



Con el apoyo de:



Radars de Innovación del Envase y Embalaje de la Comunidad Valenciana 2025

Fecha: 19 de noviembre de 2025

Elaborado por:





Contenidos

- 1. Introducción**
- 2. Ecosistema de innovación y sostenibilidad en la Comunidad Valenciana**
Indicadores regionales, red tecnológica y políticas de apoyo
- 3. Análisis general del mercado por subsectores industriales**
Dinámicas, desafíos y oportunidades del sector
- 4. Impacto del PPWR y obligaciones regulatorias**
Principales requisitos y efectos sobre la industria del envase y embalaje
- 5. Tendencias y retos estratégicos del sector del envase y embalaje**
Ejes de innovación, sostenibilidad y digitalización
- 6. Casos de éxito, patentes y proyectos de referencia**
Ejemplos destacados de innovación y competitividad
- 7. Retos y soluciones identificadas en las dinámicas presenciales**
Obstáculos y propuestas desde la colaboración empresarial
- 8. Conclusiones**

Introducción

1.



1. Introducción

El sector del envase y embalaje constituye uno de los pilares estratégicos de la industria española y, de manera especialmente relevante, de la Comunidad Valenciana. Más allá de su función esencial de **proteger, conservar y facilitar la logística** de productos, el packaging se ha convertido en un motor de innovación tecnológica, en un impulsor económico de gran relevancia y en un elemento estratégico en la transición hacia modelos de producción más sostenibles y circulares. Esta triple dimensión (**económica, social y medioambiental**) sitúa al sector en el centro de las políticas de crecimiento industrial y de los objetivos climáticos europeos para las próximas décadas.

Desde el punto de vista económico, el sector del envase y embalaje representa en torno al **3 % del Producto Interior Bruto (PIB)** nacional. En 2023, su **facturación total superó los 40,4M de euros**, según datos de Hispack (2024)¹.

La **innovación** es una característica transversal del sector, que va mucho más allá de la incorporación de nuevas tecnologías, abarcando también la transformación de modelos de negocio y la reorganización de procesos industriales. Por un lado, las empresas buscan constantemente **mejorar la eficiencia productiva** mediante la optimización del consumo energético y de materias primas, reorganizando cadenas de suministro y apostando por el rediseño de los envases. Por otro lado, se está impulsando una innovación de **procesos y servicios**, lo que incluye mejoras logísticas, sistemas de trazabilidad, nuevos esquemas de distribución y modelos de reutilización que reducen costes y huella ambiental. Esta visión también se traduce en colaboraciones cada vez más estrechas entre **empresas, centros de investigación e institutos tecnológicos**, que refuerzan la transferencia de conocimiento, la capacidad de desarrollo de materiales y la aplicación de soluciones en múltiples sectores: alimentación, bebidas, cosmética, farmacéutico, químico, etc. De la misma manera, **los clústeres y asociaciones sectoriales desempeñan un papel clave** al identificar necesidades comunes, conectar la demanda industrial con la oferta tecnológica y dinamizar el ecosistema mediante la difusión de tendencias, oportunidades de innovación y actualizaciones normativas.

En paralelo, la **contribución social** del sector es notable. En España, representa aproximadamente el **5 % del empleo industrial, generando más de 118000 empleos directos**, con puestos de trabajo que en muchos casos requieren cualificación tecnológica avanzada (Hispack, 2024). Por su parte, la Comunidad Valenciana se beneficia de este impulso en forma de empleo estable, especializado en el desarrollo de competencias en ámbitos como la ingeniería de materiales, el diseño industrial, la química o la automatización.

El **compromiso medioambiental** constituye el eje transformador que vertebra actualmente toda la estrategia del sector. En los últimos años se han producido importantes hitos normativos, destacando en España la **Ley 7/2022** de residuos y suelos contaminados para una economía circular y el **Real Decreto 1055/2022** de envases y residuos de envases, que introducen instrumentos como el impuesto a los envases de plástico no reutilizables y refuerzan los Sistemas de Responsabilidad Ampliada del Productor (SCRAP), respectivamente. Estas exigencias regulatorias, sumadas a la nueva legislación europea, como el **Reglamento (UE) 2025/40 sobre los envases y residuos de envases (PPWR)**, el cual se profundizará en el presente Radar, están

¹ https://media.firabcn.es/content/J011024/docs/doc_informe_sostenibilidad_es.pdf

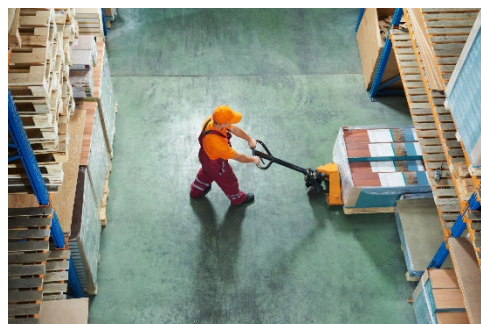


acelerando la adopción de modelos de ecodiseño, reutilización, reciclabilidad y descarbonización.

Además, el packaging se está convirtiendo en una herramienta para **contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**, tanto en su dimensión ambiental (ODS 12: Producción y consumo responsables; ODS 13: Acción por el clima) como en la social (ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico; ODS 9: Industria, innovación e infraestructura). Al optimizar el uso de materias primas, disminuir el consumo energético y fomentar la reutilización, la industria del envase y embalaje se alinea con las metas de neutralidad climática de la Unión Europea.

En este marco, la Comunidad Valenciana se posiciona como un **hub de referencia en el sur de Europa**, gracias a su ubicación logística estratégica, su red de institutos tecnológicos, sus parques industriales diversificados y su tradición exportadora. La cercanía a puertos clave como el propio de Valencia o el de Alicante refuerza su papel como plataforma de innovación y sostenibilidad para sectores de referencia a nivel nacional e internacional.

En definitiva, la industria del envase y embalaje en la Comunidad Valenciana se encuentra en **plena transformación hacia un modelo más innovador, competitivo y respetuoso con el medio ambiente**. Su capacidad para integrar digitalización, nuevos materiales y criterios de ecodiseño, así como para generar empleo de calidad y dinamizar la economía regional, la convierten en un agente clave en la transición hacia una economía circular y climáticamente neutra. El presente informe tiene como objetivo analizar en profundidad esta realidad, explorando su contribución económica, social y ambiental, así como las oportunidades y desafíos que marcarán su evolución en los próximos años.



Ecosistema de innovación y sostenibilidad en la Comunidad Valenciana

2.



2. Ecosistema de innovación y sostenibilidad en la Comunidad Valenciana

2.1. Un tejido industrial orientado a la innovación

El sector del envase y embalaje valenciano destaca como **tercer territorio** en volumen de negocio **en España**, concentrando alrededor de **560 empresas** con más de **5300M de euros de facturación**, solo por detrás de Cataluña y Madrid (Hispack, 2024). Este tejido empresarial se caracteriza por una **alta proporción de pymes**, que superan el 90 % del total, una estructura que favorece la agilidad en la toma de decisiones, la capacidad de adaptación a los cambios de mercado y la rápida adopción de tecnologías emergentes (Hispack, 2024). Aunque las pymes dominan en número, la Comunidad también alberga grupos industriales de gran proyección internacional, especialmente en papel y cartón, plásticos, maquinaria y etiquetado, que actúan como dinamizadores de innovación para toda la cadena de valor. Esta estructura mixta favorece un equilibrio entre dinamismo emprendedor y capacidad inversora, facilitando la transferencia de conocimiento y la escalabilidad de nuevas tecnologías.



2.2. Clúster del Envase y Embalaje

Los clústeres de innovación, como el **Clúster del Envase y Embalaje de la Comunidad Valenciana**, desempeñan un papel esencial dentro del ecosistema de innovación regional y sectorial. Actúan como un puente estratégico entre la tecnología, la innovación y la demanda real de las empresas, facilitando la transferencia de conocimiento y la adopción de soluciones que mejoran la competitividad y sostenibilidad del sector.

El entorno innovador actual es cada vez más complejo y dinámico, con una amplia diversidad de tecnologías emergentes, oportunidades de financiación, tendencias de mercado y cambios normativos que pueden resultar difíciles de identificar y aprovechar, especialmente para las pequeñas y medianas empresas. En este contexto, el Clúster asume un rol clave en la **vigilancia tecnológica, la identificación de retos y soluciones relevantes, y el**



seguimiento continuo de las novedades regulatorias que afectan al sector, canalizando los esfuerzos de innovación hacia las necesidades específicas del envase y embalaje en la Comunidad Valenciana.

Asimismo, el Clúster del Envase y Embalaje actúa como punto de conexión y dinamización entre empresas, centros tecnológicos, universidades y administraciones públicas, promoviendo proyectos colaborativos de I+D+i y fortaleciendo la cohesión del tejido empresarial. Su labor incluye el impulso de la formación especializada, la internacionalización, la sostenibilidad y la digitalización, facilitando que las empresas puedan anticiparse a los cambios y liderar la transformación del sector.

A través de su red de empresas asociadas y agentes colaboradores, el Clúster contribuye a acelerar la implantación de soluciones circulares e innovadoras, generando sinergias que se traducen en un impacto real en la productividad, la eficiencia y la diferenciación del sector. En definitiva, el Clúster del Envase y Embalaje de la Comunidad Valenciana se consolida como un actor clave para conectar innovación, tecnología y normativa con las demandas del mercado, impulsando la competitividad de un sector estratégico para la economía regional.

2.3. Red de institutos tecnológicos y centros de I+D

Uno de los grandes puntos fuertes de la Comunidad Valenciana es su **red de institutos tecnológicos**², como **ITENE, AIMPLAS, AINIA**, etc., muy bien valorada en Europa por su capacidad para llevar la investigación y el desarrollo a soluciones reales que llegan y aportan valor a las empresas. Estos centros trabajan de forma conjunta con la industria y ayudan a resolver retos, impulsando proyectos de innovación que abarcan campos como:

- Eficiencia productiva y de recursos, mediante procesos más automatizados y un control más preciso de la energía, el agua y las materias primas.
- Ecodiseño de envases, orientado a reducir peso, facilitar la reciclabilidad y prolongar la vida útil de los productos.
- Mejora de la calidad y la seguridad alimentaria, a través de envases que preservan de forma óptima las propiedades de los alimentos, garantizan la inocuidad, seguridad y refuerzan la confianza del consumidor.
- Nuevos modelos de servicio, como la reutilización en circuitos logísticos o los sistemas de recirculación de envases en e-commerce, que favorecen la economía circular.

La colaboración constante con **universidades** (Universitat Politècnica de València, Universitat de València, Universidad de Alicante, etc.) y otros centros europeos, así como otros grupos de investigación públicos (IATA, CSIC, etc.), favorece la captación de fondos competitivos y la convergencia de la ciencia con la industria.

Del mismo modo, el impulso institucional y las políticas de economía circular refuerzan este ecosistema. La Estrategia Valenciana de Cambio Climático y Energía 2030, la Estrategia Española de Economía Circular (España Circular 2030) y los programas del **IVACE, AVI**, etc fomentan la ecoeficiencia industrial, la reutilización y el ecodiseño, alineándose con los marcos europeos y permitiendo que el sector valenciano se adapte con ventaja a las nuevas

² [Red de Institutos Tecnológicos Comunitat Valenciana | Redit](#)



exigencias regulatorias y mantenga una posición competitiva frente a otros territorios.

2.4. Impulso institucional y políticas de economía circular

La innovación en el envase y embalaje valenciano se apoya en **modelos de cooperación público-privada** que permiten escalar soluciones desde el laboratorio hasta la planta industrial. Destacan:

- **Proyectos colaborativos de gran alcance**, que cuentan con financiación de programas europeos como Horizon Europe, así como de ayudas autonómicas (AVI) y estatales (CDTI).
- **Programas de aceleración y emprendimiento**, que conectan startups tecnológicas con empresas consolidadas, favoreciendo la creación de spin-offs y la introducción de materiales y procesos disruptivos.

Gracias a esta cultura de cooperación, la Comunidad Valenciana se ha convertido en un territorio de referencia para la validación de nuevos materiales, la digitalización de procesos productivos y la implantación de modelos de negocio circulares.



Este ecosistema de colaboración permite que las empresas valencianas dispongan de un entorno especialmente fértil para innovar. La combinación de centros tecnológicos de alto nivel, una red universitaria especializada y un apoyo



institucional sostenido crea un espacio donde la transferencia de conocimiento es ágil y donde las soluciones pasan rápidamente de la experimentación a la aplicación industrial. En este contexto, las empresas no solo pueden validar nuevos materiales, optimizar procesos o incorporar tecnologías digitales, sino que también encuentran acompañamiento técnico y regulatorio para adoptar innovaciones que respondan a las exigencias del mercado y de la legislación europea.

Además, la elevada interacción entre industria, institutos tecnológicos y administración ha generado una cultura de innovación madura, en la que las empresas se sienten preparadas para asumir proyectos de mayor complejidad y riesgo tecnológico. La presencia de programas de financiación, infraestructuras piloto y espacios de ensayo industrial facilita que compañías de distintos tamaños puedan desarrollar soluciones competitivas, convirtiendo a la Comunidad Valenciana en un **entorno especialmente propicio para impulsar nuevos modelos de envase y embalaje** sostenibles, seguros, competitivos y orientados al futuro.

Análisis general de mercado por subsectores industriales

3.



3. Análisis general de mercado por subsectores industriales

El análisis de los subsectores de la industria del envase y embalaje se ha elaborado a partir de información procedente de informes sectoriales de **Alimarket** y documentos técnico-regulatorios, sumado al conocimiento aplicado generado por **ITENE**, lo que permite disponer de una visión integrada del mercado, la evolución normativa y las tendencias de innovación que están condicionando la transformación del sector en España. Tras dos años de crecimiento atípico por la subida de precios de materias primas y energía, el sector entró en una fase de ajuste, con caídas generalizadas en volúmenes y facturación. Este ciclo refleja la vulnerabilidad del envase ante las oscilaciones de costes globales, pero también su **resiliencia**: pese al retroceso, el tejido industrial español mantiene una posición sólida, con un número elevado de empresas diversificadas y con gran presencia internacional.

