

Diciembre 2024

VIGILANCIA TECNOLÓGICA - EN DIGITALIZACIÓN DEL SECTOR AGROALIMENTARIO PARA LA REGIÓN DE MURCIA.-



**Centro Tecnológico
Nacional de la Conserva
y Alimentación**

C/ Concordia, s/n Molina de Segura 30500 Murcia

Documento asociado al PROGRAMA DE AYUDAS DIRIGIDAS A CENTROS TECNOLÓGICOS DE LA REGIÓN DE MURCIA DESTINADAS A LA REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES I+D DE CARÁCTER NO ECONÓMICO. MODALIDAD 2: "PROGRAMA DE ACTUACIONES NO ECONÓMICAS DE APOYO A LA I+D"

Convocatoria 2023-2024



"Una manera de hacer Europa"
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



ÍNDICE

1. Introducción	3
2. Objetivos	5
3. Tendencias en Digitalización de la Industria Alimentaria	6
3.1. Internet de las Cosas (IoT)	7
3.2. Big Data, Inteligencia Artificial (IA) y Machine Learning (ML)	8
1. Optimización de cultivos:	9
2. Predicción de la demanda y gestión de la cadena de suministro:.....	9
3. Calidad y seguridad alimentaria:.....	10
4. Personalización de productos y servicios:.....	10
5. Sostenibilidad y medioambiente:.....	10
3.3. Blockchain para la Trazabilidad de Alimentos	11
3.4. Smart Packaging	13
3.5. Robótica colaborativa	14
3.6. Gemelos digitales	15
3.7. Agricultura de precisión.....	16
4. Soluciones de Servicios Digitales enfocados al Sector Alimentario	18
5. Referencias.....	21
5.1. Herramienta de vigilancia del CTNC	21
5.2. Artículos científicos	24
5.3. Tesis doctorales	26
5.4. Proyectos de investigación	29
5.5. Patentes relacionadas.....	38
5.6. Otras referencias de interés	41
6. Conclusiones	43
7. Bibliografía	45

1. Introducción

La industria 4.0 supone un cambio de paradigma de enorme valor para la industria alimentaria. Supone una creciente y adecuada digitalización que, a través del análisis sistemático de grandes cantidades de datos, impulsa una toma de decisiones más ágil, inteligente, competitiva y enfocada a la satisfacción del consumidor. Además, la actual revolución industrial, que consiste en la digitalización de los procesos industriales por medio de la interacción de la inteligencia artificial con las máquinas y la optimización de recursos enfocada en la creación de efectivas metodologías industriales y comerciales, es una potente herramienta.

La digitalización y la automatización de los procesos ofrece un mayor control sobre los resultados y las analíticas, dotando de mucha más autonomía los procesos productivos y minimizando errores evitables. A la vez que se gana en eficiencia y se reducen enormemente los costes, los productores son capaces de mejorar tanto el nivel de producción como la calidad. Además, se reducen enormemente tareas manuales y tediosas, para que los productores puedan invertir sus esfuerzos en encontrar modelos más sostenibles, optimizar el trabajo con los colaboradores e innovar en cuanto a ingredientes y productos de calidad. Asimismo, la demanda de productos más naturales y saludables está en auge, la trazabilidad y la transparencia en la cadena de producción alimentaria son necesarias tanto a nivel ético como a nivel de estrategia productiva. Tecnologías como el Big Data y el IoT ofrecen una visión global desde la plantación o recogida de materias primas hasta que el producto final llega al consumidor. Esto no es sólo imprescindible en cuanto a transparencia, si no necesario para competir con el nivel de agilidad y flexibilidad que exige el mercado.

Las tecnologías digitales son la herramienta para que la cadena alimentaria pueda recopilar datos. A partir de ellos se obtiene una profunda y precisa comprensión sobre los procesos internos, los clientes y el mercado. La tecnología de Blockchain es muy útil a la hora de obtener una trazabilidad completa de los alimentos y materias primas, el Big Data es necesario para la seguridad alimentaria y la Inteligencia Artificial para prever situaciones y peligros externos.

La integración digital de la información desde diferentes fuentes y localizaciones permite llevar a cabo negocios en un ciclo continuo. A lo largo de este ciclo, el acceso en tiempo real a la información está impulsado por el continuo y cíclico flujo de información y acciones entre los mundos físicos y digitales. Este flujo tiene lugar a través de una serie de pasos:

- Se captura la información del mundo físico y se crea un registro digital de la misma.
- La información se comparte y se interpreta utilizando analítica avanzada, análisis de escenarios e inteligencia artificial para descubrir información relevante.

- Se aplican algoritmos para traducir las decisiones del mundo digital a datos efectivos, estimulando acciones y cambios en el mundo físico.

Desde nuestra posición, las actividades de adquisición y recopilación de conocimientos y las actividades de transferencia de conocimientos nos permiten identificar tanto los últimos desarrollos e investigaciones, como a los mejores socios tecnológicos minimizando el esfuerzo de I+D+i y aprovechando los últimos desarrollos existentes. Detectar señales de cambio, analizar tendencias, reacciones, estrategias de la competencia, nuevas amenazas, oportunidades, etc. de modo que el escenario competitivo esté siempre actualizado, nos permitirá ofrecer servicios de información relevantes, actualizados y que sirvan para generar conocimiento y aportar soluciones para el avance de las empresas agroalimentarias. Igualmente permitirá intensificar nuestra I+D propia con proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que respondan a los ámbitos de mayor demanda de las empresas agroalimentarias y afines.

Es relevante que las empresas alimentarias de la Región de Murcia están adoptando tecnologías digitales en diversas áreas, desde la producción y la cadena de suministro hasta el marketing y la sostenibilidad. Estas innovaciones no solo les permiten mejorar su eficiencia operativa y reducir costos, sino también ofrecer productos de mayor calidad y llegar a un público más amplio, lo que aumenta su competitividad en un mercado global cada vez más digitalizado y exigente.

La clave para mantener esta competitividad será la continuidad en la inversión en nuevas tecnologías y la adaptación constante a las demandas cambiantes del mercado y los consumidores.

Gracias a este informe hemos podido conocer algunas de las áreas de implantación de la digitalización en el sector agroalimentario. En concreto, hemos localizado como caso de éxito la empresa Overtel, que junto con la empresa Binarii, se acercan al sector agroalimentario con la propuesta de proyecto CYBERINDUSTRY, de la convocatoria de ayudas de I+D lanzadas por el INFO en 2024.

2. Objetivos

El objetivo general de este informe es utilizar la información evaluada como punto de partida para exponer el estado del arte de ideas innovadoras relacionadas con digitalización, pudiendo aportar dicha información para una mejora del sector agroalimentario de la Región de Murcia, así como promocionar la detección de casos de éxito en empresas murcianas.

El planteamiento de este informe ha sido la recopilación y análisis de la información procedente de fuentes bibliográficas como medios digitales especializados, revistas técnicas y científicas; y bases de datos (Science Direct, Espacenet, Enterprise European Network, etc.) sobre digitalización que afecte al sector agroalimentario.

Además, para lograr nuestro objetivo de transferencia tecnológica se ha propuesto la búsqueda de empresas que están llevando a cabo proyectos de Digitalización en el sector agroalimentario y que son tractoras para las empresas de la Región de Murcia.

La información se presenta en diferentes apartados para una fácil visualización y se incluye un apartado de referencias para incluir aquellos resultados relacionados con la herramienta de vigilancia disponible en el CTNC, artículos científicos, tesis doctorales, proyectos de I+D+i y patentes.

El fin último del CTNC es ser un dinamizador de procesos innovadores, facilitando a los agentes investigadores y a las empresas información para la toma de decisiones estratégicas para la mejora de su competitividad, y en esta ocasión es aplicando los principios de la industria 4.0.

3. Tendencias en Digitalización de la Industria Alimentaria

Las principales áreas identificadas en las que las empresas de servicios digitales están ayudando a las empresas alimentarias a innovar y mejorar sus operaciones son:

- **Automatización de la Producción:** Implementación de soluciones como sistemas de control automatizados, robots en la línea de producción y optimización de la maquinaria mediante IoT (Internet de las Cosas).
- **Gestión de Inventarios y Logística:** Soluciones digitales que mejoran la trazabilidad y la gestión de stocks, optimizando el almacenamiento y el transporte de productos alimentarios.
- **Transformación Digital de la Cadena de Suministro:** Plataformas de gestión de la cadena de suministro que permiten a las empresas realizar un seguimiento más eficiente de los productos desde la fábrica hasta el consumidor final.
- **E-commerce y Marketing Digital:** Herramientas de marketing digital y comercio electrónico que ayudan a las empresas a llegar a sus clientes finales, mejorando su presencia en línea y gestionando sus ventas a través de plataformas digitales.
- **Big Data y Análisis Predictivo:** Uso de herramientas de análisis de datos para mejorar la toma de decisiones, desde la predicción de la demanda hasta la optimización de la calidad del producto.
- **Seguridad Alimentaria y Regulaciones:** Software especializado en la gestión de la seguridad alimentaria, asegurando el cumplimiento de normativas sanitarias y regulaciones de calidad a través de plataformas digitales.

Las empresas que adopten las mejores tecnologías podrán mejorar su eficiencia operativa, responder mejor a las demandas del consumidor y alcanzar nuevos niveles de sostenibilidad, lo que les permitirá mantenerse competitivas en un mercado global cada vez más digitalizado.

A continuación, se indican las tendencias tecnológicas que están aplicándose para la digitalización del sector alimentario.

- a. Internet de las Cosas (IoT)
- b. Big Data, Inteligencia Artificial (IA) y Machine Learning (ML)
- c. Blockchain para la Trazabilidad de Alimentos
- d. Smart Packaging (Empaque Inteligente)
- e. Robótica colaborativa

- f. Gemelos digitales
- g. Agricultura de precisión

3.1. Internet de las Cosas (IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) ha demostrado ser una herramienta poderosa en la transformación de la industria alimentaria. Al conectar dispositivos y sistemas a través de redes, el IoT permite la recolección y análisis de datos en tiempo real, mejorando la toma de decisiones y la optimización de procesos. Desde el monitoreo de condiciones ambientales hasta el seguimiento de la cadena de suministro, el IoT está revolucionando la forma en que las empresas alimentarias operan.

Se instalan sensores que monitorean continuamente factores críticos como la temperatura, la humedad, la calidad de los ingredientes y las condiciones de almacenamiento y transporte. Esto no solo ayuda a mantener altos estándares de seguridad, sino que también minimiza el riesgo de contaminación, lo que resulta en productos más seguros para el consumidor.

Empresas como The Campbell Soup Company han integrado el IoT en sus operaciones para aumentar la transparencia en la cadena de suministro, lo que permite a los consumidores acceder a información sobre el origen de los ingredientes, generando confianza y seguridad en sus productos.

Un ejemplo de IoT son los wearables, como guantes y gafas inteligentes. No solo mejoran la seguridad de los trabajadores, sino que también optimizan los procesos de producción. Estos dispositivos permiten a los operarios monitorear su salud en tiempo real, lo que ayuda a prevenir accidentes y garantiza que no haya contaminación por parte del personal durante la manipulación de alimentos. Además, estos dispositivos incrementan la productividad al permitir una mejor coordinación entre los equipos y una ejecución más eficiente de las tareas.

Las **imágenes hiperspectrales** son otra tecnología de IoT clave en la industria alimentaria. Este sistema detecta compuestos químicos y biológicos en los alimentos, identificando posibles contaminaciones mucho antes de que lleguen al consumidor final. Estas imágenes ofrecen alertas en tiempo real, lo que permite a los responsables de calidad reaccionar rápidamente ante cualquier irregularidad en la cadena de suministro.



Imagen 1. Sensores de IoT para controlar la cadena del frío.

Los sensores IoT son una de las tecnologías más utilizadas para el monitoreo en tiempo real de condiciones críticas como la temperatura y la humedad durante el transporte y almacenamiento de alimentos. Esto garantiza que los productos mantengan su frescura y calidad durante toda la cadena de suministro. Al recibir alertas instantáneas cuando se detectan condiciones adversas, las empresas pueden actuar de inmediato para evitar pérdidas de producto y reducir el riesgo de que alimentos en mal estado lleguen al mercado.

También el monitoreo de flujos de agua y energía permite reducir costes y tener conocimiento sobre los puntos críticos donde hay mayor consumo para poder tomar decisiones. Un ejemplo fue el Grupo Operativo Huella Hídrica, cofinanciado por ayudas de la CARM, donde se logró crear un sistema de registro de datos que albergara pantallas de fácil visualización para conocer los principales puntos críticos en cuanto a caudal de agua consumida, caudal de vertido y características del mismo. Este tipo de sistema permitía evaluar la evolución y llegar a ahorrar agua.

Así, el IoT no solo contribuye a mejorar la seguridad alimentaria, sino que también tiene un impacto directo en la productividad de las empresas. Al automatizar el monitoreo y la recolección de datos, se reduce el margen de error humano y se optimizan los recursos. Las empresas que adoptan esta tecnología no solo ganan en competitividad, sino que también aseguran un mejor servicio para sus clientes y un mayor cumplimiento de las normativas internacionales.

