UNIVERSIDAD DE MURCIA

FACULTAD DE BIOLOGÍA

Rentabilidad y modelos de asignación del agua en la horticultura protegida del Campo de Níjar (Almería)

Autor: José Antonio Albaladejo García

Trabajo Fin de Máster

Máster en Tecnología, Administración y Gestión del Agua

CURSO 2016-2017

Índice de contenidos

1. RESUMEN/ABSTRACT 1
2. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 3
3. MATERIAL Y MÉTODOS 7
3.1 Área de estudio 7
3.2 Metodología 10
3.2.1 Análisis financiero de una inversión 11
3.2.2 La programación matemática 13
3.3 Fuentes de información 14
4. RESULTADOS 17
4.1 Caracterización general de los cultivos 17
4.2 Estudio de la estructura de costes 19
4.2.1 Inversión inicial 19
4.2.2 Costes fijos 20
4.2.3 Costes variables 21
4.2.4 Influencia del precio del agua sobre el coste variable 23
4.3 Rentabilidad y precio del agua 25
4.5 Indicadores de rentabilidad comarcales 29
4.6 Modelización del sistema productivo del Campo de Níjar 31
4.6.1 V*ariables* 31
4.6.2 Función Objetivo 32
4.6.3 Restricciones 32
4.6.4 Modelo base 33
4.6. 5 Resultados del modelo base 34
4.6.6 Derivación de las curvas de demanda de agua 35
4.6.8. Modelo extendido 38
5. CONCLUSIONES 45
6. AGRADECIMIENTOS 47
7. BIBLIOGRAFÍA 47
8. ANEXOS 51
8.1 Anexo A 51
8.2 Anexo B 56
8.3 Anexo C 59

Índice de tablas

Tabla 1. Participación del sector agrario en la economía (en %). Año 2015. 3
Tabla 2. Superficie de invernaderos en las comarcas de Almería (2015). 9
Tabla 3. Superficie (%) de cultivos de invernadero en las comarcas del Campo de Dalías y Campo de Níjar. Almería (2015). 10
Tabla 4. Valor de la producción (millones de €) de los cultivos de invernadero en las comarcas del Campo de Dalías y Campo de Níjar. Almería (2015). 10
Tabla 5. Inversión inicial (€/ha). 20
Tabla 6. Costes fijos anuales (€/ha.año). 20
Tabla 7. Costes variables anuales (€/ha. año). Tomate Daniela ciclo largo, Campo de Níjar. 21
Tabla 8. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de pimiento (otoño) y melón (primavera). Campo de Dalías. 22
Tabla 9. Costes variables anuales (€/ha.año). Mango. 22
Tabla 10. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Tomate Daniela ciclo largo. Campo de Níjar. . 26
Tabla 11. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Pimiento en ciclo corto de otoño y melón en ciclo corto de primavera. Campo de Dalías. 26
Tabla 12. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Mango. Cultivo tropical. 26
Tabla 13. Productividad aparente del agua (€/m^3) en el Campo de Nijar. 27
Tabla 14. Productividad aparente del agua (€/m^3) en el Campo de Dalias. 27
Tabla 15. Productividad aparente del agua (€/m^3) de los cultivos tropicales. 28
Tabla 16. Precios de nivelación y cierre del agua (€/m^3). Tomate Daniela ciclo largo. Campo de Níjar... 28
Tabla 17. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de pimiento/melón en ciclo corto. Campo de Dalías. 29
Tabla 18. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Mango. Cultivo tropical. 29
Tabla 19. TIR (%) del Campo de Nijar. 30
Tabla 20. TIR (%) del Campo de Dalías. 30
Tabla 21. Productividad y precios del agua en el Campo de Níjar. (€/m^3). 31
Tabla 22. Productividad y precios del agua en el Campo de Dalias. (€/m^3). 31
Tabla 23. Formulación del modelo base. 33
Tabla 24. Superficie dedicada a cada alternativa de cultivo. 34
Tabla 25. Comparativa de la solución óptima y la situación actual 34
Tabla 26. Productividad aparente de mano de obra y del agua comparadas. 35
Tabla 27. Resultados de parametrizar la cantidad de agua total del Campo de Níjar. 36
Tabla 28. Resultados de parametrizar el precio del agua. 37
Tabla 29. Formulación del modelo extendido. 39
Tabla 30. Distribución de superficie a dedicar para cada alternativa de cultivo. 41
Tabla 31. Solución del modelo extendido 41
Tabla 32. Subvención del coste del agua desalada (Precio D). 42
Tabla 33. Canon al agua de la comarca del acuífero (Precio A). 42
Tabla 34. Restricción a los volúmenes del acuífero (Qa). 42
Tabla 35. Incremento de la superficie regable (SMAX) 43

Índice de figuras

Figura 1. Área de estudio....7
Figura 2. Marco metodológico general....11
Figura 3. Influencia del precio del agua en los costes variables del tomate tipo Daniela en el Campo de Níjar....24
Figura 4. Influencia del precio del agua en los costes variables del pimiento/melón en el Campo de Dalías. 24
Figura 5. Influencia del precio del agua en los costes variables del mango. 25
Figura 6. Método del valor marginal. Curva de demanda de agua. 37
Figura 7. Método del precio paramétrico. Curva de demanda de agua. 38

Índice de anexos

Anexo A

Tabla 1. Precios de mercado de cada cultivo (€/kg). 51
Tabla 2. Coeficientes técnicos de las alternativas de cultivo del Campo de Níjar....51
Tabla 3. Coeficientes técnicos de otras alternativas de cultivo. Campo de Dalías y cultivos tropicales. ...51
Tabla 4. Inversión inicial cultivos tropicales (€/ha). 52
Tabla 5. Costes fijos anuales del cultivo del mango (€/ha.año)....52
Tabla 6. Costes fijos anuales del cultivo de la papaya (€/ha.año). 52
Tabla 7. Costes variables anuales (€/ha.año).Ciclo corto de tomate (otoño) y sandía (primavera). Campo de Níjar....52
Tabla 8. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de tomate (otoño) y calabacín (primavera). Campo de Níjar. 53
Tabla 9. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo largo de tomate Cherry. Campo de Níjar. 53
Tabla 10. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de tomate cherry (otoño) y sandía (primavera). Campo de Níjar. 53
Tabla 11. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de calabacín (otoño) y sandía (primavera). Campo de Níjar. 53
Tabla 12. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de pimiento (otoño) y sandía (primavera). Campo de Níjar. 54
Tabla 13. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo largo de pimiento. Campo de Níjar. 54
Tabla 14. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo largo de pimiento. Campo de Dalías. 54
Tabla 15. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo largo de berenjena. Campo de Dalías....54
Tabla 16. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de pimiento (otoño) y sandía (primavera). Campo de Dalías. 55
Tabla 17. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de calabacín (otoño) y calabacín (primavera). Campo de Dalías. 55
Tabla 18. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de pepino (otoño) y pepino (primavera). Campo de Dalías. 55
Tabla 19. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de pepino (otoño) y melón (primavera). Campo de Dalías....55
Tabla 20. Costes variables anuales (€/ha.año). Papaya. Cultivos tropicales. 55

Anexo B

Tabla 1. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Tomate en ciclo corto de otoño y sandía en ciclo corto de primavera. Campo de Níjar. 56
Tabla 2. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Tomate en ciclo corto de otoño y calabacín en ciclo corto de primavera. Campo de Níjar. 56
Tabla 3. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Cherry en ciclo largo. Campo de Níjar. 56
Tabla 4. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Cherry en ciclo corto de otoño y sandía en ciclo corto de primavera. Campo de Níjar. 56
Tabla 5. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Calabacín en ciclo corto de otoño y sandía en ciclo corto de primavera. Campo de Níjar. 56
Tabla 6. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Pimiento en ciclo corto de otoño y sandía en ciclo corto de primavera. Campo de Níjar. 57
Tabla 7. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Pimiento en ciclo largo. Campo de Níjar. 57
Tabla 8. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Pimiento en ciclo largo. Campo de Dalías. 57
Tabla 9. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Berenjena en ciclo largo. Campo de Dalías. 57
Tabla 10. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Pimiento en ciclo corto de otoño y sandía en ciclo corto de primavera. Campo de Dalías. 57
Tabla 11. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Calabacín en ciclo corto de otoño y calabacín en ciclo corto de primavera. Campo de Dalías. 58
Tabla 12. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Pepino en ciclo corto de otoño y pepino en ciclo corto de primavera. Campo de Dalías. 58
Tabla 13. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Pepino en ciclo corto de otoño y melón en ciclo corto de primavera. Campo de Dalías. 58
Tabla 14. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Papaya. Cultivos tropicales. 58

Anexo C

Tabla 1. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de tomate/sandía en ciclo corto. Campo de Níjar. 59
Tabla 2. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de tomate/calabacín en ciclo corto. Campo de Níjar. 59
Tabla 3. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Cherry en ciclo largo. Campo de Níjar. 59
Tabla 4. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de cherry/sandía en ciclo corto. Campo de Níjar. 59
Tabla 5. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de calabacín/sandía en ciclo corto. Campo de Níjar. 59
Tabla 6. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de pimiento/sandía en ciclo corto. Campo de Níjar. 60
Tabla 7. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Pimiento en ciclo largo. Campo de Níjar. 60
Tabla 8. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Pimiento en ciclo largo. Campo de Dalías. 60
Tabla 9. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Berenjena en ciclo largo. Campo de Dalías. 60
Tabla 10. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de pimiento/sandía en ciclo corto. Campo de Dalías. 60
Tabla 11. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de calabacín/calabacín en ciclo corto. Campo de Dalías. 60
Tabla 12. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de pepino/pepino en ciclo corto. Campo de Dalías. 61
Tabla 13. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de pepino/melón en ciclo corto. Campo de Dalías. 61
Tabla 14. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Papaya. Cultivos tropicales. 61

1. RESUMEN

La producción hortícola en invernaderos constituye el subsector económico de mayor relevancia en la provincia de Almería, teniendo en la disponibilidad del agua uno de sus factores limitantes. Esta actividad se concentra en dos comarcas de la provincia, las conocidas como Campo de Dalias y el Campo de Níjar. Esta última obtiene de forma mayoritaria los recursos hídricos destinados para riego de un acuífero con importantes problemas de salinidad, que limita las alternativas de cultivo posibles. Esta situación podría ser solucionada con el uso agua desalada, disponible en la comarca pero que tiene poca demanda dado su mayor coste para el agricultor.

El objetivo central de este trabajo es estudiar la rentabilidad del uso del agua en la agricultura protegida de la comarca del Campo de Níjar, estudiando la viabilidad económica del uso del agua desalada. Para ello se ha realizado: 1) La caracterización económica los cultivos; 2) La evaluación de la rentabilidad financiera de los mismos mediante análisis financiero de inversiones; 3) La estimación la capacidad máxima de pago por el agua, con indicadores tales como precio de cierre y el precio de nivelación y 4) La modelización mediante programación lineal del sistema de producción.

Los resultados ponen de manifiesto, entre otras: la elevada capacidad media de pago por el agua del sistema productivo estudiado; unos niveles de rentabilidad financiera media muy elevados y muy sensibles a los precios de venta del producto; la gestión eficiente que hacen los agricultores de la comarca de los recursos disponibles; y la poca respuesta de la demanda global de agua a las variaciones en su precio.

Palabras clave: Análisis financiero; Desalación; Invernadero; Programación matemática.

ABSTRACT

Horticulture production in greenhouses is the economic sub-sector of major importance in the province of Almeria, having water availability one of its limiting factors. This activity is concentrated in two districts of the province, known as Campo de Dalias and Campo de Níjar. The second one obtains the water resources destined for irrigation of an aquifer with important levels of salinity, which limits the cultivation alternatives. This situation could be solved with the use desalinated water, available in the region but that has little demand at present given its greater cost to the farmer.

The main objective of this work is to study the profitability of water use in protected agriculture in the Campo de Nijar, studying the economic feasibility of using desalinated water. For them has been realized: 1) The economic characterization of crops; 2) The evaluation of the financial profitability of the same through financial analysis of investments, 3) The estimation of the maximum capacity of payment for water, with indicators such as closing price and the leveling price and 4) Linear programming modeling of the production system.

The results show, among others: the high capacity of payment for the water of the productive system studied; levels of financial profitability very high and very sensitive to the sales prices of the product; the high management efficient levels of the available resources; and the low response of global water demand to changes in its price.

Keywords: Financial analysis; Desalination; Greenhouse; Mathematical programming.

2. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La producción de hortalizas en invernadero es uno de los subsectores de mayor importancia económica de la provincia de Almería. Como se desprende de la información recogida en la tabla 1, esta provincia tiene una elevada especialización sectorial dentro del panorama nacional tanto en términos de producción como de empleo. Así, Almería más que quintuplica la participación del sector agrario respecto a España y más que lo dobla respecto a Andalucía, siendo el territorio español donde el sector agrario tiene mayor cuota productiva (Colino y Martínez-Paz, 2007).

Tabla 1. Participación del sector agrario en la economía (en %). Año 2015.

%	España	Andalucía	Almería
VAB (agrario/ total)	2,6	5,7	14,3
Población activa (agrario /total)	3,9	7,8	18,5

Fuente: INE (2016), Contabilidad Regional de España. Elaboración propia.

Otro hecho que avala este dinamismo es la participación de los productos agrarios en las exportaciones, llegando a suponer el 90 % del total en el caso de Almería. A su vez se ha creado en torno a la agricultura un importante sector de industria auxiliar, que constituye el conocido como clúster agroindustrial almeriense (Aznar-Sánchez, 2010).
Así este sector ha sido, junto al turismo, el responsable del crecimiento económico experimentado por esta provincia en las últimas décadas, dando lugar al conocido como milagro económico almeriense, que ha llevado a esta provincia a pasar de ser la penúltima en el ranking provincial español de PIB per cápita en la década de los 60, a ocupar una posición intermedia en la actualidad a nivel nacional y el primer puesto a nivel de Comunidad Autónoma (Aznar-Sánchez, 2012).

Dentro del sector agrario provincial es la agricultura en invernadero la responsable de estas cifras, la cual se concentra en dos comarcas costeras, las conocidas como Campo de Dalías y Campo de Níjar (Cabrera Sánchez *et al.*, 2016). Este desarrollo fue posible, entre otros, por la conjunción de un clima especialmente favorable para este tipo de producción (elevada insolación y ventilación,...) y la existencia de abundante agua para riego en los sistemas de acuíferos de ambas zonas.

Actualmente la disponibilidad de agua viene siendo el principal factor limitante de esta actividad, tanto por cantidad, como por calidad. La sobreexplotación de acuíferos está llevando a los mismos a importantes descensos de sus niveles piezómetros, con problemas de salinización y/o intrusión marina en algunos de ellos.

La apuesta política para asegurar el suministro de agua para riego a esta zona viene dada por el aprovechamiento de recursos no provenientes del régimen natural, como son las aguas regeneradas y especialmente la desalación de agua de mar, tal y como se plasmó en el programa AGUA (Actuaciones para la Gestión y la Utilización del Agua) de 2005 que sustituyó a las actuaciones en materia de transvase entre cuencas previstas en el Ley del Plan Hidrológico Nacional de 2001. Así este programa preveía la construcción o ampliación de 5 plantas desaladoras en la provincia con una producción de 117 Hm^3 al año, buscando también incrementar las garantías de suministro para el abastecimiento, (Acuamed, 2006). La realidad es que gran parte de las obras o no se han ejecutado o no son aún operativas por falta de conducciones que permitan la distribución del agua producida.

La planta desaladora de Carboneras, situada en el poniente almeriense, y anterior a las actuaciones del programa AGUA, entró en funcionamiento en 2005 y permite producir 42 Hm^3/año. Esta instalación fue en su momento la mayor planta de desalación de agua de mar de Europa hasta la finalización de la planta de Barcelona en 2009. La finalidad de su construcción fue según aparece en la justificación de su memoria "garantizar el agua para el abastecimiento de los municipios del Levante Almeriense y proporcionar agua para el regadío de 7.000 ha en el Campo de Níjar, permitiendo así la recuperación del acuífero sometido a una fuerte sobreexplotación".

Ahora bien, pese a su disponibilidad, la demanda de agua de esta instalación para riego viene siendo muy reducida. La razón esgrimida por los agricultores de la zona es básicamente el mayor coste respecto al agua de los pozos tradicionales (Aznar-Sánchez *et al.*, 2017). Así, pese que en muchos estudios (Karagiannis & Soldatos, 2008; Lapuente, 2012; March & Rico-Amorós, 2014; Alcón *et al.*, 2014; Martínez-Granados & Calatrava, 2014; Martínez Álvarez *et al.*, 2016) se propone la desalación como una alternativa viable para el abastecimiento de agua para el regadío, la realidad es que muchas de las nuevas plantas desalinizadoras de la costa mediterránea española destinadas a este fin se encuentran inactivas por falta de demanda.

Es en este contexto donde se fija el objetivo del presente Trabajo Fin de Máster, que es estudiar la rentabilidad del uso del agua en la agricultura protegida del levante almeriense, evaluando tanto la capacidad de pago del sistema para este input y la viabilidad económica del uso del agua desalada.