La estructura del mercado sigue muy concentrada en grandes grupos, con predominio de capital español en varios segmentos. Al mismo tiempo, el creciente interés de inversores internacionales en empresas de mayor tamaño impulsa procesos de concentración y la entrada de multinacionales en el top 50 nacional. En la evolución por materiales, 2023 se cerró con descensos en producción y consumo interno de la mayoría de los envases (papel-cartón, madera, plástico y metal) debido a la normalización de la demanda tras la acumulación de stock en 2021-2022. La tendencia continuó en 2024. También el comercio exterior reflejó este ajuste, con retrocesos en exportaciones e importaciones, aunque la serie histórica confirma que España ha duplicado sus flujos comerciales de packaging en la última década, posicionándose como actor relevante en Europa.

El reto del sector reside ahora en equilibrar presión regulatoria, sostenibilidad y márgenes ajustados, con un consumidor que exige envases más circulares y fácilmente reciclables. Pese a ello, el sector español del envase afronta 2026 con una base sólida, pero con la urgencia de integrar innovación, circularidad y cumplimiento normativo como motores de competitividad.





3.1. Embalaje logístico en España (Alimarket, 2025)

El mercado del **embalaje logístico** vive un periodo de resistencia ante la incertidumbre. Tras los picos de precios de materias primas en 2021-2022, la caída de los costes en 2023-2024 ha tenido un doble efecto: por un lado, ha permitido cierta estabilidad en las cuentas de resultados de muchas compañías, pero por otro ha debilitado el atractivo del uso de plásticos reciclados, ya que los precios de los polímeros vírgenes se sitúan en niveles muy competitivos. Esto ha obligado a muchas empresas que habían apostado estratégicamente por soluciones recicladas a volver a competir en un terreno dominado por el precio.

Aunque los palets, especialmente los de madera, continúan siendo el principal formato reutilizable en logística, se observa un avance progresivo hacia soluciones más circulares en otros componentes del embalaje, como los flejes con mayor contenido reciclado, los films estirables fabricados con polietileno reciclado (rPE) postconsumo o los contenedores y cajas retornables con múltiples ciclos de uso. Esta transición viene acompañada de la digitalización del embalaje logístico, mediante sistemas de identificación automática, tecnologías RFID y códigos QR, que permiten mejorar la trazabilidad, controlar la circulación del embalaje y disponer de información ampliada en tiempo real. Todo ello se traduce en una optimización de los flujos logísticos, al reducir pérdidas, mejorar el control de existencias y facilitar la planificación de los retornos. Además, el reacondicionamiento y mantenimiento de los embalajes reutilizables adquiere un papel fundamental para prolongar su vida útil y garantizar su correcto desempeño en toda la cadena de suministro.



Aunque en términos de volumen se ha registrado un crecimiento moderado, la demanda no ha mostrado el dinamismo esperado. La sobrecompra y el acopio de material en 2022 tras la crisis de suministro provocó que durante 2024 los pedidos fueran más contenidos, incluso en un contexto de inflación más moderada. A ello se añade la debilidad de las economías receptoras de exportaciones españolas y la incertidumbre asociada a las tensiones comerciales y guerras arancelarias, lo que ralentiza el ritmo de recuperación.

Pese a todo, el sector no atraviesa una crisis, sino una **fase de transición** en la que la innovación y la sostenibilidad siguen siendo ejes de estrategia. Destacan movimientos corporativos importantes, como la compra de J2 Servid por Forankra o la entrada de Bunzl en Sistemas de Embalaje Anper, que muestran el interés de multinacionales en reforzar posiciones en España. En el plano productivo, el sector sigue diversificado: films estirables y retráctiles, flejes,



cintas adhesivas, sacos y big bags, así como cajas, contenedores y palets de plástico y madera. La sensación general es de estancamiento relativo, con resultados estables, pero lejos del impulso esperado tras las inversiones de los últimos años.

3.2. Reciclado plástico en España (Alimarket, 2025)

El **reciclado plástico** español ha alcanzado un hito relevante: con una capacidad instalada de 2,2 millones de toneladas se posiciona como la **segunda potencia europea** tras Alemania, y la primera en términos per cápita. Desde 2019 se han sumado unas 0,5 Mt adicionales (+29%), reflejo de fuertes inversiones en nuevas plantas y tecnologías. La oferta es robusta, con empresas líderes como TR2 (0,25 Mt), GCR Plastic Solutions (0,13 Mt) o Aliplast Iberia (0,1 Mt).

Sin embargo, el contexto actual muestra estancamiento en la demanda de material reciclado. En 2024, el plástico reciclado puesto en el mercado apenas creció un 0,4% respecto al año anterior (1,19 Mt vs. 1,18 Mt), dibujando una tendencia prácticamente plana. El rPET es el único polímero que mantiene un crecimiento sostenido, alcanzando 0,29 Mt (+2%). La principal causa es la **competitividad del material virgen**, cuyos precios han vuelto a niveles muy bajos, erosionando la demanda de reciclado incluso en sectores con objetivos de circularidad. Además del factor económico, existe un desafío técnico: en determinadas aplicaciones, los envases fabricados con reciclado todavía **no ofrecen las mismas prestaciones en barrera, transparencia o resistencia** que los elaborados con material virgen, sobre todo en contacto alimentario, lo que condiciona su adopción.



El sector alerta de tres riesgos principales: la falta de un marco legislativo más definido y exigente que impulse la integración de porcentajes mínimos de reciclado; las diferencias entre mercados europeos, que generan desigualdades competitivas; y la entrada creciente de material importado a bajo coste, en algunos casos con certificaciones dudosas, que ya se estima en torno al 20% del



consumo en España. Todo ello contribuye a una sensación de avance parcial, donde el progreso existe, pero a un ritmo inferior al deseado por la industria.

No obstante, la industria se declara preparada para asumir los objetivos del PPWR y del Pacto Verde Europeo. En la VIII Edición de InnovaPlásticos³ (2025), se puso el foco en que los plásticos **seguirán siendo esenciales**, pero deben volverse más sostenibles mediante innovación en materiales, reciclado, ecodiseño y digitalización.

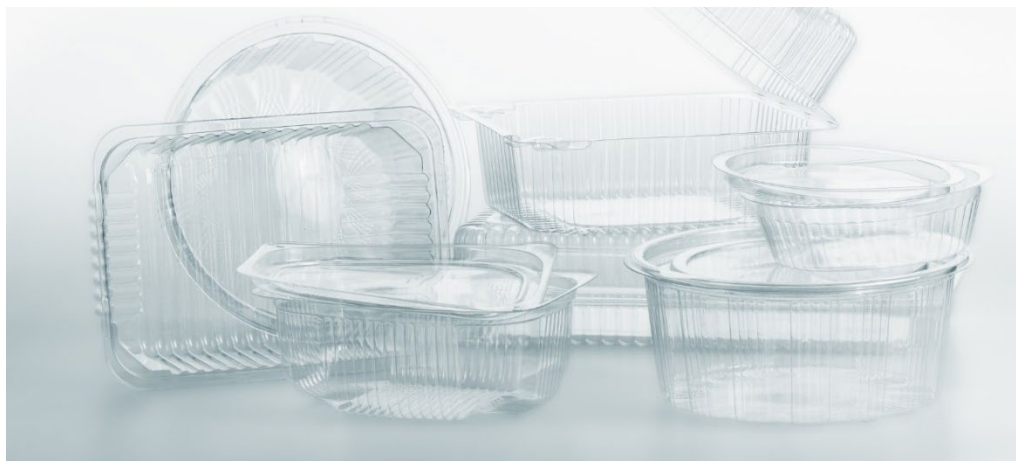
3.3. Bandejas y láminas sostenibles (Alimarket, 2025)

El segmento de **bandejas y láminas sostenibles** es uno de los más dinámicos de la industria del envase en España. Aunque la incertidumbre en torno al plástico reciclado afecta a toda la cadena de valor, este mercado se impulsa principalmente por la demanda del consumidor y de los distribuidores, más que por obligaciones regulatorias. En el sector hortofrutícola, el cartón certificado, la celulosa moldeada y la madera se han consolidado como la norma, desplazando a opciones menos sostenibles. En el ámbito de los alimentos elaborados o listos para el consumo, la transición hacia envases más sostenibles es más gradual, pero avanza de forma constante.

El bienio 2024–2025 se caracteriza por **fuertes inversiones en capacidad productiva y logística**, con el objetivo de adaptarse a un mercado en crecimiento. Además, la elevada competencia se ve intensificada por la entrada de nuevos actores y por un ciclo intenso de fusiones y adquisiciones a nivel internacional, destacando la fusión Smurfit Kappa–Westrock (Smurfit Westrock) y la compra de DS Smith por International Paper.

En cifras, grupos como Smurfit Westrock (1182 M€ en 2024), Ence (876 M€), Hinojosa (795 M€) o DS Smith (776 M€) lideran la facturación, mostrando que el cartón es el gran motor del cambio hacia la sostenibilidad. También crecen empresas plásticas como SPG (188 M€) o Veripack (68 M€), que buscan alternativas recicladas y compostables. A nivel tecnológico, se avanza en bandejas monomaterial y láminas reciclables de alta barrera, reduciendo combinaciones complejas. El resultado es un entorno altamente competitivo y en transformación, donde la diferenciación se consigue mediante innovación en materiales, personalización y automatización de procesos.

³ VIII Edición de #InnovaPlásticos - Revista de packaging & Etiquetaje industrial / InfoPack



3.4. Envases de cartón ondulado (Alimarket, 2025)

La industria española de **cartón ondulado** volvió al crecimiento en 2024 con 5,8 millones de m² producidos (+3,7%), tras dos años de caídas acumuladas del 8%. El consumo de papel en onduladora alcanzó 3,27 Mt (+4,6%), y el consumo per cápita creció hasta 60,16 kg/hab, aunque todavía por debajo del máximo de 2021 (65,9 kg/hab).

En valor, la facturación se mantuvo estable en torno a 4,1 M€ directos y 7 M€ globales, debido a la bajada de precios de materias primas y productos acabados. La recuperación en volumen no se traduce aún en una mejora económica significativa, pero confirma la resiliencia y eficiencia del sector en recuperación y reciclaje.

España continúa como tercer productor europeo, tras Alemania e Italia, con 64 onduladoras y 86 fábricas, generando más de 25000 empleos (12000 directos). El 60% de la producción se destina al sector alimentario, liderando los alimentos procesados (34%), bebidas no lácteas (10%) y hortofrutícola + huevos (16%), mientras que los bienes de consumo (13%) y el e-commerce/logística (11%) completan la demanda.

En este contexto, el encuentro de **ASPACK**⁴, que se celebró en mayo de 2025, destacó los principales retos tecnológicos y laborales del sector, centrados en la automatización, digitalización y modernización de procesos para ganar competitividad, junto con la necesidad de personal cualificado y de adaptarse a los objetivos de descarbonización y economía circular. Desde el Ministerio de Industria y Turismo se reafirmó el papel del cartón como material estratégico y se subrayó el apoyo público a través del PERTE de Descarbonización Industrial, orientado a impulsar una reindustrialización sostenible y digital.

⁴ [ASPACK reúne al sector del envase de cartón en Madrid - Revista de packaging & Etiquetaje industrial / InfoPack](#)



3.5. Embalaje flexible en España (Alimarket, 2025)

El **embalaje flexible** mantiene una posición privilegiada en el mercado español, con una demanda sólida por su conveniencia, ligereza y percepción favorable en sostenibilidad. En 2023 facturó 2,3 M€, un 5% menos que el año anterior, arrastrado por la volatilidad de los precios de materias primas. Sin embargo, a diferencia de vidrio, cartón o metal, el sector sigue altamente atomizado, con numerosas pymes y grupos medianos que buscan crecer vía adquisiciones para alcanzar una dimensión competitiva.

En lo técnico, los retos se centran en avanzar hacia envases monomaterial reciclables y en el desarrollo de laminados con capas de papel o biopolímeros que permitan reducir la huella de carbono sin comprometer la barrera. El contacto alimentario es la gran barrera: el uso de reciclados como rPP, rPE o rPS sigue limitado por la falta de procesos aprobados por EFSA/FDA, por lo que su aplicación se concentra en non-food o capas internas de laminados.





El PPWR marca **objetivos ambiciosos de contenido reciclado** (2030–2040), lo que presiona a la industria a invertir en reciclado químico (pirólisis, solvolisis) y compatibilización de polímeros. La competitividad pasa también por incorporar papel con coatings barrera o lacas protectoras que mantengan funcionalidad.

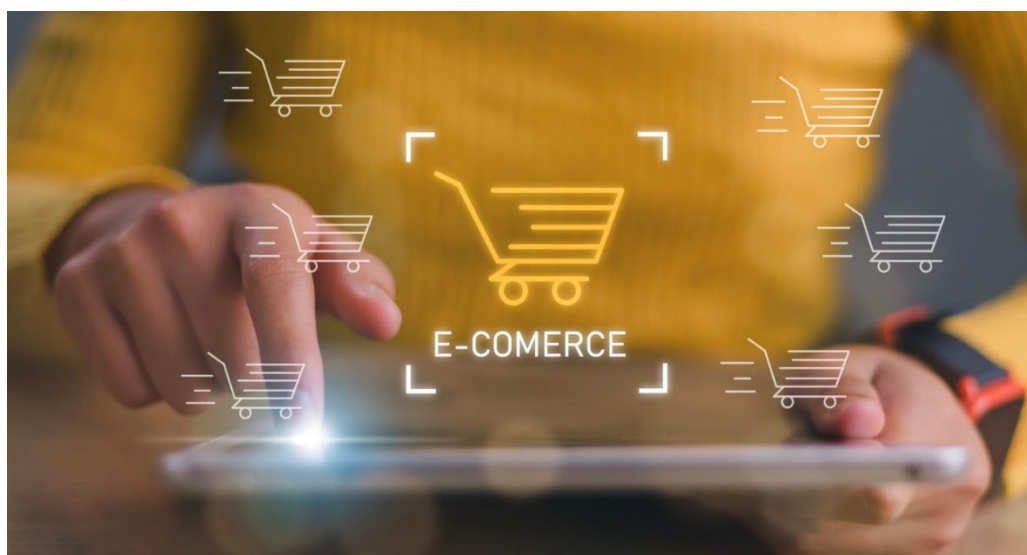
En paralelo, multinacionales como Amcor, Constantia, Mondi y Armando Álvarez lideran un mercado en el que las 10 primeras empresas concentran más del 55% de las ventas, aunque siguen entrando nuevos actores. La tendencia clara es hacia la consolidación y la I+D intensiva como vía de adaptación a las exigencias regulatorias europeas.

