compra de agua) y consumos (venta de agua) en el sector Entresierras expresados en m<sup>3</sup> en el año 2019. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 12, puede verse que el consumo es menor que la demanda teórica calculada de los cultivos dentro del sector Entresierras, por lo que se deduce que está sobredimensionada la demanda hídrica. En los meses de octubre, noviembre, marzo, junio, julio y agosto son en los que el consumo es mayor que el aporte recibido. Esta diferencia es más acusada en los meses de octubre y de julio, mostrando la mayor diferencia en octubre con un valor de 369.148 m<sup>3</sup>.

Confrontando los aportes recibidos, con la demanda hídrica calculada y los consumos reales en 2019, se concluye que existe un déficit hídrico en ambas comparaciones. Ante esta situación, la Comunidad apuesta por la realización de otra de las alternativas del presente estudio y es, realizar un embalse para disponer de un mayor acopio de agua en estos meses en los que los consumos son superiores a los aportes.

Se plantea la realización de un embalse de capacidad 100.000 m<sup>3</sup>, aunque este volumen es insuficiente para cubrir el déficit hídrico, se consigue una mejor gestión del recurso, una garantía de agua disponible para riego en los meses de mayor demanda y es el límite de volumen para no tener que realizar estudios de manera más exhaustiva y trámites burocráticos que retrasen la construcción del mismo.



Figura 13: Ubicación propuesta para la realización del embalse. Fuente: Elaboración propia.

El embalse quiere construirse dentro del perímetro de riego en la parcela número 174, polígono 20 que presenta una superficie de 18,4 ha. La pendiente del terreno es de 1,8 % (Figura 13). Al observar la zona en la que se va a construir, se puede realizar con una forma cuadrada que presentará un menor coste en impermeabilización y el movimiento de tierras no puede superar el 50 % de la capacidad de este embalse, por lo que, como máximo, el movimiento de tierras será de 50.000 m<sup>3</sup>.

Tabla 19: Costes de realización del nuevo embalse de 100.000 m<sup>3</sup>. Fuente: Datos proporcionados empresa privada especializada en la realización de obra civil en la zona.

| <b>Costes Nuevo embalse</b> |                  |
|-----------------------------|------------------|
| Movimiento de tierras       | <b>246.618 €</b> |
| Impermeabilización          |                  |
| Aliviadero                  |                  |
| Cerramiento                 |                  |
| Drenaje de fondo            |                  |
| Tubería de salida           |                  |

El precio de un embalse de 100.000 m<sup>3</sup> es de 246.618 €, es decir 2,47 €/m<sup>3</sup>, el precio del metro cúbico disminuye cuanto mayor es el embalse. En este precio no está incluida la

excavación en terreno de roca y tampoco las horas de retroexcavadora con martillo. La duración aproximada de la construcción de un embalse de estas características es de 3 meses.

Se debería de realizar una mejor gestión para que las pérdidas de agua por evaporación y rotura sean mínimas. Estas pérdidas son cuantificadas por la Comunidad cada mes, en el pasado año 2019, se totalizaron 157.444 m<sup>3</sup> de pérdidas en el sector Entresieras.

#### D. Resumen alternativas

Cada alternativa descrita en el epígrafe anterior, representa un coste (Tabla 20), no obstante, son complejas de cuantificar dada la gran variedad de características e incertidumbres en los datos. Además, resulta interesante saber cuánto supone el coste del agua en la producción de los diferentes cultivos dentro del sector Entresieras.

Tabla 20: Resumen de costes de las alternativas propuestas. Fuente: Elaboración propia.

| <b>RESUMEN ALTERNATIVAS PROPUESTAS</b>     |   | <b>Coste alternativas</b> |
|--|---|---------------------------|
| <b>MAXIMIZAR LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA</b> | <b>Nuevas Concesiones (agua desalada + agua EDAR)</b> | <b>249.634.400 €</b>      |
| <b>REDUCIR LA DEMANDA HÍDRICA</b>          | <b>Riego deficitario</b>                              | <b>0 €</b>                |
|  | <b>Reconversión cultivos</b>                          | <b>1.154.908 €</b>        |
| <b>MEJORA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO</b>  | <b>Nuevo embalse</b>                                  | <b>246.618</b>            |

En la Tabla 21 se observa el coste del agua frente al coste de producción de los cultivos en la zona que ha sido proporcionado por empresas privadas especializadas en cada uno de los cultivos en la zona de estudio. El precio de venta del agua es una media entre agua desalada y agua no desalada (0,425 €/m<sup>3</sup>). Se observa que, el total de los costes de agua en la producción del producto final suponen un **29,4 %**.

Tabla 21: Coste de agua en comparación con el precio de venta de cada cultivo. Fuente: Datos proporcionados por empresas privadas especializadas en los cultivos de la zona.

| REPERCUSIÓN COSTE AGUA EN PRECIO CULTIVOS ANUAL |                 |                           |                                |                       |                    |                       |                            |                    |
|---|-----------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------|
| CULTIVOS  | Superficie (ha) | Volumen (m <sup>3</sup> ) | Coste agua (€/m <sup>3</sup> ) | Coste producto (€/kg) | Rendimientos kg/ha | Coste producto (€/ha) | Coste agua por cultivo (€) | Coste producto (€) |
| Lechuga (0,9 x 0,3 m)                           | 1.839,09        | 8.651.930,09              | 0,425                          | 0,30                  | 28.000             | 551,73                | 3.677.070                  | 15.448.356         |
| Brócoli (1 x 0,3 m)                             | 400,00          | 1.185.492,30              | 0,425                          | 0,35                  | 20.000             | 140,00                | 503.834                    | 2.800.000          |
| Sandía (1,5 x 0,3 m)                            | 392,81          | 1.959.422,69              | 0,425                          | 0,15                  | 85.000             | 58,92                 | 832.755                    | 5.008.328          |
| Cítricos (6 x 4 m)                              | 2.387,18        | 15.999.191,43             | 0,425                          | 0,30                  | 22.900             | 716,15                | 6.799.656                  | 16.399.927         |
| Invernaderos (1,6 x 0,2 m)                      | 88,66           | 431.924,16                | 0,425                          | 0,30                  | 28.000             | 26,60                 | 183.568                    | 744.744            |
| Ciruelo (3 x 4 m)                               | 246,90          | 1.139.949,26              | 0,425                          | 0,90                  | 15.000             | 222,21                | 484.478                    | 3.333.150          |
| Olivo (7 x 5 m)                                 | 196,00          | 679.248,02                | 0,425                          | 0,60                  | 7.000              | 117,60                | 288.680                    | 823.200            |
| Almendro (6 x 5 m)                              | 430,75          | 1.357.567,47              | 0,425                          | 0,90                  | 2.000              | 387,68                | 576.966                    | 775.350            |
| Viñedos (1,5 x 0,8 m)                           | 5,62            | 18.001,87                 | 0,425                          | 0,50                  | 22.800             | 2,81                  | 7.651                      | 64.068             |
| <b>TOTAL</b>                                    |                 |                           |                                |                       |                    |                       | <b>13.354.659</b>          | <b>45.397.122</b>  |

#### E. Líneas de trabajo futuras

Tras el análisis de los datos y los resultados en el presente trabajo, es importante mencionar que las incertidumbres encontradas para su realización pueden intentar solventarse en líneas de trabajo futuras, como pueden ser:

- Realización de un inventario de parcelas más detallado para realizar un cálculo de necesidades hídricas más preciso.
- Incorporar estaciones agroclimáticas en las superficies regables o en algunas parcelas pertenecientes a ellas. Para que los datos tengan una precisión mayor.
- Cambio en el patrón de cultivos. Implantar cultivos en épocas en las que las necesidades hídricas sean menores.

## **CONCLUSIONES**

## 6. CONCLUSIONES

1.- Existen incertidumbres en los datos recopilados: las bases de datos de cultivos están, en su mayoría, desactualizadas, las parcelas dentro del perímetro de riego pueden estar regando o no, se pueden estar realizando riegos deficitarios no controlados y las concesiones otorgadas a la Comunidad no han cambiado pero sí los cultivos.

2.- La mejor opción para garantizar el suministro maximizando la disponibilidad hídrica es la desalación, ya que es una fuente constante de agua.

3.- Para reducir la demanda hídrica, tanto la técnica de Riego Deficitario Controlado como la reconversión de cultivos, son alternativas válidas para el ahorro hídrico, siendo la primera la mejor opción debido a que no supone ningún coste.

4.- El dimensionamiento de un embalse, mejora la gestión del recurso hídrico como acopio de agua para disponer de ella en los momentos de máximas necesidades hídricas.

5.- La combinación de todas las alternativas propuestas, puede producir un mayor ahorro, traducido en una garantía de suministro del recurso.

## **BIBLIOGRAFÍA**

## 7. BIBLIOGRAFÍA

**Ballester, C., Castel, J., y Castel, J. R.** (2009). Riego deficitario controlado en Clementina de Nules y Navel Lane Late: producción y calidad de la fruta. In *VI Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas* (pp. 101-102).

**Borrego, J. V. M.** (2017). *Cultivos hortícolas al aire libre*. Cajamar Caja Rural. (Pp. 239-273).

**Cohen, A., y Goell, A.** (1988). Fruit growth and dry matter accumulation in grapefruit during periods of water withholding and after reirrigation. *Functional Plant Biology*, 15(5), 633-639.

Comunidad de Regantes de Pulpí. (2020). <http://www.crpulpi.org/>

**Corominas, J.** (2010). AGUA Y ENERGÍA EN EL RIEGO, EN LA ÉPOCA DE LA SOSTENIBILIDAD, s.l.: Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca.

**Cortina, J., y Zapata, M.** (1981). LOS CAMBIOS EN EL MODELO AGRARIO DEL LITORAL ANDALUZ: EL EJEMPOLO DE FULPI Almería. *Revista del Instituto de Estudios Agrosociales n, 115*, 31-69.

**Doorenbos, J., & Kassam, A. H.** (1979). Yield response to water. *Irrigation and drainage paper*, (33), 257.

**España.** Real Decreto-ley 356/2015, de 8 de mayo, por el que se declara la situación de sequía en el ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Segura y se adoptan medidas excepcionales para la gestión de los recursos hídricos. Boletín Oficial del Estado, 9 de mayo de 2015, núm. 111, pp. 40704 a 40710.

**ESYRCE.** Encuestas sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos. (2020). [https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/regadios2019\\_tcm30-526243.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/regadios2019_tcm30-526243.pdf)

**Fernández, J. A. L.** (2014). EL DINAMISMO DEL REGADÍO DE PULPÍ. Gil Meseguer, E.; García Martínez, PJ; Gómez Espín, J. M<sup>a</sup>.; Almela Pérez, R. 2014. Comunidad de Regantes de Pulpí. 222 pp. *Papeles de Geografía*, (59-60), 210-212.

**Ferrández, M. A. G.** (2001). Soluciones a la problemática del agua en la provincia de Almería. In *Problemática de la gestión del agua en regiones semiáridas* (pp. 149-160). Instituto de Estudios Almerienses.

**García Morillo, J., Rodríguez Díaz, J. A., Crespo, M. y Aonghus, M.** (2018). Energy Saving Measures in Pressurized Irrigation Networks: A New Challenge for Power Generation. *MDPI*, 6 Noviembre.

**Ginestar, C., y Castel, J. R.** (1996). Responses of young clementine citrus trees to water stress during different phenological periods. *Journal of Horticultural Science*, 71(4), 551-559.

**Gómez Espín, J. M.** (2012). Elevación de aguas para riego en la Cuenca del Segura. Cien años del motor resurrección (1912-2012). Regional Campus of International Excellence "Campus Mare Nostrum". C. R. "Motor Resurrección". Murcia. 143 pp. 143.

**IGME.** Instituto Geológico y Minero de España (2020). [http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/pdfs/d9\\_G50/Magna50\\_997.pdf](http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/pdfs/d9_G50/Magna50_997.pdf)

**Intrigliolo, D. S., y Castel, J. R.** (2005). Effects of regulated deficit irrigation on growth and yield of young Japanese plum trees. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(2), 177-182.

**Intrigliolo, D. S., y Castel, J. R.** (2010). Response of plum trees to deficit irrigation under two crop levels: tree growth, yield and fruit quality. *Irrigation Science*, 28(6), 525-534.

**Junta de Andalucía.** (2020). <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/ria/servlet/FrontController?action=Static&url=variables.jsp>

<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/>

**MAPA.** Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2020). [https://www.mapa.gob.es/eu/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/desertificacion-restauracion-forestal/lucha-contra-la-desertificacion/lch\\_espana.aspx](https://www.mapa.gob.es/eu/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/desertificacion-restauracion-forestal/lucha-contra-la-desertificacion/lch_espana.aspx)

<https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2011/default.aspx>

**Mitchell, P. D., Chalmers, D. J., Jerie, P. H., y Burge, G.** (1986). The use of initial withholding of irrigation and tree spacing to enhance the effect of regulated deficit irrigation on pear trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 111(6), 858-861.

**MITECO.** Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020).

<https://www.miteco.gob.es/ca/agua/participacion-publica/torrents.aspx>

<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/reutilizacion-aguas-depuradas/>

**Palacios, M. P., Del-Nero, E., & Pavón, N.** (1999). Influencia del riego con agua depurada municipal de diferentes calidades sobre los suelos y el cultivo de platanera. *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo. R. Muñoz-Carpena, A. Ritter y C. Tascón (eds.). ICIA. Tenerife. p*, 131-137.

**Primaflor** (2020). <https://mimaflor.es/>

**QGIS** (2020). <https://docs.qgis.org/3.10/en/docs/>

**Robles, J. M., Pérez-Pérez, J. G., García-Oller, I., Arques, E., Berna, J. M., y Botía, P.** (2009). Respuesta del limonero 'Fino 49' al riego deficitario. Efectos sobre el crecimiento, la producción y la calidad del fruto. *Acta Hort*, 54, 236-240.

**Ródenas, M. Á., & Guillamón, J.** (2005). Trasvases y desalación: Tiza y pizarra. *Ingeniería y Territorio*, 72, 26-39.