3.2. Big Data, Inteligencia Artificial (IA) y Machine Learning (ML)

Big Data, junto con IA y ML, dotan de la capacidad de predecir tendencias climáticas y de cultivo, o bien de consumidores, y por lo tanto, permiten diseñar

soluciones personalizadas para agricultores y empresas, conduciendo al sector agroalimentario hacia un horizonte prometedor.

En concreto, la IA es un conjunto de tecnologías que permite a las máquinas aprender, razonar y tomar decisiones basadas en datos. Se basa en algoritmos avanzados, aprendizaje automático (machine learning) y redes neuronales, lo que le permite automatizar procesos, mejorar la eficiencia y optimizar la toma de decisiones en la industria. Entre la amplia posibilidad de aplicaciones se encuentran:

1. Optimización de cultivos:

Estos recursos brindan a los agricultores acceso a información precisa y actualizada sobre sus campos. Mediante sensores en tiempo real, drones y satélites, se recaban y transmiten datos vitales sobre el suelo, el clima y las condiciones de cultivo. Sin embargo, es la interpretación avanzada de estos datos, por medio de técnicas de IA y ML, la que posibilita la identificación de patrones y tendencias, asistiendo a los agricultores en la adopción de decisiones más informadas y previsoras.

La aplicación de algoritmos de ML permite, por ejemplo, prever cuándo un cultivo está en peligro de contraer una enfermedad antes de la manifestación de síntomas visibles. Asimismo, la IA asiste en la planificación de la siembra, asegurando su ejecución en el momento idóneo basándose en los datos climáticos y del suelo. Esta amalgama tecnológica no solo optimiza la producción, sino que también atenúa los costes vinculados al desperdicio y fomenta una agricultura más sostenible y eficiente.

2. Predicción de la demanda y gestión de la cadena de suministro:

En el sector agroalimentario, es fundamental anticipar la demanda del mercado para el éxito. En este escenario, el Big Data, complementado con la IA y el ML, se ha revelado como un conjunto de herramientas esenciales. Estas tecnologías habilitan a las empresas para analizar datos de ventas, patrones de compra de los consumidores, y considerar factores estacionales para predecir la demanda con asombrosa precisión.

La IA juega un papel determinante en este proceso. Algoritmos de ML identifican patrones complejos en los datos históricos de ventas y los combinan con información en tiempo real, como eventos climáticos, para ofrecer predicciones cada vez más exactas. Esta capacidad predictiva se traduce en una gestión más eficiente y efectiva de la cadena de suministro.

Visualicemos una empresa agroalimentaria que integra estas tecnologías avanzadas. Mediante el análisis de Big Data, puede anticipar con gran certeza la demanda de sus productos en distintas regiones y épocas del año, ajustando la producción y distribución para evitar desajustes en inventario. Además, el ML identifica automáticamente oportunidades para optimizar rutas de distribución y reducir costos logísticos.

En un contexto donde la sostenibilidad y la reducción del desperdicio son esenciales, estas herramientas se erigen como aliadas invaluable. Al prevenir la sobreproducción y asegurar una distribución más ajustada, se minimiza el desperdicio de alimentos y se disminuye el impacto ambiental.

3. Calidad y seguridad alimentaria:

Estos sistemas avanzados pueden predecir y detectar anomalías en tiempo real, desde cambios sutiles en la composición de los alimentos hasta patrones que sugieren posibles contaminaciones. Por ejemplo, el ML puede ser entrenado para identificar irregularidades en los datos recopilados, señalando posibles problemas en la calidad del producto mucho antes de que sean detectables por métodos tradicionales.

La capacidad de actuar rápidamente es crucial en la industria alimentaria. Si se detecta un lote de alimentos contaminado o defectuoso, las soluciones basadas en IA permiten una respuesta inmediata, asegurando que estos productos sean retirados del mercado de manera inmediata. Este nivel de reacción no solo salvaguarda la salud pública, sino que también protege la integridad y reputación de las marcas involucradas.

Pero la tecnología va más allá de la simple detección y respuesta. Las herramientas de IA y ML también pueden contribuir en la prevención. Al analizar grandes volúmenes de datos históricos, estos sistemas pueden identificar patrones y correlaciones que indican factores de riesgo, permitiendo a las empresas tomar medidas preventivas antes de que surjan problemas. En última instancia, el Big Data y la IA ofrecen una estrategia de doble vía: anticiparse a los problemas y actuar con velocidad cuando estos se presentan.

4. Personalización de productos y servicios:

La IA y el Big Data están redefiniendo la manera en que las empresas del sector agroalimentario interactúan con los consumidores. Estas tecnologías permiten analizar patrones de compra, preferencias dietéticas, reacciones a nuevos productos y tendencias del mercado. Al procesar estos datos, las empresas pueden personalizar sus productos y servicios para satisfacer de manera más efectiva las necesidades y deseos de los consumidores.

Un ejemplo palpable es la creación de alimentos especializados y personalizados. Utilizando algoritmos de IA y ML para analizar datos de salud, dietas y preferencias de los consumidores, las empresas pueden desarrollar productos que se ajusten a las necesidades nutricionales específicas de diferentes grupos de consumidores. Asimismo, estas tecnologías permiten la personalización de ofertas y promociones, maximizando el engagement del cliente y fortaleciendo la lealtad a la marca.

5. Sostenibilidad y medioambiente:

En un mundo cada vez más consciente del cambio climático y los retos medioambientales, el sector agroalimentario se encuentra bajo presión para adoptar prácticas más sostenibles. Aquí es donde el Big Data, la IA y el ML se convierten en herramientas fundamentales. Estas tecnologías permiten a las empresas monitorear y analizar variables ambientales, como el uso de agua, la salud del suelo y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Utilizando esta información, las empresas pueden optimizar sus prácticas agrícolas, reducir el desperdicio, mejorar la eficiencia en el uso de recursos y disminuir su huella ambiental. Por ejemplo, los sistemas de riego inteligente, alimentados por datos en tiempo real sobre las condiciones del suelo y el clima, permiten una utilización más eficiente del agua. Del mismo modo, algoritmos de ML pueden predecir rendimientos de cultivos y ayudar a planificar de manera más sostenible la utilización de la tierra.

3.3. Blockchain para la Trazabilidad de Alimentos

La tecnología Blockchain ofrece varias utilidades significativas para la trazabilidad de alimentos, lo que puede tener un impacto positivo en la seguridad alimentaria, la transparencia y la sostenibilidad en la cadena de suministro de alimentos.

La trazabilidad alimentaria es uno de los aspectos claves de las empresas del sector agroalimentario. En los últimos años, la transparencia en la procedencia de los alimentos que llegan a la mesa, y la claridad de la cadena de suministro de estos alimentos, han pasado a ser una demanda por parte de los consumidores, convirtiéndose así en la principal preocupación de las empresas del sector. Es más, muchos consumidores alegan estar dispuestos a pagar más por productos de fabricación responsable y procedencia transparente.

Mediante Blockchain es posible garantizar la seguridad alimentaria y la trazabilidad, ya que se pueden rastrear los productos hasta su fuente primaria, revisar en dónde y cuándo se distribuyeron, y retirar la mercancía en caso de que sea necesario. La trazabilidad Blockchain lo que hace es permitir la conexión de todos los actores involucrados en la cadena de suministro (productores, distribuidores y consumidores), posibilitando el flujo de información.

Entre las **ventajas** que ofrece esta tecnología se encuentran:

- **Garantizar el origen:** Existen aplicaciones de trazabilidad alimentaria que utilizan códigos QR en los artículos, a través de ellos el consumidor puede acceder al historial de dicho producto. De esa forma es posible comprobar la veracidad de todos los alimentos consumidos. Además, se pueden consultar datos precisos como: fecha de recolección, lugar de origen, peso, tratamientos (plaguicidas y pesticidas), tiempo de almacenamiento, refrigeración y humedad.

- **Prevenir fraudes:** El etiquetado inadecuado de los productos de forma intencionada es de los casos de fraude alimentario más comunes. Esto puede poner en riesgo la salud de los consumidores y el medio ambiente. Al proporcionar datos encriptados en tiempo real, se consigue información fiable y actualizada que nadie puede manipular. Así, se garantiza que la información no ha sido modificada.
- **Aumentar el vínculo con el consumidor:** Valiéndose del uso de códigos QR, las empresas van a ser capaces de mostrar toda la información necesaria al consumidor, aportándole así un grado extra de confianza en el producto y provocando una potencial fidelización.
- **Agregar valor al producto:** Todos los puntos mencionados anteriormente aportan valor al producto final. La tecnología Blockchain aplicada a la trazabilidad puede orientarse como estrategia de marketing.

Existen actualmente **casos de éxito** tanto a nivel nacional como internacional. Por ejemplo, **Sabores Sierra de Madrid** es una empresa madrileña de embutidos artesanales que se destaca por la elaboración natural de sus productos. Apoyándose en GOUZE, una plataforma de trazabilidad Blockchain que conecta todas las partes involucradas en la cadena de suministros, ha sido capaz de garantizar la máxima transparencia en el proceso de producción y suministro de su mejor producto, el chorizo de vaca.

Otro caso es **IBM Food Safety** que se basa en tecnologías avanzadas de IA, el análisis de datos y Blockchain para ayudar a las empresas del sector a gestionar y mitigar los riesgos asociados con la seguridad y calidad de los alimentos. Esta solución incluye herramientas para la gestión de incidentes, seguimiento de productos, trazabilidad, auditoría y cumplimiento de regulaciones alimentarias. También puede ayudar a mejorar la colaboración y comunicación entre los diferentes actores de la cadena de suministro, lo que permite una respuesta más rápida y efectiva en caso de problemas de seguridad alimentaria.

“**El Porvenir**”, una productora colombiana de café, se ha valido de IBM Food Safety para aportar transparencia a su cadena de suministros, mostrar la forma responsable y sostenible en que se recogen sus granos, y así aportar valor a su producto. **Walmart** también la utiliza como una herramienta integral para fortalecer su programa de seguridad alimentaria. Las cuatro áreas en las que la aplica son: trazabilidad de la cadena de suministros, gestión de proveedores, detección de riesgos y gestión de incidentes.

Por tanto, el impacto de tecnología Blockchain es muy positivo en la industria alimentaria ya que mejora la confianza del consumidor al ofrecer transparencia total sobre el origen y el proceso de producción de los alimentos. Asimismo, permite una gestión más eficiente de las retiradas de productos y aumenta la seguridad alimentaria.

3.4. Smart Packaging

El Smart Packaging hace referencia a los sistemas de empaque que cuentan con funciones extendidas más allá de contener y proteger el producto en su interior. Sus aplicaciones se multiplican para la creación de experiencias que se mueven entre lo físico y lo digital, por medio de la aplicación de tecnologías como la integración de sensores. Con ello se logran embalajes más personalizados, inteligentes y comunicativos.

Mediante un empaque inteligente es posible rastrear el producto, incluir funciones de diagnóstico o indicadores, y monitorear las condiciones externas e internas del producto. Los envases inteligentes cumplen funciones de provisión de información, automatización, marketing o protección. Todo a través de códigos de barras, LED, chips, pantallas, etc.

Un ejemplo de Smart Packaging aplicado al marketing es el caso de Johnnie Walker Blue Label. Esta botella contiene sensores electrónicos extremadamente delgados que indican el momento en el que se ha abierto y el punto en el que se encuentra en la cadena de distribución. Del mismo modo, el sistema proporciona al consumidor ofertas promocionales mientras la botella está en tienda. Una información que se transforma en recetas de cócteles cuando el producto está abierto para su consumo.



Imagen 2. Smart Packaging

El empaque inteligente es una herramienta holística que permite el mejor uso de los procesos logísticos y que aporta valor a un consumidor cada vez más exigente y digital. Algunos de sus beneficios son:

- **Menor desperdicio de productos alimenticios.** El desperdicio de alimentos es una preocupación desde el punto de vista de la sostenibilidad. Utilizar un envase inteligente desde el proceso de fabricación puede traer la solución a este problema y traducirse en ganancias.
- **Optimización del transporte y de la eficiencia logística.** Este beneficio es posiblemente el principal impulsor del *Smart Packaging*. Su desarrollo tiene el poder de evitar innumerables costes innecesarios tanto para distribuidores como para comerciantes. La posibilidad de obtener información en tiempo real y realizar un seguimiento de los paquetes de una forma precisa y concreta son herramientas necesarias para una logística fluida y rentable.
- **Diferenciación de la competencia.** El *Smart Packaging* es un recurso que permite generar experiencias que aportan valor y atraen al consumidor. Dependiendo del perfil del usuario y del tipo de producto, la comunicación

y los mensajes de marca pueden expandir sus horizontes más allá de la etiqueta. Por otro lado, la alternativa de suplantar etiquetas y materiales por recursos digitales abre paso al diseño de empaques minimalistas y que generan un menor impacto ambiental. En ambos sentidos, los embalajes inteligentes permiten a las empresas innovar en su comunicación de producto constantemente y marcar la diferencia.

- **Satisfacción del consumidor.** El *Smart Packaging* da la posibilidad de ofrecer experiencias más completas al cliente, por lo que es una buena inversión para obtener consumidores satisfechos y fieles.