3.6. Embalaje para ecommerce en España (Alimarket, 2025)

El **ecommerce** en España alcanzó en 2024 los 112000 M€ (+13,1%), confirmando su papel estructural en el consumo. Un 40% de los españoles compra online al menos una vez al mes, y el 57% de los europeos prefiere recibir sus pedidos en envases de papel y cartón. El canal exige un packaging adaptado a cuatro prioridades: sostenibilidad, diferenciación, innovación y eficiencia logística.

La sostenibilidad es el gran motor: se imponen materiales reciclados y reciclables, reducción del plástico, envases más ligeros y soluciones circulares de ida y vuelta (para devoluciones). La diferenciación se convierte en arma competitiva: el packaging se concibe como herramienta de comunicación y experiencia, con envases personalizados, multisensoriales y diseñados para transmitir valores de marca.

La innovación permite a las empresas adelantarse a las tendencias de consumo online, con soluciones que facilitan la logística inversa y la optimización del espacio de transporte. La eficiencia logística es crítica: envases que reducen el peso y el volumen generan ahorros directos en transporte y disminuyen la huella de carbono. Por todo ello, el sector del packaging para ecommerce se posiciona como epicentro de innovación aplicada, donde convergen ecodiseño, trazabilidad digital y sostenibilidad.





3.7. Conclusiones sobre la situación actual de los distintos sectores de envase y embalaje

El panorama sectorial 2024-2026 muestra un ecosistema en transformación estructural, con dinámicas diferenciadas por material y aplicación. Los distintos subsectores muestran realidades y ritmos de cambio distintos: el **embalaje logístico** avanza hacia **mayor circularidad y trazabilidad**; el **reciclado plástico** cuenta con una **alta capacidad instalada**, pero necesita **más demanda**; **cartón, papel y bandejas sostenibles** lideran la transición; el **envase flexible** acelera su **reconversión tecnológica**; y el **ecommerce** se **consolida** como motor de innovación en diseño y funcionalidad.

Impacto del Reglamento
sobre Envases y Residuos
de Envases de la Unión
Europea (PPWR) y
obligaciones regulatorias
para la industria del
envase y embalaje

4.



4. Impacto del Reglamento sobre Envases y Residuos de Envases de la Unión Europea (PPWR) y obligaciones regulatorias para la industria del envase y embalaje

En Europa, el **Reglamento sobre Envases y Residuos de Envases** de la Unión Europea (PPWR) define una hoja de ruta compartida para todos los subsectores de la industria del envase y embalaje, en cuanto a los siguientes puntos:

- **Prevención y reducción:**
 - **Minimizar el espacio vacío:** publicación del método de cálculo del ratio de espacio de vacío en 2028. Deberá ser reducido al mínimo necesario que garantice la funcionalidad. En 2030 ratio de espacio de vacío máximo del 50 %.
 - Los Estados miembros deberán **reducir los residuos de envases generados** por persona respecto a 2018 en un 5 % para 2030, un 10 % para 2035 y un 15 % para 2040.
 - **Reducción:** en 2027 se armonizarán normas dedicadas a reducir al mínimo el uso de envases. Para 2030 se conseguirán envases con el mínimo peso y volumen necesarios, manteniendo protección, funcionalidad, seguridad, conformidad legal, logística adecuada, e integrando diseño para reutilización y reciclabilidad con contenido reciclado.
 - **Prohibición de los siguientes envases:** en 2030 estarán prohibidos aquellos que incrementan artificialmente la percepción del producto (dobles paredes, falsos fondos); envases de comodidad de plástico de un solo uso para agrupar formatos; los envases plásticos de un solo uso en HORECA; las bolsas muy ligeras (<15 µm), salvo cuando no existan alternativas técnicamente viables; los envases miniatura de un solo uso para hoteles (cosmético, higiénicos, ase); y los envases de plástico de un solo uso para frutas y hortalizas frescas no procesadas (<1,5Kg).
- **Sustancias preocupantes/contaminantes:**
 - **Concentraciones de metales pesados (plomo, cadmio, mercurio y cromo hexavalente):** la suma en los envases o sus componentes no superará los 100 mg/kg a partir de 2026.
 - **Límites a las concentraciones de sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS):** año y medio tras la entrada en vigor, quedará prohibida su presencia por encima de 25 ppm para PFAS no poliméricos, 250 ppm como suma total de PFAS específicas y 50 ppm incluyendo las poliméricas.
 - **Reducción al máximo de los microplásticos** y otras sustancias preocupantes en los materiales de envase a partir de 2026.
- **Reciclabilidad y contenido reciclado**
 - **Diseño para el reciclado y evaluación:** a partir de 2028 se aplicará un método armonizado para evaluar la reciclabilidad de



los envases, clasificándolos en categorías A, B, C o no reciclables. Desde 2030 solo podrán comercializarse envases con una reciclabilidad superior al 70% (clases A, B o C) según diseño; desde 2025 envases reciclables a gran escala de grado A, B o C; y a partir de 2038 el requisito se endurecerá, limitándose a los envases con más del 80% de reciclabilidad (clases A o B)

- **Contenido reciclado obligatorio en plásticos:** se definirá un método de cálculo y verificación en 2026. En los envases aptos para contacto alimentario fabricados mayoritariamente en PET, el contenido reciclado mínimo será del 30% en 2030 y del 50% en 2040. En los envases de contacto alimentario cuyo material principal no sea PET, se exigirá un 10% en 2030 y un 25% en 2040. En el resto de los envases plásticos, los objetivos se elevan al 35% en 2030 y al 65% en 2040.

- **Compostabilidad**

- En tres años deberán ser compostables industrialmente las bolsas de té, cápsulas de café de filtro, etiquetas adheridas a frutas y verduras y las bolsas muy ligeras, pudiendo ampliarse la lista y requerirse también para bolsas ligeras cuando exista infraestructura.

- **Reutilización**

- **Requisitos de diseño para envases reutilizables:** a partir de 2025 los envases deberán tener unas condiciones obligatorias de seguridad, higiene, mantenimiento de calidad, reacondicionamiento y reciclabilidad al fin de vida.
- **Ciclos mínimos de rotación:** en 2027 se definirá el número mínimo de rotaciones para formatos más frecuentes.

- **Etiquetado y marcado**

- **Etiqueta armonizada:** introducción de una etiqueta armonizada que identificará la composición de los materiales del envase, sustentada en un método común de determinación disponible a partir del 2026. Su uso será obligatorio desde el 2028, pudiéndose incorporar mediante código QR u otros soportes digitales abiertos. Los envases fabricados antes de dicha fecha podrán seguir comercializándose durante un periodo transitorio de tres años. La etiqueta deberá colocarse de forma visible, legible y duradera sobre el envase, y la información deberá estar igualmente accesible en los canales de venta en línea.
- **Identificación de envases reutilizables:** a partir de 2029 habrá un etiquetado específico para envases reutilizables + info ampliada mediante QR u otro soporte digital.
- **Afirmaciones medioambientales:** a partir de 2026, solo podrán realizarse cuando estos superen los requisitos mínimos establecidos en el Reglamento, conforme a los criterios, métodos y normas de cálculo definidos en él. Además, deberá indicarse claramente la unidad a la que se aplica la declaración y



acreditarse su veracidad mediante documentación técnica. En paralelo, la Comisión Europea adoptará antes de agosto de 2026 actos de ejecución para establecer una etiqueta armonizada y las especificaciones relativas al formato y requisitos del etiquetado, incluidos los formatos digitales.

- **Fin de ciclo:**

- **Envases de venta:** a partir del 2026, solo podrán comercializarse productos en envases reutilizables si existe en el país un sistema de reutilización operativo para ese formato específico y el distribuidor participa activamente en él. Además, desde el 2027, el sector HORECA deberá ofrecer a los consumidores la posibilidad de rellenar sus propios recipientes. Finalmente, a partir del 2030, los establecimientos HORECA con servicio para llevar deberán garantizar que al menos el 10% de los productos se ofrezcan en envases reutilizables.
- **Envases colectivos en forma de cajas:** desde el 2026 solo podrán comercializarse envases colectivos reutilizables si existe un sistema de reutilización operativo para ese formato. Los objetivos mínimos serán del 10% en 2030 y del 25% en 2040, dentro de dichos sistemas y con cálculo a cargo de los operadores que los utilicen.
- **Envases terciarios (palés, cajas de plástico, bidones...):** a partir del 2026 se exige la existencia de un sistema de reutilización para comercializar envases de transporte reutilizables. Desde el 2030, al menos el 40% deberá ser reutilizable, llegando al 70% en 2040, y alcanzando el 100% en movimientos internos entre centros de un mismo operador.
- **Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP):** en 2026 se creará el registro e información obligatoria de RAP. Desde agosto del 2026 los sistemas RAP cubrirán más costes y exigirán autorización y garantía financiera. A partir de 2028, las contribuciones se modularán según la reciclabilidad del envase (A, B o C).

Estas exigencias implican rediseño de envases, adaptación de líneas industriales y cambios logísticos, con impacto especialmente relevante en los productos refrigerados y frescos.



4.1. Particularidades y obligaciones: Envases agroalimentarios

Aunque la base normativa es común, existen prohibiciones y exigencias específicas en función del tipo de alimento y su canal de comercialización:

Regulaciones y prohibiciones específicas	
Industria de bebidas	<ul style="list-style-type: none">• Prohibido el uso de envases de plástico de un solo uso en punto de venta para agrupar botellas, latas, tarros, etc.• Contenido reciclado obligatorio en PET (25% a 2025)• Objetivo de recogida del 90% para botellas plásticas y latas ≤3L mediante SDDR nacional en 2029.• Distribuidores grandes: mínimo 10% bebidas en reutilizable para 2030.
Industria láctea	<ul style="list-style-type: none">• Prohibición en HORECA (2030) de monodosis plásticas para salsas, leche, azúcar, etc.• Excepción de para bolsas muy ligeras (<15 µm) para productos lácteos húmedos a granel.
Vegetales frescos	<ul style="list-style-type: none">• Prohibición envases de plástico de un solo uso para frutas y hortalizas frescas <1,5 kg.• Etiquetas adhesivas compostables obligatorias desde 2028.
Industria pesquera y cárnica	<ul style="list-style-type: none">• Prohibida film de retractilado plástico para 2030• Prohibidas monodosis plásticas para condimentos y salsas en el canal alimentario (Anexo V).
Panadería y pastas alimenticias	<ul style="list-style-type: none">• Prohibición envases de comodidad de plástico de un solo uso (2030).• Prohibido el plástico de un solo uso en alimentos consumidos en HORECA (bandejas, platos, bolsas).• HORECA debe aceptar recipientes aportados por consumidores (2027).

4.2. Particularidades y obligaciones: Envases de cosmética, detergencia y limpieza

Se restringirá el uso de envases miniatura de un solo uso en hoteles y alojamientos turísticos para productos cosméticos, higiénicos y de aseo, favoreciendo alternativas rellenables o reutilizables. Además, los envases de estos sectores deberán cumplir objetivos de contenido reciclado: un mínimo del 35% en 2030 y del 65% en 2040, impulsando materiales reciclables y la integración de reciclado posconsumo en su fabricación.

4.3. Particularidades y obligaciones: Envases del sector del calzado y textil

No se establecen medidas específicas adicionales más allá de las obligaciones horizontales del PPWR ya mencionadas (diseño para reciclabilidad, contenido



reciclado, marcado, RAP, etc.), si bien se espera que la presión normativa y del mercado acelere la transición hacia soluciones reutilizables y monomateriales también en este ámbito.

4.4. Particularidades y obligaciones: Embalaje logístico

El PPWR marca objetivos claros de reutilización para envases y embalajes de transporte: desde el 1 de enero de 2030, el 40% de los films de paletizado y flejes usados en el transporte entre operadores independientes deberá ser reutilizable. Sin embargo, en la práctica el sector logístico (flejes, films) está presionando para quedar **fuera de los mandatos de reutilización** o para que se adapten los requisitos a su realidad técnica y económica, ya que además son completamente reciclables, la mayoría de ellos contienen material reciclado postconsumo y aún no pueden ser reemplazados por un material alternativo efectivo.

Tendencias y retos estratégicos clave del sector del envase y embalaje

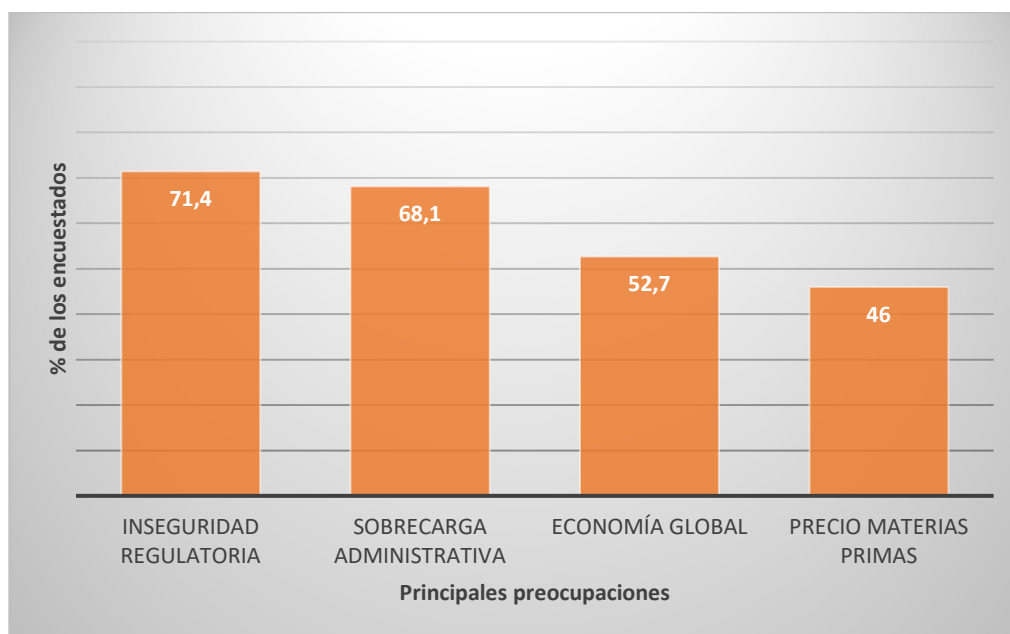
5.