Para la concepción de este objetivo principal ha sido necesario alcanzar una serie de objetivos derivados:

1) Caracterizar técnica y financieramente las explotaciones hortícolas intensivas bajo plástico en la zona de estudio.
2) Evaluar la influencia del coste del agua en la viabilidad financiera de distintas alternativas de cultivos.
3) Estimar la capacidad máxima de pago por el agua, con indicadores tales como el precio de cierre y el precio de nivelación.
4) Simular, mediante programación lineal monocriterio, la asignación óptima de los recursos hídricos disponibles y los provenientes de la desalación.
5) Estudiar desde una óptica económica si el uso de agua desalada posibilita la diversificación de cultivos.

A esta introducción y objetivos, le sigue un apartado de material y métodos donde se caracteriza la zona de estudio y se presenta los dos tipos de metodología empleados junto con las respectivas fuentes de información. Posteriormente, se recogen los resultados de análisis divididos en dos apartados: en primer lugar, los resultados del análisis financiero de una inversión y en segundo término, los resultados de la modelación matemática. Por último, se incluye un capítulo de conclusiones donde se enumeran las principales aportaciones de este trabajo así como las futuras líneas de investigación del mismo derivadas.

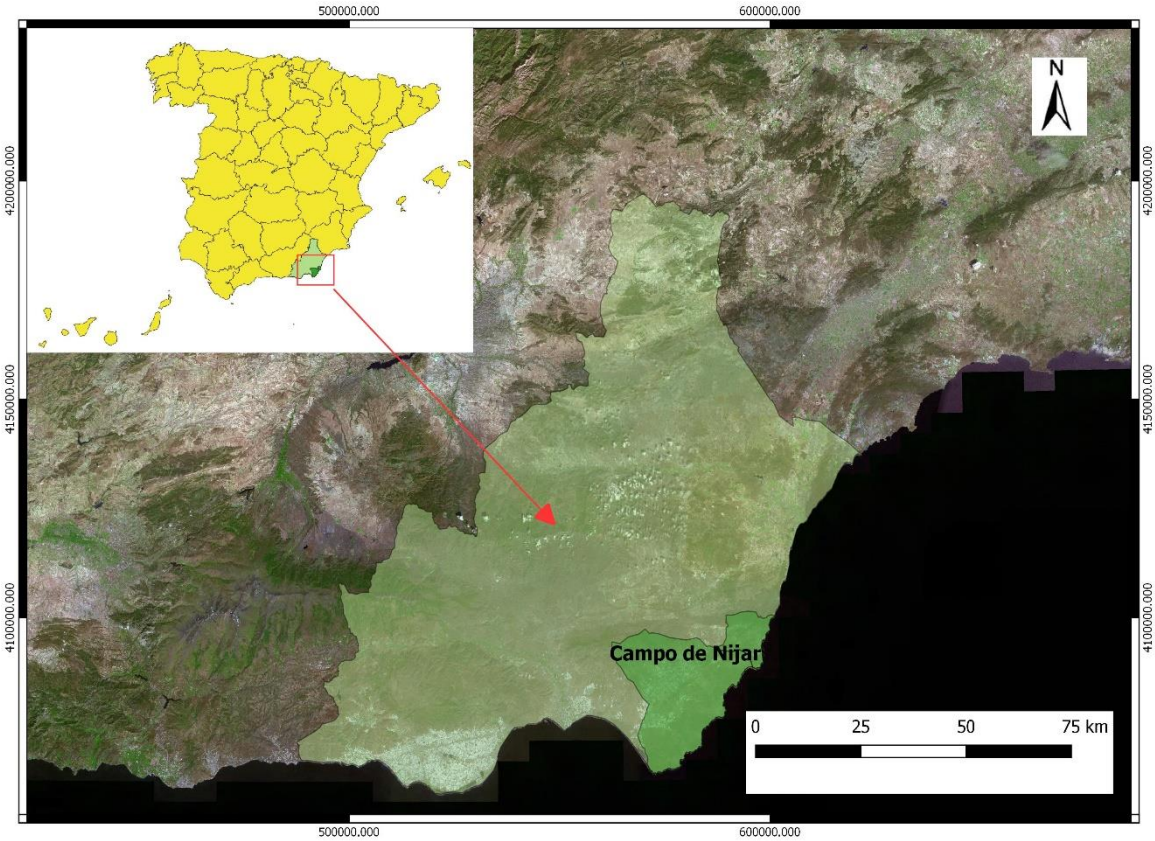
3. MATERIAL Y MÉTODOS

Como se comentó en el apartado de Introducción y objetivos, en este capítulo se recoge la zona de estudio, los fundamentos de las dos técnicas empleadas y el origen de los datos de esta investigación.

3.1 Área de estudio

El objeto de estudio se centra en las áreas de riego correspondiente a una de las esferas hortícolas más dinámicas del Sureste Peninsular, como son los invernaderos del Campo de Níjar en la provincia de Almería (Figura 1). La comarca del Campo de Níjar se extiende sobre una superficie de 950 km^2, perteneciendo 600 km^2 al municipio de Níjar, constituyendo el núcleo de población con mayor número de invernaderos de toda la comarca.

Figura 1. Área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Para dar una caracterización general cabe señalar que la provincia de Almería es la más oriental de Andalucía. Su relieve es muy variado, formado por diversas cadenas montañosas (cuatro de ellas superan los 2.000 m de altitud) cuya orientación ha

supuesto tradicionalmente un obstáculo para las comunicaciones, pero ha posibilitado el asentamiento de la población y de la mayor parte de la actividad económica en los valles.

El 70% de la provincia de Almería está representado por un nivel de precipitaciones muy bajo (inferior a 300-350 mm anuales), mientras que las temperaturas medias oscilan entre los 15-20º C, que podrían clasificarse de casi tropicales en los meses invernales.

El Campo de Níjar se localiza en uno de los sectores más áridos de todo el territorio andaluz, encontrándose bajo dominio de un clima mediterráneo semiárido donde la estación menos lluviosa y la más calurosa (verano) coinciden en el tiempo, resultando por tanto periodos anuales de estiaje muy fuertes. Las precipitaciones, escasas e irregulares, se concentran en los meses de primavera y otoño, teniendo a su vez, un carácter torrencial. Estas condiciones climáticas provocan periodos de intenso estrés hídrico (aproximadamente 6 meses) limitando el desarrollo de la vegetación, la cual está sometida a una carencia de agua y altos niveles de evapotranspiración. De ahí el uso generalizado de invernaderos que reducen la evapotranspiración de los cultivos y las pérdidas de agua (Toro Sánchez, 2008).

El clima condiciona la red hidrográfica, caracterizada por la presencia marginal de agua superficial, con caudales irregulares y cauces poco definidos, formando arroyos o ramblas. Sin embargo, dada la elevada permeabilidad de la zona, ha permitido la formación de acuíferos de dimensiones considerables, de tal forma que las aguas subterráneas constituyen el principal recurso de abastecimiento en la comarca del Campo de Níjar. Así pues, la combinación de temperaturas invernales suaves, presencia de llanuras y la existencia de agua subterránea, posibilitan este modelo de producción (Molina Herrera, 2005).

En el área objeto de estudio se ha dado una intensa extracción de aguas subterráneas, que ha estado relacionada con el desarrollo de una agricultura intensiva de regadío. Así pues, el acceso generalizado a estos recursos hídricos subterráneos ha dado lugar a una profunda transformación de este espacio, con un incremento del regadío, principalmente de hortalizas (Martínez-Granados & Calatrava, 2014). El agua total de la comarca del Campo de Níjar destinada al regadío es de 43,8 Hm^3, los cuales proceden

mayoritariamente de aguas subterráneas (Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente, 2015).

La principal masa de agua subterránea tiene la misma denominación que la comarca de estudio (Masa de agua 060.111-Campo de Níjar), constituida por cuatro acuíferos (Rambla La Palmerosa, Campo de Níjar, Fernán Pérez-El Hornillo y Alquián-Cabo de Gata) con una superficie de 58.266 ha y un aprovechamiento de aguas que alcanza los 44 Hm^3 (usos inscritos y en trámite) destinados a actividades agrícolas. Está catalogada como sobreexplotada desde el año 2004, pues las extracciones de agua superaban el 100% de los recursos medios totales evaluados por el Instituto Geológico y Minero Español (IGME). De tal modo que ha supuesto una situación insostenible ante el incremento de bombeos en las últimas décadas, con índices de explotación del orden de entre 1,4 y 2,5 (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, 2015).

La elevada presión extractiva que ha obligado a captar aguas mucho más profundas, el vertido incontrolado del rechazo de salmuera de las desalobradoras, y los procesos de intrusión marina que históricamente se han dado en el sector costero de la masa de agua subterránea del Campo de Níjar, han generado un grave problema en la cantidad y la calidad del agua de los acuíferos de la zona, con unos niveles de cloruros de 888 mg/l de media y unos elevados niveles de conductividad eléctrica, en el rango de 2 a 7 dS/m (Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente, 2015).

Tal como se recoge en la tabla 2, son 4.941ha la superficie dedicada al cultivo en invernadero en el Campo de Níjar, el 17% del total de la provincia de Almería, constituyendo la segunda comarca en importancia tras el enclave de más de 20.000 ha del Campo de Dalias.

Tabla 2. Superficie de invernaderos en las comarcas de Almería (2015).

Comarca	Superficie (ha)	%
Campo de Níjar	4.941	17,2
Campo de Dalías	20.146	70,4
Bajo Andaráx	2.503	8,7
Bajo Almanzora	418	1,4
Total Provincial	28.576	100

Fuente: Valera Martínez *et al.*, (2016). Elaboración propia.

En las tablas 3 y 4 se recogen los tipos de cultivos que se dan en estas superficies invernadas, tanto en términos de ocupación como por su valor. Así pues, se observa en

el Campo de Níjar una especialización del tomate, representando más del 70 % del total de los cultivos de la comarca.

Tabla 3. Superficie (%) de cultivos de invernadero en las comarcas del Campo de Dalías y Campo de Níjar. Almería (2015).

Cultivos	Campo de Dalías	Campo de Níjar	Almería
Tomate	19,8	71,1	24,2
Pimiento	27,7	2,6	19,9
Calabacín	11,3	4,7	15,0
Sandia	7,8	19,7	13,4
Pepino	14,3	0,4	11,6
Melón	9,6	0,0	8,2
Berenjena	7,8	1,1	4,7
Judía	1,7	0,4	3,0
Total	100	100	100

Fuente: Valera Martínez *et al.*, (2016). Elaboración propia.

En cuanto a superficie, en general, el cultivo estrella de la provincia de Almería es el tomate, siguiendo esta misma dinámica el Campo de Níjar, y suponiendo un caso particular la comarca del Campo de Dalías donde el pimiento es el cultivo predominante.

Tabla 4. Valor de la producción (millones de €) de los cultivos de invernadero en las comarcas del Campo de Dalías y Campo de Níjar. Almería (2015).

Cultivos	Campo de Dalías	Campo de Níjar	Almería
Tomate	97,40	309,59	553,94
Pimiento	493,57	3,97	559,24
Calabacín	22.56	5,32	216,96
Sandia	28,76	27,60	181,13
Pepino	25,79	-	175,53
Melón	29,26	-	42,41
Berenjena	66,90	1,62	75,58
Judía	4,36	-	38,76
Total	768,64	346,48	1.843,55

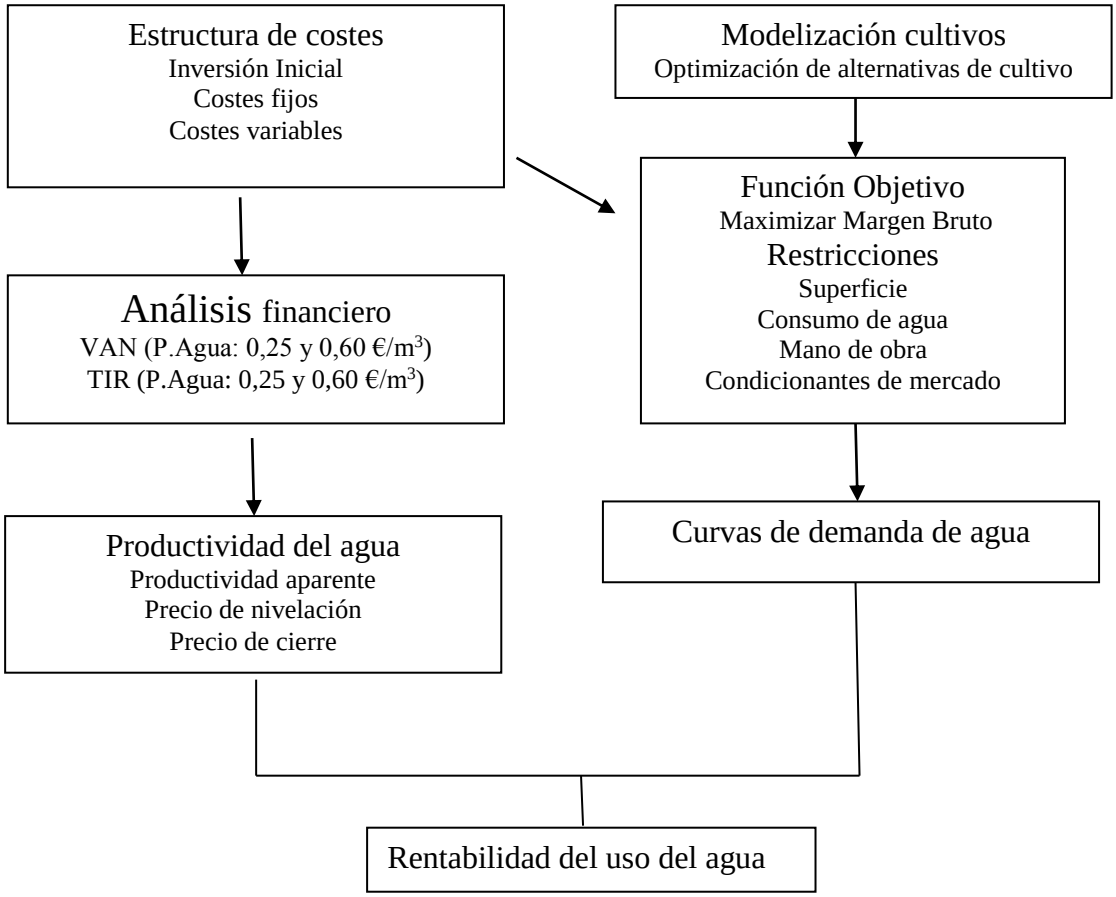
Fuente: Valera Martínez *et al.*, (2016). Elaboración propia.

Por otro lado, en cuanto al valor de la producción provincial de hortalizas, pimiento y tomate son los cultivos que aportan cada uno más del 25% a esta magnitud. Como cabría esperar de su distribución territorial, en el Campo de Dalias la hortaliza con mayor valor es el pimiento mientras que en el Campo de Níjar lo es el tomate.

3.2 Metodología

Para dar respuesta a los objetivos recogidos en la presentación de este trabajo dos han sido los métodos analíticos utilizados, el análisis financiero de inversiones y la programación lineal. Se presentan en este apartado de forma sintética los fundamentos de ambas técnicas, observándose en la Figura 2 el marco metodológico general.

Figura 2. Marco metodológico general.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.1 Análisis financiero de una inversión

El análisis financiero es una técnica para determinar la viabilidad de una inversión de la que son conocidas las series de pagos y cobros que la misma origina a lo largo del tiempo, calculando entre otros dos indicadores básicos: el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de rendimiento (TIR) (Ceña & Romero, 1982).

El VAN es un indicador que mide la rentabilidad absoluta de una inversión. Es la suma descontada de todos los flujos netos generados por la inversión expresado en unidades monetarias del año inicial. El VAN se calcula como:

$$\text{VAN (S)} = \sum_{t=0}^{n} \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

Siendo t el horizonte temporal, i el tipo de interés y S_t el saldo del flujo de caja en el momento n. De este modo, si VAN>0, significa que el proyecto genera un beneficio neto, y es, por tanto, deseable (UE, 2003).

La TIR mide la rentabilidad relativa de una inversión, siendo por tanto el máximo tipo de interés al que se puede solicitar el capital necesario para un determinado proyecto sin que se produzcan pérdidas. Así se puede definir como aquel tipo de interés que iguala a cero el VAN:

$$\text{VAN (S)} = \sum_{t=0}^{n} S_t \,/(1 + TIR)^t \; = 0$$

Este indicador permite al analista evaluar resultados futuros de la inversión, de tal forma, que, por debajo de un cierto valor de la TIR, la inversión puede llegar a considerarse inapropiada (UE, 2003).

Estos indicadores clásicos de rentabilidad de proyectos han sido complementados en este trabajo con el estudio detallado de la estructura de costes de cada cultivo y la influencia del coste del agua en la viabilidad de las explotaciones.