La aplicación de tecnología digital al embalaje ofrece muchas posibilidades, y todas proporcionan una forma sostenible de ampliar la función de empaque del producto. Sirven como facilitadoras de los procesos logísticos, las estrategias de *marketing* y la manipulación en diferentes partes de la cadena logística. Además, brindan una experiencia de valor para el consumidor y suponen una forma de diferenciarse de la competencia.

3.5. Robótica colaborativa

La robótica colaborativa se refiere al uso de cobots (robots colaborativos) diseñados para trabajar de manera segura junto a los humanos en entornos de producción. A diferencia de los robots industriales tradicionales, que suelen operar en zonas aisladas por razones de seguridad, los cobots cuentan con sensores avanzados, inteligencia artificial y mecanismos de control que les permiten interactuar con los operarios sin necesidad de barreras físicas.

El uso de cobots en la industria alimentaria aporta múltiples beneficios que optimizan los procesos productivos, mejoran la seguridad y aumentan la eficiencia operativa. A continuación, se detallan las principales ventajas:

- **Aumento de la productividad:** Automatización de tareas repetitivas como envasado, etiquetado y paletización, lo que reduce tiempos de producción. Capacidad de operar 24/7 sin pausas, mejorando el rendimiento y la eficiencia en líneas de producción.
- **Flexibilidad y Adaptabilidad:** Fácil reprogramación para realizar diferentes tareas, lo que permite adaptarse a cambios en la producción sin grandes inversiones. Capacidad de manipular productos delicados como frutas, pan y confitería sin dañarlos.
- **Mejora de la Seguridad y Ergonomía:** Reducción del esfuerzo físico en trabajadores al asumir tareas pesadas como la carga de productos o paletización. Disminución de accidentes laborales al encargarse de operaciones peligrosas o en entornos con temperaturas extremas.
- **Mayor Higiene y Seguridad Alimentaria:** Minimización del contacto humano con los alimentos, reduciendo el riesgo de contaminación. Implementación

en procesos de limpieza y desinfección, asegurando condiciones sanitarias óptimas en plantas de producción.

- **Reducción de Costos Operativos:** Optimización del uso de materia prima al reducir desperdicios en el procesamiento y envasado. Menor necesidad de mano de obra para tareas repetitivas, permitiendo reasignar trabajadores a actividades de mayor valor agregado.
- **Mejora en la Calidad y Trazabilidad:** Precisión en procesos como corte, porcionado e inspección de calidad, asegurando uniformidad en los productos. Integración con sistemas de visión artificial para detectar defectos en tiempo real y mejorar el control de calidad.
- **Fácil Integración con Otras Tecnologías:** Compatible con sistemas de inteligencia artificial, Big data e Internet de las Cosas (IoT), optimizando la toma de decisiones en la cadena de producción. Integración con robots móviles autónomos (AMRs) para mejorar la logística y distribución dentro de la planta.

3.6. Gemelos digitales

La implementación de un gemelo digital en la industria alimentaria requiere un enfoque estructurado, combinando tecnologías como Internet de las Cosas (IoT), Inteligencia Artificial (IA), Big Data y análisis predictivo. A continuación, se describen los pasos clave para su desarrollo:

1. Definir el Alcance y Objetivos, por lo que es fundamental identificar qué proceso, producto o sistema se desea replicar (líneas de producción, cadena de suministro, control de calidad, etc.). Y definir los objetivos clave, como mejorar la eficiencia, reducir desperdicios, optimizar la logística o predecir fallos en maquinaria.
2. Recopilar y Digitalizar los Datos en tiempo real mediante sensores IoT que miden variables como temperatura, humedad, presión y velocidad en los procesos de producción; software de Gestión (ERP, SCADA, MES) que permite la integración de datos de distintas áreas de la fábrica; uso de datos históricos de producción y mantenimiento para identificar patrones y mejorar simulaciones y; disponer de plataformas en la nube para almacenar y gestionar los datos en tiempo real.
3. Crear el Modelo Virtual utilizando herramientas avanzadas como modelado 3D y simulación (Autodesk, Siemens Digital Industries, Dassault Systèmes), o bien IA y ML para analizar patrones y hacer predicciones.

Para garantizar una conexión eficiente entre el gemelo digital y el entorno físico, es necesario disponer de sistemas de comunicación IoT (5G, Wi-Fi, Edge Computing) para transmitir datos en tiempo real.

Beneficios de Implementar un Gemelo Digital en la Industria Alimentaria

- Mayor eficiencia operativa, reduciendo tiempos de inactividad y optimizando la producción.
- Mejora en la calidad y seguridad alimentaria, gracias a simulaciones precisas y control de procesos.
- Reducción de costos y desperdicios, optimizando el uso de materias primas y energía.
- Innovación en desarrollo de productos, probando nuevas formulaciones sin afectar la producción real.

3.7. Agricultura de precisión

La agricultura de precisión es aquella basada en técnicas que tienen en cuenta las particularidades en el desarrollo de los cultivos, el estado del suelo o los factores climáticos y se aleja de aplicaciones más tradicionales y homogéneas. Su meta es mejorar la eficiencia de la producción.

Algunas de las **ventajas** que presenta son:

- Agricultura más técnica y, por tanto, más precisa.
- Es más sostenible.
- Cultivos más competitivos que evitan el abandono de las poblaciones rurales y de la profesión agrícola.
- Inversión en innovación tecnológica.

El concepto de agricultura de precisión es relativamente nuevo. Apareció a principios de los años ochenta en Estados Unidos, el referente mundial en esta práctica agronómica junto con Canadá o Australia. Tres países con enormes extensiones cultivadas, difíciles de manejar. En América Latina despuntan Brasil y, sobre todo, Argentina, que cuenta con el Proyecto Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas dentro del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Por ejemplo, se están investigando modelos de predicción de cosechas y detección temprana de enfermedades o plagas, antes incluso de que el ojo humano las pueda percibir. También se realizan seguimientos de cultivos de trigo o maíz por satélite, junto con sistemas de riego inteligente en explotaciones súper-intensivas de olivares. En los próximos años estas innovaciones se van a acelerar mucho más, siendo impulsadas en la Unión Europea gracias al Pacto Verde y la Estrategia 'De la Granja a la Mesa'.

La Asociación Europea de Innovación para la Productividad Agrícola y la Sostenibilidad (EIP-AGRI), creada por la Comisión Europea, recomienda que los agricultores participen activamente en el desarrollo de herramientas de agricultura de precisión para garantizar beneficios claros en términos de mejora de la productividad y sostenibilidad medioambiental. El reto consiste en escalar soluciones que hayan demostrado su eficacia y adaptarlas a cooperativas, grandes cultivos o explotaciones ganaderas.



Imagen 3. Drones - Agricultura de precisión.

En cuanto a teledetección y gestión de datos, los modelos de simulación de cultivos utilizan variables como el manejo, el clima o las características del suelo para anticipar la productividad del cultivo, cómo soportará una sequía o su resistencia frente a una plaga. Ejemplos de monitoreo exhaustivo y en tiempo real de parámetros como temperatura, humedad, luz, CO₂ y oxígeno, y de aprovechamiento del espacio: los invernaderos urbanos de Gotham Greens (Estados Unidos) y las granjas verticales de AeroFarms, con cultivos hidropónicos (sin tierra) en un ambiente interior hiper-controlado. En estos casos se emplean teledetección, ciencia de datos, herramientas de visión artificial e Inteligencia Artificial para cultivar.

En la Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola (FIMA), en Zaragoza, se presentaron tractores con sensores para manejar los distintos aperos; máquinas que comparten datos; sembradoras, fumigadoras y abonadoras con GPS; y sistemas de dosificación y distribución. La inversión inicial es mayor, pero a cambio este tipo de maquinaria agrícola permite un aumento de la productividad, competitividad en costes, control de calidad de cultivos y mejora del trabajo en el campo. Así como, contribuye a disminuir el desperdicio de recursos, lo que es clave para lograr una producción alimentaria más sostenible.

Otras tecnologías involucradas pueden ser los sensores conectados a Internet (IoT) que permiten la recopilación en tiempo real de datos sobre el estado de los cultivos, la humedad del suelo o el clima, lo que ayuda a gestionar el uso de agua y fertilizantes. También se utilizan drones y satélites para monitorear grandes extensiones de terreno, recolectar datos visuales y detectar problemas en los cultivos, como plagas o enfermedades. Los datos e información recopilada permiten posteriormente llevar a cabo análisis predictivos, que sirven de apoyo a para una mejor gestión de las cosechas.

4. Soluciones de Servicios Digitales enfocados al Sector Alimentario

GENIOTIC SOLUTIONS S.L. Robótica colaborativa para paletizado, entre otros. Ingeniería dedicada al diseño, fabricación y comercialización de aplicaciones «llave en mano» siendo una compañía de referencia en el sector de la robótica industrial. Ofrece aplicaciones basadas en automatización industrial la cual integra sistemas y componentes tecnológicos avanzados.

INGENIATIC DESARROLLO. Alarma Técnica IoT. AvIoT es un sistema de "Alarma Técnica" basada en IoT, incluye hardware para monitorización y tele-control, plataforma cloud y sistema de llamadas automáticas. Su diferenciación es ofrecer una Central Receptora de Alarmas en la Nube y Automatizada para Alarmas Técnicas.

BLEECKER TECHNOLOGIES. Optimización de los procesos logísticos mediante Visión Artificial. El sistema de identificación, denominado Sistema Bleecker, facilita el seguimiento y la trazabilidad de cualquier mercancía mediante el uso de cámaras. La base tecnológica de este sistema son unos códigos visuales patentados, denominados códigos Bleecker, especialmente diseñados para leerse en movimiento y entornos industriales, y un software de lectura de estos códigos que es capaz de extraer los códigos del flujo de imágenes de las cámaras.

BIYECTIVA TECHNOLOGY. Aplicación de IA para automatización de la contabilidad empresarial.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE TALENTUM. Laboratorio de Innovación y Desarrollo de Iotic Solutions desde donde abordamos los proyectos más innovadores. Expertos en el diseño y desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial para modelos de predicción. Sus sistemas expertos con capacidad de aprendizaje automáticos facilitan y automatizan el proceso de toma de decisiones en diferentes ámbitos de aplicación. Actualmente trabajan en el proyecto SAIFE, cero accidentes en entornos industriales.

DRONICA SERVICIOS AÉREOS. Digitalización mediante drones y Láser Escaner. Ofrecen servicios de medición, digitalización e inspección a empresas e instituciones en los sectores de ingeniería civil, industria, patrimonio, construcción, agricultura y audiovisual. Proporcionan datos cualificados mediante el escaneo 3D de la realidad que les permiten tomar decisiones correctas ahorrando en tiempo y recursos. De interés que, ayudan a los agricultores en varias labores: apoyo con las mediciones mediante la topografía, en el caso de las naves agrícolas emplean el modelado 3D a partir de la nube de puntos o en agricultura de precisión donde realizan inspecciones visuales, cálculo de estrés hídrico y/o vigor con termografía y distintos índices de vegetación.

AGRISENSOR. Sistema multisectorial basado en Inteligencia Artificial que consigue informar y actuar automáticamente al servicio del agricultor obteniendo un ahorro en agua, abono y energía superior al 30% así como una optimización plena de la fertirrigación.

G2SMARTENERGY. Sistema de control específico para bombes basado en energía renovables. Se trata de una aplicación multiplataforma para ver los datos de medición en tiempo real de balsas, acuíferos, pozos, suministro de agua a comunidades de regantes, cabezales de riego. También permite detectar fallos de bombas, pérdidas y averías en tuberías, cortando el suministro de agua y dando un aviso inmediato para su reparación, evitando sobrecostes en agua, energía y reparaciones que se agravan si no se reparan de inmediato.

OSCILLUM. Es una empresa biotecnológica que desarrolla un sensor que indica el estado de los productos alimenticios en tiempo real. El semáforo que te indica cuándo debes desechar los alimentos. Etiqueta inteligente.

ZEBRA TECHNOLOGIES. Ofrece soluciones digitales en la gestión de inventarios, trazabilidad de productos y optimización de la cadena de suministro, utilizando tecnologías como el RFID y el IoT. Puede ayudar a las empresas agroalimentarias a gestionar la frescura de los productos, controlar inventarios y mejorar la logística, especialmente en el sector de alimentos perecederos.

OVERTEL TECHNOLOGY SYSTEMS. Empresa especializada en consultoría e ingeniería de procesos industriales, con más de 25 años de experiencia en la implementación de soluciones tecnológicas orientadas a la Industria 4.0. Proporciona un software de planificación de recursos empresariales (ERP) con funcionalidades avanzadas para gestionar todos los aspectos de una empresa industrial, desde la producción hasta la logística y finanzas. También ofrece un Sistema de Ejecución de Manufactura (MES) que conecta todas las áreas de la fábrica, permitiendo una gestión digital y eficiente de los procesos de producción en tiempo real.

METTLER TOLEDO. Empresa líder a nivel mundial en la fabricación de instrumentos de precisión y soluciones de pesaje, análisis y detección para diversas industrias, incluyendo la agroalimentaria. Ofrece básculas de sobremesa, portátiles y de suelo, así como sistemas de pesaje integrados que garantizan mediciones precisas en entornos de producción exigentes. Y también ofrece detectores de metales, sistemas de inspección por rayos X y controladoras de peso en movimiento que ayudan a identificar contaminantes y asegurar la calidad del producto final.

NOVAGRIC, es una destacada pyme con más de 40 años de experiencia, que se ha consolidado en líder en innovación dentro del sector agroalimentario español. Su actividad principal es el diseño, fabricación e instalación de tecnologías para la producción agrícola intensiva.

SIEMENS DIGITAL INDUSTRIES. Proporciona soluciones de automatización industrial para la producción, con especial énfasis en la industria alimentaria. Es capaz de implementar sistemas de control industrial para mejorar la eficiencia de la producción, el control de calidad y la optimización de procesos.

TELEFÓNICA EMPRESAS. Han desarrollado TrustOs, el sistema operativo de la confianza "facilitador" de blockchain. Un ejemplo es el proyecto llevado a cabo en la olivarera Castillo de Canena, que permite la trazabilidad completa del proceso productivo de su aceite de oliva.

SAP. Ofrece plataformas de gestión empresarial (ERP) que permiten a las empresas alimentarias integrar todas sus operaciones en una sola plataforma digital. Ayuda a mejorar la gestión de la cadena de suministro, las finanzas, la calidad de los productos y las operaciones comerciales en general.

TELEFÓNICA TECH. Apuesta por la transformación digital integral de las empresas aplicando el uso del Big Data para establecer estrategias de marketing y ventas basadas en datos.

ORACLE FOOD AND BEVERAGE. Proporciona herramientas de software específicas para la industria alimentaria, que permiten la integración de operaciones, gestión de inventarios y análisis de datos. Ayuda a mejorar la gestión de ventas, optimización de la cadena de suministro y análisis de datos en tiempo real.

5. Referencias

Desde el CTNC se ha designado a un Grupo de Trabajo orientado a la captación de información con técnicos del Área de Medio Ambiente, Tecnología y OTRI, así como desde Dirección. Ellos han seguido el planteamiento inicial para un proceso completo de Vigilancia Tecnológica:

- Establecer palabras clave para la captación de información.
- Buscar resultados utilizando la herramienta de vigilancia del CTNC, así como identificar nuevas bases de datos.
- Buscar nuevos artículos científicos y tesis relacionados.
- Buscar proyectos innovadores relacionados y Grupos de Trabajo relevantes, así como patentes.
- Intercambio de información a través de reuniones, conversaciones, asistencia a eventos, etc.

5.1. Herramienta de vigilancia del CTNC

Los técnicos han utilizado la herramienta de vigilancia tecnológica del CTNC, que dispone de más de 100 fuentes de información que periódicamente se revisan, a la que se han incorporado las siguientes palabras clave: industria 4.0 AND alim; sensórica AND alim; internet de las cosas AND aliment; IoT AND aliment; envasado inteligente; herramienta digital AND agroalim; transformación digital AND agro; visión artificial AND aliment; big data AND aliment; digitalización AND aliment; gemelo digital AND aliment; digital twin AND food; realidad virtual AND aliment; virtual reality AND food; realidad aumentada AND aliment; cadena alimentaria AND tecnología; plataforma digital AND aliment; food chain AND tech; industry 4.0 AND food; cadena alimentaria inteligente; procesos alimentarios inteligentes; seguridad digital AND aliment; big data AND food; inteligencia artificial AND aliment; comportamiento consumidores AND aliment; supply chains; tecnología sensores AND aliment; logistic food; embalaje inteligente AND aliment; sensores en línea AND aliment; foodtech; agritech; agrifoodtech; artificial intelligence AND food; seguridad logística AND aliment; cámara hiperespectral AND aliment; hyperspectral camera AND food; hyperspectral camera AND shelf life; cámara hiperespectral AND vida útil; visión hiperespectral AND calidad; cámara hiperespectral AND calidad aliment; hyperspectral camera AND shelf life food; hyperspectral camera AND quality food; hiperespectral AND defecto aliment; hyperspectral camera AND shelf life parameters; hiperespectral AND análisis aliment; espectral AND aliment; espectral AND agro; hyperspectral camera AND food defect; digital AND aliment; digital AND food; digital AND seguridad alimentaria; digital AND food safety; digital packaging AND food; automatización AND industria aliment; automatización AND aliment; sensórica AND aliment; inteligencia artificial AND aliment.

Se puede decir que la búsqueda de bases de datos y páginas web que puedan alimentar nuestro sistema de vigilancia ha sido mejorada en el periodo 2023-2024

para recuperar los resultados con mayor impacto para el sector agroalimentario. Además, se han consolidado las fuentes "Revista Tecnoalimen", "Revista Aral", "Foodingredients" y "Efeagro" como los principales medios que se hacen eco de noticias vinculadas a la digitalización y la industria 4.0 en el sector agroalimentario.

Durante los años 2023 y 2024 se han recopilado 882 resultados y aceptado 373 para la temática de Digitalización, siendo 55 trasladados al sector por su mayor impacto en 36 boletines con la etiqueta de Digitalización. Las noticias más relevantes se indican a continuación:

"Carburos Metálicos lanza una herramienta digital inteligente que optimiza la congelación y reduce el desperdicio alimentario" publicada en febrero de 2023. Palabra clave: *digital AND aliment*

<https://www.tecnoalimen.com/productos/20230216/carburos-metalicos-lanza-herramienta-digital-optimiza-congelacion>

"Inteligencia Artificial y Analítica de Datos, entre las herramientas clave para lograr una industria alimentaria más eficiente" publicada en marzo de 2023. Palabras clave: *inteligencia artificial AND aliment; foodtech*

<https://www.tecnoalimen.com/noticias/20230323/inteligencia-artificial-analitica-datos-herramientas-clave-lograr-industria-alimentaria-mas-eficiente>

"Mettler-Toledo España y Vester Business se asocian para ayudar a los fabricantes a avanzar en la digitalización" publicada en junio de 2023. Palabras clave: *industria 4.0 AND alim; digitalización AND aliment; digital AND aliment; digital AND food*

<https://www.tecnoalimen.com/noticias/20230620/mettler-toledo-vester-business-ayudar-fabricantes-avanzar-en-digitalizacion>

"Ampliada en 16 millones la línea Agroinnpulso para financiar la transformación digital de las pymes agroalimentarias" publicada en junio de 2023 y recogida gracias a las palabras clave *transformación digital AND agro; digital AND aliment*

<https://www.agrodiario.com/articulo/ayudas-financiacion-e-inversion/ampliada-16-millones-linea-agroinnpulso-financiar-transformacion-digital-pymes-agroalimentarias/20230630082501041798.html>

"AlimTech prevé invertir 17 millones de euros en soluciones tecnológicas para impulsar el sector agroalimentario" publicada en julio de 2023. Palabras clave: *transformación digital AND agro; digital AND aliment*

<https://www.revistaaral.com/texto-diario/mostrar/4373800/alimtech-preve-invertir-17-millones-euros-soluciones-tecnologicas-impulsar-sector-agroalimentario>

“Los últimos avances en digitalización en el campo se ponen al día en Datagri” publicada en noviembre de 2023. Palabras clave: *transformación digital AND agro; digitalización AND aliment; inteligencia artificial AND aliment; digital AND aliment; inteligencia artificial AND aliment*

<https://efeagro.com/ultimos-avances-digitalizacion-datagri/>

“El Mapa y Cajamar impulsan la actividad del Observatorio de Digitalización del Sector Agroalimentario” publicada en enero de 2024. Palabras clave: *digitalización AND aliment; digital AND aliment*

<https://www.revistaaral.com/texto-diario/mostrar/4670503/ministerio-agricultura-pesca-alimentacion-cajamar-impulsan-actividad-observatorio-digitalizacion-sector-agroalimentario>

“Grupo Fuertes introduce la IA para consolidar su liderazgo tecnológico en el gran consumo” publicada en junio de 2024. Palabra clave: *inteligencia artificial AND aliment*

<https://www.revistaaral.com/texto-diario/mostrar/4859660/grupo-fuertes-introduce-ia-consolidar-liderazgo-tecnologico-gran-consumo>

“El XXII Workshop: “Métodos rápidos y automatización en Microbiología Alimentaria (MRAMA)-memorial DYCFung” se celebrará en noviembre en la UAB” publicada en septiembre de 2024. Palabras clave: *iOT AND aliment; automatización AND aliment*

<https://foodforlife-spain.es/el-xxii-workshop-metodos-rapidos-y-automatizacion-en-microbiologia-alimentaria-mrama-memorial-dycfung-se-celebrara-en-noviembre-en-la-uab/>

“Biovit receives funding for AI-powered personalized nutrition with micronutrient fortified foods” publicada en septiembre de 2024. Palabra clave: *artificial intelligence AND food*

<https://www.nutritioninsight.com/news/biovit-receives-funding-for-ai-powered-personalized-nutrition-with-micronutrient-fortified-foods.html>

5.2. Artículos científicos

En la base de datos de Science Direct (<https://www.sciencedirect.com>), se han utilizado como descriptores “industry 4.0 and food”. Además, se ha acotado la búsqueda a aquellos artículos publicados entre 2023 - 2024 y que sean de acceso abierto.

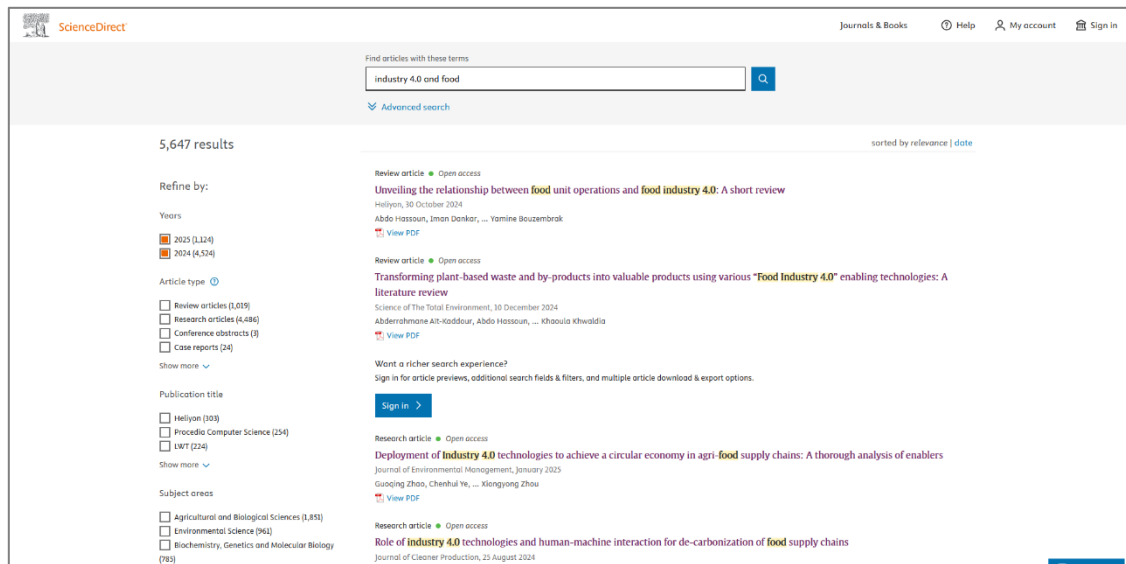


Imagen 4. Búsqueda en Science Direct.

La **Industria 4.0**, utilizada como descriptor, implica combinar técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligentes que se integrarán en las organizaciones, las personas y los activos. Esta revolución está marcada por la aparición de nuevas tecnologías como la robótica, la analítica, la inteligencia artificial, las tecnologías cognitivas, la nanotecnología y el Internet las Cosas (IoT), entre otros. Las organizaciones deben identificar las tecnologías que mejor satisfacen sus necesidades para invertir en ellas.

El número de resultados obtenidos en la búsqueda ha sido muy elevado, ya que es una temática de plena actualidad que suscita gran interés en el sector alimentario. La digitalización de los procesos presenta diversas ventajas desde tener un mayor control de los parámetros utilizados en los procesos productivos y precisión en las diferentes etapas desarrolladas hasta garantizar la trazabilidad y seguridad alimentaria. En concreto, se han obtenido 7.968 resultados de artículos de investigación, publicados principalmente en las revistas que se indican en la gráfica:

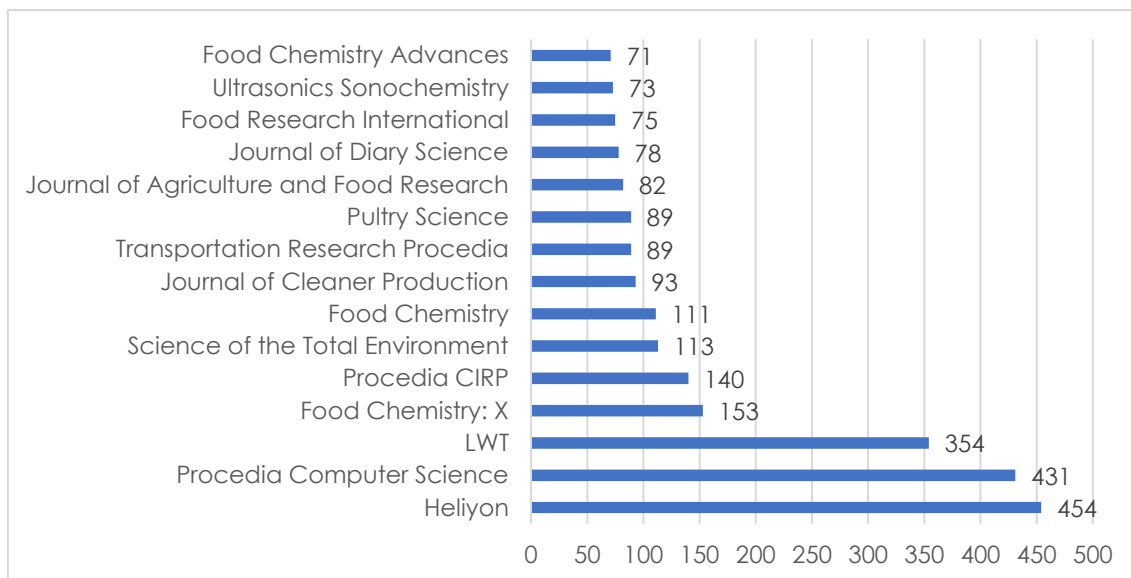


Gráfico 1. Principales revistas con publicaciones sobre la industria 4.0

La revista que han seleccionado los investigadores mayoritariamente ha sido *Heliyon*. Es una revista científica de acceso abierto que forma parte de *Cell Press*. Los trabajos descritos tienen un componente innovador, ya sea en el enfoque o en los métodos utilizados. En las conclusiones se especifica la importancia de los resultados para la comunidad científica o la industria alimentaria.

La revista tiene en cuenta la investigación en todos los ámbitos de las ciencias físicas, aplicadas, de la vida, sociales y médicas. Tiene un CiteScore de 4.5 y un factor de impacto de 3.4. El equipo editorial de Ciencia y Tecnología de los Alimentos está formado por Dr. Lilian Mariutti, Prof. Juscelino Tovar y Prof. Apollinaire Tsopmo.

A continuación, se muestran los 5 primeros artículos clasificados por relevancia:

1. Hassoun, A., Dankar, I., Bhat, Z., Bouzembrak, Y. (2024). Unveiling the relationship between food unit operations and food industry 4.0: A short review, *Heliyon*, 10 (20). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39388>.
2. Aït-Kaddour, A., Hassoun, A., Tarchi, I., Loudiyi, M., Boukria, O., Cahyana, Y., Ozogul, F., Khwaldia, K. (2024). Transforming plant-based waste and by-products into valuable products using various "Food Industry 4.0" enabling technologies: A literature review, *Science of The Total Environment*, Vol. 955, 176872. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176872>.
3. Sharma, M, Antony, R., Vadalkar, S., Ishizaka A. (2024). Role of industry 4.0 technologies and human-machine interaction for de-carbonization of food supply chains, *Journal of Cleaner Production*. Vol 468, 142922. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142922>

4. Lahane, S., Paliwal, V., Kant, R. (2023). Evaluation and ranking of solutions to overcome the barriers of Industry 4.0 enabled sustainable food supply chain adoption, *Cleaner Logistics and Supply Chain*, Vol. 8, 100116. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2023.100116>

5. Bertoglio, O., Sehnem, S. (2024). Industry 4.0 in the Context of Agribusiness: A Systematic Literature Review, *Procedia Computer Science*, Volume 232, Pages 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.011>

5.3. Tesis doctorales

Se realizó una búsqueda avanzada en la base de datos TESEO (<https://www.educacion.gob.es/teseo/irGestionarConsulta.do>). Se utilizó como filtro la presencia de alguna de estas palabras clave "digitalización, industria alimentaria, sensores, digital, iot" en el título. Además, se redujo la búsqueda a aquellas tesis realizadas entre los cursos académicos de 2023/2024 y 2024/2025.

Se obtuvieron 104 resultados, entre los que destacan los siguientes:

MÉTODOS PARA DIMENSIONAMIENTO, TRANSMISIÓN, PROCESAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN EN APLICACIONES IOT EN EL ÁMBITO DE LA INDUSTRIA 4.0

Resumen: La progresión de la industrialización y digitalización, conocida como Industria 4.0, marca una nueva era llena de desafíos y oportunidades para las empresas a nivel mundial. La mayoría de los procesos industriales dependen de sistemas mecánicos y electromecánicos. Debido a sus largos tiempos de funcionamiento y a las exigentes condiciones de trabajo, la maquinaria rotatoria es particularmente susceptible a fallos. En esta tesis se plantea el desarrollo de un sistema de monitorización continuo de bajo coste, que recoja vibraciones de la maquinaria donde se encuentre instalado el sistema. El sistema de monitorización desarrollado utiliza componentes hardware de bajo coste, así como software libre y formatos de datos tradicionales.

Una vez capturados los datos serán analizados. En base a los resultados se han desarrollado dos técnicas de mantenimiento predictivo. La primera consiste en la predicción del tiempo de vida restante de los equipos monitorizados, mientras que la segunda se orienta a una detección temprana de fallos en dichos equipos.

Magadán Cobo, Luis (2024) – Universidad de Oviedo

RECONFIGURACIÓN Y SUPERVISIÓN AUTOMÁTICA DE SISTEMAS CIBERFÍSICOS BASADA EN GEMELOS DIGITALES E INTELIGENCIA ARTIFICIAL. APLICACIÓN A UNA LÍNEA PILOTO DE INDUSTRIA 4.0

Resumen: La reciente convergencia de un grupo de avances tecnológicos como el Internet de las Cosas, la analítica de datos, la robótica y los entornos avanzados de simulación, unido al rápido crecimiento de la Inteligencia Artificial, han propiciado el surgimiento de un nuevo paradigma de fabricación: la Industria 4.0. Este se caracteriza por la digitalización de los procesos productivos y gira en torno al concepto de sistema ciberfísico, en el cual se integran los procesos del mundo real con los del espacio virtual. Estos sistemas permiten la creación de entornos industriales más eficientes, flexibles y adaptables. Esta tesis tiene como objetivo principal el diseño y desarrollo de métodos de reconfiguración y supervisión automática de sistemas ciberfísicos mediante gemelos digitales e Inteligencia Artificial. El reto científico-técnico radica en que estos métodos deben materializarse en módulos de Inteligencia Artificial, embebidos en plataformas computacionales, listos para ser aplicados a procesos productivos con el fin de facilitar la digitalización en las empresas de fabricación.

Cruz Hernández, Yarens Joaquín (2024) – Universidad Politécnica de Madrid

NUEVOS MODELOS PARA LA GESTIÓN EFICIENTE DE INFRAESTRUCTURAS BIG DATA STREAMING EN ENTORNOS IOT CON APLICACIÓN A LA INDUSTRIA 4.0

Resumen: El progreso en el campo de la sensórica ha tenido un impacto significativo en el desarrollo de nuevas áreas en el ámbito de las arquitecturas IoT. La capacidad de procesamiento de los dispositivos se ha incrementado, permitiendo que se realicen tareas complejas de análisis de datos en tiempo real. Este avance es especialmente relevante para las arquitecturas IoT, que requieren un alto grado de eficiencia en el procesamiento de datos debido a la complejidad de las mismas y al gran número de operaciones que se deben realizar.

En esta tesis doctoral, se han evaluado diversas arquitecturas de IoT que se han utilizado en diferentes casos de estudio para la predicción de flujos de datos. Estas arquitecturas han sido analizadas en términos de su eficiencia, escalabilidad, costo y capacidad para manejar diferentes tipos de datos. Además, se han identificado y analizado las limitaciones y desafíos asociados con el uso de estas arquitecturas en entornos de streaming de datos.

Fernandez Gomez, Antonio Manuel (2023) – Universidad Pablo de Olavide

USO DE DISPOSITIVOS DE BAJO COSTE EN ENTORNOS INDUSTRIALES

Resumen: La transición hacia la Industria 4.0 requiere una gran inversión en dispositivos y mecanismos que permitan la interconectividad entre las personas, máquinas y procesos. En esta Tesis se presentan varias aportaciones relacionadas directamente con la Industria 4.0 y el Internet de las Cosas (IoT).

Herrero Lastra, Ángel Carlos (2023) – Universidad de Zaragoza

A continuación, se emplearon las palabras clave "sensores, inteligencia artificial, industria alimentaria" para buscar tesis publicadas a partir de 2023. Se obtuvieron 181 resultados y los más relevantes fueron:

OPTIMIZACIÓN DE LA SECUENCIA DE PICK AND PLACE DE UN ROBOT COLABORATIVO BIMANUAL EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

Borrell Méndez, Jorge (2024) - Universidad Miguel Hernández de Elche

MACHINE LEARNING: REQUISITOS Y NUEVAS TÉCNICAS PARA LA APLICACIÓN DE ENTORNOS INDUSTRIALES E INTERNET OF THINGS

Barrera Arroyo, Jose Manuel (2024) - Universidad de Alicante

MODELO DE INFORMACIÓN DIGITAL Y GRÁFICO DEL COMPORTAMIENTO DE MAQUINARIA INDUSTRIAL SERVOACCIONADA

Santos Esterán, David (2023) - Universidad de Vigo

SIMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS CÁMARA-PROYECTOR PARA LA MEDICIÓN POR PROYECCIÓN DE FRANJAS DE LUZ BLANCA

Tiscareño Félix, Julieta (2024) – Universidad de Zaragoza

INTEGRACIÓN DE MODELO DE SIMULACIÓN Y SENSORES COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE DIFERENTES ESTRATEGIAS AGRONÓMICAS EN RIEGO INTELIGENTE DE VIÑEDO

Esteban Sánchez, Gonzalo (2024) - Universidad de Extremadura

DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA RIEGO INTELIGENTE BASADO EN LA MONITORIZACIÓN DE DIFERENTES PARÁMETROS AMBIENTALES EN CULTIVOS SIN SUELO

Sánchez Millán, Francisco de Asís (2024) - Universidad Politécnica de Cartagena

DISEÑO DE UN MODELO DE PREVISIÓN DE DEMANDA PARA REDUCIR EL EFECTO LÁTIGO EN UNA CADENA DE SUMINISTROS DE PERECEDEROS

Durán Peña, Julian Andrés (2024) - Universidad Politécnica de Valencia

5.4. Proyectos de investigación

Se realizó una búsqueda en la base de datos CORDIS (<https://cordis.europa.eu/es>), que contiene los resultados de las investigaciones de la Unión Europea. Se utilizaron diferentes descriptores como digitalización, alimentación, industria 4.0, sensores, automatización, etc. Se tuvieron en cuenta únicamente los resultados de investigaciones recientes. Se encontraron diversos proyectos de gran interés.

HORIZON EUROPE

CODECS Maximising the CO-benefits of agricultural Digitalisation through conducive digital ECoSystems (2022 – 2026)

Resumen: La digitalización del sector agrícola europeo es importante para permitir la automatización, ayudando a los agricultores a trabajar de forma más precisa y sostenible. Por ejemplo, el creciente uso de la inteligencia artificial, la robótica y el internet de las cosas tiene el potencial de maximizar la competitividad de los agricultores europeos. En este contexto, el CODECS, financiado por la UE, trabajará con los agricultores para desarrollar enfoques, métodos y herramientas fáciles de usar y capaces de documentar los beneficios colaterales y los costes de las tecnologías aplicadas a contextos reales. En concreto, desarrollará una visión de la «digitalización sostenible». Mediante la evaluación de toda una serie de costes y beneficios sociales, económicos y medioambientales, la plataforma CODECS albergará herramientas de búsqueda, demostración y evaluación. El proyecto aplicará una metodología de investigación-acción y pondrá a prueba las tecnologías digitales a través de una red de granjas de demostración.

Identificador: 101060179

HORIZON 2020

Improvement of food safety applied biosensors by protein engineering (2019 - 2022)

Resumen: La determinación del contenido de histamina es de suma importancia para la industria alimentaria como parámetro de la calidad higiénica y la frescura de los alimentos, así como para prevenir intoxicaciones alimentarias de tipo alérgico. Se necesitan métodos de control de la histamina más sensibles y fáciles de utilizar para detectar a tiempo productos y materias primas susceptibles de convertirse en peligrosos para los consumidores. Para alcanzar este objetivo, se utilizará una estrategia innovadora y potente de ingeniería semirracional de proteínas con el fin de maximizar la sensibilidad del biosensor basado en la enzima histamina actualmente disponible. La enzima histamina deshidrogenasa (HADH) tiene la especificidad de sustrato más excelente hacia la histamina y, utilizando la información estructural disponible junto con herramientas avanzadas de modelización computacional, BIOIMPROVE pretende desarrollar un dispositivo biosensor portátil mejorado y altamente sensible para la cuantificación de histamina en el rango de concentración más bajo.

Identificador: 834952

HORIZON 2020

Adapting the feed, the animal and the feeding techniques to improve the efficiency and sustainability of monogastric livestock production systems (2015 - 2020)

Resumen: El objetivo de Feed-a-Gene es adaptar mejor los distintos componentes de los sistemas de producción ganadera monogástrica (es decir, cerdos, aves de corral y conejos) para mejorar la eficiencia global y reducir el impacto ambiental. Esto implica el desarrollo de recursos alimenticios y tecnologías de alimentación nuevos y alternativos, la identificación y selección de animales robustos que se adapten mejor a condiciones fluctuantes, y el desarrollo de técnicas de alimentación que permitan optimizar el potencial del alimento y del animal.