5. Tendencias y retos estratégicos clave del sector del envase y embalaje

El sector del envase y embalaje se adentra ahora en una fase decisiva de transformación, directamente condicionada por el marco normativo europeo descrito en el capítulo anterior. La entrada en vigor del PPWR, sumada a las nuevas enmiendas del Reglamento (UE) 10/2011 sobre materiales plásticos en contacto con alimentos o la Directiva de Plásticos de un Solo Uso (SUP Directive), aceleran cambios que ya venían manifestándose. A ello se suman nuevos hábitos de consumo, la digitalización de la cadena de suministro y la demanda creciente de eficiencia y transparencia por parte de clientes y distribuidores. Todo ello obliga a la industria a replantear su modelo productivo, su relación con los materiales y su adaptación tecnológica, para mantener competitividad en un entorno en el que innovación, sostenibilidad y cumplimiento regulatorio son ya elementos inseparables.

El **Informe de Innovación y Sostenibilidad en Packaging en España (Alimarket, 2025)** pone de manifiesto que el marco regulatorio es hoy el principal condicionante de la actividad empresarial, especialmente entre las pymes. Tal y como refleja la Gráfica 1, la inseguridad regulatoria y la sobrecarga administrativa derivada de las nuevas normativas se sitúan a la cabeza de las preocupaciones del sector, superando a factores tradicionales como la coyuntura económica o el precio de las materias primas.

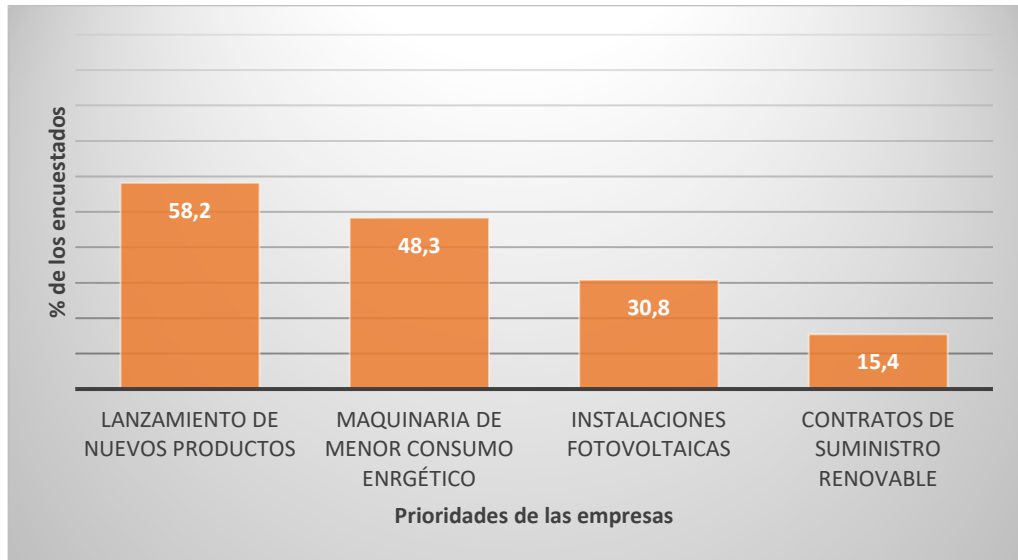


Gráfica 1. Principales preocupaciones del sector del envase y embalaje, Alimarket 2025

En paralelo, el informe identifica las principales líneas de actuación empresarial, resumidas en la Gráfica 1. La innovación de producto emerge como la prioridad inmediata para más de la mitad de las compañías, reflejando que el envase sigue siendo un motor clave de competitividad y diferenciación.



Las siguientes prioridades se concentran en la eficiencia energética y la transición hacia energías renovables, con inversiones en maquinaria de menor consumo, instalaciones fotovoltaicas y contratos de suministro verde. Estas estrategias muestran que el sector no solo avanza hacia envases más sostenibles, sino también hacia procesos industriales con menor huella de carbono, en línea con los objetivos del Pacto Verde Europeo.



Gráfica 2. Prioridades de las empresas del sector del envase y embalaje, Alimarket 2025

Para el **Termómetro del Packaging 2025**, también de Alimarket, el contexto internacional es determinante: la guerra en Ucrania, la inestabilidad en Oriente Próximo, las tensiones comerciales con la administración estadounidense y el temor a una escalada arancelaria ocupan un lugar central en las preocupaciones de la industria. A ello se añade el repunte de la inflación y la ralentización del consumo interno, sobre todo en el canal extradoméstico. Sin embargo, el envase sigue siendo considerado estratégico: más del 70% de los directivos encuestados reconoce que juega un papel clave en sus planes de innovación y en los lanzamientos de nuevos productos.

Este contexto general sirve como marco de referencia para entender hacia dónde se dirigen las principales líneas de innovación en el packaging. A partir de aquí, resulta clave analizar de forma más detallada cuáles son las **estrategias concretas que están marcando la evolución del sector**:

- La **Inteligencia Artificial (IA)** emerge como una de las fuerzas más disruptivas en la evolución del sector, con un potencial que abarca todas las fases del ciclo de vida del envase, desde su concepción hasta su reciclaje. Su impacto se extiende mucho más allá de la simple automatización, convirtiéndose en un motor de optimización, control de calidad, trazabilidad y creación de valor añadido.
 - En la fase de **diseño y ecodiseño**, los algoritmos de IA permiten predecir con precisión el comportamiento de materiales y combinaciones de estructuras, simulando su resistencia mecánica, su respuesta frente a la



humedad, el oxígeno o la luz, y su capacidad de reciclado. Esta capacidad predictiva facilita la **optimización del gramaje y la geometría** del envase, reduciendo consumo de material y emisiones de CO₂. Del mismo modo, la IA se aplica en la simulación de migraciones de sustancias, lo que acelera el desarrollo de materiales seguros y conformes con la normativa antes de pasar a fase de prototipado o ensayos reales.

- Durante la **producción y el control de calidad**, la IA se integra en las líneas de envasado para detectar defectos en tiempo real mediante visión artificial, identificar microfisuras, irregularidades en soldaduras o variaciones de espesor, y predecir fallos de maquinaria antes de que provoquen paradas. Esto permite un **mantenimiento predictivo** que reduce costes, evita mermas de producto y mejora la consistencia de la producción, elementos clave en sectores de alta exigencia como el alimentario, farmacéutico o cosmético.
- En la **logística y distribución**, los sistemas de IA analizan grandes volúmenes de datos para optimizar rutas de transporte, reducir consumos energéticos y asegurar la integridad de la cadena de frío. Sensores inteligentes integrados en los envases, combinados con análisis predictivo, permiten conocer en tiempo real las condiciones de temperatura y humedad, anticipar incidencias y evitar el deterioro del producto, mejorando la calidad percibida y minimizando el desperdicio.
- En la **gestión del fin de vida y reciclaje**, la IA desempeña un papel crucial. Las plantas de clasificación de residuos emplean cámaras hiperespectrales y algoritmos de deep learning para identificar con rapidez distintos polímeros, separarlos con gran precisión y detectar contaminantes que puedan comprometer la calidad del material reciclado. Esto abre la puerta a un reciclado mecánico y químico más eficiente, garantizando un suministro continuo de materia prima secundaria de alta calidad.
- Por último, la IA redefine también la **interacción con el consumidor**. Los envases inteligentes con IA embebida pueden proporcionar información personalizada, alertas de frescura, recomendaciones de consumo o indicaciones de reciclaje, conectándose a través de aplicaciones móviles o plataformas de comercio electrónico. Esta nueva capa de servicios digitales no solo refuerza la transparencia y la confianza, sino que también crea oportunidades para modelos de negocio basados en datos.



- En segundo lugar, destaca el avance del **ecodiseño** como elemento central de la estrategia ambiental. La reducción de gramaje, la simplificación de



estructuras para facilitar el reciclaje, la sustitución de formatos innecesarios y el desarrollo de envases retornables o recargables se han convertido en prioridades tanto para los fabricantes como para las marcas. Este enfoque no solo optimiza el consumo de materiales y reduce las emisiones, sino que cumple con los requisitos de contenido reciclado y objetivos de reutilización que establece el PPWR.

- De forma complementaria, el **reciclado avanzado** se perfila como una de las soluciones clave para asegurar el abastecimiento de materias primas secundarias de alta calidad. Las tecnologías de reciclado químico, como la pirólisis, la solvólisis o la despolimerización, permiten descomponer plásticos complejos en sus monómeros originales y obtener materiales aptos para contacto alimentario. A su vez, el reciclado mecánico de alta calidad y los procesos de compatibilización de polímeros mejoran las propiedades de los materiales reciclados, ampliando su uso en aplicaciones food-grade y reduciendo la dependencia de polímeros vírgenes. Esta capacidad de cerrar el ciclo de los materiales es esencial para la seguridad de suministro en un contexto de volatilidad de precios y restricciones en recursos fósiles.
- La **seguridad alimentaria y el control de sustancias no añadidas intencionadamente (NIAS)** constituyen un eje transversal que acompaña a todas las innovaciones anteriores. El uso de materiales reciclados, las nuevas tecnologías de procesamiento y los biopolímeros requieren una identificación rigurosa de posibles NIAS y la realización de ensayos de migración global y específica. El empleo de técnicas analíticas avanzadas, como GC-MS o LC-MS, junto con evaluaciones toxicológicas armonizadas, refuerza la confianza del consumidor y asegura el cumplimiento del Reglamento (UE) 10/2011 y de las legislaciones nacionales.
- El impulso hacia **envases biobasados con propiedades barrera** se consolida como otra tendencia emergente. Biopolímeros como el ácido poliláctico (PLA), los polihidroxicanoatos (PHA) o el polietileno furanoato (PEF), así como proteínas y almidones modificados, se emplean cada vez más en laminados compostables que combinan una huella de carbono reducida con prestaciones de alta barrera frente a oxígeno, vapor de agua o grasas. Estas soluciones permiten sustituir plásticos de origen fósil en envases de alimentos, bebidas o cosmética sin comprometer la funcionalidad.
- En este escenario de innovación y circularidad, **la eliminación progresiva de sustancias perfluoroalquiladas (PFAS) y el desarrollo de envases PFAS-free** siguen siendo un desafío relevante, aunque no el más inmediato en términos de impacto económico. La creciente restricción europea a los fluoropolímeros obliga a buscar recubrimientos alternativos para papel y cartón, como dispersiones poliméricas, ceras vegetales y nanocelulosas, capaces de mantener las propiedades de barrera sin comprometer la reciclabilidad ni la seguridad.
- En paralelo, los **envases activos como los antimicrobianos** ganan protagonismo como herramienta para prolongar la vida útil de los productos y reducir el desperdicio alimentario. La incorporación de antioxidantes o antimicrobianos naturales, así como de absorbentes de oxígeno, etileno o CO₂, permite mantener las propiedades organolépticas y la seguridad microbiológica sin necesidad de añadir conservantes químicos, ofreciendo ventajas tanto ambientales como comerciales.



- El **smart packaging** o **envase inteligente** representa otra línea de crecimiento clave, transformando el envase en un dispositivo de información y trazabilidad. Sensores de frescura, indicadores tiempo-temperatura, marcas de agua digitales (digital watermarks) y tecnologías RFID o NFC facilitan el control en tiempo real de la trazabilidad o cadena de frío, la autenticación del producto y la clasificación automática en las plantas de reciclaje. Esta digitalización abre nuevas vías para la interacción con el consumidor, que demanda envases más transparentes y con información verificable sobre origen, sostenibilidad y huella ambiental.

En este contexto, varios eventos del Clúster del Envase y Embalaje, como por ejemplo el VII Congreso de Packaging y Economía Circular, celebrado en noviembre de 2025, sirven como escaparate de estas tendencias, mostrando casos de éxito en trazabilidad digital, ecodiseño y materiales biobasados, junto con sistemas de reciclado avanzado y plataformas que integran datos en tiempo real y etiquetado inteligente.



En conjunto, estas tendencias dibujan un futuro en el que el envase será **ecodiseñado, reciclable, biobasado, digital e inteligente**, combinando innovación tecnológica, rigor en seguridad alimentaria y cumplimiento normativo. Esta convergencia entre sostenibilidad, digitalización y control de calidad define el marco de competitividad que orientará al sector del envase y embalaje en la próxima década.

A partir de estas líneas y del diagnóstico planteado en los apartados anteriores, resulta necesario situar cada ámbito tecnológico en su nivel real de desarrollo, sus limitaciones actuales y los próximos pasos requeridos para su implantación. Las siguientes tablas sintetizan este estado del arte, organizando las principales áreas de innovación, como pueden ser materiales avanzados, digitalización, seguridad alimentaria o inteligencia artificial, y permitiendo visualizar de forma integrada cómo cada solución contribuye a los objetivos regulatorios y de sostenibilidad que marcarán la competitividad del sector en los próximos años.