También se han calculado indicadores específicos, como son la productividad del agua, o los precios de este input que llevan a las explotaciones a alcanzar su punto de cierre (no se cubren los costes variables) y su punto de nivelación (no se obtienen beneficios extraordinarios). Así, el precio de cierre indica el valor del precio del agua donde los costes variables se igualan a los ingresos totales y el agricultor tiene que hacer frente a unas pérdidas inevitables (costes fijos), mientras que en el precio de nivelación el sistema productivo obtiene los beneficios normales previstos para la actividad. El punto de cierre marca el máximo precio del agua para el corto plazo, y el punto de nivelación marcaría el techo del precio del agua en el medio-largo plazo (Martínez-Paz, 2003).

Estos tipos de aproximación al estudio del coste del agua en la viabilidad de una explotación ha sido aplicada en numerosos estudios en el sector agrario, como son los recogidos en los trabajos de Colino Sueiras & Martínez-Paz (2007) para la agricultura murciana; o Freixa *et al.,* (2010), Alcón *et al.,* (2013); y Egea *et al.,* (2017) en los tres casos para el olivar intensivo andaluz.

3.2.2 La programación matemática

En segundo lugar, se ha procedido a realizar un modelo lineal de optimización matemática con el fin de estudiar la situación actual y la respuesta del sistema productivo ante diferentes escenarios. Los problemas de optimización se basan en un centro decisor que desea optimizar algunas medidas de satisfacción seleccionando los valores de un conjunto de variables, cumpliendo una serie de condicionantes/restricciones. La formulación de un programa matemático de optimización restringida quedará de la siguiente manera (León, 2011):

Optimizar F (x)
Sujeto a (s.t)
$G(x) \epsilon R_1$
$x \epsilon R_2$

donde x representa el valor de variables de decisión, llamadas así porque son aquellas sobre el que el centro decisor puede actuar, modificando sus valores y que constituyen las "incógnitas" del problema.

Los valores de x son elegidos de forma que el objetivo del decisor sea optimizado, para lo que se maximiza o minimiza una función F(x) denominada función objetivo, que es expresión algebraica de dicho objetivo formulado a partir de las variables de decisión. A su vez, el conjunto de restricciones o acotaciones que deben cumplir las variables de decisión se representan algebraicamente mediante la verificación de unas ecuaciones y/o inecuaciones que restringen el espacio de soluciones posibles.

Un programa de optimización también se puede llamar problema de programación lineal si las funciones F (x) y G (x) son lineales y los valores de X no son negativos. La característica de la función objetivo también marca la distinción entre dos tipos de programas de optimización: si solo se considera un objetivo, entonces se habla de programación monocriterio, que va a ser el utilizado en este trabajo.

Uno de los elementos básicos de las técnicas de programación matemática es la del modelo. En cualquier ciencia un modelo es una descripción significada de la realidad: al ser simplificada nunca será exacta, y es una cuestión importante definir cuál es el grado de aproximación que se acepta con la simplificación de forma que la simplificación mantenga la situación real que se intenta describir. Así en los modelos de programación representan la realidad mediante la formulación matemática de la realidad.

En este trabajo, la fase de construcción de los modelos ha seguido la estructura propuesta por McCarl & Spreen (1997):

1- Determinación del espacio de variables de decisión.
2- Desarrollo de las restricciones del modelo.
3- Construcción de la función objetivo y determinación de su dirección de optimización.
4-Desarrollo de la estructura del modelo, en un proceso de incorporación de restricciones.
5- Chequeo de los coeficientes (en el objetivo y las restricciones) incorporados al modelo, comprobando condiciones.
6- Chequeo estructural simple del modelo desarrollado, con un análisis numérico del mismo, viendo la validez de las funciones matemáticas en las que son expresados objetivos y restricciones.
7- Simplificación del modelo, fundamentalmente eliminando restricciones contenidas implícitamente en otras.
8- Resolución del programa, utilizando el método y algoritmo apropiado a las características del problema.
9- Validación del modelo: esta es una fase fundamentalmente empírica que trata de constatar si el modelo tiene finalmente la utilidad para la que fue creado.

Muchos trabajos vienen usando este enfoque en el estudio de la planificación óptima de cultivos, entre los que cabe citar los siguientes: Ward & Symons (2017) sobre la agricultura urbana en climas áridos; Martínez-Paz *et al.*, (2017) referente a los fallos de suministro de agua en las demandas de regadío de la Demarcación Hidrográfica del Segura; Kim & Kaluarachchi (2016) o Garg & Daadhich (2014) que modelizan comarcas agrarias con déficit hídrico y altos niveles de salinidad en acuíferos; Martínez-Paz & Calatrava (1997) sobre la horticultura protegida de la provincia de Almería; Doppler *et al.*, (2002) que analizan estrategias de precios del agua en los regadíos del valle del Jordán; o Berbel & Gómez-Limón (2000) sobre la tarificación del precio del agua de riego en el valle del Guadalquivir.

3.3 Fuentes de información

Uno de los puntos críticos de todo el trabajo desarrollado es la caracterización técnico económica de los cultivos hortícolas protegidos, a partir de los cuales es posible construir tanto los análisis financieros como los modelos de optimización.

Este proceso es especialmente complejo para el sistema agrícola aquí estudiado. De un lado la variedad de cultivos existentes hace que el volumen de información manejado sea muy elevado. De otro, la falta de homogeneidad en las fuentes de información

secundaria existente, incluso para el mismo tipo de cultivo, ha hecho que sea necesario contrastar cada uno de los datos y parámetros analizados.

Así, entre las fuentes consultadas se pueden destacar las siguientes:

1) Los informes del Observatorio de Precios y Mercados (Junta de Andalucía, 2017), que ofrecen datos referentes a la estructura de costes e ingresos para la campaña 2014/2015.
2) El trabajo de Cabrera Sánchez *et al.*, (2015) de análisis de la campaña hortofrutícola de Almería 2014/2015.
3) El trabajo de Barbosa Dueñas (2013) con datos de la campaña 2012/2013, con el que se ha contrastado la distribución de las partidas de costes para muchos cultivos.
4) El reciente estudio de Valera *et al.*, (2016) que realiza un estudio técnico económico de las principales alternativas de cultivo.
5) Los datos proporcionados por el "Centro de Innovación y Tecnología Fundación Finca Experimental Universidad de Almería –Anecoop".
6) La consulta directa con agricultores y técnicos.
7) La contrastación de los resultados obtenidos con dos técnicos agrícolas que trabajan en el sector en la zona, que han matizado y/o corregido algunos componentes.

4. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de este trabajo, siendo la campaña de referencia 2014/15, y por tanto todos los valores monetarios tienen como base el año 2015. Se presenta, por un lado, un análisis financiero por cultivos a partir de un estudio generalizado de la estructura de costes e ingresos de invernaderos por cultivos, obteniendo indicadores de rentabilidad privada, como son el VAN y la TIR, productividad del agua y puntos de cierre y nivelación. El modelo de programación matemática desarrollado, con dos escenarios (base y extendido) cierra este epígrafe.

4.1 Caracterización general de los cultivos

En este apartado se presentan muy brevemente las características de tres cultivos más representativos que se cultivan en el Campo de Níjar en la actualidad.

1) Tomate tipo cherry. Puede ser de ciclo corto de otoño, plantado entre julio-agosto y finalizado entre enero-febrero; y de ciclo largo, plantado de agosto hasta junio-julio. Representa en torno al 18 % de los cultivos del Campo de Níjar.
2) Tomate clásico o tipo Daniela. Al igual que ocurre con el tipo cherry, puede clasificarse en ciclo corto, plantado aproximadamente en el mes de agosto (y por tanto de plantación más tardía) y acabando entre enero-febrero; y ciclo largo, con una plantación igualmente más tardía que en la de tipo cherry, empezando a finales de agosto y finalizando en abril-mayo. Este tipo de tomate "clásico" ocupa más del 50% de la superficie invernada de la comarca.
3) Sandía. Mayoritariamente se empieza a cultivar a finales de año y se recolecta a mediados de primavera (abril-mayo) y representa el 19,7% de la ocupación respecto al total de cultivos.
4) Otros cultivos. El pimiento (tipo ramiro y de ciclo largo), el calabacín (ciclo corto) y la berenjena (ciclo largo) suman el 9,2% de los cultivos.

La elevada especialización de la zona en apenas tres cultivos viene explicada en la gran salinidad de agua de riego, como consecuencia de la ya comentada sobreexplotación y salinidad del acuífero, ya que estas producciones son tolerantes sin pérdida de rendimiento y calidad. (Sánchez *et al.*, 2015). La incorporación de caudales procedentes de la desaladora posibilitaría la introducción en la zona de nuevos cultivos y variedades.

Así producciones como el pepino, el pimiento, calabacín, melón o berenjena, que en la comarca del Campo de Dalias tienen una gran expansión serían posibles con el uso de aguas desaladas o bien una mezcla de la misma con las aguas de pozo, rebajando su salinidad y evitando a su vez la práctica cada vez más habitual en la zona de desalobración de aguas subterráneas. Es por ello que en este trabajo también se va a estudiar estos "nuevos cultivos" siendo sus características más importantes:

1) Pimiento. Pueden darse en ciclos cortos, principalmente de otoño, y en ciclos largos, siendo este último ciclo la alternativa de cultivos más extendida en el Campo de Dalias.
2) Pepino. El ciclo suele ser corto, de 4 a 6 meses, plantándose en los meses de septiembre/octubre en el ciclo corto de otoño, y en enero en el ciclo de primavera. También se dan un ciclo corto doble, con la alternativa pepino/pepino.
3) Calabacín. Los ciclos del calabacín pueden ser cortos de otoño-invierno (trasplante desde agosto hasta octubre) y ciclos de primavera (trasplante desde diciembre hasta febrero).
4) Berenjena. El ciclo largo es el más importante, con una duración de 6 a 11 meses. Si se planta entre agosto/septiembre, se pueden empezar a recolectar desde octubre a junio, mientras que, si se cultiva en diciembre, su recolección iría de marzo a junio.
5) Melón. El ciclo de cultivo puede ir de 3 a 5 meses, siendo siempre un ciclo corto de primavera, que puede en ocasiones plantarse unos meses antes, en diciembre/enero con recolección de marzo a mayo; o unos meses más tarde, cultivándose desde mediados de febrero a finales de abril y recolectándose entre mayo/julio.

Un agua de riego sin problemas de salinidad también permitiría la introducción en la zona de cultivos de origen tropical, con una gran demanda en el mercado europeo y gran interés por parte de las cadenas de distribución alimentaria por su producción en zonas más próximas al destino final. Dos son los cultivos considerados en este trabajo:

1) Mango. Es una especie arbórea, por lo que necesita de una estructura de invernadero específica, siendo su producción actual en la zona prácticamente

experimental, con algunas hectáreas comerciales en la zona del campo de Dalías de reciente implantación.

2) Papaya. Su cultivo en los invernaderos de la zona está aún en fase más preliminar que el mango, no existiendo producción comercial. Tiene un crecimiento vegetativo muy rápido, que empieza a producir a los 8-9 meses desde la plantación, con una duración total de la planta de poco más de 24 meses.

4.2 Estudio de la estructura de costes

Uno de los primeros resultados de esta investigación ha consistido en la elaboración de un estudio de las estructuras de costes en las explotaciones hortícolas intensivas de la comarca del Campo de Níjar.

Se han determinado los tres grupos de costes: inversión inicial, costes fijos y los costes variables, estos últimos diferentes para cada cultivo/alternativa.

Los cultivos analizados son los descritos en el epígrafe anterior, es decir, tanto los presentes actualmente en la zona como los que serían viables en la misma con el uso de agua desalada para su riego. En el texto solo se presentan algunos de los mismos, estando los datos de los restantes en el Anexo A.

Todos los consumos y costes están referidos a 1 ha, y los costes y precios de cultivos están referidos a precios de la campaña 2014/15, presentándose en el Anexo A- tabla 1, los distintos precios de mercado utilizados.

4.2.1 Inversión inicial

La inversión inicial (tabla 5) corresponde con aquellos desembolsos iniciales por parte del agricultor, y por tanto, de un carácter permanente y no periódico. Dentro de este coste inicial, se ha considerado tres grandes partidas, que constituyen las instalaciones de base:

-Preparación del suelo (Aporte y extensión de arena): Comprende aquellas operaciones de desmonte, eliminación de grandes piedras, nivelación y aportación de arena.

-Coste de ejecución de invernadero: Se ha considerado el invernadero tipo raspa y amagado, como el más extendido en la comarca del Campo de Níjar para todos los

cultivos evaluados, a excepción de los tropicales, donde se utiliza invernaderos tipo multitúnel, incrementándose de esta manera su inversión inicial (Anexo A, tabla 4). Son invernaderos muy económicos, con una gran adaptabilidad a las formas de las parcelas y desniveles del terreno, y una importante uniformidad luminosa (Cabrera *et al.*, 2015). Los sistemas de alta tecnología, como son los invernaderos tipo multitúnel, tienen una mayor inercia térmica, y permiten controlar parámetros medioambientales, de manera que para el caso objeto de estudio serán utilizados en la plantación de cultivos tropicales (Junta de Andalucía, 2015).

-Sistema de riego por goteo: Considera los gastos de inversión del sistema por goteo (no los de instalación).

La compra del terreno, que en algunos estudios se incluye en este tipo de inversión, no ha sido aquí considerada, dado su carácter permanente (Ceña & Romero, 1982).

Tabla 5. Inversión inicial (€/ha).

Instalaciones base	Coste
Preparación del suelo (Aporte y extensión de arena)	20.000
Coste ejecución invernadero raspa y amagado	90.470
Sistema de riego por goteo	27.360
Total	137.830

Fuente: Junta de Andalucía (2017). Elaboración propia.

4.2.2 Costes fijos

Como costes fijos se han considerado todos aquellos independientes del tipo de producción. Una estructura representativa de la comarca, una vez anualizados, es la recogida en la tabla 6, mientras que en las tablas 5 y 6 del Anexo A se recogen los costes fijos para los dos cultivos tropicales.

Tabla 6. Costes fijos anuales (€/ha.año).

Partidas	Coste
Arena/tierra	283
Estiércol/Sustrato	2.020
Estructura invernaderos	4.505
Plástico	3.224
Sistema de riego	799
Balsa	420
Otros	960
Total	12.211

Fuente: Cabrera *et al.*, (2015). Elaboración propia.

Además de los elementos propios de la estructura del invernadero (plásticos, arena,..) están presentes los auxiliares como la balsa de riego, la instalación de un sistema de riego por goteo y otros costes fijos (seguros mecánicos, mantenimiento etc.).

4.2.3 Costes variables

Los costes variables son función del tipo de cultivo o alternativa que se pretenda plantar. Existe una gran dispersión de costes variables en el sistema productivo de hortalizas almeriense, que llegan a ser también significativas entre variedades de un mismo cultivo, como se ha constatado en la consulta de los distintos estudios analizados. En este trabajo se recoge las partidas y valoración más frecuente para cada cultivo.

Para el caso del tomate tipo Daniela en ciclo largo, el cultivo más representativo del Campo de Nijar, los datos se recogen en la tabla 7. Los costes del resto de cultivos de la zona se incluyen en el Anexo A, tablas 7-13.

Tabla 7. Costes variables anuales (€/ha. año). Tomate Daniela ciclo largo, Campo de Níjar.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	21.120	61,6
Semillero	5.250	15,3
Fitosanitarios	2.720	7,9
Electricidad	2.200	6,4
Varios (abejorros, materiales…)	750	2,2
Agua	2.225	6,5
Total	34.265	100

Fuente: Junta de Andalucía (2017). Elaboración propia.

A continuación, se presentan los costes variables de la alternativa de cultivo pimiento y sandía de ciclo corto (tabla 8), que supone una de las plantaciones más representativas de la comarca del Campo de Dalías. Nótese que en este caso es una alternativa formada por la rotación en una misma campaña de dos cultivos, lo que hace por ejemplo que el gasto de semillero se incremente notablemente.

Los datos del resto de cultivos/ alternativas más representativas del campo de Dalias se recogen en el Anexo A, (tablas 14-19).

Tabla 8. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de pimiento (otoño) y melón (primavera). Campo de Dalías.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	13.992	43,1
Semillero	12.320	31,1
Fitosanitarios (€/productos)	4.800	12,1
Electricidad	1.200	3,0
Varios (suministros, servicios externos...)	1.500	3,8
Agua	2.725	6,9
Total	39.637	100

Fuente: Junta de Andalucía (2017). Elaboración propia.

Por último, se incluye el estudio de costes variables de uno de los cultivos tropicales, el mango, mientras que la papaya aparece en el Anexo A, tabla 20.

Tabla 9. Costes variables anuales (€/ha.año). Mango.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	12.000	57,0
Fitosanitarios y abonado	4.200	19,9
Electricidad	820	3,9
Varios (suministros, servicios externos...)	2.700	12,8
Agua	1.337	6,3
Total	21.058	100

Fuente: Junta de Andalucía (2017). Elaboración propia.

Los principales coeficientes técnicos de las alternativas de cultivo analizadas se muestran en el Anexo A, tablas 2 y 3, tales como el agua consumida por cada cultivo, sus rendimientos, la mano de obra requerida y sus márgenes brutos.

