



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
ICADE

**ANÁLISIS DEL NIVEL DE
DIGITALIZACIÓN EN LAS
COOPERATIVAS
AGROALIMENTARIAS
EXTREMEÑAS**

Autor: Raquel Sánchez Mariño
Director: Ana Zapatero González

MADRID | Marzo, 2025

Resumen

Este trabajo examina el impacto de la digitalización en las cooperativas agroalimentarias de Extremadura, un sector estratégico tanto desde el punto de vista económico como social para la región. En primer lugar, se analiza la evolución del sector hacia la transformación digital, el marco normativo y las estrategias públicas de digitalización en España y Extremadura, identificando las oportunidades y desafíos que enfrentan las cooperativas en la adopción de nuevas tecnologías. A través del estudio de casos de éxito, como ACOPAEX, la Agrupación de Cooperativas Valle del Jerte y la empresa Carnes y Vegetales S.L. (Grupo APIS), se evalúan los beneficios y obstáculos de la digitalización en la práctica.

Asimismo, se realiza una comparativa con modelos de digitalización implementados en otras comunidades autónomas, como Andalucía, Castilla – La Mancha o Murcia, con el objetivo de extraer aprendizajes aplicables a la realidad extremeña. Además, se abordan las barreras existentes, como la falta de formación digital y el acceso a financiación, factores clave que limitan la modernización del sector.

Finalmente, el trabajo propone una estrategia integral que combine apoyo institucional, financiación específica y formación en competencias digitales, con el fin de acelerar la transformación tecnológica de las cooperativas agroalimentarias y reforzar su sostenibilidad y competitividad en un entorno cada vez más globalizado y tecnificado.

Palabras clave

Digitalización, cooperativas agroalimentarias, Agricultura 4.0, transformación digital

Abstract

This study examines the impact of digitalization on agri-food cooperatives in Extremadura, a sector that is strategic both economically and socially for the region. First, it analyzes the evolution of the sector toward digital transformation, the regulatory framework, and the public digitalization strategies implemented in Spain and Extremadura, identifying the opportunities and challenges cooperatives face in adopting new technologies. Through the study of successful cases such as ACOPAEX, the Agrupation of Cooperatives Valle del Jerte, and the company Carnes y Vegetales S.L. (Grupo APIS) the benefits and obstacles of digitalization in practice are evaluated.

Additionally, a comparison is made with digitalization models implemented in other Spanish autonomous communities, such as Andalusia, Castilla-La Mancha, and Murcia, with the aim of identifying best practices that could be adapted to the reality of Extremadura. The study also addresses existing barriers, including the lack of digital training and limited access to funding key factors that hinder the modernization of the sector.

Finally, the thesis proposes a comprehensive strategy that combines institutional support, specific funding, and training in digital skills, with the goal of accelerating the technological transformation of agri-food cooperatives and strengthening their sustainability and competitiveness in an increasingly globalized and technology-driven environment.

Key words

Digitalization, agro-food cooperatives, Agriculture 4.0, digital transformation

AGRADECIMIENTOS

Llegar hasta aquí ha sido un camino lleno de aprendizaje, esfuerzo y crecimiento personal. Este TFG no solo representa la culminación de mi etapa universitaria, sino también el reflejo del apoyo y la confianza de quienes me han acompañado a lo largo de estos años.

Quiero agradecer a la Universidad Pontificia Comillas y, en especial, a mi tutora, Ana Zapatero, por su orientación durante la elaboración de este trabajo. Ha sido clave para estructurar mis ideas y profundizar en el análisis de la digitalización en las cooperativas agroalimentarias.

Mención especial merecen mis padres, Diego y Mercedes, que han sido mi pilar fundamental, apoyándome en cada paso, creyendo en mí incluso en los momentos en los que yo misma dudaba. Gracias por el amor incondicional, por el esfuerzo y por enseñarme el valor de la constancia y del trabajo bien hecho. Sin vosotros, nada de esto habría sido posible.

A mis amigos, tanto a quienes han compartido conmigo esta etapa universitaria, haciendo de cada día una experiencia más enriquecedora, como a los que han estado a mi lado en la distancia, siempre presentes a pesar de los kilómetros. Vuestro cariño ha sido esencial para llegar hasta aquí, y este logro también es un poco vuestro.

Finalmente, quiero dedicar unas palabras a Extremadura, la tierra que me ha visto crecer y que ha sido la inspiración de este trabajo. Este estudio es mi manera de aportar un granito de arena al desarrollo de un sector fundamental para su economía. Ojalá el futuro traiga nuevas oportunidades para seguir avanzando y modernizando nuestras cooperativas agroalimentarias, manteniendo siempre la esencia de esta región que tanto significa para mí.

A todos los que, de una u otra forma, habéis sido parte de este camino: gracias.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	7
1. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	7
2. OBJETIVOS DEL TRABAJO	7
3. METODOLOGÍA.....	8
CAPITULO I. MARCO CONTEXTUAL DEL SECTOR AGROALIMENTARIO	9
1. IMPORTANCIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO EN LA ECONOMÍA GLOBAL Y NACIONAL.....	9
2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO HACIA LA DIGITALIZACIÓN.....	10
2.1. Etapa de mecanización (1950-1980)	11
2.2. Etapa de informatización (1980-2000).....	11
2.3. Etapa de expansión de las TIC y tecnologías digitales (2000-2010).....	12
2.4. Agricultura 4.0 y transformación digital (2010-presente)	12
3. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR AGROALIMENTARIO EN EXTREMADURA	13
4. PAPEL DE LAS COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS EN EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL DE EXTREMADURA.....	14
5. COOPERATIVISMO AGROALIMENTARIO	15
5.1. Concepto	15
5.2. Características del cooperativismo agroalimentario	16
5.3. Modelos organizativos.....	17
CAPITULO II. REVISIÓN TEÓRICA DE LA DIGITALIZACIÓN	18
1. CONCEPTOS CLAVE: DIGITALIZACIÓN, TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y AGRICULTURA 4.0.	18
2. POLÍTICAS PÚBLICAS Y ESTRATEGIAS DE DIGITALIZACIÓN EN EXTREMADURA.....	19
a. Planes de acción para la digitalización agroalimentaria.....	19
3. DIGITALIZACIÓN EN LAS COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS	20
3.1. Retos en la digitalización de las cooperativas agroalimentarias	21
4. BARRERAS Y DESAFÍOS EN EL PROCESO DE DIGITALIZACIÓN DE COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS.....	22

CAPITULO III. DIGITALIZACIÓN EN LAS COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS DE EXTREMADURA	26
1. MARCO LEGISLATIVO Y POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA DIGITALIZACIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS EN EXTREMADURA.....	26
1.1. Normativa europea y nacional aplicable.....	26
1.2. Fondos europeos para la digitalización de las cooperativas agroalimentarias	27
1.3. Análisis crítico y propuestas de mejora.....	28
2. NIVEL ACTUAL DE DIGITALIZACIÓN EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO Y COOPERATIVO	28
2.1. Nivel actual de digitalización en el sector agroalimentario y cooperativo	28
2.2. Métodos de recolección de datos en explotaciones agrícolas.....	29
2.3. Uso de herramientas digitales en la agricultura española y europea	29
2.4. Digitalización en el sector agroalimentario en Extremadura.....	30
2.5. Robotización en la agricultura	30
2.6. Capacitación y formación digital en el sector agrícola.....	31
3. ANÁLISIS DE LA DIGITALIZACIÓN EN LAS COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS DE EXTREMADURA	32
4. TECNOLOGÍAS DIGITALES APLICADAS A LAS COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS.....	33
4.1. Implementación de tecnologías en Extremadura.....	33
5. CASOS DE ÉXITO EN LA DIGITALIZACIÓN DE COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS EXTREMEÑAS.....	41
5.1. Agrupación de Cooperativas Valle del Jerte	42
5.2. ACOPAEX: digitalización en la gestión agrícola	43
5.3. Carnes y Vegetales S.L. (Grupo APIS): transformación digital en la industria agroalimentaria.....	44
5.4. Impacto de los proyectos de Cajamar en la digitalización de cooperativas agroalimentarias en Extremadura.....	45
5.5. Comparación con otras regionales en la digitalización agroalimentaria	47
6. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN Y FINANCIACIÓN DE LA DIGITALIZACIÓN EN LAS COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS.....	50
6.1. Etapas del proceso de digitalización en cooperativas agroalimentarias	50
6.2. Fuentes de financiación y apoyo económico	51
CONCLUSIONES.....	52
BIBLIOGRAFÍA	56

INTRODUCCIÓN

1. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Extremadura, con su amplia trayectoria en el sector agroalimentario y una superficie agrícola significativa que representa el 10,4% del total nacional, se ha consolidado como un pilar estratégico en la economía española (MAPA, 2023). La región sobresale en cultivos como el tabaco, el olivar y el tomate para industria, situándose entre las principales productoras nacionales. Este sector contribuye con el 15,4% al Valor Añadido Bruto (VAB) regional y genera empleo para aproximadamente 70.000 personas, reforzando tanto el desarrollo económico como la cohesión social en las áreas rurales (Junta de Extremadura, 2023).

En este contexto, las cooperativas agroalimentarias desempeñan un papel esencial al canalizar el 50% de la producción agroganadera regional (Cooperativas Agroalimentarias de España, 2022). Estas entidades no solo potencian la agregación de valor en la producción primaria, sino que también promueven modelos inclusivos de participación que fomentan la sostenibilidad ambiental y la cohesión territorial. Sin embargo, enfrentan retos relacionados con la globalización, los cambios en las demandas del consumidor y la necesidad de prácticas más sostenibles (INE, 2023).

En los últimos años, la digitalización ha emergido como una herramienta clave para transformar el sector agroalimentario. Tecnologías como la agricultura de precisión, los sistemas de riego inteligente y las plataformas digitales han demostrado ser efectivas para mejorar la trazabilidad, optimizar procesos y aumentar la sostenibilidad (Unión Europea, 2023). A pesar de los avances, muchas cooperativas enfrentan barreras como la falta de recursos económicos, el desconocimiento tecnológico y la resistencia cultural al cambio.

Este trabajo tiene como objetivo analizar el nivel de digitalización de las cooperativas agroalimentarias en Extremadura, evaluando cómo la transformación digital puede influir en la competitividad, la sostenibilidad y el desarrollo rural.

2. OBJETIVOS DEL TRABAJO

El objetivo principal es evaluar el nivel de digitalización en las cooperativas agroalimentarias de Extremadura, analizando su impacto en la gestión, sostenibilidad y

competitividad, e identificar las oportunidades y retos asociados para proponer recomendaciones que impulsen su transformación digital y su desarrollo económico y social.

En concordancia con este objetivo principal, se buscan responder a los siguientes objetivos específicos:

- Analizar las tendencias tecnológicas aplicables al sector cooperativo agroalimentario en Extremadura.
- Evaluar el nivel de digitalización en las cooperativas agroalimentarias extremeñas.
- Identificar los principales retos y oportunidades en el proceso de digitalización.
- Estudiar el impacto de la digitalización en la eficiencia, sostenibilidad y competitividad de las cooperativas.

3. METODOLOGÍA

Este trabajo sigue una metodología descriptiva y analítica, basada en el estudio de fuentes secundarias y en el análisis de casos de éxito en la digitalización de cooperativas agroalimentarias en Extremadura. A través de una revisión bibliográfica, se han recopilado y analizado documentos académicos, normativas y estudios sectoriales para definir los conceptos clave, como digitalización, transformación digital y Agricultura 4.0, así como contextualizar el impacto de la digitalización en las cooperativas.

Para evaluar el nivel de digitalización en las cooperativas extremeñas, se ha estudiado la situación actual del sector agroalimentario a partir de informes oficiales y estudios especializados. Esto ha permitido identificar las tendencias tecnológicas más relevantes y las principales barreras que dificultan su adopción, relacionadas con la formación, las infraestructuras digitales y la integración de nuevas herramientas en los procesos productivos.

Asimismo, se han analizado casos de éxito de cooperativas agroalimentarias extremeñas que han implementado tecnología en sus procesos. A partir de estos ejemplos, se han identificado factores clave que han favorecido la transformación digital y se ha desarrollado una propuesta de digitalización progresiva, adaptada a la realidad del sector cooperativo en Extremadura.

La metodología aplicada ha permitido estructurar el trabajo de manera coherente, combinando teoría, análisis de datos sectoriales y casos concretos para ofrecer una visión integral del estado actual de la digitalización en las cooperativas extremeñas y proponer estrategias viables para su implementación.

CAPITULO I. MARCO CONTEXTUAL DEL SECTOR AGROALIMENTARIO

1. IMPORTANCIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO EN LA ECONOMÍA GLOBAL Y NACIONAL

El sector agroalimentario es un pilar fundamental de la economía global, desempeñando un rol crucial en la seguridad alimentaria, el desarrollo sostenible y la generación de empleo. Su relevancia se extiende más allá de la provisión de alimentos, impactando directamente en la estabilidad económica, social y medioambiental de las comunidades rurales. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2022), el sector agroalimentario representa aproximadamente el 10% del Producto Interno Bruto (PIB) mundial y emplea a más de 1.300 millones de personas, lo que equivale al 26% de la fuerza laboral global. Además, contribuye significativamente a la reducción de la pobreza y a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como el hambre cero y la producción sostenible.

En el comercio internacional, los productos agroalimentarios constituyen una proporción destacada de las exportaciones globales. Bienes como los cereales, el café, el cacao y los aceites vegetales no solo aseguran la estabilidad económica de los países productores, sino que también generan ingresos vitales para muchas naciones en desarrollo (FAO, 2022). A nivel europeo, el sector agroalimentario aporta el 6,8% al PIB de la Unión Europea (UE), destacando por su competitividad en productos como cereales, carnes, frutas, vinos y productos lácteos (Comisión Europea, 2023).

En el caso de España, el sector agroalimentario mantiene una contribución destacada en la economía nacional, representando en 2023 el 8,9% del PIB y generando 2.394.353 empleos, lo que equivale al 11,3% del total del empleo en el país. Aunque en años anteriores la participación del sector en el PIB era ligeramente superior, con valores que alcanzaban el 9,7% en 2020, su impacto sigue siendo determinante, particularmente en

las zonas rurales, donde juega un papel clave en la cohesión territorial y en la fijación de población en áreas con riesgo de despoblación (Ivie, 2024).

Además de su importancia a nivel interno, el sector agroalimentario español se ha consolidado como un referente en el comercio exterior. En 2023, las exportaciones agroalimentarias experimentaron un crecimiento del 3,5% respecto al año anterior, contribuyendo con un saldo comercial positivo de más de 15.400 millones de euros (Banco de Crédito Cooperativo, 2024). España ocupa una posición de liderazgo en la producción y exportación de determinados productos agrícolas, destacando como el primer productor europeo de frutas y hortalizas, el principal exportador mundial de aceite de oliva y uno de los mayores productores de vino (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA], 2023).

En el contexto de la crisis del COVID-19, el sector agroalimentario demostró ser crucial para la seguridad alimentaria, asegurando el suministro de alimentos esenciales en contextos de incertidumbre económica y social (Ivie, 2020). La digitalización y las tecnologías avanzadas se convirtieron en factores clave para fortalecer la competitividad de las cooperativas agroalimentarias, mejorando procesos como la trazabilidad y la gestión de riesgos, y permitiendo la adaptación a las nuevas demandas del mercado.

2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO HACIA LA DIGITALIZACIÓN

El sector agroalimentario ha experimentado una profunda transformación tecnológica que ha revolucionado las formas tradicionales de producción, gestión y comercialización. En Extremadura, una región con una destacada tradición agroalimentaria, estas transformaciones han sido fundamentales para mantener la competitividad de cultivos clave como el tomate para industria, el olivar y el tabaco. A continuación, se describen las principales etapas de esta evolución tecnológica y su impacto en las cooperativas agroalimentarias de la región.

2.1.Etapa de mecanización (1950-1980)

La mecanización marcó el primer gran salto tecnológico en el sector agroalimentario, permitiendo superar las limitaciones de las prácticas manuales. En Extremadura, esta etapa impulsó significativamente la productividad de cultivos como el tomate, cuya producción industrial requería optimizar labores de arado, siembra y cosecha. La introducción de tractores y sistemas mecanizados de riego fue clave para ampliar las áreas de cultivo y mejorar la eficiencia.

Sin embargo, la mecanización no estuvo exenta de desafíos. Los altos costes de adquisición y mantenimiento de maquinaria limitaron su adopción entre pequeños agricultores, especialmente en cooperativas con recursos limitados. Además, el uso intensivo de combustibles fósiles generó preocupaciones medioambientales que más tarde impulsaron la búsqueda de prácticas agrícolas más sostenibles.

2.2.Etapa de informatización (1980-2000)

Durante esta etapa, el sector agroalimentario comenzó a integrar herramientas informáticas que mejoraron la gestión de recursos y procesos productivos. En Extremadura, la informatización permitió a las cooperativas utilizar sistemas de información geográfica (GIS) para analizar características específicas del terreno, optimizando el uso de insumos agrícolas como fertilizantes y agua.

Por ejemplo, los GIS facilitaron la identificación de áreas de cultivo con mayor necesidad de riego, mejorando la eficiencia de sistemas de riego en zonas con alta dependencia hídrica, como las explotaciones de maíz y arroz en la región. Además, los primeros sistemas de monitoreo climático proporcionaron datos en tiempo real que ayudaron a planificar actividades agrícolas clave, como la siembra y la cosecha, reduciendo el riesgo de pérdidas por fenómenos meteorológicos extremos.

A pesar de estos avances, la informatización enfrentó barreras significativas, como la limitada conectividad en zonas rurales y la falta de formación técnica entre los agricultores.

2.3.Etapa de expansión de las TIC y tecnologías digitales (2000-2010)

La llegada del siglo XXI trajo consigo un auge en el desarrollo y la accesibilidad de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), lo que marcó el inicio de una nueva era en el sector agroalimentario. En Extremadura, cooperativas como las dedicadas a la producción de aceite de oliva comenzaron a utilizar sensores remotos y herramientas de análisis de datos para mejorar la gestión de cultivos.

Los sensores remotos permitieron recopilar información precisa sobre la salud de las plantas, el contenido de agua en el suelo y las condiciones climáticas, optimizando las decisiones en tiempo real. Estas tecnologías fueron especialmente relevantes en cooperativas que gestionaban grandes extensiones de cultivo, como las dedicadas a la producción de tomate para industria. Además, las TIC facilitaron el acceso a mercados internacionales a través de plataformas de comercio electrónico, permitiendo a las cooperativas extremeñas diversificar sus canales de distribución. Sin embargo, la adopción de estas tecnologías no fue uniforme.

2.4.Agricultura 4.0 y transformación digital (2010-presente)

En la última década, la transición hacia la agricultura 4.0 ha transformado el sector agroalimentario, integrando tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), el Big Data y el blockchain. En Extremadura, estas herramientas están siendo adoptadas progresivamente por cooperativas que buscan aumentar su competitividad en un mercado global.

El IoT ha permitido a las cooperativas implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para la gestión de cultivos y recursos, reduciendo el desperdicio y mejorando la sostenibilidad. La IA y el Big Data han revolucionado la planificación agrícola al proporcionar predicciones precisas sobre condiciones climáticas y patrones de mercado. Esto ha permitido a las cooperativas extremeñas anticiparse a la demanda y ajustar sus estrategias de producción, maximizando así sus beneficios. Finalmente, el blockchain ha mejorado la trazabilidad de los productos agroalimentarios, una demanda creciente en mercados internacionales. Esta tecnología ha sido especialmente útil en cooperativas dedicadas al aceite de oliva y al vino, donde la calidad y el origen son factores clave para los consumidores.

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR AGROALIMENTARIO EN EXTREMADURA

El sector agroalimentario en Extremadura representa uno de los pilares clave de la economía regional, debido a su capacidad para generar empleo, riqueza y dinamismo en áreas rurales (Ministerio de Agricultura, 2024). Según el Ministerio de Agricultura (2024), el sector agroalimentario aporta aproximadamente el 15,4% del Valor Añadido Bruto (VAB) regional, un porcentaje significativamente superior al promedio nacional del 9%, lo que evidencia su relevancia estratégica.

En términos de empleo, el sector genera cerca de 69.487 puestos de trabajo, lo que equivale al 17,8% del empleo total de Extremadura y al 3% del empleo agroalimentario en España (Ministerio de Agricultura, 2024). Este impacto es especialmente notable en las zonas rurales, donde la agricultura y la ganadería son las principales fuentes de ingresos.

La industria de transformación agroalimentaria también tiene un papel destacado, con más de 1.346 empresas activas en la región. La mayoría de estas son microempresas (62,4%) o pequeñas empresas (12,3%), lo que refleja un tejido empresarial fragmentado pero competitivo. Extremadura ha logrado posicionarse como la cuarta región más competitiva en el ámbito agroalimentario, con una productividad que supera en un 18% la media nacional (Ministerio de Economía, 2023).

En el ámbito de las exportaciones, el sector agroalimentario lidera las ventas internacionales de la región. En 2022, las exportaciones agroalimentarias alcanzaron los 1.166 millones de euros, representando el 48,8% del total de las exportaciones de Extremadura. Durante el primer semestre de 2024, estas ventas crecieron un 27%, sumando 886 millones de euros (Instituto de Comercio Exterior, 2024). Los productos más exportados incluyen el tomate para industria, el aceite de oliva, el vino y el tabaco, consolidando la reputación de Extremadura como proveedor de calidad en mercados internacionales.

El cambio climático también representa una amenaza significativa para el sector agroalimentario de Extremadura. Según la Agencia Estatal de Meteorología (2023), las

sequías recurrentes y el aumento de las temperaturas han reducido la productividad agrícola en un 13,6% en 2022, aunque las tecnologías de adaptación y condiciones climáticas más favorables permitieron cierta recuperación en 2024.

4. PAPEL DE LAS COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS EN EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL DE EXTREMADURA

Las cooperativas agroalimentarias en Extremadura son fundamentales para el desarrollo económico y social de la región, aportando entre el 8% y el 10% al Producto Interior Bruto (PIB) regional y representando el 50% del valor de las producciones agroganaderas, según fuentes internas. Más allá de su impacto económico, contribuyen a la cohesión territorial y la sostenibilidad, dinamizando las zonas rurales y fomentando su desarrollo frente a la falta de oportunidades.

La evolución histórica de las cooperativas agroalimentarias en Extremadura refleja una trayectoria similar a la del cooperativismo a nivel nacional. Según Díaz-Foncea y Marcuello (2013), el desarrollo de estas entidades puede dividirse en cuatro etapas principales: crecimiento moderado (1949-1970), expansión significativa (1971-1980), estabilización y consolidación (1981-1990), y crecimiento sostenido con adaptación tecnológica (1991-2010). En Extremadura, estas etapas estuvieron marcadas por la implementación de la Política Agraria Común (PAC) y otras políticas públicas que promovieron su modernización y competitividad.

En la actualidad, cooperativas como Tomates del Guadiana y San Isidro lideran el sector, aplicando tecnologías como blockchain para la trazabilidad de productos y plataformas de comercio electrónico para acceder a mercados globales. Este modelo ha permitido mejorar la competitividad de productos clave como el tomate para industria, el aceite de oliva y el vino, que posicionan a Extremadura como una región destacada en el panorama agroalimentario español e internacional.

Estas entidades generan empleo directo e indirecto, dinamizando las economías locales y fortaleciendo el tejido productivo en áreas rurales. Según el Observatorio del Cooperativismo Agroalimentario Español (2023), las cooperativas no solo actúan como motores económicos, sino que también redistribuyen la riqueza de manera equitativa entre

sus socios. Este modelo empresarial fomenta la estabilidad económica en comunidades rurales y fortalece la resiliencia frente a las fluctuaciones del mercado global (European Association of Agricultural Economists, 2023).

Desde una perspectiva social, las cooperativas agroalimentarias en Extremadura son esenciales para combatir el éxodo rural y mitigar el envejecimiento de la población en zonas rurales (REDR, 2023). En localidades pequeñas, las cooperativas no solo actúan como empleadores, sino que también fomentan la colaboración entre productores y fortalecen el tejido comunitario.

Por otro lado, la agricultura ecológica ha ganado protagonismo gracias a las cooperativas asociadas a entidades como Ecovalia. Extremadura lidera en España la superficie dedicada a la agricultura ecológica, con más de 85.000 hectáreas certificadas.

5. COOPERATIVISMO AGROALIMENTARIO

5.1. Concepto

El cooperativismo agroalimentario es una forma de organización empresarial en la que los productores agrícolas o ganaderos se asocian voluntariamente para satisfacer necesidades comunes relacionadas con la producción, comercialización y gestión de sus actividades. Este modelo organizativo se basa en principios de cooperación, participación democrática y autonomía, ofreciendo una alternativa sostenible a las estructuras empresariales tradicionales (Bijman et al., 2021).

Según la Alianza Cooperativa Internacional (ACI), las cooperativas agroalimentarias son organizaciones autónomas constituidas por personas que se agrupan de manera voluntaria para satisfacer necesidades y aspiraciones económicas, sociales y culturales comunes a través de una empresa de propiedad conjunta y gestión democrática (ICA, 2022). Este modelo no busca maximizar el beneficio individual, sino garantizar el bienestar colectivo de sus miembros y contribuir al desarrollo de las comunidades locales.

El cooperativismo agroalimentario combina objetivos económicos con un fuerte compromiso social y ambiental, promoviendo prácticas sostenibles que benefician tanto a los socios como al entorno (Klerkx et al., 2019). Estas organizaciones fortalecen la

competitividad de los pequeños productores, garantizan una distribución equitativa de los beneficios y son fundamentales para mitigar problemas como la despoblación rural y el envejecimiento de la población en Extremadura (Confecoop, 2023).

5.2. Características del cooperativismo agroalimentario

El cooperativismo agroalimentario se distingue por su modelo organizativo basado en la participación democrática, donde cada socio tiene igualdad de voz en la toma de decisiones, sin que su peso económico dentro de la cooperativa condicione su influencia en la gestión. Esta estructura fomenta la transparencia y la inclusión, asegurando que las decisiones estratégicas reflejen el interés colectivo en lugar de responder a intereses individuales (ICA, 2022).

Más allá de su modelo de gobernanza, las cooperativas desempeñan un papel crucial en el desarrollo de las comunidades rurales. En Extremadura, algunas cooperativas han implementado iniciativas que combinan sostenibilidad económica y social, promoviendo la estabilidad del sector agroalimentario en la región (Confecoop, 2023).

La sostenibilidad es otro de los pilares fundamentales del cooperativismo. Muchas organizaciones han adoptado prácticas agrícolas responsables, orientadas a minimizar su impacto ambiental y a garantizar un uso eficiente de los recursos naturales. En Extremadura, la transición hacia modelos de producción más sostenibles ha permitido mejorar la competitividad de los productos agroalimentarios, alineándolos con las exigencias de los mercados internacionales, donde la trazabilidad y el respeto por el medioambiente se han convertido en factores clave de diferenciación (FAO, 2022).

La incorporación de herramientas tecnológicas en la gestión de cultivos, la comercialización y la logística ha permitido optimizar procesos, garantizar el seguimiento de los productos en cada etapa de la cadena y reforzar la sostenibilidad de las explotaciones. En Extremadura, muchas cooperativas han integrado soluciones digitales que facilitan la automatización de tareas agrícolas, la gestión eficiente del riego y el control de calidad en la producción (Wolfert et al., 2017).

5.3. Modelos organizativos

El cooperativismo agroalimentario adopta diferentes modelos organizativos que responden a las necesidades específicas de sus socios y al entorno en el que operan. En Extremadura, estas cooperativas han evolucionado para incorporar tecnologías que mejoran la eficiencia productiva, optimizan el uso de recursos y facilitan el acceso a mercados globales, asegurando su competitividad en un sector en constante transformación.

Uno de los modelos más representativos es el de cooperativas de producción, donde los agricultores comparten infraestructura y recursos para optimizar sus explotaciones. En la región, algunas han comenzado a adoptar tecnologías como sensores IoT, utilizados para mejorar el manejo del riego en cultivos estratégicos como el tomate y el maíz. Estas innovaciones han permitido una gestión más eficiente del agua, reduciendo costes operativos y aumentando la productividad (Wolfert et al., 2017).

Las cooperativas de transformación juegan un papel clave en la mejora de la calidad y trazabilidad de los productos agroalimentarios. Un ejemplo es el sector del aceite de oliva, donde se están implementando tecnologías basadas en blockchain para garantizar la autenticidad del producto y fortalecer su presencia en mercados internacionales. Esta digitalización no solo contribuye a una mayor transparencia en la cadena de suministro, sino que también mejora la competitividad de las cooperativas extremeñas en un contexto globalizado.

Otro modelo esencial es el de cooperativas de comercialización, cuyo objetivo es agrupar la producción de pequeños agricultores para fortalecer su poder de negociación. La integración de plataformas digitales ha permitido que estas cooperativas conecten directamente con los consumidores, facilitando la venta de productos sin intermediarios y mejorando las condiciones económicas de los productores.

Además, las cooperativas de servicios desempeñan un papel crucial en la formación y el acceso a tecnologías emergentes. Algunas entidades han comenzado a ofrecer formación en competencias digitales, así como acceso a herramientas como drones y sensores, facilitando la adopción de prácticas de agricultura de precisión. La incorporación de estas

tecnologías ha permitido mejorar la planificación de cultivos y aumentar la eficiencia en el uso de recursos agrícolas.

Por último, las cooperativas mixtas combinan elementos de producción, transformación y comercialización en un mismo modelo organizativo. Este enfoque permite una integración más eficiente de la cadena de valor, aprovechando herramientas digitales como los sistemas integrados de gestión empresarial y logística avanzada. En Extremadura, este tipo de cooperativas ha demostrado ser una alternativa viable para mejorar la competitividad en un mercado que exige cada vez mayor trazabilidad y sostenibilidad en la producción agroalimentaria (Confederación de Cooperativas Agroalimentarias, 2023).

CAPITULO II. REVISIÓN TEÓRICA DE LA DIGITALIZACIÓN

1. CONCEPTOS CLAVE: DIGITALIZACIÓN, TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y AGRICULTURA 4.0.

En un contexto de rápida evolución tecnológica y globalización, la digitalización y la transformación digital han emergido como elementos centrales para la modernización de sectores estratégicos. Entre ellos, el agroalimentario desempeña un papel clave debido a su importancia económica, su impacto en la sostenibilidad ambiental y su capacidad para abordar desafíos como el cambio climático, la seguridad alimentaria y la eficiencia productiva (Klerkx et al., 2019).

La digitalización constituye el primer paso en la transición hacia un modelo tecnológico avanzado, enfocándose en la transformación de procesos analógicos en digitales mediante el uso de tecnologías específicas.

Por otro lado, la transformación digital implica un cambio estratégico y estructural en las organizaciones. Este proceso va más allá de la digitalización, ya que integra tecnologías avanzadas como inteligencia artificial (IA), big data y blockchain para rediseñar modelos de negocio, anticiparse a las demandas del mercado y generar valor añadido (Reis et al., 2018).

La Agricultura 4.0 representa la culminación de la digitalización y la transformación digital, integrando tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), drones, big data y robótica en toda la cadena de valor agroalimentaria. Este modelo busca no solo aumentar la productividad y la eficiencia, sino también garantizar la sostenibilidad mediante el uso responsable de los recursos naturales (FAO, 2022).

En síntesis, la digitalización y la transformación digital son procesos complementarios que sientan las bases para un sector agroalimentario más competitivo y sostenible. Mientras la digitalización optimiza procesos puntuales, la transformación digital redefine la manera en que las organizaciones operan y se adaptan a un entorno cambiante (Rose et al., 2021). Ambos procesos son imprescindibles para garantizar la sostenibilidad del sector agroalimentario extremeño, maximizando el impacto positivo de las cooperativas en la región.

2. POLÍTICAS PÚBLICAS Y ESTRATEGIAS DE DIGITALIZACIÓN EN EXTREMADURA

La digitalización en el sector agroalimentario se ha convertido en un eje estratégico para mejorar la competitividad, la sostenibilidad y la eficiencia en la gestión de recursos. En España, esta transformación forma parte de la Estrategia de Digitalización del Sector Agroalimentario, Forestal y del Medio Rural, impulsada por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), cuyo objetivo es fomentar la innovación, reducir la brecha digital y modernizar el sector agroalimentario mediante la adopción de tecnologías avanzadas.

Extremadura, como región con una estructura productiva basada en pequeñas explotaciones y cooperativas agroalimentarias, ha sido priorizada dentro de esta estrategia para facilitar la transición digital.

a. Planes de acción para la digitalización agroalimentaria

Para concretar los objetivos de la estrategia nacional, el MAPA ha desarrollado Planes de Acción que han guiado la digitalización del sector. En Extremadura, estos planes han permitido el acceso a tecnologías avanzadas y la capacitación de agricultores y ganaderos en herramientas digitales.

El I Plan de Acción (2019-2020) estableció la base de la transformación digital, enfocándose en la infraestructura tecnológica y la conectividad rural. Se invirtió en la expansión de la banda ancha en zonas rurales, permitiendo que explotaciones y cooperativas accedieran a sistemas de monitoreo remoto y plataformas de gestión de datos. Un informe de evaluación señala que el 95% de las acciones planificadas se implementaron con éxito, capacitando a más de 5.000 agricultores extremeños en competencias digitales y facilitando el acceso a subvenciones para tecnologías como sensores de riego inteligente y sistemas de monitoreo agrícola (MAPA, 2021).

El II Plan de Acción (2021-2023) amplió los esfuerzos previos, priorizando sostenibilidad e integración tecnológica avanzada. En Extremadura, se promovió la adopción de herramientas digitales enfocadas en trazabilidad agroalimentaria y comercio electrónico, permitiendo que los productores accedieran a mercados internacionales sin intermediarios. Además, se impulsó la integración de energías renovables y redes de banda ancha, desarrollando ecosistemas rurales inteligentes bajo el concepto de Smart Villages, donde la digitalización y la sostenibilidad convergen para mejorar la calidad de vida en el entorno rural (FAO, 2020).

3. DIGITALIZACIÓN EN LAS COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS

La digitalización ha sido un factor determinante en la modernización de las cooperativas agroalimentarias, permitiéndoles mejorar la eficiencia operativa, reducir costes y fortalecer su competitividad en un mercado cada vez más exigente.

Uno de los avances más significativos en este ámbito ha sido la adopción de sistemas inteligentes de gestión, que permiten analizar datos en tiempo real y mejorar la toma de decisiones. Las cooperativas han incorporado plataformas que optimizan la planificación agrícola y la distribución de los productos, garantizando una mayor eficiencia en toda la cadena de valor. Estas herramientas han facilitado la adaptación a un entorno volátil, donde la demanda de productos sostenibles y trazables sigue en aumento (Fernández et al., 2021).

La trazabilidad y la transparencia en la cadena de suministro han sido otros de los grandes beneficios de la digitalización en el cooperativismo agroalimentario. La implementación

de tecnologías enfocadas en el control de calidad y autenticidad ha permitido que los productos cumplan con estándares internacionales, asegurando su competitividad en mercados globales. En España, cooperativas como Anecoop han incorporado soluciones digitales para garantizar el seguimiento y la verificación de sus exportaciones, fortaleciendo así su presencia en el comercio exterior (Vilar-Martínez et al., 2023).

Además, la digitalización ha facilitado la implementación de estrategias de sostenibilidad dentro del sector cooperativo. La optimización del uso de recursos naturales ha sido clave para mejorar la productividad y reducir el impacto ambiental de la actividad agroalimentaria. Investigaciones recientes han demostrado que la integración de sistemas digitales en la gestión del riego ha reducido el consumo de agua y aumentado el rendimiento agrícola, consolidando prácticas más responsables y alineadas con las exigencias medioambientales actuales (Vidal-Giménez et al., 2020).

El impacto de la digitalización también ha sido relevante en la estructura organizativa y en la gobernanza de las cooperativas. El acceso a plataformas digitales ha permitido mejorar la comunicación interna, fortalecer la colaboración entre socios y facilitar la toma de decisiones participativa. La integración de estas herramientas ha fomentado una gestión más ágil y democrática, reforzando la cohesión dentro de las cooperativas y aumentando su capacidad de adaptación a los cambios del sector (Rodríguez-Entrena et al., 2019).

3.1. Retos en la digitalización de las cooperativas agroalimentarias

A pesar de los avances en la digitalización del sector agroalimentario, las cooperativas enfrentan diversos obstáculos que ralentizan su implementación y limitan su impacto. Uno de los principales desafíos radica en la brecha tecnológica, ya que la adopción de herramientas digitales no es homogénea dentro del sector. Mientras que las cooperativas de mayor tamaño han logrado incorporar innovaciones como el Big Data y el blockchain, aquellas con menor capacidad económica tienen mayores dificultades para acceder a estas tecnologías, lo que genera una desigualdad en la modernización del sector (Gómez-Limón et al., 2022).

La conectividad en áreas rurales representa otro obstáculo importante, especialmente en regiones como Extremadura, donde la infraestructura digital aún es limitada. La falta de acceso a redes de alta velocidad dificulta la integración de sistemas como el Internet de las Cosas (IoT) o el uso de drones en la monitorización de cultivos, lo que restringe el potencial de la agricultura de precisión. Según un informe de la OCDE (2020), mejorar la infraestructura tecnológica en el medio rural es un factor clave para reducir la brecha digital y fomentar la adopción de estas innovaciones.

El déficit de formación técnica entre los miembros de las cooperativas también condiciona la digitalización del sector. La resistencia al cambio y la falta de competencias digitales dificultan la implementación de nuevas herramientas, lo que subraya la necesidad de programas de capacitación específicos. En este sentido, iniciativas como el Plan Nacional de Digitalización Agroalimentaria han sido diseñadas para proporcionar formación en tecnologías emergentes y facilitar la transición digital en cooperativas agrícolas (MAPA, 2023).

Otro reto relevante está vinculado a los costes iniciales elevados que supone la implementación de tecnologías avanzadas. La adopción de sistemas basados en blockchain, Big Data o inteligencia artificial requiere inversiones significativas, lo que representa una barrera para aquellas cooperativas que operan con márgenes de beneficio reducidos. En muchos casos, la falta de acceso a financiación impide que estas organizaciones puedan modernizar sus procesos productivos y aprovechar los beneficios de la transformación digital (Morales et al., 2022).

Para que la digitalización de las cooperativas agroalimentarias sea efectiva, es fundamental abordar estos desafíos mediante estrategias que mejoren la infraestructura tecnológica en zonas rurales, impulsen la formación en competencias digitales y faciliten el acceso a financiación.

4. BARRERAS Y DESAFÍOS EN EL PROCESO DE DIGITALIZACIÓN DE COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS.

La adopción de tecnologías digitales en el sector agroalimentario enfrenta múltiples barreras interrelacionadas que dificultan su implementación efectiva, especialmente en

entornos rurales. Estas barreras, que incluyen dimensiones económicas, tecnológicas, sociales y estructurales, representan retos significativos que requieren un enfoque integral para superarse. A continuación, se analiza cada una de estas barreras.

Barreras económicas

El alto coste inicial que supone la adquisición e implementación de tecnologías digitales es uno de los principales obstáculos. Herramientas como sensores IoT, drones o plataformas basadas en blockchain requieren inversiones significativas, no solo en equipamiento, sino también en capacitación técnica y actualización constante. Este desafío afecta particularmente a pequeños agricultores y cooperativas con recursos financieros limitados. Además, los costos recurrentes asociados al mantenimiento y la obsolescencia tecnológica agravan la situación. En regiones como Extremadura, donde las explotaciones suelen ser de menor escala y los márgenes de beneficio más reducidos, la falta de acceso a crédito o subvenciones específicas limita gravemente la posibilidad de adoptar tecnologías avanzadas. La desigualdad en el acceso a recursos financieros entre grandes empresas agroindustriales y pequeños productores perpetúa una brecha tecnológica que impacta directamente en la competitividad del sector.

Además, la falta de modelos de negocio adaptados a la digitalización en las cooperativas agrarias dificulta la justificación de estas inversiones. Según Plaza-Angulo y Ciruela-Lorenzo (2018), muchas cooperativas carecen de estrategias claras para integrar las TIC de manera efectiva en sus operaciones, lo que incrementa la percepción de riesgo financiero asociado a la digitalización.

Barreras tecnológicas

La insuficiencia de infraestructura es un problema recurrente en las áreas rurales. La conectividad a internet, esencial para muchas tecnologías digitales, sigue siendo limitada o inexistente en muchas regiones agrícolas. Este problema afecta directamente la operatividad de herramientas como sistemas de monitoreo remoto o plataformas en la nube, que dependen de una conexión constante para funcionar de manera óptima. Por ejemplo, en Extremadura, la cobertura de banda ancha en zonas rurales sigue siendo insuficiente, lo que dificulta el acceso a soluciones tecnológicas que podrían optimizar la gestión de recursos. Además, la falta de servicios de soporte técnico especializado en estas áreas impide que los agricultores puedan mantener y reparar los equipos necesarios

para la digitalización. La rápida obsolescencia tecnológica también representa una barrera importante, ya que muchos agricultores temen invertir en herramientas que puedan quedar desactualizadas en pocos años.

Según Gallardo-Cobos et al. (2024), la falta de interoperabilidad entre diferentes sistemas tecnológicos utilizados en las cooperativas agroalimentarias añade una capa adicional de complejidad, dificultando la integración efectiva de nuevas herramientas digitales en los procesos existentes.

Barreras sociales y culturales

Los factores sociales y culturales desempeñan un papel crucial en la adopción de tecnologías digitales. La resistencia al cambio, especialmente en comunidades rurales donde las prácticas tradicionales tienen un peso significativo, es una barrera común. Los agricultores mayores, en particular, suelen mostrar desconfianza hacia las tecnologías avanzadas, prefiriendo continuar con métodos que han utilizado durante décadas.

Además, la alfabetización digital limitada en estas áreas agrava el problema, ya que muchos agricultores carecen de las competencias necesarias para utilizar herramientas digitales de manera efectiva. Esto no solo genera inseguridad en el uso de la tecnología, sino que también reduce las oportunidades de aprovechar plataformas digitales para acceder a mercados o gestionar sus explotaciones. Las desigualdades de género también son un factor importante; las mujeres en áreas rurales suelen tener menos acceso a formación tecnológica, lo que perpetúa las brechas existentes en términos de participación y liderazgo en el sector agroalimentario.

Montero Aparicio (2021) destaca que la falta de formación específica en competencias digitales para agricultores y miembros de cooperativas limita la capacidad de estas organizaciones para adaptarse a los cambios tecnológicos, perpetuando prácticas tradicionales y reduciendo la competitividad.

Barreras estructurales

La falta de políticas públicas integrales que prioricen la digitalización en el sector agroalimentario es un desafío significativo. Aunque existen programas como los fondos Next Generation EU, su implementación en regiones rurales suele estar limitada por una

burocracia excesiva y la falta de coordinación entre los diferentes niveles de gobierno. Estas políticas a menudo no se adaptan a las necesidades específicas de los agricultores, enfocándose en objetivos generales que no consideran las particularidades de cada región. Además, las desigualdades regionales en términos de inversión y apoyo público agravan las disparidades entre las zonas rurales y urbanas, dificultando la adopción tecnológica en regiones menos desarrolladas.

Jorge Vázquez y Chivite Cebolla (2018) señalan que la ausencia de un marco normativo claro y de incentivos específicos para la digitalización en las entidades de economía social, como las cooperativas agroalimentarias, dificulta la implementación de tecnologías digitales y la adaptación a las nuevas exigencias del mercado.

Estrategias para superar las barreras

Superar estas barreras requiere un enfoque integral que combine estrategias de inversión en infraestructura, formación en competencias digitales y diseño de políticas públicas específicas. Por ejemplo, garantizar el acceso a internet de alta velocidad en todas las áreas rurales debería ser una prioridad, al igual que el desarrollo de programas de formación adaptados a las necesidades de los agricultores. La simplificación administrativa en los programas de apoyo y subvenciones podría facilitar la adopción tecnológica, mientras que la promoción de alianzas público-privadas podría movilizar recursos y conocimientos técnicos. Asimismo, es fundamental fomentar la inclusión de grupos marginados, como las mujeres y los pequeños agricultores, para garantizar que la digitalización contribuya de manera equitativa al desarrollo sostenible del sector agroalimentario.

Gallardo-Cobos et al. (2024) sugieren la creación de plataformas colaborativas que permitan a las cooperativas compartir recursos y conocimientos tecnológicos, reduciendo costos y facilitando la adopción de innovaciones digitales.

CAPITULO III. DIGITALIZACIÓN EN LAS COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS DE EXTREMADURA

1. MARCO LEGISLATIVO Y POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA DIGITALIZACIÓN DE LAS COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS EN EXTREMADURA

El desarrollo de la digitalización en las cooperativas agroalimentarias no solo responde a la evolución tecnológica, sino que también está condicionado por el **marco normativo** y las políticas públicas de apoyo. La Unión Europea y el Estado español han diseñado estrategias dirigidas a modernizar el sector agroalimentario mediante la adopción de nuevas tecnologías. No obstante, la efectividad de estas iniciativas en Extremadura sigue dependiendo de la capacidad de acceso a los fondos disponibles y de la infraestructura digital en zonas rurales (Comisión Europea, 2023).

1.1. Normativa europea y nacional aplicable

La Política Agraria Común (PAC) 2021-2027 ha sido clave en la digitalización del sector agroalimentario, priorizando la modernización tecnológica a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER). Estos fondos han permitido a cooperativas como Viñaoliva implementar soluciones digitales en la producción de vino y aceite de oliva, mejorando la eficiencia y sostenibilidad (MAPA, 2023).

Además, el Data Act, aprobado por la Comisión Europea en 2022, regula el acceso y uso compartido de datos generados por dispositivos inteligentes en sectores estratégicos como la agricultura. Su objetivo es garantizar que agricultores y cooperativas puedan aprovechar la información generada por tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia operativa, optimizar la gestión de recursos y fortalecer la trazabilidad en la cadena de valor agroalimentaria (Comisión Europea, 2022).

En el caso de Extremadura, la implementación del Data Act ofrece beneficios concretos para las cooperativas agroalimentarias. Al garantizar la interoperabilidad de datos, las explotaciones pueden acceder a información en tiempo real sobre condiciones climáticas, precios de mercado y patrones de demanda, permitiendo una toma de decisiones más eficiente. También facilita el acceso a información sobre el rendimiento de cultivos y el uso de recursos agrícolas, lo que favorece una producción más sostenible y optimizada.

1.2.Fondos europeos para la digitalización de las cooperativas agroalimentarias

El acceso a financiación es un elemento clave para la transformación digital del sector cooperativo. Programas como Next Generation EU han impulsado inversiones en infraestructura tecnológica en áreas rurales, mejorando la conectividad y permitiendo la digitalización de procesos productivos. En Extremadura, estos fondos han permitido a diversas cooperativas modernizar sus operaciones mediante la adopción de tecnologías avanzadas.

Un ejemplo destacado es ACOPAEX (Agrupación de Cooperativas Agrarias de Extremadura), que ha desarrollado programas de formación en competencias digitales para sus socios y empleados, facilitando la integración de herramientas tecnológicas en sus actividades agrícolas. Asimismo, Cooperativas Agro-Alimentarias Extremadura ha recibido subvenciones directas de la Junta de Extremadura por un importe de 300.000 euros, destinadas a la capacitación digital en el ámbito cooperativo agroalimentario, promoviendo la adopción de nuevas tecnologías en la gestión y comercialización de productos (Junta de Extremadura, 2024).

El Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) ha sido otro pilar fundamental en la modernización de las cooperativas agroalimentarias extremeñas. En este contexto, cooperativas como Tomates del Guadiana han utilizado estos fondos para implementar herramientas digitales de monitoreo de cultivos, optimizando el uso del agua y reduciendo los costes de producción. La aplicación de sensores inteligentes ha permitido mejorar la eficiencia en el riego y la fertilización, alineándose con los objetivos de sostenibilidad de la PAC (MAPA, 2023).

Por otro lado, el programa Horizon Europe ha respaldado iniciativas en cooperativas extremeñas, promoviendo la adopción de sistemas de monitoreo inteligente, análisis predictivo de datos climáticos y automatización de riego mediante inteligencia artificial (Unión Europea, 2023). Un ejemplo concreto ha sido el caso de Carnes y Vegetales S.L. (Grupo APIS), que ha incorporado procesos de automatización en su cadena productiva con el apoyo de fondos europeos. Estas tecnologías han permitido mejorar la trazabilidad de los productos cárnicos y reducir el desperdicio de recursos.

1.3. Análisis crítico y propuestas de mejora

Si bien el marco legislativo ha facilitado la modernización del sector agroalimentario en Extremadura, su impacto real sigue siendo desigual y enfrenta múltiples obstáculos. Uno de los principales problemas es el acceso a la financiación, ya que las cooperativas más pequeñas tienen más dificultades para gestionar los fondos europeos debido a la complejidad burocrática y la falta de apoyo administrativo. Esta situación genera una brecha digital dentro del propio sector, donde las entidades con mayor capacidad de gestión avanzan más rápido en su proceso de digitalización, mientras que las más pequeñas quedan rezagadas (MAPA, 2023).

Otro desafío relevante es la brecha digital en zonas rurales, donde la conectividad sigue siendo insuficiente para garantizar la plena integración de las cooperativas en la economía digital. A pesar de los esfuerzos realizados en el marco de programas como Next Generation EU, todavía existen áreas en Extremadura donde el acceso a internet de alta velocidad es limitado, dificultando la implementación de tecnologías digitales avanzadas (Comisión Europea, 2023).

Para superar estos desafíos, sería necesario simplificar los procedimientos administrativos para acceder a fondos europeos, fortalecer la formación en competencias digitales y mejorar la infraestructura tecnológica en las zonas rurales. Garantizar un acceso equitativo a la digitalización es esencial para evitar que las cooperativas más pequeñas queden excluidas del proceso de modernización agroalimentaria.

2. NIVEL ACTUAL DE DIGITALIZACIÓN EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO Y COOPERATIVO

2.1. Nivel actual de digitalización en el sector agroalimentario y cooperativo

La digitalización del sector agroalimentario ha avanzado significativamente en los últimos años, impulsada por la necesidad de mejorar la eficiencia, sostenibilidad y competitividad de las explotaciones agrícolas. Sin embargo, la adopción de herramientas digitales sigue siendo desigual y depende de factores como el tipo de cultivo, la inversión tecnológica y la formación de los trabajadores del sector. Según la Comisión Europea (2024), España supera la media europea en recolección de datos automatizada, pero su implementación en áreas como la fertilización y la robotización sigue siendo limitada.

2.2.Métodos de recolección de datos en explotaciones agrícolas

Uno de los aspectos clave en la digitalización del sector es la recolección de datos en las explotaciones agrícolas. En España, el 74,4% de los agricultores sigue realizando análisis de suelo de forma manual, cifra considerablemente superior a la media de la Unión Europea, que se sitúa en el 50% (Comisión Europea, 2024). Sin embargo, la adopción de sensores para la gestión de fertilizantes y agua es mayor en comparación con otros países europeos, reflejando un interés creciente en la modernización del sector.

A pesar de los avances en digitalización, la planificación de cultivos sigue dependiendo en gran medida de métodos tradicionales. Actualmente, solo el 7,7% de las explotaciones utiliza tecnologías digitales para la fertilización, mientras que en el regadío un 19% de los agricultores emplea herramientas digitales para optimizar el uso del agua (MAPA, 2023). Estos datos demuestran que, aunque la automatización ha mejorado en ciertas áreas, la transición digital en la agricultura sigue enfrentando desafíos en su implementación.

2.3.Uso de herramientas digitales en la agricultura española y europea

A nivel europeo, la digitalización en el sector agroalimentario presenta notables diferencias entre cultivos y regiones. Sectores como los frutales no cítricos y los tubérculos han integrado con mayor rapidez las nuevas tecnologías, mientras que cultivos como el viñedo y las hortalizas presentan una adopción más limitada (Comisión Europea, 2023). En el ámbito del regadío, solo un 13,5% de los agricultores ha implementado sistemas avanzados de telecontrol del riego, lo que refleja la existencia de brechas en la automatización agrícola en Europa (Comisión Europea, 2023).

En España, el 32% de las explotaciones han invertido en digitalización, superando la media europea del 20% (MAPA, 2023). La adopción de sensores IoT, plataformas de gestión agrícola y software de predicción climática ha permitido optimizar la producción y mejorar la sostenibilidad del sector. No obstante, existen diferencias regionales en la adopción de estas tecnologías, lo que evidencia que la disponibilidad de infraestructuras digitales y el acceso a financiación han sido factores determinantes en la modernización de las explotaciones.

2.4. Digitalización en el sector agroalimentario en Extremadura

En Extremadura, la digitalización aún presenta importantes desafíos. El uso de sensores para el análisis del suelo y la fertilización sigue estando mayoritariamente limitado a proyectos piloto, en lugar de formar parte de explotaciones comerciales consolidadas (MAPA, 2023). Esta situación contrasta con comunidades como Andalucía o Castilla-La Mancha, donde la integración de herramientas digitales ha avanzado con mayor rapidez.

A pesar de ello, el sector cooperativo extremeño tiene una oportunidad estratégica en la integración de software especializado para la gestión de cultivos y riego. La optimización de los recursos hídricos y la digitalización de los sistemas de gestión agrícola no solo mejorarían la sostenibilidad del sector, sino que también fortalecerían su competitividad en el mercado. La implementación de estas tecnologías permitiría una gestión más eficiente y una mejor planificación de la producción en un contexto de creciente presión climática y económica.

2.5. Robotización en la agricultura

La robotización se ha convertido en una de las tendencias más relevantes dentro del proceso de digitalización agrícola, especialmente en sectores con alta demanda de eficiencia operativa. Según la Comisión Europea (2024), el 89,2% de los agricultores europeos está interesado en la incorporación de robots en sus explotaciones, con el objetivo de optimizar tareas como la recolección y la aplicación de fertilizantes.

En cultivos de cereales e industriales, la mecanización ya está consolidada, mientras que en cultivos de fruta y vid se está avanzando en la introducción de robots especializados en recolección. En el ámbito de la gestión de plagas y enfermedades, la automatización ha permitido mejorar la aplicación de fitosanitarios, reduciendo costos y optimizando la eficiencia.

En Extremadura, la incorporación de robots en el cultivo del cerezo en el Valle del Jerte podría representar un avance clave, disminuyendo la dependencia de mano de obra estacional y aumentando la eficiencia en la cosecha. Además, la integración de tractores autónomos y sistemas de riego automatizado podría optimizar el uso del agua y mejorar la sostenibilidad de las explotaciones.

2.6. Capacitación y formación digital en el sector agrícola

A pesar de los avances en digitalización, la falta de formación digital sigue siendo un obstáculo en la adopción de nuevas tecnologías en el sector agroalimentario. La Comisión Europea (2024) señala que la capacitación es un factor determinante para la modernización del sector, ya que muchos agricultores no cuentan con los conocimientos necesarios para integrar herramientas avanzadas en sus explotaciones.

En Extremadura, se han impulsado iniciativas para mejorar la digitalización en el sector agroalimentario, especialmente en cooperativas rurales. A través del programa Competencias Digitales para la Ciudadanía en Espacios con Especiales Dificultades Demográficas, se ha formado a más de 8.300 personas, promoviendo el uso de herramientas digitales en la gestión agroalimentaria. Además, la Junta de Extremadura ha destinado 900.000 euros en subvenciones para capacitar a más de 3.800 ciudadanos en competencias digitales, beneficiando a cooperativas y organizaciones agrarias. Estas medidas, enmarcadas en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la Unión Europea, buscan fortalecer la competitividad del sector y reducir la brecha digital en entornos rurales (Junta de Extremadura, 2024).

Asimismo, la Asociación para el Desarrollo de las Vegas Altas del Guadiana (ADEVAG) ha impulsado el programa Red Digital, centrado en la formación en administración electrónica y nuevas tecnologías para la gestión agrícola (ADEVAG, 2024).

A nivel académico, la Universidad de Extremadura (UEX) imparte el Máster Universitario en Agricultura y Ganadería Ecológicas, donde se aborda la digitalización en la optimización de cultivos y trazabilidad agroalimentaria (Universidad de Extremadura, 2024). Además, la Cátedra de Innovación y Digitalización en el Sector Agroalimentario promueve la investigación y la formación en nuevas tecnologías para modernizar el sector cooperativo y facilitar la adopción de herramientas digitales en las explotaciones agrícolas (Universidad de Extremadura, 2024).

3. ANÁLISIS DE LA DIGITALIZACIÓN EN LAS COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS DE EXTREMADURA

Las cooperativas agroalimentarias en Extremadura desempeñan un papel esencial en la economía regional, tanto en la generación de empleo como en la dinamización del sector primario. Sin embargo, la transformación digital dentro de estas entidades avanza de manera desigual, con notables diferencias entre aquellas que han integrado tecnologías avanzadas y las que aún enfrentan barreras estructurales y económicas. A pesar de los esfuerzos por fomentar la modernización digital, muchas cooperativas siguen sin poder aprovechar plenamente los beneficios de la transformación digital, lo que limita su competitividad y capacidad de adaptación a los nuevos desafíos del mercado globalizado (Cooperativas Agroalimentarias de Extremadura, 2021).

Para evaluar el grado de digitalización en el sector cooperativo extremeño, se ha desarrollado un Modelo de Madurez Digital, el cual permite analizar el nivel de integración tecnológica en dos dimensiones clave. La primera se centra en la economía digital, relacionada con la adopción de herramientas para la optimización de la producción, la trazabilidad y la automatización de procesos. La segunda se enfoca en la economía de datos, es decir, en la capacidad de las cooperativas para gestionar información en tiempo real, lo que mejora la toma de decisiones estratégicas y la eficiencia en la cadena de valor. Según este modelo, la mayoría de las cooperativas agroalimentarias extremeñas se encuentran en etapas iniciales de digitalización, con un amplio margen de mejora en áreas clave.

En aquellas cooperativas agroalimentarias que han avanzado en la digitalización, la implementación de tecnologías innovadoras ha mejorado la eficiencia operativa y ha contribuido a la sostenibilidad de sus procesos productivos. La adopción de sistemas de monitoreo agrícola ha optimizado el uso de recursos como el agua y los fertilizantes, permitiendo una reducción de costes y un aumento en la rentabilidad de cultivos clave. Asimismo, en el sector vitivinícola, la digitalización ha optimizado la gestión de la producción y la comercialización, fortaleciendo la trazabilidad de los productos y facilitando su posicionamiento en mercados internacionales. Estas transformaciones reflejan el impacto positivo de la integración digital en el sector cooperativo, impulsando

su competitividad y adaptación a los nuevos desafíos del mercado (Guzmán, Santos & Ahumada, 2024).

4. TECNOLOGÍAS DIGITALES APLICADAS A LAS COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS

A continuación, se analiza el grado de adopción de diversas innovaciones en la región, comparándolas con su uso en el resto del país y en el ámbito europeo.

4.1. Implementación de tecnologías en Extremadura

1. Monitoreo inteligente de ganado

Los collares inteligentes para monitoreo de ganado, equipados con sensores GPS y biométricos, permiten un seguimiento en tiempo real de la actividad y el estado de salud del ganado. En Extremadura, la finca La Cocosa, gestionada por la Diputación de Badajoz, ha sido pionera en la adopción de estos dispositivos en ovejas, facilitando la detección temprana de enfermedades y la optimización del pastoreo (Diputación de Badajoz, 2024). Además, la Universidad de Extremadura, en colaboración con la empresa AMENA, ha desarrollado dispositivos similares para el seguimiento de ganado porcino y vacuno, permitiendo un control más eficiente de la alimentación y la movilidad de los animales (Universidad de Extremadura, 2023).

Mientras que en Extremadura esta tecnología está en fase experimental en algunas explotaciones, en otros países europeos, como Finlandia y Alemania, el uso de collares con inteligencia artificial ya es una práctica consolidada en la ganadería de precisión (Comisión Europea, 2024).

En Alemania, la plataforma Moofind ha desarrollado un sistema de rastreo del ganado con GPS y sensores de actividad, mejorando la toma de decisiones sobre alimentación y sanidad animal (Geppert et al., 2024). En Finlandia, el uso de sensores biométricos en cooperativas ganaderas ha facilitado la detección temprana de enfermedades y ha optimizado el control de la movilidad del ganado, mejorando su bienestar y reduciendo el uso de recursos.

Según un estudio sobre la adopción de tecnologías digitales en la ganadería, el 60,6% de los ganaderos en Alemania y Finlandia ya emplea plataformas digitales, mientras que en España su uso es aún limitado por factores como la falta de infraestructura digital en zonas rurales y los elevados costes iniciales de inversión (Marku et al., 2024).

Para facilitar la implementación de estas tecnologías en Extremadura, resulta fundamental fomentar la cooperación entre instituciones académicas, cooperativas agroganaderas y empresas tecnológicas, con el objetivo de aprovechar las oportunidades de financiación europea destinadas a la digitalización del sector primario.

2.Modernización de la maquinaria agrícola: tractores autónomos y automatización en Extremadura.

La mecanización agrícola ha evolucionado significativamente con la introducción de tractores autónomos equipados con sistemas de navegación GPS y sensores avanzados, lo que ha optimizado la gestión de cultivos, reducido la dependencia de mano de obra y mejorado la eficiencia en la aplicación de insumos agrícolas. Sin embargo, en Extremadura, la adopción de estas tecnologías sigue siendo limitada debido, en parte, a la antigüedad del parque de maquinaria agrícola. A pesar de que en 2024 la venta de tractores en la región experimentó un incremento del 36%, lo que indica una renovación gradual del equipamiento, una gran proporción de la maquinaria en uso sigue presentando una antigüedad considerable, lo que dificulta la transición hacia un modelo agrícola más digitalizado y eficiente (Onda Cero, 2025).

La automatización en el sector primario surge como respuesta a la escasez de mano de obra y la creciente necesidad de procesos más eficientes. Empresas como John Deere han desarrollado tractores autónomos equipados con visión 360°, sensores de análisis del suelo y sistemas de navegación de alta precisión, lo que permite optimizar el uso de recursos como agua y fertilizantes. Asimismo, la incorporación de drones y robots agrícolas ha revolucionado la supervisión de cultivos y la aplicación de tratamientos fitosanitarios, logrando en algunos casos reducir el uso de herbicidas en hasta un 90%, como se ha observado en países como Alemania y Estados Unidos. Estas innovaciones reflejan el impacto de la digitalización en la modernización del sector agroalimentario, impulsando su competitividad y sostenibilidad (Escribano, 2021).

En España, se han desarrollado iniciativas que han impulsado la adopción de maquinaria autónoma. El tractor eléctrico y autónomo MK-V, diseñado por Monarch Tractor, ha sido probado en los viñedos de Familia Torres en Cataluña, destacando por su capacidad de reducir emisiones y mejorar la operatividad en cultivos de alto valor (Campo Digital, 2024). En el contexto europeo, países como Francia y los Países Bajos han promovido la integración de estos avances mediante incentivos gubernamentales que han facilitado la renovación del parque de maquinaria y acelerado la transición hacia la agricultura de precisión (European Agricultural Innovation Report, 2023).

El desarrollo de la automatización no se limita únicamente a la agricultura, sino que también ha comenzado a transformar la ganadería mediante el uso de sistemas de monitoreo inteligente. En la finca de Riosequillo (Madrid), el sistema Boviex 4.0 ha demostrado su eficacia en la gestión del ganado mediante collares GPS, lo que permite supervisar el desplazamiento de los animales y optimizar el pastoreo sin necesidad de cercas físicas. Su implementación ha facilitado un manejo más eficiente y sostenible, contribuyendo a la mejora de la productividad ganadera. La incorporación de tecnologías similares en Extremadura, donde la ganadería representa un sector estratégico, podría mejorar la planificación del pastoreo y fortalecer la trazabilidad del ganado, favoreciendo la sostenibilidad de las explotaciones. En Castilla-La Mancha, la modernización del sector agroalimentario ha incluido la incorporación de tractores automatizados en cultivos cerealistas y vitivinícolas, permitiendo una gestión más eficiente de los cultivos y una menor dependencia de mano de obra temporal (Cadena SER, 2024).

Además, las Cooperativas Agroalimentarias de Castilla-La Mancha han desarrollado programas de formación dirigidos a agricultores, con el objetivo de capacitarlos en el uso de herramientas digitales aplicadas a la agricultura (Cooperativas Agroalimentarias de Castilla-La Mancha, 2025).

En Extremadura, la modernización del parque de maquinaria sigue siendo un reto, aunque la adopción de tractores autónomos y sistemas de monitoreo inteligente en la ganadería podría aportar mejoras significativas. La implementación de estas tecnologías en cultivos de gran extensión, como los cereales, el olivar y el viñedo, así como en la gestión del ganado, contribuiría a la reducción de costes operativos, la optimización del uso de recursos hídricos y el incremento de la rentabilidad sin un aumento significativo en los

costos fijos. Estas innovaciones, enmarcadas dentro del proceso de transformación digital del sector agroalimentario, podrían fortalecer la competitividad de las cooperativas y mejorar su sostenibilidad a largo plazo (Guzmán, Santos & Ahumada, 2024).

3. Uso de drones en la agricultura

El uso de drones agrícolas, equipados con cámaras multiespectrales y sensores térmicos, ha revolucionado la agricultura de precisión, permitiendo un monitoreo detallado de los cultivos para detectar deficiencias nutricionales, estrés hídrico y presencia de plagas. A nivel mundial, esta tecnología ha mejorado la eficiencia en la gestión de explotaciones agrícolas, optimizando recursos, reduciendo costes operativos y disminuyendo el impacto ambiental mediante la aplicación selectiva de insumos.

En Europa, el uso de drones se ha consolidado en países como Italia y Alemania, especialmente en cultivos de alto valor añadido como viñedos y olivares. En Italia, el proyecto U-Elcome DSD ha llevado a cabo ensayos de agricultura de precisión en Castel Campagnano, donde se han utilizado drones para el mapeo digital de viñedos y la aplicación de tratamientos fitosanitarios, logrando una mayor eficiencia en la protección de cultivos (InfoDron, 2024). Además, el Departamento de I+D de Forigo Roter Italia ha analizado las posibilidades del uso de drones en la agricultura, explorando aplicaciones innovadoras como la distribución de productos biológicos y el control integrado de plagas mediante la liberación de insectos beneficiosos (Forigo, 2024).

En Alemania, los drones han sido implementados en el sector vitivinícola, destacando su uso en Baden-Württemberg, donde han permitido reducir hasta en un 90% la carga de trabajo manual en viñedos situados en laderas empinadas, mejorando la eficiencia en la aplicación de tratamientos fitosanitarios y facilitando la labor de los viticultores (Wein Plus, 2024). Asimismo, en el norte del país, se han llevado a cabo programas piloto para la liberación de avispas parasitarias mediante drones, una estrategia de control biológico de plagas que permite la dispersión precisa de estos insectos en grandes extensiones agrícolas.

En España, comunidades como Andalucía y Castilla y León han avanzado significativamente en la adopción de drones en la agricultura. En Andalucía, el sector arrocero ha utilizado drones en los arrozales de Sevilla para la aplicación de fungicidas,

con el respaldo de la Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía. Esta iniciativa ha permitido una aplicación más eficiente y uniforme de los productos fitosanitarios, reduciendo la contaminación de los suelos y aguas circundantes (Europa Press, 2024). Además, la Coordinadora Andaluza de Organizaciones de Mujeres Rurales (COAMUR) ha impulsado la formación en pilotaje de drones para mujeres agricultoras, promoviendo su integración en la modernización del sector rural y la incorporación de tecnologías avanzadas en sus explotaciones.

Por su parte, en Castilla y León, se han desarrollado cursos de formación sobre el uso de drones agrícolas, que incluyen aspectos como legislación vigente, aplicaciones técnicas y análisis de datos para mejorar la eficiencia de los cultivos. Un ejemplo concreto es su aplicación en el cultivo del pistacho, donde el uso de drones ha permitido evaluar en tiempo real el estado vegetativo y sanitario de los árboles, optimizando su manejo y contribuyendo a una mayor rentabilidad de las explotaciones (ITACYL, 2024).

En Extremadura, la incorporación de drones en el sector agroalimentario aún es incipiente, aunque han comenzado a implementarse en pruebas piloto en algunas explotaciones. Actualmente, se están explorando aplicaciones como la siembra de precisión y la vigilancia de cultivos, lo que podría mejorar la gestión de insumos y el rendimiento productivo. A pesar de los avances en otras comunidades y países europeos, en Extremadura todavía existen barreras económicas y de capacitación tecnológica que han limitado su adopción a gran escala.

La integración de drones en la agricultura extremeña podría representar una ventaja competitiva significativa, permitiendo a los agricultores acceder a información en tiempo real sobre el estado de sus cultivos, aplicar insumos de manera más eficiente y mejorar la sostenibilidad del sector. Siguiendo el modelo de Andalucía y Castilla y León, la implementación de programas de formación y subvenciones facilitaría su adopción, acelerando la transición hacia una agricultura de precisión más eficiente y rentable.

4.Sistemas de riego inteligente

El uso de tecnologías avanzadas en riego ha transformado la agricultura moderna, permitiendo una gestión más eficiente del agua mediante la automatización y la recopilación de datos en tiempo real. La integración de sensores de humedad, sistemas de

predicción climática y algoritmos de inteligencia artificial permite una distribución hídrica precisa, adaptada a las necesidades de cada cultivo. Este enfoque no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también optimiza la producción agrícola al reducir el consumo de agua y mejorar la calidad de los cultivos (MAPA & Cajamar, 2023).

A pesar de la creciente digitalización del sector primario, la adopción de riego inteligente en Extremadura sigue siendo limitada. Su aplicación se ha centrado principalmente en explotaciones de frutales y hortalizas, sin una expansión generalizada en cultivos de mayor extensión. Factores como el coste de implementación, la falta de capacitación técnica y la infraestructura agrícola tradicional han ralentizado su desarrollo. No obstante, experiencias en otras regiones de España y Europa han demostrado que la modernización del riego es un factor clave para mejorar la eficiencia productiva y la sostenibilidad en el uso de los recursos hídricos.

En Europa, la adopción de sistemas automatizados de riego con algoritmos predictivos ha permitido optimizar el suministro de agua en función de las condiciones climáticas y la humedad del suelo. En países como Dinamarca y Suecia, la combinación de sensores hídricos con bases de datos meteorológicas ha contribuido a reducir significativamente el desperdicio de agua en cultivos como cereales y hortalizas, garantizando un uso más eficiente y sostenible del recurso. Estas innovaciones se enmarcan dentro de las estrategias de la Unión Europea para mejorar la gestión hídrica y promover prácticas agrícolas más sostenibles (Ecologic Institute, 2023).

Por su parte, en Suecia, el uso de inteligencia artificial aplicada a la gestión hídrica se ha centrado en la monitorización y prevención de pérdidas de agua. Empresas como Axis Communications han desarrollado sistemas de detección y análisis en tiempo real, utilizando redes de cámaras y sensores inteligentes para controlar los niveles de agua en cultivos y embalses. Si bien esta tecnología ha sido diseñada para prevenir inundaciones y optimizar el uso de agua en infraestructuras urbanas, su aplicación en la agricultura sueca está siendo explorada para mejorar el control de la humedad del suelo y evitar el exceso de riego.

En España, diversas regiones han implementado soluciones tecnológicas para optimizar el consumo de agua en la agricultura. Un caso destacado es el de la Huerta de Valencia, donde se ha desarrollado un sistema digital de gestión del riego en tiempo real. Este proyecto ha reemplazado métodos tradicionales de asignación de turnos de riego por una aplicación móvil que permite a los agricultores programar el riego, recibir datos en tiempo real sobre el caudal y reducir el consumo de agua hasta en un 30% (El País, 2024). La iniciativa, llevada a cabo por las startups Baukunst y Fibsen, ha logrado mejorar la eficiencia hídrica y facilitar la toma de decisiones en un contexto de creciente escasez de agua.

Perspectivas de implementación en Extremadura

La introducción de sistemas de riego inteligente en Extremadura representa una oportunidad para mejorar la gestión del agua en cultivos clave como frutales, viñedos y hortalizas. A pesar de la baja penetración de estas tecnologías en la región, algunas explotaciones han comenzado a incorporar sensores de humedad y sistemas de riego por goteo automatizado, con el objetivo de optimizar el uso del recurso hídrico y minimizar pérdidas (MAPA & Cajamar, 2023).

Tomando como referencia la experiencia de la Huerta de Valencia, sería viable desarrollar plataformas digitales de gestión del agua, facilitando a los agricultores el control de su riego mediante herramientas accesibles y adaptadas a las necesidades del sector. Además, la implementación de sensores inteligentes y modelos predictivos como en Dinamarca y Suecia permitiría mejorar la eficiencia del riego en función de las condiciones meteorológicas y del estado del suelo.

Para lograr una modernización efectiva del riego en Extremadura, es imprescindible el desarrollo de programas de financiación y subvenciones que permitan a los agricultores acceder a estas tecnologías, así como formación especializada en su uso. La combinación de herramientas digitales, sensores inteligentes y estrategias de gestión hídrica avanzadas podría posicionar a la región como un referente en sostenibilidad y eficiencia en el uso del agua en la agricultura.

5. Software de gestión agrícola y comercio electrónico

La transformación digital del sector agrícola en Europa ha permitido mejorar la eficiencia operativa y la rentabilidad de los productores mediante plataformas de gestión de explotaciones y comercio electrónico. Herramientas como Abastores, una lonja digital que facilita la compra y venta directa de productos agrícolas sin intermediarios, han optimizado la comercialización al ofrecer información en tiempo real sobre precios y demanda. Este sistema ha incrementado la rentabilidad de los agricultores entre un 10% y un 15%, especialmente en el comercio de cereales (García, 2025).

En España, la digitalización del sector primario ha impulsado el desarrollo de plataformas especializadas en la gestión de cultivos. Un caso destacado es, desarrollado por BASF Agro, que permite a los agricultores acceder a información meteorológica, sanidad vegetal y recomendaciones agronómicas personalizadas basadas en datos recopilados por sensores y análisis satelitales.

Inicialmente, fue implementado en el sector vitivinícola bajo la versión Agrigenio Vite, proporcionando a los viticultores herramientas para la gestión sostenible del viñedo, optimizando el uso de insumos agrícolas y permitiendo una predicción más precisa de riesgos fitosanitarios (Phytoma, 2024). Posteriormente, BASF amplió Agrigenio a los cultivos de cebolla y patata, consolidando su expansión dentro del sector agrícola español. Su presentación en Fruit Attraction 2024 reafirmó la apuesta por la digitalización y la optimización de insumos mediante herramientas predictivas avanzadas.

Otras soluciones tecnológicas han demostrado su eficacia en la gestión agrícola basada en inteligencia artificial. Aicrop, desarrollado por Agerpix, permite integrar datos sobre clima, suelo, plagas y precios de mercado, optimizando la planificación de cultivos mediante algoritmos avanzados. En Castilla y León, más de 40 empresas hortícolas han incorporado esta tecnología para anticiparse a condiciones climáticas adversas y mejorar la eficiencia productiva (Fundación Caja Rural de Segovia, 2024).

De manera similar, Nax Solutions, una empresa especializada en software predictivo basado en imágenes satelitales e inteligencia artificial, ha sido implementado en Andalucía y Castilla-La Mancha, permitiendo prever el rendimiento de los cultivos, optimizar el uso de fertilizantes y reducir costes mediante una planificación más eficiente.

Recientemente, Seaya Andromeda ha adquirido una participación mayoritaria en la compañía, impulsando su crecimiento dentro del sector tecnológico y fortaleciendo su capacidad de innovación en la agricultura digital (Reche, 2025).

En Extremadura, la digitalización de la gestión agrícola aún se encuentra en una fase incipiente, con una adopción limitada a algunas cooperativas agroalimentarias. Sin embargo, en 2024, Agrigenio fue introducido en la región para el cultivo del tomate, tras su presentación en Mérida, en colaboración con ACOPAEX. Su integración en esta zona tiene como objetivo optimizar la planificación del riego, la fertilización y el control de plagas, mejorando así la rentabilidad y sostenibilidad de la producción de tomate en Vegas Altas del Guadiana, una de las principales áreas productoras de este cultivo en España.

A pesar de estos avances, la aplicación de inteligencia artificial en la agricultura extremeña sigue siendo limitada, restringida a proyectos en fincas experimentales y centros de investigación, sin una adopción significativa en cooperativas o explotaciones comerciales. Si bien algunas iniciativas privadas han comenzado a experimentar con plataformas digitales como Aicrop y Nax, la ausencia de proyectos a gran escala ha frenado su adopción. Para fomentar su integración en la región, sería clave establecer acuerdos con empresas tecnológicas, promover la formación digital entre los agricultores y facilitar el acceso a subvenciones específicas, incentivando la modernización del sector agrícola extremeño.

5. CASOS DE ÉXITO EN LA DIGITALIZACIÓN DE COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS EXTREMEÑAS

Para analizar el impacto de la digitalización en las cooperativas agroalimentarias de Extremadura, se han identificado y estudiado diversas entidades que destacan por su grado de innovación y la implementación de proyectos tecnológicos en el sector. La selección de estas cooperativas se ha basado en su relevancia dentro del tejido productivo regional, su capacidad para adoptar herramientas digitales avanzadas y la trascendencia de sus iniciativas en términos de sostenibilidad, eficiencia y competitividad.

El presente apartado recoge información obtenida a través del contacto directo con representantes de estas cooperativas, así como de fuentes documentales que detallan sus avances en digitalización. Cada caso de estudio refleja distintos enfoques en la modernización del sector agroalimentario, abarcando desde la optimización de procesos productivos y el desarrollo de plataformas digitales hasta la integración de tecnologías emergentes como el análisis de datos en tiempo real, la inteligencia artificial y la automatización industrial.

El análisis de estas experiencias permite identificar no solo los beneficios de la digitalización en el sector cooperativo, sino también los desafíos que estas organizaciones enfrentan en su implementación. A partir de estos casos, se busca extraer aprendizajes que puedan servir de referencia para otras cooperativas de la región que deseen avanzar en su transformación digital y mejorar su competitividad en un entorno cada vez más tecnificado.

5.1. Agrupación de Cooperativas Valle del Jerte

La Agrupación de Cooperativas Valle del Jerte es una de las entidades más destacadas del sector agroalimentario en Extremadura. Su compromiso con la innovación ha permitido la implementación de diversas estrategias de digitalización, mejorando la gestión de sus procesos productivos y reforzando su competitividad en el mercado.

Uno de sus proyectos más relevantes es VARA-ECOFANGO, una iniciativa de investigación y desarrollo enfocada en la valorización de residuos agrícolas dentro del marco de la economía circular. Este proyecto busca transformar los desechos generados en la actividad agroalimentaria en productos reutilizables, reduciendo así el impacto ambiental y fomentando un uso más eficiente de los recursos. Financiado en un 80 % por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), el proyecto no solo mejora la sostenibilidad, sino que también abre nuevas oportunidades de negocio al generar productos derivados con aplicaciones en distintos sectores. Sin embargo, su implementación enfrenta desafíos como la complejidad técnica del proceso y el tiempo necesario para recuperar la inversión, lo que puede frenar su adopción por parte de cooperativas que buscan resultados a corto plazo.

Otro avance significativo ha sido la implantación de un Cuadro de Mandos Integral con MicroStrategy, un sistema analítico que permite optimizar la toma de decisiones mediante el análisis en tiempo real de indicadores clave de rendimiento. Esta herramienta ha mejorado la planificación estratégica y la eficiencia operativa de la cooperativa, aunque su implementación ha requerido un proceso de formación para el personal, dado que la curva de aprendizaje ha representado un desafío inicial.

Finalmente, la Agrupación de Cooperativas Valle del Jerte participa activamente en el Grupo Operativo FITOSCEREZO, una iniciativa colaborativa orientada a la innovación en el cultivo del cerezo. Este proyecto, desarrollado junto con otras entidades del sector agroalimentario, busca mejorar la gestión de plagas y enfermedades mediante técnicas avanzadas de control integrado, reduciendo así la dependencia de productos químicos y promoviendo un modelo de producción más sostenible. A través de su implicación en FITOSCEREZO, la cooperativa ha contribuido a la implementación de estrategias que han optimizado la productividad y calidad del producto, fortaleciendo la competitividad de los productores en el mercado. Sin embargo, el éxito de estas innovaciones depende de la adopción generalizada por parte de los agricultores y del acceso a recursos que permitan su implementación a gran escala.

5.2.ACOPAEX: digitalización en la gestión agrícola

La Agrupación de Cooperativas Agrarias de Extremadura (ACOPAEX) ha priorizado la digitalización como un pilar fundamental para mejorar la rentabilidad y sostenibilidad de sus explotaciones agrícolas. Sus esfuerzos se han centrado en el desarrollo e implementación de herramientas digitales que optimizan la toma de decisiones y facilitan la monitorización de cultivos.

Uno de los avances más notables ha sido la creación de la aplicación móvil Acopaex Tratamientos, diseñada para permitir a los agricultores gestionar la información sobre tratamientos fitosanitarios de manera digital y en tiempo real. Esta herramienta ha mejorado la precisión en la aplicación de productos y ha optimizado la comunicación entre el campo y los sistemas de gestión agrícola, reduciendo errores y aumentando la eficiencia en la planificación del uso de insumos.

Además, ACOPAEX ha promovido la digitalización en el cultivo del tomate de industria mediante jornadas técnicas en colaboración con BASF España. Estas actividades han permitido la difusión de nuevas tecnologías relacionadas con el riego inteligente, el monitoreo del crecimiento de las plantas mediante inteligencia artificial y la optimización del uso de fertilizantes. La implementación de estas innovaciones ha mejorado la sostenibilidad de los cultivos y ha incrementado la eficiencia en la producción, consolidando a ACOPAEX como un referente en la modernización del sector agrícola extremeño.

5.3.Carnes y Vegetales S.L. (Grupo APIS): transformación digital en la industria agroalimentaria

La empresa Carnes y Vegetales S.L., bajo el paraguas del Grupo APIS, ha sido pionera en la digitalización dentro del sector agroalimentario extremeño, apostando por la automatización y la innovación tecnológica en sus procesos productivos.

En su planta de producción en Montijo, Badajoz, Carnes y Vegetales S.L. (Grupo APIS) ha apostado por la digitalización y la eficiencia energética como pilares fundamentales para su competitividad en el sector agroalimentario. A través del Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) de descarbonización industrial, la empresa ha recibido una subvención de 3,4 millones de euros destinada a la adquisición e instalación de sistemas de procesamiento automatizado, como METIS y LOKI. Estas tecnologías han permitido optimizar el procesamiento del tomate fresco mediante la recuperación de calor en el proceso de transformación, lo que ha reducido la necesidad de vapor y, en consecuencia, el consumo de gas natural. Gracias a esta mejora, la empresa ha logrado un ahorro energético de 15,68 GWh, generando 15.684.338 Certificados de Ahorro Energético (CAE) y cubriendo el 38,9% de la inversión realizada.

Además de mejorar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental, estas innovaciones han reforzado la posición de APIS en los mercados nacionales e internacionales, alineándose con las normativas europeas en materia de sostenibilidad. Sin embargo, la ejecución completa de estos avances sigue dependiendo de los plazos de instalación y puesta en marcha de la nueva maquinaria, así como de la capacidad de la

empresa para seguir accediendo a incentivos que faciliten su transición hacia un modelo de producción más sostenible y digitalizado.

A nivel organizativo, la empresa ha fortalecido su modelo cooperativo mediante la adquisición del 34% de sus acciones por parte de entidades como Acopaex, Tomates del Guadiana y Cajalmendralejo. Este movimiento estratégico ha reforzado su estabilidad financiera y su capacidad para continuar desarrollando innovaciones tecnológicas en el sector agroalimentario.

5.4. Impacto de los proyectos de Cajamar en la digitalización de cooperativas agroalimentarias en Extremadura.

La digitalización del sector agroalimentario en Extremadura aún enfrenta desafíos estructurales, lo que hace necesario explorar modelos exitosos que puedan servir de referencia para su desarrollo. En este contexto, el papel de Cajamar, una de las principales cooperativas de crédito especializadas en el ámbito agroalimentario en España, se presenta como un ejemplo relevante de cómo la integración de tecnologías avanzadas puede mejorar la eficiencia, sostenibilidad y competitividad del sector. A través de sus proyectos de investigación e innovación, Cajamar ha promovido la aplicación de herramientas digitales en áreas estratégicas como la optimización del riego, la gestión ganadera y la automatización de procesos mediante inteligencia artificial (IA).

Uno de los desafíos más relevantes en el sector agroalimentario extremeño es la gestión eficiente del agua, dada la dependencia del regadío en cultivos estratégicos como el olivar, la vid y el tomate. Cajamar ha desarrollado tecnologías basadas en sensores IoT, que permiten la monitorización en tiempo real del estado del suelo y la automatización del riego mediante algoritmos de IA. A través del proyecto BrioAgro, se ha demostrado que la integración de estas herramientas puede reducir hasta un 30% el consumo de agua en cultivos de cítricos, optimizando su uso en función de las condiciones climáticas y edáficas (Cajamar, 2024a). Si bien esta solución no ha sido aplicada directamente en Extremadura, su implementación en la región podría mejorar la sostenibilidad en el uso de recursos hídricos, reducir costos operativos y aumentar la rentabilidad de las explotaciones agrícolas. No obstante, su adopción a gran escala dependería del acceso a

financiación y de programas de formación que faciliten su integración en el sector cooperativo.

El uso de inteligencia artificial y análisis de datos representa otro pilar clave en la digitalización agroalimentaria promovida por Cajamar. A través del proyecto AgrifoodTEF, se han desarrollado modelos de aprendizaje automático para predecir la producción agrícola en función de datos históricos de precipitaciones, temperatura y calidad del suelo (Cajamar, 2024b). La aplicación de este tipo de tecnología en Extremadura podría resultar beneficiosa para cooperativas olivareras y vitivinícolas, permitiendo una planificación más eficiente de las cosechas y la optimización en el uso de insumos agrícolas. La integración de estos sistemas de análisis de datos facilitaría la toma de decisiones en tiempo real, mejorando la adaptación a condiciones climáticas cambiantes y aumentando la sostenibilidad del sector.

En el ámbito de la ganadería, Cajamar ha desarrollado tecnologías de identificación por radiofrecuencia (RFID) para optimizar la trazabilidad y gestión del ganado en explotaciones de gran escala. Estas herramientas permiten realizar un seguimiento detallado del estado de salud, alimentación y reproducción de los animales, mejorando la eficiencia en la gestión sanitaria y reduciendo los riesgos de enfermedades (Cajamar, 2024c). En Extremadura, donde la ganadería desempeña un papel clave en la economía agroalimentaria, la adopción de esta tecnología en cooperativas cárnicas y explotaciones ganaderas permitiría mejorar la calidad de la producción, reducir costes operativos y garantizar un manejo más sostenible del ganado. Sin embargo, su implementación requeriría inversiones en modernización de infraestructuras y formación en gestión digital del ganado.

Otra de las innovaciones promovidas por Cajamar es la automatización de los procesos de clasificación de productos agroalimentarios. La incorporación de tecnologías como la nariz electrónica, basada en cromatografía de gases y espectrometría de masas, ha permitido optimizar la diferenciación de calidades en aceites de oliva de manera precisa y automatizada (Cajamar, 2024d). Su aplicación en cooperativas olivareras extremeñas podría facilitar la mejora de la competitividad del aceite de oliva en mercados nacionales e internacionales, asegurando un producto de alta calidad y con mayor valor añadido. Asimismo, la digitalización en los procesos de clasificación podría extenderse a otros

sectores como el vitivinícola y el hortofrutícola, donde la automatización de la selección y envasado de productos contribuiría a reducir desperdicios y mejorar la eficiencia operativa.

Por tanto, aunque Cajamar no ha impulsado directamente la digitalización en Extremadura, sus proyectos y avances en el ámbito agroalimentario pueden servir de referencia para las cooperativas extremeñas interesadas en modernizar sus procesos. La adopción de tecnologías como la automatización, la inteligencia artificial y el análisis de datos podría contribuir a mejorar la competitividad del sector en la región, siempre que se cuente con las inversiones y estrategias adecuadas para facilitar su implementación.

5.5.Comparación con otras regionales en la digitalización agroalimentaria

El nivel de digitalización en el sector agroalimentario varía considerablemente entre comunidades autónomas en España, influenciado por la inversión en infraestructura tecnológica, la formación en competencias digitales y el acceso a financiación. Mientras que regiones como Andalucía, Castilla-La Mancha y Murcia han desarrollado estrategias efectivas para integrar herramientas digitales en la producción agroalimentaria, Extremadura aún enfrenta limitaciones estructurales que han ralentizado su modernización. El análisis de estas experiencias permite identificar modelos exitosos que podrían adaptarse a la realidad extremeña para fortalecer la digitalización del sector cooperativo.

En Andalucía, la digitalización ha sido clave en sectores como el olivar y los cítricos, impulsando la optimización del uso de recursos y el control exhaustivo de los productos a lo largo de toda la cadena. El programa Olivar Inteligente, desarrollado por la Junta de Andalucía, ha implementado sensores de monitoreo en tiempo real del estado hídrico del suelo, permitiendo una gestión más eficiente del riego y una reducción del impacto ambiental. Asimismo, la aplicación de blockchain en el seguimiento del aceite de oliva ha mejorado la transparencia en la cadena de valor y la competitividad en mercados internacionales (Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía [AGAPA], 2023). Según AGAPA (2023), la implementación de estas herramientas ha permitido reducir hasta en un 30% el uso de agua en cultivos de olivar, asegurando una producción más sostenible. Estos avances pueden ser replicados en Extremadura, especialmente en

cultivos estratégicos como la vid y el tomate, donde la gestión eficiente del agua y el aseguramiento del origen y calidad del producto resultan esenciales.

Por su parte, Castilla-La Mancha ha focalizado su estrategia de digitalización en la viticultura y los cultivos extensivos, promoviendo el uso de sensores de humedad del suelo, drones y modelos predictivos basados en inteligencia artificial. En la Denominación de Origen La Mancha, la integración de plataformas digitales ha facilitado la planificación de cosechas y la gestión eficiente de insumos, optimizando la producción y reduciendo costos (ICEX, 2023). Un informe del ICEX destaca que la digitalización ha reducido hasta un 20% las pérdidas de cosecha derivadas de factores climáticos, mejorando significativamente la rentabilidad del sector vitivinícola. Este modelo podría ser una referencia para Extremadura en el sector del cereal y la uva, permitiendo una mayor planificación y mejor aprovechamiento de los recursos mediante herramientas digitales.

En el caso de Murcia, la digitalización ha estado orientada a la gestión eficiente del agua, un factor crítico en una región con condiciones climáticas áridas. El programa Agua Inteligente, desarrollado en colaboración con universidades y centros de innovación, ha permitido integrar sensores de humedad del suelo y redes de estaciones meteorológicas conectadas a sistemas de inteligencia artificial, logrando una reducción del 25% en el consumo de agua en cultivos hortofrutícolas. Según INFO Murcia, la implementación de esta estrategia ha optimizado el riego de precisión, mejorando la eficiencia hídrica sin comprometer la producción. Además, la adopción de drones agrícolas ha facilitado el monitoreo de cultivos y la aplicación precisa de fertilizantes y fitosanitarios, optimizando los costos de producción y mejorando la sostenibilidad del sector. Estos avances podrían aplicarse en Extremadura, especialmente en cultivos de regadío como el tomate y el arroz, donde la gestión eficiente del agua es fundamental.

El análisis de estos modelos muestra que la digitalización agroalimentaria requiere una combinación de infraestructura tecnológica, formación especializada y acceso a financiación. Para acelerar la modernización del sector cooperativo extremeño, es necesario un enfoque integral que incluya la capacitación de agricultores y cooperativistas en nuevas tecnologías, la expansión de la conectividad en zonas rurales, el acceso simplificado a financiación y la promoción de redes de colaboración interregional.

La creación de alianzas estratégicas entre cooperativas extremeñas y entidades de regiones más avanzadas en digitalización facilitaría la transferencia de conocimientos y la adaptación de tecnologías a las particularidades del sector agroalimentario regional.

Con el fin de facilitar la comprensión de los casos analizados y ofrecer una visión comparativa de las distintas iniciativas de digitalización en el ámbito agroalimentario, se presenta a continuación una tabla resumen. Esta recopilación permite identificar de forma visual los proyectos más destacados, las tecnologías aplicadas, los beneficios obtenidos y los principales desafíos enfrentados por las cooperativas agroalimentarias extremeñas, así como las buenas prácticas desarrolladas en otras regiones.

Cooperativa/Entidad	Proyecto destacado	Tecnología aplicada	Beneficios obtenidos	Retos o limitaciones
Agrup. Coop. Valle del Jerte	VARA-ECOFANGO / FITOSCEREZO / Cuadro de Mandos	Economía circular, control integrado, análisis en tiempo real	Sostenibilidad, eficiencia, planificación estratégica	Curva de aprendizaje, inversión elevada
ACOPAEX	App Acopaex Tratamientos / jornadas técnicas	Gestión digital, IA, riego inteligente	Optimización de cultivos, eficiencia operativa	Necesidad de formación, coste inicial
Carnes y Vegetales (Grupo APIS)	Automatización (PERTE)	Sistemas METIS y LOKI, eficiencia energética	Ahorro energético, reducción de emisiones, posicionamiento internacional	Instalación compleja, dependencia de ayudas
Cajamar	BrioAgro, AgrifoodTEF, RFID, nariz electrónica	IoT, IA, análisis de datos, automatización	Mejora riego, predicción cosechas, trazabilidad, calidad	No aplicado aún en Extremadura, requiere financiación y formación

Regiones comparadas	Olivar Inteligente (Andalucía), viticultura AI (CLM), agua Inteligente (Murcia)	Blockchain, IA, sensores, drones	Reducción de agua, eficiencia, sostenibilidad	Diferencias estructurales con Extremadura
---------------------	---	----------------------------------	---	---

Fuente: elaboración propia

6. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN Y FINANCIACIÓN DE LA DIGITALIZACIÓN EN LAS COOPERATIVAS AGROALIMENTARIAS

6.1. Etapas del proceso de digitalización en cooperativas agroalimentarias

La digitalización del sector cooperativo agroalimentario en Extremadura requiere un enfoque estructurado que garantice una transición progresiva y sostenible. Para ello, se plantea un proceso en distintas fases, que abarcan desde el diagnóstico inicial hasta la consolidación de un modelo digital adaptado a las particularidades del sector.

El primer paso en este proceso es la evaluación del grado de digitalización en las cooperativas agroalimentarias, lo que permitirá identificar las principales necesidades tecnológicas y las barreras que dificultan la adopción de herramientas digitales. En esta fase, es esencial la capacitación de agricultores y ganaderos en el uso de tecnologías aplicadas a la producción y comercialización. A partir del diagnóstico realizado, se seleccionarán cooperativas piloto que implementarán soluciones digitales, priorizando aquellas con mayor capacidad de innovación y disposición para la modernización.

Una vez establecidas las bases de la digitalización, la siguiente etapa consiste en la implementación de proyectos piloto en cooperativas seleccionadas. En esta fase, se evaluará la viabilidad de tecnologías como sistemas de monitoreo agrícola, herramientas de análisis predictivo y plataformas de trazabilidad digital. La recopilación de datos en tiempo real permitirá ajustar estrategias antes de expandir la digitalización a gran escala, asegurando que las herramientas utilizadas respondan a las necesidades específicas del sector agroalimentario extremeño.

Finalmente, el proceso culmina con la expansión y consolidación del modelo digital, adaptando las soluciones tecnológicas a un mayor número de cooperativas. La integración de innovaciones como la automatización de procesos productivos y la digitalización de la cadena de valor favorecerá la eficiencia operativa y la sostenibilidad del sector. Además, la creación de plataformas de datos compartidos facilitará la toma de decisiones basadas en información en tiempo real, fortaleciendo la competitividad de las cooperativas en los mercados nacionales e internacionales.

La consolidación de este modelo de digitalización dependerá de la capacidad del sector para establecer alianzas estratégicas con entidades públicas y privadas, promoviendo la colaboración con universidades, empresas tecnológicas y centros de investigación. Este enfoque permitirá no solo acelerar la transformación digital, sino también garantizar que las innovaciones adoptadas sean sostenibles a largo plazo y adaptadas a las particularidades del territorio.

6.2.Fuentes de financiación y apoyo económico

La transformación digital de las cooperativas agroalimentarias en Extremadura requiere una inversión significativa que permita la integración de tecnologías avanzadas y la capacitación de los actores del sector. En este contexto, los fondos europeos y las iniciativas nacionales han desempeñado un papel clave en la financiación de la modernización agroalimentaria.

En el ámbito europeo, el programa Next Generation EU ha destinado recursos para la digitalización de explotaciones agrícolas y la expansión de infraestructuras de telecomunicaciones en zonas rurales. A través de estos fondos, cooperativas extremeñas han podido implementar herramientas de gestión de datos, plataformas digitales de comercialización y sistemas de monitoreo inteligente (Comisión Europea, 2023). Por su parte, la Política Agraria Común (PAC) 2023-2027 ha priorizado la modernización tecnológica del sector mediante el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER), ofreciendo apoyo financiero para la adopción de soluciones innovadoras adaptadas a la producción agroalimentaria.

En el contexto nacional y autonómico, los Planes de Desarrollo Rural (PDR) han permitido canalizar estos fondos europeos hacia programas específicos de digitalización en las comunidades autónomas. En Extremadura, la Junta ha puesto en marcha programas de ayuda dirigidos a incentivar la adopción de tecnologías digitales, facilitando el acceso a herramientas de trazabilidad, automatización y optimización de recursos agrícolas (MAPA, 2023).

Además de la financiación pública, la inversión privada y la colaboración público-privada han sido esenciales para garantizar la sostenibilidad del proceso de digitalización. Entidades bancarias y cooperativas de crédito han desarrollado líneas de financiación específicas para la modernización del sector agroalimentario, facilitando el acceso a capital para la adquisición de tecnologías digitales. Asimismo, empresas tecnológicas y startups especializadas en soluciones para el sector agroalimentario han establecido alianzas estratégicas con cooperativas extremeñas, impulsando el desarrollo de herramientas innovadoras adaptadas a sus necesidades.

A pesar de estos esfuerzos, persisten desafíos en el acceso a financiación, especialmente para las cooperativas más pequeñas, que enfrentan dificultades para gestionar fondos europeos debido a la burocracia y la complejidad administrativa. Simplificar los procedimientos de acceso a estos recursos y fortalecer la formación en gestión de financiación resultan estrategias clave para garantizar que todas las cooperativas, independientemente de su tamaño, puedan beneficiarse de la transformación digital.

CONCLUSIONES

El presente trabajo ha permitido analizar en profundidad el proceso de digitalización en las cooperativas agroalimentarias de Extremadura, un sector clave para la economía regional que enfrenta importantes desafíos en su modernización. La elección de este tema responde a la necesidad de comprender cómo la transformación digital puede impactar en un sector tradicional, no solo en términos de eficiencia productiva, sino también en su sostenibilidad y competitividad en el mercado.

A lo largo de este estudio, se han identificado las tecnologías más relevantes aplicadas al sector agroalimentario, evaluando su grado de implementación y los beneficios que

pueden aportar a la optimización de procesos, la gestión de recursos y la mejora de la trazabilidad. Asimismo, se han analizado las barreras que dificultan la transformación digital en las cooperativas extremeñas, entre las que destacan la falta de infraestructuras digitales adecuadas y la necesidad de mayor formación en competencias tecnológicas. Estas dificultades evidencian que la digitalización no depende únicamente de la disponibilidad de herramientas tecnológicas, sino también de la preparación y adaptación del sector para integrarlas de manera efectiva.

El análisis de casos de éxito ha demostrado que, si bien la digitalización sigue siendo un reto para muchas cooperativas, aquellas que han logrado integrarla en sus procesos han experimentado mejoras significativas en su capacidad operativa y en su posición dentro del mercado. Sin embargo, estas experiencias siguen siendo puntuales y no representan aún una transformación estructural generalizada en la región. Esto evidencia la necesidad de estrategias concretas que faciliten el acceso a la digitalización a un mayor número de cooperativas, promoviendo su desarrollo económico y social.

Por esta razón, en la última parte del trabajo se ha desarrollado una propuesta de modelo de digitalización progresivo, considerando no solo la implementación de nuevas tecnologías, sino también el papel fundamental de la formación y la colaboración con empresas tecnológicas. La digitalización no debe entenderse como un cambio inmediato, sino como un proceso que requiere planificación, adaptación y un enfoque inclusivo que permita su implementación de manera sostenible.

Desde un punto de vista académico y personal, este trabajo ha sido una oportunidad para profundizar en el impacto de la digitalización en sectores estratégicos. Ha permitido abordar tanto el marco normativo que regula la digitalización como las implicaciones económicas y organizativas que este proceso conlleva para el sector cooperativo. Además, ha reforzado la capacidad de análisis crítico y la identificación de estrategias que pueden contribuir a la modernización de un sector esencial para la economía extremeña.

En definitiva, la digitalización representa un desafío ineludible para las cooperativas agroalimentarias, pero también una oportunidad única para mejorar su eficiencia, sostenibilidad y competitividad. Si se implementan estrategias adecuadas que combinen

inversión en tecnología, formación y una planificación estructurada que facilite su adopción, el cooperativismo agroalimentario en Extremadura podrá evolucionar hacia un modelo más innovador y adaptado a los retos del futuro.

Este trabajo es solo un punto de partida para seguir explorando el impacto de la digitalización en sectores tradicionales y cómo las políticas públicas pueden contribuir a acelerar este proceso.

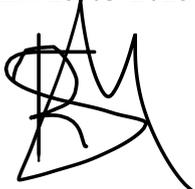
Declaración de uso de herramientas de inteligencia artificial generativa en trabajos fin de grado

Por la presente, yo, Raquel Sánchez Mariño, estudiante de Derecho y Administración y Dirección de Empresas (E-3) de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado "Análisis del nivel de digitalización en las cooperativas agroalimentarias de Extremadura", 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:

- **Referencias:** Usado conjuntamente con otras herramientas, como Science, para identificar referencias preliminares que luego he contrastado y validado.
- **Interpretador de código:** Para realizar análisis de datos preliminares.
- **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto
- **Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja
- **Revisor:** Para recibir sugerencias sobre cómo mejorar y perfeccionar el trabajo con diferentes niveles de exigencia

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: 25/03/2025



Firma: Raquel Sánchez Mariño

BIBLIOGRAFÍA

ACOPAEX. (2024). Sostenibilidad y rentabilidad en la industria del tomate con la digitalización. Recuperado de <https://acopaex.es/2024/10/22/sostenibilidad-y-rentabilidad-en-la-industria-del-tomate-con-al-digitalizacion/>

Acopaex. (2024, 18 de octubre). *Una app para mantenerse conectado al campo*. Acopaex. <https://acopaex.es/2024/10/18/una-app-para-mantenerse-conectado-al-campo/>

Asociación para el Desarrollo de las Vegas Altas del Guadiana (ADEVAG). (2024, 8 de octubre). *Nuevo calendario de cursos del proyecto REDigitalEX*. ADEVAG. <https://www.adevag.com/nuevo-calendario-de-cursos-del-proyecto-redigitalex>

Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía (AGAPA). (2025). *Primera Estrategia Andaluza para el Sector del Olivar 2023-2027*. Junta de Andalucía. https://www.juntadeandalucia.es/sites/default/files/2025-02/Plan_Estrate%CC%81gico_Olivar_digital.pdf

Aguilar Olivert, J. M., Baixauli Soria, C., Giner Martorell, A. G., Bustos Jiménez, J. L., & Böhm Silveti, E. (2024, 20 de noviembre). *Sensorización y riego inteligente de BrioAgro para la mejora en la eficiencia del uso del agua en un cultivo de cebolla*. Plataforma Tierra. <https://www.plataformatierra.es/innovacion/sensorizacion-riego-inteligente-brioagro-mejora-eficiencia-uso-agua-cultivo-cebolla>

AINIA. (2023, 15 de febrero). *Tecnologías digitales que transforman el sector agroalimentario*. AINIA. <https://www.ainia.com/ainia-news/tecnologias-digitales-transformando-sector-agroalimentario/>

Baamonde Noche, E. (Coord.). (2015). *El papel del cooperativismo agroalimentario en la economía mundial*. Mediterráneo Económico, Colección de Estudios Socioeconómicos, nº 24. Cajamar Caja Rural.

Bijman, J., Hanisch, M., & Van der Sengen, G. (2021). Shifting governance in agricultural cooperatives: Effects of the digital transformation. *Journal of Rural Studies*, 82, 487-497. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.10.001>

Cadena SER. (2025, 28 de enero). *Cien vacas de la finca de Riosequillo llevarán GPS para analizar el comportamiento del terreno*. <https://cadenaser.com/cmadrid/2025/01/28/cien-vacas-de-la-finca-de-riosequillo-llevaran-gps-para-analizar-el-comportamiento-del-terreno-ser-madrid-norte/>

Cajamar. (2024b). Nariz electrónica para la distinción de la calidad de los aceites de oliva. Plataforma Tierra. Recuperado de <https://www.plataformatierra.es/innovacion/nariz-electronica-distinguir-calidad-aceites-oliva>

Comisión Europea. (2018). Digitalisation of Agriculture. Recuperado de <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digitalisation-agriculture>

Comisión Europea. (s.f.). *Digitalisation of the European Agricultural Sector: Activities in Horizon 2020*. Comisión Europea. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digitalisation-agriculture-horizon-2020>

Comisión Europea. (s.f.). *Recovery and Resilience Scoreboard: Digital Transformation*. Comisión Europea. https://ec.europa.eu/economy_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/digital.html

Comisión Europea. (s.f.). *Política agrícola común: 2023-2027*. Comisión Europea. https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27_es

Comisión Europea. (2025, 19 de febrero). *La Comisión presenta su hoja de ruta para un sector agrícola y agroalimentario europeo próspero*. Representación en España. https://spain.representation.ec.europa.eu/noticias-eventos/noticias-0/la-comision-presenta-su-hoja-de-ruta-para-un-sector-agricola-y-agroalimentario-europeo-prospero-2025-02-19_es

Confecoop. (2023, 11 de septiembre). *El papel de las cooperativas en la economía local*. Confecoop. <https://confecoop.coop/actualidad/el-papel-de-las-cooperativas-en-la-economia-local/>

Cooperativas Agro-alimentarias de Castilla-La Mancha. (2023, mayo). *Curso de digitalización*. <https://www.agroalimentariasclm.coop/formacion/cat%C3%A1logo-formativo/curso-digitalizaci%C3%B3n>

Cooperativas Agro-alimentarias de España. (2024, 23 de mayo). *Memoria de Actividades 2023*. Cooperativas Agro-alimentarias de España. <https://www.agroalimentarias.coop/publicaciones-informe-anual>

Cubero, V. (2024, 23 de diciembre). *Sistemas RFID para la gestión de ganado*. Plataforma Tierra. <https://www.plataformatierra.es/innovacion/tecnologia-rfid-para-la-gestion-del-ganado-como-funciona>

Díaz-Fonca, M., & Marcuello, C. (s.f.). *Evolución del sector cooperativo en España*. CIRIEC-UA Conference. http://www.ciriec-ua-conference.org/images/upload/pdf/PAPERS/347_Diaz-Fonca%20and%20Marcuello_txt.pdf

Ecologic Institute. (2023). *Implementation of water balances in the EU*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. Recuperado de <https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2023/70603-Implementation-Water-Balances-final.pdf>

Escribano, M. (2021, 1 de diciembre). *'Roombas' para vacas: la idea del genio chino de los drones para revolucionar la agricultura*. El Confidencial. https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2021-12-01/robotica-automatizacion-agricultura-ganaderia_3333930/

Eurostat. (2023). *Agricultural statistics at regional level*. Recuperado de <https://ec.europa.eu/eurostat>

FAO. (2023). *The State of Food and Agriculture 2023: Revealing the true cost of food to transform agrifood systems*. Roma: FAO. <https://doi.org/10.4060/cc7724en>

Fernández, J., Ramírez, P., & Torres, L. (2021). *Estrategias digitales en la gestión cooperativa agroalimentaria: Un análisis de la transformación operativa en España*. *Journal of Agricultural Business*, 18(2), 45-67.

Forigo Roter Italia. (2024). *Drones en agricultura: un vuelo hacia el futuro*. Recuperado de <https://www.forigo.it/es/news/drones-en-agricultura-un-vuelo-hacia-el-futuro>

Fundación Caja Rural de Segovia. (2024). *La Fundación Caja Rural de Segovia reúne a más de 40 empresas hortícolas en una jornada sobre inteligencia artificial en Cuéllar*. Recuperado de <https://fundacioncajaruraldesegovia.es/la-fundacion-caja-rural-de-segovia-reune-a-mas-de-40-empresas-horticolas-en-una-jornada-sobre-inteligencia-artificial-en-cuellar/>

Gallardo-Cobos, R., Sánchez-Zamora, P., Lara-Vélez, P., Santesteban García, L. G., & García Torrente, R. (2024). Retos de la digitalización para el sector agroalimentario. *Papeles de Economía Española*, (179), 188-199. Recuperado de https://www.funcas.es/wp-content/uploads/2024/04/PEE-179_Gallardo-et-al.pdf

García, C. (2025, 23 de enero). *Abastores, un 'bróker' para el campo*. *El País*. Recuperado de <https://elpais.com/economia/negocios/2025-01-23/abastores-un-broker-para-el-campo.html>

García, G. (2020, 2 de junio). *Agrobots contribuyen a la agricultura sostenible*. *THE FOOD TECH*. <https://thefoodtech.com/industria-alimentaria-hoy/agrobots-contribuyen-a-la-agricultura-sostenible/>

Geppert, F., Krachunova, T., & Bellingrath-Kimura, S. D. (2024). *Digital and smart technologies in agriculture in Germany: Identification of key recommendations for sustainability actions*. Studien zum deutschen Innovationssystem, No. 4-2024.

Gobierno de España. (2022). Plan Nacional de Digitalización del Sector Agroalimentario y Forestal. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). Recuperado de <https://www.mapa.gob.es>

Guzmán, C., Santos, F. J., & Ahumada, P. (2024). *Análisis de la transformación digital en las cooperativas agroalimentarias desde la perspectiva de género*. CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa, 111, 261-303. https://ciriec-revistaeconomia.es/wp-content/uploads/CIRIEC_111_09_Guzman_et_al.pdf

ICEX. (2023). *Innovación en la viticultura en Castilla-La Mancha: Tecnologías emergentes y su impacto en la producción*.

INE. (2023). *Anuario de Estadísticas Agrarias*. Instituto Nacional de Estadística, España.

InfoDron. (2024). *El proyecto U-Elcome DSD implementa drones en viñedos de Castel Campagnano*. Recuperado de <https://www.infodron.es/u-elcome-dsd-drones-vinedos-castel-campagnano>

INFO Murcia. (2023). *Agua Inteligente: Digitalización en la gestión del riego en la Región de Murcia*.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2023). Estadísticas sobre el sector agrícola y agroalimentario en España. Recuperado de <https://www.ine.es>

International Cooperative Alliance. (s.f.). *Cooperative identity, values & principles*. International Cooperative Alliance. <https://ica.coop/en/cooperatives/cooperative-identity>

ITACyL. (2024). *Drones y sensores para optimizar el cultivo del pistacho en Castilla y León*. Recuperado de <https://www.itacyl.es/en/-/dia-mundial-pistacho>

Ivie. (2020). *La importancia del sector agroalimentario ante la crisis del COVID-19*. Recuperado de <https://www.ivie.es/wp-content/uploads/2020/04/10.Covid19IvieExpress.La-importancia-del-sector-agroalimentario-ante-la-crisis-del-COVID-19.pdf>.

Jorge Vázquez, J., & Chivite Cebolla, M. P. (2018). *La transformación digital: Retos y oportunidades para las entidades de economía social*. XVII Congreso Internacional de Investigadores en Economía Social y Cooperativa: La Economía Social: transformaciones recientes, tendencias y retos de futuro. CIRIEC-España. <http://ciriec.es/wp-content/uploads/2018/10/COMUN-192-PONEN-T1-JORGE-CHIVITE.pdf>

Junta de Andalucía. (s.f.). *Agricultura ecológica*. Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural. <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/agriculturapescaaguaydesarrollorural/areas/produccion-ecologica/agricultura-ecologica.html>

Junta de Extremadura. (2025, 23 de febrero). *El programa de competencias digitales en espacios con dificultades demográficas forma a 8.308 personas en Extremadura y continúa desarrollándose*. Junta de Extremadura. <https://www.juntaex.es/w/20250223-el-programa-de-competencias-digitales-en-espacios-con-dificultades-demograficas-forma-a-8.308-personas-en-extremadura-y-continua-desarrollandose>

Junta de Extremadura. (2027). *Estrategia de Transformación Digital de Extremadura 2027*. Junta de Extremadura. https://www.juntaex.es/documents/77055/30252655/ETDE_2027_Digital_V10.pdf

Kritikos, M. (2017). *Precision agriculture in Europe: Legal, social and ethical considerations*. European Parliamentary Research Service. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_STU\(2017\)6032_07](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_STU(2017)6032_07)

Phytoma. (2021, 6 de mayo). *BASF implanta en España Agrigenio Vite para la gestión sostenible de los viñedos*. Recuperado de <https://www.phytoma.com/noticias/noticias-de-empresas/basf-implanta-en-espana-agrigenio-vite-para-la-gestion-sostenible-de-los-vinedos>

Proceedings of the International Conference on Research in Business, Management and Finance, 1(1), 17-24. <https://doi.org/10.33422/icrbmf.v1i1.519>

Marku, D., Hoxha Jahja, A., & Maurmann, I. (2024). *The impact of digital technologies on farm operational activities: A case study analysis between Germany and Finland*.

Maudos, J. (dir.), & Salamanca, J. (2024). *Observatorio sobre el sector agroalimentario español en el contexto europeo. Informe 2023*. Cajamar Caja Rural. https://www.ivie.es/wp-content/uploads/2024/07/NP_Observatorio-Agroalimentario-Cajamar-2023.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2021). *Informe Final de Evaluación del I Plan de Acción 2019-2020*. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/innovacion-medio-rural/informe_final_evaluacion_mapa_2021_daleph_def_tcm30-664734.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). *Plan de Acción 2019-2020 de la Estrategia de Digitalización del Sector Agroalimentario y Forestal y del Medio Rural*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/innovacion-medio-rural/plan-accion-2019-2020-estrategia-digitalizacion_tcm30-560061.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). *II Plan de Acción 2021-2023 de la Estrategia de Digitalización del Sector Agroalimentario y Forestal y del Medio Rural*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-digitalizacion-sector-agroalimentario/ii-plan-accion-estrategia-digitalizacion-2021-2023_tcm30-583049.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). *Estrategia de digitalización del sector agroalimentario y forestal y del medio rural*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-digitalizacion-sector-agroalimentario/estrategia_digitalizacion_sector_agroalimentario_forestal_medio_rural_ve_tcm30-509645.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). *Estudio sobre digitalización y big data en el sector agroalimentario y forestal español y en el medio rural*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/innovacion-medio-rural/estudio_3def_tcm30-655779.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). *La Política Agrícola Común 2023-2027 y el Plan Estratégico*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. <https://www.mapa.gob.es/es/pac/pac-2023-2027/>

Montero Aparicio, A. (2021). *Innovación y digitalización en el sector agrario*. En Fundación de Estudios Rurales (Ed.), *Anuario 2021* (pp. 54-58). Unión de Pequeños Agricultores y Ganaderos. <https://www.upa.es/Anuario2021/Anuario2021/10AndresMontero.pdf>

Onda Cero. (2025, 17 de enero). *La venta de tractores aumentó un 36 % durante el 2024 en Extremadura*. Onda Cero. https://www.ondacero.es/emisoras/extremadura/noticias/venta-tractores-aumento-36-2024-extremadura_202501176789c3672f68080001edc49f.html

Reche, C. (2025, enero 25). Seaya toma la mayoría de Nax Solutions con su fondo Andromeda. *elEconomista.es*. Recuperado de <https://www.eleconomista.es/capital-riesgo/noticias/13191087/01/25/seaya-toma-la-mayoria-de-nax-solutions-con-su-fondo-andromeda.html>

Reis, J., Amorim, M., Melão, N., & Matos, P. (2018). Digital transformation: A literature review and guidelines for future research. *Journal of Business Research*, 94, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.10.007>

Rodríguez-Entrena, M., Arriaza, M., & Gómez-Limón, J. A. (2019). *Digitalización y gobernanza en el sector cooperativo agroalimentario: Retos y oportunidades en la era del Big Data*. *European Review of Agricultural Economics*, 46(4), 589-612.

Unión Europea. (2023). *Horizon Europe y la transformación digital del sector agroalimentario en España*.

Universidad de Extremadura. (2025, 24 de enero). *Máster en Dirección y Gestión de Cooperativas*. Junta de Extremadura. <https://www.juntaex.es/w/gestion-cooperativas>

Van der Ploeg, J. D. (2018). *The new peasantries: struggles for autonomy and sustainability in an era of empire and globalization*. Routledge.

Vázquez, J., & Chivite, M. (2018). Transformación digital: Retos y oportunidades para las entidades de economía social. Recuperado de <https://www.pwc.com>

Vidal-Giménez, C., Martínez-Paz, J. M., & Pérez, M. (2020). *Uso eficiente del agua en cooperativas agroalimentarias: Evaluación de impacto de los sistemas digitales de riego en España*. *Agricultural Water Management*, 235, 106157.

Vilar-Martínez, J., Ortega, M. C., & Pardo, J. (2023). *Blockchain en la trazabilidad agroalimentaria: El caso de Anecoop y su estrategia en mercados internacionales*. *Food Supply Chain Management*, 12(1), 88-105.

Wein Plus. (2024). *Cómo los drones están revolucionando la protección de los cultivos*. Recuperado de <https://revista.wein.plus/como-los-drones-estan-revolucionando-la-proteccion-de-los-cultivos-el-uso-del-dron-pulverizador-convence-en-un-proyecto-de-prueba-aleman>

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming: A review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.01.023>