Tabla 1. Principales líneas de innovación en envase y embalaje: problemas, soluciones, madurez tecnológica y próximos pasos

BLOQUE	PROBLEMA	ENFOQUE (EJEMPLO)	NOVEDAD (EJEMPLO)	GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA	LÍMITES	PRÓXIMOS PASOS
IA EN DISEÑO Y ECODISEÑO	Diseño de envases complejo, múltiples materiales y requisitos de reciclabilidad	Gemelos digitales y modelos de IA que predicen migraciones y desempeño barrera a partir de datos de formulación	Uso de IA generativa para sugerir combinaciones de materiales optimizadas con menor gramaje y mejor reciclabilidad	Prototipo o piloto (tecnología emergente en validación)	Integración de bases de datos de materiales y datos experimentales + validación regulatoria de predicciones	Crear base de datos de materiales y migraciones, entrenar modelos con datos propios y validarlos frente a ensayos reales
IA EN PRODUCCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD	Defectos en sellado, etiquetado y llenado, y paradas de línea	Sistemas de visión artificial con redes neuronales para detectar microfisuras, fugas o errores de impresión en tiempo real	Modelos deep learning entrenados para cada formato de envase, con autoaprendizaje a partir de históricos de defectos	Demostración industrial (ensayos con cadenas de distribución)	Inversión inicial en cámaras e infraestructura + entrenamiento de modelos en condiciones de alta variabilidad	Escalar la tecnología a todas las líneas críticas y crear rutinas de mantenimiento predictivo
IA EN TRAZABILIDAD Y LOGÍSTICA	Dificultad para asegurar la cadena de frío y optimizar rutas de distribución	Algoritmos de machine learning que combinan datos de sensores TTI, RFID/NFC y geolocalización	Predicción del punto óptimo de consumo y alerta automática ante desviaciones de temperatura	Demostración industrial (ensayos con cadenas de distribución)	Integración con sistemas ERP/WMS existentes	Pilotar en productos de alto riesgo (cárnicos, pescado) y ampliar a la red de distribución completa
IA EN RECICLADO Y FIN DE VIDA	Clasificación deficiente de envases complejos y presencia de contaminantes	Cámaras hiperespectrales y visión por IA que identifican polímeros, recubrimientos y contaminantes en cinta de reciclaje	Aumento del porcentaje de material recuperado food-grade (>95 %) y separación precisa de capas	Prototipo o piloto (tecnología emergente en validación)	Coste de equipos ópticos y necesidad de datos de entrenamiento para cada polímero	Implementar pilotos en plantas de selección de envases multilayer y monomaterial
IA EN INTERACCIÓN CON EL CONSUMIDOR	Falta de información en tiempo real sobre frescura o seguridad	Envases con sensores inteligentes que comunican datos a una app con IA para dar alertas personalizadas	Predicciones individualizadas de vida útil basadas en historial de temperatura y perfil de consumo	Fase de investigación (validación inicial)	Protección de datos + aceptación por parte del consumidor	Desarrollar apps piloto y validar en entornos retail controlados



Tabla 2. Principales líneas de innovación en envase y embalaje: problemas, soluciones, madurez tecnológica y próximos pasos

BLOQUE	PROBLEMA	ENFOQUE (EJEMPLO)	NOVEDAD (EJEMPLO)	GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA	LÍMITES	PRÓXIMOS PASOS
BARRERAS PFAS-FREE	Prohibición regulatoria de sustancias perfluoroalquiladas (PFAS) intencionados en envases alimentarios	Recubrimiento a base de nanocelulosa para cartón con resistencia a grasas	Uso de nanopartículas modificadas para mejorar hidrofobicidad	Prototipo o piloto (validación en entorno controlado)	Coste elevado y sensibilidad a la humedad	Escalar recubrimientos y validar en campo real
REGULACIÓN Y SOSTENIBILIDAD	Objetivos de reciclabilidad, contenido mínimo reciclado y reutilización	Introducir gradualmente estos objetivos en la industria agroalimentaria	Adopción progresiva de envases circulares y rediseño de sistemas de reutilización	Demostración industrial (en implantación progresiva)	Necesidad de adaptación tecnológica y rediseño de envases	Desarrollo de envases monomaterial, incorporación de rPET/rPP/rHDPE, rediseño logístico
ENVASES MONOMATERIAL RECICLABLES	Laminados multicapa difíciles de reciclar	Film de poliolefina con recubrimiento ultrafino de alta barrera	Podría sustituir laminados PET/Alu	Implantación en mercado	Menor rigidez y coste adicional	Validación y certificación EFSA
ECODISEÑO Y REUTILIZACIÓN	Exceso de envases de un solo uso	Botella PET retornable y ligera	Reducción de material respecto a retornables estándar	Implantación en mercado	Desgaste tras múltiples ciclos	Ampliar a bebidas carbonatadas
RECICLADO AVANZADO	Reciclado mecánico limitado para contacto con alimentos	Solvólisis enzimática de PET para obtener monómeros vírgenes	Proceso más limpio y selectivo que métodos térmicos	Prototipo o piloto (validación en entorno controlado)	Escalabilidad y estabilidad enzimática	Validación EFSA y construcción de planta <i>demo</i>
BASE BIOLÓGICA DE ALTA BARRERA	PET fósil con elevada huella de carbono	PEF derivado de azúcares vegetales con barrera O ₂ superior	Propiedades mejores que PET en la vida útil	Demostración industrial (producción limitada)	Producción y coste elevados	Escalado industrial y validación EFSA
ENVASES ACTIVOS: ANTIMICROBIANOS	Deterioro microbiológico de alimentos	Film con extractos fenólicos antimicrobianos	Prolonga la vida útil 3-4 días sin conservantes	Fase de investigación (validación inicial)	Migración elevada y estabilidad limitada	Estudios toxicológicos y validación industrial
SEGURIDAD Y NIAS	Desconocimiento de NIAS en plásticos reciclados	Análisis HRMS no dirigido para cribado de volátiles	Cobertura más amplia que GC-MS convencional	Prototipo o piloto (tecnología emergente en validación)	Dificultad en identificación estructural	Armonización metodológica y reconocimiento regulatorio
SMART PACKAGING Y TRAZABILIDAD	Dificultad para asegurar y comunicar el estado de alimentos	Etiquetas inteligentes con sensor tiempo-temperatura impreso en el envase	Cambio de color correlacionado con temperatura controlando la frescura	Demostración industrial (ensayos con cadenas de distribución)	Coste unitario elevado e integración en líneas de envasado existentes	Escalar a grandes cadenas, validar bajo normativas EFSA/FDA e integrar con trazabilidad digital

Casos de éxito,
patentes y proyectos
de referencia

6.



6. Casos de éxito, patentes y proyectos de referencia

6.1. Ecodiseño, reutilización y economía circular

El ecodiseño se ha convertido en el hilo conductor de toda la innovación en envase y embalaje. El PPWR fija objetivos obligatorios de reciclabilidad en 2030, contenido mínimo de material reciclado en plásticos y metas de reutilización en bebidas y HORECA, forzando una revisión completa de materiales, formatos y logística.

Los avances en ecodiseño se orientan a reducir peso y volumen, optimizar procesos de envasado y facilitar el reciclado mecánico o químico, sin comprometer la seguridad alimentaria. Se incorporan botellas PET retornables de menor gramaje o envases recargables para cosmética y limpieza, y se rediseñan sistemas logísticos para circuitos de retorno más eficientes. En este contexto destacan estudios como Clement & Spinler (2025)⁵, que proponen algoritmos para predecir devoluciones en e-commerce y adaptar así los envases retornables, logrando ahorros económicos y beneficios ambientales significativos. De igual modo, Farrell et al. (2025)⁶ demuestra que determinados envases plásticos mantienen su seguridad alimentaria y propiedades funcionales tras múltiples ciclos de uso, aunque con ligeros cambios visuales.



La industria europea responde con proyectos como **R3PACK**⁷, que impulsa la sustitución de envases plásticos multicapa por soluciones de fibra de alto rendimiento combinadas con esquemas de reutilización; **FINISSIM**⁸, que desarrolla envases de pared delgada para alimentación en base rPET fabricados con tecnologías de inyección IML no convencional; y con **STOPP**⁹ y **SISTERS**¹⁰, que

⁵ Clement, L., & Spinler, S. (2025). From returns to re-usage: A data-driven strategy for sustainable packaging – a case study in e-commerce. *Journal Of Cleaner Production*, 510, 145584. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145584>

⁶ Farrell, R., Cortese, Y. J., Abdeali, G., Chyzna, V., Devine, D. M., & Pezzoli, R. (2025). Reusable packaging: the impact of repeated use on the visual quality, properties and food contact safety of plastic packaging materials. *Cleaner Materials*, 100330. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2025.100330>

⁷ <https://www.r3pack.eu/>

⁸ [Estudio para la obtención de envases de pared delgada para alimentación en base rPET fabricados con tecnologías de inyección IML no convencional](#)

⁹ <https://stopp-project.eu/>

¹⁰ <https://sistersproject.eu/>



integran estrategias de *Refuse, Reduce, Redesign, Reuse y Recycle* para reducir residuos e incineración, fomentando modelos de negocio circulares en la distribución alimentaria. STOPP desarrolla materiales seguros y de alto rendimiento para reutilización, mejora la logística de retorno y optimiza el reciclaje de poliolefinas, biobasados y envases inteligentes, mientras que SISTERS aborda la reducción de pérdidas y desperdicio alimentario en toda la cadena de valor mediante innovaciones como una plataforma de venta directa de excedentes agrícolas, contenedores inteligentes y reutilizables con sensores, y envases biobasados y compostables con etiquetado dinámico y QR. Estas iniciativas demuestran que el ecodiseño no es solo un requisito legal, sino una ventaja competitiva que permite ahorrar recursos, mejorar la huella de carbono y reforzar la imagen de marca.

En línea con esta tendencia, en las **Ecoembes Talks¹¹ de junio de 2025**, se destacó que la economía circular se ha convertido en un eje estratégico de competitividad, demostrando que integrar la sostenibilidad en la gestión empresarial genera eficiencia, rentabilidad y confianza. El encuentro reforzó la importancia del ecodiseño, la reutilización y la innovación a largo plazo, así como la transición hacia una triple cuenta de resultados, económica, social y ambiental, alineada con la estrategia de innovación de Ecoembes 2040, centrada en la recuperación, reutilización y rediseño de envases.

6.2. Envases biobasados premium

En paralelo al ecodiseño, el desarrollo de materiales biobasados de altas prestaciones es uno de los frentes tecnológicos con mayor crecimiento. Patentes como CN117799272A¹², CN120118485A¹³ y CN118772821A¹⁴ documentan bolsas, botellas y recubrimientos bio-basados con barreras avanzadas y métodos de fabricación optimizados. Estas soluciones responden a la necesidad de reducir la dependencia de polímeros fósiles sin sacrificar resistencia mecánica ni propiedades de barrera.

Los estudios recientes confirman este potencial. Atay et al. (2025)¹⁵ desarrollaron nanofibras de PLA con nanopartículas ZIF-67 en configuraciones mono y bicapa que mejoran resistencia y aportan actividad antimicrobiana, extendiendo la vida útil de cítricos. Ara et al. (2024)¹⁶ incorpora micro y nano nitruro de boro (BN/NBN) en films de PLA, lo que reduce la permeabilidad al vapor de agua. Othman et al. (2025)¹⁷ formula films de almidón de yuca con nanopartículas de carbono, que mejoran la barrera, aportan protección UV y reducen el crecimiento bacteriano en tomates cherry. Teseme et al. (2025)¹⁸ confirma la idoneidad de films de almidón de anchote plastificados con glicerol, con excelentes propiedades mecánicas y alta biodegradabilidad.

¹¹ [Ecoembes Talks 2025: retos en circularidad](#)

¹² [CN117799272A](#) Bio-based food packaging bag and preparation method thereof

¹³ [CN120118485A](#) Environment-friendly degradable plastic food packaging bag and preparation method thereof

¹⁴ [CN118772821A](#) Binder for bio-based packaging bottle, high-barrier bio-based packaging bottle and preparation method of high-barrier bio-based packaging bottle.

¹⁵ Atay, E., Altan, A., & Pierpaoli, M. (2025). Development of PLA-based bilayer nanofibers containing ZIF (zeolitic imidazolate framework)-67 nanoparticles for active food packaging applications in citrus preservation. *Food Packaging And Shelf Life*, 49, 101499. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2025.101499>

¹⁶ Ara, I., Haskaraca, G., Yildiz, S., & Ayhan, Z. (2024). Composite PLA films incorporated with micro/nano boron nitride for sustainable food packaging. *Green Materials*, 1-31. <https://doi.org/10.1680/jgrma.24.00109>

¹⁷ Othman, S. H., Zaid, N. S., Shapi'i, R. A., Nordin, N., Talib, R. A., & Tawakkal, I. S. M. A. (2025). Starch Biopolymer Films Containing Carbon Black Nanoparticles: Properties and Active Food Packaging Application. *Journal Of Science Advanced Materials And Devices*, 100995. <https://doi.org/10.1016/j.jsamd.2025.100995>

¹⁸ Teseme, W. B., Habtegebrel, S. A., & Tolesa, G. N. (2025). Study on the Selected Engineering Properties of Anchote (Coccinia Abyssinia) Starch Based Biodegradable Film for Food Packaging. *Applied Food Research*, 101282. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101282>



Proyectos europeos de gran escala impulsan su llegada al mercado. **GRECO**¹⁹ crea copolímeros de PLA y recubrimientos barrera bajo la estrategia *safe and sustainable by design* (SSbD), asegurando reciclabilidad y biodegradación en entornos industrial, doméstico, marino y terrestre. **PRESERVE**²⁰ se centra en recubrimientos naturales, refuerzos con microfibrillas, irradiación eBeam y enzimas incorporadas para fomentar el reciclaje y la recuperación de oligómeros en envases multicapa. En **REFUCOAT**²¹ se desarrollaron nuevos envases biobasados que incorporaran recubrimientos híbridos con propiedades barrera. **Bio-LUSH**²² explora fibras vegetales infrautilizadas (cáñamo, ortiga, fanerógamas marinas) para obtener nanocelulosa de calidad y utiliza aprendizaje automático para diseñar materiales y en **ELDRIN**²³ exploran la biorrefinería integral de biomasa lignocelulósica para obtener celulosa, micro/nanocelulosa y nanolignina mediante procesos sostenibles y optimizados, orientando estos materiales a aplicaciones de alto valor añadido como envases y bioimpresión 3D. Por su parte, **ReBioCycle**²⁴ valida a escala demostración procesos químicos, enzimáticos y mecánicos para reciclar bioplásticos como PLA y PHA, con el objetivo de producir polímeros reciclados de igual o mayor calidad y aplicaciones de alto valor.