A la vista de estos datos, la inversión inicial y los costes fijos de un invernadero tipo raspa en la provincia de Almería es de 137.830 €/ha (sin incluir compra del terreno) y 12.211 €/ha respectivamente. La inversión inicial de los cultivos tropicales será mayor al resto de plantaciones, al ser necesario otro tipo de estructura de invernaderos, en este caso de tipo multitúnel, que elevan esta cifra los 182.200 €/ha.

En general, dentro de los costes variables, la mano de obra representa el mayor gasto (40-70%) seguido en importancia los costes de semilleros y fitosanitarios. El coste del agua, representa una parte muy pequeña en la estructura de costes variables, no superando el 7 % para el coste actual del agua de pozo (0,25 €/m^3) en ninguno de los cultivos analizados.

Estas cifras son equiparables, teniendo en cuenta la evolución de precios, a las presentadas en otros trabajos donde se analiza la estructura de costes de cultivos de invernadero en la provincia de Almería y el Campo de Níjar, como, por ejemplo, Martínez-Paz (2003) y Barbosa Dueñas (2013).

4.2.4 Influencia del precio del agua sobre el coste variable

A partir de la estructura que se acaba de presentar es posible realizar un primer estudio sobre la influencia que tiene el precio de agua en la estructura de costes variables.

Para ello se ha parametrizado el precio del agua dejando fijos el resto de componentes. De esta forma, se obtiene una función lineal de los costes variables dependiente del precio del agua:

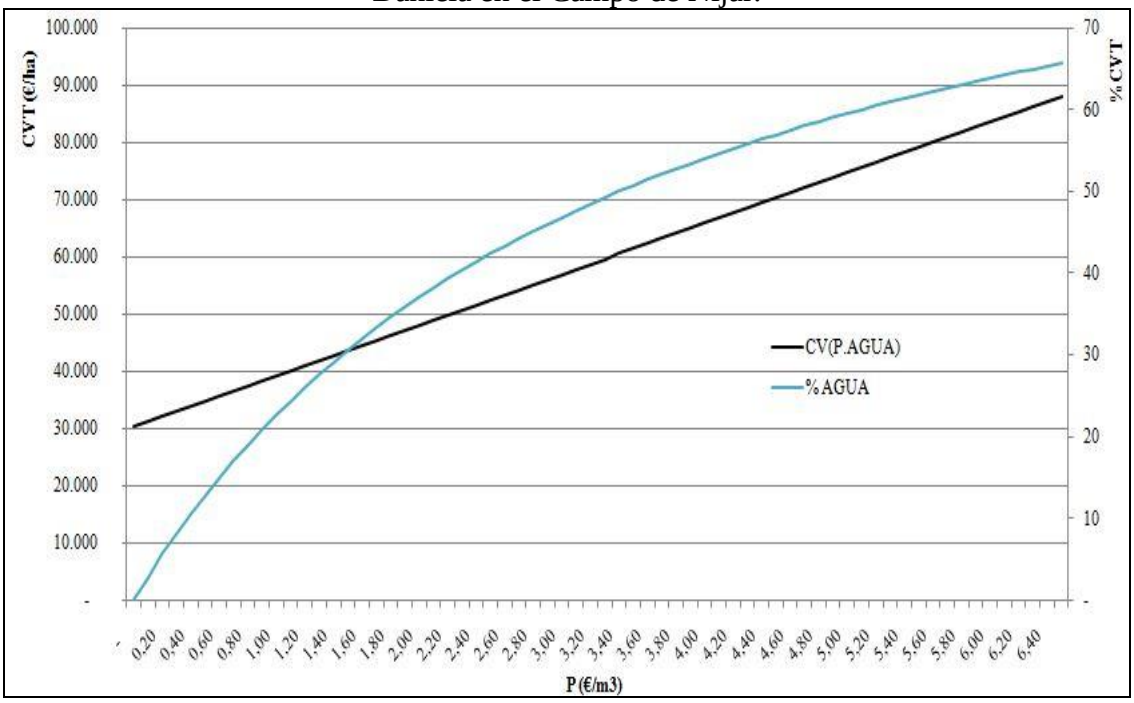
$$CVT_i(P_k) = CVT_i^S - Q_i * P_k$$

Siendo:

- CVT_i= Coste variable total del cultivo i. (€)
- CVT_i^S= Coste variable total del cultivo i sin considerar su consumo de agua. (€)
- Q_i= Consumo de agua anual del cultivo i. (€/m^3)
- P_k= Precio del agua (€/m^3)

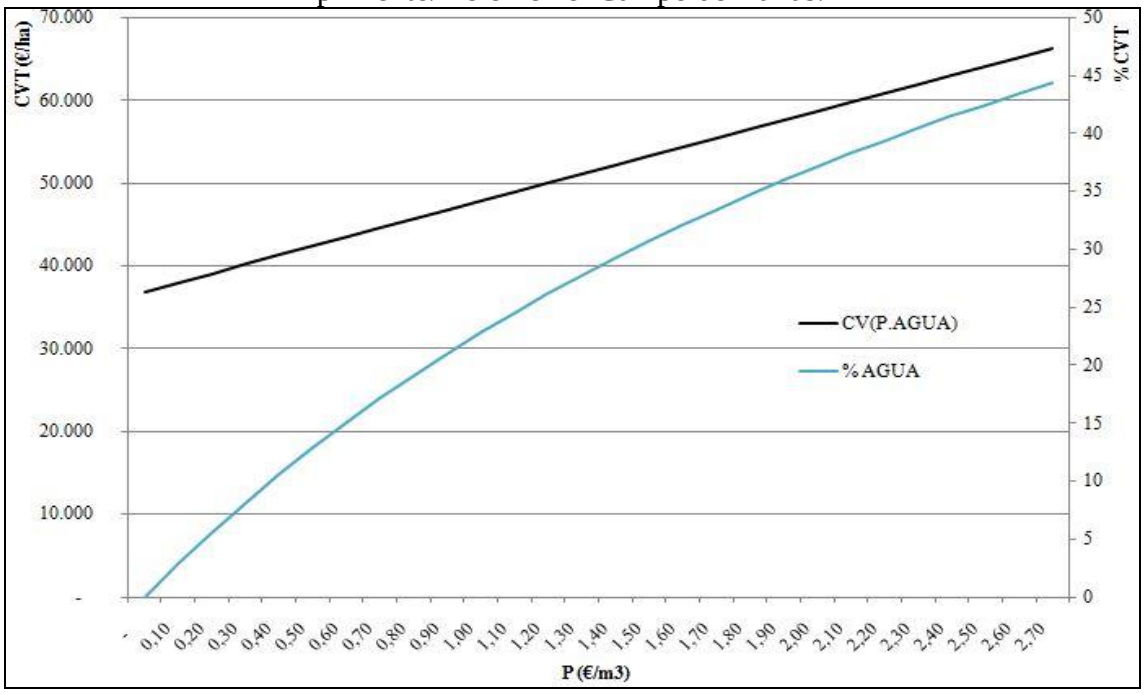
En las figuras 3, 4 y 5 se presentan los resultados de este análisis para los cultivos que se vienen analizando, tanto en términos absolutos, como en su participación relativa. Se observa cómo la participación del precio del agua en los costes variables crece alrededor del 15-20 % para precios del agua de en torno a 0,6 €/m3 (que es un referente del coste estimado del agua procedente de la desalación), porcentajes muy similares a los obtenidos por Martínez-Paz (2003), para la horticultura protegida del campo de Dalias, con valores que oscilan entre el 13-25 % para esos mismos precios del agua.

Figura 3. Influencia del precio del agua en los costes variables totales del tomate tipo Daniela en el Campo de Níjar.



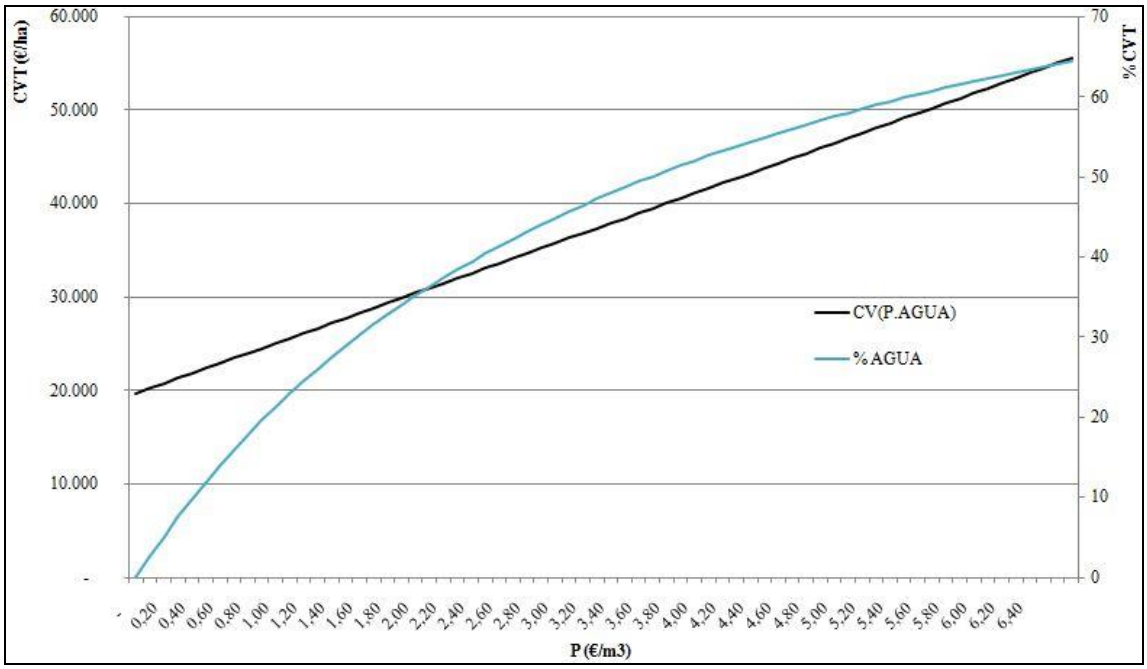
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Influencia del precio del agua en los costes variables totales del pimiento/melón en el Campo de Dalías.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Influencia del precio del agua en los costes variables totales del mango.



Fuente: Elaboración propia.

4.3 Rentabilidad y precio del agua

A continuación, se presenta el estudio de la rentabilidad financiera de las tres alternativas que se vienen analizando, encontrándose las del resto de cultivos en el Anexo B.

A partir de las tablas de inversión inicial, costes fijos y variables de cultivos, se ha construido un modelo de análisis financiero de la rentabilidad de la inversión para cada cultivo, en que se ha fijado una vida útil de la inversión de 20 años y un interés anual para el descuento del 5% (UE, 2003).

Se han calculado los indicadores de rentabilidad variando el coste unitario del agua en el rango 0,25 €/m^3, que es el coste actual pagado por el agricultor por el agua de pozo en la zona y de 0,6 €/m^3, que supone el coste del agua desalada, con el fin de ver la pérdida de rentabilidad que supondría el cambiar la fuente de suministro del agua.

Dada la gran variabilidad en los precios de venta de los cultivos (Junta de Andalucía, 2017), y por lo tanto de la partida de ingresos de este análisis financiero, se ha realizado este análisis para cuatro escenarios de precios de venta: mínimo, medio, modal y máximos para cada producto en la campaña 2014/15. Los resultados de estos análisis son los recogidos en las tablas 10, 11 y 12.

Tabla 10. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Tomate Daniela ciclo largo. Campo de Níjar.

Precio agua	Indicadores	Precio venta producto (€/kg)			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	-59.248	337.573	293.482	822.577
	TIR (%)	2,1	18,3	16,7	35,8
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	-98.068	298.754	254.662	783.758
	TIR (%)	-	16,9	15,2	34,4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Pimiento en ciclo corto de otoño y melón en ciclo corto de primavera. Campo de Dalías.

Precio agua	Indicadores	Precio venta producto(€/kg)			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	-314.312	- 10,097	116.481	292.634
	TIR (%)	-	4,5	10,0	16,6
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	-361.855	- 57.640	68.937	245.091
	TIR (%)	-	2,2	8,0	14,9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Mango.

Precio agua	Indicadores	Precio venta producto (€/kg)			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	-78.344	55.250	18.140	199.978
	TIR (%)	2,4	6,6	5,5	10,3
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	- 101.679	31.915	-5.194	176.643
	TIR (%)	1,5	5,9	4,8	9,7

Fuente: Elaboración propia.

Analizando los resultados obtenidos cabe señalar que la puesta en marcha de un invernadero en el Campo de Níjar, y en el supuesto de precios medios, es una inversión bastante rentable, con un VAN positivo y una TIR elevada. Por cultivos, y tomando también en consideración los datos presentes en el Anexo B, son de destacar la rentabilidad del tomate Daniela (18,3 %) y el tomate cherry (20,8 %) en ciclos largos en el Campo de Níjar para precios de agua de pozo.

El uso de agua desalada permitiría incorporar también cultivos típicos del Campo de Dalías con una elevada rentabilidad, destacando el pimiento (29,7 %) y pepino (19,1 %) en ciclos largos. El cultivo de la papaya, pese a su mayor inversión inicial, resulta un cultivo con una rentabilidad por encima del tipo de interés utilizado.

Para todos los cultivos analizados, la rentabilidad de la inversión se muestra muy sensible al precio de venta de los productos. Así, en el escenario de precios mínimos, la rentabilidad es nula, con excepción de los cultivos tropicales, el tomate Daniela en ciclo largo del Campo de Níjar y el pimiento en ciclo largo en la comarca del Campo de Dalías (Anexo B, tabla 8).

Entre los cultivos cuya rentabilidad puede verse mermada considerablemente si el agua de riego procede de la desalación destacan los ciclos cortos de pimiento/sandía del Campo de Níjar, los ciclos cortos de pimiento/melón, berenjena en ciclo largo y pepino/melón característicos del Campo de Dalias.

4.4 Productividad del agua en la agricultura del Campo de Níjar

Otro indicador habitualmente utilizado en el estudio de la rentabilidad del uso del agua en los cultivos es el análisis de la productividad aparente del agua, que se define como la ratio entre el ingreso total y el consumo del agua. En las tablas 13, 14 y 15 se recoge el valor de este indicador para las alternativas de cultivo más representativas en el Campo de Níjar, los cultivos más importantes del Campo de Dalias que pueden incorporarse en el sistema productivo nijareño y los dos cultivos tropicales analizados. Como en el anterior estudio, todos los análisis se realizan bajo los cuatro escenarios de precios de venta del producto.

Tabla 13. Productividad aparente del agua (€/m^3) en el Campo de Nijar.

Alternativas	**Precio venta producto (€/kg)**			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Tomate. Ciclo Largo	6,36	9,94	9,54	14,31
Tomate CO/ Sandia CP	6,20	9,77	9,38	12,83
Tomate CO/Calabacín CP	5,82	10,81	9,24	18,82
Cherry. Ciclo Largo	7,79	13,30	13,97	18,00
Cherry CO/Sandia CP	6,10	8,81	10,15	11,40
Calabacín CO/Sandia CP	3,38	8,60	7,89	16,79
Pimiento CO/Sandia CP	3,46	5,91	6,90	8,19
Pimiento. Ciclo Largo	6,81	12,03	12,51	15,99

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Productividad aparente del agua (€/m^3) en el Campo de Dalias.

Alternativas	**Precio venta producto (€/kg)**			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pimiento. Ciclo Largo	10,32	18,24	18,96	24,24
Pimiento CO/ Melón CP	3,81	6,05	6,98	8,28
Pimiento CO/ Sandia CP	4,29	7,14	8,30	9,78
Tomate. Ciclo Largo	5,61	8,76	8,41	12,61
Berenjena. Ciclo Largo	4,63	8,29	6,56	21,60
Calabacín CO/ Calabacín CP	3,00	9,88	7,91	24,44
Pepino. Ciclo Largo	9,96	16,40	18,49	29,45
Pepino CO/ Melón CP	4,93	8,09	8,87	13,44

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Productividad aparente del agua (€/m^3) de los cultivos tropicales.

Cultivos	Precio venta producto (€/kg)			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Mango	9,81	12,17	11,51	14,72
Papaya	15,51	20,22	23,72	34,22

Fuente: Elaboración propia.

Estas productividades aparentes son, para todos los productos y escenarios de precios, las más altas presentes en al agro español, solo igualadas por los cultivos de invernadero en la Región de Murcia (Colino Sueiras & Martínez-Paz, 2007) donde la productividad del agua del tomate (10,98 €/m^3) y del pimiento (9,11 €/m^3) en ciclos largos, se asemejan a los resultados obtenidos en el presente trabajo para el precio de venta medio.

Los cultivos tropicales analizados son los que presentan una mayor productividad del agua, con 12,17 €/m^3 en el mango y 20,22 €/m^3 en la papaya.

La elevada productividad del agua es una de las justificaciones frecuentemente esgrimidas para argumentar la necesidad de garantizar los suministros de agua a estas zonas e incluso fijar los techos de pago del sistema por este input. Este indicador, no obstante, no es el más apropiado para cuantificar la capacidad de pago del agricultor puesto que el agua no es un factor productivo aislado y más cuando apenas representa un 7 % de los costes de producción.

Con el fin de profundizar más en este tipo de análisis, se han construido dos indicadores adicionales que permitirán fijar de forma integral la capacidad de pago por el agua de estos cultivos, el precio de nivelación (con y sin inversión inicial) y el precio de cierre para el agua.

Los valores para las alternativas de cultivo que se vienen analizando se recogen en las tres tablas siguientes, mientras que para el resto de cultivos se han incluido en el Anexo C.

Tabla 16. Precios de nivelación y cierre del agua (€/m^3). Tomate Daniela ciclo largo. Campo de Níjar.

Precios del agua	Precio venta producto (€/kg)			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	3,29	2,9	7,67
Precio nivelación (sin inversión inicial)	0,96	4,54	4,14	8,91
Precio de cierre	2,76	6,34	5,94	10,71

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de pimiento/melón en ciclo corto. Campo de Dalías.

Precios del agua	Precio venta producto (€/kg)			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	0,18	1,11	2,40
Precio nivelación (sin inversión inicial)	0	1,19	2,12	3,42
Precio de cierre	0,42	2,66	3,59	4,89

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Mango.

Precios del Agua	Precio venta producto (€/kg)			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	1,08	0,52	3,25
Precio nivelación (sin inversión inicial)	1,81	3,81	3,25	5,98
Precio de cierre	4,66	6,67	6,11	8,84

Fuente: Elaboración propia.

Analizando los resultados para el precio medio de venta del producto, para el precio de nivelación con inversión inicial, muchos cultivos obtienen valores muy bajos, como se recoge en el Anexo C. Los explicitados en estas páginas sí obtienen valores elevados de este indicador, especialmente el tomate y el mango con un precio del agua de 3,29 €/m^3 y 1,08 €/m^3 respectivamente. Si no se considera dicha inversión, los techos de pago resultan más altos: 4,54€/m^3 en el tomate; 1,19 €/m^3 en el pimiento/melón y 3,81 €/m^3 en el mango.

En el precio de cierre del agua, el tomate y el mango superan los 6 €/m^3, mientras que el pimiento/melón no llegaría a los 3 €/m^3. El valor de este indicador para todos los cultivos analizados oscila entre el mínimo de pimiento/sandía (2,51 €/m^3) en la comarca de Níjar al máximo de pimiento en ciclo largo (13,89 €/m^3) del Campo de Dalias.

Si bien casi todos los cultivos estudiados dan como resultado valores de precios de cierre elevados, asegurando su capacidad de pago por el input en el corto plazo, en muchos casos no será suficiente para que el agricultor pueda hacer frente a los costes del agua desalada en el medio-largo plazo tal como indica el precio de nivelación.

4.5 Indicadores de rentabilidad comarcales

Como resumen de este análisis detallado por cultivos y alternativas de cultivo, se han calculado para los indicadores que se viene analizando unos índices comarcales, que permitan dar un valor representativo de la situación actual de la zona respecto a los mismos.

Para ello se han ponderado los resultados individuales por la superficie actual de cada alternativa de cultivo en las dos comarcas obteniendo los resultados de las siguientes tablas (tablas 19, 20 21 y 22).

En primer lugar, la TIR considerando el precio medio de venta del producto y para los precios de agua de pozo y desalación muestra que la misma es algo superior en el campo de Níjar que en el de Dalias. Pero lo que cabe destacar de este dato resumen es que la rentabilidad media del sistema hortícola desciende poco por el distinto origen (y por tanto precio) del agua.

Tabla 19. TIR (%) del Campo de Nijar.

Alternativas de cultivo	Ponderación	TIR Pozo	TIR Desalación
Tomate ciclo largo	0,35	18,3	16,9
Cherry ciclo largo	0,20	20,8	19,4
Tomate/Sandía	0,18	13,4	12,1
Cherry/Sandía	0,19	11,4	9,6
Calabacín/Sandía	0,04	7,4	6,1
Tomate/Calabacín	0,01	14,0	12,8
Pimiento/Sandía	0,01	3,0	0,5
Pimiento ciclo largo	0,01	13,2	12,2
COMARCA	1	15,8	14,4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. TIR (%) del Campo de Dalías.

Alternativas de cultivo	Ponderación	TIR Pozo	TIR Desalación
Pimiento ciclo largo	0,35	30,7	29,7
Pimiento/Melón	0,23	4,5	2,2
Berenjena ciclo largo	0,12	4,3	2,9
Pimiento/Sandía	0,07	7,0	5,0
Tomate ciclo largo	0,06	18,7	17,1
Calabacín/Calabacín	0,06	9,7	8,5
Pepino/Melón	0,06	4,9	3,2
Pepino ciclo largo	0,05	20,1	19,1
COMARCA	1	14,4	13,4

Fuente: Elaboración propia.

Los indicadores de precios techo del agua son por el contrario algo más elevados en el Campo de Dalias, fruto de su mayor diversificación productiva. Los valores del precio de nivelación con inversión, de 2,87 y 3,8 €/m^3, serían un primer referente a la hora de fijar los niveles (muy elevados) de capacidad de pago por el agua de este sistema productivo.

Tabla 21. Productividad y precios del agua en el Campo de Níjar. (€/m^3).

Alternativas de cultivo	Productividad aparente	P. nivelación con inversión	P. nivelación sin inversión	P. cierre agua
Tomate ciclo largo	9,94	3,29	4,54	6,34
Cherry ciclo largo	13,30	3,89	5,12	6,91
Tomate/Sandia	9,77	2,33	3,73	5,76
Cherry/Sandía	8,81	2,22	2,54	4,11
Calabacín/Sandia	8,60	0,88	2,51	4,87
Tomate/Calabacín	10,81	2,54	3,96	6,01
Pimiento/Sandia	5,91	-0,70	0,98	2,51
Pimiento ciclo largo	12,03	2,93	4,78	7,45
COMARCA	10,30	2,87	4,00	5,83

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Productividad y precios del agua en el Campo de Dalias. (€/m^3).

Alternativas de cultivo	Productividad aparente	P. nivelación con inversión	P. nivelación sin inversión	P. cierre agua
Pimiento ciclo largo	18,24	9,37	11,22	13,89
Pimiento/Melón	6,05	0,18	1,19	2,66
Berenjena ciclo largo	8,29	0,06	1,74	4,17
Pimiento/Sandía	7,14	0,60	1,71	3,31
Tomate ciclo largo	8,76	2,94	4,85	5,36
Calabacín/Calabacín	9,88	1,57	3,22	5,62
Pepino/Melón	16,40	5,12	6,85	9,35
Pepino ciclo largo	8,09	0,23	1,61	3,62
COMARCA	10,07	3,80	5,07	6,77

Fuente: Elaboración propia.

4.6 Modelización del sistema productivo del Campo de Níjar

En este último apartado de resultados, se ha procedido a construir un programa lineal monocriterio que simule el sistema hortícola del Campo de Níjar para, entre otras, estudiar la eficiencia en la asignación del recurso o las curvas de demanda de agua. Con el fin de que represente de la forma más fidedigna posible el sistema agrario objeto de estudio se han incluido en el modelo las restricciones reales que operan en el mismo, como son, además del agua, la disponibilidad de mano de obra y los condicionantes de mercado.

Los elementos que forman parte del programa son los siguientes:

4.6.1 V*ariables*

Las variables de decisión del modelo son las superficies de cultivos (en ha) que los agricultores del Campo de Níjar pueden destinar en cada campaña a las alternativas de cultivos de la zona. De esta manera, la solución base del programa es el reparto de cultivos y superficies en toda la comarca.

En un primer análisis (modelo base) se han incluido en esta categoría las 8 alternativas de cultivos actualmente presentes del Campo de Níjar. Este primer análisis parte de la situación actual de no utilizar agua desalada y por tanto no puede introducir nuevos cultivos, ya que la salinidad del agua actual lo impide.

En un segundo análisis (modelo extendido) se han agregado 10 nuevas posibilidades de cultivo para la zona, las 8 alternativas de cultivo más frecuentes en el Campo de Dalías y 2 cultivos tropicales de origen tropical. En este caso se da al modelo la posibilidad de utilizar, además del agua de pozo disponible, agua desalada, que puede destinar tanto a los 8 cultivos tradicionales en la zona como a las 10 nuevas alternativas, que solo pueden abastecerse de este tipo de recurso.

Todos los modelos han sido implementados en la hoja de cálculo Microsoft Excel y resueltos con el complemento "Solver" de la misma (León, 2011).

4.6.2 Función Objetivo

La función objetivo de este programa es maximizar el margen bruto obtenido en la comarca del Campo de Níjar a lo largo de una campaña.

El margen bruto, ingresos menos costes variables, de cada cultivo va a ser fijado de manera determinística en este modelo, utilizando los rendimientos y precios medios para cada cultivo/alternativa y los costes variables que se han ido presentando en apartados anteriores.

4.6.3 Restricciones

Las restricciones que se han incorporado en el modelo son:

- Superficie total invernada en la comarca.
- Consumo de agua total.
- Consumo de mano de obra.
- Condicionantes de mercado, fijando umbrales de producción máximos y mínimos que no produzcan distorsiones en el mercado, y por tanto alteren significativamente los precios utilizados para el cálculo del margen bruto de la función objetivo.

No se han tenido en cuenta otro tipo de restricciones clásicas en la modelización de sistemas agrarios como puede ser las limitaciones de la PAC o la rotación de cultivos, no presentes en el sistema modelado.

4.6.4 Modelo base

A partir de las consideraciones anteriores, el modelo se formula según la expresión recogida en la tabla 23.

Tabla 23. Formulación del modelo base.

Función Objetivo		**Nº Ecuaciones**
Maximizar		
(1) $\sum_{i=1}^{n} mbi * X_i$	Margen Bruto	1
Sujeto a las restricciones:		
(2) $\sum_{i=1}^{n} X_i \leq S_T$	Superficie total	1
(3) $\sum_{i=1}^{n} qi * X_i \leq Q_T$	Consumo de agua total	1
(4) $\sum_{i=1}^{n} moi * X_i \leq MO_T$	Consumo de mano de obra total	1
(5) $rto_j * X_i \leq QM_T$	Cantidad máxima de producción	8
(6) $rto_j * X_i \geq QF_T$	Cantidad mínima de producción	8
(7) $X_i \geq 0; \forall_i$	No negatividad	1

Fuente: Elaboración propia

Siendo:

- X_i: La superficie a dedicar a cada alternativa de cultivo (ha).
- S_T: La superficie total de la comarca (ha).
- Q_T: Disponibilidad de agua total en para toda la campaña. (Hm^3/ha)
- MO_T: Disponibilidad de mano de obra en para toda la campaña. (jornales/ha)
- QM_i: Cantidad máxima de productos j comercializada en la comarca. (Tn)
- QF_i: Cantidad mínima de productos j comercializada en la comarca. (Tn)
- q_i; El consumo de agua en de cada alternativa de cultivo.(m^3/ha)
- mo_i: Consumo de mano de obra en de cada alternativa de cultivo. (jornales/ha)
- mbi: Márgenes brutos en de cada alternativa de cultivo. (€/ha)
- rto_j: producidos para cada cultivo.(kg/ha)
- i, i=1…,n: El número de alternativas de cultivos.
- j: El número y tipo de cultivos que componen las alternativas.

Tras la formulación general del programa lineal, se fijan los valores de las dotaciones de recursos en los siguientes términos:

- n: 8, siendo las alternativas de cultivos del Campo de Níjar.
- ST: 4941, siendo la superficie total (ha).
- QT: 43,8, siendo la cantidad total de agua disponible en la comarca, en (Hm^3).
- MOT: 2.736.496, siendo el total de mano de obra de la comarca, en jornales/campaña, que es un 10% superior a la mano de obra que actualmente se viene utilizando en la zona.

Los coeficientes técnicos del modelo se recogen en el Anexo A. Las inecuaciones (5) y (6), en las que se han reproducido los condicionantes de mercado, se han fijado de

manera que: 1) la cantidad máxima total de producción no supere el 10 % de lo producido actualmente en la comarca para cada cultivo, de forma tal que una sobreproducción de un determinado cultivo haga descender de forma acusada su precio y 2) que se produzca por lo menos el 50% de producción actual, con el fin de que sea la falta de oferta la que haga variar los precios de forma sensible. Estos dos porcentajes se han fijado a partir de un análisis exploratorio general de las series de precios y cantidades que ofrece el observatorio de precios (Junta de Andalucía, 2017).

4.6.5 Resultados del modelo base

En la tabla 24 se reproducen los resultados proporcionado por la optimización del modelo base (óptima), comparándolas con los resultados reales (real) de la actual estructura productiva en la comarca.

Tabla 24. Superficie dedicada a cada alternativa de cultivo.

Alternativas de cultivo	Superficie óptima (ha)	%	Superficie real (ha)	%
Tomate ciclo largo	1.902	38,5	1.729	35,0
Cherry ciclo largo	1.087	22,0	988	20,0
Tomate/Sandia	1.070	21,6	889	18,0
Cherry/Sandía	603	12,2	938	19,0
Calabacín/Sandia	106	2,1	212	4,3
Tomate/Calabacín	92	1,9	84	1,7
Pimiento/Sandia	25	0,05	49	1,0
Pimiento ciclo largo	54	1,0	49	1,0
COMARCA	4.941	100	4.941	100

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, las superficies a dedicar a cada cultivo no difieren de forma importante entre el modelo óptimo y la situación actual, lo que sería indicativo de que los agricultores del Campo de Níjar asignan los recursos de forma muy eficiente, dadas las restricciones del sistema.

Esta afirmación se ve corroborada por las ratios presentes en la tabla 25, donde se han comparado el valor de la función objetivo en las dos situaciones, incluyendo también los resultados de eliminar del modelo las restricciones de mercado, con el fin de dar más grados de libertad a la búsqueda del óptimo.

Tabla 25. Comparativa de la solución óptima y la situación actual

	Óptima	Actual	Actual /Óptima
MB (miles €)	248.986.043	242.335.473	97,3
MO (miles jornales)	2.500.703	2.487.710	99,5
QA (Hm^3)	43,4	43,8	101,0

Fuente: Elaboración propia.

Se constata una elevada eficiencia del sistema, ya que el mismo alcanza el 97,3 de la producción óptima, asignando prácticamente al máximo de su capacidad a los factores productivos (agua y mano de obra), con una productividad aparente de los mismos muy cercanos a su óptimo (Tabla 26).

Tabla 26. Productividad aparente de mano de obra y del agua comparadas.

	Óptima	**Actual**	**Actual/Óptima**
MB/MO (€/jornal)	99,7	97,4	101,2
MB/QA (€/m^3)	5,7	5,5	101,3

Fuente: Elaboración propia.

4.6.6 Derivación de las curvas de demanda de agua

A partir del modelo base que se ha presentado, se pasa a analizar cuál sería la respuesta del sistema agrario para diferentes escenarios de disponibilidad de agua, determinando las curvas de demanda de agua inherentes al sistema.

Este estudio se ha llevado a cabo por dos vías:

- Variando la disponibilidad de agua, que pasa a ser un parámetro del modelo.

- Variando el precio pagado por el agua, que pasa a ser un parámetro del modelo.

En primer lugar, en el caso de la cantidad de agua, se ha dejado fija la función objetivo del modelo base, así como el conjunto de restricciones, a excepción de la ecuación (3), donde se varía el consumo de agua total de la comarca entre 27 Hm^3 (cantidad mínima de agua necesaria para cumplir las restricciones de mercado) y 43,5 Hm^3, que es la dotación máxima actual.

Para aplicar el segundo enfoque, es necesario modificar la función objetivo del programa, que pasa a ser la siguiente:

(1) $\sum_{i=1}^{8}(mb_i^* * X_i) - P_a \ * Q_a$

Siendo:

- mbi*: Márgenes brutos, sin considerar costes variables del agua. (€/ha).
- Pa: Precio del agua de la comarca del Campo de Níjar. (€/m^3).
- Qa= Cantidad de agua demandada. (m^3).

El precio del agua hará variar entre 0 y 3 € /m^3, siendo este precio más alto en el que es posible cumplir los condicionantes de mercado sin entrar en pérdidas. En cuanto a las restricciones, estará sujeto a las mismas que el modelo base.

El primer método da lugar a los resultados recogidos en la tabla 27, donde se presentan los valores de las distintas soluciones para distinta disponibilidad de agua. Destacar como la ocupación de la superficie no alcanza su máximo para dotaciones bajas de agua, lo cual sería indicativo de que ante restricciones severas de este input, la solución óptima es abandonar parte de la superficie en producción.

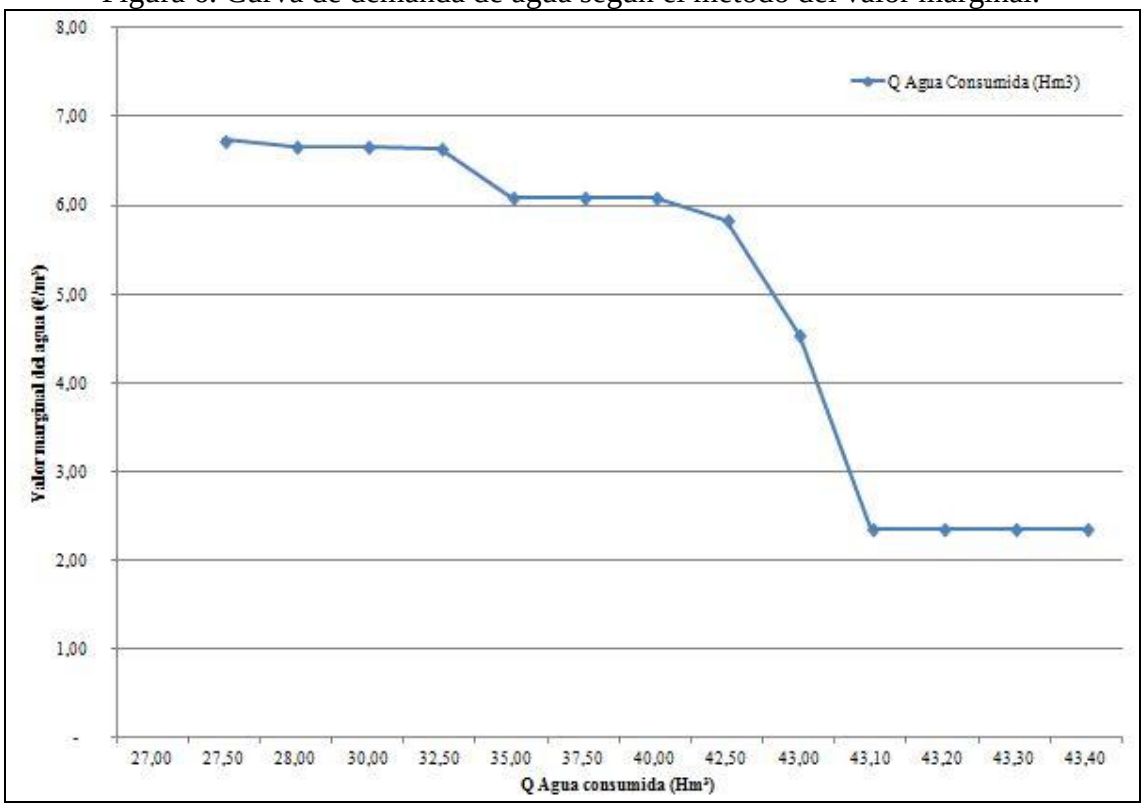
Tabla 27. Resultados de parametrizar la cantidad de agua total del Campo de Níjar.

Q Agua Total (Hm^3)	Q Agua Consumida (Hm^3)	Margen Bruto Total (miles €)	Mano de Obra (jornales)	Superficie (ha)
27,0	27,0	149.035.855	1.432.952	3.113
27,5	27,5	152.403.603	1.477.723	3.173
28,0	27,9	155.731.325	1.526.612	3.228
30,0	30,0	169.042.214	1.722.167	3.450
32,5	32,5	185.629.585	1.962.245	3.728
35,0	34,9	200.850.091	2.085.841	4.009
37,5	37,4	216.070.597	2.209.436	4.290
40,0	39,9	231.291.102	2.333.032	4.571
42,5	42,4	245.885.663	2.451.670	4.870
43,0	42,9	248.156.425	2.469.228	4.941
43,1	43,1	248.390.542	2.478.110	4.941
43,2	43,2	248.624.660	2.486.993	4.941
43,3	43,3	248.858.777	2.495.874	4.941
43,4	43,4	248.986.043	2.500.703	4.941
43,5	43,4	248.986.043	2.500.703	4.941

Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos anteriores, y considerando el valor marginal del agua unitario (incremento de margen bruto por cada metro cúbico adicional) se obtiene la curva de demanda de agua para la horticultura protegida del Campo de Níjar recogida en la Figura 6.

Figura 6. Curva de demanda de agua según el método del valor marginal.



Fuente: Elaboración propia.

Aplicando el segundo enfoque, el de la parametrización del precio, se obtienen los resultados incluidos en la tabla 28.

Tabla 28. Resultados de parametrizar el precio del agua.

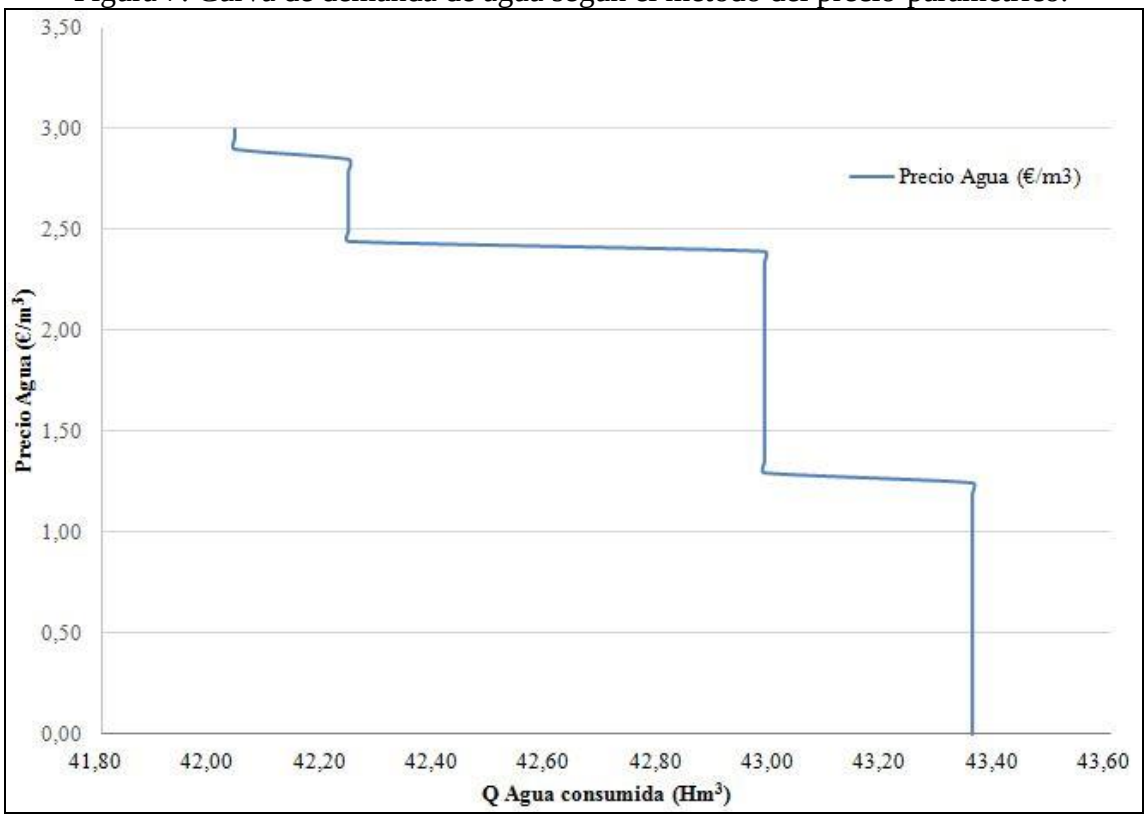
Precio agua (€/m³)	Q Agua Consumida (Hm³)	Margen Bruto Total (miles €)	Mano de Obra (jornales)	Superficie (ha)
0,00	43,4	259.824.633	2.500.703	4.941
0,25	43,4	238.147.453	2.500.703	4.941
0,50	43,4	216.470.273	2.500.703	4.941
0,75	43,4	194.793.093	2.500.703	4.941
1,00	43,4	173.115.913	2.500.703	4.941
1,05	43,4	168.780.477	2.500.703	4.941
1,25	43,4	151.438.733	2.500.703	4.941
1,50	43,0	129.913.336	2.467.726	4.941
1,75	43,0	108.421.790	2.467.726	4.941
2,00	43,0	86.930.243	2.467.726	4.941
2,25	43,0	65.438.696	2.467.726	4.941
2,50	42,2	44.044.771	2.443.047	4.832
2,75	42,2	22.924.491	2.443.047	4.832
3,00	42,0	1.852.482	2.435.696	4.806

Fuente: Elaboración propia.

La consideración más importante que se obtiene de estos resultados es como el sistema es muy poco sensible a la variación del precio del agua en el rango de precios especificado, casi sin reducir la cantidad demandada de agua, es decir, es muy poco elástica. Este hecho es fruto sin duda de la elevada productividad del agua en este

sistema productivo, ya que la aplicación de esta metodología en sistemas extensivos (Berbel & Gómez-Limón, 2000), da como resultado una respuesta mucho más elástica de la demanda de agua para riego. La representación gráfica de esta curva de demanda es la presentada en la figura 7.

Figura 7. Curva de demanda de agua según el método del precio-paramétrico.



Fuente: Elaboración propia.

4.6.8 Modelo extendido

Como ya se señaló al inicio de este bloque de modelización, se ha procedido a realizar un modelo ampliado en el que se incorporan nuevas alternativas de cultivo, posibles en la zona si se utiliza agua desalada. Estas alternativas son los cultivos más representativos del Campo de Dalías y los dos tropicales que se viene analizando.

El objetivo es hacer una aproximación a la posibilidad de diversificación de cultivos que ofrecería para la comarca del Campo de Níjar el uso del agua desalada, a la vez que se analiza la respuesta del sistema a algunas políticas de gestión del acuífero que viene dando soporte a este enclave agrario.

La formulación completa del modelo, cuyos fundamentos son los mismos que los del modelo base, es la recogida en la tabla 29.

Tabla 29. Formulación del modelo extendido.

Función Objetivo		Nº Ecuaciones
Maximizar		
(1)$\sum_{i=1}^{n}(mb_i^* * X_i) - P_a * Q_a + \sum_{k=1}^{n'}(mb_k^* * X_k) - P_d * Q_d$	Margen Bruto	1
Sujeto a las restricciones:		
(2) $\sum_{i=1}^{n} X_i + \sum_{k=1}^{n'} X_k \leq S_T$	Superficie total	1
(3)$Q_a \leq QA_T$	Cantidad máxima de agua de la comarca	1
(4) $Q_d \leq QD_T$	Cantidad máxima de agua desalada	1
(5) $Q_a + Q_d \leq Q_{TMAX}$	Cantidad máxima de agua total	1
(6)$\sum_{k=1}^{n'} qk * X_k \leq Q_d$	Consumo de agua desalada nuevos cultivos	1
(7)$\sum_{i=1}^{n} qi * X_i + \sum_{k=1}^{n'} qk * X_k \leq Q_a + Q_d$	Cantidad total de agua	1
(8)$\sum_{i=1}^{n} moi * X_i + \sum_{k=1}^{n'} mok * X_k \leq MO_T$	Consumo de mano de obra total	1
(9) $rto_j * X_i + rto_g * X_k \leq QM_T$	Máx de producción de la comarca	9
(10) $rto_j * X_i + rto_g * X_k \geq QF_T$	Min de producción de la comarca	9
(11) $rto_g * X_k \leq QV_T$	Máx de producción introducida en la comarca	4
(12) $X_c \leq SC_T$	Superficie máxima de cultivos tropicales	2
(13)$X_i \geq 0; \forall_i = 1$	No negatividad	1

Fuente: Elaboración propia.

Siendo:

- Xi: La superficie a dedicar a cada alternativa de cultivo que hay en el Campo de Níjar. (ha)
- Xk: La superficie de nuevas alternativas de cultivo que se pueden incorporar en el Campo de Níjar. (ha)
- Xc: Superficie de cultivos tropicales, en ha, a introducir en el Campo de Níjar
- ST: La superficie total de la comarca. (ha).
- SCT: Superficie máxima a cultivar de cultivos tropicales, (ha).
- QAT: Cantidad máxima de agua de la comarca del Campo de Níjar, (Hm^3).
- QDT: Cantidad máxima de agua desalada a introducir en el Campo de Níjar, (Hm^3).
- QTMAX: Disponibilidad de agua total, incluida agua desalada y agua de pozo para toda la campaña. (Hm^3).
- MOT: Disponibilidad de mano de obra de la comarca, para toda la campaña. en (jornales/ha).
- QMT: Cantidad máxima de productos j comercializada en la comarca de estudio. (kg)
- QFT: Cantidad mínima de productos j comercializada en la comarca de estudio. (kg)
- QVT: Cantidad máxima de productos g introducidos en la comarca de estudio. (kg)
- Qa: Cantidad de agua consumida en la zona de estudio. (Hm^3).
- Qd: Cantidad de agua desalada, consumida por los nuevos cultivos introducidos en la zona de estudio y los que ya estaban en el Campo de Níjar. (Hm^3).
- qi; El consumo de agua de cada alternativa de cultivo del Campo de Níjar. (Hm^3).
- qk; El consumo de agua de cada nueva alternativa de cultivo incorporada a la comarca de estudio. (Hm^3).
- Pa: Precio del agua actual del Campo de Dalías, (€/m^3).
- Pd: Precio del agua desalada actual, (€/m^3).
- moi: Consumo de mano de obra de cada alternativa de cultivo del Campo de Níjar. (jornales/ha).

- mok: Consumo de mano de obra de cada nueva alternativa de cultivo incorporada a la comarca de estudio. (jornales/ha)
- mbi*: Márgenes brutos, sin considerar costes variables del agua de alternativas del Campo de Níjar. (€/ha).
- mbk*: Márgenes brutos sin considerar costes variables del agua de cada nueva alternativa de cultivo incorporada al Campo de Níjar. (€/ha).
- rtoj: rendimientos de cultivos del Campo de Níjar. (kg/ha)
- rtog: rendimientos de los nuevos cultivos a introducir en el Campo de Níjar. (kg/ha)
- i, i=1…,n: Alternativas de cultivos del Campo de Níjar.
- k, k=1…,n': Nuevas Alternativas de cultivos incorporadas al Campo de Níjar.
- j: Cultivos tradicionales del Campo de Níjar.
- g: Nuevos cultivos que se introducen en el Campo de Níjar.

Los valores de las dotaciones iniciales de recursos y restricciones de mercado son los siguientes:

- ST: 4.941 ha.
- MOT: 2.736.496 jornales.
- QMT: 10 % más de lo producido actualmente para cada cultivo.
- QFT: 50 % de lo producido actualmente para cada cultivo.
- QVT: 10% de la producción para los nuevos cultivos introducidos.
- QAT: 43, 8 Hm^3.
- QDT: 25 Hm^3.
- QTMAX: 68,8 Hm^3.
- SCT: 100 ha para cada cultivo tropical.
- Pa: 0,25 €/m^3.
- Pd: 0,6 €/m^3.
- n: 8 alternativas de cultivo.
- n': 10 nuevas alternativas de cultivo.

Se introducen como nuevas variables, además de las superficies de los nuevos cultivos, la cantidad de agua consumida procedente de la comarca del Campo de Níjar (Qa) y de la desalación (Qd), modificando la función objetivo (1) e introduciendo nuevas restricciones (2)-(13).

En la formulación general se fijan los precios del agua, que serán de 0,25 €/m^3 para agua procedente de la propia comarca de estudio, y de 0,6 €/m^3 para agua desalada.

Para los condicionantes de mercado de los nuevos cultivos se ha fijado un máximo del 10% de la producción que había ya en la provincia para que los precios de mercado de los productos sean representativos. También se ha fijado una superficie máxima de 100 ha para cada uno los cultivos tropicales, ya que como ya se ha indicado los mismos están aún en fase de desarrollo y necesitan una estructura de invernadero específica, por lo que no sería posible en el corto-medio plazo su implantación generalizada.

Una vez establecido los valores para cada condicionante del modelo, se presentan en las tablas 30 y 31 los resultados del modelo.

Tabla 30. Distribución de superficie a dedicar para cada alternativa de cultivo.

Alternativas de cultivo	Superficie óptima (ha)	%
Tomate ciclo largo	1.902	38,5
Cherry ciclo largo	1.087	22,0
Tomate/ Sandía	1.061	21,5
Cherry/Sandía	469	9,5
Calabacín/Sandía	9	0,2
Pimiento ciclo largo	36	0,7
Pimiento/Sandía	20	0,4
Calabacín/Calabacín	92	1,9
Pepino ciclo largo	64	1,3
Mango ciclo largo	100	2,0
Papaya ciclo largo	100	2,0
COMARCA	4.941	100

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Solución del modelo extendido

MB (miles €)	MO (jornales)	Qa (Hm^3)	Qd (Hm^3)
254.378.940	2.479.336	39,9	2,6

Fuente: Elaboración propia.

Este resultado muestra que a los niveles de precios del agua de referencia no hay una sustitución de caudales importante de agua de pozo por agua desalada, ya que de un lado el mayor margen bruto de los nuevos cultivos permitidos no compensa el mayor coste del agua y de otro los condicionantes de mercado frenan la adopción de nuevas alternativas que demandan el agua de este origen.

La solución ofrece un nivel de margen bruto levemente superior a la del modelo base y donde el tomate seguiría siendo el cultivo predominante. Los cultivos tropicales entran en la solución, ocupando la superficie máxima permitida.

