



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Departament  
d'Economia i  
Ciències Socials

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Dpto. de Economía y Ciencias Sociales

ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR DE  
LAS FRUTAS TROPICALES EN ANDALUCIA. UN  
ESTUDIO EXPLORATORIO.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Economía Agroalimentaria y del Medio  
Ambiente

AUTOR/A: Nievas Vilchez, Julia

Tutor/a: Roig Merino, Bernat

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA Y CIENCIAS SOCIALES

**Máster Universitario en Economía Agroalimentaria y del Medio Ambiente**



**Análisis de la Sostenibilidad del Sector de las Frutas Tropicales en Andalucía: Un estudio exploratorio.**

TRABAJO FIN DE MÁSTER:

Presentado por:

Julia Nievas Vílchez

Dirigido por:

Bernat Roig Merino

Valencia, Julio de 2024

**RESUMEN:**

La producción agrícola, crucial para la economía y la seguridad alimentaria global, destaca en Andalucía por el crecimiento de cultivos subtropicales como el aguacate y el mango, que han fomentado el desarrollo rural y económico. Sin embargo, la sostenibilidad de estos cultivos enfrenta desafíos por el cambio climático, la escasez de agua y la explotación de recursos naturales. Este estudio, mediante la metodología de la OECD, revisa los indicadores de sostenibilidad de estos cultivos en la región, analizando datos agrícolas de fuentes de información del gobierno (Observatorio de Precios y Mercados) y fuentes de información internacionales como FAOSTAT, entre otras. Los resultados subrayan la necesidad de prácticas agrícolas sostenibles para proteger el medio ambiente, adaptar la agricultura al cambio climático y asegurar la viabilidad económica y social de estos cultivos, identificando áreas críticas de mejora y destacando la importancia de una gestión eficiente del agua y una investigación más profunda en sostenibilidad social y ambiental.

**Palabras Clave:** *Frutas subtropicales, análisis social, análisis económico, impacto ambiental, agricultura, sostenibilidad, Andalucía.*

**ABSTRACT:**

Agricultural production, crucial for the economy and global food security, stands out in Andalusia for the growth of subtropical crops such as avocado and mango, which have promoted rural and economic development. However, the sustainability of these crops faces challenges due to climate change, water scarcity and the exploitation of natural resources. This study, using the OECD methodology, reviews the sustainability indicators of these crops in the region, analyzing agricultural data from government information sources (Price and Market Observatory) and international information sources such as FAOSTAT, among others. The results underline the need for sustainable agricultural practices to protect the environment, adapt agriculture to climate change and ensure the economic and social viability of these crops, identifying critical areas for improvement and highlighting the importance of efficient water management and research deeper in social and environmental sustainability.

**Keywords:** *Subtropical fruits, social analysis, economic analysis, environmental impact, agriculture, sustainability, Andalusia.*

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 Antecedentes y Objetivos .....	5
1.2 Metodología.....	6
2. QUÉ ES LA SOSTENIBILIDAD? .....	7
3. EXPANSIÓN DE LOS CULTIVOS SUBTROPICALES EN ANDALUCÍA.....	8
3.1 Especies subtropicales cultivadas en Andalucía .....	10
5. SOSTENIBILIDAD SOCIAL .....	11
5.1 Edad y género de los agricultores.....	12
5.2 Nivel de educación .....	14
5.3 Dimensión y número de parcelas.....	14
5.4 Asociaciones agrícolas.....	15
6. SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA.....	15
6.1 PIB agrícola en Andalucía.....	16
6.2 Producción agrícola.....	16
6.2.1 Distribución de cultivos por provincias. ....	18
6.3 Beneficios económicos.....	22
6.3.1 Precios mayorista-destino .....	23
6.3.2 Precios origen .....	24
6.3.4 Evolución de las exportaciones.....	27
6.3.5 Costes .....	28
7. SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL.....	32
7.1 Suelo.....	32
7. 2 Gases de efecto invernadero .....	33
7. 3 Biodiversidad y Paisaje .....	36
7. 4 Agua.....	38
8. SOLUCIONES PROPUESTAS.....	40
8.1 Agricultura regenerativa .....	40
8.2 Nuevas tecnologías .....	41
8.3 Políticas más estrictas.....	42
9. CONCLUSIONES.....	43
10. BIBLIOGRAFIA .....	45
11. ANEXOS.....	50



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes y Objetivos

La producción agrícola desempeña un papel crucial en la economía y la seguridad alimentaria de las distintas regiones del planeta. En el caso de Andalucía, en la costa del sur de España, los cultivos subtropicales, como el aguacate, el mango y la chirimoya, han experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas (Calatrava y Sayadi, 2002; 2003). Estos cultivos ofrecen oportunidades económicas y empleo en áreas rurales, contribuyendo así al desarrollo local.

La sostenibilidad de los cultivos subtropicales en Andalucía se ha convertido en una preocupación cada vez mayor, y las estaciones de investigación de la zona la cuestionan. El cambio climático, la escasez de agua, el agotamiento de los recursos naturales y los desafíos asociados a los sistemas de producción intensiva plantean desafíos significativos para la viabilidad a largo plazo de estos cultivos (Yus Ramos et al., 2009).

El cambio climático ha conllevado un aumento de las temperaturas y a patrones de lluvia más irregulares en la región. Estos cambios tienen un impacto directo en los cultivos subtropicales, que requieren condiciones específicas de temperatura y humedad para un crecimiento óptimo. Las olas de calor, las sequías y las lluvias torrenciales pueden afectar negativamente la producción y la calidad de los cultivos, lo que pone en peligro la rentabilidad de los agricultores y la oferta constante de productos de alta calidad.

Además, la producción intensiva de cultivos subtropicales a menudo implica el uso intensivo de recursos naturales, como el agua o fertilizantes, lo que puede tener un impacto negativo en el medio ambiente. La sobreexplotación de los acuíferos y la contaminación de las aguas subterráneas son problemas ambientales significativos que deben abordarse para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de estos cultivos (Yus Ramos, 2022).

En los últimos años, se han llevado a cabo investigaciones y se han implementado algunas iniciativas para abordar estos desafíos. Sin embargo, todavía existe la necesidad de profundizar en el conocimiento sobre la sostenibilidad de los cultivos subtropicales en Andalucía y desarrollar estrategias y herramientas prácticas que permitan a los agricultores adaptarse al cambio climático y mejorar la gestión de los recursos naturales.

El presente trabajo de fin de máster propone iluminar esta brecha de conocimiento y contribuir a la promoción de prácticas agrícolas sostenibles en los cultivos subtropicales de Andalucía.

Mediante la revisión de la literatura científica, la recopilación y el análisis de datos relevantes, y la evaluación de las prácticas existentes, se pretende proporcionar un análisis exploratorio de la sostenibilidad social, ambiental y económica del sector de los frutos subtropicales en Andalucía. A través de este enfoque, se espera fomentar la adopción de prácticas agrícolas más sostenibles en la expansión e implantación de nuevos cultivos, y fortalecer la resiliencia de los ya existentes y contribuir al desarrollo sostenible de la región de Andalucía.

## 1.2 Metodología

Para este Trabajo de Fin de Máster primero se ha hecho una revisión y comparación de los métodos utilizados en Europa para evaluar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

Se consideraron y revisaron varios métodos reconocidos y ampliamente utilizados que abordan aspectos sociales, ambientales y económicos, como SAFA, FLINT, OECD y Agri Sustainability Compass (ASC). Tras un análisis exhaustivo, se ha seleccionado la metodología de la OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) ya que se ajusta más a los objetivos del TFM, debido a su enfoque integral, reconocimiento a nivel internacional y mayor disponibilidad de datos.

Para poder cumplimentar cada indicador de sostenibilidad establecido por la OECD y desarrollar el presente trabajo, se ha llevado a cabo:

- Una revisión bibliográfica exhaustiva de los principales artículos científicos relacionados con el sector de los frutos subtropicales en Andalucía. Esto permitió obtener una visión completa y actualizada de los estudios y avances en la sostenibilidad de estos cultivos en la región.
- Una búsqueda de datos agrícolas, a partir de estadísticas oficiales como el Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras, el Observatorio de Precios y Mercados, y la FAOSTAT. Estas fuentes proporcionaron información relevante sobre la producción, rendimiento, precios y otros datos agrícolas necesarios para el análisis de la sostenibilidad de los cultivos subtropicales.
- Una labor exhaustiva de gabinete que incluye la recopilación y análisis de datos a través de la elaboración de tablas y hojas de cálculo en Excel. Estas herramientas han sido fundamentales para la organización, análisis y presentación de los datos obtenidos, permitiendo una interpretación clara y precisa de los resultados.

El cuadro comparativo situado en anexos (anexo 0) resume los principales indicadores utilizados en los métodos de evaluación de la sostenibilidad mencionadas anteriormente. Este cuadro permite una visión comparativa de los aspectos clave abordados por cada uno de ellos y facilita la identificación de fortalezas y debilidades de estos. No es objetivo de este trabajo de fin de máster comparar los diferentes métodos, sino intentar evaluar la sostenibilidad de los cultivos subtropicales en Andalucía, aplicando una herramienta contrastada y para la cual se tenga acceso a un mínimo de información necesaria

## **2. ¿QUÉ ES LA SOSTENIBILIDAD?**

A lo largo de la historia, el creciente desarrollo económico, impulsado por los avances tecnológicos, despertó un gran interés en la comunidad científica sobre los impactos de las actividades humanas y los modelos de negocio y en la integridad del medio ambiente (Schaltegger et al., 2016).

La etimología de la palabra “sostenibilidad” se compone por las raíces latinas -sub (de abajo a una superficie más alta), -tenere- (dominar, retener), -bilis (sufijo que deduce posibilidad), más el sufijo -dad (cualidad). Esto conforma la “cualidad de poder mantenerse parado por sí mismo”. Además, la RAE define como sostenible dicho proceso “que puede mantenerse por sí mismo, como lo hace por ejemplo el desarrollo económico sin ayuda exterior ni mermas de los recursos existentes”.

El término de sostenibilidad apareció por primera vez en Alemania en el S.XVIII, originado por la escasez de recursos, en este caso, los recursos forestales (leña para fundición). Hans Carl Von Carlowitz fue el pionero en utilizar el término sostenibilidad, en alemán (Nachhaltigkeit), en unos manuales de silvicultura (Grober, 2007).

Más adelante este término se incorporó en el paradigma del desarrollo sostenible, el cual aparece mencionado por primera vez en la Estrategia Mundial para la Conservación de la UICN, la WWF y PNUMA en 1980. En 1987 adquirió una solidez y reconocimiento notable a nivel mundial gracias al lanzamiento del Informe Bruntland (Nuestro futuro común) por parte de las Naciones Unidas. Este fue ratificado por más de 100 países, y proporcionó la primera definición clara de desarrollo sostenible como “Aquél que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (UN, 1987)



En 1992, se llevó a cabo la formalización institucional del desarrollo sostenible mediante la redacción de la declaración de Río de Janeiro, la cual consiste en más de 27 principios que intentan guiar este objetivo, así como la Agenda 21, que describe el plan para ponerlos en práctica.

En 1987, autores como Barbier hicieron énfasis en la necesidad de integrar los tres marcos o pilares (social, económico y ecológico), dependientes unos de otros, para lograr un desarrollo sostenible (Purvis et al., 2019).

En los últimos treinta años el término se ha vuelto más popular, numerosos cuerpos internacionales, gubernamentales, asociaciones, ONG han mostrado su compromiso con el desarrollo sostenible como solución para frenar el deterioro ambiental (Lumley y Armstrong, 2003).

En la actualidad, el interés mundial acerca de los impactos medioambientales del desarrollo humano se ha redirigido hacia las emisiones de gases de efecto invernadero y el calentamiento climático. El conjunto de iniciativas políticas que regulan un desarrollo sostenible adecuado actualmente es el Pacto Verde Europeo.

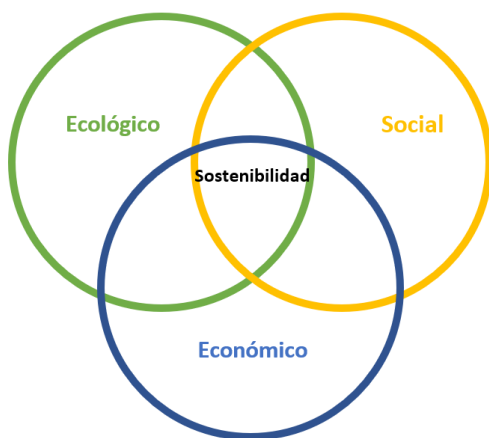


Imagen 1. Tres pilares de la sostenibilidad. Elaboración propia. Fuente: Barbier, E. (1987).

### **3. EXPANSIÓN DE LOS CULTIVOS SUBTROPICALES EN ANDALUCÍA**

La introducción de frutas tropicales en Andalucía tiene sus raíces en el siglo XV, como un objetivo exótico de las numerosas expediciones de Cristóbal Colón. Sin embargo, fue en el

siglo XVII cuando el cultivo de estas frutas se extendió gracias a personas como José Galvéz, un malagueño que era ministro de Carlos III (Barrientos-Priego y López-López, 2002).

No obstante, no fue hasta la segunda mitad del siglo XX cuando se establecieron las primeras plantaciones comerciales de frutas tropicales. Las condiciones climáticas favorables convirtieron la costa de Andalucía en un lugar idóneo para el crecimiento de especies como el Chirimoyo, el Aguacate y el Mango. En la década de 1950, se expandieron las plantaciones de Chirimoyo, seguidas por las de aguacate en los años 70 y de mango a finales de los años 80 (Guirado et al., 2012).

Estos cultivos tuvieron una gran aceptación y se extendieron de manera exponencial en la costa de Andalucía con la implementación del Plan Guaro (Real Decreto 594/1989). Este plan aprobó la transformación de más de 8000 hectáreas en cultivos intensivos de regadío. Además, se autorizó la construcción del embalse de la Viñuela para abastecer de agua a las tierras de frutas tropicales. Más adelante, el Plan Hidrológico de las Cuencas Mediterráneas en 2015 facilitó la expansión de los terrenos destinados al cultivo de frutas tropicales (Tocados et al., 2023).

El creciente reconocimiento y prestigio internacional del aguacate andaluz ha dado lugar a la creación de marcas como "Sabor a Málaga" y "Aguacates y Mangos de Málaga y Granada". Esta última marca fue creada por la Diputación y respaldada por la Asociación Nacional de Subtropicales con el objetivo de promover la imagen y calidad de los productos agroalimentarios de la costa tropical y posicionarlos de manera competitiva en el mercado.

Es importante destacar que Andalucía es la primera provincia pionera en obtener una denominación de origen para una fruta exótica, con la denominación de origen (D.O.P) "Chirimoya de la Costa Tropical de Granada- Málaga", en la variedad Fino de Jete. Los empresarios andaluces también tienen como objetivo obtener la Indicación Geográfica Protegida (IGP) no solo para el aguacate, sino también para el mango, con el fin de posicionar los productos españoles en el mercado europeo (Olalla Mercadé, 2012).

El cultivo de estas especies ha sido un motor para el desarrollo local, lo cual ha sido reflejado en numerosos artículos, medios de comunicación e incluso documentales, como el de la directora Natasha Rivas, "Pasión Verde. Historia de los frutos subtropicales".

En la actualidad, el cultivo de frutas subtropicales se concentra en la costa de Andalucía, especialmente en la comarca de la Axarquía y la Costa Tropical Granadina, que abarca territorios de las provincias de Granada y Málaga. Estas áreas cuentan con un clima mediterráneo subtropical húmedo o subhúmedo (ver anexo 1), donde la presencia de la Sierra Nevada evita la entrada de masas de aire frío, creando un microclima con inviernos templados

y lluviosos, y veranos calurosos y soleados. La temperatura promedio en invierno ronda los 15°C, mientras que en verano es de alrededor de 26°C. Este clima brinda una exclusividad geográfica para la producción estos cultivos subtropicales en el continente europeo (García, J.D., 2003).

En la actualidad, el aguacate es el cultivo tropical predominante, ocupando una superficie de hasta 13,000 hectáreas en 2021 y con una producción anual cercana a las 97,000 toneladas.

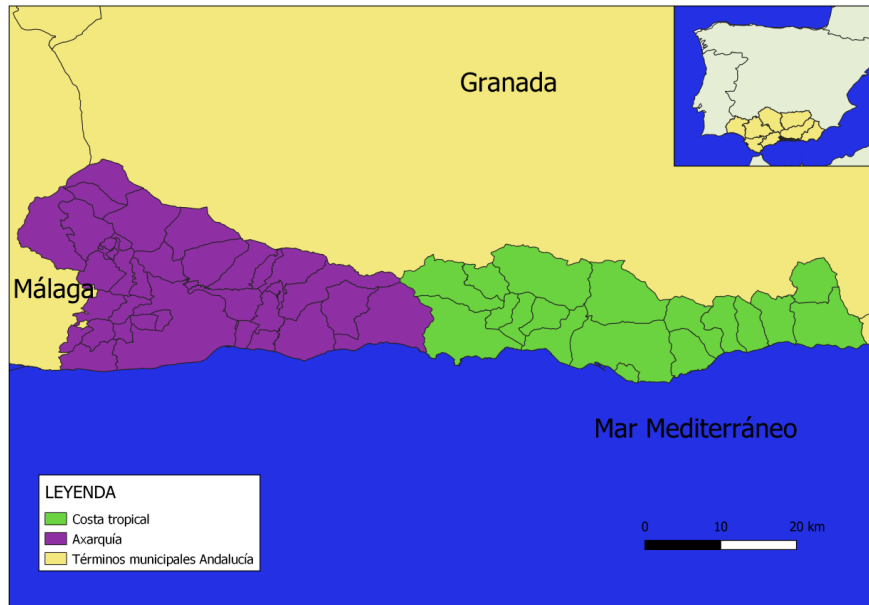


Imagen 2: Mapa principales zonas de cultivo de las frutas tropicales en Andalucía. Elaboración propia.

### 3.1 Especies subtropicales cultivadas en Andalucía

En Andalucía se cultivan varios frutos subtropicales debido a sus condiciones climáticas favorables y a la demanda creciente de productos exóticos y saludables. Estos frutos subtropicales destacan por su sabor único, su atractivo aspecto y su valor nutricional. Las principales especies cultivadas y comercializadas son:

- Mango: Andalucía cuenta con una importante producción de mango, especialmente en la provincia de Málaga. Entre las variedades más destacadas se encuentran el mango Osteen, el mango Keitt y el mango Kent y Tommy Atkins (Huete Salvador Arias, 2007).

- Aguacate: El aguacate es otro de los frutos subtropicales con mayor presencia en Andalucía. La región cuenta con una amplia variedad de especies, entre las que destacan el aguacate Bacon, el aguacate Fuerte y el aguacate Hass (IUCN, 2003). En el periodo 2020-2021 principalmente el volumen comercializado se caracterizó un 86% por Hass, Fuerte 4%, Bacon 4% y otras variedades 6% (Observatorio de precios y mercados, 2021).
- Chirimoyo: El chirimoyo es un fruto originario de América del Sur que se ha adaptado perfectamente al clima mediterráneo de Andalucía. Entre las variedades más populares se encuentran la chirimoya Fino de Jete y la chirimoya Página. La primera es una variedad local que ha conseguido la denominación de origen, se originó por selección a finales del siglo XIX en la población granadina del Jete (Flores, 2013).

El principal factor limitante de estas especies es la temperatura. Estos árboles son sensibles a las temperaturas bajas y no toleran heladas, generalmente por debajo de los 0°C ya se producen danos en el fruto, los brotes tiernos e incluso la muerte de árboles, en las tres especies. Es recomendable que las temperaturas mínimas sean superiores a 5-7°C. Para el correcto crecimiento del fruto estas especies necesitan temperaturas cálidas y constantes. De manera general, las tres especies se desarrollan mejor en suelos de tipo Franco-Arenosos, con buen drenaje, y con un pH entre 6-7. (Baíza Avelar, 2003; Climent, 2020).

## **5. SOSTENIBILIDAD SOCIAL**

La sostenibilidad social es definida como: “Sostenibilidad que busca fomentar las relaciones entre los individuos y el uso colectivo de lo común conjugando crecimiento económico y respeto ambiental con bienestar social, fomentando el mantenimiento y la creación de empleo, protegiendo la seguridad y la salud de las personas, asegurando la reducción de la pobreza y las desigualdades, y evitando las situaciones de exclusión social” (Art, 4, Ley 11/2014, de Prevención y Protección ambiental de Aragón).

Esta se refiere a la capacidad de una sociedad para mantener y mejorar la calidad de vida de sus miembros a largo plazo, al tiempo que promueve la justicia social, la inclusión, y el respeto por los derechos humanos. La sostenibilidad social reconoce la interdependencia entre las dimensiones sociales, económicas y ambientales, y busca un equilibrio para asegurar un futuro próspero y equitativo para las generaciones presentes y futuras (ONU, 2015)

La agricultura, es fuente económica de millones de agricultores y sus familias en toda la UE. Pero, además, ejerce de pilar y sostiene al conjunto de la sociedad al proporcionar servicios ecosistémicos esenciales como (PAC):

- Alimentación: proporciona alimentos y materias primas útiles para los ciudadanos
- Cultural: estructura comunidades rurales

La sostenibilidad social en la agricultura implica la implementación de prácticas y políticas que garanticen la seguridad alimentaria, la justicia social y el bienestar de las comunidades rurales (FAO).

### 5.1 Edad y género de los agricultores

La población ocupada agraria en Andalucía se situó en 2021 en el 8,7%, dato que es superior al nacional (4,1%) y al de la UE27 (3,8%). La actividad agraria es la principal fuente de empleo en la mitad de los municipios andaluces (Ibarrondo Dávila y Pérez López, 2023).

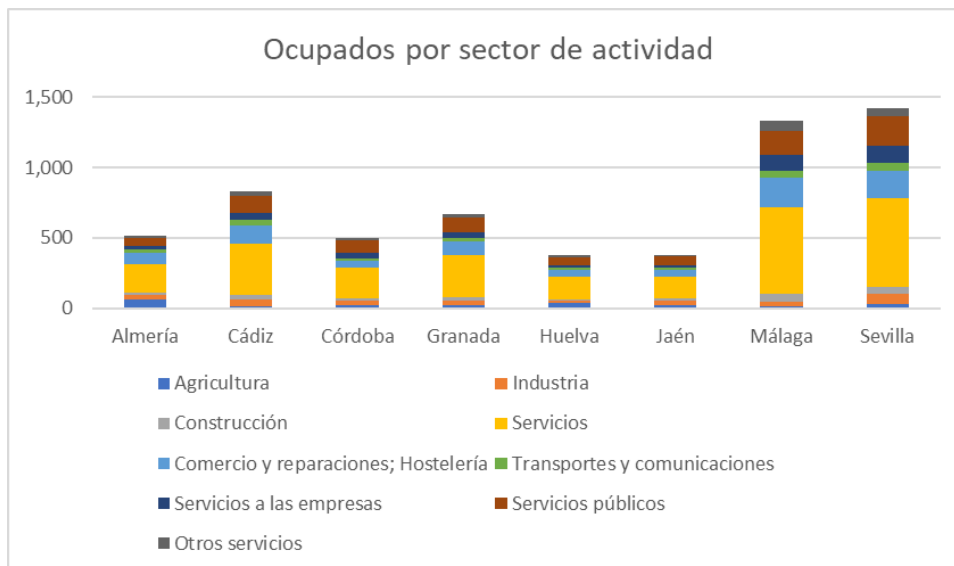


Gráfico 1: Ocupados por sector de actividad en las provincias de Andalucía. Segundo trimestre del 2023. Unidades en miles de personas. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Explotación de la Encuesta de Población Activa del INE. Elaboración propia.

Con relación a la edad de los trabajadores en el sector agrario en Andalucía, aproximadamente el 19% de los ocupados son hombres mayores de 55 años, lo cual es

ligeramente inferior al promedio nacional en España (23.7%). Sin embargo, en el año 2020 se observó un ligero aumento del 0.6 puntos porcentuales en este grupo de edad, superando el incremento promedio del sector que fue del 3.7%. De hecho, el tramo de edad de más de 55 años experimentó el mayor crecimiento relativo del empleo, alcanzando un 6.9%. Aun así, en términos absolutos, el mayor aumento se produjo en el grupo de ocupados de 25 a 54 años, con un incremento de 7,700 ocupados en comparación con el promedio de 2019. Este grupo representa aproximadamente el 76% de todos los ocupados en el sector agrario. Por otro lado, se observó una disminución del empleo de alrededor de 1,500 ocupados en el grupo de menores de 25 años (ver anexo 2) (Cebrino Casquero et al., 2021). Cabe destacar que, según encuestas realizadas por Calatrava Requena y Sayadi (2003), los agricultores menores de 35 años y los recién incorporados a la actividad agraria son los que mayor índice de adopción de prácticas agrícolas sostenibles y de innovación presentan en los cultivos de frutos subtropicales.

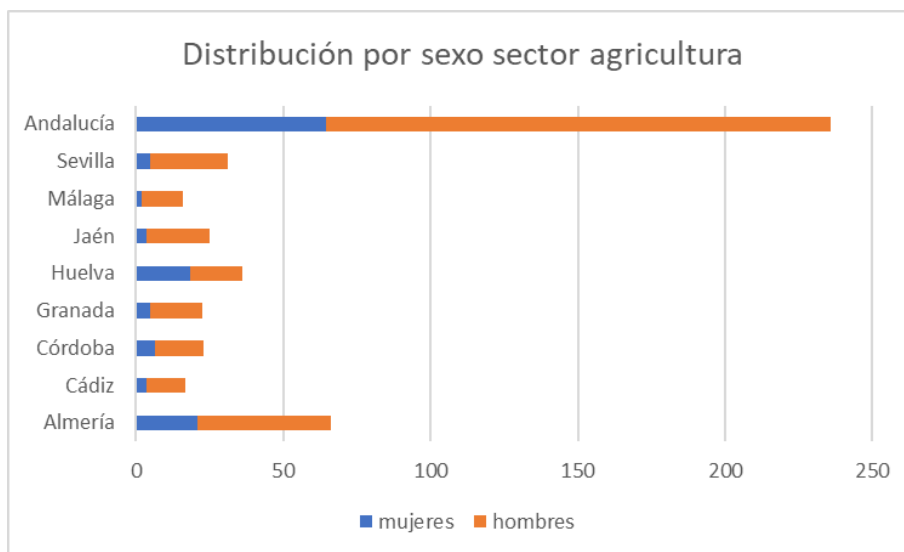


Gráfico 2. Distribución de la población activa por sexo en el sector de la agricultura. Segundo trimestre del 2023. Unidades en miles de personas. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, Encuesta de Población Activa del INE. Elaboración propia.

En cuanto al sexo de los trabajadores, en Andalucía hay mayor proporción de hombres trabajando en la agricultura, excepto en Huelva, que es superior la presencia de mujeres, sobre todo por la recolección de fresa y otros frutos rojos, por último, Málaga es la provincia con menos mujeres trabajando en el sector agrícola (INE, 2023).

## 5.2 Nivel de educación

En Andalucía el 3,1% de los activos en el sector de la Agricultura ha finalizado la educación secundaria superior (INE, 2022).

	De 16 a 24 años	De 25 a 34 años	De 35 a 44 años	De 45 a 54 años	55 y más años
<b>Agricultura, ganadería, pesca, silvicultura y veterinaria</b>					
<b>2022</b>	<b>2022</b>	<b>2022</b>	<b>2022</b>	<b>2022</b>	<b>2022</b>
<b>Ambos sexos</b>	2.6	7.7	2.8	1.5	1.5
<b>Hombres</b>	1.5	2.7	1.4	0.5	1.1
<b>Mujeres</b>	1.1	5.0	1.3	1.0	0.4

Tabla 1: Población de 16 y más años que cursa estudios reglados en el sector de la agricultura en Andalucía por sexo y grupo de edad. Fuente: INE. Unidades: miles de personas. Elaboración propia.

Además, actualmente en Andalucía, hay 16.1 mil personas formándose en agricultura, enmarcados principalmente en la franja de edad de 25-34 años, la mayoría de los cuáles son mujeres (8.8 mil).

Calatrava-Requena y Sayadi (2003), en su cuenta a 246 agricultores de la costa tropical, no encontraron ninguna relación entre el nivel de educación de los agricultores de frutas subtropicales y la adopción de técnicas medioambientalmente positivas.

## 5.3 Dimensión y número de parcelas

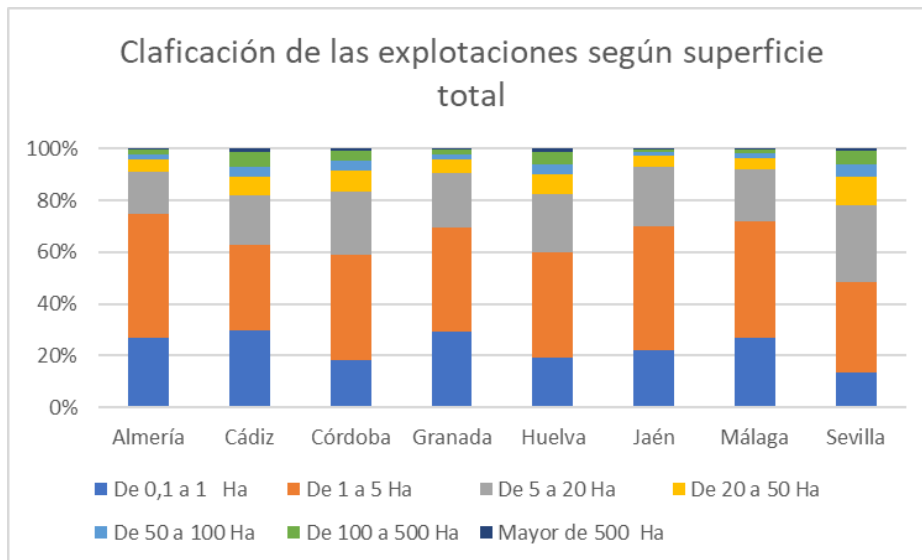


Gráfico 3. Clasificación de las explotaciones según superficie total. Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Censo 1999. Elaboración propia.

Según por encuestas realizadas por Calatrava-Requena y Sayadi (2002), la mayoría de las parcelas de frutas tropicales se sitúan entre un tamaño de >10 ha, también es notable una diferencia en las dimensiones entre las parcelas de Málaga y Granada, las de mayor tamaño se sitúan en Málaga (ver anexo 3). Se observa también una mayor concentración de la tierra en Málaga que en Granada, siendo los coeficientes de GINI (medida para analizar la distribución desigual) de 0,66 y 0,58, respectivamente. En Málaga, el número de explotaciones grandes es más importante que en Granada y prácticamente más de la mitad (63%) de la superficie muestreada se concentraba en ellas.

#### 5.4 Asociaciones agrícolas

Según estudios realizados por Calatrava-Requena y Sayadi (2002), el 46,6% de los agricultores de frutos subtropicales encuestados afirman ser miembros de cooperativas o asociaciones. Además, se detectó que el asociacionismo influye favorablemente en el carácter innovador del agricultor (Calatrava-Requena y Sayadi, 2003).

## 6. SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA



La sostenibilidad económica se refiere a la capacidad de mantener y mejorar la rentabilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo, sin agotar los recursos naturales ni comprometer la viabilidad económica de las generaciones futuras (Purvis et al., 2019). En el caso de los frutos subtropicales en Andalucía, la sostenibilidad económica implica adoptar prácticas agrícolas que maximicen la productividad y rentabilidad, al mismo tiempo que minimicen los impactos ambientales y sociales negativos.

### 6.1 PIB agrícola en Andalucía

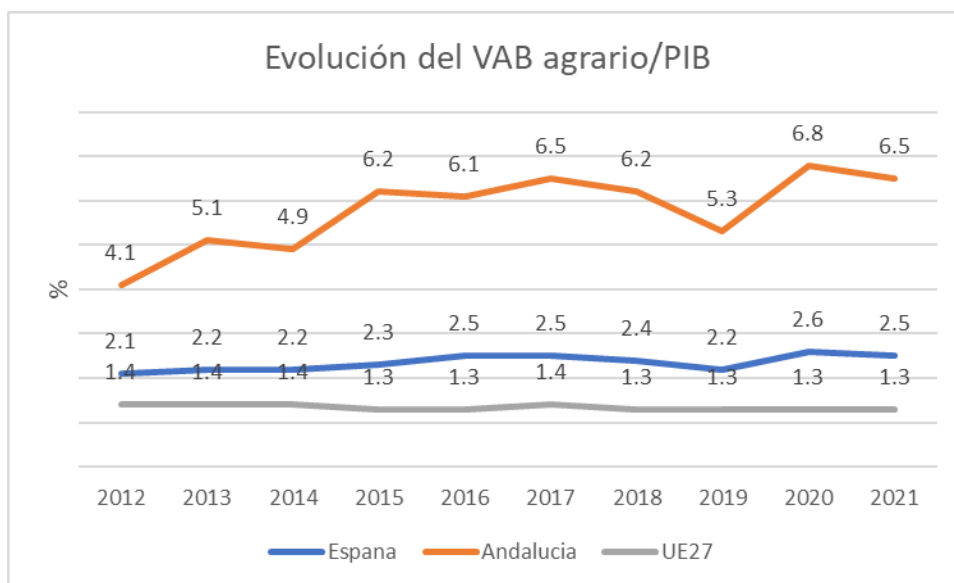


Gráfico 4: Evolución del PIB agrario. Elaboración propia.

El PIB agrícola en Andalucía superior al de España, y cuatro veces superior al de UE27, debido al carácter rural de esta comunidad.

### 6.2 Producción agrícola

El cultivo subtropical con mayor superficie en Andalucía es el Aguacate, con 13.661 Ha en 2021, seguido del mango y el chirimoyo (ver gráfico 5).

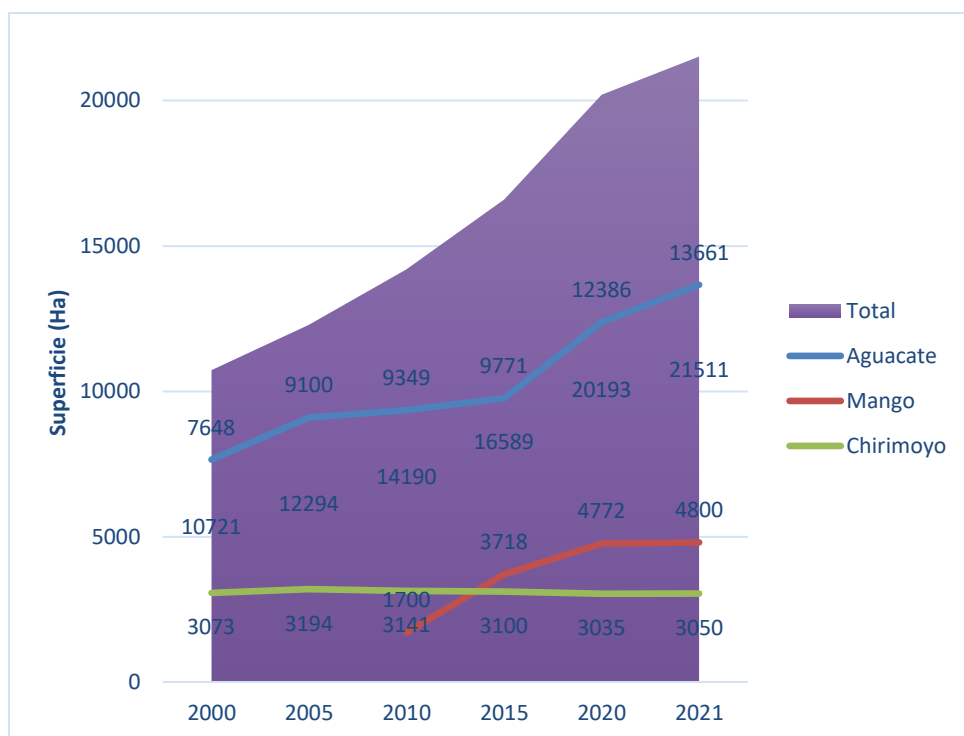


Gráfico 5. Evolución de la superficie (Ha) de los cultivos subtropicales en Andalucía. Fuente: CAPDER. Elaboración propia.

La producción ha aumentado considerablemente en las dos últimas décadas, especialmente en el caso del aguacate (ver tabla 2).

Producción (Toneladas)			
Año	Aguacate	Mango	Chirimoyo
<b>2021</b>	96.699	31.915	43.846
<b>2020</b>	81.087	28.276	44.212
<b>2015</b>	74.700	11.072	44.233
<b>2010</b>	69.532	18.700	49.684
<b>2005</b>	66.010	No data	22.234
<b>2000</b>	58.571	No data	31.089

Tabla 2. Evolución de la producción de frutas subtropicales en Andalucía. Elaboración propia. Fuente: Observatorio de precios y mercados, y anuario estadísticas. (2000-2020).

### 6.2.1 Distribución de cultivos por provincias.

Las hectáreas plantadas de aguacate y mango se encuentran principalmente en la provincia de Málaga, sin embargo, el chirimoyo se encuentra casi exclusivamente en la provincia de Granada (ver gráfico 6, gráfico 7, gráfico 8).

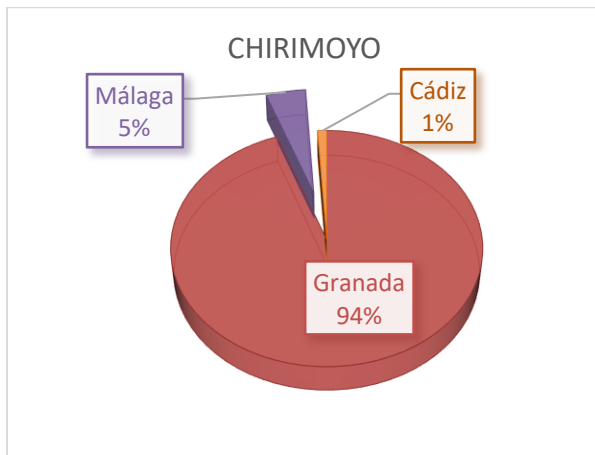


Gráfico 6: Superficie (% sobre el total) de chirimoyo por provincias. Elaboración propia. Fuente: Anuario de estadísticas agrarias y pesqueras, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible (2021).

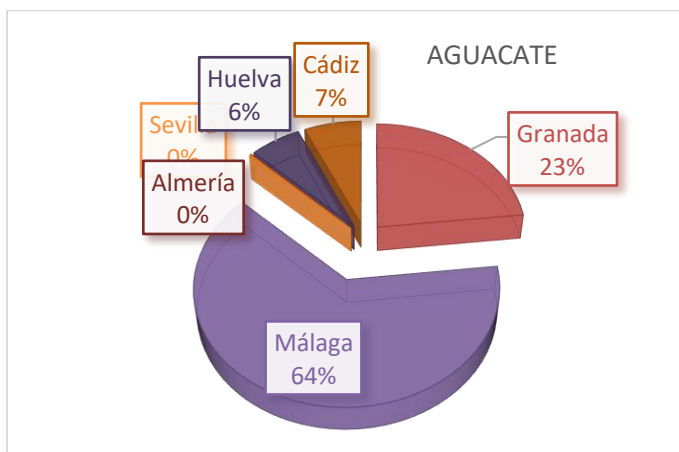


Gráfico 7: Superficie (% sobre el total) de aguacate por provincias. Elaboración propia. Fuente: Anuario de estadísticas agrarias y pesqueras, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible (2021).

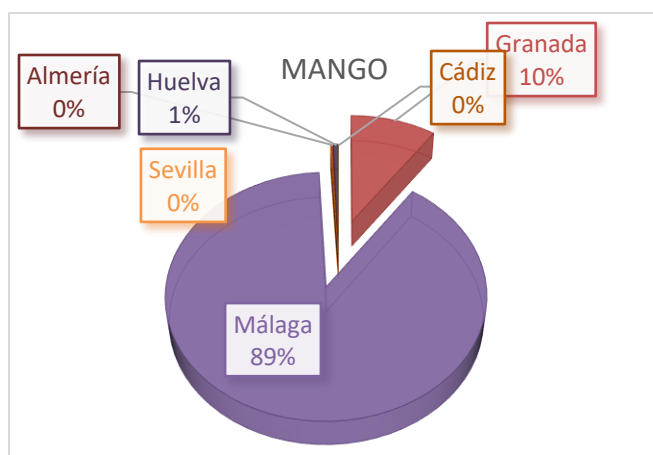


Gráfico 8: Superficie (% sobre el total) de mango por provincias. Elaboración propia. Fuente: Anuario de estadísticas agrarias y pesqueras, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible (2021).

#### 6.2.2. Estructura productiva

Prácticamente toda la superficie de cultivos subtropicales se encuentra bajo sistemas de irrigación (ver Tabla 3, 4, 5).

Superficie en plantación regular						
Año	Total (Ha)			% Has en Producción	En producción (Ha)	
	Secano	Regadío	Total		Secano	Regadío
<b>2020</b>	39	11.162	11.202	100	39	11.162
<b>2015</b>	14	9.757	9.771	94	7	9.131
<b>2010</b>	3	9.346	9.349	98	3	9.163
<b>2005</b>	0	9.100	9.100	94	0	8.564
<b>2000</b>	0	8.045	8.045	95	0	7.648

Tabla 3. Evolución de la estructura productiva del aguacate en Andalucía. Elaboración propia.

Fuente: Anuario de estadísticas agrarias y pesqueras.

<b>Superficie en plantación regular</b>						
	Total (Ha)				En producción (Ha)	
<b>Año</b>	Secano	Regadío	Total	% Ha en producción	Secano	Regadío
<b>2020</b>	0	4.749	4.749	89	0	4.250
<b>2015</b>	107	3.611	3.718	87	90	3.149
<b>2010-2000</b>	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos

Tabla 4. Evolución de la estructura productiva del mango en Andalucía. Elaboración propia.  
Fuente: Anuario de estadísticas agrarias y pesqueras.

<b>Superficie en plantación regular</b>						
	Total (Ha)				En producción (Ha)	
<b>Año</b>	Secano	Regadío	Total	%Ha en producción	Secano	Regadío
	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha
<b>2020</b>	0	3.032	3.032	99,90	0	3.029
<b>2015</b>	6	3.094	3.100	99,48	3	3.084
<b>2010</b>	0	3.141	3.141	99,49	0	3.125
<b>2005</b>	0	3.194	3.194	99,66	0	3.183
<b>2000</b>	0	3.073	3.073	99,74	0	3.065

Tabla 5. Evolución de la estructura productiva del Chirimoyo en Andalucía. Elaboración propia.  
Fuente: Anuario de estadísticas agrarias y pesqueras.

### 6.2.3 Situación respecto a la producción mundial.

Los principales países productores de aguacate en el mundo son México (8.104 mt), Colombia (877 mt), República Dominicana (676 mt) y Perú (660 mt). España se encuentra en el dieciseisavo lugar con (99 mt). Con respecto al mango, India (24678 mt), China (3969 mt),

Indonesia (3617 mt), son las primeras potencias de producción. En cuanto a la chirimoya, Perú, España y Chile, son los principales países que la producen.

<b>País</b>	<b>Producción (Millares de Toneladas)</b>	<b>Área cosechada (Ha)</b>
<b>Mundo</b>	8.104	805.741
<b>México</b>	2.394	224.422
<b>Colombia</b>	877	78.579
<b>Rep. Dominicana</b>	676	43.129
<b>Perú</b>	660	50.605
<b>Indonesia</b>	609	46.383
<b>Kenya</b>	323	24.447
<b>Brasil</b>	267	16.211
<b>Etiopía</b>	245	30.588
<b>Haití</b>	192	46.383
<b>EE.UU</b>	187	21.335
<b>Chile</b>	161	30.143
<b>Guatemala</b>	137	13.027
<b>Venezuela</b>	132	11.525
<b>China</b>	111	18.063
<b>España</b>	99	15.850
<b>Sudáfrica</b>	98	19.357

Tabla 6: Principales países productores de Aguacate. Fuente: FAOSTAT (2020).

<b>País</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Producción (Millares de T)</b>
<b>Mundo</b>	5.909.097	56.686

<b>India</b>	2.586.000	24.678
<b>China</b>	376.061	3.970
<b>China, mainland</b>	360.000	3.798
<b>Indonesia</b>	274.121	3.617
<b>México</b>	213.634	2.373
<b>Pakistán</b>	214.415	2.345
<b>Brasil</b>	93.714	2.135
<b>Malawi</b>	67.772	1.976
<b>Tailandia</b>	211.304	1.658
<b>Egipto</b>	145.630	1.544
<b>Bangladés</b>	122.498	1.448
<b>Vietnam</b>	108.633	1.256
<b>Nigeria</b>	159.232,44	925
<b>Kenya</b>	65.808	819
<b>Mali</b>	44.832	793
<b>Filipinas</b>	195.135	753
<b>Sudán</b>	32.000	670
<b>Colombia</b>	46.170	530

Tabla 7: Principales países productores de Mango. Fuente: FAOSTAT (2020).

### 6.3 Beneficios económicos

El aguacate y el mango son en mayor medida exportados a países de la Unión Europea. Mientras que la chirimoya se comercializa principalmente en el mercado nacional (80-90%), el resto es exportado a través de redes de mayorista en destino (ver tabla 8). El volumen comercializado de chirimoya a nivel nacional es en hogares sin niños, además el 60% de los

consumidores de chirimoya tienen más de 50 años, mientras que solo el 6% de los consumidores corresponde a población de menos de 35 años.

Producto	Mercado Nacional	Mercado de exportación
<b>Aguacate</b>	20-30%	80-70%
<b>Mango</b>	25-35%	65-75%
<b>Chirimoya</b>	80-90%	20-10%

Tabla 8. Consumo de las frutas tropicales andaluzas según mercados (2021). Elaboración propia. Fuente: Observatorio de Precios y Mercados.

### 6.3.1 Precios mayorista-destino

Precios mayorista-destino se refiere al precio al que se vende una cantidad de frutos subtropicales a comerciantes minoristas u otros compradores mayoristas, que luego los venden al consumidor final o a otros comerciantes.

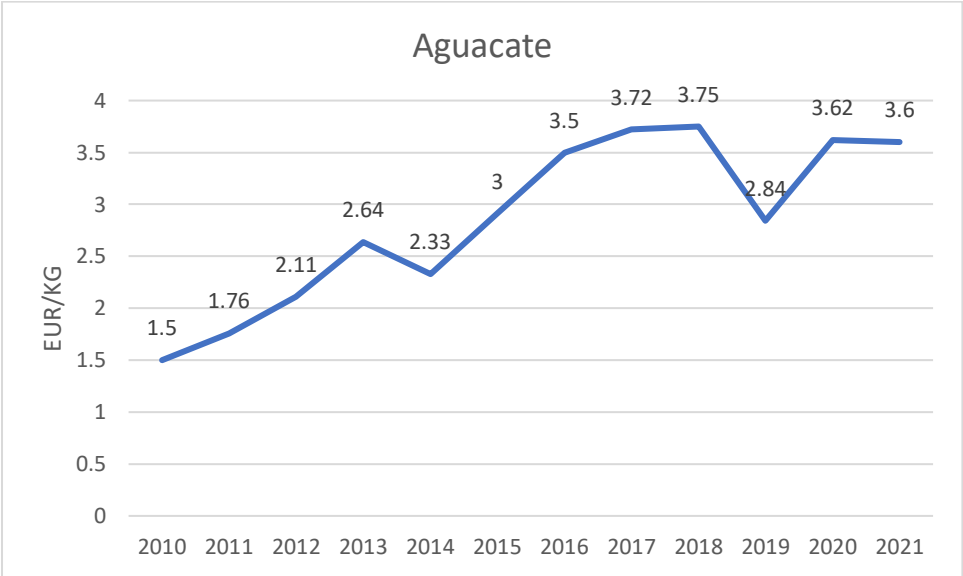


Gráfico 9. Precios mayorista-destino de la red de mercados. Elaboración propia. Fuente: Observatorio de precios y mercados.



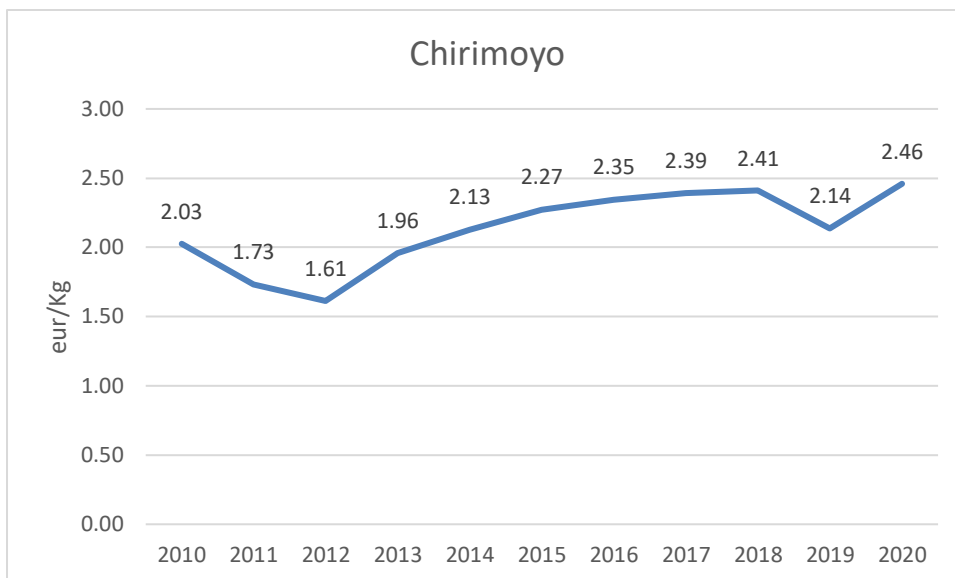


Gráfico 10. Precios mayorista-destino de la red de mercas. Elaboración propia. Fuente observatorio de precios y mercados.

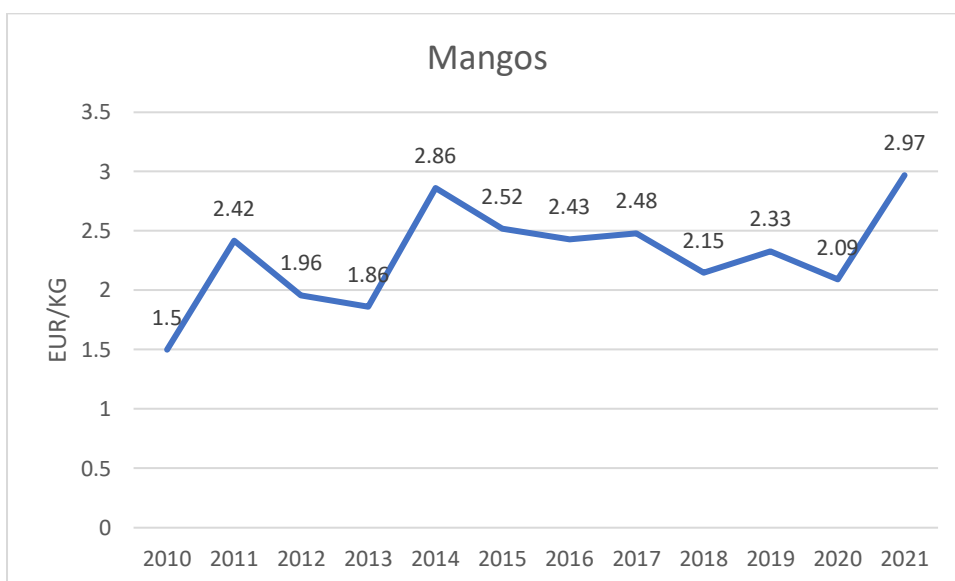


Gráfico 11. Precios mayorista-destino de la red de mercas. Elaboración propia. Fuente observatorio de precios y mercados.

### 6.3.2 Precios origen

Estos se refieren al refieren al precio que se paga al productor o agricultor en el lugar de producción, antes de que el producto pase por la cadena de distribución y comercialización.

El precio en origen, o lo que es lo mismo, el precio percibido por el agricultor es superior en el aguacate (1.89, en campaña 2022) con respecto al mango (1.09) y la chirimoya (0.97). Los frutos rojos suelen ser los productos con mayor precio en origen en Andalucía, sin embargo, en 2022 el precio del aguacate alcanzó al del fresón (ver gráfico 12,13,14, 15).

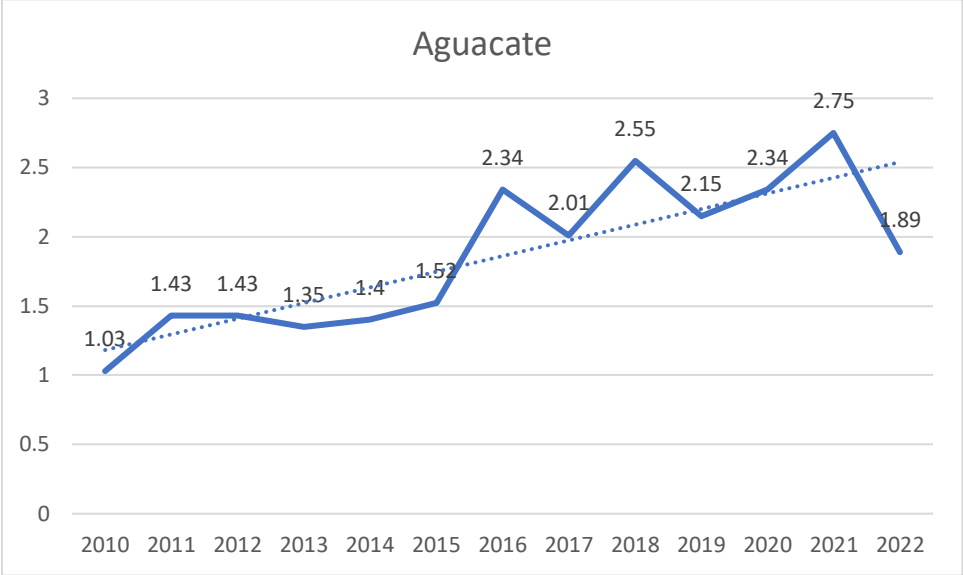


Gráfico 12. Precios de Aguacates percibidos por el agricultor en origen. Elaboración Propia. Fuente Observatorio de precios y mercados.

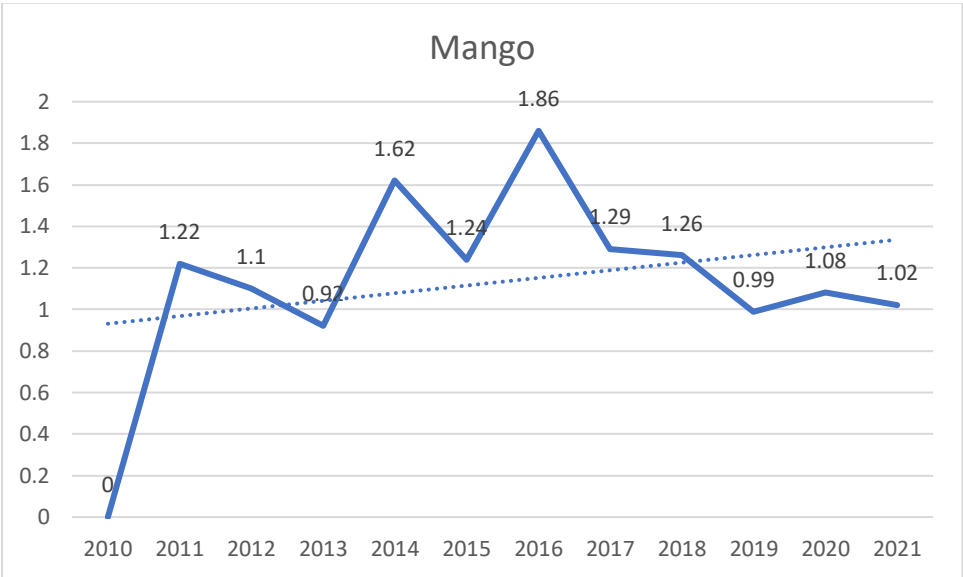


Gráfico 13. Precios de mango percibidos por el agricultor en origen. Elaboración Propia. Fuente Observatorio de precios y mercados.

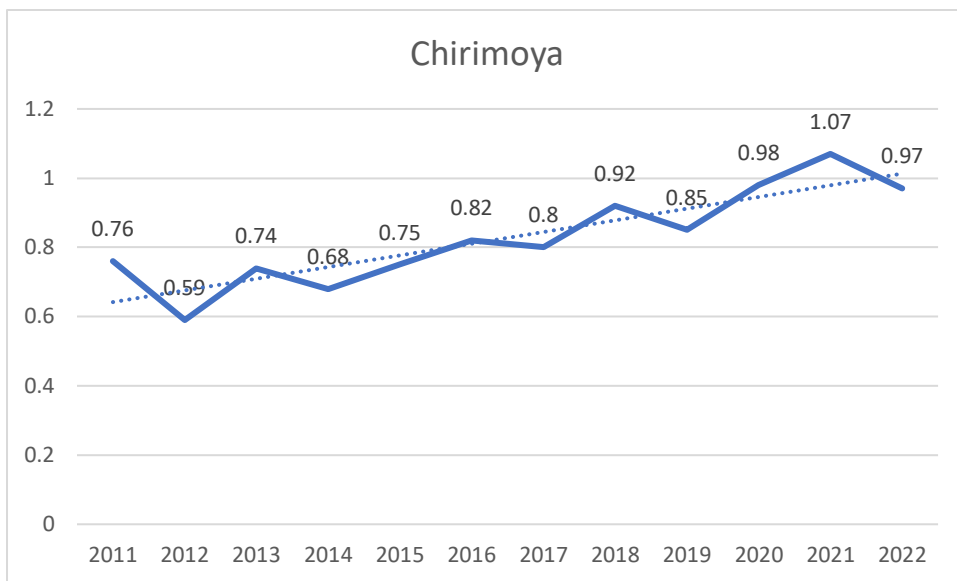


Gráfico 14. Precios de Chirimoya percibidos por el agricultor en origen. Elaboración Propia.  
Fuente Observatorio de precios y mercados

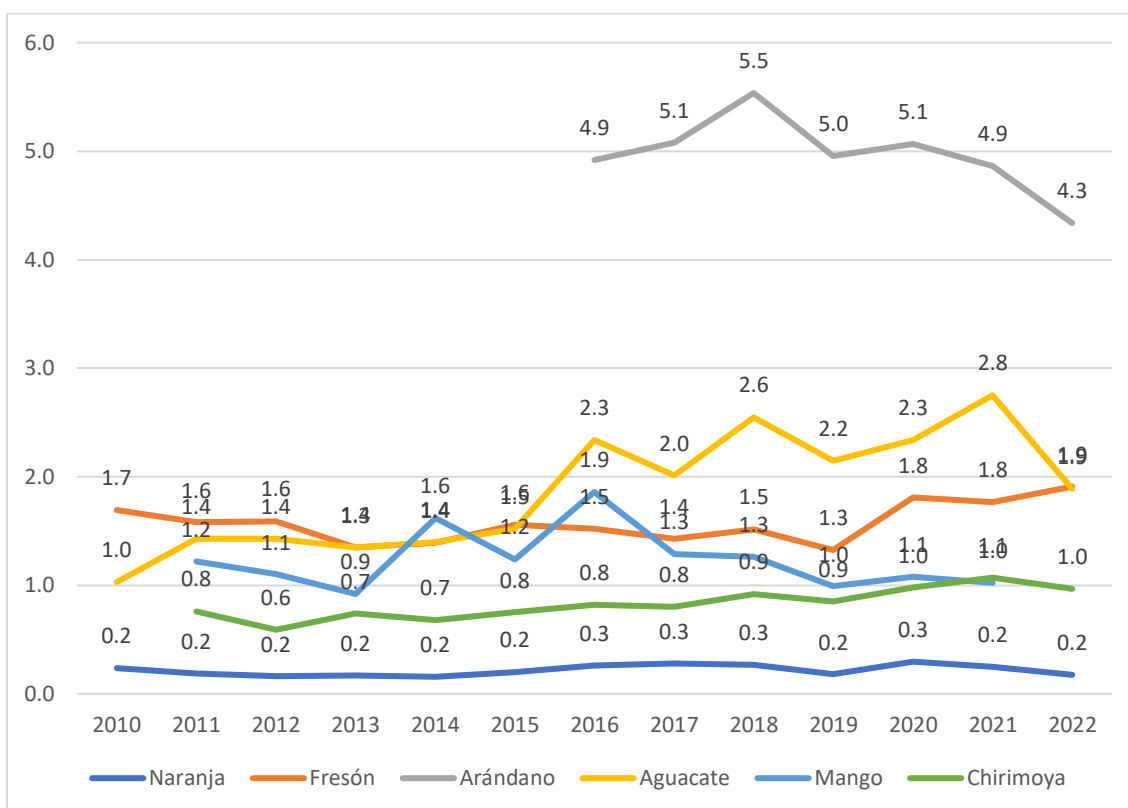


Gráfico 15. Comparativa precios en origen de distintos productos frutícolas en Andalucía. Fuente Observatorio de precios y mercados. Elaboración propia.

### 6.3.3 Valor de la producción

En el contexto de los frutos subtropicales se refiere al valor económico total que se genera a partir de la producción y venta de estos frutos. Este valor es importante en la economía agrícola y puede usarse para evaluar la rentabilidad.

	<b>Valor de la producción (mill €)</b>		
<b>Año</b>	Mango	Aguacate	Chirimoyo
<b>2010</b>	20.992,3	72.165,9	38.819,1
<b>2011</b>	-	101.204,5	41.530,2
<b>2012</b>	-	93.853,3	40.770,1
<b>2013</b>	-	77.222,2	35.939,8
<b>2014</b>	-	101.596,3	36.685,2
<b>2015</b>	20.228	133.040,1	42.107,7
<b>2016</b>	26.470	174.399,6	48.549,6
<b>2017</b>	26.419,7	182.406,1	47.858,4
<b>2018</b>	32.929,4	174.501,2	51.709,3
<b>2019</b>	32.488,2	169.579,2	44.067,7
<b>2020</b>	39.976,2	185.540,6	49.576
<b>2021</b>	32.665,6	221.686,4	53.526,5

Tabla 9. Valor de las producciones de cultivos subtropicales de Andalucía en las diferentes campañas. Elaboración propia. Fuente: Anuario de estadísticas agrarias y pesqueras de Andalucía.

### 6.3.4 Evolución de las exportaciones

Las exportaciones de frutas subtropicales han avanzado a buen ritmo en los últimos años. Sin embargo, las de mango decrecieron ligeramente después de la pandemia COVID 19 (ver tabla 10 y 11). No se han encontrado datos de comercio exterior para la Chirimoya.

<b>Año</b>	<b>2017/18</b>	<b>2018/19</b>	<b>2019/20</b>	<b>2020/21</b>
<b>Volumen exportado acumulado (t)</b>	74.887	82.245	86.805	90.760
<b>Valor exportado acumulado (mil €)</b>	241.963	224.403	278.690	297.820
<b>Valor Unitario de exportación</b>	2,8	3,25	3,39	2,89

Tabla 10. Evolución de las exportaciones andaluzas de aguacate. Elaboración propia. Fuente: Observatorio de precios y mercados

<b>Año</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
<b>Volumen exportado acumulado (t)</b>	33.823	39.892	46.401	45.471
<b>Valor exportado acumulado (mil €)</b>	85.523	102.182	106.857	110.360

Tabla 11. Evolución de las exportaciones andaluzas de mango. Elaboración propia. Fuente: Observatorio de precios y mercados

Los principales destinos de las exportaciones andaluzas de frutas subtropicales son: Francia, Alemania, Países bajos, Reino Unido, y en menor medida, Italia y Portugal (ver tabla 12).

<b>Aguacate</b>	<b>Mango</b>	<b>Chirimoya</b>
<b>Francia</b>	Francia	Alemania
<b>Países Bajos</b>	Portugal	Reino Unido
<b>Alemania</b>	Alemania	-
<b>Reino Unido</b>	Países Bajos	-
<b>Italia</b>	Reino Unido	-

Tabla 12. Principales destinos de las exportaciones andaluzas. Fuente Observatorio de precios y mercados (2020)

### 6.3.5 Costes

A continuación, se presenta un análisis de costes para el aguacate y el mango:

Partida	Insumos (€/ha)	Mano de obra (€/ha)
<b>Costes directos medios</b>		
Fertilización	556,3	480,7
Fitosanitarios	107,4	
Riego	-	
Suministros	563,1	-
Labores del suelo	-	173,8
Trasplante, reposición e injertado	56,0	185,8
Poda	-	575,3
Recolección	-	2.000,2
Gestión y organización de la explotación	-	365,4
Otros	-	79,5
<b>Total Costes Directos Medios</b>	<b>1282,8</b>	<b>3.860,8</b>
<b>Costes indirectos medios</b>		
Amortizaciones	Riego	102,3
	Plantación	414,6
	Maquinaria y aperos	180,6
	<b>Total</b>	<b>697,5</b>
Riego	Comunidad regantes, reparación y mantenimiento	307,9
Maquinaria	Reparación, mantenimiento y alquiler	70,4
Otros	Alquiler, análisis y asesoramiento	59,4

Total Costes Indirectos Medios	1.135,3
Total Costes Generales Medios	231,6
<b>Total Costes Medios de Producción (€/ha)</b>	<b>6.510,4</b>
Mano de Obra Total (jornales/ha)	65,7
Rendimiento medio (t/ha)	11,0

Tabla 13. Costes medios de producción de Mango campana 2012. Fuente: Observatorio de precios y mercados.

Partida	Insumos (€/ha)	Mano de obra (€/ha)
<b>Costes directos medios</b>		
Fertilización	531,1	369,3
Fitosanitarios	34,2	
Riego	-	
Suministros	696,5	-
Labores del suelo	-	104,2
Trasplante, reposición e injertado	90,7	294,6
Poda	-	636,6
Recolección	-	962,9
Gestión y organización de la explotación	-	382,6
Otros	-	54,3
<b>Total Costes Directos Medios</b>	<b>1.282,8</b>	<b>2.435,1</b>
<b>Costes indirectos medios</b>		
Amortizaciones	Riego	73,8
	Plantación	285,3

	Maquinaria y aperos	124,4
	<b>Total</b>	<b>483,5</b>
Riego	Comunidad regantes, reparación y mantenimiento	472,8
Maquinaria	Reparación, mantenimiento y alquiler	79,0
Otros	Alquiler, análisis y asesoramiento	127,6
Total Costes Indirectos Medios		1.162,8
Total Costes Generales Medios (asesoría, gastos financieros, impuestos, seguros y otros)		287,2
<b>Total Costes Medios de Producción (€/ha)</b>		<b>5.237,6</b>
Mano de Obra Total (jornales/ha)		45,4
Rendimiento medio (t/ha)		7,5

Tabla 14. Costes medios producción de Aguacate campaña 2012. Fuente: Observatorio de precios y mercados.

Los costes medios de producción del mango (6.510,4 €/Ha) son ligeramente superior a los del aguacate (5.237,6 €/Ha) debido, entre otros, por las diferencias entre los costes de recolección, que para el mango suele ser a mano. No se han encontrados estudios de costes de producción para el cultivo de la Chirimoya.

Además, en comparación con los costes medios de otros productos en la campaña 2020/21: naranja (7.991,5 €/Ha), fresa (46.739 €/Ha) y almendra (2.249 €/Ha); el aguacate y el mango se sitúan en la media. Cabe destacar que los únicos datos de costes disponibles para el mango y el aguacate corresponden a estudios realizados hace 11 años por el Observatorio de Precios y Mercados de Andalucía. Esta información podría haber cambiado en los últimos dos años, debido a una subida notable de los consumos intermedios del 28,2% en Andalucía, como consecuencia de la pandemia mundial COVID-19, y la guerra con Ucrania. Como resultado, los costes de producción han subido por el encarecimiento de productos como fertilizantes, energía, fitosanitarios etc. (ver anexo 4, Junta de Andalucía, 2022).

Existen diversas ayudas financiadas por la Unión Europea y el Gobierno de España, para apoyar a los agricultores en esta transición. Algunas de estas son las ayudas por afectados



de la guerra de Ucrania y ayudas para la modernización de los campos e incorporación de jóvenes agricultores (UPA, 2022). Además, la nueva PAC (2023-2027), ha introducido los ecoesquemas, o ecoesquemas, que son pagos directos y anuales que se hacen a los agricultores que acepten, de manera voluntaria, la puesta en marcha de prácticas medioambientales e innovadoras.

## **7. SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL**

Goodland R. definió en 1995 el propósito de la sostenibilidad ambiental como “La sostenibilidad ambiental busca proteger las fuentes de materias primas asegurando que no se excedan los sumideros de desechos humanos para evitar daños a la humanidad”. Autores como Hamrin (1983), defendieron el papel esencial del medioambiente y los recursos naturales en la economía,” constituyen el fundamento último sobre el que debe construirse toda actividad económica futura. De esto se deduce que el progreso económico futuro dependerá cada vez más de la integridad sostenida de la base ambiental y de recursos.”

### **7.1 Suelo**

En la región costera de Málaga, los suelos predominantes son regoloses, fluvisoles y tecnolosoles (ver anexo 5, Junta de Andalucía), los cuales se caracterizan por su escasa profundidad debido a la presencia de rocas calizas o pizarras (Comino et al., 2019). Las pendientes en esta zona varían entre un 16% y un 21%. Por otro lado, en la Costa Granadina, los suelos más comunes son cambisoles, regosoles éutricos, luvisoles crómicos y litosoles, los cuales suelen tener un carácter ácido (ver anexo 6, Junta de Andalucía).

Estas áreas costeras se destacan por poseer condiciones climáticas caracterizadas de altas temperaturas y escasa precipitación, a veces de forma torrencial. Estos factores, combinados con la presencia de pendientes, provocan una erosión significativa en estas zonas (Martinez-Valderrana, 2016).

Históricamente, los cultivos predominantes en estas áreas consistían en vides, olivos, cítricos y cereales. No obstante, en las últimas décadas ha ocurrido un cambio en el uso del suelo,

con la introducción de cultivos subtropicales e invernaderos. Los cambios en el uso del suelo sin una adecuada gestión o un estudio previo exhaustivo pueden causar la degradación del suelo, impactando negativamente en su fertilidad y productividad, y el aumento de la erosión (Durán Zuazo y Rodríguez, 2007).

A pesar de esta situación, existen escasos estudios que evalúen el impacto que el cambio hacia cultivos subtropicales puede tener en el suelo en la región de Andalucía. Estudios como el de Rodrigo-Comino et al. (2022), que examinó el cambio de cultivos tradicionales de caña de azúcar a subtropicales, demuestran que los horizontes superficiales del suelo disminuyeron en la calidad de sus propiedades principales, como materia orgánica, el pH y ciertos nutrientes, además de presentar compactación y reducir la capacidad de retención de agua.

La implementación de prácticas adecuadas de agricultura y manejo del suelo resulta fundamental para mantener la salud del medio ambiente y preservar las funciones del suelo. Algunas soluciones para combatir la degradación del suelo incluyen el uso de coberturas vegetales, la aplicación de restos de poda, la diversificación de cultivos, entre otros.

En particular, la descomposición de la hojarasca en cultivos subtropicales desempeña un papel crucial en la liberación de nutrientes disponibles para las plantas en el suelo. Este proceso ocurre de forma lenta, lo que minimiza las pérdidas en el ecosistema y contribuye a reducir la erosión y la escorrentía del suelo. Dado el tamaño considerable de los árboles subtropicales, la aportación de biomasa al suelo a través de restos de poda y hojarasca puede ser significativa (Rodríguez Pleguezuelo et al., 2011).