En conjunto, estas innovaciones sitúan a los envases biobasados como una alternativa premium y circular, capaz de sustituir estructuras fósiles en sectores de alimentación, bebidas, cosmética o farmacéutico, reduciendo significativamente la huella de carbono.

6.3. Envases activos y antimicrobianos



Otra área de fuerte expansión es la de los envases activos, que interactúan con el alimento para prolongar su vida útil y reducir desperdicios. Patentes como US12060208B2 (film con liberación gradual de compuestos activos)²⁵, JP7279135B2 (agentes antimicrobianos de liberación controlada)²⁶,

¹⁹ <https://www.greco-euproject.eu/>

²⁰ <https://www.preserve-h2020.eu/>

²¹ [Home - RefuCoat](#)

²² <https://biolush.eu/>

²³ [ELDRIN - AINIA](#)

²⁴ <https://rebiocycle.eu/>

²⁵ [US12060208B2](#) Gradient slow-release active composite film and preparation method thereof

²⁶ [JP7279135B2](#) Antimicrobial gas-releasing agents, and systems and methods for their use



US12070050B2 (conservantes orgánicos para envases)²⁷ o AU2016325872B2 (films antioxidantes)²⁸ evidencian el amplio abanico de aproximaciones.

En el terreno científico, Hernández-García et al. (2025)²⁹ obtuvieron films mono y bicapa a partir de biomasa de setas, combinados con PLA o PHBV/PCL, que mantienen buenas propiedades mecánicas y de barrera, con actividad antioxidante y antimicrobiana. Por otro lado, Xie et al. (2025)³⁰ revisaron técnicas de modificación química de polisacáridos (nanocelulosa, quitosano, almidón), como pueden ser la oxidación, el injerto o la eterificación, para aumentar compatibilidad y capacidad barrera. Liang et al. (2025)³¹ detalla los mecanismos de liberación lenta de dióxido de cloro (ClO₂-SAP), que permite preservar frutas y verduras durante más tiempo.

En el estudio de Bagri et al. (2025)³² se presenta un aerogel de COF con antocianinas de arándano y nanoselenio, que detecta amoníaco y prolonga casi dos días la vida de camarones. Finalmente, Wang et al. (2025)³³ desarrollaron films de quitina a partir de plumas de calamar con ácido tánico, que combinan resistencia mecánica (150 MPa), transparencia y actividad antimicrobiana, degradándose en 75 días.

Los proyectos europeos refuerzan esta tendencia. **AQUAPACK**³⁴ desarrolla envases biodegradables de biomasa marina con biosensores de frescura, mientras que **SHEALTHY**³⁵ combina tecnologías no térmicas (ultrasonidos, plasma, luz pulsada, alta presión) con recubrimientos bioactivos, logrando prolongar hasta un 50 % la vida útil de frutas y verduras y ofreciendo nuevos modelos de negocio para pymes agroalimentarias.

Estas soluciones permiten reducir de forma tangible el desperdicio alimentario y abren nuevas oportunidades de diferenciación comercial, siempre que se garantice el control de migración específica y la estabilidad del principio activo durante el ciclo de vida del envase.

²⁷ [US12070050B2](#) Organic food preservative compositions

²⁸ [AU2016325872B2](#) Antioxidant active food packaging

²⁹ Hernández-García, E., Chiralt, A., & González-Martínez, C. (2025). Antioxidant and antimicrobial films for sustainable food packaging based on mushroom waste biomass. *Food Hydrocolloids*, 111836. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2025.111836>

³⁰ Xie, H., Li, S., Tian, H., Lou, Y., Ouyang, Y., Wu, M., & Song, X. (2025). Modifying polysaccharides to realized advanced function of novel food packaging materials. *Trends In Food Science & Technology*, 163, 105195. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105195>

³¹ Liang, J., Xu, X., Zhao, H. & Liu, Y. (2025). Chlorine dioxide antimicrobial Slow-release systems for active food packaging: current advances, applications and future prospects. *Journal of Future Foods*. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2025.02.015>

³² Bagri, F., Priyadarshi, R., Pircheraghi, G., Imani, M., & Rhim, J. (2025). Designing entirely biodegradable active food packaging using natural biopolymers and plant-derived additives: A cradle-to-cradle approach. *Materials Today Communications*, 48, 113549. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2025.113549>

³³ Wang, Y., Zhang, Y., Yu, P., Cai, J., Liao, L., Zhang, J., Yan, K., & Li, S. (2025). A novel high-tensile film based on deproteinized squid pens incorporated with tannic acid for active food packaging. *Polymer*, 128980. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2025.128980>

³⁴ [Sustainable packaging solutions for food and cosmetics based on aquatic biomass and side-streams | AQUAPACK | Proyecto | Ficha informativa | HORIZON | CORDIS | Comisión Europea](#)

³⁵ <https://www.healthy.eu/>



6.4. Seguridad y NIAS en materiales reciclados



El uso creciente de material reciclado en envases en contacto con alimentos exige garantizar su inocuidad química. Estudios recientes aportan una visión completa del problema:

- Colombo et al. (2023)³⁶ realiza un cribado no dirigido de NIAS y oligómeros cíclicos en bandejas de PET con distintos porcentajes de reciclado, identificando compuestos como BBP y dímeros de PET y observando variaciones según el tipo de extrusión.
- Khan et al. (2024)³⁷ analiza los métodos de evaluación de seguridad de materiales reciclados, concluyendo que HDPE, PET y PP pueden reciclarse de forma segura con procesos mecánicos o químicos si se controlan los compuestos de bajo peso molecular.
- Van Velzen et al. (2024)³⁸ rastrea contaminantes orgánicos volátiles en botellas de HDPE a lo largo de su cadena de reciclaje, identificando siete vías de contaminación clave.
- Järvelä et al. (2025)³⁹ desarrolla un protocolo de análisis químico y pruebas de toxicidad en microplásticos vírgenes y reciclados (PP, LDPE, HDPE), mostrando que los reciclados liberan mayor número de sustancias y presentan mayor citotoxicidad en células Caco-2.

Varios proyectos abordan estas necesidades: **NIAS NOVO**⁴⁰ se dedica al desarrollo de una metodología de cuantificación de NIAS no volátiles. Por su parte, **SAFE-GREENPACK**⁴¹ se centra en la evaluación de seguridad de materiales alternativos al plástico en envases de comida rápida, un segmento aún sin regulación específica equiparable al Reglamento (UE) 10/2011. **MIX-UP**⁴² apuesta por una biotecnología enzimática y microbiana capaz de degradar mezclas de PP, PE, PUR, PET y PS, así como bioplásticos PLA y PHA, para su conversión en productos de alto valor.

³⁶ Colombo, G., Corredig, M., Ünalán, I. U., & Tsochatzis, E. (2023). Untargeted screening of NIAS and cyclic oligomers migrating from virgin and recycled polyethylene terephthalate (PET) food trays. *Food Packaging And Shelf Life*, 41, 101227. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101227>

³⁷ Khan, M. R., Sadiq, M. B., Vápenka, L., Volpe, S., Rajchl, A., & Torrieri, E. (2024). Role of quality assessment of the recycled packaging material in determining its safety profile as food contact material. *Waste Management*, 188, 72-85. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.08.001>

³⁸ Van Velzen, E. U. T., Workala, Y., Teunissen, W., & Smeding, I. (2024). Volatile organic contaminants in HDPE milk bottles along the mechanical recycling value chain, revealing origins and contamination pathways. *Journal Of Cleaner Production*, 459, 142571. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142571>

³⁹ Järvelä, E., Peräniemi, S., Vepsäläinen, J., Hrovat, B., Raninen, K., Tomppo, L., Koistinen, A., & Rysä, J. (2025). A study protocol for chemical analysis and toxicity testing of virgin and recycled microplastics and associated chemicals. *The Science Of The Total Environment*, 975, 179287. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179287>

⁴⁰ [Proyecto NIAS NOVO](#)

⁴¹ [SAFE-GREENPACK | I3A](#)

⁴² <https://www.mix-up.eu/project>



Gracias a estas líneas de trabajo, el sector avanza hacia un modelo de reciclado seguro y trazable, en el que los envases alimentarios fabricados con rPET, rPP o rHDPE puedan cumplir plenamente los requisitos toxicológicos y mantener la confianza del consumidor y de las autoridades regulatorias.

6.5. Envases monomaterial reciclables



El reemplazo de estructuras multicapa difíciles de reciclar por envases monomateriales es una de las transiciones más relevantes para cumplir el PPWR, que exige envases 100 % reciclables en 2030 y mayor contenido de material secundario. Las patentes US2023405981A1⁴³, JP2023068501A⁴⁴ y EP4386043A1⁴⁵ describen films de plástico con recubrimientos ultrafinos capaces de mantener las propiedades de barrera frente a gases, vapor de agua y luz UV, igualando la protección de las configuraciones PET/Alu convencionales.

Los estudios Carullo et al. (2023)⁴⁶ y Renoldi et al. (2024)⁴⁷ confirman que monomateriales de PE recubierto o laminados de poliolefinas bien diseñados igualan la barrera y la resistencia mecánica de films multicapa, con una reducción clara de impacto ambiental. Epasto et al. (2024)⁴⁸, por su parte, demuestra que la impresión 3D con espuma permite crear estructuras sándwich de monomaterial con rigidez ajustable, optimizando el peso y la reciclabilidad.

Varios proyectos aceleran el paso a escala industrial. **THINPACK**⁴⁹ desarrolla envases rígidos y semirrígidos con ecodiseño, extrusión reactiva y plasmapolimerización, sustituyendo multicapa complejos sin perder vida útil. **SUSFLEX**⁵⁰ crea envases flexibles 100 % reciclables a base de sustratos celulósicos y poliolefinas (PP, PE) con recubrimientos de altas prestaciones para productos cárnicos, quinta gama y snacks. **CIRCULAR FoodPack**⁵¹ integra clasificación con sensores o trazadores desentintables, desodorización térmica y

⁴³ [US2023405981A1](#) Multilayer Mono-Material Polyethylene (PE) Assembly And Its Use In Food Packaging

⁴⁴ [JP2023068501A](#) POLYETHYLENE RESIN COMPOSITION FOR MONO-MATERIAL SEALANT FILM, AND SEALANT FILM MADE OF THE SAME.

⁴⁵ [EP4386043A1](#) MONO-MATERIAL FILM AND METHOD OF PRODUCTION THEREOF.

⁴⁶ Carullo, D., Casson, A., Rovera, C., Ghaani, M., Bellesia, T., Guidetti, R., & Farris, S. (2023). Testing a coated PE-based mono-material for food packaging applications: an in-depth performance comparison with conventional multi-layer configurations. *Food Packaging And Shelf Life*, 39, 101143. <https://doi.org/10.1016/j.foodpack.2023.101143>

⁴⁷ Renoldi, N., Calligaris, S., Nicoli, M. C., Marino, M., Rossi, A., & Innocente, N. (2024). Effect of the shifting from multi-layer systems towards recyclable mono-material packaging solutions on the shelf-life of portioned semi-hard cheese. *Food Packaging And Shelf Life*, 46, 101363. <https://doi.org/10.1016/j.foodpack.2024.101363>

⁴⁸ Epasto, G., Rizzo, D., Landolfi, L., Detry, A. L. H. S., Papa, I., & Squillace, A. (2024). Design of monomaterial sandwich structures made with foam additive manufacturing. *Journal Of Manufacturing Processes*, 121, 323-332. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2024.05.033>

⁴⁹ [Thinpack: Nuevos materiales para mejorar la reciclabilidad](#)

⁵⁰ [SUSFLEX: Desarrollo de estructuras flexibles fácilmente reciclables](#)

⁵¹ [Home · CIRCULAR FoodPack](#)



reciclado mecánico o por disolventes, obteniendo PE de alta calidad reutilizable en contacto alimentario.

Estas soluciones demuestran que el monomaterial no es solo una opción de futuro sino una realidad industrial, capaz de cerrar ciclos de alto valor y facilitar la incorporación de contenido reciclado en envases de alimentación, bebidas y cosmética.

6.6. Transición de las sustancias perfluoroalquiladas PFAS-free y regulación asociada



La restricción europea de PFAS en materiales en contacto con alimentos y en aplicaciones de papel y cartón es uno de los retos regulatorios más exigentes de la década. Las empresas deben eliminar recubrimientos fluorados sin perder resistencia a grasas, agua o agentes químicos.

Las patentes WO2025149673A1⁵², US12280916B2⁵³ y US2024132252A1⁵⁴, así como EP4556526A1⁵⁵, anticipan recubrimientos y composiciones poliméricas sin fluoropolímeros que mantienen la barrera y la resistencia química.

En la literatura, Lendewig et al. (2025)⁵⁶ confirman que grandes empresas ya han validado tecnologías PFAS-free a escala industrial, mientras que Nayanathara et al. (2025)⁵⁷ demuestra que la combinación de iones metálicos (Zr^{4+} y Fe^{3+}) con nanofibrillas de celulosa aumenta la hidrofobicidad y la barrera grasa en productos de fibra, haciendo así uso de materiales libres de PFAS.