La formulación de este modelo tiene como objetivo estudiar la respuesta del sistema a diferentes escenarios de gestión, como, y a modo de ejemplo, los que se presentan a continuación:

a) Subvención del agua desalada

La subvención del agua desalada (D), rebajando su coste para el agricultor desde el valor actual de 0,6 a 0,1 €/m^3 (Tabla 32) da lugar a un cambio del origen del recurso solo cuando sus precios se igualan, agotando toda la disponibilidad de agua de este

recurso (fijado en 25 Hm^3). No se producen cambios en el uso de los otros dos factores productivos (mano de obra y superficie).

Tabla 32. Subvención del coste del agua desalada (Precio D).

Precio D (€/m^3)	MB (miles de €)	S_T (ha)	SC_T (ha)	Qa (Hm^3)	Qd (Hm^3)	MO (jornales)
0,6	254.378.940	4.941	412	39,9	2,6	2.479.337
0,5	254.638.857	4.941	412	39.9	2,6	2.479.337
0,4	254.898.773	4.941	412	39,9	2,6	2.479.337
0,3	255.158.690	4.941	412	39,9	2,6	2.479.337
0,2	256.538.648	4.941	412	17,5	25,0	2.479.337
0,1	259.038.647	4.941	412	17,5	25,0	2.479.337

Fuente: Elaboración propia.

b) Impuestos al uso de agua de pozo

En este caso se planea la fijación de una tasa unitaria al uso del agua de pozo (A) que se sumara a su coste de extracción y que hiciera variar el mismo desde los 0,25 €/m^3 actual a 1,25 €/m^3. La respuesta del sistema a esta medida de gestión es la mostrada en la tabla 33.

Tabla 33. Canon al agua de la comarca del acuífero (Precio A).

Precio A (€/m^3)	MB (miles de €)	S_T (ha)	SC_T (ha)	Qa (Hm^3)	Qd (Hm^3)	MO (jornales)
0,25	254.378.940	4.941	412	39,9	2,6	2.479.337
0,50	244.393.073	4.941	412	39,9	2,6	2.479.337
0,75	237.767.332	4.941	412	17,5	25,0	2.479.337
1,00	233.381.674	4.941	412	17,5	25,0	2.479.337
1,25	228.996.016	4.941	412	17,5	25,0	2.479.337

Fuente: Elaboración propia.

Como en el caso anterior la solución base se muestra invariante, solo alterando el origen del recurso cuando su nivel de precios se iguala.

c) Limitación del volumen de agua que puede extraerse del acuífero

Este escenario simula la reducción de la cantidad de agua disponible que tiene su origen en el acuífero del Campo de Níjar.

Tabla 34. Restricción a los volúmenes del acuífero (Qa).

Qa (Hm^3)	MB (miles de €)	S_T (ha)	SC_T (ha)	Qd (Hm^3)	MO (jornales)
39,9	254.378.940	4.941	412	2,6	2.479.337
29,9	250.863.727	4.941	412	12,6	2.479.337
19,9	247.363.727	4.941	412	22,6	2.479.337
10,0	200.997.114	4.077	575	25,0	2.160.784

Fuente: Elaboración propia.

En este caso si se produce una transferencia importante en los orígenes del agua, de forma que todo el volumen que se prohíbe extraer del acuífero es demandado de agua de

la desaladora, hasta agotar en la última simulación las disponibilidades de ambos orígenes, con una disminución en la superficie de los cultivos.

d) Incremento de la superficie cultivable en la comarca

Este escenario supone permitir el incremento de la superficie invernada en la comarca a partir de los nuevos recursos hídricos procedentes de la desalación. Así, al ir incrementando la superficie máxima a cultivar hasta un in 50% (tabla 35), se observa cómo se incrementa la misma demandando caudales desalados hasta que ya no es el agua, sino la mano de obra la que actúa como restricción y frena la expansión de los cultivos.

Tabla 35. Incremento de la superficie regable (SMAX)

SMAX (ha)	MB (miles de €)	S_T (ha)	SC_T (ha)	Qa (Hm^3)	Qd (Hm^3)	MO (jornales)
4.941	254.378.940	4.941	412	39,9	2,6	2.479.337
5.435	271.063.431	5.435	431	43,8	2,8	2.641.107
5.929	278.391.573	5.765	544	43,8	5,9	2.736.497
6.423	278.391.573	5.765	544	43,8	5,9	2.736.497
6.917	278.391.573	5.765	544	43,8	5,9	2.736.497

Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

En la comarca del Campo de Níjar se da, al igual que en todo el sureste español, la conjunción de una agricultura de regadío tecnificada y altamente productiva con una disponibilidad de recursos hídricos naturales reducida y de poca calidad, que hace del agua uno de los cuellos de botella para el crecimiento y consolidación de este sector, clave en la economía provincial.

Este trabajo ha analizado el papel del agua en la producción desde una óptica económica, caracterizando cuantitativamente las oportunidades y limitaciones que la incorporación de recursos hídricos procedentes de la desalación de agua tiene para la agricultura protegida en la comarca.

Los resultados obtenidos a partir de la caracterización económica de los cultivos, el análisis financiero de los mismos, la determinación de los indicadores de productividad y precios característicos (nivelación y cierre) del agua y la modelización del sistema productivo mediante programación lineal permite obtener, sin ánimo de exhaustividad, las siguientes conclusiones generales:

- La mano de obra supone la partida más importante dentro de los costes variables del sistema, mientras que el agua apenas supone un 7% del total con los recursos procedente de bombeo. La sustitución de agua del acuífero por agua de la desaladora haría que esta participación se doblara.
- La inversión en la puesta en marcha de un invernadero es, en media, viable, con rendimientos superiores a los tipos de interés actualmente vigentes. Ahora bien, dicha rentabilidad es muy dependiente del precio de venta del producto, los cuales presentan gran volatilidad. Por tanto, son inversiones rentables, pero con altos niveles de riesgo.
- El origen del agua, y por tanto su coste, no influyen de manera decisiva en dicha rentabilidad, haciendo descender la misma apenas en un 1-2% en una rentabilidad media que ronda los 14 -15%.
- La productividad media del agua es de las más elevadas del agro español, con un valor que ronda los 10 €/m^3.
- La capacidad de pago del sistema es bastante más reducida, habida cuenta de los elevados costes de inversión y funcionamiento que tienen estos cultivos. En la

comarca de Níjar los valores de 2,87 €/m^3 y 5,83 €/m^3 supondrían los techos de remuneración del factor en el medio y el largo plazo respectivamente.

- Los cultivos tropicales (mango y papaya) que se han estudiado como alternativas técnicamente viables de producción en la zona a partir del uso de agua desalada, muestran unas ratios de rentabilidad elevadas, pese al mayor desembolso inicial que supone su cultivo.
- La modelización con programación matemática monocriterio ha puesto de manifiesto que, y dadas las restricciones consideradas, los agricultores del Campo de Nijar son muy eficientes en la asignación de los recursos disponibles, con una distribución de cultivos muy próxima al óptimo.
- La incorporación de nuevas alternativas de cultivo que posibilita el uso de agua desalada no originaría en principio un cambio radical en los planes de cultivo en la zona, si bien es cierto que las restricciones de mercado incorporadas son en gran medida las responsables de esta escasa variación.
- La simulación de escenarios de subvención/ tasación del precio del agua, en la búsqueda de una sustitución por esta vía de los recursos subterráneos por recursos desalados pone de manifiesto la necesidad de que el precio final para el agricultor sea muy similar en ambos orígenes para que tenga efectividad. La restricción de los caudales bombeados si sería eficaz para preservar el acuífero sin una merma importante de los beneficios para el agricultor.
- La expansión de la superficie de cultivo que posibilitaría el incremento del volumen de agua disponible vía recursos desalados tendría, y por lo menos en el corto-medio plazo, en la disponibilidad de mano de obra su factor limitante.

Cabe concluir este apartado señalando las líneas de investigación que cabría plantear para ampliar los resultados obtenidos. Dada la elevada sensibilidad de los resultados a la variación del precio de venta de los productos, sería conveniente incorporar la incertidumbre en esta variable a los análisis, con un análisis financiero de rentabilidad probabilístico y la programación lineal estocástica. Asimismo, cabría programar modelos de optimización más complejos, donde por ejemplo los márgenes brutos obtenidos sean función de la producción (incorporando pues funciones de demanda por productos) o/y los rendimientos de los cultivos vengan condicionados por la salinidad del agua usada para riego, si bien es cierto que la información sobre el comportamiento

de los mercados y los análisis de ensayo de campo necesaria para ambas mejoras del sistema son de muy difícil obtención.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro de los resultados del proyecto de investigación 19342/PI/14 financiado por la "Fundación Séneca-Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia" en el marco de PCTIRM 2011-2014.

7. BIBLIOGRAFÍA

Acuamed (2006).Informe de viabilidad de la desaladora en el Bajo Almazora (Almería). Aguas de las Cuencas Mediterráneas, S. A. 35 pp.

Alcón, F., Egea, G., & Nortes, P. A. (2013). Financial feasibility of implementing regulated and sustained deficit irrigation in almond orchards. *Irrigation Science*, *31*(5), 931-941.

Alcón, F., Tapsuwan, S., Brouwer, R., & de Miguel, M. D. (2014). Adoption of irrigation water policies to guarantee water supply: a choice experiment. *Environmental Science & Policy*, *44*, 226-236.

Aznar-Sánchez, J. A., & Picón, A. S. (2010). Innovación y distrito en torno a un" milagro": la configuración del sistema productivo local de la agricultura intensiva en Almeria. *Revista de historia industrial*, (42), 157-193.

Aznar-Sánchez, J. A. (2012). El cluster agroindustrial de la horticultura intensiva de Almería: surgimiento, dinámica y perspectivas. *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios (CEA)*, (2), 199-217.

Aznar-Sánchez, J. A., Belmonte-Ureña, L. J., & Valera, D. L. (2017). Perceptions and Acceptance of Desalinated Seawater for Irrigation: A Case Study in the Níjar District (Southeast Spain). *Water*, *9*(6), 408.

Barbosa Dueñas, O. (2013). Análisis y rentabilidad económica del uso del agua en el riego de invernaderos del Campo de Níjar.

Berbel, J., & Gómez-Limón, J. A. (2000). The impact of water-pricing policy in Spain: an analysis of three irrigated areas. *Agricultural Water Management*, *43*(2), 219-238.

Cabrera Sánchez, A., Uclés Aguilera, D., & Agüera Camacho, T. (2015). *Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería-Campaña 2014/2015*. Fundación Cajamar. Informes y Monografías, *28*. 82 pp.

Cabrera Sánchez, A., Uclés Aguilera, D., Agüera Camacho, T. & de la Cruz Fernández, E. (2016). *Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería-Campaña 2015/2016*. Fundación Cajamar. Informes y Monografías, *54*. 55 pp.

Ceña, F., & Romero, C. (1982). *Evaluación económica y financiera de inversiones agrarias*. Banco de Crédito Agrícola. Madrid

Chang, D. (1996). Application of the extent analysis method on fuzzy AHP. European Journal or Operational Research, nº 95, 649-655.

Colino Sueiras, J., & Martínez-Paz, J. (2002). El Agua en la Agricultura del sureste español: productividad, precio y demanda. *Mediterráneo Económico (España). Nº. 2/2002*.Pp: 199-221

Colino Sueiras, J., & Martínez-Paz, J. M. (2007). Productividad, disposición al pago y eficiencia técnica en el uso del agua: la horticultura intensiva de la Región de Murcia. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, (14), 109-125.

Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente (2015). *Asignación y reservas de recursos a usos*. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.

Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (2015). *Fichas de caracterización adicional de las masas de agua subterránea. Apéndice 1*. Ciclo de Planificación Hidrológica 2015/2021. Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas. 43 pp.

Doppler, W., Salman, A. Z., Al-Karablieh, E. K., & Wolff, H. P. (2002). The impact of water price strategies on the allocation of irrigation water: the case of the Jordan Valley. *Agricultural Water Management*, *55*(3), 171-182.

Egea, G., Fernández, J. E., & Alcón, F. (2017). Financial assessment of adopting irrigation technology for plant-based regulated deficit irrigation scheduling in super high-density olive orchards. *Agricultural Water Management*, *187*, 47-56.

Freixa, E., Gil, J. M., Tous, J., & Hermoso, J. F. (2010, August). Comparative study of the economic viability of high-and super-high-density olive orchards in Spain. In *XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): Olive Trends Symposium-From the 924*, 247-254.

Garg, N. K., & Dadhich, S. M. (2014). Integrated non-linear model for optimal cropping pattern and irrigation scheduling under deficit irrigation. *Agricultural water management*, *140*, 1-13.

INE (2016). Encuesta de Población Activa. http://www.ine.es/ Fecha de consulta: 22/01/17.

Junta de Andalucía (2017). Observatorio de Precios y Mercados. http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ Fecha de consulta: 10/03/17.

Junta de Andalucía (2015). Cuantificación de los costes de una explotación en invernaderos. Observatorio de Precios y Mercados. 17 pp.

Karagiannis, I. C., & Soldatos, P. G. (2008). Water desalination cost literature: review and assessment. *Desalination*, *223*(1), 448-456.

Kim, D., & Kaluarachchi, J. J. (2016). A risk-based hydro-economic analysis for land and water management in water deficit and salinity affected farming regions. *Agricultural Water Management*, *166*, 111-122.

Lapuente, E. (2012). Full cost in desalination. A case study of the Segura River Basin. *Desalination*, *300*, 40-45.

León, A. (2011). Manual de Investigación de Operaciones I. Ed Uninorte. Barranquilla (Colombia).

March, H., Saurí, D., & Rico-Amorós, A. M. (2014). The end of scarcity? Water desalination as the new cornucopia for Mediterranean Spain. *Journal of Hydrology*, *519*, 2642-2651.

Martínez-Alvarez, V., Martin-Gorriz, B., & Soto-García, M. (2016). Seawater desalination for crop irrigation— A review of current experiences and revealed key issues. *Desalination*, *381*, 58-70.

Martínez-Granados, D., & Calatrava J. (2014). The role of desalinisation to address aquifer overdraft in SE Spain. *Journal of Environmental Management*, 144. Pp: 247–257.

Martínez-Paz, J. M., & Calatrava, J. (1997). El consumo de agua en cultivos hortícolas protegidos: una aproximación multicriterio bajo restricciones de estacionalidad. *Actas de Horticultura. Marzo*, (17), 391-398.

Martínez-Paz, J. M. (2003). *Economía y gestión del agua en la horticultura intensiva de Almería, un enfoque desde la teoría de la decisión*. Tesis doctoral, Universidad de Murcia. Murcia.

Martínez-Paz, J. M. M., Perni, Á., Ruíz, P. C, & Pellicer, F. M (2017). Valoración económica de los fallos de suministro en los regadíos de la cuenca del Segura. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros, nº 244*, 35-67.

McCarl, B. & Spreen, T. (1997). Applied mathematical programming using algebraic system. Texas A&M University.

Molina Herrera, J. (2005). La economía de la provincia de Almería. *Almería, Cajamar*. 704 p.

Sánchez, J.A., Reca, J. & Martínez, J. (2015). Irrigation water management in a Mediterranean greenhouse district: irrigation adequacy assessment. *Irrigation and Drainage* 64: 299-313.

Toro Sánchez, F. J. (2008). El uso del agua en Níjar: implicaciones ambientales del modelo actual de gestión. *Revista de estudios regionales*, (83), 145-176.

UE (2003). Guía del análisis coste-beneficio de los proyectos de inversión. Unión Europea. http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost Fecha de consulta: 10/04/2017.

Valera Martínez, D. L., Belmonte Ureña, L. J., Molina Aiz, F. D., & López Martínez, A. (2016). *Greenhouse agriculture in Almería. A comprehensive techno-economic analysis.* Ed: Cajamar Caja Rural. Serie Economía (21). 408 pp. ISBN: 978-84-955531-75-9.

Ward, J., & Symons, J. (2017). Optimising Crop Selection for Small Urban Food Gardens in Dry Climates. *Horticulturae*, *3*(2), 33.

8. ANEXOS

8.1 Anexo A

Tabla 1. Precios de mercado de cada cultivo (€/kg).

Cultivos	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Tomate ciclo largo	0,32	0,50	0,48	0,72
Cherry ciclo largo	0,58	1,04	0,99	1,34
Tomate corto otoño	0,44	0,60	0,50	0,72
Cherry corto otoño	0,89	1,12	1,26	1,34
Sandía corto primavera	0,17	0,40	0,49	0,62
Calabacín corto otoño	0,31	0,81	0,58	1,89
Calabacín corto primavera	0,14	0,64	0,57	1,68
Berenjena ciclo largo	0,24	0,43	0,34	1,12
Pimiento corto otoño	0,43	0,62	0,70	0,79
Pimiento ciclo largo	0,43	0,76	0,79	1,01
Melón corto primavera	0,20	0,42	0,51	0,67
Pepino corto otoño	0,28	0,42	0,44	0,71
Pepino corto primavera	0,27	0,48	0,57	0,90
Mango	1,50	1,86	1,76	2,25
Papaya	1,02	1,33	1,56	2,25

Tabla 2. Coeficientes técnicos de las alternativas de cultivo del Campo de Níjar.

Alternativas de cultivo	Rtos Cultivo1 (kg/ha)	Rtos Cultivo2 (kg/ha)	Agua consumida (m^3/ha)	MO (jornales/ha)	MB (miles de €)
Tomate ciclo largo	176.900		8.900	440	54.185
Cherry ciclo largo	120.900		9.000	880	59.899
Tomate/Sandia	87.200	62.200	7.900	286	43.547
Cherry/Sandía	58.000	62.200	10.200	528	39.366
Calabacin/Sandia	40.000	62.200	6.800	226	31.406
Tomate/Calabacín	87.200	50.000	7.800	424	44.954
Pimiento/Sandia	60.000	62.200	10.500	226	23.696
Pimiento ciclo largo	95.000		6.000	250	43.205

Tabla 3. Coeficientes técnicos de otras alternativas de cultivo. Campo de Dalías y cultivos tropicales.

Alternativas de cultivo	Rtos Cultivo1 (kg/ha)	Rtos Cultivo2 (kg/ha)	Agua consumida (m^3/ha)	MO (jornales/ha)	MB (miles de €)
Pimiento ciclo largo	144.000		6.000	220	81.835
Pimiento/Melón	75.100	46.100	10.900	292	26.287
Berenjena ciclo largo	127.300		6.600	330	25.869
Pimiento/Sandía	75.100	62.100	10.000	264	30.625
Tomate ciclo largo	155.900		8.900	480	45.465
Calabacín/Calabacín	42.200	50.000	6.700	363	35.945
Pepino/Melón	107.900	46.100	8.000	292	26.943
Pepino/Pepino	107.900	124.300	6.400	363	58.258
Mango	35.000		5.350	250	44.042
Papaya	70.714		6.200	420	62.119

Tabla 4. Inversión inicial cultivos tropicales (€/ha).

Instalaciones base	Coste medio
Preparación del suelo (Aporte y extensión de arena)	18.000
Coste de ejecución invernadero multitúnel	141.200
Sistema de riego por goteo	23.000
Total	182.200

Tabla 5. Costes fijos anuales del cultivo del mango (€/ha.año).

Partidas	Coste
Arena/tierra	333
Estiércol/Sustrato	1.060
Estructura invernaderos	5.267
Plástico	3.300
Sistema de riego	500
Balsa	420
Otros	605
Costes de plantas	325
Total	11.810

Tabla 6. Costes fijos anuales del cultivo de la papaya (€/ha.año).

Partidas	Coste
Arena/tierra	333
Estiércol/Sustrato	1.060
Estructura invernaderos	5.267
Plástico	3.300
Sistema de riego	500
Balsa	420
Otros	605
Costes de plantas	1.833
Total	13.318

Tabla 7. Costes variables anuales (€/ha.año).Ciclo corto de tomate (otoño) y sandía (primavera). Campo de Níjar.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	13.728	40,8
Semillero	8.540	25,4
Fitosanitarios (€/productos)	4.960	14,7
Electricidad	2.000	5,9
Varios (Abejorros, materiales…)	2.450	7,3
Agua	1.975	5,9
Total	33.653	100

Tabla 8. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de tomate (otoño) y calabacín (primavera). Campo de Níjar.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	22.328	55,6
Semillero	8.158	21,2
Fitosanitarios	4.480	11,4
Electricidad	1.500	3,8
Varios (Abejorros, materiales…)	950	2,4
Agua	1.950	4,9
Total	39.366	100

Tabla 9. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo largo de tomate Cherry. Campo de Níjar.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	42.240	70,6
Semillero	5.250	8,8
Fitosanitarios	5.600	9,4
Electricidad	2.200	3,7
Varios (Abejorros, materiales…)	2.000	3,3
Agua	2.250	3,8
Total	59.792	100

Tabla 10. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de tomate cherry (otoño) y sandía (primavera). Campo de Níjar.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	28.344	55,4
Semillero	10.290	20,4
Fitosanitarios	4.640	9,2
Electricidad	2.000	4,0
Varios (Abejorros, materiales…)	2.850	5,7
Agua	2.550	5,0
Total	50.474	100

Tabla 11. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de calabacín (otoño) y sandía (primavera). Campo de Níjar.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	14.824	53,0
Semillero	4.690	17,3
Fitosanitarios	2.560	9,4
Electricidad	1.300	4,8
Varios (Abejorros, materiales…)	2.000	7,4
Agua	1.700	6,3
Total	27.074	100

Tabla 12. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de pimiento (otoño) y sandía (primavera). Campo de Níjar.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	14.800	40,2
Semillero	11.515	30,0
Fitosanitarios	5.944	15,4
Electricidad	1.300	3,4
Varios (Abejorros, materiales…)	2.200	5,7
Agua	2.625	6,8
Total	38.384	100

Tabla 13. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo largo de pimiento. Campo de Níjar.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	13.000	46,4
Semillero	8.295	29,6
Fitosanitarios	4.000	14,3
Electricidad	800	2,8
Varios (Abejorros, materiales…)	400	1,4
Agua	1.500	5,4
Total	27.995	100

Tabla 14. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo largo de pimiento. Campo de Dalías.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	12.560	45,5
Semillero	8.295	30,0
Fitosanitarios	4.000	14,5
Electricidad	850	3,1
Varios (Abejorros, materiales…)	400	1,4
Agua	1.500	5,4
Total	27.605	100

Tabla 15. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo largo de berenjena. Campo de Dalías.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	15.840	54,9
Semillero	4.280	14,8
Fitosanitarios	3.400	11,8
Electricidad	2.200	7,6
Varios (Abejorros, materiales…)	1.500	5,2
Agua	1.650	5,7
Total	28.870	100

Tabla 16. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de pimiento (otoño) y sandía (primavera). Campo de Dalías.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	15.972	42,0
Semillero	11.585	27,4
Fitosanitarios	7.220	14,5
Electricidad	1.300	3,2
Varios (Abejorros, materiales…)	2.200	5,4
Agua	2.500	6,1
Total	40.777	100

Tabla 17. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de calabacín (otoño) y calabacín (primavera). Campo de Dalías.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	17.424	57,6
Semillero	5.308	17,5
Fitosanitarios	3.080	10,2
Electricidad	1.050	3,3
Varios (Abejorros, materiales…)	500	1,6
Agua	1.675	5,5
Total	30.237	100

Tabla 18. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de pepino (otoño) y pepino (primavera). Campo de Dalías.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	20.424	43,7
Semillero	12.500	26,7
Fitosanitarios	8.400	18,0
Electricidad	1.600	3,4
Varios (Abejorros, materiales…)	2.000	4,3
Agua	1.600	3,4
Total	46.724	100

Tabla 19. Costes variables anuales (€/ha.año). Ciclo corto de pepino (otoño) y melón (primavera). Campo de Dalías.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	15.992	42,4
Semillero	10.345	27,4
Fitosanitarios	5.700	15,1
Electricidad	1.600	4,2
Varios (Abejorros, materiales…)	2.100	5,6
Agua	2.000	5,3
Total	37.737	100

Tabla 20. Costes variables anuales (€/ha.año). Papaya.

Partidas	Coste	%
Mano de obra	20.160	63,1
Fitosanitarios y abonado	4.800	15,0
Electricidad	820	2,6
Varios	4.600	14,4
Agua	1.550	4,8
Total	31.930	100

8.2 Anexo B

Tabla 1. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Tomate en ciclo corto de otoño y sandía en ciclo corto de primavera. Campo de Níjar.

Precio agua	Indicadores	Precio venta producto (€/kg)			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	-147.156	205.000	166.093	505.937
	TIR (%)	-	13,4	11,9	24,3
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	- 181.614	170.542	131.635	471.479
	TIR (%)	-	12,1	10,6	23,1

Tabla 2. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Tomate en ciclo corto de otoño y calabacín en ciclo corto de primavera. Campo de Níjar.

Precio agua	Indicadores	Precio venta producto (€/kg)			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	-262.887	222.540	70.252	1.000.980
	TIR (%)	-	14,0	8,1	42,5
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	- 296.908	188.519	36.230	966.958
	TIR (%)	-	12,8	6,6	41,2

Tabla 3. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Cherry en ciclo largo. Campo de Níjar.

Precio agua	Indicadores	Precio venta producto (€/kg)			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	-208.956	408.782	484.116	936.120
	TIR (%)	-	20,8	23,5	40,0
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	-248.212	369.526	444.860	896.864
	TIR (%)	-	19,4	22,1	38,5

Tabla 4. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Cherry en ciclo corto de otoño y sandía en ciclo corto de primavera. Campo de Níjar.

Precio agua	Indicadores	Precio venta producto (€/kg)			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	-151.164	401.756	676.116	930.636
	TIR (%)	-	11,4	17,8	23,5
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	-222.564	330.356	604.716	859.236
	TIR (%)	-	9,6	16,1	21,9

Tabla 5. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Calabacín en ciclo corto de otoño y sandía en ciclo corto de primavera. Campo de Níjar.

Precio agua	Indicadores	Precio venta producto (€/kg)			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	-388.786	53.696	- 6.146	747.642
	TIR (%)	-	7,4	4,7	33,0
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	-418.446	24.036	- 35.806	717.982
	TIR (%)	-	6,1	3,3	32,0

Tabla 6. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Pimiento en ciclo corto de otoño y sandía en ciclo corto de primavera. Campo de Níjar.

Precio agua	Indicadores	Precio venta producto (€/kg)			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	-362.740	- 42.386	87.195	255.260
	TIR (%)	-	3,0	8,8	15,3
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	-408.539	- 88.185	41.396	209.461
	TIR (%)	-	0,5	6,8	13,5

Tabla 7. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Pimiento en ciclo largo. Campo de Níjar.

Precio agua	Indicadores	Precio venta producto (€/kg)			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	-189.951	200.738	236.255	496.715
	TIR (%)	-	13,2	14,6	24,0
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	-216.122	174.567	210.084	470.545
	TIR (%)	-	12,2	13,6	23,0

Tabla 8. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Pimiento en ciclo largo. Campo de Dalías.

Precio agua	Indicadores	Precio venta producto (€/kg)			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	89.949	682.153	735.990	1.130.793
	TIR (%)	8,9	30,7	32,6	47,4
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	63.778	655.982	709.819	1.104.622
	TIR (%)	7,8	29,7	31,7	46,4

Tabla 9. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Berenjena en ciclo largo. Campo de Dalías.

Precio agua	Indicadores	Precio venta producto (€/kg)			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	-316.730	-15.306	- 158.086	1.079.336
	TIR (%)	-	4,3	-	45,4
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	-345.517	- 44.094	- 186.873	1.050.548
	TIR (%)	-	2,9	-	44,3

Tabla 10. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Pimiento en ciclo corto de otoño y sandía en ciclo corto de primavera. Campo de Dalías.

Precio agua	Indicadores	Precio venta producto (€/kg)			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	-311.857	43.963	188.487	373.327
	TIR (%)	-	7,0	12,8	19,6
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	-355.475	345	144.870	329.709
	TIR (%)	-	5,0	11,1	18,0

Tabla 11. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Calabacín en ciclo corto de otoño y calabacín en ciclo corto de primavera. Campo de Dalías.

Precio agua	**Indicadores**	**Precio venta producto (€/kg)**			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	-464.238	110.268	-54.307	1.326.281
	TIR (%)	-	9,7	2,4	55,1
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	-493.462	81.045	- 83.530	1.297.057
	TIR (%)	-	8,5	0,8	53,9

Tabla 12. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Pepino en ciclo corto de otoño y pepino en ciclo corto de primavera. Campo de Dalías.

Precio agua	**Indicadores**	**Precio venta producto (€/kg)**			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	-125.223	388.331	554.640	1.428.889
	TIR (%)	-	20,1	26,1	59,2
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	-153.138	360.416	526.724	1.400.973
	TIR (%)	-	19,1	25,1	58,1

Tabla 13. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Pepino en ciclo corto de otoño y melón en ciclo corto de primavera. Campo de Dalías.

Precio agua	**Indicadores**	**Precio venta producto (€/kg)**			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	-316.568	- 1.922	76.677	531.659
	TIR (%)	-	4,9	8,3	25,2
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	-351.462	-36.816	41.782	496.765
	TIR (%)	-	3,2	6,9	24,0

Tabla 14. Indicadores de rentabilidad y precios del agua. Papaya.

Precio agua	**Indicadores**	**Precio venta producto (€/kg)**			
		Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Pozo (0,25€/m^3)	VAN (€)	- 105.685	101.976	256.047	718.261
	TIR (%)	0,4	8,7	13,6	26,6
Desalación (0,6 €/m^3)	VAN (€)	- 132.728	74.933	229.004	691.218
	TIR (%)	-	7,8	12,8	25,9

8.3 Anexo C

Tabla 1. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de tomate/sandía en ciclo corto. Campo de Níjar.

Precios del Agua	**Precio venta producto (€/kg)**			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	2,33	1,94	5,39
Precio nivelación (sin inversión inicial)	0,16	3,73	3,34	6,79
Precio de cierre	2,19	5,76	5,37	8,82

Tabla 2. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de tomate/calabacín en ciclo corto. Campo de Níjar.

Precios del Agua	**Precio venta producto (€/kg)**			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	2,54	0,97	10,55
Precio nivelación (sin inversión inicial)	0	3,96	2,39	11,97
Precio de cierre	1,02	6,01	4,45	14,02

Tabla 3. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Cherry en ciclo largo. Campo de Níjar.

Precios del Agua	**Precio venta producto (€/kg)**			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	3,89	4,57	8,6
Precio nivelación (sin inversión inicial)	0	5,12	5,80	9,83
Precio de cierre	1,40	6,91	7,58	11,61

Tabla 4. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de cherry/sandía en ciclo corto. Campo de Níjar.

Precios del Agua	**Precio venta producto (€/kg)**			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	2,22	3,56	4,81
Precio nivelación (sin inversión inicial)	0	2,54	3,88	5,13
Precio de cierre	1,40	4,11	5,45	6,70

Tabla 5. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de calabacín/sandía en ciclo corto. Campo de Níjar.

Precios del Agua	**Precio venta producto (€/kg)**			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	0,88	0,18	9,07
Precio nivelación (sin inversión inicial)	0	2,51	1,80	10,70
Precio de cierre	0	4,87	4,16	13,06

Tabla 6. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de pimiento/sandía en ciclo corto. Campo de Níjar.

Precios del Agua	Precio venta producto (€/kg)			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	0	0,92	2,20
Precio nivelación (sin inversión inicial)	0	0,98	1,97	3,25
Precio de cierre	0,06	2,51	3,50	4,78

Tabla 7. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Pimiento en ciclo largo. Campo de Níjar.

Precios del Agua	Precio venta producto (€/kg)			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	2,93	3,41	6,89
Precio nivelación (sin inversión inicial)	0	4,78	5,25	8,74
Precio de cierre	2,23	7,45	7,93	11,41

Tabla 8. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Pimiento en ciclo largo. Campo de Dalías.

Precios del Agua	Precio venta producto (€/kg)			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	1,45	9,37	10,09	15,37
Precio nivelación (sin inversión inicial)	3,30	11,22	11,94	17,22
Precio de cierre	5,97	13,89	14,61	19,89

Tabla 9. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Berenjena en ciclo largo. Campo de Dalías.

Precios del Agua	Precio venta producto (€/kg)			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	0,06	0	13,37
Precio nivelación (sin inversión inicial)	0	1,74	0,03	15,05
Precio de cierre	0,50	4,17	2,43	17,48

Tabla 10. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de pimiento/sandía en ciclo corto. Campo de Dalías.

Precios del Agua	Precio venta producto (€/kg)			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	0,60	1,76	3,25
Precio nivelación (sin inversión inicial)	0	1,71	2,87	4,35
Precio de cierre	0,46	3,31	4,47	5,96

Tabla 11. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de calabacín/calabacín en ciclo corto. Campo de Dalías.

Precios del Agua	Precio venta producto (€/kg)			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	1,57	0	16,13
Precio nivelación (sin inversión inicial)	0	3,22	1,25	17,78
Precio de cierre	0	5,62	3,64	20,18

Tabla 12. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de pepino/pepino en ciclo corto. Campo de Dalías.

Precios del Agua	**Precio venta producto (€/kg)**			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	5,12	7,20	18,16
Precio nivelación (sin inversión inicial)	0,41	6,85	8,93	19,89
Precio de cierre	2,91	9,35	11,44	22,40

Tabla 13. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Alternativa de pepino/melón en ciclo corto. Campo de Dalías.

Precios del Agua	**Precio venta producto (€/kg)**			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	0,23	1,02	5,58
Precio nivelación (sin inversión inicial)	0	1,61	2,40	6,97
Precio de cierre	0,46	3,62	4,41	8,97

Tabla 14. Precios de nivelación y de cierre del agua (€/m^3). Papaya.

Precios del Agua	**Precio venta producto (€/kg)**			
	Mínimo	Medio	Moda	Máximo
Precio nivelación (con inversión inicial)	0	1,57	3,56	9,55
Precio nivelación (sin inversión inicial)	1,24	3,93	5,92	11,90
Precio de cierre	3,94	6,63	8,62	14,61