Estudios como los realizados por Rodríguez Pleguezuelo et al. (2018) indican que las hojas de chirimoyo pueden ser una fuente de incorporación a corto plazo de nitrógeno en el suelo, mientras que las hojas de mango y níspero están más relacionadas con liberaciones a largo plazo. Estos factores deben tenerse en cuenta al considerar alternativas más sostenibles en términos de fertilización, reduciendo la dependencia de fertilizantes inorgánicos.

## 7. 2 Gases de efecto invernadero

La agricultura es una actividad humana que contribuye a la producción de gases de efecto invernadero (GEI). Los gases de efecto invernadero tienen la propiedad de absorber la radiación infrarroja, provocando así al efecto del calentamiento global (EEA, 2022). Los principales GEI producidos por la agricultura son el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el metano (CH<sub>4</sub>). Como consecuencia, desde finales del siglo XIX, la temperatura de

la Tierra ha aumentado aproximadamente 1,5 grados centígrados, este hecho es alarmante y está teniendo consecuencias de alcance para los ecosistemas y la salud humana. Estas consecuencias incluyen sequías, incendios forestales, interrupción de la disponibilidad de agua, inundaciones, pérdida de biodiversidad y efectos perjudiciales en las actividades humanas y la salud pública (UN, 1998).

Las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la agricultura son: los residuos de estiércol, el uso de fertilizantes, quemas de rastrojos (Maqueda González et al., 2007).

Para evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a la producción de productos como el aguacate, chirimoya y mango, se recomienda realizar un estudio de huella de carbono utilizando el enfoque "de la cuna a la puerta" (*cradle to gate*). La huella de carbono de un producto representa la suma de las emisiones de GEI y las remociones de GEI en todo el ciclo de vida del producto, expresadas en equivalente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y basadas en una evaluación de ciclo de vida utilizando la categoría de impacto única de cambio climático (ISO 14067).

La información necesaria para calcular las emisiones se organiza en tres tipos de alcances: alcance 1 (emisiones directas), alcance 2 (emisiones indirectas de energía comprada), alcance 3 (emisiones indirectas relacionadas con los productos y servicios comprados, desplazamiento de empleados, eliminación de residuos, uso de productos, transporte por terceros *up y downstream*, activos arrendados y franquicias). En el sector de la agricultura normalmente se suelen omitir las emisiones del alcance 3 (Carbon trust, 2007).

Alcance 1: Abarba las emisiones Directas

- Emisiones de fertilizantes, enmiendas calizas, quema y aportes de residuos agrícolas
- Consumo de combustibles en instalaciones fijas
- Consumo de combustibles en vehículos de maquinaria
- Emisiones fugitivas (equipos de climatización y otras)
- Emisiones de proceso
- Información adicional (instalaciones propias de generación de energía renovable)

Alcance 2: Engloba Emisiones Indirectas

- Emisiones indirectas por energía comprada: electricidad y otros

Es importante destacar que la agricultura no solo es responsable de las emisiones de GEI, sino que también actúa como un sumidero de carbono. A través del proceso de fotosíntesis,

las plantas retiran carbono de la atmósfera. El secuestro de carbono por parte de la agricultura puede depender de diversas actividades, como la forestación y reforestación, la gestión de tierras agrícolas, la gestión de pastizales y la gestión de bosques (Maqueda González et al., 2007).

Para cuantificar de manera precisa el carbono secuestrado por los árboles, se emplean dos modelos comunes: el modelo de crecimiento y poda de árboles (De Rosa et al., 2017) y el modelo de volumen de insumos orgánicos de carbono en huertos (Jenkinson et al., 1990).

El primer modelo se enfoca en las dinámicas de captura de carbono en la biomasa tanto por encima como por debajo del suelo de los árboles. Además, considera las remociones de materia orgánica a través de la poda y otros desechos de madera. Por otro lado, el segundo modelo utiliza los datos de insumos generados por el primer modelo y los aplica a los residuos de madera que retornan a los huertos. Este modelo describe cómo se descompone parte de la biomasa y cómo otra parte se almacena como carbono en el suelo.

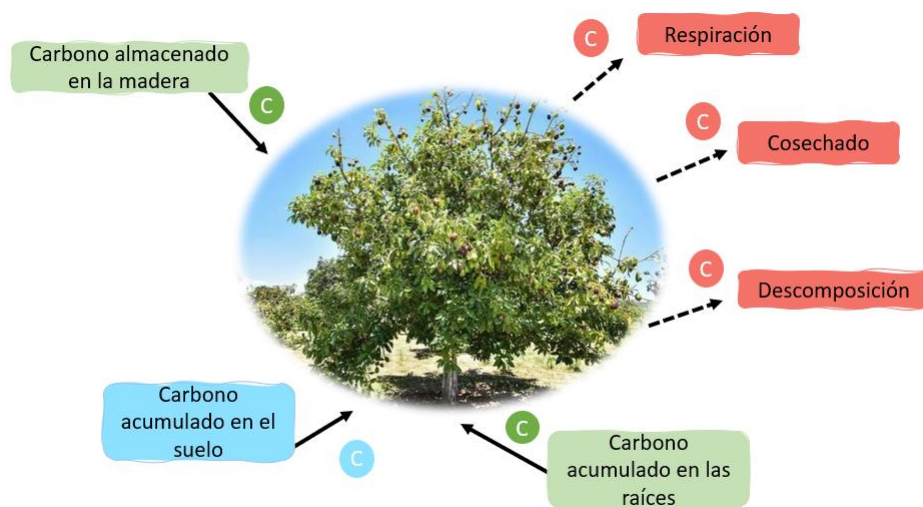


Imagen 3. Modelo del flujo de Carbono en aguacate. Rosa et al. (2017). Elaboración propia.

A través de los modelos mencionados anteriormente, se puede calcular el carbono secuestrado por parte de los árboles utilizando la siguiente ecuación:

Average carbon stock (toneladas C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) = existencias de carbono en la biomasa (por encima y por debajo del suelo) por año + carbono almacenado en el suelo - pérdida de carbono debido a residuos, poda y otros factores durante el período de rotación.

Los cambios en el uso del suelo (Land Use Change) pueden ser definidos como: cambios en el tiempo en una serie de actividades realizadas para producir uno o más bienes o servicios.

Estos cambios se miden comparando las existencias de carbono de las plantaciones antiguas (mirando retrospectivamente 20 años) con las de las nuevas (Vicente-Vicente et al., 2016).

En la Costa de Granada y la Axarquía, normalmente las plantaciones solían ser de caña de azúcar, cereales o vides (Justicia Segovia, 1986; Pretel et al., 2010). Dado que la mayoría de estos cultivos son anuales, tienen una capacidad de secuestro de carbono inferior en comparación con árboles perennes de mayor tamaño, como los árboles subtropicales (Granata et al., 2020; Pacchiarelli et al., 2022), por lo tanto, estos podrían ofrecer servicios como sumideros de carbono (Galán-Martín et al., 2022). Sin embargo, no se han encontrado estudios específicos sobre la huella de carbono de estos cultivos.

### 7. 3 Biodiversidad y Paisaje

Las zonas del litoral Andaluz tienen una diversidad animal y vegetal alta, como resultado de la interacción de factores ambientales, geomorfológicos, la historia evolutiva con el continente Africano etc.

En cuanto a la diversidad vegetal, podemos encontrar ciertos endemismos vegetales en peligro de extinción, como la siempreviva malagueña (*Cimonium malacitanum*), el romero blanco (*Rosmarinus tomentosus*) y el boj (*Buxus balearica*) (Myers et al. 2000).

Frente al avance del turismo y la extensión agrícola, las provincias han desarrollado un programa de protección a nueve vegas agrícolas protegidas como "Paisajes agrícolas singulares" por el plan especial del medio Físico de Málaga (1988) y el de Granada (1988). Estas discurren desde el rincón de Vitoria, el comienzo de la Axarquía de Málaga, hasta Motril, la costa tropical de Granada. (Rosa Jiménez, C. 2012).

La biodiversidad en los campos de frutos subtropicales es clave para mantener la resiliencia de los cultivos y los ecosistemas, además los proporciona una serie de servicios ecosistémicos cruciales para la producción agrícola. Por ejemplo, la presencia de polinizadores como abejas y mariposas favorece la polinización de las flores, lo que resulta en una mayor producción de frutos y una mejor calidad de los mismos. Asimismo, la diversidad de insectos beneficiosos, como los depredadores naturales de plagas, contribuye al control biológico y reduce la necesidad de utilizar productos químicos (Vela et al., 2011).

Hay varios factores que influyen en la biodiversidad presente en los campos de frutos subtropicales en Andalucía. Uno de ellos es la estructura del paisaje circundante, incluyendo la presencia de áreas naturales como bosques, ríos o setos, que actúan como refugios y corredores para

la fauna. Además, la gestión agrícola desempeña un papel fundamental, ya que prácticas como la diversificación de cultivos, el uso de cubiertas vegetales o la reducción de pesticidas pueden promover la biodiversidad.

Los únicos estudios sobre biodiversidad realizados en cultivos subtropicales son los realizados por Vela et al. (2011), donde se identificaron 23 especies de dípteros en huertos de chirimoya y aguacate, aunque ninguna de ellas está relacionada directamente con el cultivo de dichos árboles.



Imagen 4. Tres líneas de vegetación: bananos, aguacates y matorral de litoral mediterráneo. Fotografía propia.

En cuanto al paisaje, Sayadi et al. (2013) realizaron encuestas a un total de 220 personas, pertenecientes a las provincias de Granada y Málaga, que eran visitantes potenciales de la costa tropical Andaluza. En esta encuesta se les pedía sus preferencias personales, mediante la valoración de una serie de fotografías de los tipos de paisaje de la costa Andaluza. En general, los encuestados mostraban una valoración muy positiva hacia el paisaje de los cultivos subtropicales, por encima de la valoración hacia antiguos cultivos, terrenos abandonados, invernaderos y hoteles. Los encuestados también transmitieron la importancia de conservar edificaciones rurales históricas o de que los huertos tropicales se encuentren cerca de los núcleos urbanos.



Imagen 5. Edificio histórico, fábrica de papel, junto a cultivos subtropicales. Paraje natural acantilados de Maro-Cerro Gordo. Fotografía propia.

#### 7. 4 Agua

El consumo de agua por parte de los árboles frutales subtropicales, como el aguacate, mango y chirimoya, puede variar según diversos factores, incluyendo la especie del árbol, su edad, las condiciones climáticas y la disponibilidad de agua en el suelo. En general, estos árboles frutales requieren mucha agua para crecer y producir frutas de calidad, por lo que desarrollan sistemas de raíces extensas y profundas que les permiten extraer agua de las capas más profundas del suelo (Hermoso et al., 2015).

En el caso del aguacate, se requiere un rango de precipitación entre 1000-1300 mm de lluvia anuales. Un árbol de aguacate puede consumir entre 45-100 litros de agua al día, dependiendo de las condiciones climáticas (Climent, 2020). En el caso del mango, los requerimientos hídricos oscilan entre 700-1.500 mm de agua anuales, distribuidos de manera regular a lo largo del año. Un árbol de mango de más de 5 años puede necesitar entre 40-50 litros de agua al día (Huete, 2007). Por último, el árbol de chirimoya necesita entre 675-1.000 mm de agua anuales (Flores, 2013).

Sin embargo, la producción de frutas tropicales se concentra en áreas de Andalucía, como la comarca de Axarquía y la Costa Tropical Granadina, que tienen recursos hídricos limitados. Estas zonas experimentan precipitaciones escasas e irregulares (ver anexo 7,8 y 9), lo que resulta insuficiente para satisfacer las necesidades de agua de estos árboles. Estas áreas están reguladas de acuerdo con el Plan Hidrológico de la demarcación hidrográfica de las



Cuencas Mediterráneas Andaluzas 2022-2027, establecido por la Ley 9/2010, de 30 de julio. La comarca de la Axarquía se engloba en el subsistema II (1), (ver anexo 10), donde confluyen los ríos Guaro, río de la Cueva y río Vélez, mientras que la costa granadina pertenece al subsistema III (1,2,3).

Históricamente, la región solo cultivaba cultivos de secano hasta la implementación del Plan Guaro en 1989, mediante el Real Decreto 594/1989, por el que se aprueba el Plan General de Transformación de la zona regable del Guaro (Málaga). Este plan buscaba ampliar la superficie de regadío en 4.032 Ha a través de la construcción del Embalse de la Viñuela. Sin embargo, carecía de una base sólida de investigación y no consideraba las repercusiones a largo plazo.

Para 2027, se ha asignado un volumen de agua de 79,20 hm<sup>3</sup> para el sistema II (1), pero expertos indican que el consumo real es mucho mayor debido a los pozos ilegales, lo que resulta en un déficit hídrico (Plan Hidrológico de la demarcación hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, 2022).

Además, los estudios realizados por la Junta de Andalucía sobre la evolución de las principales variables climáticas, indican que las precipitaciones en la región serán cada vez más escasas a largo plazo, incluso utilizando modelos climáticos globales, como el CGCM3, que presentan los resultados más optimistas (ver Anexo 11).

Ante la escasez de agua, los agricultores tomaron soluciones como la explotación de acuíferos, que se han agotado y tienen baja calidad del agua, y la construcción de embalses en los principales ríos, como Gualhorce, Guadateba y Río Verde (Cabezudo Artero et al., 2002). A pesar de ello, el cambio de cultivos tradicionales a cultivos subtropicales ha reducido significativamente la recarga del acuífero de Motril-Salobreña en la costa tropical de Granada, con una disminución del 74.82% en los últimos 52 años (Pretel et al., 2010).

Por esta razón, el diseño e instalación de sistemas de riego adecuados son fundamentales para mantener la sostenibilidad ambiental. Es importante destacar que, para lograr un máximo rendimiento socioeconómico de los cultivos de estos árboles frutales, las necesidades hídricas alcanzan los 7500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, lo que puede representar hasta el 30% del agua disponible en la zona. Por lo tanto, la sostenibilidad ambiental de estos cultivos en esta región depende mucho de la mejora de la eficiencia en el uso del agua (Moreno-Ortega et al., 2019).

Después de treinta años, agricultores y grupos ecologistas de la zona advierten sobre el excesivo consumo de agua en la producción y la creación de una burbuja en los cultivos subtropicales, lo que podría conducir a un colapso hídrico inminente y el avance de la desertificación. El plan hidrológico de la Junta de Andalucía establece una cantidad de agua



disponible para riego en la zona de 86.15 hectómetros cúbicos, sin embargo, en años como 2016, el consumo alcanzó los 100.58 hectómetros cúbicos, lo que genera un déficit hídrico. El embalse de La Viñuela, construido durante el plan Guaro y que abastece a los cultivos tropicales de la comarca de Axarquía, ha experimentado un descenso de su volumen de agua embalsada drástico durante los años 2013 a 2021, registrando su nivel mínimo el 2021 llegando al 18% de su capacidad, según datos de Rediam (Yus Ramos, 2020).

La consejera de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, Carmen Crespo, ha resaltado que las medidas adoptadas en el decreto de sequía de la Junta de Andalucía aprobado en 2021 permitirán generar anualmente 19 hectómetros cúbicos de aguas regeneradas para los agricultores de la comarca de la Axarquía en Málaga.

En detalle, esta ampliación normativa contempla una inversión adicional de 26 millones de euros en acciones destinadas a fomentar el tratamiento terciario de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de Peñón del Cuervo, su conexión con la depuradora de Rincón de la Victoria (Málaga) y las conducciones necesarias para integrar estas aguas regeneradas en las infraestructuras de riego.

Por último, se está considerando otra propuesta por parte de las instituciones locales de la Axarquía, que consiste en la construcción de una planta desalinizadora para abastecer de agua de riego a los cultivos de la zona. Sin embargo, la resolución de esta propuesta no se espera hasta finales de año, y en caso de obtener una respuesta favorable, el proyecto no se iniciaría hasta 2026. Otra opción sería considerar la desalinizadora de la Costa del Sol oriental. Se estima que el coste del metro cubico de esta agua sería de 0.30-0.63 euros, el cual es demasiado elevado para los agricultores (Yus Ramos, 2022).

## **8. SOLUCIONES PROPUESTAS**

### **8.1 Agricultura regenerativa**

Según define instituto Rodale, pionero en la agricultura regenerativa, la agricultura regenerativa es un sistema de principios y prácticas agrícolas que busca rehabilitar y mejorar todo el ecosistema de la granja al poner un gran énfasis en la salud del suelo, prestando atención también a la gestión del agua, el uso de fertilizantes y más. Es un método de agricultura que "mejora los recursos que utiliza, en lugar de destruirlos o agotarlos".

Esta forma de agricultura adopta un enfoque integral, utilizando la salud del suelo como punto de partida para regenerar y contribuir a múltiples servicios ecosistémicos, con la aspiración de mejorar no solo el aspecto ambiental, sino también las dimensiones sociales y económicas de la producción alimentaria sostenible (Schreefel et al., 2020).

La agricultura regenerativa se define ampliamente para incluir tanto técnicas de agricultura de conservación como agroforestería. También definida como una agricultura de conservación que engloba prácticas de manejo del suelo como la reducción del laboreo, el acolchado y el abonado, así como prácticas de manejo de cultivos como el cultivo de cobertura, la mejora del barbecho, la rotación de cultivos y la diversificación (Gracia et al., 2021). Las técnicas de agroforestería se centran en los árboles, pero pueden estar basadas en cultivos, como el cultivo en callejones, basadas en la ganadería, como la rotación y la integración del pastoreo, o también pueden incluir la regeneración natural gestionada por los agricultores (Elevitch et al., 2018).

La agricultura regenerativa ofrece varias ventajas para los pequeños agricultores, especialmente en un contexto donde no está regulada de manera estricta. Aquí hay algunas ventajas clave: reducción de costos (esto depende mucho del tipo de cultivo), pero a largo plazo se reducirán los costes de insumos; mejora de la fertilidad del suelo; mayor resiliencia ante el cambio climático, conservación de recursos naturales, acceso a mercados y certificaciones (Elevitch et al., 2018; Dougherty, 2019).

Aunque la falta de regulación estricta puede plantear desafíos en términos de estandarización y garantía de calidad, las ventajas mencionadas pueden brindar oportunidades y beneficios significativos para los pequeños agricultores que eligen adoptar la agricultura regenerativa. Conforme esta forma de agricultura gana reconocimiento, es probable que surjan regulaciones y estándares para respaldar su implementación adecuada y garantizar su autenticidad y credibilidad en el mercado. De hecho, ya hay identidades como, IUCN, OP2B, GFM, o SAI que han definido estrategias para medir el desempeño de las acciones de agricultura regenerativa.

## 8.2 Nuevas tecnologías

Las nuevas tecnologías, como las plantas depuradoras y desalinizadoras, ofrecen soluciones efectivas para abordar los problemas ecológicos que enfrentan los cultivos subtropicales en Andalucía.

Plantas depuradoras: Las plantas depuradoras son instalaciones diseñadas para tratar y purificar aguas residuales y vertidos industriales. Estas plantas utilizan procesos físicos, químicos y biológicos para eliminar los contaminantes presentes en el agua, como sólidos suspendidos, nutrientes, compuestos orgánicos y microorganismos patógenos. En el contexto de los cultivos subtropicales, el agua depurada podría utilizarse en el riego de los subtropicales (Palacios Lara, 2021).

Desalinizadoras: La desalinización es un proceso mediante el cual se elimina la sal y otras impurezas del agua de mar o salobre para convertirla en agua potable o apta para riego. Las desalinizadoras utilizan tecnologías como la ósmosis inversa, la destilación y la electrodiálisis para desalinizar el agua. En el caso de los cultivos subtropicales en Andalucía, donde a menudo escasea el agua dulce, las desalinizadoras pueden ser una solución para obtener agua de riego adecuada. Al reducir la dependencia de los recursos hídricos convencionales, como los ríos y los acuíferos, se minimiza el impacto ambiental y se asegura un suministro constante de agua para los cultivos (Tocados et al., 2023)

La implementación de estas tecnologías no solo ayuda a abordar los problemas ecológicos asociados con los cultivos subtropicales en Andalucía, sino que también tiene otros beneficios, como la reducción del consumo de agua dulce, la prevención de la contaminación del suelo y los recursos hídricos, y la promoción de la sostenibilidad agrícola. Sin embargo, es importante considerar factores como el costo económico y energético de estas tecnologías, así como su integración adecuada en los sistemas agrícolas existentes, para garantizar su viabilidad a largo plazo (Yus Ramos, 2022).

También hay que considerar otras limitaciones o desventajas asociadas con las nuevas tecnologías, como el impacto ambiental y la deposición de subproductos, como la salmuera o lodos. Por ejemplo, la descarga de salmuera resultante de la desalinización puede tener efectos adversos en el medio ambiente marino si no se maneja adecuadamente. Además, la construcción de estas instalaciones puede implicar la alteración del paisaje y la utilización de recursos naturales (Yus Ramos et al., 2009).

### 8.3 Políticas más estrictas

Para evitar el colapso hídrico y un uso correcto de los recursos hídricos, es esencial implementar políticas de aguas más estrictas que:

-Controlen las extracciones de agua: El aumento del cultivo de frutos subtropicales como aguacates y mangos ha llevado a una mayor demanda de agua en la región. La extracción excesiva de agua subterránea y la expansión del regadío están agotando los recursos hídricos, lo que se traduce en una sobreexplotación que puede llevar al colapso hídrico. Limitar la extracción de agua subterránea y promover un uso más eficiente del agua en la agricultura es especialmente importante.

-Fomentan la agricultura sostenible y de precisión: Promover prácticas agrícolas que utilicen el agua de manera eficiente y minimicen el impacto ambiental.

-Planificación territorial integrada: El crecimiento insostenible de la demanda agraria de agua está relacionado con la falta de control y planificación territorial. La desconexión entre la gestión del agua y la ordenación urbanística y territorial ha aumentado la vulnerabilidad frente a inundaciones y ha contribuido al sellado e impermeabilización del suelo, lo que agrava los problemas hídricos y de inundaciones.

-Educación y sensibilización: Promover la conciencia pública sobre la importancia de conservar el agua y adoptar prácticas sostenibles.

-Adaptación al cambio climático: A pesar de los impactos evidentes del cambio climático en la reducción de las aportaciones naturales de agua debido a las reducidas precipitaciones, las políticas actuales no han incorporado adecuadamente estos cambios en la planificación y gestión de los recursos hídricos. Esto crea un desafío adicional en la sostenibilidad hídrica a largo plazo (Yus et al, 2009).

## 9. CONCLUSIONES

Las conclusiones de este Trabajo de Fin de Máster (TFM) sobre el *Análisis de la Sostenibilidad del Sector de las Frutas Tropicales en Andalucía: Un estudio exploratorio*, pueden resumirse de la siguiente manera:

1. **Demanda en aumento y sus desafíos:** La creciente demanda de frutos tropicales en la última década se debe a su popularidad entre los consumidores, impulsada por sus propiedades nutricionales y su uso en la cocina moderna. Además, estos cultivos son económicamente ventajosos, ya que tienen precios de origen superiores a la mayoría de los cultivos. Pero este aumento de la demanda plantea un desafío importante en cuanto a

sostenibilidad por el significativo consumo de agua y otras externalidades negativas como la pérdida de biodiversidad y cambios en el uso del suelo.

2. **Importancia de la sostenibilidad ambiental:** La sostenibilidad ambiental del sector de los frutos tropicales en Andalucía es crucial para proteger y conservar el medio ambiente local y adaptarse al cambio climático. Es necesario promover prácticas agrícolas sostenibles que minimicen el impacto ambiental, conserven la biodiversidad y adopten estrategias de adaptación al cambio climático. Estas medidas no solo preservarán el medio ambiente, sino que también fortalecerán la competitividad del sector y mejorarán las condiciones de vida de los agricultores y trabajadores. Debido al significativo consumo de agua por parte de dichas especies y el consecuente colapso hídrico de las zonas de cultivo, es crucial la adopción de tecnologías como depuradoras y desalinizadoras para el uso eficiente de los recursos hídricos, reduciendo la dependencia de fuentes naturales limitadas y protegiendo los ecosistemas acuáticos.
3. **Potenciales ramas de investigación:** Existe una notable falta de información y estudios relacionados con la sostenibilidad ambiental de los cultivos subtropicales en Andalucía, en particular en lo que respecta al secuestro de carbono y su impacto en la biodiversidad. La investigación en este ámbito podría proporcionar datos únicos y valiosos para la comunidad científica y agrícola. En cuanto a la sostenibilidad social, se carece de datos específicos o datos actualizados para el sector de los cultivos subtropicales en Andalucía. Se recomienda llevar a cabo encuestas a los agricultores en las provincias involucradas para obtener información de calidad y actualizada sobre este tema.

En resumen, la sostenibilidad del sector de los frutos subtropicales en Andalucía es esencial desde el punto de vista ambiental, económico y social, y se requieren medidas específicas para abordar los desafíos relacionados con el agua y el cambio climático, así como una mayor investigación y datos actualizados en aspectos sociales y ambientales.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Baíza Avelar, V. H. (2003): *Guía técnica del cultivo del aguacate*.

Barbier, E. (1987): *The concept of sustainable economic development*.

Barrientos-Priego, A.; López-López, L. (2002): *Historia y genética del aguacate*.

Cabezudo Artero, B.; Blanco Sepúlveda, R.; Pérez Latorre, A (2002): *Plan de actuaciones estratégicas para la provincia de Málaga: biodiversidad y recursos naturales*.

Calatrava-Requena, J. y Sayadi, S. (2002): *Las empresas productoras de aguacate en el litoral mediterráneo español: factores que determinan su productividad*.

Calatrava-Requena, J. y Sayadi, S. (2003): *Las empresas productoras de aguacate en el litoral mediterráneo español: factores que determinan su productividad*.

Carbon Trust (2007): *Carbon Footprint Measurement Methodology*.

Cebrino Casquero, F.; Delgado Reina, C., Morilla García, F. , Muñoz López, J. A.; Díaz Montañez, M. R; Román Jobacho, M. L.; Cardoso García, A. Pérez Guirado, J. A. (2023): *El Sector Agrario en Andalucía 2021*.

Climent, J. (2020): *Cultivo del Aguacate, Generalitat Valenciana*.

De Rosa, M.; Schmidt, J.; Brandão, M. (2017): *A flexible parametric model for a balanced account of forest carbon fluxes in LCA*.

Dougherty, B. (2019): *Regenerative Agriculture: The Path to Healing Agroecosystems and Feeding the World in the 21st Century*.

Durán Zuazo, V. H. y Rodríguez, C. (2007): *Soil erosion and runoff prevention by plant covers: A review*.

Elevitch, C. R.; Niki Mazaroli, N.; Ragone, D. (2018): *Agroforestry Standards for Regenerative Agriculture*.

European Environmental Agency (2022): *Greenhouse gas emissions from agriculture in Europe*.

Flores Flores, D. (2013): *Cultivo de chirimoyo. Manual práctico para productores*.

Galán-Martín, A.; Contreras, M.; Romero, I.; Ruiz, E.; Bueno-Rodríguez, S.; Eliche-Quesada, D.; Castro-Galiano, E. (2022): *The potential role of olive groves to deliver carbon dioxide removal in a carbon-neutral Europe: Opportunities and challenges.*

García, J.D. (2003): *El aguacate ecológico. aspectos técnicos, sociales y medio ambientales de su cultivo en Andalucía*

Goodland, R.(1995): *The concept of environmental sustainability.*

Gracia, M.; Broncano, M. J.. Retana, J. (2021): *Manual for the design and implementation of a regenerative agri-food model: the Polyfarming system.*

Granata, M. U.; Bracco, F; Catoni, R. (2022): *Carbon dioxide sequestration capability of hazelnut orchards: daily and seasonal trends.*

Grober, U. (2007): *A Conceptual History of “Sustainable Development”*

Guirado Sánchez, E.; González Fernández, J. J.; Hermoso González J. M.; Hormaza Urroz, J. I. (2012): *Perspectiva histórica y futuro del cultivo del aguacate en el sur de España.*

Hamrin, R.D. (1983): *A Renewable Resource Economy.*

Hermoso, J. M.; Guirado, E.; González- Fernández, J. J.; Farré, J. M. (2015): *Study on performance of “Keitt” mango on different rootstocks in a mediterranean climate.*

Huete Salvador Arias, M. (2007): *Manual para la producción de mango.*

Ibarrondo Dávila, M. P. y Pérez López, M. C.(2023): *El sector agroalimentario en la costa tropical análisis de su contribución a la economía de la provincia de granada.*

International Organization for Standardization (2017): *ISO 14067: Greenhouse gases-Carbon footprint of products-Requirements and guidelines for quantification and communication.*

International Unión for Conservation of Nature (2003): «*Persea americana*». Lista Roja de especies amenazadas de la UICN.

International Union for Conservation of Nature (2021): *An opportunity for businesses and society to restore degraded land in Africa.*

Jenkinson, D. S.; Andrew, S.P.S.; Lynch, J. M.; Goss, J. y Tinker, P.B. (1990): *The Turnover of Organic Carbon and Nitrogen in Soil [and Discussion].*

Justicia Segovia, A. (1986): *Cambios en el uso agrícola del suelo en Andalucía: 1950-1980.*

Latruffe, L.; Diazabakana, A.; Bockstaller, C.; Desjeux, Y.; Finn, J.; Kelly, E.; Ryan, M.; Uthes, S. (2016): *Measurement of sustainability in agriculture: a review of indicators.*

Lumley, S y Armstrong, P. (2003): *Some of the nineteenth century origins of the sustainability concept.*

Maqueda González, M. R.; Carbonell Padrino, M. V.; Martínez Ramírez, E.; Flórez García, M. (2007): *Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la agricultura.*

Martínez-Valderrama, J. (2016): *Present and future of desertification in Spain: Implementation of surveillance system to prevent land degradation.*

Moreno-Ortega, A.; Pliego, C.; Sarmiento, D.; Barceló, A.; Martínez-Ferri, E. (2019): *Yield and fruit quality of avocado trees under different regimes of water supply in the subtropical coast of Spain.*

Myers, N; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; da Fonseca, G. A. B.; Kent, J. (2000): *Biodiversity hotspots for conservation priorities.*

Naciones Unidas (1987): *Informe Brutland.*

Naciones Unidas (1998): *Protocolo Kioto.*

Olalla Mercadé, L. (2012): *Los frutales tropicales en Málaga.*

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura, FAO (2013): *SAFA, Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems indicators.*

Organización de Naciones Unidas (2015): *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible:*

Pacchiarelli, A.; Priori, S.; Chiti, T.; Silvestri, C.; Cristofori, V. (2022): *Carbon sequestration of hazelnut orchards in central Italy.*

Palacios Lara, A. (2021): *Estudio sobre la viabilidad del cultivo del mango regado con agua regenerada.*

Poppe, K.; Vrolijk, H.; Dolman, M.; Silvis, H. (2001): *Environmental Indicators for Agriculture Methods and Results. Oecd*

Pretel, R. M., Duque, C.; Calvache, M. L. (2010): *Efecto de los cambios de usos del suelo sobre la recarga del acuífero Motril-Salobreña.*

Purvis, B.; Yong, M; Robinson, D.(2019): *Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins.*



Rodrigo-Comino, J.; Caballero-Calvo, A.; Salvati, L.; Senciales-Gonzalez, J. M. (2022): *Sostenibilidad de los cultivos subtropicales: claves para el manejo del suelo, el uso agrícola y la Ordenación del Territorio.*

Rodríguez Pleguezuelo C. R.; Franco Tarifa, D.; Francia Martínez, J.R.; Gálvez Ruíz, B.; Mamani Pati, F.; García Tejero, I.; Durán Zuazo, V. H. (2018): *Dinámica de las concentraciones de carbono y nitrógeno en la descomposición de hojarasca de cultivos subtropicales del sureste de España.*

Rodríguez Pleguezuelo, C. R.; Durán Zuazo, V. H.; Muriel Fernández, J.; Dionisio Franco Tarifa, D.(2011): *Descomposición de hojarasca y reciclado del nitrógeno de frutales tropicales y subtropicales en terrazas de cultivo en la costa de Granada (SE España).*

Rosa Jimenez, C. (2012): *El paisaje agrícola en la recualificación y diseño del nuevo destino turístico: experiencias en la costa del sol.*

Sayadi, S.; Calatrava-Requena, J.; Guirado Sánchez, E. (2003): *Análisis de factores de adopción de innovaciones que favorecen la sustentabilidad ambiental en explotaciones de aguacate del litoral mediterráneo español.*

Sayadi, S.; López Moreno, J.; Calatrava, J. (2013): *The landscape function of mango fruit orchards: analysis of social demand on the Spanish Mediterranean coast.*

Schaltegger, S.; Hansen, E. G.; Lüdeke-Freund, F. (2016): *Business Models for Sustainability: Origins, Present Research, and Future Avenues.*

Schreefel, L.; Schulte, R.P.O.; de Boer, I.J.M.; Pas Schrijver, A.; van Zanten, H.H.E. (2020): *Regenerative agriculture – the soil is the base.*

Talukder, B.; Blay-Palmer (2017): *Comparison of Methods to Assess Agricultural Sustainability.*

Tocados, E.; Martínez-Dalmau, J.; Berbe, J. (2023): *Análisis de la evolución del nexo agua-energía en la comarca Axarquía 1990-2030.*

Union Europea (2016): *Farm-level Indicators for New Topics in policy evaluation: an introduction.*

Vela, J. M.; González-Fernández, J. J.; Carles-Tolrá, M. (2011): *Algunos dípteros capturados en plantaciones de frutales subtropicales en el sur de España.*

Vicente-Vicente, J. L.; García-Ruiza, R.; Francaviglia, R.; Aguilera, E.; Smith, P. (2016): *Soil carbon sequestration rates under Mediterranean woody crops using recommended management practices: A meta-analysis.*

Yus Ramos, R. (2020): *La burbuja de los cultivos subtropicales y el colapso hídrico de la Axarquía. Gabinete de Estudios de la Naturaleza de la Axarquía.*

Yus Ramos, R. (2022): *Agua infinita y a bajo precio (El mito de las desaladoras).*

Yus Ramos, R.; Alcázar Lanagrán, C.; Botella Segovia, F.; Gámez Martín, J. L.; Torres Delgado, M. A. (2009): *Bases para una gestión sostenible del agua bajo los principios de un Nueva Cultura del Agua en la comarca de la Axarquía (Málaga).*

## 11. ANEXOS

**Anexo 1: Comparativa de las principales metodologías utilizadas en Europa para evaluar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Fuentes: Poppe et al. (2001), FAO (2013), EU (2016), Latruffe et al. (2016), Comisión Europea (2024). Elaboración propia.**

Metodología	Sostenibilidad		
	Social	Medio Ambiental	Económica
<b>FLINT (EU)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servicio de asesoramiento prestado a la explotación</li> <li>- Educación y formación</li> <li>- Propiedad/gestión,</li> <li>- Compromiso/ participación social</li> <li>- Empleo y condiciones de trabajo</li> <li>- Calidad de vida</li> <li>- Diversificación social: mejora de la imagen de los agricultores/ agricultura en las comunidades locales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pastizales permanentes</li> <li>- Áreas agrícolas seminaturales</li> <li>- Uso de pesticidas</li> <li>- Balance nutricional</li> <li>- Materia orgánica en tierra arable</li> <li>- Uso de energía indirecta</li> <li>- Uso directo de energía</li> <li>- Manejo agrícola para reducir la lixiviación de nitratos</li> <li>- Manejos para reducir la erosión</li> <li>- Uso de legumbres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Innovación</li> <li>- Producir bajo una etiqueta o marca</li> <li>- Tipos de salida al mercado</li> <li>- Sucesión de finca</li> <li>- Eficiencia parcelaria (LPIS)</li> <li>- Modernidad de la finca Inversión</li> <li>- Seguros (eventos fuera del control de la finca), incluidos los seguros personales (invalidez) y agrícolas (estructura de edificios)</li> <li>- Participación en la producción bajo contrato con un precio fijo</li> </ul>

		<p>-GHG</p> <p>-Secuestro de carbono</p> <p>Uso del agua y almacenaje</p> <p>-Prácticas de irrigación</p>	<p>-Exposición al riesgo (actividades no agrícolas).</p>
<b>OECD</b>	<p>-Empleo agrícola</p> <p>- Distribución de edad y genero del agricultor/a</p> <p>- Nivel de educación agricultor</p> <p>- Número y tamaño explotaciones</p> <p>- Asociaciones agrícolas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad del suelo: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgo de erosión por el agua</li> <li>- Riesgo de erosión por viento</li> </ul> </li> <li>• Calidad del agua: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Indicador del riesgo de calidad del agua</li> <li>- Indicador del estado de calidad del agua</li> </ul> </li> <li>• Conservación de la tierra: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de retención del agua</li> <li>- Flujo de sedimentos fuera de la finca (retención de suelo</li> </ul> </li> <li>• Gases de efecto invernadero</li> <li>• Biodiversidad: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diversidad genética</li> </ul> </li> </ul>	<p>- PIB agrícola</p> <p>- Producción agrícola</p> <p>-Beneficios económicos</p> <p>- Inversiones Agroambientales públicas y privadas</p> <p>- Gasto en investigación agroambiental</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diversidad de especies</li> <li>- Diversidad de ecosistemas</li> <li>• Hábitats silvestres: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hábitats agrícolas intensivos</li> <li>- Hábitats agrícolas seminaturales</li> <li>- Hábitats naturales incultivados</li> </ul> </li> <li>- Matrix de hábitats</li> <li>• Paisaje: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura del paisaje</li> <li>- Manejo del paisaje</li> <li>- Costes del paisaje y beneficios</li> </ul> </li> </ul>	
<b>SAFA (FAO)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión Interna</li> <li>- Inversión comunitaria</li> <li>- Rentabilidad a Largo Plazo</li> <li>- Plan de Negocios</li> <li>- Utilidad Neta</li> <li>- Costo de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Meta de Reducción de GEI</li> <li>- Prácticas de mitigación de GEI</li> <li>- Balance de GEI</li> <li>- Meta de Reducción de la Contaminación Atmosférica</li> <li>- Prácticas de Prevención de la Contaminación del Aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Derecho a la Calidad de Vida</li> <li>- Nivel de salario</li> <li>- Desarrollo de capacidades</li> <li>- Acceso equitativo a los medios de producción</li> <li>- Precios Justos y Contratos Transparentes</li> </ul>

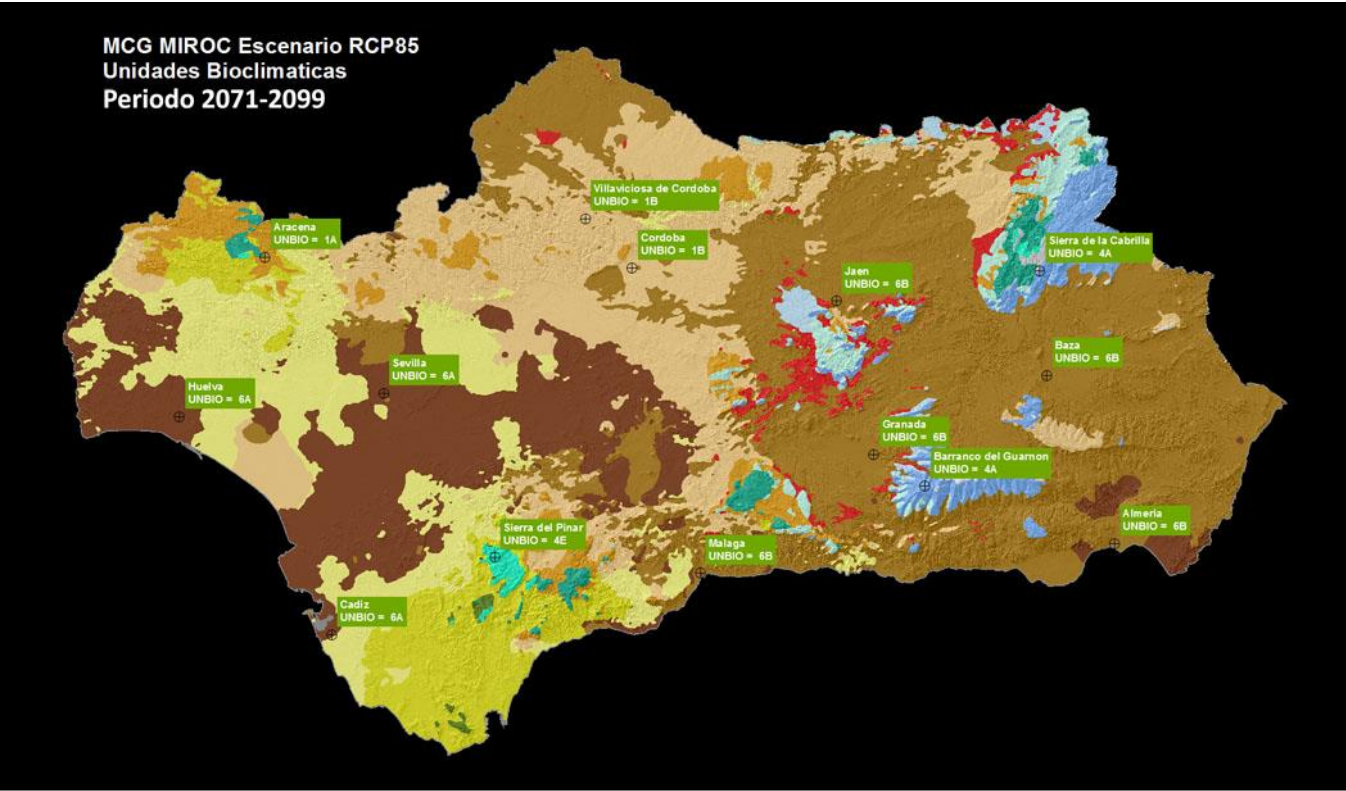
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Determinación del precio</li> <li>- Garantía de Niveles de Producción</li> <li>- Diversificación de productos</li> <li>-Canales de Adquisición</li> <li>- Estabilidad de las relaciones con los proveedores</li> <li>- Dependencia del Proveedor Líder</li> <li>- Estabilidad del Mercado</li> <li>- Flujo de caja neto</li> <li>- Redes de seguridad</li> <li>- Etiquetado del producto</li> <li>- Sistema de Trazabilidad</li> <li>- Producción Certificada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentración ambiental de contaminantes del aire</li> <li>- Objetivo de conservación de agua</li> <li>- Prácticas de conservación del agua</li> <li>- Extracción de Agua Subterránea y Superficial</li> <li>- Meta de agua limpia</li> <li>- Prácticas de prevención de la contaminación del agua</li> <li>- Concentración de Contaminantes del Agua</li> <li>- Calidad de las aguas residuales</li> <li>- Prácticas de mejora del suelo</li> <li>- Estructura física del suelo</li> <li>- Calidad química del suelo</li> <li>- Calidad Biológica del Suelo</li> <li>- Materia Orgánica del Suelo</li> <li>- Plan de Conservación y Rehabilitación de Tierras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Derechos de los Proveedores</li> <li>- Relaciones Laborales</li> <li>- Trabajo forzoso</li> <li>- Trabajo infantil</li> <li>- Libertad de Asociación y Derecho de Negociación</li> <li>- Igualdad de género</li> <li>- Apoyo a Personas Vulnerables</li> <li>- Capacitaciones sobre seguridad y salud</li> <li>- Seguridad en el lugar de trabajo, las operaciones y las instalaciones</li> <li>- Cobertura de salud y acceso a la atención médica</li> <li>- Salud Pública</li> <li>- Conocimiento indígena</li> <li>- Soberanía Alimentaria</li> </ul>
--	--	--	---

		<ul style="list-style-type: none"><li>- Prácticas de conservación y rehabilitación de tierras</li><li>- Pérdida/Ganancia Neta de Tierra Productiva</li><li>- Prácticas de mejora del ecosistema</li><li>- Diversidad Estructural de los Ecosistemas</li><li>- Conectividad de ecosistemas</li><li>- Uso de la tierra y cambios en la cobertura de la tierra</li><li>- Especies Objeto de Conservación</li><li>- Prácticas de conservación de especies</li><li>- Diversidad y abundancia de especies clave</li><li>- Diversidad productiva</li><li>- Prácticas de mejora de la diversidad genética silvestre</li><li>- Conservación in situ de la agrobiodiversidad</li></ul>	
--	--	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variedades y razas adaptadas localmente</li> <li>- Diversidad genética en especies silvestres</li> <li>- Conservación de Semillas y Razas</li> </ul>	
<b>Agri Sustainability Compass (UC)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Coeficiente de pobreza</li> <li>-Nivel de educación</li> <li>-Género</li> <li>-Edad</li> <li>-Ventas de antibióticos para consumo animal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Índice de aves en tierras de cultivo</li> <li>-Diversidad de cultivos</li> <li>-Uso de inputs</li> <li>-Emisiones de GEI</li> <li>-Emisiones de ammonia</li> <li>-Índice de riesgo de pesticidas</li> <li>-Nitratos en aguas subterráneas</li> <li>-Emisiones de GEI por euro producido</li> <li>-Superficie bajo cultivo orgánico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Balanza Comercial</li> <li>-Productividad</li> <li>-Ganancias</li> <li>-Valor añadido por trabajador</li> <li>-Tamaño de las plantaciones</li> <li>-Valor añadido en agricultura</li> </ul>



# Anexo 2. Clasificación bioclimática de la comunidad de Andalucía. Fuente: Conserjería de sostenibilidad, medio ambiente, y economía azul.



**Leyenda**



- 1A. Clima Mediterraneo Oceanico Humedo
- 1B. Clima Mediterraneo Oceanico Subhumedo
- 1C. Clima Mediterraneo Oceanico Hiperhumedo
- 2A. Clima Mediterraneo Subtropical Subhumedo
- 2B. Clima Mediterraneo Subtropical Humedo
- 3A. Clima Mediterraneo Sub-continental de veranos calidos
- 4A. Clima Mediterraneo Sub-continental de inviernos frios Subhumedo y frio
- 4B. Clima Mediterraneo Sub-continental de inviernos frios Seco y frio
- 4C. Clima Mediterraneo Sub-continental de inviernos frios Subhumedo y suave
- 4D. Clima Mediterraneo Sub-continental de inviernos frios Humedo
- 4E. Clima Mediterraneo Sub-continental de inviernos frios Hiperhumedo
- 5A. Clima Mediterraneo Continental de Alta Montana
- 5B. Clima Mediterraneo Continental de Altiplanicies Secas
- 5C. Clima Mediterraneo Continental de Media Montana
- 6A. Clima Mediterraneo Subdesertico Suave
- 6B. Clima Mediterraneo Subdesertico Frio

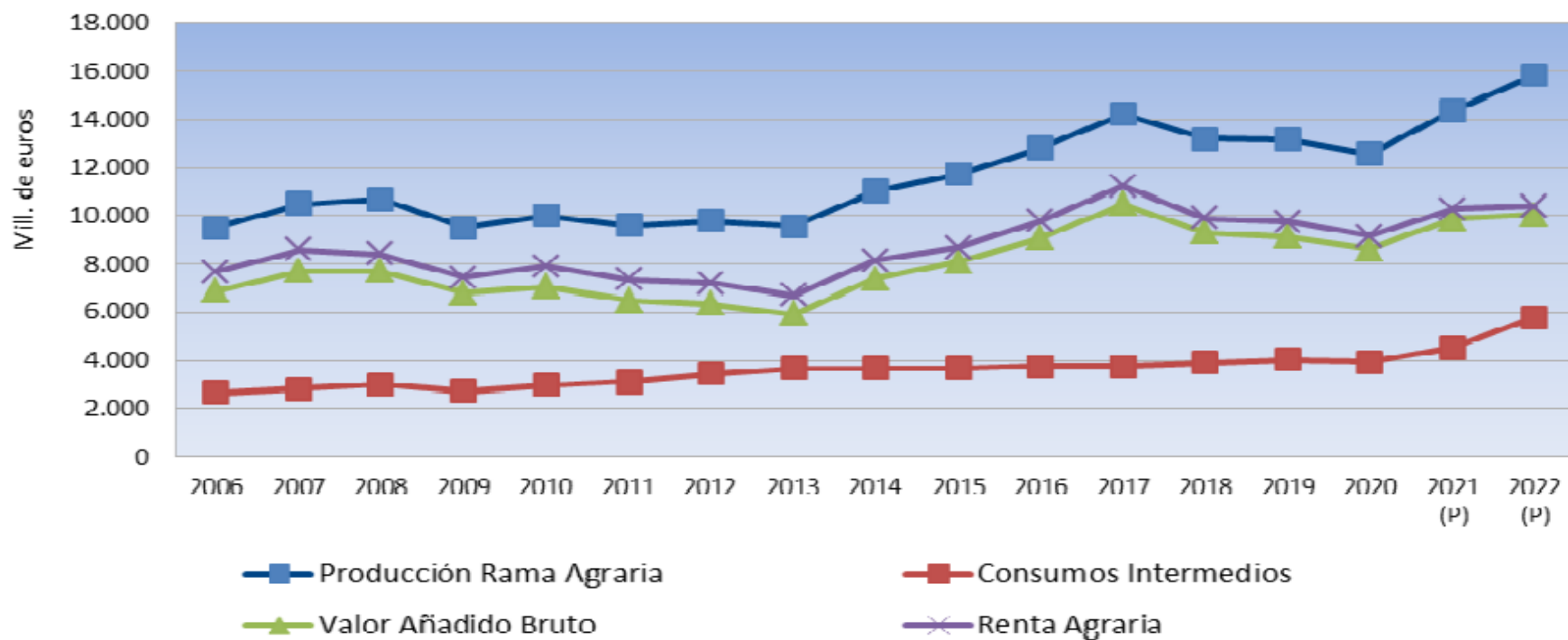
**Anexo 3. Ocupados en el sector agrario por sexo, nacionalidad, edad y situación profesional (Miles y porcentajes). Fuente: Analistas Económicos de Andalucía.**

	ANDALUCÍA			ESPAÑA		
	2019	2020	Var. anual en %	2019	2020	Var. anual en %
<b>Sexo</b>						
Hombres	190,9	199,0	4,3	612,3	593,9	-3,0
Mujeres	64,5	65,8	1,9	185,0	171,4	-7,3
<b>Nacionalidad <sup>(1)</sup></b>						
Española	193,8	202,2	4,3	608,2	589,1	-3,1
Extranjera	61,6	62,6	1,6	175,0	161,3	-7,8
<b>Edad</b>						
De 16 a 19 años	4,4	3,1	-29,1	11,5	9,0	-21,9
De 20 a 24 años	11,0	10,7	-2,3	31,6	29,7	-6,0
De 25 a 54 años	193,9	201,6	4,0	566,0	545,5	-3,6
55 o más años	46,2	49,4	6,9	188,1	181,2	-3,7
<b>Situación profesional</b>						
Empresario o miembro de cooperativa	60,8	61,2	0,7	289,4	266,6	-7,9
Ayuda familiar	2,7	3,0	12,1	13,4	14,0	4,9
Asalariado	192,0	200,6	4,5	494,1	484,5	-1,9
Otra situación	0,0	0,0	--	0,4	0,2	-52,9
<b>TOTAL</b>	<b>255,4</b>	<b>264,8</b>	<b>3,7</b>	<b>797,3</b>	<b>765,4</b>	<b>-4,0</b>

**Anexo 4.: Distribución porcentual de superficies según estratos (ambos litorales). Fuente: Calatrava Requena y Sayadi (2003).**

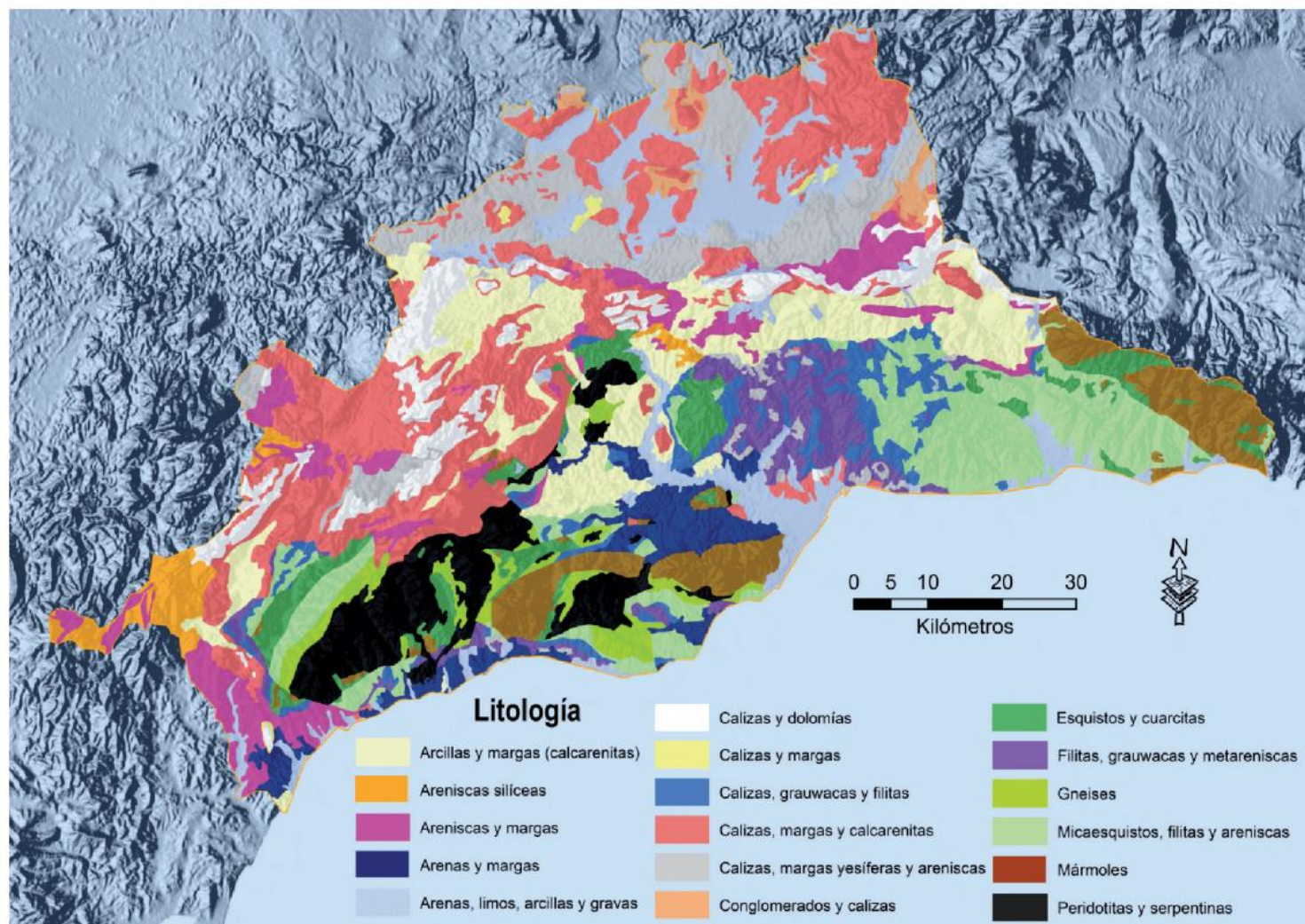
	Granada				Málaga			
	% expl.	% Sup. Total	% Sup. Trop	Sup. Trop/Sup. Tot	% expl.	% Sup. Total	% Sup. Trop	Sup. Trop/Sup. Tot
< 1 ha	22,30	2,84	3,13	0,994	28,50	2,84	2,98	0,955
1 – 5 ha	55,70	27,33	28,80	0,953	42,30	19,59	19,69	0,916
5 – 10 ha	11,50	16,06	17,58	0,990	13,80	15,11	14,64	0,882
> 10 ha	10,70	53,78	50,49	0,849	15,40	62,45	62,69	0,914
Total	100,00	100,00	100,00	0,893	100,00	100,00	100,00	0,911

## Anexo 5. Principales macromagnitudes agrarias en Andalucía. Fuente: Junta de Andalucía, 2022.





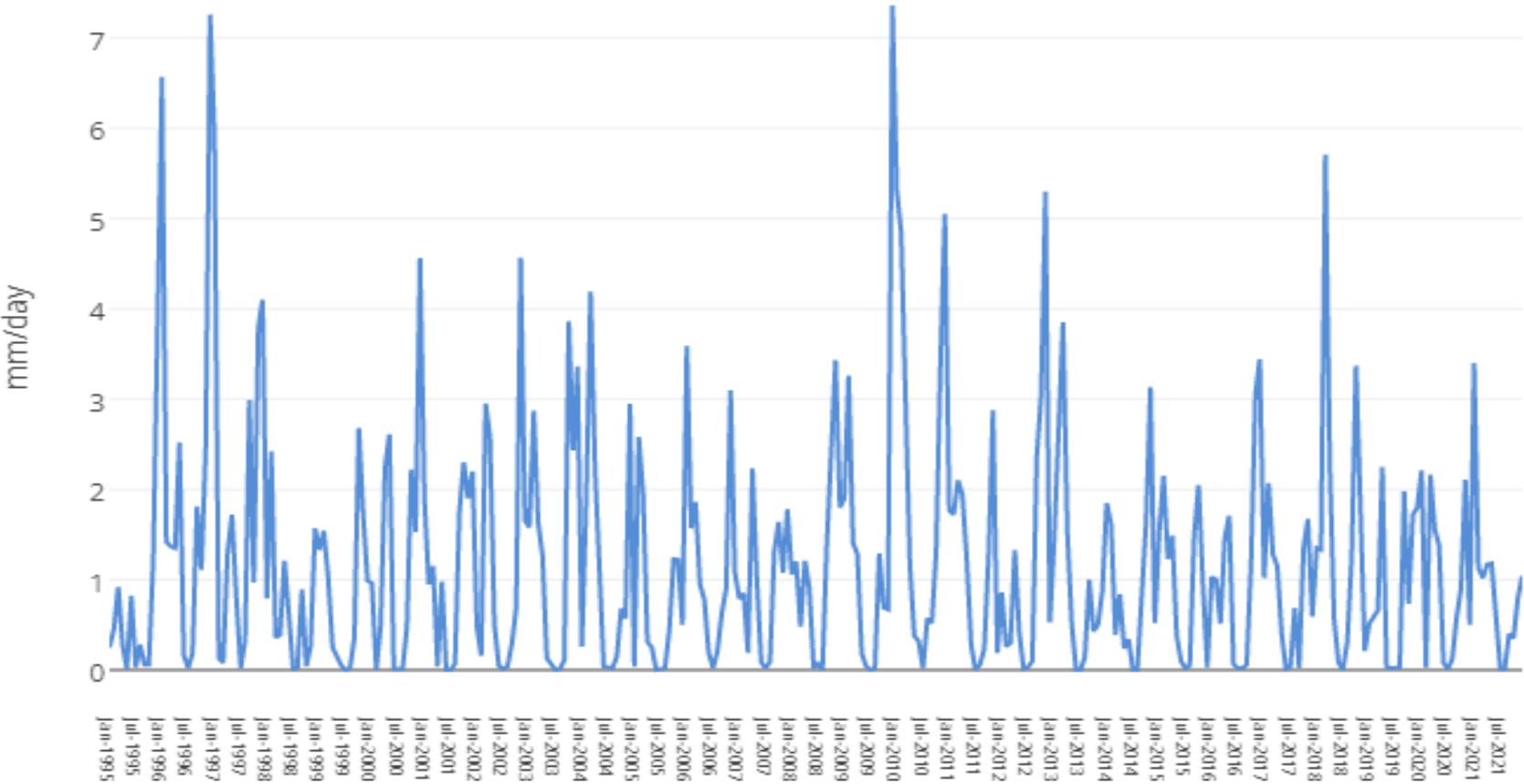
## Anexo 5. Mapa litológico de la costa de la provincia de Málaga. Fuente: Junta de Andalucía.



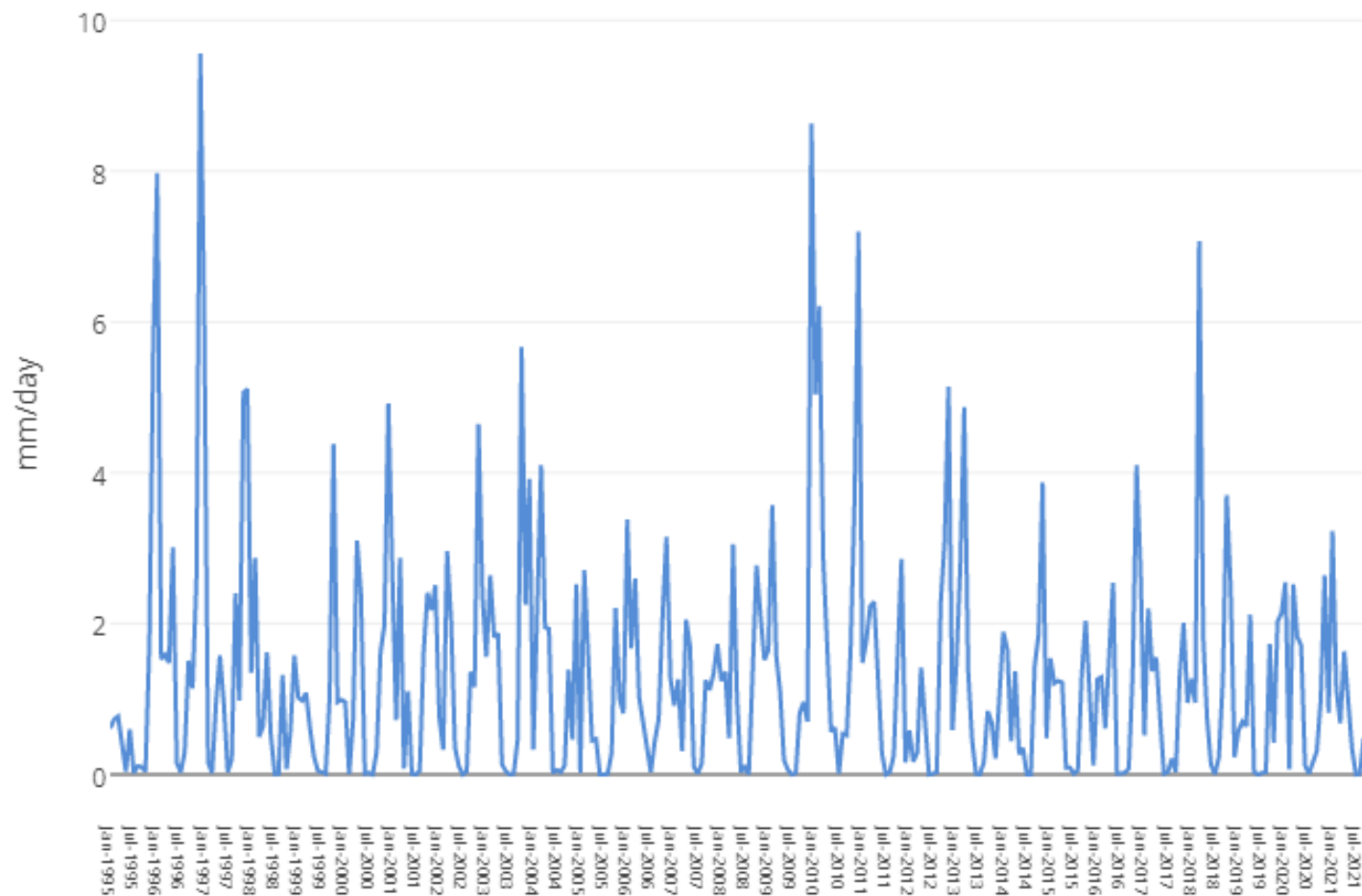
**Anexo 6. Mapa litológico de la costa de la provincia de Granada. Junta de Andalucía.**



**Anexo 7: Precipitación media diaria en Motril, costa tropical granadina. Fuente: NASA power data base.**

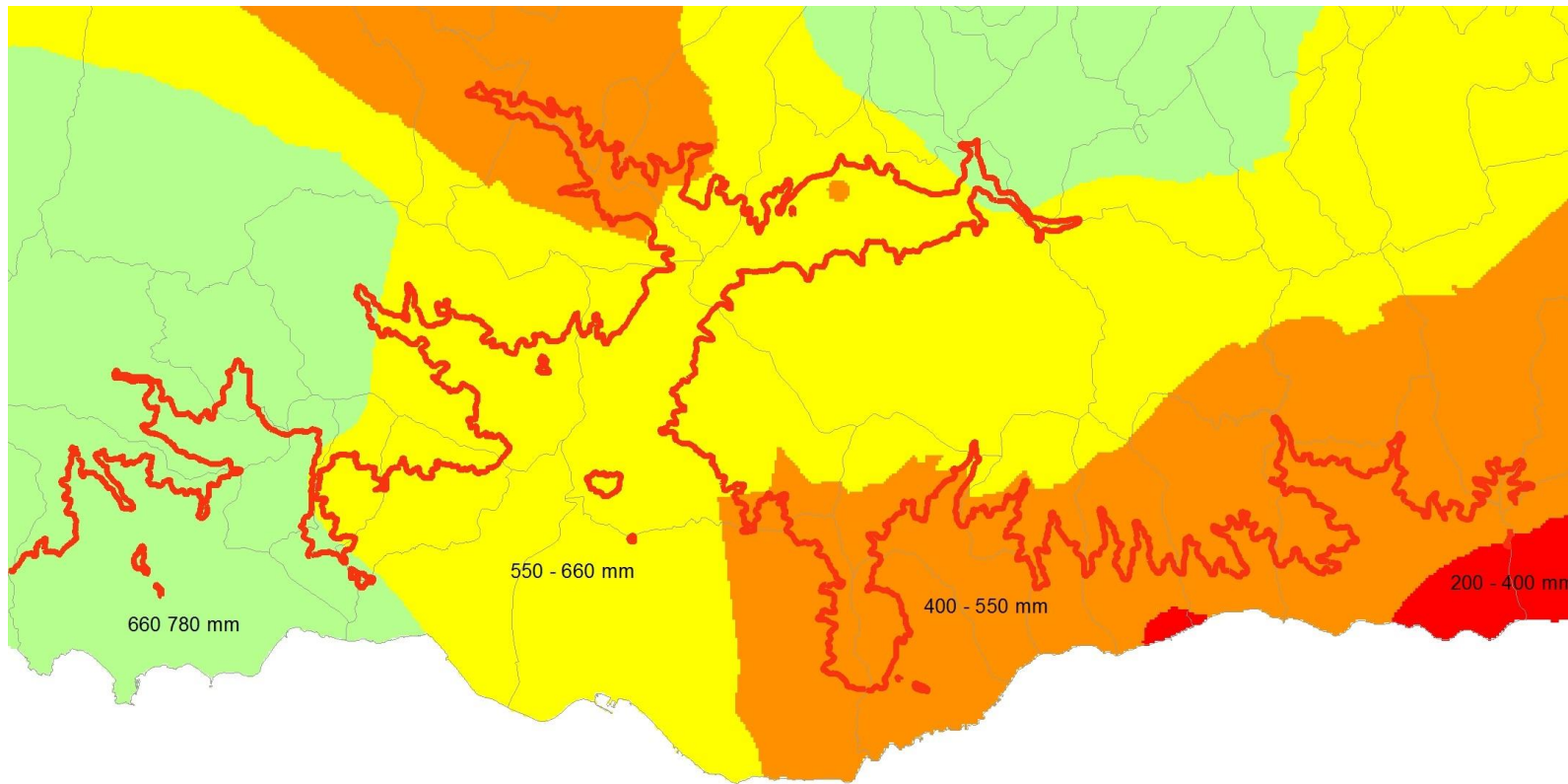


**Anexo 8: Precipitación media diaria en Vélez-Málaga (Axarquía). Fuente: NASA power data base.**

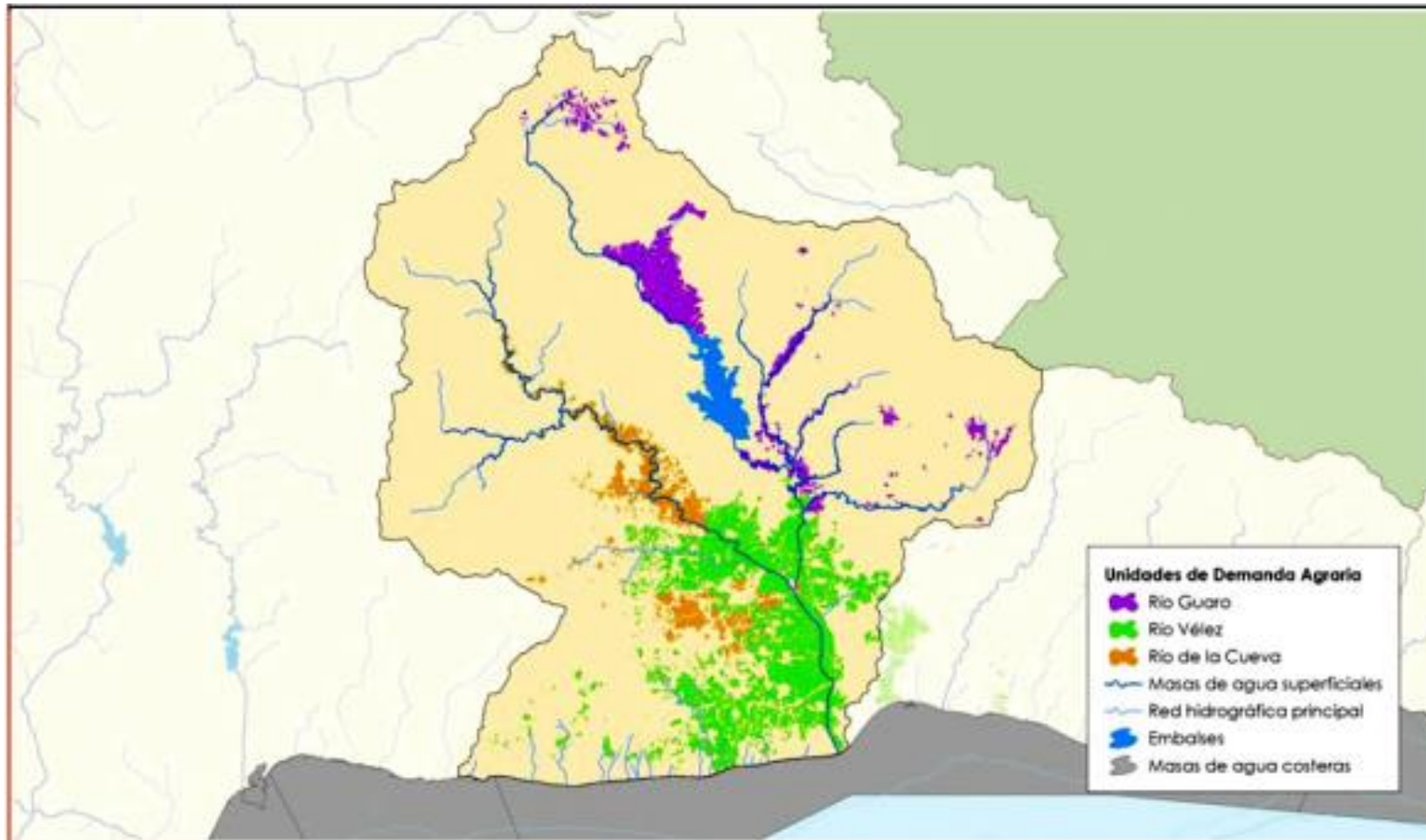




**Anexo 9. Mapa distribución de lluvia en la costa malagueña y granadina. Fuente: Universidad de Granada.**



**Anexo 10. Subsistema II-1 con las superficies de regadío de las subcuencas de Guaro, Cuevas y Vélez.**



**Anexo 11. Escenarios Locales de Cambio Climático de Andalucía. Fuente: Junta de Andalucía.**