Los proyectos europeos **ZeroF**⁵⁸ y **BIO-SUSHY**⁵⁹ ejemplifican el salto tecnológico: ambos desarrollan recubrimientos bio-basados hidrófobos y oleófobos libres de PFAS con estrategias *safe and sustainable by design (SSbD)*, integrando análisis toxicológicos y de ciclo de vida, y con costes competitivos (0,2–0,4 €/m²) y más de un 25 % de mejora ambiental. Por su parte, en **PLASRECO**⁶⁰ se desarrollan

⁵² [WO2025149673A1](#) PFAS-FREE POLYMER COMPOSITION

⁵³ [US12280916B2](#) Multiwall paper packaging structures

⁵⁴ [US2024132252A1](#) MULTIWALL PAPER-BASED PACKAGING STRUCTURES

⁵⁵ [EP4556526A1](#) PFAS-FREE FLAME RETARDANT, IMPACT RESISTANT AND CHEMICAL RESISTANT POLYCARBONATE COMPOSITIONS

⁵⁶ Lendewig, M., Marquez, R., Franco, J., Vera, R. E., Vivas, K. A., Forfora, N., Venditti, R. A., & Gonzalez, R. (2025). Moving toward fiber-based products free of PFAS: Industry response to regulations for paper packaging, hygiene and textile products. *Resources Conservation And Recycling*, 222, 108428. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2025.108428>

⁵⁷ Nayanathara, R. M. O., Peiris, C., Abeysinghe, H. P., Pope, W. O., Silva, C. A., Pittman, C. U., Misna, T., & Zhang, X. (2025). Enhancing water and oil resistance in PFAS-free packaging fiber sheet and molded fiber products using metal ions and cellulose nanofibers. *PubMed*, 146072. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.146072>

⁵⁸ <https://www.zerof.eu/>

⁵⁹ <https://www.bio-sushy.eu/>

⁶⁰ [Recubrimientos libres de PFAS aplicados mediante tecnología plasma atmosférico para cuero, textil y packaging](#)



recubrimientos libres de PFAS aplicados mediante tecnología plasma atmosférico para cuero, textil y Packaging,

Gracias a estas iniciativas, la transición a envases PFAS-free no solo se plantea como una obligación regulatoria, sino como una oportunidad de liderazgo tecnológico, abriendo mercados en alimentación, take-away, cosmética y textil, y reforzando la sostenibilidad de la cadena de valor.

6.7. Envase Inteligente (Smart Packaging) y trazabilidad digital



La digitalización ha convertido el envase en plataforma de información y control en tiempo real, clave para la seguridad alimentaria y la reducción del desperdicio. No sólo facilita la trazabilidad y autenticidad, sino que conecta directamente con el consumidor, reforzando su confianza y mejorando la logística inversa y el reciclado, especialmente cuando se combina con digital watermarks y RFID/NFC para clasificación automática. Patentes como CN112955055B⁶¹ e CN112465094A⁶² describen envases con sensores y códigos inteligentes capaces de monitorizar frescura en tiempo real.

Estudios como Siciliano et al. (2025)⁶³ avalan el uso de sensores ópticos de gases (CO₂, amoníaco) para detectar deterioro, mientras que Li et al. (2025)⁶⁴ y Yun et al. (2025)⁶⁵ desarrollan films inteligentes a base de carboximetilcelulosa y antocianinas con gran estabilidad cromática y respuesta fiable frente al deterioro de alimentos. Qian et al. (2021)⁶⁶ optimiza la legibilidad de códigos QR en superficies curvas, resolviendo un reto clave en frutas y hortalizas.

Los proyectos europeos ilustran la madurez de esta tendencia: **ColorSensing**⁶⁷ crea etiquetas con tintas activas y QR que permiten a fabricantes y distribuidores verificar el estado del alimento en tiempo real, reduciendo desperdicio y costes;

⁶¹ [CN112955055B](#) Intelligent container with interactive color lamps

⁶² [CN112465094A](#) Dynamic two-dimensional code intelligent sensing label system for monitoring food freshness in real time.

⁶³ Siciliano, S., Lopresto, C. G., Carni, D. L., & Lamonaca, F. (2025). Optical gas sensors in smart food bio-packaging: Innovation for monitoring the product freshness and safety. *Measurement Food*, 100245. <https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2025.100245>

⁶⁴ Li, C., Tao, Y., Lu, J., Hu, J., Du, J., & Wang, H. (2025). Light stable carboxymethyl cellulose-based smart packaging film for real-time visual detecting the freshness of food. *Journal Of Future Foods*. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2024.11.021>

⁶⁵ Yun, D., Yong, H., Xu, F., Li, N., Guan, T., & Liu, J. (2025). Purple sweet potato anthocyanin-g-dialdehyde locust bean gum: an innovative polymeric colorant with good stability and application potential in food intelligent packaging. *Food Hydrocolloids*, 111121. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2025.111121>

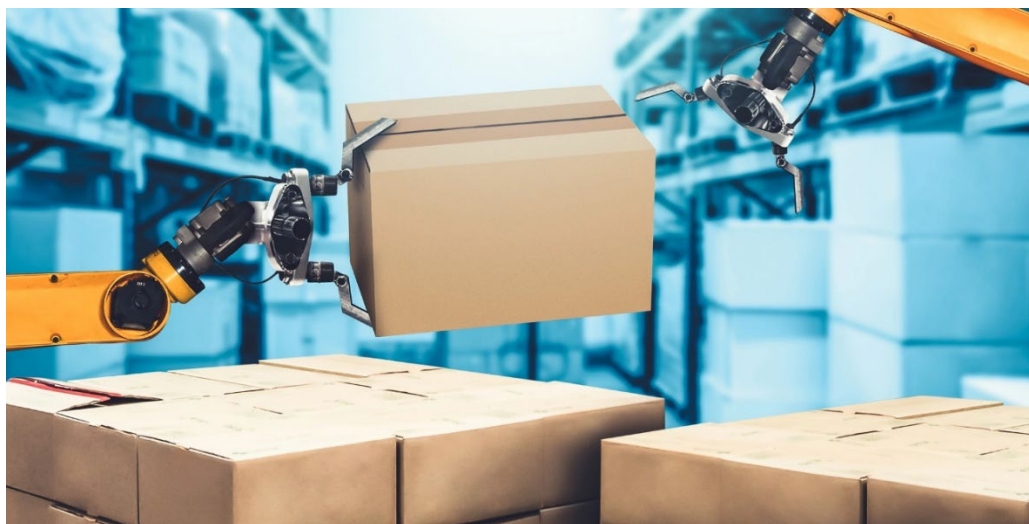
⁶⁶ Qian, J., Xing, B., Zhang, B., & Yang, H. (2021). Optimizing QR code readability for curved agro-food packages using response surface methodology to improve mobile phone-based traceability. *Food Packaging And Shelf Life*, 28, 100638. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100638>

⁶⁷ <https://www.color-sensing.com/en>



SISTERS⁶⁸ impulsa contenedores inteligentes y reutilizables con sensores para disminuir pérdidas en la cadena agroalimentaria; **STOPP**⁶⁹ combina materiales de alto rendimiento, reutilización optimizada y envases inteligentes para apoyar la implantación temprana del PPWR.

6.8. Inteligencia Artificial aplicada al envase y a la cadena de valor



La IA se ha convertido en un motor transversal de innovación que abarca desde el diseño de materiales hasta la logística y el reciclaje. Su impacto va mucho más allá del smart packaging.

En diseño y ecodiseño, la IA permite predecir el desempeño de materiales, optimizar gramajes y geometrías y simular migraciones para cumplir con el Reglamento (UE) 10/2011 antes de fabricar prototipos. El proyecto **Digimind**⁷⁰ aplica IA para diseñar envases circulares desde la fase conceptual, equilibrando coste, prestaciones y sostenibilidad, mientras que **E-OILÉ**⁷¹ la emplea para predecir la degradación de envases biodegradables y planificar su reciclaje.

En producción y control de calidad, patentes como US11948003B2⁷² o KR102370131B1⁷³ muestran cómo sistemas de IA gestionan importación de datos, entrenamiento de modelos, detección automática de inventario y control remoto de procesos, integrando visión artificial para detectar defectos en tiempo real y anticipar fallos de línea, reduciendo mermas y costes de mantenimiento. En otros proyectos, como **POLY-ML**⁷⁴, se está creando una metodología de machine learning capaz de predecir el comportamiento y las propiedades de materiales plásticos a partir de datos experimentales y teóricos, de modo que se pueda optimizar su diseño, acortar los ciclos de desarrollo y aumentar la eficiencia de los procesos industriales

⁶⁸ <https://sistersproject.eu/>

⁶⁹ <https://stopp-project.eu/>

⁷⁰ <https://cordis.europa.eu/project/id/101072124>

⁷¹ <https://eoileproject.eu/>

⁷² [US11948003B2](#) System and method for automated production and deployment of packaged AI solutions

⁷³ [KR102370131B1](#) Artificial intelligence (AI) integrated production management system using inventory detection system and integrated production management method using the same

⁷⁴ [Aplicación del Machine Learning a la caracterización y predicción de propiedades sobre materiales plásticos](#)



En logística y trazabilidad, algoritmos predictivos optimizan rutas y garantizan la cadena de frío, mientras que dispositivos descritos en US12165439B2⁷⁵ o US20250181253A1⁷⁶ permiten adquisición inteligente de datos para monitorizar envíos o infraestructuras críticas de transporte de alimentos.

En reciclado y fin de vida, la IA facilita la clasificación avanzada mediante cámaras hiperespectrales y deep learning, mejorando la pureza del material reciclado. Proyectos como MERLIN⁷⁷ y MIX-UP integran IA en procesos de solvólisis, disolventes verdes o biotecnología enzimática, incrementando el rendimiento y la trazabilidad de polímeros difíciles de tratar.

En el ámbito científico, El-Mesery et al. (2025)⁷⁸ aplican IA y machine learning para predecir cómo el entorno de almacenamiento y el tipo de envase afectan la vida útil del ajo, mientras que Jia et al. (2025)⁷⁹ revisan la integración de sensores flexibles con IA para envases auto-monitorizados, y Zampolli et al. (2024)⁸⁰ demuestra que la combinación de ASIC y MEMS con IA puede identificar gases a nivel traza en tiempo real.

Finalmente, proyectos europeos como MAGNO⁸¹ avanzan en el uso de gemelos digitales (Ecosystem Digital Twin) para simular escenarios de negocio y ambientales en la cadena de envase, reforzando políticas y estrategias empresariales. En conjunto, la IA permite pasar de una gestión reactiva a una predictiva y optimizada, incrementando la eficiencia, la seguridad alimentaria y la trazabilidad, y abriendo nuevas oportunidades de negocio basadas en datos.

⁷⁵ [US20250181253A1](#) Methods and systems for adaptation of data storage and communication in a fluid conveyance environment

⁷⁶ [US12165439B2](#) System and method for interactively reporting of roadway incidents on an AI device

⁷⁷ <https://project-merlin.eu/>

⁷⁸ El-Mesery, H. S., ElMesiry, A. H., Husein, M., Hu, Z., & Salem, A. (2025). Artificial intelligence and machine learning models for predicting and evaluating the influence of shelf-life environments and packaging materials on garlic (*Allium Sativum* L) physicochemical and phytochemical compositions. *Food Chemistry X*, 29, 102731. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102731>

⁷⁹ Jia, Z., Hou, H., Chen, H., Fu, Y., Mu, W., Yang, X., & Zhang, J. (2025). From Passive to Self-Aware Packs: Flexible Sensor-AI Integration Powering Intelligent, Sustainable Food Packaging. *Trends In Food Science & Technology*, 105254. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105254>

⁸⁰ Zampolli, S., Elmi, I., Bruschi, P., Ria, A., Magliocca, F., Vitelli, M., & Piotto, M. (2024). An ASIC-based system-in-package MEMS gas sensor with impedance spectroscopy readout and AI-enabled identification capabilities. *Sensors And Actuators B Chemical*, 424, 136924. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2024.136924>

⁸¹ <https://magno-project.eu/>

Retos y soluciones
identificadas en las
dinámicas
presenciales

7.



7. Retos y soluciones identificadas en las dinámicas presenciales

Las dos sesiones, celebradas el pasado 12 de noviembre del 2025, se organizaron en dos bloques principales orientados a definir los retos estratégicos del sector del envase y embalaje de gran consumo y a desarrollar soluciones aplicables de forma colaborativa.

En el **primer bloque**, denominado “Identificación y priorización de retos”, las empresas presentaron los desafíos que habían preparado previamente, los cuales se agruparon por temáticas comunes para elaborar un mapa sectorial. A continuación, los grupos de trabajo analizaron las causas raíz de cada reto mediante el diagrama de Ishikawa, reformulando y consensuando una lista reducida de retos estratégicos compartidos. Estos se validaron colectivamente en el “Muro de los Retos”, donde cada participante priorizó los más relevantes a través de un ejercicio de votación.

El **segundo bloque**, denominado “Laboratorio de soluciones”, se dedicó a generar y estructurar propuestas para los retos priorizados. Se realizó una lluvia de ideas y se aplicó una matriz de impacto-esfuerzo para seleccionar las alternativas más prometedoras. Finalmente, las empresas presentaron las soluciones desarrolladas en formato Canvas, detallando su propuesta de valor, actores clave y actividades principales.

Las sesiones se diseñaron inicialmente en torno a cinco grupos de trabajo diferenciados: **reciclabilidad, trazabilidad, recubrimientos, contenido reciclado e impresión**. Esta estructura respondía tanto a las tendencias sectoriales previamente analizadas en el informe como al perfil técnico y estratégico de las empresas que habían confirmado su participación. Sin embargo, conforme avanzó la introducción de la dinámica y las empresas comenzaron a compartir sus retos prioritarios, quedó claro que sus aportaciones enriquecían y ampliaban el enfoque inicialmente previsto. Las propuestas no se limitaban a una categoría cerrada, sino que **conectaban de manera natural distintos aspectos tecnológicos y estratégicos**, generando sinergias entre temas que a priori podían parecer independientes. Gracias a la calidad y profundidad de estas intervenciones, se identificó que los desafíos relacionados con el contenido reciclado y la impresión no debían abordarse como áreas aisladas, sino como dimensiones transversales, plenamente integradas en los grandes retos sobre **reciclabilidad, trazabilidad y recubrimientos**. Esta reorganización no implicó eliminar temas, sino integrarlos de forma más lógica dentro de un marco común que permitiera abordar cuestiones complejas.

