



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
ICADE

**INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EN EL
SECTOR AGRÍCOLA ESPAÑOL: ANÁLISIS DE
LOS CULTIVOS DEL OLIVO Y NARANJO.**

Autor: Isabel García de Alvear Fernández de Mesa

Directora: Ana Zapatero González

Madrid Marzo 2025

RESUMEN

Este trabajo analiza la sostenibilidad agrícola en España a través del estudio de los cultivos de olivo y naranjo en el sur del país. Se introduce el concepto de sostenibilidad aplicada al sector agroalimentario y se evalúan indicadores ambientales, económicos y sociales para medir su desempeño. El estudio se centra en dos pilares clave de la producción agrícola del sur de España: el olivo y el naranjo, ambos fundamentales para la economía, pero también altamente expuestos a los desafíos actuales de la agricultura. El trabajo examina distintas prácticas agrícolas innovadoras, como el riego inteligente, el uso de sensores y la digitalización del campo, junto con enfoques más accesibles como las prácticas regenerativas y el manejo holístico. También se aborda la situación actual del sector primario en España, marcada por el cambio climático, la presión sobre los recursos naturales y la necesidad de modernización. La investigación combina revisión documental, entrevistas con expertos y un caso de estudio en Andalucía, concluyendo con recomendaciones prácticas para mejorar la eficiencia en el uso de recursos, la rentabilidad y la capacidad de adaptación de las explotaciones agrícolas.

Palabras clave: “sostenibilidad agrícola”, “innovación”, “riego inteligente”, “olivo”, “naranjo”, “agricultura regenerativa”, “digitalización”, “cambio climático”.

ABSTRACT

This paper analyzes agricultural sustainability in Spain through the study of olive and orange crops in the south of the country. It introduces the concept of sustainability applied to the agri-food sector and evaluates environmental, economic, and social indicators to assess performance. The study focuses on two key pillars of agricultural production in southern Spain: olive and orange trees, both essential to the economy but also highly exposed to the current challenges of agriculture. The work explores various innovative farming practices, such as smart irrigation, sensor technology, and field digitalization, alongside more accessible approaches like regenerative agriculture and holistic management. It also addresses the current state of the primary sector in Spain, shaped by climate change, pressure on natural resources, and the need for modernization. The research combines literature review, expert interviews, and a case study in Andalusia, concluding with practical recommendations to improve resource efficiency, profitability, and the adaptability of agricultural holdings.

Keywords: “agricultural sustainability”, “innovation”, “smart irrigation”, “olive”, “orange”, “regenerative agriculture”, “digitalization”, “climate change”.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	1
1.2	OBJETIVOS DEL TRABAJO	1
1.3	METODOLOGÍA	2
1.4	ESTRUCTURA	3
2.	MARCO TEÓRICO	5
2.1	DEFINICIÓN DE SOSTENIBILIDAD AGRÍCOLA	5
2.2	INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LA AGRICULTURA	6
2.2.1	<i>Indicadores Ambientales</i>	7
2.2.2	<i>Indicadores Económicos</i>	8
2.2.3	<i>Indicadores Sociales</i>	9
2.3.	LOS CULTIVOS	10
2.3.1	<i>Los Olivos</i>	10
2.3.2	<i>Los Naranjos</i>	14
3.	CASO DE ESTUDIO: OLIVOS Y NARANJAS EN EL SUR DE ESPAÑA	18
3.1.	TENDENCIAS E INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA AGRÍCOLA	18
3.2	INNOVACIONES SOSTENIBLES EN LOS CULTIVOS	21
3.2.1	<i>Riego de precisión y Gestión del Agua</i>	21
a)	Riego de Precisión en los Olivos	23
b)	Riego de Precisión en los Naranjos	25
3.2.2	<i>Mecanización y Digitalización del Manejo</i>	26
3.2.3	<i>Prácticas Regenerativas y Manejo Holístico</i>	29
a)	Prácticas Regenerativas en los Olivos	30
b)	Prácticas Regenerativas en los Naranjos	32
3.2.4	<i>Sensores para el Cultivo</i>	33
a)	Sensores en los Naranjos	36
4	SITUACIÓN ECONÓMICA EN ESPAÑA PARA EL SECTOR PRIMARIO	38
4.1.	SITUACIÓN ECONÓMICA EN ESPAÑA PARA EL SECTOR PRIMARIO	38
4.2	DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES	41
4.2.1	<i>Barreras para la Implementación de Nuevas Tecnologías</i>	41
4.2.2	<i>Impacto de las Políticas Gubernamentales</i>	42
4.2.3	<i>Oportunidades de Crecimiento y Sostenibilidad en el Sector Primario</i>	42
5	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	44

6	DECLARACIÓN DE USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN TRABAJOS FIN DE GRADO	47
7	BIBLIOGRAFÍA	48
8	ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Figura 1: Dimensiones en la sostenibilidad agrícola</i>	7
<i>Figura 2: Olivos en la etapa juvenil en un sistema de cultivo superintensivo</i>	10
<i>Figura 3: Plantación de naranjos dulces en Andalucía</i>	15
<i>Figura 4: Tecnologías de mayor relevancia para las personas de la agricultura por subsector, en porcentaje</i>	18
<i>Figura 5: Tecnologías de mayor relevancia para la agricultura según tipo de cultivo, en porcentaje</i>	19
<i>Figura 6: Tecnologías de mayor relevancia para las personas de la agricultura por territorio. En porcentaje</i>	20
<i>Figura 7: Evolución de la superficie de regadío</i>	21
<i>Figura 8: Sistema de riego por goteo instalado en olivos superintensivos</i>	22
<i>Figura 9: Evolución de las técnicas de riego en España</i>	23
<i>Figura 10: Tabla de evolución de la superficie regada del Olivar</i>	24
<i>Figura 11: Evolución de la superficie regada del Olivar</i>	24
<i>Figura 12: Tabla de evolución de la superficie regada de los Cítricos</i>	25
<i>Figura 13: Evolución de la superficie regada de los Cítricos</i>	26
<i>Figura 14: Uso de tractores en la agricultura por subsector y explotación</i>	27
<i>Figura 15: Etapas del proceso mecanizado en el cultivo del olivo</i>	29
<i>Figura 16: Incorporación de restos de poda en el olivar</i>	31
<i>Figura 17: Cubiertas vegetales en el cultivo de naranjos</i>	32
<i>Figura 18: Uso de sensores por parte de las personas de la agricultura. En porcentaje</i>	34
<i>Figura 19: Trampa-Cebo inteligente en Naranjos</i>	37
<i>Figura 20: VAB Sector Primario en España</i>	38
<i>Figura 21: Costes de Producción del Sector Primario en España</i>	39
<i>Figura 22: Unidades Territoriales en Situación de Sequía Prolongada en España</i>	40
<i>Figura 23: Exportaciones e Importaciones del Sector Agroalimentario</i>	40

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación del Tema

La sostenibilidad agrícola se ha convertido en una cuestión cada vez más relevante en los últimos años, en gran parte debido a los desafíos ambientales, económicos y sociales que enfrenta la agricultura a nivel global. En particular, cultivos tradicionales como el olivo y el naranjo, que forman parte esencial del paisaje y la economía del sur de España, se encuentran actualmente en una situación compleja: ambos cultivos tienen una enorme influencia económica, pero también presentan importantes desafíos en términos de uso eficiente de los recursos, impacto ambiental y adaptación a las nuevas demandas del mercado.

Este trabajo parte de la necesidad de analizar, desde un enfoque aplicado y realista, cómo distintas innovaciones tecnológicas como el riego de precisión, los sensores inteligentes o la digitalización del manejo agrícola, y prácticas regenerativas como el manejo holístico o el uso de cubiertas vegetales, están cambiando la manera de gestionar estos sistemas productivos. Mediante el estudio de casos concretos en Andalucía y entrevistas con expertos del sector, se busca comprender tanto las posibilidades reales como las limitaciones prácticas que presentan estas nuevas estrategias para los agricultores.

Además, el análisis conjunto de estos dos cultivos permite abordar la sostenibilidad desde una perspectiva multidimensional, ambiental, económica y social, y extraer aprendizajes que podrían ser útiles para otras regiones del país e incluso para sistemas agrícolas similares del entorno mediterráneo.

1.2 Objetivos del Trabajo

Este trabajo tiene como objetivo principal analizar cómo ciertas prácticas agrícolas innovadoras y sostenibles están influyendo en los cultivos de olivo y naranjo en el sur de España, especialmente en lo que respecta a la eficiencia en el uso de recursos, la rentabilidad de las explotaciones y la capacidad del sector para adaptarse a los retos climáticos y económicos actuales. En un contexto cada vez más condicionado por la escasez de agua, el deterioro del suelo, el aumento de los costes de producción y la

necesidad urgente de reducir el impacto ambiental, resulta fundamental explorar la viabilidad y efectividad de estas estrategias en la práctica.

Para ello, el primer paso será establecer un marco teórico sólido que permita identificar y entender los principales indicadores de sostenibilidad aplicables a estos cultivos. Estos indicadores, que abarcan las dimensiones ambiental, económica y social, son claves para evaluar con cierta objetividad el grado de sostenibilidad que pueden alcanzar las explotaciones.

Además, el trabajo busca analizar con mayor profundidad las principales innovaciones y prácticas regenerativas que se están implementando en el manejo del olivo y el naranjo. Se estudiarán tecnologías como el riego inteligente, la mecanización sostenible, el uso de sensores agrícolas o la digitalización del campo, así como estrategias regenerativas como el manejo holístico o el uso de cubiertas vegetales. Todo ello desde una perspectiva empírica, basada en entrevistas con profesionales del sector y en un caso de estudio real en Andalucía, que permita conocer no solo los beneficios que ya se están viendo, sino también los obstáculos que encuentran los agricultores a la hora de adoptar estas prácticas.

Por último, a partir del análisis realizado, el trabajo pretende proponer una serie de recomendaciones prácticas que puedan servir como guía para avanzar hacia una agricultura más sostenible en el sur de España. Más allá de mejorar el rendimiento económico o reducir el impacto ambiental, estas propuestas buscan también reforzar la capacidad de adaptación del sector agrícola frente al cambio climático y a los cambios estructurales del mercado. Con ello, se espera contribuir a la reflexión sobre el futuro del modelo agrícola español y aportar ideas útiles para su transformación hacia sistemas más sostenibles, eficientes y resilientes.

1.3 Metodología

Para dar respuesta a los objetivos planteados, este trabajo ha seguido una metodología de carácter mixto, combinando la revisión documental con la obtención de datos cualitativos de campo. Esta combinación ha permitido construir una visión más completa y ajustada a la realidad sobre el grado de implementación, efectividad y percepción de las prácticas sostenibles e innovadoras en los cultivos de olivo y naranjo en el sur de España.

En una primera fase, se llevó a cabo una revisión bibliográfica, que sirvió como base para establecer el marco teórico del estudio. Esta revisión incluyó informes técnicos, artículos académicos, documentos institucionales y fuentes oficiales como el Ministerio de Agricultura, la FAO. Gracias a este proceso, fue posible identificar los principales indicadores de sostenibilidad empleados en el ámbito agroalimentario, así como las prácticas tecnológicas y regenerativas más relevantes aplicadas actualmente en los cultivos analizados.

En la segunda fase, se desarrolló un trabajo de campo cualitativo basado en entrevistas semiestructuradas con profesionales del sector agroalimentario, incluyendo agricultores y expertos directamente vinculados a explotaciones agrícolas en Andalucía. Estas entrevistas ofrecieron testimonios de primera mano sobre la implementación de prácticas sostenibles, las barreras que encuentran en el proceso y los beneficios que han podido observar. Esta perspectiva empírica fue clave para contrastar y enriquecer los datos teóricos recopilados previamente.

A partir de estas entrevistas, se incorporó también un estudio de caso centrado en una explotación agrícola andaluza dedicada al cultivo de naranjos y olivares. Este análisis permitió observar de forma concreta cómo se están aplicando, y en qué medida, algunas de las innovaciones que se abordan en este trabajo. Algunas de estas prácticas ya habían sido integradas en la gestión diaria de la finca, mientras que otras se encontraban aún en fase de evaluación o pendiente de incorporación. Esta aproximación permitió analizar no solo su impacto en la eficiencia de uso de recursos y en la rentabilidad de la explotación, sino también en su grado de aceptación por parte del agricultor.

La combinación de estas tres etapas metodológicas ha hecho posible construir una visión más sólida y realista del objeto de estudio. A través de este enfoque, el trabajo no solo ha identificado buenas prácticas y tendencias emergentes, sino que también ha generado propuestas concretas para avanzar hacia un modelo agrícola más sostenible, resiliente y adaptado a los desafíos del siglo XXI.

1.4 Estructura

El presente trabajo se organiza en dos bloques principales. Por un lado, se aborda el concepto de sostenibilidad agrícola, desglosando sus tres dimensiones fundamentales. Esta parte inicial también incluye una descripción detallada de los cultivos de olivo y

naranja. Por otro lado, el segundo bloque se centra en el análisis de distintas innovaciones agrícolas, así como en su grado de implantación real. Para ello, se combina la revisión teórica con un enfoque aplicado, a partir del estudio de una finca dedicada al cultivo de olivos y naranjos, lo que permite observar en la práctica cómo se están integrando o intentando integrar estas nuevas estrategias sostenibles. Este análisis se ve enriquecido por las entrevistas realizadas a profesionales del sector, cuyas experiencias aportan una visión directa y realista sobre el proceso de adopción, las dificultades comunes y los beneficios que perciben los agricultores. El trabajo concluye con una sección dedicada a las conclusiones y recomendaciones, donde se recogen los aprendizajes clave obtenidos a lo largo del estudio y se proponen acciones concretas para avanzar hacia una agricultura más sostenible y adaptada al contexto español. En los anexos se incluyen materiales de apoyo utilizados durante la investigación, como datos complementarios, gráficos ilustrativos y fotografías relacionadas con el caso de estudio.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de Sostenibilidad Agrícola

La sostenibilidad agrícola se refiere a un sistema de producción agraria que busca responder a las necesidades alimentarias y de materias primas de la población actual, sin poner en riesgo la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas. Este enfoque implica encontrar un equilibrio entre la rentabilidad económica, el respeto al medio ambiente y la equidad social, integrando prácticas que favorezcan el cuidado de los recursos naturales, el bienestar de los agricultores y la estabilidad del sistema productivo a largo plazo.

Distintas organizaciones y expertos han definido el concepto desde enfoques complementarios. Por ejemplo, el químico Eldor Pau la describe como “es un sistema de producción agraria conservador de recursos, ambientalmente sano y económicamente viable.” (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1993). De manera similar, la Red de Agricultura Sostenible y Educación (SARE) destaca que su objetivo es garantizar la viabilidad económica, la gestión responsable de los recursos naturales y una mejor calidad de vida para las comunidades rurales. (Sustainable Agriculture Research and Education)

La sostenibilidad de la agricultura ha sido un proceso largo y complejo en la historia. La historia de la sostenibilidad agrícola en España, al igual que en muchas otras partes del mundo, se remonta a los primeros procesos de domesticación de plantas y animales, aunque el concepto como tal no comenzó a tomar forma hasta épocas mucho más recientes.

En el caso de España, factores como el clima, la geografía y la influencia de distintas civilizaciones marcaron profundamente el desarrollo de técnicas agrícolas adaptadas al entorno, como el regadío o la rotación de cultivos. Aun así, no fue hasta tiempos contemporáneos cuando empezó a hablarse explícitamente de sostenibilidad ligada al uso racional del suelo, la conservación ambiental y la responsabilidad social (Casas, 2016).

Fue después de la Guerra Civil Española (1936-1939) cuando se comenzaron a formar las primeras ideas sobre la agricultura sostenible. La falta de recursos y la prioridad por alcanzar la autosuficiencia alimentaria marcaron las políticas agrarias del franquismo,

centradas casi exclusivamente en aumentar la producción, sin tener en cuenta los impactos ambientales o sociales (Clar, 2008). Durante décadas, la sostenibilidad no formó parte del discurso ni de la práctica institucional.

Con la entrada de España en la Comunidad Económica Europea en 1986, se marcó un punto de inflexión en el modelo agrícola del país. A partir de ese momento, la política agrícola del país comenzó a alinearse con las normativas europeas, muchas de ellas centradas en promover una producción más respetuosa con el medio ambiente. Las primeras reformas de la Política Agrícola Común (PAC) pusieron el foco en la competitividad y la productividad, pero ya en la década de los 90 se empezaron a incluir medidas agroambientales específicas (Comisión Europea).

La reforma de la PAC en 2003 supuso un paso clave al introducir el principio de desacoplamiento: es decir, desvincular las ayudas públicas del volumen de producción, permitiendo apoyar a los agricultores sin exigir un modelo intensivo (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación., 2007). A partir de 2013, estas medidas se reforzaron aún más, con incentivos económicos directos para quienes aplicaran prácticas como la agricultura ecológica o la protección de la biodiversidad (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).

En la actualidad, España es uno de los países de la Unión Europea con mayor peso en la producción agrícola, y el debate sobre la sostenibilidad ocupa un lugar central (Comisión Europea). El país atraviesa una transformación profunda en su modelo productivo, impulsada tanto por los avances tecnológicos como por la necesidad urgente de adaptarse al cambio climático y a los compromisos adquiridos en materia de desarrollo sostenible.

2.2 Indicadores de Sostenibilidad en la Agricultura

La sostenibilidad agrícola, por su carácter complejo y multidimensional, no puede medirse de manera directa. Para valorar su grado de cumplimiento o permanencia en el tiempo, es necesario recurrir a indicadores específicos, capaces de reflejar cómo las prácticas agrícolas afectan a los aspectos ambientales, económicos y sociales del sistema (Red PAC, 2024). Estos indicadores funcionan como herramientas de observación que permiten describir, seguir la evolución e incluso anticipar ciertos comportamientos dentro de los sistemas de producción, siempre considerando su contexto, ya sea a nivel local, nacional o global (Gómez, 2022).

Como se observa en la Figura 1, la sostenibilidad agrícola se encuentra en la intersección de tres dimensiones clave: la ambiental, la económica y la social. Un sistema agrícola es verdaderamente sostenible cuando logra equilibrar estos tres pilares, garantizando que se integran y equilibran las necesidades humanas con el desarrollo económico y preservación del medio ambiente.

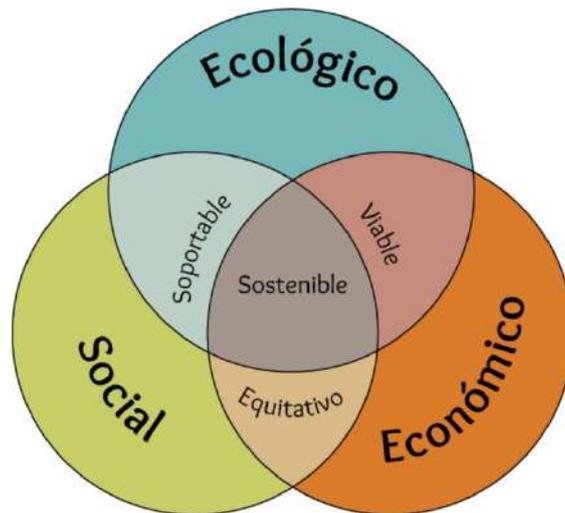


Figura 1: Dimensiones en la sostenibilidad agrícola

Fuente: (Portal Académico, 2016)

2.2.1 Indicadores Ambientales

Los indicadores ambientales están orientados a evaluar el impacto de las prácticas agrícolas en los recursos naturales y los ecosistemas. Estos indicadores ayudan a determinar el impacto de la actividad agraria sobre los recursos y ecosistemas, especialmente en relación con retos como el cambio climático o la degradación del medio ambiente.

En territorios como el español, donde la escasez de agua y el estrés climático son cada vez más preocupantes, la forma en que se gestiona este recurso se ha convertido en uno de los indicadores más importantes. Según datos de la FAO, la agricultura representa cerca del 80% del consumo total de agua en España, lo que pone en evidencia la necesidad urgente de mejorar su aprovechamiento (Caballero, 2007). En los últimos años, tecnologías como el riego por goteo o el uso de sensores inteligentes han demostrado que no solo es posible reducir el gasto hídrico, sino también mantener o incluso aumentar los

rendimientos agrícolas, como se ha observado en cultivos como el olivo y el naranjo en algunas zonas de Andalucía.

Otro factor ambiental de gran relevancia es la biodiversidad, que cumple un papel esencial en la estabilidad de los sistemas agrícolas. Para medirla, se pueden utilizar indicadores como la diversidad de especies dentro de la finca, la presencia de hábitats naturales o la rotación de cultivos. Algunas prácticas sencillas, como la incorporación de setos naturales o la creación de áreas de descanso para polinizadores, han tenido efectos muy positivos. Según Portal Ambiental (2021), una polinización adecuada puede aumentar el rendimiento agrícola hasta en un 24%, lo que refuerza la importancia de proteger y fomentar la presencia de polinizadores en las explotaciones agrícolas (Portal Ambiental, 2021).

La calidad del suelo también es un pilar fundamental para la sostenibilidad a largo plazo. En este caso, se utilizan indicadores como el contenido de materia orgánica, la capacidad de retención de agua o el nivel de erosión.

Por último, el uso de energía en tareas agrícolas como el riego, la mecanización o el transporte también se ha convertido en un indicador clave. Cada vez más fincas están optando por sistemas de energía renovable, como los paneles solares, para reducir tanto el impacto ambiental como los costes operativos. En este sentido, el “Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030”, elaborado por el Ministerio para la Transición Ecológica, establece como objetivo una reducción del 23% en las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a los niveles de 1990, así como alcanzar un 32% de energías renovables sobre el consumo total de energía final bruta (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico., 2021).

2.2.2 Indicadores Económicos

La sostenibilidad económica evalúa la viabilidad financiera de las actividades agrícolas, asegurando que estas sean rentables y competitivas a largo plazo.

Uno de los indicadores más relevantes es el coste de producción, que analiza los gastos asociados a la producción agrícola, incluyendo insumos, mano de obra y energía. Una reducción de los costos sin comprometer la calidad o el rendimiento de los cultivos es esencial para alcanzar la sostenibilidad económica.

Otro aspecto fundamental es la rentabilidad, entendida como la relación entre los costos asociados a la producción agrícola y los ingresos obtenidos. Este indicador es crucial para garantizar que las actividades agrícolas puedan mantenerse en el tiempo, incluso frente a fluctuaciones del mercado o por problemas climáticos. En este sentido, estrategias como la certificación ecológica o la diferenciación del producto en el mercado, por ejemplo, mediante etiquetas de calidad o denominaciones de origen, han permitido a muchas explotaciones aumentar su margen de beneficio al acceder a consumidores dispuestos a pagar un precio más justo (Gómez, 2022).

Finalmente, la productividad del cultivo es un indicador económico que mide la cantidad de producto obtenida por unidad de superficie cultivada. Este indicador cobra aún más importancia en zonas donde los recursos naturales, como el agua o el suelo fértil, son escasos. Incrementar la producción sin aumentar el consumo de recursos no solo supone una ventaja económica, sino que también contribuye a la sostenibilidad general del sistema agrícola.

2.2.3 Indicadores Sociales

Los indicadores sociales permiten analizar el impacto que tiene la actividad agrícola en las personas y comunidades que dependen de ella. Este tipo de sostenibilidad subraya aspectos como la calidad de vida, la equidad y la cohesión social, todos ellos fundamentales para el desarrollo equilibrado del medio rural (Gómez, 2022).

Las condiciones laborales es uno de los principales indicadores sociales, ya que la sostenibilidad social implica garantizar condiciones laborales dignas para los trabajadores agrícolas, como salarios justos, horarios razonables y entornos laborales seguros. Estas condiciones ayudan a fortalecer la estabilidad de las comunidades rurales, evitando el abandono de las zonas rural.

La seguridad alimentaria es otro aspecto clave. Este indicador se refiere a la capacidad de las comunidades para acceder a alimentos suficientes, nutritivos y culturalmente adecuados, garantizando no solo el abastecimiento, sino también la autonomía local. Además, fomenta la autosuficiencia local y reduce la dependencia de importaciones, fortaleciendo los sistemas de producción locales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2025).

Por último, la cohesión social también forma parte del enfoque sostenible. Se puede observar en iniciativas que facilitan el acceso a formación, el desarrollo de infraestructura básica o la participación activa de los agricultores en cooperativas y redes comunitarias. Todas estas acciones no solo benefician directamente a quienes producen, sino que contribuyen a un modelo de desarrollo rural más inclusivo, participativo y sostenible.

2.3. Los Cultivos

2.3.1 Los Olivos

Para entender las innovaciones que pueden mejorar la sostenibilidad en el cultivo de olivos, es fundamental comprender las características y el manejo de este árbol. El olivo cultivado es un árbol de tamaño medio, y de los cultivos oleaginosos más importantes de Europa. Es un árbol típico de climas suaves que florece con abundancia durante mayo o junio, cuando la temperatura media alcanza los 18 grados. Los olivos tienen unas hojas de color verde oscuro, que tienen tricomas especiales, una capa gruesa con pelos aparasolados, en la parte inferior de ellas. Este árbol se caracteriza por su gran longevidad, pudiendo vivir cientos de años, y por alcanzar la madurez entre los 5 y los 8 años, momento en que entra en la fase adulta y adquiere la capacidad de producir frutos (Moreno-Alías, 2010). En la etapa juvenil, como podemos observar en la Figura 2, el olivo presenta un tronco más claro y fino, además de hojas más cortas, mientras que en su fase adulta puede alcanzar una altura de 4 a 6 metros. Su tronco envejecido, de corteza gruesa y retorcida, le otorga un aspecto robusto y característico.



Figura 2: Olivos en la etapa juvenil en un sistema de cultivo superintensivo

Fuente: Elaboración propia

Una vez alcanzada esa madurez, el fruto del olivo comienza a crecer. El fruto del olivo, la aceituna, es una drupa pequeña con una única semilla, que pasa del color verde mientras crece hasta convertirse en un morado oscuro o negro en la madurez (Barranco, 2017).

Este fruto, de extraordinario valor económico, tiene dos diferentes finalidades dependiendo en gran medida del tamaño y la forma. Normalmente, las aceitunas con cáscara más gruesa y de mayor tamaño se utilizan como aceitunas de mesa. Estas no se consumen de manera directa, ya que deben someterse a un proceso de curado para eliminar compuestos amargos. Por otro lado, las aceitunas más pequeñas, con menos pulpa y mayor contenido de aceite en su interior, se destinan a la producción de aceite. En este caso, el fruto se tritura y se somete a un proceso de batido a baja velocidad y a temperaturas controladas (20-27°C). Posteriormente, se separan los componentes sólidos, se realiza una extracción en frío y finalmente se filtra el aceite. La calidad del aceite varía dependiendo del punto de maduración en el que se recojan las aceitunas. Cuanto más maduras estén las aceitunas, menor será la calidad “virgen” del aceite obtenido. El aceite de oliva virgen extra, por ejemplo, se elabora a partir de aceitunas recolectadas en su punto justo de madurez, cuando están mayoritariamente verdes, pero con algo de color morado o negro (Mas Candela, 1991).

Existen diferentes variedades de olivos que se distribuyen en zonas geográficas específicas y presentan características particulares que influyen en el destino final del fruto, ya sea para la producción de aceite de oliva o para su consumo como aceitunas de mesa. Cada variedad está adaptada a las condiciones particulares de su entorno, lo que determina no solo su rendimiento, sino también las propiedades del aceite o las características organolépticas de las aceitunas que producen (Barranco, 2017)

La variedad Picual es la más extensa y se dedica principalmente a la producción de aceite de oliva de alta calidad. Se cultiva principalmente en Jaén, Córdoba y Granada, y destaca por su alto rendimiento en almazara y su resistencia al clima adverso. Su aceite es conocido por su estabilidad y por contener altos niveles de antioxidantes naturales.

La Hojiblanca, por su parte, se cultiva tanto para la producción de aceite como para la obtención de aceitunas de mesa. Esta variedad se encuentra ampliamente distribuida en

la provincia de Córdoba. Su versatilidad la hace adecuada para diferentes tipos de cultivo y aplicaciones, destacándose por un equilibrio entre calidad y productividad.

La Cornicabra, segunda en extensión cultivada a nivel nacional, se utiliza sobre todo para la producción de aceite. Es típica de zonas del centro peninsular, como Albacete, Ávila, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, Madrid y Toledo, y su aceite se caracteriza por su sabor intenso y su buena conservación.

Por último, la Arbequina es la variedad predominante en los sistemas de cultivo superintensivo. Se distingue por su elevada productividad y por su resistencia tanto a la sequía como al frío. Se cultiva sobre todo en Barcelona, Gerona, Tarragona y Baleares, y produce un aceite suave y afrutado, muy valorado especialmente en mercados internacionales.

El proceso de plantación de olivos comienza con la evaluación del tipo de terreno, ya que factores como la pendiente del suelo influyen en la disposición y densidad de los árboles. La preparación del terreno es un paso esencial para asegurar el éxito del cultivo. En suelos más secos, se recomienda realizar una plantación profunda para garantizar que los olivos se desarrollen adecuadamente. Existen tres sistemas principales de plantación según la densidad de árboles y las prácticas de manejo: tradicional, intensivo y superintensivo.

En el sistema tradicional, los olivos se plantan con una separación de 7 a 8 metros entre cada árbol, lo que permite un desarrollo completo de la planta, pero limita la densidad por hectárea. Este método es característico de zonas con un enfoque más tradicional y menor mecanización. En contraste, el sistema intensivo incrementa la densidad de plantación al reducir la distancia entre árboles a 3,5-5 metros. Este método utiliza variedades más pequeñas y productivas, permitiendo una mayor eficiencia y facilitando la mecanización, siendo común en las áreas dedicadas a la producción de aceite de oliva. Finalmente, el sistema superintensivo reduce aún más las distancias, situándolas entre 1,5 y 2,5 metros, lo que permite alcanzar densidades extremadamente altas y resulta especialmente eficiente en recolección mecanizada. (Barranco, 2017)

Una vez que el terreno ha sido preparado y se ha seleccionado el sistema de plantación, el siguiente paso es la colocación de los plántones. Este proceso se realiza de forma manual, cavando hoyos de aproximadamente 50 centímetros de profundidad y ancho para

introducir las plantas jóvenes. Aunque este método resulta preciso y se adapta bien a determinados tipos de suelo, en la actualidad ha sido en gran medida sustituido por sistemas de plantación mecanizada. Estas máquinas, diseñadas específicamente para esta tarea, perforan el suelo y colocan los plántones de forma automática, garantizando una alineación precisa y el cumplimiento exacto de las distancias establecidas. Esto permite optimizar tanto el tiempo como los recursos empleados, especialmente en plantaciones de tipo superintensivo.

El cuidado posterior de los olivos es crucial para garantizar su desarrollo saludable y su productividad. Una de las prácticas fundamentales es la poda, que se realiza tanto para dar forma al árbol durante sus primeros años como para mantener una estructura adecuada que facilite la recolección en sistemas mecanizados. En la poda de formación, se eliminan las ramas superiores y se controla el crecimiento de la copa para permitir un acceso más eficiente de la maquinaria de cosecha. Además, el riego y la fertilización desempeñan un papel esencial. Aunque en los primeros años no suele ser necesario el uso de fertilizantes si el suelo tiene una buena calidad, la aplicación de agua es fundamental para acelerar el desarrollo inicial del árbol. En etapas posteriores, un análisis foliar permite identificar las necesidades específicas de nutrientes, ajustando el sistema de abonado para mantener una producción sostenible (Barranco, 2017).

La conservación del suelo es otro aspecto clave para el manejo de los olivares, especialmente en terrenos con pendientes pronunciadas superiores al 10 %, comunes en áreas como Córdoba. La erosión del suelo, agravada por la escorrentía durante lluvias intensas, representa un desafío significativo. Este problema puede mitigarse mediante el establecimiento de márgenes multifuncionales en las lindes y vaguadas, que estabilizan el terreno y reducen el arrastre de sedimentos. Asimismo, el control del tránsito de maquinaria ayuda a evitar la compactación del suelo, favoreciendo su capacidad de infiltración y preservando su fertilidad (López-Gálvez, 1998).

La cosecha de aceitunas varía según su destino final, ya sea para la producción de aceite o para el consumo como aceitunas de mesa. Las aceitunas destinadas al aceite se recolectan generalmente en la fase de envero, que tiene lugar entre finales de septiembre y noviembre. Durante este periodo, los frutos alcanzan su máxima concentración de aceite y compuestos fenólicos, fundamentales para la calidad y las características sensoriales del producto final. Por otro lado, las aceitunas de mesa se cosechan en diferentes etapas de

maduración dependiendo del tipo: las verdes antes de madurar, las enveradas cuando están parcialmente maduras y las negras una vez alcanzadas la madurez completa, generalmente entre noviembre y diciembre.

El proceso de recolección puede realizarse de forma manual o mecanizada. La cosecha manual, aunque garantiza una mayor calidad al preservar la integridad de los frutos y las plantas, es menos eficiente debido al elevado coste de la mano de obra. Por este motivo, en la actualidad predomina la recolección mecanizada, que utiliza tecnologías como vibradores y sacudidores para desprender los frutos de los árboles de manera eficiente. Aunque la mecanización optimiza los tiempos y recursos, sigue siendo fundamental aplicarla de forma profesional para garantizar la calidad del producto. Sin embargo, la recolección manual aún persiste en ciertos contextos, especialmente cuando se prioriza la tradición y el cuidado minucioso de los árboles (Barranco, 2017).

2.3.2 *Los Naranjos*

Para comprender las innovaciones que se pueden implementar en el cultivo de naranjas para mejorar su sostenibilidad, es fundamental conocer las características principales de este árbol. El naranjo es un árbol frutal de tamaño medio, perennifolio, perteneciente a la familia de las rutáceas. Es una de las especies de cítricos más importantes a nivel mundial, conocida tanto por su fruta fresca como por la producción de jugos. Los naranjos se distinguen por sus hojas ovaladas, de color verde oscuro y brillante, que permanecen en el árbol durante todo el año, facilitando una actividad fotosintética constante. Sus flores, conocidas como azahar, son pequeñas, blancas y de intenso aroma, floreciendo típicamente en primavera (Gómez Córcoles, 1994).

Una vez que el árbol florece, el fruto comienza su desarrollo. La naranja es un hesperidio, un tipo de baya caracterizada por una cáscara externa gruesa y segmentada, que protege una pulpa jugosa dividida en gajos. Durante su crecimiento, las naranjas cambian de un color verde a un naranja brillante al alcanzar la madurez. Este proceso está influenciado por factores como la temperatura y el fotoperiodo, siendo el otoño y el invierno las estaciones más propicias para la cosecha. En este análisis, nos centraremos en los naranjos dulces (*Citrus sinensis*), cuya fruta es ampliamente apreciada tanto para el consumo fresco como para la elaboración de jugos (de Mora, 1922).

El naranjo dulce es la especie de cítrico más extendida a nivel mundial, y también la que proporciona las mayores producciones comerciales. Este árbol, robusto y adaptable, puede alcanzar alturas de entre 5 y 10 metros en su etapa adulta, dependiendo de la variedad y de las condiciones climáticas. España es el cuarto productor mundial de este cítrico, con más de 300,000 hectáreas dedicadas a su cultivo. En la Figura 3, se muestra una plantación de naranjos dulces en Andalucía una de las principales regiones productoras. Estas zonas cuentan con condiciones climáticas ideales, caracterizadas por inviernos suaves, veranos soleados y precipitaciones moderadas, que garantizan un desarrollo óptimo del cultivo. Sevilla, en particular, destaca por su tradición y relevancia en la producción de naranjas, contribuyendo significativamente a la economía agrícola local (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021) (Gil, 1895).



Figura 3: Plantación de naranjos dulces en Andalucía

Fuente: Elaboración propia

Existen numerosas variedades de naranjo dulce, pero algunas destacan por su relevancia comercial y sus características específicas. La Washington Navel es reconocida por sus frutos grandes, de alta calidad y fácil pelado, con un "ombbligo" distintivo que facilita su identificación. Es especialmente valorada para el consumo fresco debido a su sabor dulce y textura jugosa. La Improved Navel, una mejora de la anterior se adapta mejor a ciertas condiciones climáticas, manteniendo las cualidades características de su predecesora (de Mora, 1922).

Otra variedad clave es la Valencia Late, apreciada por su producción tardía y alto contenido en jugo, lo que la hace ideal para la industria de jugos. Su período de recolección extendido asegura la disponibilidad de naranjas hasta el verano. Por su parte, la Naranja Roja, distintiva por su color interno rojizo, aporta diversidad al panorama varietal gracias a su sabor único y atractivo visual. Entre todas las variedades, las Navel y Valencia predominan en España debido a su rendimiento, versatilidad y adaptación a diferentes usos (Gil, 1895).

La preparación del terreno es un paso crucial para garantizar el éxito del cultivo de naranjos dulces. El suelo debe ser fértil, profundo, bien drenado y rico en materia orgánica, con un pH ideal entre 5.5 y 7.0. Antes de la plantación, es habitual realizar análisis del suelo para identificar posibles carencias de nutrientes y corregirlas con fertilización adecuada.

La distancia entre los naranjos al momento de la plantación es un factor determinante para su desarrollo y para la sostenibilidad del cultivo. En sistemas tradicionales, los árboles se plantan con una separación de 5-6 metros entre ellos y 6-7 metros entre las filas, asegurando suficiente espacio para el crecimiento de las raíces y la copa, así como para facilitar las labores de mantenimiento. En sistemas intensivos, las distancias se reducen a 3,5-5 metros entre árboles y 5-6 metros entre filas, aumentando así la densidad de plantación y maximizando la producción por hectárea. Sin embargo, el sistema superintensivo, común en otros cultivos como el olivo, no es viable para los naranjos debido a sus mayores requerimientos de espacio para un desarrollo saludable (Gil, 1895) (de Mora, 1922)

La plantación de naranjos dulces suele realizarse en primavera, entre marzo y mayo, aprovechando las condiciones climáticas favorables. Existen dos métodos principales para esta tarea: manual y mecanizado. En el método manual, se cavan hoyos de 40-60 cm de profundidad, en los que se colocan los plantones, asegurando que el cuello de la raíz quede a nivel del suelo. Las raíces se distribuyen uniformemente y se cubren con tierra ligeramente compactada para evitar la formación de bolsas de aire. Finalmente, se realiza un riego abundante para garantizar el buen contacto entre las raíces y el suelo. En la plantación mecanizada, se utilizan máquinas equipadas con tecnología GPS o láser que perforan el suelo y colocan los plantones de manera precisa, lo que permite una mayor eficiencia y rapidez, especialmente en sistemas intensivos.

La cosecha de los naranjos dulces es una etapa crítica, ya que el momento y el método de recolección influyen directamente en la calidad del fruto. Las variedades Navel se recolectan entre noviembre y febrero, mientras que las Valencia Late se cosechan más tarde, extendiendo la temporada hasta junio. El momento óptimo de cosecha se determina considerando factores como el color, el contenido de azúcar, la acidez y la firmeza del fruto (Caballero, 2007).

El método de cosecha varía según el sistema de cultivo y el destino del producto. En la cosecha manual, los frutos se cortan cuidadosamente con tijeras de podar, dejando un pequeño tallo adherido para evitar daños en la cáscara. Este método, aunque más lento y costoso, es ideal para las naranjas destinadas al consumo fresco, ya que garantiza su calidad y apariencia. Por otro lado, en sistemas intensivos, se utiliza la cosecha mecanizada, que emplea vibradores para desprender los frutos de las ramas. Aunque este método es más eficiente, presenta mayores riesgos de dañar los frutos, por lo que suele reservarse para naranjas destinadas a la industria de jugos.

Tras la recolección, las naranjas pasan por un proceso de postcosecha en el que se lavan, clasifican y, en algunos casos, reciben tratamientos protectores naturales, como la aplicación de ceras biodegradables, para prolongar su vida útil. Este cuidado es especialmente importante para las naranjas destinadas a la exportación, ya que deben conservar su calidad durante el transporte y el almacenamiento (González Minero, 1999)

En resumen, el cultivo del naranjo dulce en España no solo representa una importante actividad económica, sino también un ejemplo de cómo las prácticas agrícolas sostenibles pueden mejorar la productividad, preservar los recursos naturales y satisfacer las demandas del mercado internacional.

3. CASO DE ESTUDIO: OLIVOS Y NARANJAS EN EL SUR DE ESPAÑA

3.1. Tendencias e Innovación en la Industria Agrícola

En las últimas décadas, el sector agrícola ha experimentado un cambio significativo impulsado por tres motivos principales, la necesidad de aumentar la productividad, optimizar el uso de los recursos y minimizar el impacto ambiental. Este cambio ha sido posible en gran parte gracias a la llegada de nuevas soluciones tecnológicas, impulsadas por lo que hoy se conoce como agricultura 4.0, un conjunto de herramientas digitales que permiten modernizar y automatizar muchos de los procesos del campo.

Como se observa en la Figura 4, el sistema de riego automático se posiciona como la tecnología más relevante en la agricultura actual, con una tasa de adopción del 17% entre los productores. Este dato refleja una creciente preocupación por la eficiencia en el uso del agua, algo especialmente relevante en cultivos como el olivar o los cítricos. En cuanto a tecnologías como los sensores de suelo, nutrientes o temperatura, su adopción alcanza el 14,1%, lo que pone de manifiesto la importancia de contar con herramientas precisas de monitoreo, tanto para el estado del suelo como para una mejor gestión de la fertilización (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA], 2024).

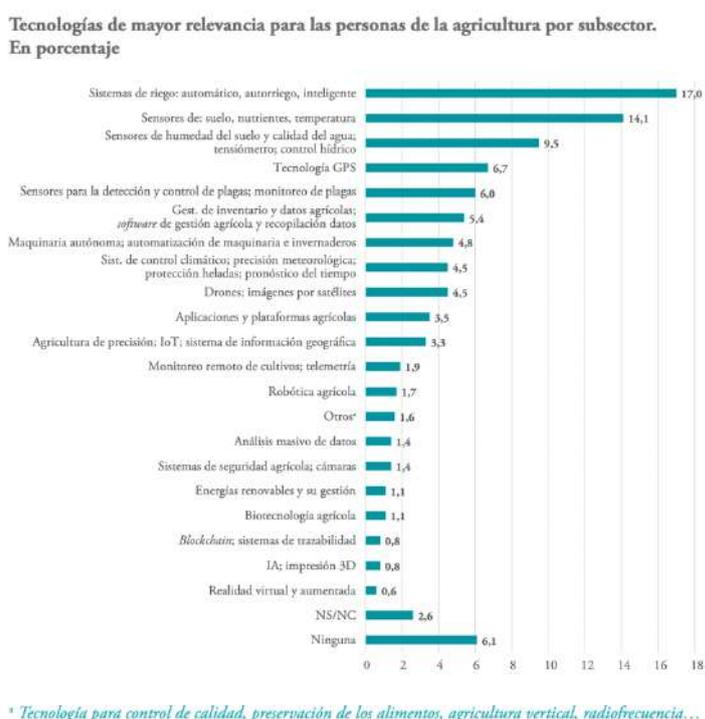


Figura 4: Tecnologías de mayor relevancia para las personas de la agricultura por subsector, en porcentaje

Fuente: (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA], 2024).

Además del riego y los sensores de suelo, otras tecnologías como la tecnología GPS (6,7%), el monitoreo de plagas (6,0%) y la automatización de maquinaria (4,8%) han adquirido una relevancia creciente en la modernización del sector. Estas herramientas han permitido mejorar la eficiencia en las tareas de cosecha, aplicación de insumos y gestión de los cultivos, reduciendo la necesidad de mano de obra y aumentando la precisión en la toma de decisiones.

Tal y como se observa en la Figura 5, estas innovaciones tecnológicas varían en importancia según el tipo de cultivo. En el caso del olivar, un 13,6% de los productores considera el riego automatizado como una herramienta fundamental para ganar eficiencia. Además, un 7,8% destaca el uso de tecnología GPS como clave para planificar y optimizar las labores agrícolas. En el caso de los frutales cítricos, la tendencia es aún más clara, un 23,6% de los agricultores identifica el riego automatizado como la tecnología más valiosa, y un 14,8% señala los sensores de suelo como decisivos para una mejor gestión de la fertilización y la salud del terreno (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA], 2024).

Tecnologías de mayor relevancia para las personas de la agricultura por subsector. En porcentaje

	Cultivos herbáceos	Cultivos industriales	Frutales cítricos	Frutales no cítricos	Hortalizas y flores	Olivar	Tubérculos	Vitífera	Otros	Total
Sistemas de riego: automático, autorriego e inteligente	15,5	17,2	23,6	17,1	23,5	13,6	15,4	15,0	21,0	17,0
Agricultura de precisión/IoT/sist. de información geográfica	2,4	0,0	1,9	5,9	3,4	2,1	0,0	2,8	3,4	3,3
Drones e imágenes por satélites	5,7	7,8	2,8	5,4	5,6	3,9	12,8	3,2	4,0	4,5
Gestiones de inventario y datos agrícolas y software de gestión agrícola; recopilación de datos y ordenadores para su recopilación	4,5	9,4	4,2	6,2	3,1	5,3	2,6	7,1	5,7	5,4
Tecnología GPS	11,6	6,3	6,0	4,1	5,0	7,8	15,4	4,3	5,1	6,7
IA/Impresión 3D	0,6	1,6	0,5	0,8	0,6	1,4	0,0	0,8	0,8	0,8
Sensores de suelo; sensores de nutrientes del suelo; sensores de temperatura de suelo; sensores de maduración	8,3	7,8	14,8	12,9	13,3	16,1	7,7	13,0	13,6	14,1
Sensores de humedad del suelo; control hídrico; sensores de calidad del agua; tensión etra	9,8	6,3	13,9	11,4	11,1	8,3	17,9	10,7	7,9	9,5
Maquinaria autónoma; automatización de maquinaria; automatización de invernaderos	5,4	1,6	3,7	3,4	5,3	5,1	0,0	4,0	4,8	4,8
Monitoreo remoto de cultivos; telemetría	2,7	4,7	1,4	0,3	1,9	1,6	2,6	2,8	1,1	1,9
Robótica agrícola	1,8	4,7	1,4	1,8	3,1	0,7	0,0	2,0	1,1	1,7
Sistemas; sensores para la detección y control de plagas y monitoreo de plagas	5,7	0,0	5,6	5,4	3,7	6,5	2,6	5,9	4,5	4,5

Figura 5: Tecnologías de mayor relevancia para la agricultura según tipo de cultivo, en porcentaje

Fuente: (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA], 2024).

En la Figura 6 permite analizar la distribución geográfica de la adopción de tecnologías en el sector agrícola, y en el caso de Andalucía, esta región destaca por la implementación de diversas herramientas de mecanización y digitalización en sus cultivos. Andalucía ha incorporado de manera creciente sistemas tecnológicos que optimizan la gestión agrícola y reducen costos operativos. En particular, el 5,7% de los agricultores andaluces consideran los sensores para la detección y control de plagas como una tecnología clave, lo que evidencia la preocupación del sector por mejorar la protección de los cultivos contra agentes externos.

Tecnologías de mayor relevancia para las personas de la agricultura por territorio. En porcentaje

	Andalucía	Aragón	P. de Asturias	I. Baleares	Canarias	Cantabria	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Cataluña	Com. Valenciana	Extremadura	Galicia	Com. de Madrid	Reg. de Murcia	Com. Foral de Navarra	País Vasco	La Rioja	Total
Sistemas/sensores para la detección y control de plagas/monitoreo de plagas	5,7	3,8	0,0	6,7	7,5	16,7	5,6	8,3	4,4	5,2	7,3	5,4	11,1	9,0	6,7	5,3	0,0	4,5
Aplicaciones y plataformas agrícolas: comercio electrónico, facturación, contabilidad...	3,8	2,9	0,0	10,0	5,0	8,3	3,1	4,2	1,8	3,2	4,2	1,8	0,0	3,8	3,3	0,0	6,5	3,5
Sistemas de seguridad agrícola/cámaras	1,2	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,9	0,0	0,9	2,1	0,9	5,6	1,3	0,0	5,3	6,5	1,4
Realidad virtual/realidad aumentada	0,5	1,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,5	1,4	0,0	0,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	0,6
Sistemas de control climático/precisión meteorológica/protección heladas/pronóstico del tiempo	3,8	4,8	0,0	0,0	2,5	0,0	3,6	6,9	2,7	4,3	6,3	4,5	0,0	7,7	6,7	15,8	6,5	4,5
Análisis masivo de datos	1,4	1,9	7,7	3,3	0,0	0,0	1,0	0,9	1,8	1,2	1,0	2,7	0,0	1,3	3,3	0,0	3,2	1,4
Biotecnología agrícola	0,9	1,9	0,0	0,0	2,5	0,0	0,5	1,9	0,9	0,6	1,0	1,8	0,0	0,0	6,7	5,3	0,0	1,1
Blockchain/sistemas de trazabilidad	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,9	1,8	0,9	2,1	1,8	0,0	1,3	3,3	0,0	3,2	0,8
Energías renovables/gestión de energías renovables	1,4	0,0	7,7	3,3	0,0	0,0	2,0	1,4	0,0	0,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	1,1
Otros: tecnología para control de calidad, preservación de los alimentos, agricultura vertical, radiofrecuencia...	1,9	0,0	0,0	3,3	7,5	0,0	2,0	0,9	0,9	1,2	2,1	0,9	0,0	3,8	0,0	5,3	0,0	1,6
Ninguna	5,7	2,9	7,7	6,7	2,5	8,3	10,2	0,9	3,5	12,8	1,0	0,9	0,0	7,7	10,0	0,0	3,2	6,1
NS/NC	3,3	4,8	0,0	3,3	10,0	8,3	2,6	0,0	1,8	3,8	0,0	0,9	5,6	0,0	0,0	0,0	3,2	2,6

Figura 6: Tecnologías de mayor relevancia para las personas de la agricultura por territorio. En porcentaje

Fuente: (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA], 2024).

Estos datos reflejan que tecnologías como el riego automatizado, los sensores de suelo y clima, y los sistemas GPS están ganando protagonismo en la región. Su implementación está permitiendo a los agricultores mejorar la eficiencia de sus explotaciones y avanzar hacia modelos más sostenibles. Además, la integración de plataformas digitales de gestión agrícola ha fortalecido la capacidad de adaptación del sector ante desafíos como el cambio climático o la inestabilidad en los precios de suministros agrícolas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA], 2024).

3.2 Innovaciones Sostenibles en los Cultivos

3.2.1 Riego de precisión y Gestión del Agua

La implementación del riego por goteo, en combinación con sensores de humedad en el suelo, ha supuesto una mejora notable en el uso eficiente del agua, especialmente en zonas donde este recurso es limitado. Gracias a estas tecnologías, los agricultores pueden aplicar el riego de forma mucho más precisa, ajustándolo a las necesidades reales del cultivo, lo que ayuda a reducir el consumo sin afectar la productividad (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.).

En los últimos años, la gestión del agua en la agricultura ha sido uno de los principales retos para garantizar la sostenibilidad y rentabilidad del sector. La sequía prolongada que ha afectado a la península ibérica desde 2022 ha tenido un impacto directo en la oferta y rendimiento de las cosechas, particularmente en las zonas con menor acceso a infraestructuras de riego. Como se observa en la Figura 7, la superficie de regadío en España experimentó un notable crecimiento entre 2004 y 2021, alcanzando un máximo de 3,9 millones de hectáreas en 2021. Sin embargo, la reducción de los recursos hídricos disponibles ha supuesto un ligero retroceso del 4,4% en la superficie regada entre 2021 y 2023, lo que ha impactado en la producción agrícola (CaixaBank Research, 2024).

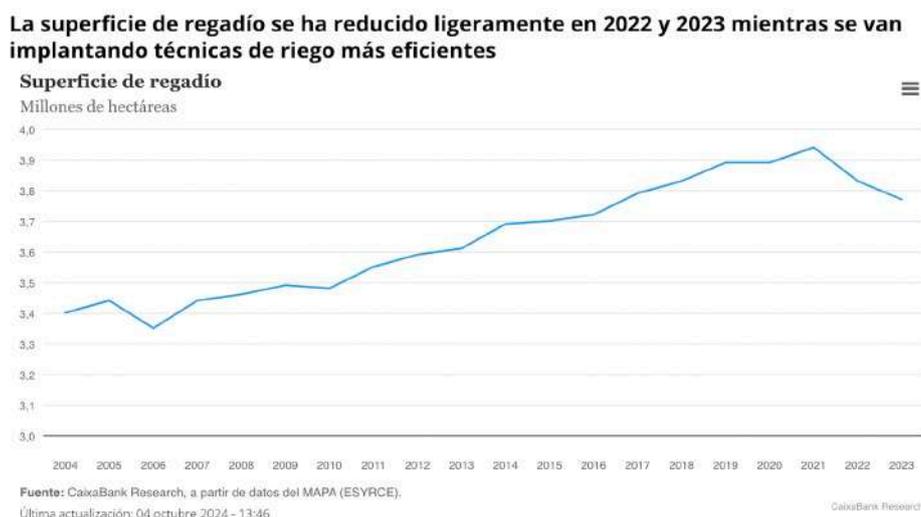


Figura 7: Evolución de la superficie de regadío

Fuente: (CaixaBank Research, 2024)

En este contexto, la innovación en el riego ha cobrado un papel crucial en la adaptación del sector a las nuevas condiciones climáticas. La modernización de los sistemas de riego

ha permitido optimizar el uso del agua, asegurando así un rendimiento superior sin afectar a la productividad. Dentro de esta evolución, conviene distinguir los tres métodos principales de riego empleados actualmente en el campo español: el riego por goteo, el riego por gravedad y el riego por aspersión.

El riego por goteo, también conocido como riego localizado, funciona a través de una red de tuberías y emisores que aplican pequeñas cantidades de agua directamente en la base de cada planta, de forma continua o intermitente. Este sistema se diferencia de otros como el riego por gravedad, que aprovecha la pendiente del terreno para distribuir el agua, o el riego por aspersión, que simula la lluvia utilizando boquillas o aspersores (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2006).

En comparación, el goteo destaca por su eficiencia hídrica: evita pérdidas por escorrentía o evaporación, comunes en el riego por gravedad, y además reduce el riesgo de enfermedades en las hojas, algo frecuente en el riego por aspersión, ya que no moja la parte aérea del cultivo. Por todo ello, se ha convertido en una de las técnicas más recomendadas en contextos de estrés hídrico como el que vive gran parte del campo español (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1990). Como se aprecia en la Figura 8, este sistema se instala al pie de cada árbol, como en este caso en el que se observa los olivos con una tubería de goteo, en este caso negro, emergiendo desde el suelo para asegurar un riego eficiente y localizado.



Figura 8: Sistema de riego por goteo instalado en olivos superintensivos

Fuente: Elaboración propia

Como se ilustra en la Figura 9, el riego por gravedad, que tradicionalmente representaba una parte significativa del regadío español, ha ido disminuyendo progresivamente en favor de sistemas más eficientes, como el riego localizado, que ya representa el 87,8% de la superficie de regadío.

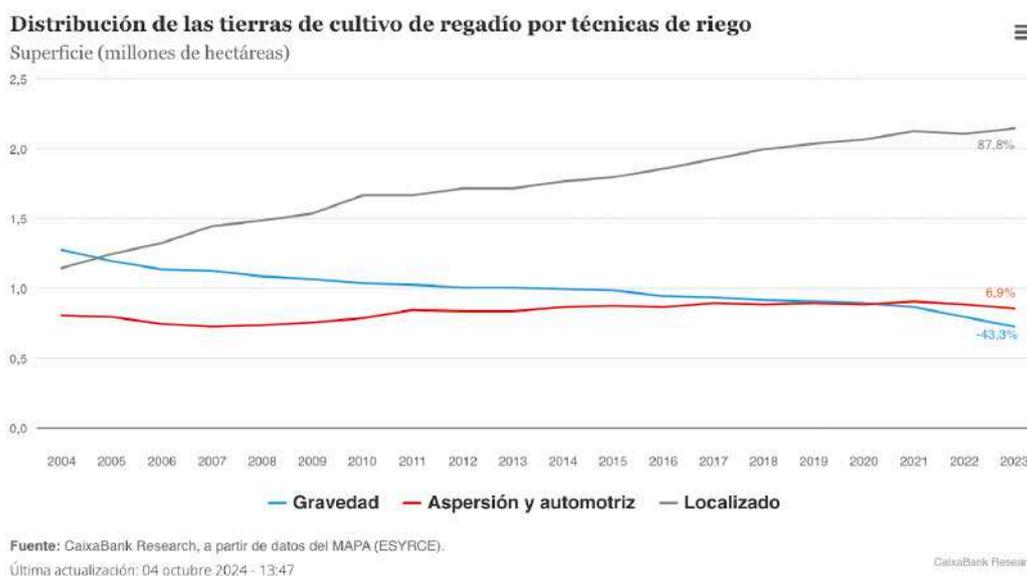


Figura 9: Evolución de las técnicas de riego en España

Fuente: (CaixaBank Research, 2024)

La modernización del regadío ha sido una prioridad para las políticas agrícolas en España, dado el impacto de las fluctuaciones del clima, caracterizado por precipitaciones más irregulares, temperaturas extremas y sequías más frecuentes e intensas. En este sentido, el Gobierno ha puesto en marcha el plan de modernización de regadíos, con una inversión público-privada superior a 2.400 millones de euros entre 2022 y 2027, destinado a mejorar la eficiencia en el uso del agua y garantizar la sostenibilidad del sector agrario (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2024).

a) Riego de Precisión en los Olivos

En los últimos años, el cultivo del olivo en España ha experimentado un crecimiento significativo en la superficie regada, consolidándose como el cultivo con mayor extensión de riego en el país. En 2023, la superficie regada de olivar alcanzó las 874.564 hectáreas, lo que representa un 31,37% del total de su superficie cultivada. Este incremento ha sido notable en la última década, con un crecimiento del 18,3% en comparación con 2013,

cuando la superficie regada se situaba en 739.174 hectáreas (Ministerio de Agricultura, 2023).

En la Figura 10 y 11 podemos ver que el riego localizado, particularmente el sistema de riego por goteo ha sido el método predominante en la gestión hídrica del olivar, representando más del 95% de la superficie regada en 2023, con 836.284 hectáreas, lo que supone un incremento del 1,13% respecto a 2022. A pesar del descenso experimentado en 2022 debido a la severa sequía que afectó a gran parte del país, este sistema ha continuado su crecimiento constante, con una expansión de 134.078 hectáreas desde 2013. La eficiencia del riego localizado ha permitido optimizar el uso del agua y mejorar la productividad del cultivo, minimizando pérdidas por evaporación y filtración profunda.

Tipos de Regadío	Superficie (ha)											Variaciones (%)	
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2023/22	2023/Prom.13-22
Gravedad	35.816	36.680	40.903	39.224	41.730	40.466	42.499	41.166	40.418	36.945	35.329	-4,37%	-10,75%
Aspersión+Automotriz	1.152	897	1.118	2.335	2.920	3.056	2.307	2.455	3.327	2.818	2.951	4,71%	31,84%
Localizado	702.206	702.935	706.687	725.364	740.209	774.983	792.682	808.608	831.785	826.972	836.284	1,13%	9,86%
TOTAL	739.174	740.511	748.708	766.923	784.859	818.505	837.488	852.229	875.531	866.736	874.564	0,90%	8,90%

Figura 10: Tabla de evolución de la superficie regada del Olivar

Fuente: (Ministerio de Agricultura, 2023)



Figura 11: Evolución de la superficie regada del Olivar

Fuente: (Ministerio de Agricultura, 2023)

b) Riego de Precisión en los Naranjos

En las plantaciones de las naranjas también vemos un crecimiento hacia el uso de riego localizado. Como vemos en la Figura 12 y 13, en 2023, la superficie regada de frutales cítricos en España alcanzó 283.220 hectáreas, mostrando una estabilidad en comparación con el año anterior. Sin embargo, se observa una clara tendencia hacia la tecnificación de los sistemas de riego, con un predominio del riego localizado, que representa el 85,9% del total de la superficie de cítricos regada.

La evolución de los sistemas de riego en los cítricos ha seguido una trayectoria similar a la observada en el olivar. Tradicionalmente, el riego por gravedad tenía una presencia notable en estos cultivos, pero ha experimentado una reducción del 18,76% en los últimos años, situándose en 39.136 hectáreas en 2023. Por otro lado, el riego por aspersión y automotriz, aunque menos extendido, ha crecido de manera significativa, con un incremento del 156,64% en los últimos 10 años, alcanzando 798 hectáreas en 2023 (Ministerio de Agricultura, 2023). Este aumento, aunque en menor proporción que el localizado, refleja la incorporación de nuevas estrategias para optimizar el uso del agua en el sector cítrico.

Tipos de Regadío	Superficie (ha)											Variaciones (%)	
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2023/22	2023/Prom.13-22
Gravedad	55.316	52.363	51.593	49.730	48.670	47.836	46.206	44.823	44.002	41.212	39.136	-5,04%	-18,76%
Aspersión+Automotriz	258	273	273	245	272	321	284	242	233	708	798	12,68%	156,64%
Localizado	227.973	227.247	226.399	226.367	226.364	235.616	240.192	242.868	242.862	241.314	243.285	0,82%	4,10%
TOTAL	283.546	279.883	278.265	276.341	275.307	283.773	286.682	287.734	287.096	283.234	283.220	-0,01%	0,37%

Figura 12: Tabla de evolución de la superficie regada de los Cítricos

Fuente: (Ministerio de Agricultura, 2023)

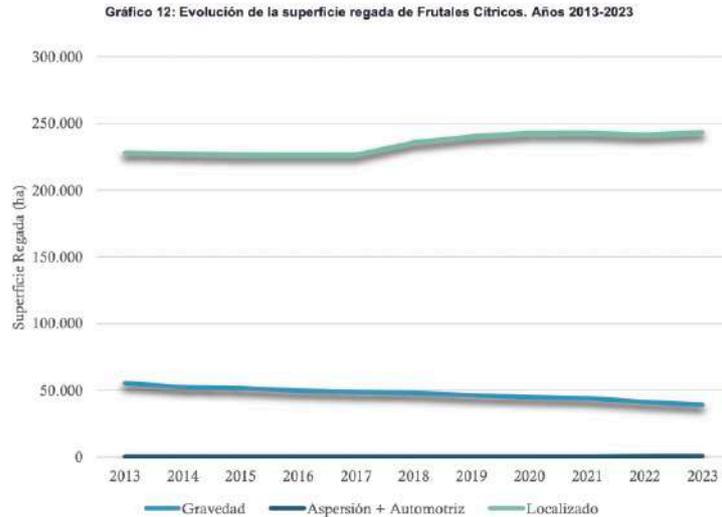


Figura 13: Evolución de la superficie regada de los Cítricos

Fuente: (Ministerio de Agricultura, 2023)

En Andalucía, comunidad que lidera la producción de naranjas en España, la adopción del riego localizado ha sido clave para mejorar la productividad. La modernización de los sistemas de riego en la región se ha visto impulsada por programas de inversión pública y privada, orientados a la sostenibilidad del sector agrícola en un contexto de creciente escasez hídrica.

3.2.2 Mecanización y Digitalización del Manejo

La mecanización y digitalización han revolucionado el sector agrícola, transformando procesos que anteriormente dependían en gran medida de la mano de obra manual y la experiencia empírica. La adopción de maquinaria avanzada ha permitido optimizar tareas esenciales como la plantación, poda y cosecha, reduciendo significativamente la necesidad de intervención humana y aumentando la eficiencia operativa. En este contexto, la mecanización ha sido clave para mejorar la productividad de cultivos estratégicos como el olivar y los cítricos, impulsando su competitividad en mercados nacionales e internacionales.

Uno de los mayores desafíos que enfrenta el sector agrícola en la actualidad es la escasez de mano de obra, un problema que ha impulsado la búsqueda de soluciones tecnológicas capaces de mantener los niveles de productividad sin depender exclusivamente del factor humano. La digitalización en la gestión de cultivos ha adquirido, por ello, un papel esencial. Gracias a ella, los agricultores pueden tomar decisiones basadas en datos

históricos y en información en tiempo real para tomar decisiones más acertadas, ajustando el uso de recursos de manera más precisa (Carrillo-Riofrío, 2021). Las plataformas digitales especializadas han facilitado, además, la programación de riegos y tratamientos fitosanitarios, lo que permite intervenir en el momento adecuado y con la cantidad exacta, optimizando costes y reduciendo el impacto ambiental.

Asimismo, la mecanización ha traído consigo beneficios en términos de eficiencia energética y sostenibilidad. El uso de tractores y cosechadoras equipados con sistemas de navegación autónoma ha permitido planificar mejor los desplazamientos en el campo, evitando compactaciones innecesarias del suelo y reduciendo el consumo de combustible. (Gómez, 2022). Según estudios recientes, la aplicación de estas tecnologías de agricultura puede reducir el uso de combustible agrícola en hasta un 20%, optimizando el trabajo en campo y contribuyendo a la reducción de la huella de carbono del sector agrícola (Invest, 2021).

En la Figura 14, se observa la distribución del uso de tractores en la agricultura por subsector y explotación. A pesar de los avances, aún existe una alta proporción de explotaciones que no utilizan ningún tipo de asistencia digital: el 62,6% en el caso de los olivares y el 59,7% en los frutales cítricos. Esta cifra pone de relieve el amplio margen de mejora que existe en la implementación de tecnologías de precisión. Por el contrario, un 11,3% de los olivares ya emplea tractores de nueva generación equipados con sistemas GPS, mientras que en el caso de los cítricos este porcentaje es del 7,7%, lo que refleja un avance progresivo en el proceso de digitalización.

Uso de tractor en agricultura por subsector y explotación. En porcentaje

	No emplea tractor	Tractor en uso actualizado con autoguiado	Tractor en uso actualizado con GPS	Tractor nuevo con asistencia GPS	Tractor nuevo con autoguiado	Tractor sin ningún tipo de asistencia digital
Cultivos herbáceos (n=383)	5,0	3,9	12,5	17,5	4,2	56,9
Cultivos industriales (n=91)	3,3	5,6	31,1	13,3	6,7	40,0
Frutales cítricos (n=312)	18,4	0,6	10,6	7,7	2,9	59,7
Frutales no cítricos (n=397)	13,9	3,5	8,6	13,6	4,0	56,3
Hortalizas y flores (n=393)	25,9	2,3	3,8	6,9	1,8	59,2
Olivar (n=392)	7,7	3,1	6,9	11,3	8,5	62,6
Tubérculos (n=47)	6,4	2,1	10,6	12,8	4,3	63,8
Vitícolo (n=272)	9,3	3,0	9,6	14,1	8,5	55,6
Otros (n=335)	14,6	2,4	6,3	12,8	2,1	61,8

Figura 14: Uso de tractores en la agricultura por subsector y explotación

Fuente: (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA], 2024).

Este avance ha sido particularmente relevante en modelos de producción intensivos y superintensivos, donde la mecanización ha supuesto una optimización real de los tiempos de trabajo, en especial durante la fase de cosecha. No obstante, el proceso de modernización del sector agrícola todavía se enfrenta a importantes desafíos. Entre ellos, destaca el elevado coste inicial de la maquinaria especializada, lo cual representa una barrera para muchas pequeñas y medianas explotaciones. Este hecho subraya la necesidad de establecer programas de apoyo y financiamiento que faciliten la adopción de estas tecnologías.

Para ilustrar el impacto de la mecanización en la agricultura andaluza, compartimos la experiencia del propietario de una explotación agrícola en Sevilla dedicada a los cultivos de olivos y naranjas. En su finca, la adopción de maquinaria especializada ha permitido mejorar significativamente la eficiencia de las tareas agrícolas. La plantación de olivos se ha optimizado gracias a una máquina que asegura una distribución uniforme de los árboles, mientras que el mantenimiento ha mejorado con el uso de podadoras mecánicas, las cuales regulan la altura de los árboles para facilitar la cosecha. Para la recolección de aceitunas destinadas a la producción de aceite de oliva, se emplea una máquina que sacude los árboles y recoge el fruto en un depósito interno, reduciendo el esfuerzo manual y optimizando los tiempos de trabajo. En la Figura 15 es posible visualizar todas las etapas del proceso. Sin embargo, en el caso de las aceitunas de mesa, la recolección sigue siendo manual debido a la necesidad de preservar su calidad. En cuanto a los cítricos, la plantación se ha mecanizado, pero la recolección continúa realizándose a mano para evitar daños en la fruta. Según una estimación aproximada del propio agricultor, " La mecanización ha sido fundamental. Hemos reducido el tiempo de plantación y mantenimiento en un 30%, y la cosecha es ahora un proceso más rápido y menos laborioso. Esto nos ha permitido aumentar la productividad y reducir los costos operativos." Aunque todavía no ha incorporado plenamente sistemas digitales de monitoreo, consideran su implementación futura para optimizar el uso del agua y fertilizantes en sus cultivos de naranja. Su testimonio refleja cómo la mecanización ha incrementado la productividad y reducido los costos operativos en su explotación, al tiempo que deja en evidencia los retos asociados a la adopción de nuevas tecnologías en el sector agrícola.

Etapas del Proceso Mecanizado de los Olivos



Figura 15: Etapas del proceso mecanizado en el cultivo del olivo

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Prácticas Regenerativas y Manejo Holístico

La implementación de prácticas regenerativas y el manejo holístico en la agricultura han cobrado relevancia en los últimos años como estrategias clave para mejorar la sostenibilidad de los cultivos y mitigar los efectos adversos del cambio climático. Estos modelos se centran en reducir la dependencia de materiales externos, al mismo tiempo que favorecen la regeneración de la fertilidad del suelo, la reducción de la erosión y un uso más eficiente de los recursos naturales. A diferencia de los sistemas convencionales, que tienden a priorizar el rendimiento inmediato, estas estrategias promueven un equilibrio a largo plazo entre productividad y sostenibilidad (FAO, 2023).

Dentro de este marco, prácticas como la rotación de cultivos, el uso de cultivos de cobertura y la incorporación de materia orgánica han demostrado ser herramientas clave. Estas estrategias no solo mejoran la estructura del suelo, sino que también aumentan su capacidad de retención de agua, lo que resulta especialmente relevante en regiones afectadas por sequías recurrentes. Según la FAO, la agricultura regenerativa puede aumentar la infiltración y retención de agua en el suelo entre un 15% y un 20%, gracias a la mejora en la estructura del suelo y al aumento del contenido de materia orgánica (FAO, 2023).

Otra estrategia destacada es la reducción del laboreo, ya que minimizar la alteración mecánica del suelo contribuye a conservar su estructura y a mantener la diversidad de microorganismos beneficiosos. Esto se traduce en una mejor absorción de nutrientes y una mayor estabilidad del ecosistema agrícola. Cuando esta técnica se complementa con el uso de biofertilizantes y materiales orgánicos como el compost o el estiércol, se logra una mejora significativa en la calidad del suelo y se reduce la contaminación derivada del uso intensivo de fertilizantes químicos (FAO, 2015).

Uno de los enfoques más innovadores en este ámbito es la integración de la ganadería en los cultivos agrícolas, una estrategia que ha demostrado ser beneficiosa tanto para la producción como para la conservación del ecosistema. Por ejemplo, la presencia de ovejas o cabras en campos con cultivos de árboles permite controlar de forma natural la vegetación, disminuyendo la necesidad de herbicidas. A su vez, el paso del ganado contribuye a enriquecer el suelo con materia orgánica y a reducir la compactación excesiva del terreno (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021)

El manejo holístico, por su parte, consiste en integrar todos los elementos de un ecosistema agrícola saludable, asegurando un equilibrio entre la producción y la sostenibilidad. Este enfoque considera factores clave como la fertilidad del suelo, la biodiversidad y el uso eficiente del agua, al mismo tiempo que busca reducir el impacto ambiental y mejorar la resiliencia del sistema agrícola. Su aplicación ha dado resultados muy positivos en la mejora de la estructura del suelo, la reducción de la erosión y la conservación de su calidad a largo plazo.

a) Prácticas Regenerativas en los Olivos

En la entrevista realizada a un trabajador de la finca objeto de estudio, se destacó la implementación de diversas prácticas regenerativas en el manejo del olivar, con el objetivo de mejorar la fertilidad del suelo y reducir la dependencia de recursos externos.

Entre las medidas más destacadas, se encuentra la reutilización de los restos de poda, una técnica que consiste en triturar los residuos y devolverlos al suelo, como podemos observar en la Figura 16. Este proceso incrementa el contenido de materia orgánica, mejora la estructura del suelo y favorece la retención de humedad, contribuyendo así a la creación de un ecosistema agrícola más estable y resiliente.



Figura 16: Incorporación de restos de poda en el olivar

Fuente: Elaboración propia

La incorporación de restos de poda al suelo no solo ayuda a mejorar su fertilidad, sino que también ayuda a reducir la erosión y estimula la actividad de los microorganismos beneficiosos. Diversos estudios han demostrado que la adición de materia orgánica en sistemas de cultivo leñoso, como el olivar, incrementa la capacidad de retención de agua y la actividad biológica del suelo, lo cual es especialmente relevante en zonas áridas o con frecuentes episodios de sequía. Además, la descomposición de estos residuos vegetales libera nutrientes clave como el nitrógeno y el carbono, lo cual promueve la regeneración del suelo sin necesidad de fertilizantes sintéticos (Gambín, 2021).

Otro aspecto clave de esta práctica es su impacto positivo en la actividad microbiana del suelo. Las bacterias y otros microorganismos desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica, facilitando la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Un suelo con mayor biodiversidad microbiana mejora la absorción de nutrientes por parte del olivo, y al mismo tiempo, fortalece su resistencia frente a enfermedades y plagas. Esto permite reducir la dependencia de tratamientos químicos agresivos, lo que representa un beneficio tanto económico como medioambiental.

b) Prácticas Regenerativas en los Naranjos

Siguiendo con las prácticas regenerativas implementadas en la finca en Andalucía, en el caso del cultivo de los naranjos se ha adoptado un enfoque diferente pero igualmente efectivo. A diferencia del olivar, donde los restos de poda se reutilizan para mejorar la fertilidad del suelo, en el naranjal se han implementado cubiertas vegetales espontáneas entre las hileras de árboles, como podemos ver en la Figura 17. Estas cubiertas han demostrado múltiples beneficios para la sostenibilidad del suelo y la producción de cítricos.



Figura 17: Cubiertas vegetales en el cultivo de naranjos

Fuente: Elaboración propia

Estas cubiertas vegetales, compuestas por plantas silvestres y hierbas, se dejan crecer de forma natural hasta la llegada del verano, momento en el cual se incorporan al suelo mediante un proceso de siega o descomposición controlada. La presencia de estas cubiertas favorece el aumento de materia orgánica en el suelo, mejorando su estructura y promoviendo un ecosistema más equilibrado. Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, el uso de cubiertas vegetales reduce significativamente la erosión, mejora la retención de humedad y contribuye a frenar los procesos de degradación del suelo, especialmente en zonas sensibles a la desertificación (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2008).

Además de sus efectos sobre la fertilidad del suelo, estas cubiertas tienen un papel crucial en la gestión del agua. Al actuar como una barrera natural contra la escorrentía, evitan la pérdida de nutrientes y fertilidad del suelo, un problema común en terrenos expuestos a lluvias intensas o pendientes pronunciadas. También ayudan a regular la humedad del suelo, reduciendo la evaporación y favoreciendo la absorción eficiente del agua de riego o lluvia.

Otro beneficio importante de esta estrategia es su contribución al control biológico de plagas y fauna silvestre. Se ha observado que a presencia de cubiertas vegetales actúa como una barrera natural, lo que dificulta el acceso de ciertos herbívoros, como jabalíes o ciervos, y reduce así los daños directos en los árboles. Además, estas cubiertas favorecen el desarrollo de insectos útiles y microorganismos que contribuyen al equilibrio ecológico del cultivo, disminuyendo la necesidad de recurrir a pesticidas químicos (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).

En conclusión, el uso de cubiertas vegetales en el cultivo de naranjos es un claro ejemplo de práctica regenerativa en Andalucía. Junto con la reutilización de los restos de poda en el olivar, estas estrategias muestran la variedad de métodos regenerativos que pueden adaptarse a las necesidades de cada sistema agrícola. En la finca donde se han implementado estas prácticas, se ha observado un impacto positivo en la fertilidad del suelo, la retención de humedad y el control de plagas, contribuyendo a un ecosistema más equilibrado y productivo.

3.2.4 Sensores para el Cultivo

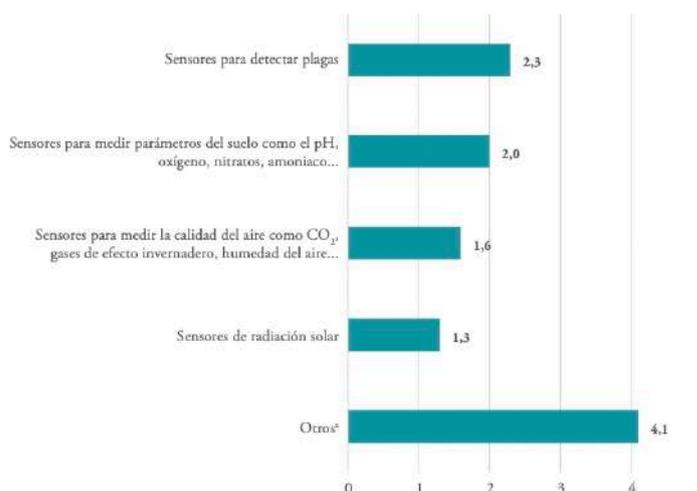
Los sensores en la agricultura han revolucionado la gestión de cultivos, ayudando a los agricultores tener herramientas para poder supervisar variables clave de manera precisa. Los sensores tradicionales son una opción ampliamente utilizada debido a su confiabilidad, accesibilidad y coste relativamente bajo. Los métodos convencionales de monitoreo agrícola han dependido de sensores que permiten la medición de variables clave sin necesidad de sistemas altamente complejos.

Entre estos, los sensores utilizados en la agricultura son los que miden la temperatura y la humedad ambiental de se han consolidado como una de las herramientas ampliamente. Estos se utilizan tanto en cultivos al aire libre como en invernaderos, ya que proporcionan datos valiosos para la prevención de enfermedades y la gestión del microclima. En

investigaciones sobre la sostenibilidad en la agricultura digital, Carrillo-Riofrío (2021) destaca que estos sensores han sido fundamentales en la implementación de estrategias de manejo climático en la producción agrícola, permitiendo reducir pérdidas por condiciones meteorológicas adversas. Asimismo, los sensores de pH del suelo han sido utilizados para determinar la acidez del suelo, o que facilita decisiones más informadas en cuanto a fertilización o elección de cultivos adecuados para cada tipo de terreno. (Carrillo-Riofrío, 2021).

En cuanto al control de plagas, los sensores también han demostrado ser herramientas valiosas. Su capacidad para detectar la presencia de insectos, hongos o enfermedades en fases tempranas permite actuar a tiempo y evitar daños mayores. Algunos dispositivos funcionan como trampas-cebo con sensores que identifican plagas específicas, mientras que otros analizan cambios en las condiciones del entorno, como temperatura y humedad, que podrían favorecer el desarrollo de enfermedades. Como vemos en la Figura 18, el 2,3% de los agricultores han implementado sensores específicos para detectar plagas en sus cultivos, mientras que un 2% utilizan sensores para medir parámetros del suelo, como pH y niveles de oxígeno y nitratos (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA], 2024).

Uso de sensores por parte de las personas de la agricultura. En porcentaje



^a Sensores de flujo de agua, nivel hidrostático, calidad del agua, radar, ultrasonido, velocidad del viento, clorofila...

Figura 18: Uso de sensores por parte de las personas de la agricultura. En porcentaje

Fuente: (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA], 2024).

Aunque estos sensores tradicionales son eficaces y muy accesibles, la evolución tecnológica ha dado paso a sensores digitales más sofisticados, capaces de recopilar, procesar y transmitir datos en tiempo real con mayor precisión. Esta tecnología permite a los agricultores obtener datos precisos y en tiempo real sobre su producción. Estos sensores monitorean factores clave como la humedad y la temperatura del suelo, los niveles de nutrientes, las condiciones climáticas y la presencia de plagas, permitiendo una toma de decisiones más rápida, eficiente y basada en información detallada.

Esta tecnología se basa en la integración del Internet de las Cosas (IoT), un sistema que permite que los sensores recopilen y transmitan datos automáticamente a plataformas digitales. En la agricultura, esto significa que los agricultores pueden acceder a información en tiempo real a través de dispositivos móviles u ordenadores, optimizando el uso de recursos y mejorando la productividad de los cultivos.

Uno de los avances más destacados en este ámbito ha sido el uso de sensores de humedad del suelo, considerados herramientas clave en la gestión eficiente del riego. Estos dispositivos permiten medir con gran exactitud el contenido de agua disponible y enviar esta información en tiempo real a los agricultores o a sistemas de riego automatizados. Su función principal es ajustar la cantidad de agua aplicada, evitando tanto el exceso como la escasez de riego (IICA, 2022).

En la agricultura de precisión, estos dispositivos se han integrado con sistemas de riego inteligente, que emplean algoritmos de inteligencia artificial para modificar automáticamente los patrones de riego según las condiciones ambientales del momento. Esta tecnología asegura que cada planta reciba exactamente el agua que necesita (Plataforma Tierra, 2024). Estudios recientes han demostrado que la implementación de sensores de humedad puede reducir hasta en un 60% el consumo de agua en cultivos como los cítricos, ya que permiten detectar con precisión los niveles de humedad en diferentes profundidades del suelo y ajustar el riego de manera estratégica (IICA, 2022).

Otra innovación clave es la implementación de sensores ópticos multiespectrales, que permiten medir la cantidad de clorofila en las hojas y, con ello, detectar posibles deficiencias o situaciones de estrés antes de que sean visibles a simple vista. Estos sensores han demostrado ser eficaces para optimizar la aplicación de fertilizantes reduciendo el desperdicio de insumos y mejorando la nutrición vegetal. Otras

innovaciones como los sensores de pH y salinidad ofrecen un monitoreo constante de la calidad del suelo, lo que permite realizar correcciones específicas mediante enmiendas, asegurando condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos (Sensor, 2023).

El crecimiento del mercado de sensores agrícolas evidencia el impacto de estas tecnologías. Se estima que en 2024 este sector alcanzará un valor de 2.010 millones de dólares, con una tasa de crecimiento anual compuesta del 11,5%. De mantenerse esta tendencia, se proyecta que alcanzará los 3.460 millones de dólares en 2029, impulsado principalmente por la creciente demanda de soluciones digitales y la necesidad de mejorar la eficiencia en la producción agrícola (Mordor Intelligence, 2024).

a) Sensores en los Naranjos

Durante la entrevista realizada en una explotación de cítricos en Andalucía, el agricultor explicó la implementación de trampas-cebo en los naranjos. Estos dispositivos han demostrado ser eficaces para detectar de forma temprana la presencia de plagas, lo que permite reducir significativamente el uso de productos químicos y adoptar un enfoque de manejo más sostenible.

En la imagen mostrada en la Figura 19, se observa una trampa amarilla colocada en un árbol de naranjo. Su funcionamiento se basa en atraer insectos específicos y registrar su acumulación; solo cuando se alcanza un umbral considerado crítico, se procede a la aplicación de tratamientos fitosanitarios. Este sistema marca una diferencia clara frente a las prácticas tradicionales, en las que se realizaban aplicaciones preventivas sin tener en cuenta si realmente existía una plaga activa, lo que podía conllevar un uso innecesario de productos químicos.



Figura 19: Trampa-Cebo inteligente en Naranjos

Fuente: Elaboración propia

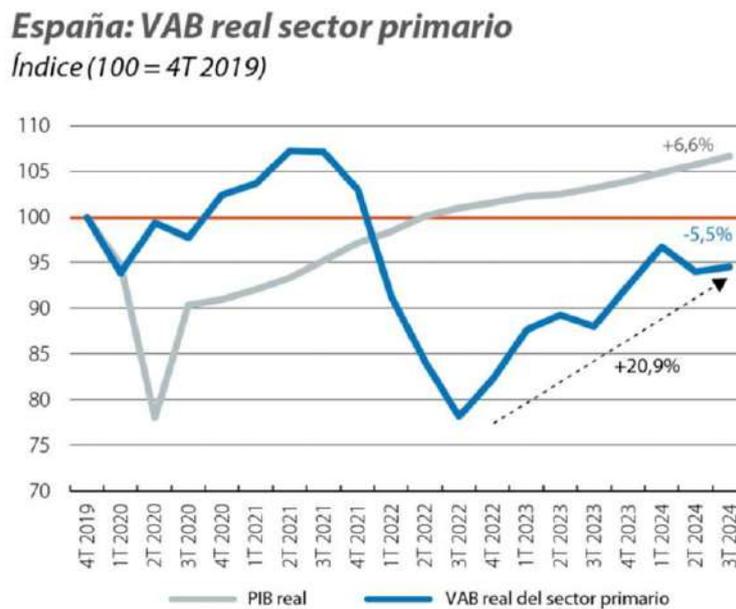
Gracias a los sensores y trampas-cebo, la protección del cultivo se ha optimizado, logrando una menor dependencia de productos químicos y un menor impacto ambiental. Esta tecnología también permite gestionar mejor el tiempo y los recursos, evitando aplicaciones innecesarias y enfocándose en intervenciones más precisas.

4 SITUACIÓN ECONÓMICA EN ESPAÑA PARA EL SECTOR PRIMARIO

4.1. Situación económica en España para el sector primario

En los últimos años, la agricultura española ha tenido que hacer frente a numerosos desafíos, como el aumento de los costes de producción, el impacto creciente del cambio climático y la inestabilidad derivada de la situación geopolítica global. Sin embargo, gracias a la implementación de innovaciones tecnológicas y la digitalización del sector, se ha logrado una recuperación parcial, permitiendo mejorar la competitividad y sostenibilidad de la producción agrícola.

La Figura 20 muestra la evolución del Valor Añadido Bruto (VAB) del sector agrícola, evidenciando la fuerte contracción sufrida entre 2021 y 2022, así como la recuperación progresiva iniciada en 2023. Aunque el sector ha experimentado un crecimiento acumulado del 7,7% entre el primer y tercer trimestre de 2024, aún se encuentra un 5,5% por debajo de los niveles de finales de 2019, lo que indica que su peso relativo en la economía española sigue siendo inferior al de años anteriores. Actualmente, representa un 2,6% del PIB, comparado con el 3,0% que alcanzaba entre 2015 y 2019 (CaixaBank Research, 2024).



Fuente: CaixaBank Research, a partir de datos del INE.

Figura 20: VAB Sector Primario en España

Fuente: (CaixaBank Research, 2024)

Otro aspecto clave en la recuperación del sector ha sido la reducción en los costos de producción, como se refleja en la Figura 21. Desde mediados de 2022, los costos han disminuido en un 18% en promedio, aunque siguen siendo un 20% superiores a los niveles de 2019. Las mayores reducciones se han dado en fertilizantes, energía y alimentación animal, permitiendo mejorar la rentabilidad de las explotaciones agrícolas. Esta moderación en los costos de materiales ha sido un factor determinante en la recuperación del sector y se espera que esta tendencia continúe en los próximos meses, según las proyecciones de los mercados internacionales de materias primas agrícolas y energéticas (CaixaBank Research, 2024).

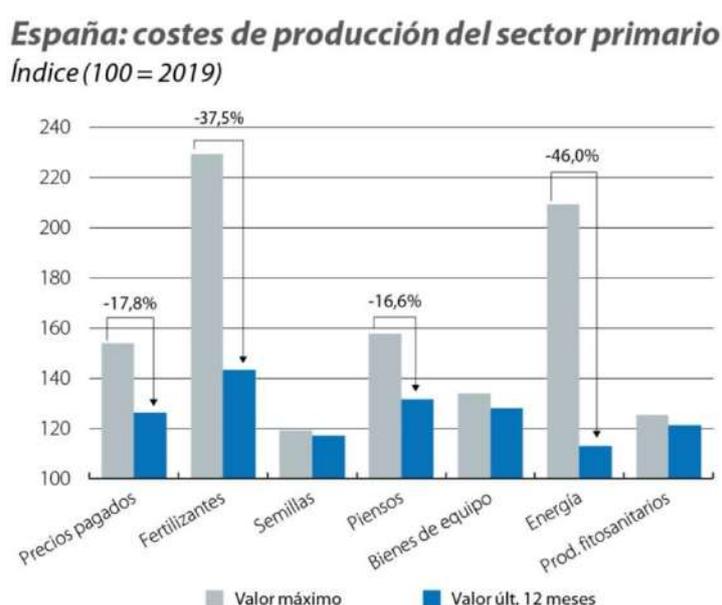


Figura 21: Costes de Producción del Sector Primario en España

Fuente: (CaixaBank Research, 2024)

La mejora en las condiciones climáticas también ha contribuido a esta recuperación. La Figura 22 muestra la evolución de la superficie afectada por la sequía en España, la cual ha pasado del 35-45% del territorio en 2022 al 13% en 2024, permitiendo una recuperación en la producción de cultivos de secano como los cereales, el olivar y la vid. Esta mejora ha generado expectativas positivas para la campaña 2024-2025, con una recuperación del 50% en la producción de aceite de oliva (CaixaBank Research, 2024).



Figura 22: Unidades Territoriales en Situación de Sequía Prolongada en España

Fuente: (CaixaBank Research, 2024)

Por otro lado, el sector agroalimentario español ha mostrado un desempeño sólido en el comercio exterior, como refleja la Figura 23. Después de dos años de contracción, las exportaciones agroalimentarias han crecido un 4,6% en volumen y un 6,7% en valor entre enero y agosto de 2024, consolidando al sector como un pilar fundamental de la economía española. En el primer semestre de 2024, el superávit comercial del sector agroalimentario alcanzó el 1,1% del PIB, lo que refleja su competitividad en los mercados internacionales y su capacidad de adaptación a los cambios en el entorno económico.



Figura 23: Exportaciones e Importaciones del Sector Agroalimentario

Fuente: (CaixaBank Research, 2024)

En definitiva, el sector agrícola español ha demostrado una destacable capacidad de resiliencia en un contexto de incertidumbre constante. A pesar de la recuperación parcial, su peso en la economía sigue siendo menor que en años anteriores. La creciente competitividad en el comercio exterior y el avance de nuevas inversiones abren oportunidades para el crecimiento, pero aún quedan desafíos importantes, como la acumulación de tierras en pocas manos y la dificultad para atraer a nuevas generaciones al sector. Garantizar un equilibrio entre modernización y sostenibilidad será clave para que la agricultura española siga siendo un pilar estratégico en los próximos años (CaixaBank Research, 2024).

4.2 Desafíos y Oportunidades

4.2.1 Barreras para la Implementación de Nuevas Tecnologías

La implementación de tecnologías innovadoras en el sector primario español enfrenta una serie de obstáculos estructurales, económicos y sociales que ralentizan su adopción. Uno de los principales retos es la falta de acceso a financiación, especialmente entre pequeños y medianos agricultores. Aunque la mecanización y la digitalización han avanzado en ciertas regiones, muchas explotaciones siguen operando con métodos tradicionales debido al elevado coste inicial de estas tecnologías y a la limitada disponibilidad de incentivos económicos adecuados (AgroBank, 2024).

Otro factor clave es el bajo nivel de formación digital entre los profesionales del campo. Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2024), una parte importante de los agricultores aún no dispone de las habilidades necesarias para incorporar herramientas digitales en la gestión de sus explotaciones, lo que representa una barrera para la transformación digital efectiva del medio rural (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2024).

Además, en muchas zonas rurales persiste una falta de infraestructura básica. En numerosas zonas, la falta de conectividad a internet y la inestabilidad de las redes eléctricas suponen una barrera técnica para la modernización del sector, afectando principalmente a explotaciones localizadas en entornos rurales remotos.

Por último, también hay que tener en cuenta la resistencia al cambio que todavía está presente en parte del sector. El escepticismo frente a los beneficios de la innovación, el desconocimiento sobre su funcionamiento y el miedo a asumir riesgos contribuyen a frenar el proceso de transformación hacia una agricultura más eficiente y sostenible.

4.2.2 Impacto de las Políticas Gubernamentales

Las políticas gubernamentales tienen un papel clave en la sostenibilidad del sector primario, pero su impacto es percibido de forma ambivalente. Por un lado, la Política Agraria Común (PAC) ha promovido iniciativas dirigidas a fomentar prácticas respetuosas con el medio ambiente, ofreciendo subvenciones para la adopción de tecnologías verdes y medidas que apoyan una gestión más sostenible del campo (Comisión Europea, 2024).

Sin embargo, muchos agricultores expresan preocupación ante la implementación de normativas medioambientales cada vez más exigentes. Consideran que estas medidas, aunque necesarias desde el punto de vista ecológico, suponen un aumento en los costes de producción que no siempre viene acompañado de ayudas económicas suficientes. Un ejemplo de ello es el Plan Estratégico de la PAC 2023-2027, que incluye acciones para fomentar el uso eficiente del agua, reducir el empleo de fertilizantes químicos y promover la agricultura regenerativa. A pesar de sus objetivos, distintos colectivos del sector creen que las ayudas actuales no alcanzan para cubrir el coste real de esta transición hacia modelos más sostenibles.

A esto se suma el exceso de burocracia que acompaña la solicitud y gestión de subvenciones. Aunque existen programas de apoyo a la innovación, como los relacionados con la digitalización agrícola o la modernización del regadío, la lenta ejecución de los fondos europeos y la complejidad de los trámites administrativos dificultan que estas ayudas lleguen a tiempo y tengan un impacto tangible en las explotaciones (AgroBank, 2024).

4.2.3 Oportunidades de Crecimiento y Sostenibilidad en el Sector Primario

El sector primario en España atraviesa una etapa de transformación que, más allá de los desafíos estructurales, presenta un abanico cada vez más amplio de oportunidades de crecimiento. El futuro de esta actividad productiva proyecta potencial gracias a la

aparición de nuevas tecnologías, modelos de cultivo más sostenibles y un interés creciente por parte de inversores e instituciones. Actualmente, se están impulsando proyectos que van más allá de los métodos agrícolas tradicionales, abriendo nuevas vías de innovación, rentabilidad y sostenibilidad. Entre estas oportunidades, una de las más destacadas es la vinculada al cultivo del olivar en sistemas superintensivos, que ha demostrado no solo mejorar la rentabilidad económica, sino también generar beneficios medioambientales relevantes. Estos sistemas, al aumentar la densidad de plantación y aplicar riego tecnificado, favorecen una mayor acumulación de biomasa, lo que incrementa la capacidad del cultivo para capturar CO₂ de la atmósfera. Según el Consejo Oleícola Internacional (COI), la producción de un solo litro de aceite de oliva en estos sistemas puede absorber hasta 10,65 kg de CO₂, convirtiendo al olivar en un sumidero natural de carbono. Esta función medioambiental abre la puerta a la participación de los productores en mercados de créditos de carbono, una vía adicional de ingresos alineada con los objetivos de sostenibilidad y lucha contra el cambio climático.

Otra oportunidad destacada es el creciente interés de fondos de inversión en el sector agroalimentario, especialmente en cultivos permanentes de alta rentabilidad como el olivar, el pistacho o los llamados “superalimentos”. En los últimos años, fondos como Beka & Bolschare o Fiera Capital han invertido en miles de hectáreas de olivares superintensivos, tanto en Portugal como en regiones como Castilla-La Mancha o Extremadura. Estos modelos de cultivo, más tecnificados y escalables, no solo resultan atractivos por su rendimiento económico, sino también por su potencial para cumplir con estándares ambientales exigentes (Beka Asset Management., 2023).

Por último, en el plano comercial, la diversificación de mercados representa una vía clave para el crecimiento del sector. Ante la presión de barreras arancelarias, como las impuestas por Estados Unidos, muchos productores han comenzado a dirigir sus exportaciones hacia regiones emergentes como Asia o América Latina, donde los productos españoles, especialmente los de alto valor añadido como el aceite de oliva, están ganando protagonismo. Además, la Unión Europea ha intensificado su apoyo al sector agroalimentario, destinando 132 millones de euros en 2025 para campañas de promoción internacional centradas en productos sostenibles y de calidad (European Commission, 2024), lo que fortalece aún más la competitividad del campo español en el escenario global.

5 CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El futuro del sector agrícola, tanto en España como a nivel global, está atravesando un momento de transformación profunda. Este cambio viene impulsado por la innovación tecnológica, la necesidad de sostenibilidad y también por una creciente concentración del mercado. Esta evolución no solo responde a la necesidad de producir más con menos, en un contexto marcado por la escasez de recursos y el cambio climático, sino también a un nuevo impulso externo: la entrada masiva de fondos de inversión que están revolucionando la estructura productiva del campo.

Inversiones como las de Atitlan Agro, respaldadas por entidades como Banco Santander, o el fondo Beka & Bolschare Iberian Agribusiness Fund, son ejemplos representativos de esta nueva ola (Beka Asset Management., 2023) (Bolsamanía, 2025). Estos inversores no solo aportan capital, sino que están promoviendo un cambio en la manera de gestionar las explotaciones, apostando por una agricultura cada vez más profesionalizada y tecnificada. Su apuesta se orienta hacia cultivos permanentes de alto valor añadido, como cítricos, frutos secos o los llamados “superfruits”, combinados con tecnologías avanzadas (Atitlan Agro, 2025).

El atractivo de este modelo reside en su capacidad de escalar, optimizar recursos y generar valor económico y medioambiental. Desde la captura de CO₂ para créditos de carbono hasta la eficiencia en el uso de agua gracias al riego inteligente, estas explotaciones están redefiniendo lo que significa ser competitivo en el sector agrícola. Sin embargo, esta evolución no está exenta de desafíos. La creciente concentración de tierras en manos de grandes corporaciones y fondos de inversión está agravando la brecha entre grandes y pequeños productores, quienes tienen dificultades para acceder a estas tecnologías debido a sus altos costos iniciales y la falta de apoyo financiero adecuado. Según datos de COAG (Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos), el 59% de las fincas olivareras en Andalucía han desaparecido en las últimas dos décadas, mientras que la producción ha crecido en un 65% debido a la adopción de sistemas superintensivos. Este fenómeno refleja un cambio en el modelo productivo, donde la eficiencia y la rentabilidad aumentan, pero a costa de una mayor concentración del mercado en manos de grandes grupos inversores (COAG, 2024).

A partir de este análisis, se llega a una conclusión clave: la innovación y la sostenibilidad no solo son compatibles, sino que deben ir de la mano para asegurar el futuro del sector agroalimentario. Por ello, y con base en los desafíos y oportunidades observados, se proponen a continuación tres líneas prioritarias de acción para los agricultores de olivos y cítricos en el sur de España.

Primero una apuesta progresiva por el riego inteligente. En un contexto marcado por el incremento de las temperaturas, la escasez hídrica y la creciente presión sobre los recursos naturales, como ocurre en muchas zonas agrícolas del sur de España, se hace imprescindible avanzar hacia sistemas de riego más eficientes y adaptativos.

Ya se están desarrollando e implementando proyectos que reflejan este avance, como el proyecto europeo i4fruit, una iniciativa centrada en la digitalización del cultivo de cítricos mediante sensores inteligentes. Esta iniciativa, que reúne a empresas tecnológicas y centros de investigación, ha logrado avances como sensores capaces de actuar frente a eventos climáticos extremos, así como modelos predictivos basados en inteligencia artificial que anticipan situaciones de estrés hídrico y activan respuestas automáticas. Este tipo de soluciones, aún en fase de expansión, están marcando el camino hacia una agricultura más resiliente y adaptada al cambio climático (Plataforma Tierra, 2024). Este proyecto ha demostrado un enorme potencial innovador, que refuerza la idea de que las soluciones tecnológicas en el ámbito agrícola están en constante desarrollo y mejora.

Segundo, fomentar las prácticas regenerativas y manejo holístico para explotaciones pequeñas y medianas. Aunque las tecnologías avanzadas están marcando el camino hacia el futuro del sector agroalimentario, no se puede ignorar que su puesta en marcha implica una inversión inicial considerable, lo cual representa una barrera importante para muchos agricultores. Esta realidad limita el acceso a quienes no pueden permitirse grandes inversiones en maquinaria, plataformas digitales o innovación tecnológica de alto nivel.

Ante esta situación, las prácticas regenerativas y el manejo holístico se perfilan como una alternativa viable y transformadora. Estas prácticas, además de requerir una inversión mucho menor, ofrecen resultados reales en la mejora de la salud del suelo, la resiliencia de los cultivos y la reducción de la dependencia de materiales externos.

En tercer lugar, como hemos mencionado antes, las cooperativas y los grandes inversores están apostando por tecnologías que permiten aumentar la precisión en el trabajo agrícola y, sobre todo, reducir la dependencia de mano de obra.

Esta apuesta por la mecanización y la digitalización ya forma parte de los planes estratégicos de muchas iniciativas agroempresariales. Un ejemplo es el fondo impulsado por Banco Santander y Atitlan, que logró captar 300 millones de euros en su primer cierre para invertir en activos agrícolas innovadores y sostenibles, con un fuerte componente tecnológico y de eficiencia operativa (Bolsamanía, 2025). Esta iniciativa pone de manifiesto cómo la automatización del campo se ha convertido en una prioridad para los inversores.

En conclusión, el futuro de la agricultura está marcado por una tendencia clara hacia la tecnificación, la sostenibilidad y la concentración del mercado. Mientras que las inversiones ofrecen un camino hacia una producción más eficiente y rentable, también es fundamental que los pequeños y medianos agricultores no queden excluidos de esta transición. La clave para un desarrollo equilibrado estará en encontrar mecanismos que permitan una transición inclusiva, donde tanto las grandes empresas como los agricultores tradicionales puedan beneficiarse de las oportunidades que ofrece esta nueva era de la agricultura.

En definitiva, el campo español se encuentra ante un punto de inflexión. El camino hacia una agricultura más moderna y sostenible ya está en marcha, pero su éxito dependerá de cómo se equilibren los intereses económicos con los sociales y ambientales. Solo así será posible construir un modelo agrícola resiliente, rentable y justo para las generaciones presentes y futuras.

6 DECLARACIÓN DE USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN TRABAJOS FIN DE GRADO

Por la presente, yo, Isabel García de Alvear, estudiante de Administración de Empresas con Mención Internacional (Boston) de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado "INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EN EL SECTOR AGRÍCOLA ESPAÑOL: ANÁLISIS DE LOS CULTIVOS DEL OLIVO Y NARANJO. ", declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

1. **Brainstorming de ideas de investigación:** Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.
2. **Referencias:** Usado conjuntamente con otras herramientas, como Science, para identificar referencias preliminares que luego he contrastado y validado.
3. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
4. **Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja.

Afirmo que toda la información y contenido presentados en este trabajo son producto de mi investigación y esfuerzo individual, excepto donde se ha indicado lo contrario y se han dado los créditos correspondientes (he incluido las referencias adecuadas en el TFG y he explicitado para que se ha usado ChatGPT u otras herramientas similares). Soy consciente de las implicaciones académicas y éticas de presentar un trabajo no original y acepto las consecuencias de cualquier violación a esta declaración.

Fecha: 25 Marzo 2025

Firma: Isabel García de Alvear

7 BIBLIOGRAFÍA

- AgroBank. (2024). *Informe sectorial agroalimentario 2024*. CaixaBank.
- Atitlan Agro. (2025). *Presentación comercial Atitlan Agro I SCR*.
- Barranco, D. F.-E. (2017). *El cultivo del olivo (7ª ed.)*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Beka Asset Management. (2023). *Beka & Bolschare Iberian Agribusiness Fund Teaser*.
- Bolsamanía. (17 de Marzo de 2025). Obtenido de Santander y Atitlan logran 300 millones en el primer cierre de su vehículo de inversión agrícola:
<https://www.bolsamania.com/fundsnews/noticias/gestoras/santander-atitlan-logran-300-millones-primer-cierre-vehiculo-inversion-agricola--19159014.html>
- Caballero, Á. (2007). Las variedades de cítricos cultivadas en España. *Revista Agrotec*, 4(S), 5–13.
- CaixaBank Research. (6 de Febrero de 2024). *CaixaBank Research*. Obtenido de <https://www.caixabankresearch.com/es/analisis-sectorial/agroalimentario/sector-agroalimentario-espanol-se-reactiva-2024-gracias>:
<https://www.caixabankresearch.com/es/analisis-sectorial/agroalimentario/sector-agroalimentario-espanol-se-reactiva-2024-gracias>
- CaixaBank Research. (2024). *El sector agroalimentario comienza a salir del bache en 2024*.
- Carrillo-Riofrío, F. M.-C.-P. (2021). La Innovación en la Agricultura Digital. *Dominio De Las Ciencias*, 7(3), 1652–1658.
- Casas, A. P.-L.-C. (2016). Origen de la domesticación y la agricultura: cómo y por qué: Domest. en el Cont. En *Origen de la domesticación y la agricultura: cómo y por qué* (págs. 189-224).
- Clar, E. (2008). Más allá de 1936: La crisis de la agricultura tradicional española en perspectiva, 1900–1975. *Ager. Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, (7), 112–149.
- COAG. (2024). *Uberización del olivar español: un modelo productivo que amenaza el equilibrio territorial y el futuro del medio rural*. Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos.
- Comisión Europea. (20 de Febrero de 2024). *Digitalización: La Comisión presenta un paquete de medidas para empoderar a los agricultores en la transición digital*. Obtenido de https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_24_6421

- Comisión Europea. (s.f.). *Política agraria de la UE en España. Representación de la Comisión Europea en España*. Obtenido de https://spain.representation.ec.europa.eu/estrategias-y-prioridades/politicas-clave-de-la-ue-en-espana/politica-agraria-de-la-ue-en-espana_es
- de Mora, R. F. (1922). *El naranjo: su cultivo y explotación (Vol. 7)*. Editorial Calpe.
- European Commission. (Diciembre de 14 de 2024). Obtenido de Commission supports agri-food promotion with €185.9 million in 2024 to boost EU agri-food.: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_24_6421
- FAO. (2015). *Healthy soils are the basis for healthy food production*. World Soil Day.
- FAO. (2023). *Regenerative agriculture: restoring soils and building resilience*.
- Gambín, E. (2021). Enterrar los restos de poda mejora la fertilidad y la retención de agua. *Olivo News*.
- Gil, A. (1895). Árboles frutales (parte II): Naranjos, limoneros, etc. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 1(12), 334–348.
- González Minero, F. J. (1999). *Previsión de cosecha en cítricos y aceitunas en función de factores climáticos*.
- González-Quirós, R. d.-P.-G.-N. (2011). Life-history of the meagre *Argyrosomus regius* in the Gulf of Cádiz (SW Iberian Peninsula): Fisheries Research.
- Gómez Córcoles, L. (1994). El naranjo, su cultivo y explotación (2.ª ed.). *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*.
- Gómez, M. A. (2022). Indicadores ambientales, económicos y sociales en la sostenibilidad agrícola. 25(2), 49–62.
- IICA, I. I. (2022). La digitalización de la agricultura: un proceso necesario para la transformación positiva de los sistemas agroalimentarios. *Blog IICA*.
- Invest, A. (24 de Marzo de 2021). *Will the convergence between Artificial Intelligence and Precision Agriculture lower farming costs?* Obtenido de ARK Investment Management LLC.: <https://www.ark-invest.com/articles/analyst-research/will-the-convergence-between-artificial-intelligence-and-precision-agriculture-lower-farming-costs>
- López-Gálvez, J. L. (1998). Evolución de técnicas de riego en el sudeste de España. *Ingeniería del Agua*, 5(3), 41–50.
- Mas Candela, J. (1991). *El olivo como árbol ornamental*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).

- Ministerio de Agricultura, P. y. (2023). *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos: Regadíos 2023*. Gobierno de España.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA]. (2024). *Observatorio de la transformación digital del medio rural*. Gobierno de España.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (1990). Riego por goteo: fundamentos técnicos. *Hojas Divulgadoras*, (17), 1–8.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (1993). El olivar: cultivo, producción y comercialización. *Hojas Divulgadoras*. En J. F.-P. SONIA VILLALVA QUINTANA, *Agricultura Sostenible. Hojas Divulgadoras*.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2006). El riego localizado: principios y ventajas. *Distribución y Tecnología*, (11), 1–16.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2021). *Prácticas regenerativas en cultivos leñosos: impacto y beneficios*.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2021). *Prácticas regenerativas en cultivos leñosos: Impacto y beneficios*. Gobierno de España. Obtenido de Gobierno de España.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2021). *Prácticas regenerativas y su impacto en la producción agrícola*.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (24 de Enero de 2024). *Gobierno de España*. Obtenido de Luis Planas asegura que este Gobierno impulsa el plan de modernización de regadíos más ambicioso de la historia reciente de España: <https://www.mapa.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/luis-planas-asegura-que-este-gobierno-impulsa-el-plan-de-modernizaci%C3%B3n-de-regad%C3%ADos-m%C3%A1s-ambicioso-de-la-historia-reciente-de-espa%C3%B1a/tcm:30-684403>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2024). *Transformación digital de la agricultura española: Documento de trabajo temático 6*. Gobierno de España.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Obtenido de Historia de la PA: <https://www.mapa.gob.es/es/pac/historia-pac/>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2007). La agricultura sostenible: Bases para una nueva política agraria. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, Nº 214, pp. 11–45.

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). *Riego por gravedad*. Gobierno de España.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2008). *La lucha contra la desertificación*.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021). *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. Obtenido de IAN Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC): <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.html>
- Mordor Intelligence. (2024). *Mercado global de sensores agrícolas: Análisis y proyección 2024–2029*.
- Moreno-Aliás, I. R. (2010). Olive seedling first-flowering position and management. *Scientia Horticulturae*. 124(1), 74-77.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2025). *FAO*. Obtenido de Indicador 2.4.1: Proporción de superficie agrícola dedicada a una agricultura productiva y sostenible.: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals-data-portal/data/indicators/Indicator2.4.1-proportion-of-agricultural-area-under-productive-and-sustainable-agriculture/es>
- Plataforma Tierra. (3 de Julio de 2024). *Sensores inteligentes para el cultivo de cítricos*. Obtenido de Plataforma Tierra: <https://www.plataformatierra.es/innovacion/sensores-inteligentes-cultivo-de-citricos-julio-2024>
- Portal Académico. (2016). *Portal Académico*. Obtenido de Los tres pilares del desarrollo sustentable: <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/unidad2/desarrolloSustentable/tresPilares>
- Portal Ambiental. (24 de Mayo de 2021). *Portal Ambiental*. Obtenido de ¿Sabías que la polinización puede aumentar el rendimiento agrícola hasta en un 24%?:
- Red PAC. (20 de Junio de 2024). *La Comisión Europea publica una herramienta virtual con indicadores clave de sostenibilidad en la actividad agraria y rural*. Obtenido de Red PAC: <https://redpac.es/noticia/la-comision-europea-publica-una-herramienta-virtual-con-indicadores-clave-sostenibilidad-en>
- Sensor, R. (2023). *Tipos de sensores utilizados en la agricultura inteligente*. Obtenido de Rika Senso: <https://www.rikasensor.com>

Sustainable Agriculture Research and Education. (s.f.). *What is sustainable agriculture?*

Obtenido de <https://www.sare.org/wp-content/uploads/What-is-Sustainable-Agriculture.pdf>

Anexo I – Entrevista a un propietario de finca agrícola en Andalucía

Propietario y Trabajador de finca agrícola en Sevilla – Cultivo de olivo y cítricos

Fecha de la entrevista: Diciembre 2024

Pregunta: ¿Qué tipo de olivos cultivan y con qué finalidad?

“En nuestra finca cultivamos principalmente dos variedades de olivo: *Arbequina*, que destinamos a la producción de aceite de oliva, y *Hojiblanca*, que es para aceitunas de mesa. Dependiendo del destino del fruto, el manejo cambia bastante. Por ejemplo, la recolección de la aceituna de mesa la hacemos siempre de forma manual para evitar que se estropee, ya que es un producto más delicado. En cambio, la arbequina, al ser para aceite, sí la podemos recoger con maquinaria, lo que nos permite hacerlo más rápido y con menos esfuerzo.”

Pregunta: ¿Qué variedades de naranja cultivan?

“En cítricos tenemos una amplia variedad de naranjos que nos permite escalonar la recolección desde octubre hasta mayo. Empezamos con la *Navelina*, seguimos con *Salustiana*, *Lane Late*, *Chislett*, *Barnfield* y terminamos con la *Valencia*. De esta forma, aseguramos una producción constante durante buena parte del año.”

Pregunta: ¿Podría contarnos si tienen mecanizados algunos procesos de cultivo, como la poda, el mantenimiento o la cosecha?

Respuesta:

“Sí, claro. En el caso del olivar, tenemos mecanizados varios procesos. Para empezar, la poda la hacemos con una podadora mecánica que nos permite ajustar la altura de los árboles y prepararlos para la recolección. El mantenimiento general también lo apoyamos con maquinaria, especialmente en el manejo del suelo y control del crecimiento. Y en cuanto a la cosecha, como te comentaba antes, usamos una máquina vibradora que se acopla al tronco del olivo para recoger las aceitunas arbequinas. Es muy eficiente.

En cambio, con los naranjos, aunque la plantación y parte del mantenimiento se realizan con maquinaria, la recolección sigue siendo manual. Es algo que no hemos mecanizado porque el fruto es muy sensible y cualquier golpe lo puede estropear, y eso afecta directamente a la calidad del producto.”

“La mecanización ha sido fundamental. Hemos reducido el tiempo de plantación y mantenimiento en un 30%, y la cosecha es ahora un proceso más rápido y menos laborioso. Esto nos ha permitido aumentar la productividad y reducir los costos operativos”

Durante la conversación, el entrevistado mostró imágenes y vídeos del proceso de recolección mecanizada de la aceituna arbequina y de la recolección manual de la hojiblanca, así como del uso de la podadora mecánica. Este material ha sido incluido como apoyo visual en el cuerpo del TFG (ver Figura 15).

Pregunta: ¿Habéis empezado a implementar tecnologías digitales en la gestión del cultivo, como sensores o plataformas de monitoreo?

“A día de hoy todavía no hemos incorporado sistemas digitales de monitoreo en la finca. Pero sí que estamos valorando su implementación, especialmente para los cultivos de naranja. Lo que más nos interesa ahora mismo son los sensores de humedad en el suelo, ya que aquí en Andalucía las épocas largas de calor son muy frecuentes, y con esos sensores podríamos medir con más precisión cuánta agua necesita cada árbol en cada momento.

El problema principal es el coste inicial, que es bastante elevado, sobre todo si quisiéramos aplicarlo a toda la finca de golpe. Por eso, si finalmente decidimos implementarlos, probablemente lo haríamos de forma progresiva, empezando por los naranjos y luego, más adelante, extenderlo al olivar. Hacerlo todo a la vez sería demasiado costoso al principio.”

Esta reflexión sobre la posible digitalización refleja una preocupación común en explotaciones medianas de Andalucía, donde el interés por mejorar la eficiencia hídrica y energética es alto, pero también lo son las limitaciones presupuestarias. Se ha documentado esta parte como ejemplo representativo de las barreras actuales para la transición tecnológica en el medio rural andaluz.

Pregunta: Aparte de la posible incorporación de sensores de humedad en el futuro, ¿qué otras innovaciones o mejoras ha implementado ya en el campo?

“Bueno, más allá de la mecanización, lo que sí venimos aplicando desde hace tiempo son prácticas regenerativas tanto en el olivar como en el naranjal. Por ejemplo, en el caso de los olivos, reutilizamos todos los restos de poda. Los trituramos y los devolvemos al suelo. Esta técnica nos permite mejorar la fertilidad de la tierra, porque aumenta la materia orgánica, ayuda a retener mejor la humedad y favorece que el terreno esté más vivo. Se nota que los árboles responden mejor con el tiempo.”

El entrevistado acompañó su explicación con fotografías del proceso de trituración e incorporación de restos vegetales en el olivar, las cuales han sido añadidas al apartado de imágenes complementarias del TFG (ver Figura 16).

“En cuanto a los naranjos, aplicamos un enfoque algo diferente. Entre las hileras de árboles dejamos crecer cubiertas vegetales espontáneas, es decir, las hierbas que salen naturalmente. Las mantenemos hasta verano y después las segamos o dejamos que se integren al suelo de forma controlada. Eso protege el suelo de la erosión, mejora la estructura, y también regula la humedad, algo fundamental en épocas de calor. Además, estas cubiertas ayudan a atraer insectos beneficiosos y a mantener alejadas ciertas plagas.”

Pregunta: ¿Han probado alguna medida específica para el control de plagas?

“Sí, en los cítricos hemos instalado trampas-cebo. Usamos unas trampas amarillas que atraen insectos y nos sirven para hacer seguimiento. Si vemos que se acumulan demasiado, entonces aplicamos el tratamiento fitosanitario, pero solo cuando hace falta. Antes se hacían aplicaciones preventivas, pero ahora somos mucho más precisos. Eso nos permite reducir el uso de productos químicos, ahorrar, y a la vez cuidar más el cultivo.”

Estas trampas, que se observan en las imágenes añadidas en la Figura 19 del TFG, forman parte de una estrategia de manejo integrado que prioriza intervenciones sostenibles y reduce el impacto ambiental.

Pregunta: Para terminar, volviendo al tema del clima, ¿cómo están afrontando estas épocas tan irregulares de sequía y lluvias intensas?

“Pues la verdad es que es complicado. Este año, en el momento en que hablamos, estamos algo mejor que el año pasado por estas fechas, pero no sabemos hasta qué punto esto va a ser sostenible en el tiempo. El problema es que cuando viene lluvia, al principio se agradece muchísimo, pero si cae de golpe y en poco tiempo, acaba siendo perjudicial.

Los cultivos necesitan agua, sí, pero de forma progresiva. Cuando hay episodios de lluvias muy intensas seguidas, el terreno no lo aguanta y se producen encharcamientos. Eso estropea las raíces, dificulta el acceso al campo y afecta a la salud de los árboles, tanto en olivos como en naranjos.”

“Además, con la sequía pasa lo mismo, pero al revés. Hay momentos del año en los que pasamos semanas o incluso meses sin una gota, y aunque tenemos algo de riego, no siempre es suficiente. Todo esto hace que tengamos que estar muy atentos a cómo evoluciona el clima para adaptar tanto las tareas de mantenimiento como la recolección.”

Estas declaraciones reflejan los desafíos reales a los que se enfrentan las explotaciones agrícolas en el sur de España, donde la irregularidad climática —con ciclos de sequía severa y lluvias torrenciales— obliga a una adaptación constante del manejo agronómico.