Identificador: 633531

HORIZON EUROPE

Food Nutrition Security Cloud (2019 - 2023)

Resumen: La seguridad alimentaria y nutricional (SAN) consiste en garantizar que todo el mundo pueda acceder a alimentos suficientes, asequibles y nutritivos. Uno de los grandes retos a los que se enfrenta Europa es la fragmentación de una gran cantidad de recursos de SAN. El principal objetivo del proyecto FNS-Cloud, financiado por la UE, es superar la fragmentación federando los datos de la SAN sobre dieta, salud y comportamiento de los consumidores, así como sobre agricultura sostenible y bioeconomía. La solución en nube implantada aumentará la explotación de los conocimientos sobre SAN y contribuirá a reducir las lagunas de conocimiento que dificultan la salud pública y la política agrícola. Además, ayudará a la industria alimentaria a reducir los costes de desarrollo y producción y a aumentar la producción sostenible. En última instancia, la solución en la nube facilitará que los consumidores tomen decisiones informadas y saludables.

Identificador: 863059

HORIZON 2020

Symbiotic Human-Robot Collaborative Assembly: Technologies, Innovations and Competitiveness (2015 - 2019)

Resumen: La industria robótica europea está avanzando hacia una nueva generación de robots, basada en la seguridad en el lugar de trabajo y la capacidad de trabajar junto a los humanos. Esta nueva generación es fundamental para que las fábricas del futuro sean más rentables y para restablecer la competitividad de la industria manufacturera europea. Sin embargo, la industria manufacturera europea se enfrenta a los siguientes desafíos: (1) falta de adaptabilidad, (2) falta de flexibilidad y (3) falta de integración vertical. El proyecto SYMBIO-TIC propuesto aborda estas importantes cuestiones en pos de un entorno de trabajo seguro, dinámico, intuitivo y rentable en el que pueda darse una colaboración inmersiva y simbiótica entre trabajadores humanos y robots y aportar importantes beneficios a las industrias reticentes a los robots (en las que se cree que las tareas y los procesos actuales son demasiado complejos para automatizarlos). Los beneficios que puede aportar el proyecto incluyen menores costes, mayor seguridad, mejores condiciones de trabajo y mayor rentabilidad gracias a una mejor adaptabilidad, flexibilidad, rendimiento e integración perfecta.

Identificador: 637107

HORIZON 2020

DIH-World - Accelerating deployment and maturity of DIHs for the benefit of Digitisation of European SMEs (2020 - 2023)

Resumen: Las pymes pueden beneficiarse considerablemente de la adopción de tecnologías digitales, pero pocas tienen los recursos y los conocimientos necesarios para hacerlo. Por ello, el proyecto DIH-World, financiado con fondos europeos, tiene como objetivo acelerar la adopción de tecnologías digitales avanzadas por parte de las pymes manufactureras europeas. Además, pretende ayudar a estas pymes a crear ventajas competitivas sostenibles y llegar a los mercados globales, reforzando así las capacidades de los centros regionales de innovación digital (DIH) en toda Europa. Para ello, proporcionará a los DIH acceso a herramientas armonizadas, tecnologías y metodologías eficaces, fuentes de inversión inteligentes y valiosos recursos de formación. Al acelerar la madurez de los DIH, el proyecto pretende ayudarles a sacar partido de las redes europeas de DIH y a aprovechar sus recursos e instalaciones en beneficio de sus pymes locales.

Identificador: 952176

HORIZON 2020

Innovative robotic applications for highly reconfigurable production lines – VERSATILE (2017 - 2019)

Resumen: El objetivo general del proyecto es proporcionar un puente para transferir, demostrar y validar los últimos resultados de I+D en robótica hacia diferentes entornos industriales, demostrando su aplicabilidad y efectividad. Más específicamente, VERSATILE aplicará robots de doble brazo para ejecutar tareas complejas que tradicionalmente se asignan a los humanos debido a sus requisitos de manipulación. Al proporcionar las herramientas para configurar, programar y operar rápidamente sistemas robóticos innovadores, el usuario final tendrá células robóticas lo suficientemente flexibles para adaptarse automáticamente a la gran cantidad de variantes de productos.

Identificador: 731330

HORIZON 2020

Regions and DIHs alliance for AI-driven digital transformation of European Manufacturing SMEs (2020 - 2023)

Resumen: La industria manufacturera ha evolucionado rápidamente y la adopción de la información y la informática digitales es la última frontera. La fabricación digital está allanando el camino para la Industria 4.0, una revolución industrial caracterizada por la conectividad, la inteligencia y la automatización flexible, que aprovecha la Internet de las cosas y la robótica. También respaldará la Industria 5.0, la cooperación entre humanos y robots de una manera que integre lo mejor de ambos. La UE está creando centros de innovación digital (DIH) para apoyar a las pymes manufactureras europeas en su transformación digital. El proyecto AI REGIO, financiado con fondos europeos, está abordando las barreras políticas, tecnológicas y comerciales a las que se enfrentan los DIH centrados en la IA, que les impiden adoptar plenamente la nueva realidad digital. Abordar las cuestiones regionales, interregionales y paneuropeas garantizará que la UE asuma el liderazgo en la fabricación digital, creando nuevas oportunidades para la innovación y el crecimiento.

Identificador: 952003

De acuerdo con la información manejada, el sector agroalimentario de la Región de Murcia no está representado en estas líneas de investigación, pero sí dispone de grupos de investigación relevantes que aportan soluciones a la industria alimentaria:

El departamento de Ingeniería y Tecnología de Computadores de la Universidad de Murcia con 36 investigadores en 5 grupos de investigación. Desatacando las patentes del año 2021 “CÓDIGO VISUAL, PROCEDIMIENTO PARA GENERAR UN CÓDIGO VISUAL Y PROCEDIMIENTO PARA DECODIFICAR UN CÓDIGO VISUAL” y “CÓDIGO VISUAL Y PROCEDIMIENTO PARA CODIFICAR Y DECODIFICAR UNA IMAGEN BIDIMENSIONAL” que apoyaron la creación de la empresa, spin-off, Bleecker Technologies.

El Grupo de Investigación en Telecomunicaciones Avanzadas (GRITA) de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM), que se dedica al estudio y desarrollo de tecnologías relacionadas con la visión artificial, entre ellos. Además, desde el primer semestre de 2024, la UCAM cuenta con la Cátedra de Inteligencia Artificial.

El departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), que alberga varios grupos de investigación que trabajan en áreas relacionadas con la IA, incluyendo la visión artificial y el aprendizaje automático. Estos grupos se enfocan en desarrollar soluciones innovadoras aplicables a diversos sectores, como la agricultura y la industria. También destaca la Cátedra Biyectiva-UPCT para impulsar proyectos de I+D+i basados en inteligencia artificial y automatización de procesos. Y es relevante la colaboración con Grupo Fuertes para desarrollar iniciativas conjuntas en el ámbito de la inteligencia artificial, aplicadas especialmente en la industria alimentaria.

Por otro lado, a continuación, se indican proyectos financiados por CDTI en los últimos 3 años y que por tanto se desarrollan en España. (<https://www.cdti.es>)

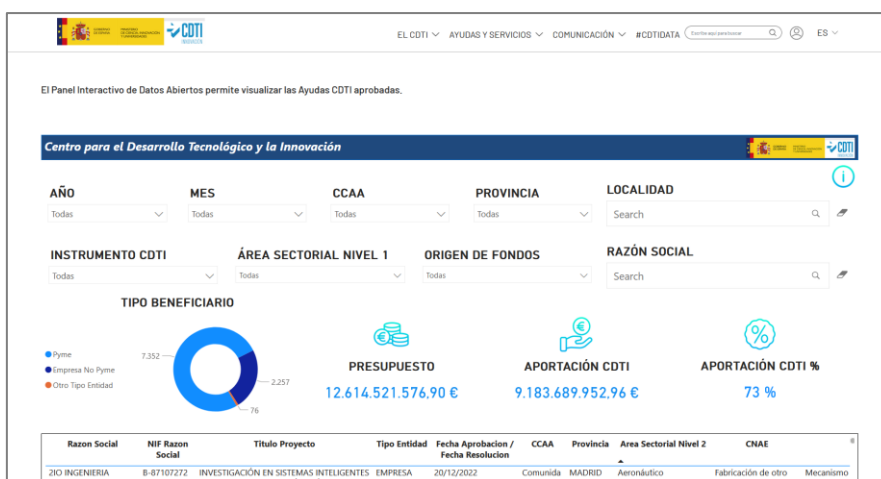


Imagen 5. Búsqueda en los proyectos financiados por CDTI.

RAZÓN SOCIAL	TÍTULO DEL PROYECTO	COMUNIDAD AUTÓNOMA DE DESARROLLO DEL PROYECTO	FECHA DE APROBACIÓN DEL PROYECTO	TIPOLOGÍA CDTI DE LA AYUDA
ACEITUNAS GUADALQUIVIR SL	DESARROLLO DE SOLUCIONES DIGITALES BASADAS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE ACEITUNAS DE MESA	Andalucía (Sevilla)	28/04/2022	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
AGRENVEC SL	INVESTIGACIÓN INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE NUEVAS FUENTES PROTEICAS ALTERNATIVAS, SOSTENIBLES, NUTRITIVAS Y TRAZABLES A TRAVÉS DE BIOPROCESOS MEDIANTE USO DE IA	Madrid	28/12/2022	Mecanismo Europeo de Recuperación y Resiliencia
CENTAUREA BUSINESS DEVELOPMENT SL	MONITORIZACIÓN EN TIEMPO REAL DE PROCESOS INDUSTRIALES PARA EL CONTROL, PREDICCIÓN Y SIMULACIÓN DE NIVELES DE ACRILAMIDA EN PATATAS FRITAS BASADOS EN MODELOS QUIMIOMÉTRICOS UTILIZANDO DISPOSITIVOS PORTÁTILES NEOSPECTRA NEAR-IR	Asturias	30/09/2022	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
CHOCOLATES TORRAS SA	AUTOMATIZACIÓN Y AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE ELABORACIÓN Y ENVASADO EN FÁBRICA DE PRODUCTOS DE CHOCOLATES	Cataluña (Girona)	22/12/2022	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA AUTOMATIZADA SL	NUEVO SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AUTOMATIZADA DE LOMOS DE ATÚN CONGELADOS EN CATEGORÍAS POR MEDIO DE TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE IMÁGENES HIPERESPECTRALES Y MODELOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	Comunidad valenciana (Valencia)	24/02/2022	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
EL HORNO DE ÁNGEL SL	MEJORA DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA A TRAVÉS DE LA INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍA Y NUEVA LÍNEA DE PRODUCCIÓN	Castilla y León (Palencia)	31/03/2022	Programa Operativo Plurirregional de España
FRUVERNA SL	IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍA AVANZADA DE SELECCIÓN ÓPTICA EN ALCACHOFAS	Murcia	30/06/2022	Programa Operativo Plurirregional de España
HARINAS DE CASTILLA LA MANCHA SL	ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍA INNOVADORA PARA LA PRODUCCIÓN DE CEREAL INFLADO	Castilla-La Mancha (Toledo)	31/03/2022	Programa Operativo Plurirregional de España
INDUSTRIAS CÁRNICAS LORIENTE PIQUERAS SAU	DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA DE VISIÓN HIPERESPECTRAL PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD HIGIÉNICA EN LA INDUSTRIA CÁRNICA	Castilla-La Mancha (Cuenca)	27/01/2022	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación

INDUSTRIAS CÁRNICAS LORIENTE PIQUERAS SAU	DISEÑO DE UN EQUIPO MULTIFUNCIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL JAMÓN	Castilla-La Mancha (Cuenca)	28/07/2022	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
INDUSTRIAS LÁCTEAS ASTURIANAS SA	GENERACIÓN DE MODELOS DE PREDICCIÓN DE BIOEFICIENCIA ALIMENTARIA APLICADOS A ALTERNATIVAS PROTEICAS FUNCIONALIZADAS CON ACCIÓN SOBRE EL SISTEMA INMUNE	Asturias	28/07/2022	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
LOMA TECNOLÓGICA SL	NUEVO EQUIPO ALINEADOR DE ALTAS PRESTACIONES PARA EL SECTOR DE LA ALIMENTACIÓN	Madrid	30/06/2022	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
MICROFY SYSTEMS SL	DESARROLLO DE UNA SOLUCIÓN DIGITAL BASADA EN ROBÓTICA, VISIÓN POR COMPUTADOR E INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL SECTOR INDUSTRIAL DE LA MIEL	Cataluña (Barcelona)	31/03/2022	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
MULTISCAN TECHNOLOGIES SL	ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS PARA LA MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL CAFÉ Y REVALORIZACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS. OPTIMIZACIÓN DE LA CALIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA DE LA BEBIDA	Comunidad valenciana (Alicante)	28/04/2022	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
MULTISCAN TECHNOLOGIES SL	FOTÓNICA APLICADA EN LA CADENA AGROALIMENTARIA	Comunidad valenciana (Alicante)	28/12/2022	Mecanismo Europeo de Recuperación y Resiliencia
SOFTWARE Y MAINTENANCE SL	NUEVO SOFTWARE PARA LA RESILIENCIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO- PREDICCIÓN DE LA DEMANDA CON IA Y TRAZABILIDAD BLOCKCHAIN	País Vasco (Vizcaya)	24/02/2022	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
AGROW ANALYTICS SL	DESARROLLO DE ALGORITMOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA PREDICCIÓN Y PLANIFICACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN DIFERENTES CULTIVOS	Comunidad valenciana (Valencia)	29/11/2023	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
AGRO-BLANCOS INVERNADEROS SL	SISTEMA PARA LA DIGITALIZACIÓN DE INFORMACIÓN EN LA GESTIÓN DEL SOMBREO EN INVERNADEROS	Andalucía (Almería)	29/03/2023	Feder 2021-27
AIRBUS OPERATIONS SL	INVESTIGACIÓN EN LA REGENERACIÓN DEL AGUA Y LA APLICACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA UNA AGRICULTURA RESILIENTE FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA ESCASEZ HÍDRICA	Madrid	28/12/2023	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
AQUACORP SL	INVESTIGACIÓN EN LA REGENERACIÓN DEL AGUA Y LA APLICACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA UNA	Castilla y León (León)	28/12/2023	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación

	AGRICULTURA RESILIENTE FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA ESCASEZ HÍDRICA			
AZUFRERA Y FERTILIZANTES PALLARES SA	SOLUCIONES TECNOLÓGICAS 4.0 DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO VITÍCOLA A LARGO PLAZO Y PREVENCIÓN DE DAÑOS POR ENFERMEDAD, SEQUÍA Y HELADA, DERIVADOS DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO	Cataluña (Tarragona)	29/06/2023	Feder 2021-27
BODEGA MATARROMERA SL	NUEVAS HERRAMIENTAS DIGITALES, TECNOLÓGICAS Y AGRO-ECOLÓGICAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE Y RESILIENTE DE CULTIVOS LEÑOSOS Y HORTÍCOLAS EN CLIMAS SEMIÁRIDOS EN CONDICIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO	Castilla y León (Valladolid)	29/03/2023	Feder 2021-27
BLADY TUNA MARKET SL	ADQUISICIÓN DE UNA NUEVA LÍNEA MULTIFORMATO DE ELEVADA SOSTENIBILIDAD, EFICIENCIA Y AUTOMATIZACIÓN PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO	Comunidad valenciana (Valencia)	23/02/2023	Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura
BODEGA GONZALEZ BYASS JEREZ SLU	NUEVAS HERRAMIENTAS DE MONITORIZACIÓN DE LA CRIANZA BIOLÓGICA DE VINOS FINOS PARA OPTIMIZAR EL PROCESO	Andalucía (Cádiz)	23/02/2023	Feder 2021-27
CANDIDO MIRO SA	INCORPORACIÓN DE NUEVA TECNOLOGÍA INNOVADORA PARA UN PACKAGING MÁS SOSTENIBLE Y AUMENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA	Comunidad valenciana (Alicante)	25/05/2023	Feder 2021-27
CARNICAS COVIHER SL	ADQUISICIÓN DE NUEVA MAQUINARIA AUTOMATIZADA PARA LA LÍNEA DE SALMUERA	Andalucía (Málaga)	28/09/2023	Programa Operativo Plurirregional de España
COMIT-COMERCIAL ITALIANA DE ALIMENTACIÓN SL	IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS SOFTWARE AVANZADAS PARA LA GESTIÓN Y CONTROL DE PROCESOS Y RECURSOS DE LA EMPRESA	Canarias (Las Palmas)	26/10/2023	Programa Operativo Plurirregional de España
DINGONATURA SL	IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS AUTOMATIZADOS EN NUEVA LÍNEA DE ENVASADO PARA EMPRESA DEL SECTOR PET FOOD	Aragón (Huesca)	20/07/2023	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
EMBUTIDOS F MARTINEZ R SA	INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PARA LA DIGITALIZACIÓN DEL PROCESO DE CALIDAD Y TRAZABILIDAD EN EL SECTOR CÁRNICO	Comunidad valenciana (Valencia)	27/04/2023	Feder 2021-27
PAN PRECOCIDO FUERTEVENTURA SL	NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PAN BLANCO PRECOCIDO	Canarias (Las Palmas)	30/11/2023	Feder 2021-27

PROBELTE, S.A	DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN PARA LA PERSONALIZACIÓN DE BIOPESTICIDAS USANDO TÉCNICAS DE APRENDIZAJE AUTOMATIZADO	Murcia	20/07/2023	Feder 2021-27
SISTEMA AZUD, S.A	INVESTIGACIÓN EN LA REGENERACIÓN DEL AGUA Y LA APLICACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA UNA AGRICULTURA RESILIENTE FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA ESCASEZ HIDRICA	Murcia	28/12/2023	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
SOCIEDAD FOMENTO AGRÍCOLA CASTELLONE NSE, S.A	INVESTIGACIÓN EN LA REGENERACIÓN DEL AGUA Y LA APLICACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA UNA AGRICULTURA RESILIENTE FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA ESCASEZ HIDRICA	Murcia	28/12/2023	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
BIOPROCESIA CIRCULAR SOLUTIONS, SL	BIOTWINPRO: TECNOLOGÍA DE BIOPROCESOS IMPULSADOS POR GEMELOS DIGITALES PARA UNA ALIMENTACIÓN ANIMAL CIRCULAR, SALUDABLE Y SOSTENIBLE	Murcia	29/11/2023	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
AGRIA ZERO EMISSIONS SL	ROBOTRACTOR AUTÓNOMO MULTIPROPÓSITO PARA AGRICULTURA 4.0	País Vasco (Vizcaya)	26/12/2024	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
AGROAEROS PACE SL	SOFTWARE PARA LA APLICACIÓN PRECISA DE NUTRIENTES QUÍMICOS (N,P,K) EN EL OLIVO BASADO EN IMÁGENES SATÉLITES, IA Y APRENDIZAJE AUTOMÁTICO	Madrid	29/02/2024	Feder 2021-27
AGROALFRA MA SL	MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE NARANJO SANGUINO BAJO CONDICIONES EXTREMAS MEDIANTE EL EMPLEO DE ESTRATEGIAS DE RIEGO DEFICITARIO MONITORIZANDO EL ESTADO FOTOSINTÉTICO Y NUTRICIONAL	Murcia	25/09/2024	Feder 2021-27
GRODI AGROTECH SL	DESARROLLO DE UN ROBOT ATOMIZADOR INTELIGENTE BASADO EN XAI PARA LA PREVENCIÓN DE PLAGAS EN CULTIVOS DE INVERNADERO	Andalucía (Almería)	29/02/2024	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
NUTRICONTR OL SL	DESARROLLO DE CONTROL DISTRIBUIDO DE FERTIRRIGACIÓN Y CLIMA MEDIANTE TÉCNICAS DE IOT	Murcia	26/04/2024	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
ACEITUNAS TORRENT SL	INVESTIGACIÓN DE UN NUEVO PROCESO DE ELABORACIÓN DE ACEITUNA DE MESA, MEDIANTE LA APLICACIÓN INDUSTRIAL DE TÉCNICAS DE IMPREGNACIÓN AL VACÍO, PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD Y LA RENTABILIDAD	Andalucía (Córdoba)	20/12/2024	Feder 2021-27

AGUAS DE VILAFLORES SA	INVERSIÓN ESTRATÉGICA EN TECNOLOGÍA INNOVADORA DE ENVASADO DE AGUA EN AVISA	Canarias (Sta. C. Tenerife)	de	31/10/2024	Feder 2021-27
CÁRNICAS GUADALENTÍN SA	NUEVA LÍNEA DE ENVASADO Y CONSERVACIÓN DE ALTAS PRESTACIONES	Murcia		26/06/2024	Programa Operativo Plurirregional de España
CHUMACEROSA SA	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO INTELIGENTE Y AVANZADO PARA PLANTA PRODUCTIVA DE EMBOTELLADO DE AGUA MINERAL NATURAL	Extremadura (Cáceres)		29/11/2024	Feder 2021-27
CONSERVAS DEL ALAMO SL	NUEVOS ACTIVOS AUTOMATIZADOS Y DIGITALIZADOS PARA EL INCREMENTO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO PRODUCTIVO CÁRNICO	Castilla-La Mancha (Ciudad Real)		30/05/2024	Feder 2021-27
MAHOU SA	INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PULSOS ELÉCTRICOS EN EL PROCESO CERVECERO	Castilla-La Mancha (Guadalajara)		20/12/2024	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
NABLADOT SL	GEMELO DIGITAL PARA EL TRATAMIENTO EFICIENTE DE AGUAS RESIDUALES EN REACTORES ANAEROBIOS	Aragón (Zaragoza)		26/02/2024	Fondo Eurostar
PEIXOS ARNAU SL	IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA MEJORA DE LA SOSTENIBILIDAD Y AUMENTO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE PRODUCTOS DEL MAR	Cataluña (Girona)		30/05/2024	Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura
PEREIRA PRODUCTOS DEL MAR SA	NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA TRAZABILIDAD, AUTOMATIZACIÓN Y EFICIENCIA EN TIEMPO REAL EN A TRANSFORMACIÓN PESQUERA	Galicia (Pontevedra)		22/03/2024	Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación
PRODUCTOS ALIMENTICIOS DE ALBACETE SA	NUEVAS HERRAMIENTAS BIOTECNOLÓGICAS PARA LA DETECCIÓN PRECOZ DE PATÓGENOS EN LA CADENA AGROALIMENTARIA	Castilla-La Mancha (Albacete)		30/05/2024	Feder 2021-27

Desde 2022, entre todos los proyectos aprobados por el CDTI, se ha recopilado esta selección de 49 ya que se ha considerado que están relacionados con el área de vigilancia tecnológica objetivo y el sector agroalimentario. Las empresas de la Región de Murcia representan más del 15% de los proyectos presentados en esta línea. Esta gran cantidad de investigaciones en desarrollo relacionadas con la digitalización en el sector agroalimentario muestra la relevancia de esta temática para lograr financiación externa de ámbito nacional.

A nivel regional, se ha cuantificado una propuesta de proyecto colaborativo entre las empresas Overtel y Binarii, presentado en la convocatoria de ayudas I+D en colaboración del INFO Murcia en 2024 y que está pendiente de resolución. Se trata de CYBERINDUSTRY, que busca un acercamiento de la digitalización al sector agroalimentario de la Región de Murcia.

5.5. Patentes relacionadas

Finalmente, se ha llevado a cabo una búsqueda general de patentes relacionadas con "Digitalización en el sector agroalimentario". La búsqueda se hizo en la base de datos INVENES con la palabra clave "industry 4.0 and food" (<https://consultas2.oepm.es/InvenesWeb/faces/busquedaInternet.jsp>) de la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM). Se han obtenido numerosos resultados, que han sido revisados. Destacan las siguientes patentes:

Título	Número	Solicitante	País
Signal acquisition platform for predictive maintenance in industry 4.0.	<u>ES1209162</u>	Effitronix Systems SL	ES
Food processing and/or packaging system comprising a human-machine interface, and software	<u>ES2568224</u>	Tetra Laval Holdings & Finance S.A.	CH
Perfect machine for automatic labeling of continuous mesh packaging	<u>ES0251839</u>	Roda Spang & Brands, S.A.	ES
Long strip form confectionery coiling machine includes a conveyor belt serving multiple sets of coiling heads with programmed automation and output conveyor belts	<u>ES2187376</u>	Industrial Mecánica Conservera del Sureste, S.A.	ES
Protection and detection method for incipient failures in the insulation of electric motors using programmable automatons	<u>ES2127153</u>	Universidad de Oviedo	ES
Wireless universal remote control receiver for vehicles, home automation and industry through mobile devices	<u>ES2522916</u>	Álvarez Rodríguez, José	ES

Intelligent power supply with ups function (uninterrupted power supply)	<u>ES1160558</u>	París Fernández, José Agustín	ES
Methods for monitoring automated assistants	<u>WO2021024122</u>	Otalvaro Ospina, Carlos Mauricio	CO

Otras patentes localizadas y de gran interés para investigadores murcianos también han sido detectadas:

Título	Número	Solicitante	País
Código visual y procedimiento para codificar y decodificar una imagen bidimensional	<u>ES2817926A1</u>	UNIVERSIDAD DE MURCIA	ES
Código visual, procedimiento para generar un código visual y procedimiento para decodificar un código visual	<u>ES2817652A1</u>	UNIVERSIDAD DE MURCIA	ES
Método para la captura de imágenes desde un dispositivo portable	<u>ES2684690</u>	BIYECTIVA, SL	ES

También se realizó la búsqueda en PATENTSCOPE (<https://www.wipo.int/patentscope/es/>), que pertenece a World Intellectual Property Organization (WIPO). Se seleccionaron aquellas patentes que presentaban en “**cualquier campo**” de su registro las palabras “industry 4.0” y se obtuvieron 270 resultados. Los resultados fueron cribados y, a continuación, aparecen las patentes más relevantes:

Título	Publicación	Solicitante	Oficina
Industry 4.0 tools can be used as a model for digital human resource management, which will help operations run better	202241058431	Mr.T R Arunkumar, Mr. Vallabi.Jayanth, ...	India
Assessment of industry 4.0 maturity models by design principles	202341015747	Dr.P.Jagadeesan, Dr.G.Kalpana, ...	India
Developing a web-based human resource management system to improve employee performance through industry 4.0	202341007936	Dr Rajashree S Kini, Dr. Madhu Murdia, ...	India
A method to integrate and implement green lean six sigma and industry 4.0	202211063298	Lovely Professional University	India

Machine learning integrated blockchain model for industry 4.0 smart applications	202341074960	Dr. Beena B.M, Mr. Ranjan Kumar Dash, ...	India
Cybersecurity solutions built on blockchain technology are designed specifically for use in industrial 4.0 applications	202241069750	Dr. Rekha C, Dr.Avani Dave,	India
IOT environment with artificial intelligence design based manufacturing system in industry 4.0	202241023772	DR. S. Thowseaf, M.Ramla, ...	India
A novel business model for industry 4.0	202221004391	Dr. Shiva Johri, Dr. Amit Kansal, ...	India
Machine learning integrated blockchain model for industry 4.0 smart applications	202211074141	Gayatri Mahendra Bhandari, Shrishail S. Patil, ...	India

Por último, se realizó una búsqueda avanzada en ESPACENET, Oficina de Patentes Europeas (<https://worldwide.espacenet.com>). En este buscador de patentes, introduciendo los descriptores "automation, food", se encontraron multitud de equipos y tecnologías cuya implementación en la industria mejora y automatiza los procesos productivos:

Título	Publicación	Solicitante
Stand Pouch Forming and Food Packaging All-in-one Automation machine equipped with sealing error detection function	KR20240175333	PARK HWA CHUN [KR]; JI SUNG HAN [KR]
Control method and device of intelligent oven and storage medium	CN119024747	GUANGZHOU ZHIDUOFU ELECTRIC APPLIANCE CO LTD
Heating, sterilizing, drying and freezing device for box lunch food processing	CN119014508	SHANGHAI RUIKAI YIDE FOOD CO LTD
Instant seasoning weighing and packaging device	CN222005488	XIANGYANG HONGHUA FOOD CO LTD
Automatic production equipment for sugar oil cakes and application of automatic production equipment	CN118947746	HUNAN XINSHINIAN FOOD CO LTD
Automatic rod-releasing and powder-bundling equipment	CN118953771	GUILIN QUANZHOU YINLIANG

		MACHINERY EQUIPMENT CO LTD
Grain shelling equipment for food processing	CN118950126	HEYUAN YUNBAO GRAIN AND OIL TRADE CO LTD
Frozen food processing system	CN118947940	BAIZHENTANG BIOLOGICAL TECH ZHEJIANG CO LTD
Food safety detection equipment	CN221976894	HANGZHOU JIYI TECH CO LTD

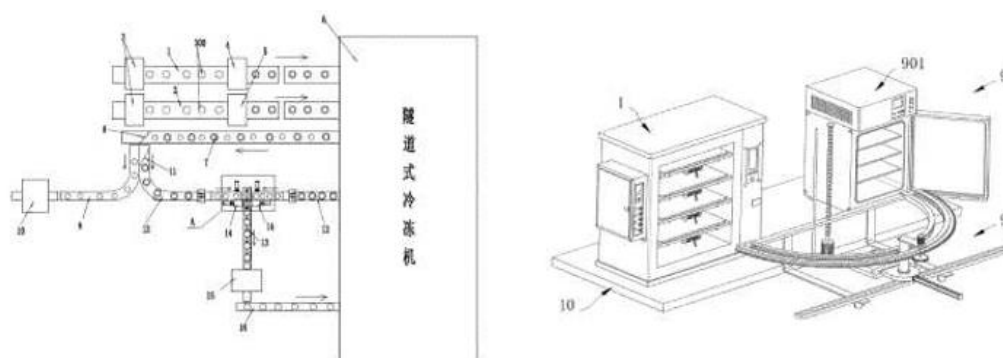


Imagen 6. Patente CN118947940 y patente CN119014508.

Teniendo en cuenta estos resultados, existen un alto número de patente indias, pero también existen solicitudes de patentes a nivel regional en los últimos años (concretamente en 2018 y 2021), que demuestran la necesidad de la protección industrial para tener una ventaja competitiva.

5.6. Otras referencias de interés

En la web del Instituto de Fomento (<https://murciaindustria40.institutofomentomurcia.es/murciaindustria40-app/listaempresas/categoria/1>) se recogen diversas empresas que ofrecen servicios de digitalización que abarcan desde Big Data y análisis de datos hasta Laboratorio IoT, a nivel de la Región de Murcia. Aparecen CENTIC (Centro Tecnológico de las TICs), Nunsys SL, Odin Solutions SL, entre otras.



Imagen 7. Empresas de digitalización en la Región de Murcia.

La web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en el apartado de “**Observatorio de la Digitalización del Sector Agroalimentario**” (<https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/innovacion-medio-rural/digitalizacion/Sub%20observatorio.aspx>) cuenta con una herramienta con información categorizada de más de 660 empresas, que se encuentran especializadas en ofertar productos y servicios TIC, de automatización y de robotización a la cadena de valor agroalimentaria.

DigiMAPA (<https://digimapa.akisplataforma.es/>) es un portal de búsqueda fácil e intuitivo, que pretende mejorar la interconexión entre las empresas que ofrecen las tecnologías y los usuarios finales agroalimentarios.

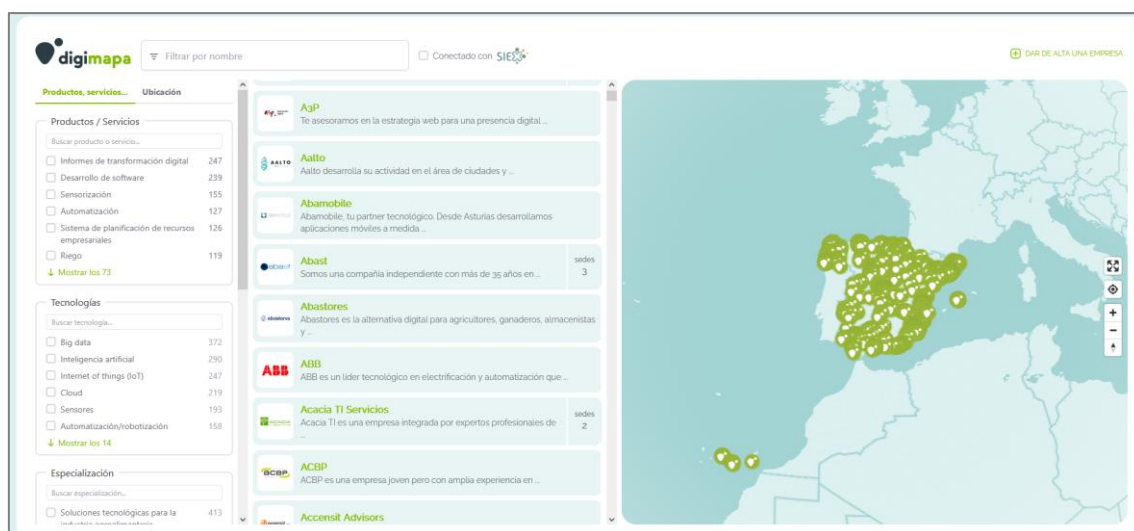


Imagen 8. DigiMAPA - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

6. Conclusiones

La industria alimentaria de la Región de Murcia está experimentando una transformación digital significativa apoyada en tecnologías innovadoras como la **automatización de la producción, la IA, el blockchain, la agricultura de precisión y la gestión de la logística** principalmente. Estas soluciones digitales están ayudando a las empresas a ser más competitivas, sostenibles y eficientes, mejorando no solo la calidad de los productos, sino también su capacidad para adaptarse a las demandas de un mercado global cada vez más exigente. La integración de estas tecnologías permitirá a las empresas alimentarias de Murcia seguir innovando y posicionarse como líderes en la industria alimentaria.

De este informe se puede concluir:

- Se ha realizado una revisión actual sobre diferentes áreas que servicios digitales para las empresas agroalimentarias de la Región de Murcia, logrando ampliar las bases de datos a las actualmente conocidas por el CTNC.
- Se están invirtiendo numerosos esfuerzos en el desarrollo y la investigación de soluciones digitales para la industria alimentaria, mejorando la toma de decisiones.
- Existe un gran número de empresas de servicios a disposición del sector agroalimentario para alcanzar y mejorar la industria 4.0.
- El uso de tecnologías digitales como la propia IA o los gemelos digitales es un tema de interés y las empresas están emprendiendo proyectos individuales, pero también en colaboración para mejorar su competitividad.
- La industria 4.0 es relevante para el sector agroalimentario y existen numerosos proyectos de investigación de ámbito internacional que pueden albergar desarrollos dirigidos a empresas de la Región de Murcia.
- La implantación de avances digitales en industrias del sector agroalimentario está teniendo una repercusión muy positiva. Se han recogido empresas que ya colaboran con el sector agroalimentario como Bleecker technologies y otras con potencial como Overtel para ayudar a potenciar a las empresas agroalimentarias.
- La herramienta DigiMAPA que conecta empresas que ofrecen servicios de digitalización a empresas del sector agroalimentario, habilitada desde el “Observatorio de la Digitalización del Sector Agroalimentario” en la web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, es de gran utilidad para la mejora industrial del sector alimentario.
- Industrias localizadas en la Región de Murcia como Cárnicas Guadalentín SA, Nutricontrol SL, Probelle SA, Bioprocesia Bircular Solutions, SL Agroalframa SL, Fruverna SL, etc. buscan implantar la digitalización en sus procesos productivos a través de financiación externa.

- Hay numerosas patentes relacionadas con equipos y tecnologías que permiten la digitalización de procesos y especialmente su automatización. Estos equipos minimizan las tareas repetitivas y tediosas o que requieren gran esfuerzo, favoreciendo la eficiencia de la empresa, aumentando la productividad e incrementando el bienestar de los trabajadores.

Finalmente, se recomiendan acciones de bajo riesgo para las empresas agroalimentarias de la Región de Murcia, como es la colaboración con startups tecnológicas o grupos de investigación especializados, así como la formación en nuevas herramientas digitales para facilitar su implantación.

Con este documento, disponible en la web del CTNC (Proyecto DIGISOST. HERRAMIENTAS PARA LA SOSTENIBILIDAD Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL DEL SECTOR AGROALIMENTARIO), el sector agroalimentario de la Región de Murcia dispone de información de gran interés para abordar la transformación digital del sector, con el objetivo de obtener nuevos productos con valor añadido que mejoren su competitividad industrial.

7. Bibliografía

- BBVA. (14 julio 2024). *¿Qué es la agricultura de precisión? La gestión digital del campo*. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-agricultura-de-precision-la-gestion-digital-del-campo/>
- Plataforma Tierra. (25 mayo 2023). *Blockchain: la clave de la trazabilidad alimentaria*. <https://www.plataformatierra.es/innovacion/blockchain-clave-trazabilidad-alimentaria>
- Giroenviro. (27 septiembre 2023). *Big Data, IA y Machine Learning en el sector agroalimentario*. <https://giroenviro.com/big-data-ia-machine-learning-sector-agroalimentario/>
- RTS. (1 enero 2024). *6 tecnologías inteligentes de gestión de residuos emergentes en 2025*. <https://www.rts.com/es/blog/smart-waste-management-technologies/>
- Ekon. (30 agosto 2022). *El Smart Packaging, una tendencia para marcas inteligentes*. <https://www.ekon.es/blog/smart-packaging-marcas-inteligentes/>
- NC Tech. (16 diciembre 2021). *IoT en la industria alimentaria: Usos y alcances esenciales*. <https://nctech.mx/nc-tech-insights/iot-en-la-industria-alimentaria/>
- Cell. Heliyon <https://www.cell.com/heliyon/home>
- Deloitte. (25 enero 2018). *¿Qué es la Industria 4.0?* <https://www.deloitte.com/es/es/Industries/industrial-construction/analysis/que-es-la-industria-4-0.html>
- Nexus Integra. *La necesidad de digitalización del sector alimentario*. <https://nexusintegra.io/es/digitalizacion-industria-alimentaria/>
- Instituto de Fomento Murcia. *Internet industrial de las cosas*. <https://murciaindustria40.institutofomentomurcia.es/murciaindustria40-app/listaempresas/categoria/1>
- TechPress. (2 octubre 2024). *Dos casos de éxito del 'venture client' para impulsar la innovación agroalimentaria*. <https://techpress.es/actualidad/servicios-a-la-industria/dos-casos-exito-venture-client-impulsar-innovacion-agroalimentaria-CO16815744>
- Telefónica Empresas. (2 noviembre 2021). *La digitalización del sector agroalimentario, condición "sine qua non" frente a sus grandes retos*. <https://www.telefonicaempresas.es/grandes-empresas/blog/digitalizacion-sector-agroalimentario-telefonica-empresas-partner/>
- Plataforma Tierra. (16 noviembre 2023). *DigiMAPA, la nueva herramienta de búsqueda de empresas agrotech*. <https://www.plataformatierra.es/innovacion/digimapa-nueva-herramienta-busqueda-empresas-agrotech>