La **mesa de reciclabilidad** contó con profesionales de **ALFARBEN, ASPAPEL y VICKY FOODS**, que aportaron perspectivas tanto desde el ámbito transformador como desde la gestión sectorial.

Las soluciones identificadas en la mesa de reciclabilidad giran en torno a tres ejes prioritarios: mejorar la calidad y eficiencia de la **recogida selectiva**, garantizar la **trazabilidad de los envases a lo largo de todo su ciclo de vida** y establecer **indicadores fiables** que permitan medir la reciclabilidad real. Estas líneas no se plantean como objetivos abstractos, sino como requisitos operativos para poder cumplir los compromisos del PPWR antes de 2030.



De forma transversal, el ecodiseño y la trazabilidad se consolidan como pilares estratégicos. El ecodiseño deja de ser únicamente la selección de materiales más sostenibles para convertirse en un enfoque sistemático que exige criterios estandarizados, métricas verificables y diseños orientados a facilitar la clasificación, el reciclado y la incorporación de material reciclado. La trazabilidad, por su parte, es clave para garantizar la transparencia del flujo de materiales, conectar a todos los actores de la cadena y permitir sistemas de certificación robustos. Ambos elementos actúan como soportes técnicos imprescindibles para que las líneas de actuación propuestas puedan desplegarse de forma efectiva y escalable en el nuevo marco regulatorio.



Por otra parte, se destacó que, aunque en España ya se recicla más del 70 % del papel, el sector debe prepararse ante el **previsible aumento de la demanda** al estar sustituyendo progresivamente a otros materiales. Se subrayó la importancia de mejorar la coordinación a lo largo de la cadena de valor, armonizar los datos y reforzar la recogida selectiva y el ecodiseño para garantizar una gestión eficiente y mantener la confianza del consumidor. Se recalcó también que este progreso debe ser gradual y apoyarse en la colaboración entre administraciones y empresas.

La **mesa de trazabilidad** estuvo integrada por especialistas de **MESBOOK, CABKA y BOX to BOX**, que trabajaron conjuntamente en soluciones avanzadas de identificación y seguimiento a lo largo de la cadena de valor. Se centró en un reto ya anticipado en el informe: cómo avanzar hacia una **trazabilidad integrada sin depender de múltiples etiquetas externas** que encarecen el proceso, generan errores y dificultan la automatización. La solución se basó en un identificador único embebido en el propio envase, concebido como un “DNI del producto”. Este sistema agrupa tecnologías como RFID, códigos QR avanzados o sensores, y se apoya en un software capaz de centralizar datos para auditorías, certificaciones y control de flujos, convirtiéndose en un auténtico pasaporte digital accesible en toda la cadena de valor.

Esta propuesta no surge aislada, sino como una evolución natural de las tendencias que el Radar ya había identificado: la necesidad de ecosistemas digitales interoperables que conecten maquinaria, software, IoT, bases de datos



y agentes logísticos. En lugar de multiplicar etiquetas, se propone un **sistema universal, estandarizado y escalable** que permita automatizar procesos, reducir incertidumbre y garantizar trazabilidad y circularidad. Además, esta solución sirve de puente entre digitalización y ecodiseño, reforzando la idea de que la innovación en materiales solo alcanza su verdadero potencial cuando se integra con datos verificables y mecanismos de seguimiento.



El debate también puso de relieve que el principal desafío no reside en la tecnología en sí, sino en su estandarización y en la compatibilidad del hardware de lectura, abriendo la puerta a soluciones como blockchain para garantizar integridad y fiabilidad. El valor añadido no es únicamente técnico: también aporta **transparencia, credibilidad y eficiencia regulatoria**, anticipando las exigencias del PPWR.

Por último, en la **mesa de recubrimientos** participaron equipos de **PLASMATREAT, HINOJOSA, DS SMITH, LECTA, CAMPOFRÍO y SUNDAY SMART ENGINEERING**, configurando un grupo diverso que abarcaba fabricantes de materiales, distribuidores y usuarios finales de envase.

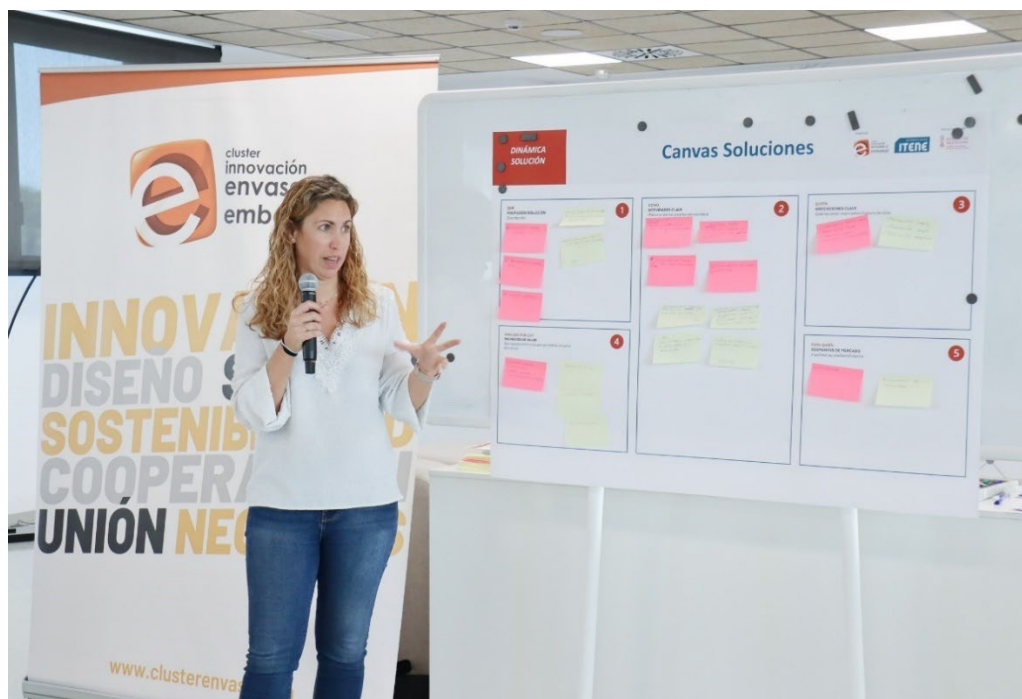


Finalmente, la última mesa de trabajo se centró en la búsqueda de soluciones orientadas a **mejorar las propiedades barrera** de los envases, abordando varias vías tecnológicas: la aplicación de barnices y coatings, el uso de recubrimientos biobasados, la incorporación de masterbatches funcionales y el desarrollo de nuevas matrices poliméricas flexibles y termosellables. Estas propuestas parten de un objetivo común: reducir o eliminar la oxidación/degradación del producto, garantizando la conservación del alimento, la estabilidad del envase y el cumplimiento de los requisitos técnico-legales.



Tal como ya se menciona en el Radar, la innovación en envase no puede limitarse a sustituir materiales, sino que debe asegurar que las soluciones sigan ofreciendo rendimiento funcional, especialmente en términos de barrera. El reto no es renunciar a prestaciones, sino alcanzarlas mediante **sistemas compatibles con el reciclado**, libres de sustancias problemáticas y alineados con los principios de economía circular.

En este contexto, se aportaron dos enfoques complementarios que ejemplifican esta evolución. El primero centrado en el uso de aditivos y coatings aplicados sobre envases flexibles para mejorar la resistencia frente a la oxidación y la fotodegradación, y el segundo basado en coatings biobasados y matrices poliméricas adaptadas a papel y cartón, capaces de mantener sus propiedades sin comprometer la reciclabilidad.



Estas soluciones confirman una tendencia ya señalada en el Radar: la evolución hacia envases con **mejores prestaciones técnicas sin recurrir a estructuras complejas o incompatibles con el reciclaje**. Lo crucial no es solo el material empleado, sino su integración en procesos industriales existentes y su capacidad para cumplir la normativa vigente y futura.

Como conclusión, las discusiones mantenidas durante las sesiones mostraron, desde una perspectiva técnica y general, que los retos del sector no dependen únicamente de mejoras puntuales en materiales o procesos, sino de la necesidad de alinear diseño, funcionalidad y operatividad industrial en un mismo marco. Las tres mesas evidenciaron limitaciones comunes: **la urgencia de adaptar los envases a las capacidades reales del sistema productivo, asegurar la coherencia entre los distintos eslabones de la cadena de valor y anticipar los requisitos derivados tanto de la digitalización como de la transición hacia materiales más sostenibles**.

De manera transversal, los grupos coincidieron en la necesidad de avanzar hacia criterios más homogéneos, una **mayor coordinación entre empresas** y una integración más clara entre innovación y viabilidad industrial. El taller subrayó que los envases del futuro no solo deberán responder a exigencias regulatorias y ambientales, sino integrarse en **sistemas ya existentes de logística, reciclado y trazabilidad digital**. Esto refuerza la importancia de un ecodiseño entendido no solo como reducción de impacto, sino como una práctica que vincula funcionalidad técnica, eficiencia operativa y final de vida.



Asimismo, se evidenció que la fragmentación actual (en formatos, tintas, aditivos, sistemas de identificación o recubrimientos) **continúa siendo una barrera** tanto para la circularidad como para la inversión en nuevas soluciones. Por ello, se destacó que la innovación no puede mantenerse como un ejercicio aislado, sino que exige rutas compartidas, alineamiento tecnológico y comprensión mutua de las limitaciones a lo largo de toda la cadena de valor.

El valor principal del taller reside en su **contribución a la vigilancia tecnológica y estratégica del sector**. Las dinámicas realizadas permitieron identificar tendencias emergentes y validar su aplicabilidad en contextos industriales reales, en línea con transformaciones clave como el PPWR, la digitalización avanzada o el desplazamiento progresivo de materiales complejos.

En conclusión, el taller confirma que el futuro del envase y embalaje depende de la capacidad del sector para integrar innovación, adaptación y colaboración. La ventaja competitiva no vendrá solo de nuevos materiales o tecnologías, sino de su **implantación efectiva, escalable y alineada con un marco regulatorio exigente**. Este enfoque sistémico, coherente con las líneas del Radar, muestra que la innovación se convierte en un pilar estructural para la competitividad, la sostenibilidad y la resiliencia industrial.

Conclusiones

8.



8. Conclusiones

El análisis desarrollado a lo largo del documento muestra con claridad que la **industria del envase y embalaje atraviesa un punto de inflexión** en el que la competitividad depende de su capacidad para integrar sostenibilidad, seguridad y tecnología en un mismo marco operativo. La presión regulatoria europea, especialmente con la entrada del PPWR, actúa como catalizador de esta transformación, obligando a rediseñar materiales, replantear procesos y anticipar nuevas formas de gestionar la información y la trazabilidad. En este contexto, las tendencias actuales no avanzan de manera aislada, sino como parte de una transformación profundamente interconectada.

El **ecodiseño** se consolida como eje vertebrador sobre el que pivotan el resto de las líneas de innovación, ya que los requisitos de reciclabilidad, contenido mínimo de material reciclado y reutilización fijados para 2030 condicionan de manera directa la arquitectura de los envases y su desempeño a lo largo de toda la cadena de valor. Esta orientación favorece la adopción de envases monomaterial, el despliegue de materiales biobasados de altas prestaciones, la transición hacia recubrimientos sin PFAS y la integración de tecnologías activas e inteligentes que aumentan la funcionalidad sin comprometer la circularidad. Paralelamente, las soluciones activas y los envases inteligentes se alinean con las metas de seguridad alimentaria, reducción del desperdicio y digitalización, integrándose de forma natural en estructuras reutilizables, compostables o reciclables. La **Inteligencia Artificial (IA)** opera como un habilitador transversal que une todas estas líneas. Su aplicación, desde el diseño predictivo y la simulación de migraciones, hasta la monitorización de procesos, la trazabilidad digital y la clasificación avanzada de residuos, permite acelerar la validación regulatoria, reducir costes operativos y maximizar la calidad de los materiales secundarios.

El ecosistema valenciano dispone de una **base sólida** para afrontar esta transición gracias a una red tecnológica madura, una cultura de colaboración público-privada y una industria acostumbrada a innovar en ciclos cortos. Sin embargo, el avance no será homogéneo. Algunas áreas requerirán inversiones significativas, validaciones regulatorias adicionales y una coordinación más estrecha entre fabricantes, transformadores, envasadores y gestores de residuos. Las dinámicas presenciales realizadas confirman que los retos no son únicamente materiales o tecnológicos, sino también de alineación entre capacidades productivas, criterios de diseño y realidades logísticas. La prioridad, por tanto, reside en consolidar soluciones que sean técnicamente viables, regulatoriamente sólidas y operativamente integrables, permitiendo al sector avanzar hacia un modelo más circular, trazable y resiliente que responda a las demandas del mercado y a los compromisos ambientales de la próxima década. Por último, en la Tabla 3 se presenta una síntesis de los principales bloques abordados a lo largo del documento y de la prioridad estratégica que representan actualmente para la industria:



Tabla 3. Evaluación estratégica de soluciones: riesgos, barreras y nivel de prioridad

Bloque / Oportunidad	Riesgos y barreras	Prioridad estratégica
Envases monomaterial reciclables	Compatibilidad con llenado y barrera, inversión en nuevas líneas de producción	Alta
Ecodiseño, reutilización y economía circular	Cambios logísticos, coste inicial alto, necesidad de retorno eficiente	Alta
Envases biobasados premium	Coste de materia prima, escalabilidad, migración y estabilidad de propiedades	Media
Envases activos: antimicrobianos	Evaluación toxicológica, migraciones, coste de validación industrial	Media
Seguridad y NIAS en materiales reciclados	NIAS desconocidas, variabilidad de flujos, aceptación regulatoria	Alta-Crítica
Transición PFAS-free	Pérdida de barrera con una mala formulación, coste de revalidación regulatoria	Alta-Crítica
Envase Inteligente y trazabilidad digital	Coste de integración, durabilidad de los sensores, interoperabilidad de datos	Media-Alta
Inteligencia Artificial en toda la cadena	Brecha de datos de calidad, inversión inicial, ciberseguridad	Alta



Con el apoyo de:



Elaborado por:

