


— INFORME DE —

PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

Ecosistema de innovación para el impulso
de la innovación alimentaria



1. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO	04
2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ANÁLISIS PROSPECTIVO	06
• 2.1 Objetivos generales	06
• 2.2 Objetivos específicos por línea tecnológica	07
3. METODOLOGÍA	08
• 3.1 Revisión documental y científica	08
• 3.2 Análisis de patentes y vigilancia tecnológica	08
• 3.3 Análisis del Entorno mediante PESTEL	09
• 3.4 Identificación de Señales de cambio	09
• 3.5 Construcción de escenarios	09
• 3.6 Roadmaps tecnológicos	09
• 3.7 Validación experta	10
4. ANÁLISIS DEL ENTORNO (PESTEL)	10
• 4.1 Análisis Político	10
- Regulaciones europeas sobre sostenibilidad	10
- Prioridades nacionales en innovación	10
- Relevancia de la financiación CDTI - Cervera	10
• 4.2 Análisis Económico	11
- Crecimiento del mercado de ingredientes funcionales	11
- Aumento de la inversión en biotecnología alimentaria	11
- Ventaja competitiva española	11
• 4.3 Análisis Social	11
- Consumidores orientados a salud y bienestar	11
- Interés creciente por nutrición personalizada	11
- Valoración de la sostenibilidad	11
• 4.4 Análisis Tecnológico	12
- Madurez creciente de tecnologías extractivas verdes	12
- Avance acelerado de analíticas ómicas	12
- Tecnologías digitales y de vigilancia	12
• 4.5 Análisis Ecológico	12
- Reducción de impactos	12
- Bioeconomía circular	12
• 4.6 Análisis Legal	13
- Novel Foods	13
- Claims nutricionales y de salud	13
- Regulación NGTs (Nuevas Técnicas Genómicas)	13
- Normativa de ciberseguridad (NIS2)	13



5. SEÑALES DE CAMBIO IDENTIFICADAS	14
6. TENDENCIAS TECNOLÓGICAS CLAVE	14
• 6.1 Tendencia 1: Economía circular y valorización de subproductos	14
• 6.2 Tendencia 2: Tecnologías extractivas sostenibles (“Green Extraction”)	15
• 6.3 Tendencia 3: Tecnologías ómicas y caracterización molecular avanzada	16
• 6.4 Tendencia 4: Nutrición funcional, personalizada y de precisión	16
• 6.5 Tendencia 5: Digitalización, vigilancia tecnológica y ciencia de datos	16
• 6.6 Tendencia 6: Legislación, seguridad y ciberseguridad	17
7. ANÁLISIS DE PATENTES Y PUBLICACIONES	17
• 7.1 Patentes: áreas prioritarias de vigilancia	18
• 7.2 Publicaciones científicas: líneas de investigación más activas	18
8. TENDENCIAS DEL MERCADO Y MODELOS DE NEGOCIO	19
• 8.1 Auge de lo plant-based y de los ingredientes funcionales	19
• 8.2 Convergencia alimentación – nutracéutica – farma	20
• 8.3 Innovación abierta y startups	20
• 8.4 Factores de demanda estratégica	20
9. ESCENARIOS DE FUTURO	20
• 9.1 Innovación colaborativa acelerada	20
• 9.2 Escenario 1- Innovación colaborativa acelerada	21
• 9.3 Escenario 3 - Personalización total	21
• 9.4 Escenario 4 - Disrupción biotecnológica	22
10. ROADMAPS TECNOLÓGICOS	22
• 10.1 Roadmap Tecnológico 2024 - 2028	23
• 10.2 Roadmap Tecnológico 2025 - 2035	23
11. IMPACTOS Y OPORTUNIDADES	24
• 11.1 Impacto en competitividad	24
• 11.2 Impacto en el medio ambiente	24
• 11.3 Impacto en la innovación	24
• 11.4 Impacto en el talento	25
• 11.5 Impacto regulatorio y de gobernanza	25
12. CONCLUSIONES	25

1. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

El ecosistema Nutrialitec “Ecosistema para el impulso de la innovación alimentaria: las tecnologías extractivas sostenibles y ómicas al servicio de la nutrición funcional” está coordinado por CTNC y participan entidades como CTAEX, GOe Tech, UCAM, oloBion y artica+i. Su duración se extiende del **1 de abril de 2024 al 31 de diciembre de 2025**.

El proyecto se enmarca en la convocatoria de Ecosistemas de Innovación basados en Redes de Excelencia “Cervera”.

El reto global al que responde es la necesidad de avanzar hacia una alimentación más saludable y sostenible, tanto desde el punto de vista nutricional como ambiental, valorando subproductos agroindustriales, promoviendo tecnologías avanzadas y modelos de negocio innovadores en la cadena agroalimentaria.

Por tanto, la prospectiva que sigue considera los desarrollos tecnológicos clave, los actores y dinámicas, las oportunidades de mercado, sus riesgos y las proyecciones de cambio en el medio-plazo para este ecosistema.

Por tanto, Nutrialitec es un ecosistema de innovación nacional (2024–2025) financiado por CDTI-Innovación, cuyo propósito es transformar el sector agroalimentario mediante:

1. Tecnologías extractivas sostenibles

Que permiten obtener compuestos de alto valor (polifenoles, carotenoides, fibras funcionales, péptidos bioactivos) a partir de subproductos agroindustriales mediante técnicas de bajo impacto ambiental: CO₂ supercrítico, ultrasonidos, líquidos presurizados, técnicas no térmicas, membranas...

2. Tecnologías ómicas avanzadas

El ecosistema integra metabolómica, proteómica, lipidómica, volatilómica y carotenómica para caracterizar ingredientes, validar funcionalidad y vincularlos a biomarcadores de salud.

3. Nutrición funcional y personalizada

Con algoritmos basados en datos clínicos, microbiota, metabolómica, hábitos y estilo de vida.

4. Vehiculización y matrices alimentarias funcionales

Para transformar ingredientes validados en productos reales industrializables mediante microencapsulación, emulsiones, fermentaciones y aplicaciones culinarias avanzadas.

5. Digitalización y vigilancia tecnológica

El ecosistema dispone de un sistema de vigilancia tecnológica. El Observatorio constituye un eje estratégico del ecosistema, proporcionando vigilancia avanzada sobre: Bioeconomía, valorización vegetal, tecnologías extractivas, envases sostenibilidad, NGTs (Nuevas Técnicas Genómicas), Legislación alimentaria, Patentes globales (USPTO, EPO, OEPM), Publicaciones científicas, Startups y tendencias foodtech.

Este sistema de vigilancia alimenta la toma de decisiones, roadmaps tecnológicos, servicios a empresas, identificación de oportunidades de I+D e inversión.

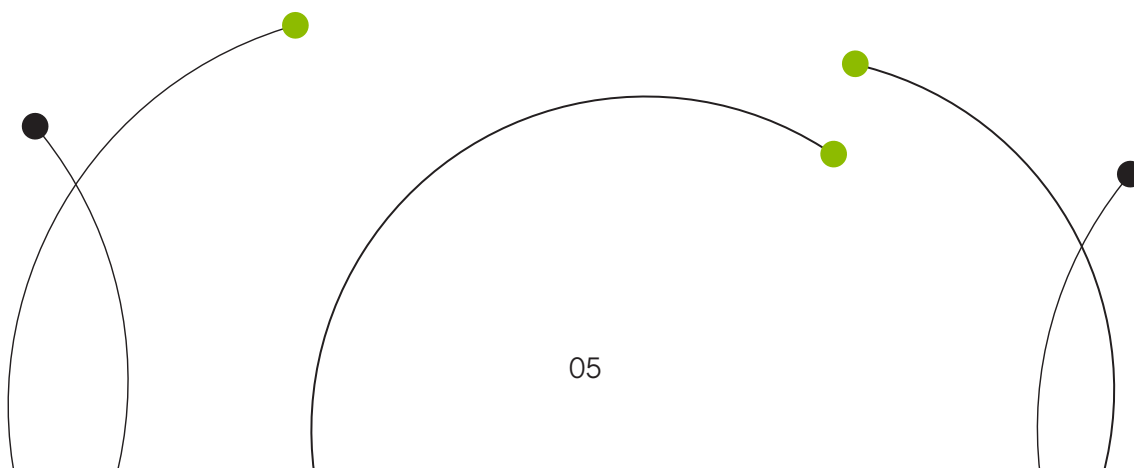
El ecosistema está concebido como un **espacio de cooperación multidisciplinar** que reúne a centros tecnológicos, universidades, empresas biotecnológicas y centros culinarios, con el objetivo de impulsar soluciones que conecten: **alimentación -salud -sostenibilidad - ciencia molecular - innovación industrial**.

El ecosistema persigue:

- ✓ **Valorización de subproductos agroindustriales** mediante tecnologías de bajo impacto ambiental.
- ✓ **Obtención de ingredientes funcionales** con evidencia científica robusta.
- ✓ **Validación ómica** desde la molécula hasta el impacto metabólico en humanos.
- ✓ **Desarrollo de alimentos funcionales viables industrialmente.**
- ✓ **Creación de nuevos modelos de negocio** basados en economía circular y nutrición personalizada.

A nivel operativo, Nutrialitec cuenta con:

- ✓ **Plantas piloto** para procesado, extracción y encapsulación.
- ✓ **Laboratorios gastronómicos** para validación culinaria y desarrollo de prototipos.
- ✓ **Equipamiento analítico avanzado**, especialmente en plataformas ómicas.
- ✓ **Infraestructuras de IA, digitalización y vigilancia tecnológica** para soporte estratégico.



2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ANÁLISIS PROSPECTIVO

El análisis de prospectiva tecnológica del ecosistema Nutrialitec tiene como finalidad orientar la toma de decisiones estratégicas, científicas, tecnológicas y empresariales en un contexto en rápida evolución marcado por la sostenibilidad, la digitalización y la nutrición avanzada.

A nivel operativo, Nutrialitec cuenta con:

Plantas piloto para procesado, extracción y encapsulación.

Laboratorios gastronómicos para validación culinaria y desarrollo de prototipos.

Equipamiento analítico avanzado, especialmente en plataformas ómicas.

Infraestructuras de IA, digitalización y vigilancia tecnológica para soporte estratégico.

2.1 Objetivos generales

- 01** Analizar las tecnologías clave que componen el ecosistema Nutrialitec, evaluando su madurez, potencial de impacto y rutas de desarrollo futuro. 
- 02** Explorar las tendencias científicas y tecnológicas globales en extracción sostenible, ómicas y nutrición funcional. 
- 03** Identificar oportunidades estratégicas para España y Europa en bioeconomía circular, alimentación saludable y biotecnología alimentaria. 
- 04** Detectar riesgos, barreras y aceleradores que puedan influir en el despliegue industrial de las tecnologías. 
- 05** Proponer recomendaciones aplicables a CTAEX y socios del ecosistema para maximizar impacto científico, económico y social. 

06

Establecer una visión prospectiva integrada hacia 2028 y 2035, mediante roadmaps tecnológicos y escenarios de futuro.



07

Definir prioridades de vigilancia tecnológica para el Observatorio Nutrialitec en áreas de patentes, publicaciones, legislación, startups y mercados globales.



2.2 Objetivos específicos por línea tecnológica

Línea 1 - Tecnologías extractivas sostenibles.

- Valorar métodos verdes con menor consumo energético y de solventes.
- Comparar rendimientos, escalabilidad y estabilidad funcional.
- Identificar corrientes prioritarias: tomate, olivar, frutas, vino, cereales.
- Evaluar competitividad española como líder en valorización vegetal.

Línea 2 - Tecnologías ómicas aplicadas a nutrición funcional.

- Determinar biomarcadores relevantes para ingredientes mediterráneos.
- Integrar perfiles metabolómicos, proteómicos y de microbiota.
- Apoyar estrategias de nutrición personalizada con evidencia científica.
- Explorar mercado global de productos con soporte ómico (>20% crecimiento anual).

Línea 3 - Vehiculización y matrices alimentarias funcionales.

- Definir matrices óptimas para vehiculizar compuestos bioactivos.
- Incorporar técnicas avanzadas de microencapsulación, emulsiones múltiples, fermentación y procesado suave.
- Desarrollar demostradores subproducto → ingrediente → analítica → alimento funcional.
- Validar impacto sensorial y estabilidad mediante gastronomía científica.



3. METODOLOGÍA

La metodología empleada combina técnicas de prospectiva, análisis tecnológico, vigilancia avanzada y revisión sistemática de fuentes científicas y regulatorias. El informe combina:

- Revisión documental y científica.
- Análisis de patentes y vigilancia tecnológica.
- Evaluación de tendencias globales en la industria alimentaria.
- Modelos prospectivos (PESTEL, escenarios, matriz de impactos)
- Contraste con expertos del ecosistema NUTRIALITEC.

La metodología se centra en identificar tecnologías emergentes, señales débiles y ventanas de oportunidad para la cadena de valor agroalimentaria.

3.1 Revisión documental y científica

Incluye la revisión de:

- Artículos científicos revisados por pares.
- Informes sectoriales internacionales de bioeconomía, foodtech y nutraceutica.
- Bases de datos ómicas y plataformas de análisis molecular.
- Documentación técnica sobre tecnologías extractivas sostenibles.

3.2. Análisis de patentes y vigilancia tecnológica

A partir del Observatorio Nutrialitec que revisa y clasifica información

- Oficinas de patentes (OEPM, EPO, USPTO).
- Documentos de búsqueda tecnológica en encapsulación, extracción verde, biomarcadores y personalización nutricional.
- Tendencias emergentes en plataformas digitales y soluciones basadas en IA para la industria alimentaria.

3.3 Análisis del Entorno mediante PESTEL

Se ha incluido el uso de esta herramienta, que también se recoge de una forma sencilla en el observatorio. Se han cubierto factores:



Político: Regulaciones sobre sostenibilidad, economía circular y declaraciones nutricionales.



Económico: Crecimiento del mercado de ingredientes funcionales; inversión privada en biotecnología.



Social: Consumidores orientados a salud, bienestar y alimentos naturales.



Tecnológico: Avances en ómicas, IA, bioprocesos y nuevas técnicas de extracción verdes.



Ecológico: Presión para reducir residuos, consumo energético y emisiones.



Legal: Etiquetado, claims saludables, requisitos de seguridad alimentaria y nuevas guías EFSA.

3.4. Identificación de Señales de cambio

En este punto se incluye:

- Emergencia de **ingredientes personalizados** basados en perfiles moleculares.
- Consolidación de **tecnologías de extracción sin disolventes**.
- Aceleración en el uso de **modelos de IA ómica** para predecir bioactividad.
- Expansión del **upcycling** de subproductos agroalimentarios.
- Crecimiento de plataformas colaborativas transdisciplinarias.

3.5. Construcción de escenarios

Se desarrollarán cuatro escenarios:

1. Innovación colaborativa acelerada.
2. Sostenibilidad obligatoria.
3. Personalización total.
4. Disrupción biotecnológica.

3.6. Roadmaps tecnológicos

Se elaboran dos Roadmaps a dos horizontes:

2024–2028 (corto-medio plazo)

2025–2035 (visión estratégica profunda)

Incluyen las fases:

- Adopción tecnológica.
- Integración ómicas+IA.
- Validación funcional.
- Escalado industrial.
- Ecosistema inteligente.

3.7. Validación experta

Consulta y contraste con:

- Equipos técnicos de los centros socios.
- Expertos en ómicas, sostenibilidad y nutrición funcional.
- Especialistas en vigilancia tecnológica y diagnóstico estratégico.



4. ANÁLISIS DEL ENTORNO (PESTEL)

El sector agroalimentario y nutracéutico se encuentra en un proceso de transformación profunda impulsado por factores regulatorios, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales. El ecosistema NUTRIALITEC mira hacia este contexto para anticipar riesgos, aprovechar oportunidades y orientar inversiones estratégicas.

4.1. Análisis político

En cuanto a legislación destacan políticas europeas que se reflejan aguas abajo, promocionando la trazabilidad, sostenibilidad y la digitalización. Más concretamente destacan:

Regulaciones europeas sobre sostenibilidad

La UE impulsa la estrategia “Farm to Fork”, centrada en reducir desperdicios, mejorar eficiencia y promover tecnologías limpias. La legislación exige mayor trazabilidad, transparencia y compromiso ambiental en alimentos procesados y funcionales.

Prioridades nacionales en innovación

España ha potenciado la bioeconomía circular, identificando la valorización agroindustrial como línea prioritaria. El PERTE Agroalimentario promueve digitalización, sostenibilidad y nuevos ingredientes de alto valor.

Relevancia de la financiación CDTI–Cervera

Nutrialitec se enmarca dentro de iniciativas que buscan fortalecer capacidades científico-tecnológicas en ecosistemas estratégicos, consolidando hubs regionales como Extremadura, País Vasco y Murcia.



4.2. Análisis económico

En este punto destacan el crecimiento del mercado de alimentos funcionales, la importancia de la biotecnología y el gran volumen de subproductos que se generan, concretamente.

Crecimiento del mercado de ingredientes funcionales

120.000 millones USD en 2024, con proyección de **200.000 millones USD para 2034**.

Aumento de la inversión en biotecnología alimentaria

Fondos europeos, capital privado y programas nacionales impulsan startups y spin-offs en alimentación saludable, nutraceutica y bioprocesos.

Ventaja competitiva española

España destaca por su disponibilidad de subproductos agroindustriales de gran volumen en: tomate, frutas de hueso, olivar, uva y vino, cereales y leguminosas.

4.3. Análisis social

El consumidor cada vez valora más lo natural, lo sostenible y la alimentación personalizada acorde a sus necesidades presentes y futuras, tales como:

Consumidores orientados a salud y bienestar

Demandan productos naturales, etiquetado limpio, ingredientes funcionales, alimentos vegetales de alta calidad.

Interés creciente por nutrición personalizada

Microbiota, metabolómica y recomendaciones personalizadas ganan peso en apps, centros clínicos y startups.

Valoración de la sostenibilidad

La ciudadanía exige empresas responsables con el entorno, valorización de residuos y economía circular.





4.4. Análisis tecnológico

En este apartado se tienen en cuenta los siguientes puntos:

Madurez creciente de tecnologías extractivas verdes

- CO₂ supercrítico, ultrasonidos, líquidos presurizados, PEF, técnicas no térmicas.
- Enfoque en reducir energía y solventes.
- Evaluación por huella ambiental.

Avance acelerado de analíticas ómicas

- Metabolómica, proteómica, microbioma, volatilómica...
- Integración con IA y aprendizaje automático.
- Identificación de biomarcadores para claims.

Tecnologías digitales y de vigilancia

El observatorio Tecnológico de Nutrialitec, opera y captura diariamente la información relevante en el área de trabajo del ecosistema en: patentes, artículos científicos, legislación, startups, eventos, tecnologías emergentes.

4.5. Análisis ecológico

En cuanto al análisis ecológico, destacan la reducción de impactos medidos bien a través de los análisis de ciclos de vida, o diferentes medidas de Huellas, destaca la economía circular, en resumen, se tiene en cuenta:

Reducción de impactos.

- Se evalúan las tecnologías mediante Análisis de Ciclo de Vida (LCA).
- Se priorizan procesos con bajo consumo energético y sin solventes.
- La valorización de subproductos permite reducir residuos y emisiones.

Bioeconomía circular

Nutrialitec se sitúa plenamente en el paradigma europeo de upcycling agroindustrial, generando nuevos recursos a partir de residuos.





4.6. Análisis legal

Basado en lo recogido en el observatorio Tecnológico destacan:

Novel Foods

Cualquier nuevo ingrediente funcional puede requerir autorización de EFSA.

Claims nutricionales y de salud

Deben estar basados en evidencia científica sólida, preferentemente ómica.

Regulación NGTs (Nuevas Técnicas Genómicas)

Línea de vigilancia prioritaria en el Observatorio.

Normativa de ciberseguridad (NIS2)

Afecta directamente a plataformas digitales de nutrición personalizada y sistemas de trazabilidad.



5. SEÑALES DE CAMBIO IDENTIFICADAS

La prospectiva tecnológica identifica **tendencias emergentes** que pueden alterar significativamente la industria alimentaria y nutracéutica. Concretamente, nos hemos centrado en seis:

- **Ingredientes personalizados basados en datos moleculares:** La metabolómica y la microbiota permiten desarrollar ingredientes dirigidos a subpoblaciones específicas. La nutrición de precisión será un motor de desarrollo industrial.
- **Consolidación de tecnologías extractivas sin disolventes:** Tecnologías como CO₂ supercrítico, PEF o ultrasonidos permitirán procesos más verdes y rentables. Estas tecnologías ya muestran TRLs elevados en algunos casos (6–8).
- **Aceleración en el uso de IA ómica:** La inteligencia artificial permite predecir bioactividad, estabilidad y sinergias entre compuestos. La combinación IA y ómicas será clave en la innovación de productos funcionales.
- **Expansión del upcycling agroalimentario:** La valorización de subproductos se convierte en exigencia regulatoria y de mercado. Cada corriente residual se considera potencial ingrediente premium.
- **Crecimiento de plataformas colaborativas transdisciplinares:** Nutrialitec se enmarca en esta tendencia global: tecnología + gastronomía + biotecnología + industria + salud.
- **Nuevos modelos de negocio basados en evidencia científica:** Las empresas exigirán validación molecular (biomarcadores, ómicas, ensayos) para diferenciar productos funcionales.

6. TENDENCIAS TECNOLÓGICAS CLAVE

En este punto se describe en detalle las seis tendencias tecnológicas estructurales que sustentan el ecosistema Nutrialitec, integrando la información recogida en los apartados anteriores.

6.1. Tendencia 1: Economía circular y valorización de subproductos

La economía circular es uno de los pilares estratégicos del ecosistema. Los documentos consultados destacan que la valorización de subproductos agroindustriales constituye una oportunidad tecnológica, una exigencia ambiental y un motor económico para nuevos modelos de negocio.

Los subproductos de tomate, uva, olivar, fruta, cereales y leguminosas representan un recurso clave para generar: fibras funcionales, polifenoles y antioxidantes, péptidos bioactivos, carotenoides, micronutrientes funcionales.

En este sentido, se consideran desarrollos relevantes:

- La optimización de procesos de extracción y fraccionamiento.
- La estabilidad de compuestos sensibles a temperatura y oxidación.
- Las evaluaciones de ciclo de vida (LCA) y reducción de huella ambiental.
- La integración de metodologías circulares: upcycling y biorefinería

Oportunidades detectadas para Nutrialitec: Desarrollar soluciones tecnológicas completas que conecten origen vegetal, sostenibilidad y evidencia funcional.

6.2. Tendencia 2: Tecnologías extractivas sostenibles (“Green Extraction”)

Es la línea tecnológica base estructural del ecosistema. Nutrialitec se apoya en tecnologías Cervera avanzadas, incluyendo las siguientes tecnologías clave:

- CO₂ supercrítico: con TRL 8., tiene un alto rendimiento y sin residuos químicos.
- Líquidos presurizados: Adecuados para compuestos polares y termolábiles.
- Ultrasonidos: Mayor penetración, menor tiempo de proceso.
- Pulsos eléctricos (PEF): Aumenta la permeabilidad celular, mejora extracción.
- Extracción asistida por enzimas: Ruptura selectiva de paredes vegetales.
- Procesos de intensificación energética: Reducción de energía y solventes.
- Membranas y filtración selectiva: Fraccionamiento escalable industrialmente

En este sentido, las tendencias del mercado son claras, el mercado global de ingredientes funcionales crecerá de 120 mil millones USD (2024) a 200 mil millones USD (2034), impulsado por extractos naturales con alto valor añadido.

Oportunidades detectadas para Nutrialitec:

- Corrientes prioritarias: tomate, frutas de hueso, oliva, vino, cereales.
- Creación de un servicio de screening extractivo para pymes.
- Publicación de balances de masas y huellas ambientales.





6.3. Tendencia 3: Tecnologías ómicas y caracterización molecular avanzada

La segunda línea tecnológica del ecosistema Nutrialitec se basa en ciencias ómicas, esenciales para: caracterizar compuestos bioactivos, comprender su actividad fisiológica, validar evidencia científica y apoyar estrategias de nutrición personalizada.

En este caso, OloBion, aporta un conjunto de técnicas en este sentido, tales como: plataformas ómicas disponibles, metabolómica (núcleo funcional del proyecto), proteómica, lipidómica, volatilómica, carotenómica microbiota intestinal, bioinformática avanzada.

En cuanto a las **tendencias científicas más relevantes** en este punto, destacan.

- Integración de perfiles multi-ómicos en plataformas unificadas.
- IA para interpretar grandes volúmenes de datos moleculares.
- Identificación de biomarcadores funcionales.
- Aceleración de metodologías para validar claims de salud.

En cuanto al mercado, la metabolómica pasará de 3,8 mil millones USD (2024) a 14,4 mil millones USD (2034) con un crecimiento anual superior al 20%.

6.4. Tendencia 4: Nutrición funcional, personalizada y de precisión

Nutrialitec, liderado por GOe Tech Center y UCAM, aporta herramientas para un avance fundamental del sector: del “alimento funcional generalista” al alimento personalizado basado en datos multiómicos.

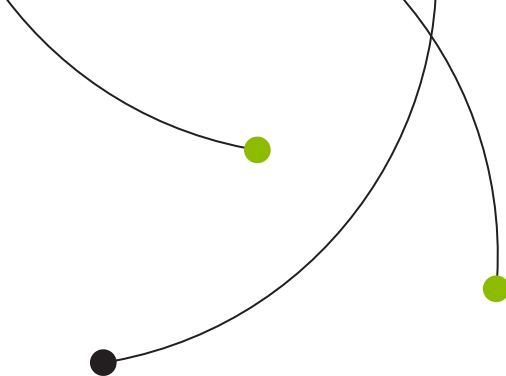
Esta tendencia es aplicable en:

- Diseño de alimentos funcionales dirigidos a salud metabólica, intestinal y cognitiva.
- Ensayos de intervención nutricional.
- Algoritmos de estratificación para recomendaciones personalizadas.
- Evaluación de biodisponibilidad y sinergias entre compuestos.

En cuanto al mercado y a las oportunidades que se generan destaca el crecimiento acelerado de soluciones de personalización basadas en análisis ómicos y un mayor interés en ingredientes mediterráneos validados científicamente.

6.5. Tendencia 5: Digitalización, vigilancia tecnológica y ciencia de datos

CTAEX junto con las aportaciones de los diferentes socios del ecosistema, opera y desarrolla el Observatorio Tecnológico del proyecto.



Las funciones principales del observatorio son la captura diaria automatizada de contenido, la clasificación inteligente por temas y fiabilidad y la monitorización continua de: patentes, artículos, legislación, startups, tendencias foodtech. Además, a partir de la información generada, se elaboran informes de tendencias e inteligencia competitiva, además de dar soporte estratégico para empresas y líneas de I+D.

6.6. Tendencia 6: Legislación, seguridad y ciberseguridad

La regulación es un factor transformador clave para los siguientes ámbitos: Novel Foods (EFSA), claims de salud y nutricionales, nuevas Técnicas Genómicas (NGTs), etiquetado sostenible y trazabilidad ambiental, normativa europea NIS2 de ciberseguridad aplicable a sistemas alimentarios digitalizados

Se espera que la regulación tenga un impacto directo en:

- Requerimiento creciente de evidencia científica (ómicas).
- Necesidad de trazabilidad en toda la cadena de valor.
- Exigencias de seguridad en plataformas de nutrición personalizada.
- Mayor control sobre biotecnologías emergentes.

7. ANÁLISIS DE PATENTES Y PUBLICACIONES

El análisis de patentes y literatura científica es esencial para identificar tecnologías emergentes, evaluar la solidez de las tendencias y anticipar movimientos de competencia internacional.

El ecosistema a través del Observatorio Nutrialitec, lleva a cabo una vigilancia estructurada que combina: captura automática diaria, categorización temática, priorización por impacto, análisis expertizado y síntesis estratégica.

De manera general, destaca:

- El crecimiento sostenido en patentes sobre extracción verde.
- España presenta actividad relevante en tecnologías supercríticas y valorización de subproductos.
- Se observa una mayor concentración de patentes en Asia, Europa y EE. UU.
- Publicaciones destacadas en ómicas aplicadas al descubrimiento de ingredientes funcionales.

A continuación, se especifican las áreas más relevantes en cuanto a patentes y publicaciones relacionadas con el ecosistema y que han sido monitorizadas por el Observatorio del proyecto:

7.1. Patentes: áreas prioritarias de vigilancia

1. Procesos de extracción y fraccionamiento sostenible.

Las patentes se centran en: CO₂ supercrítico, ultrasonidos, pulsos eléctricos (PEF), membranas avanzadas, líquidos presurizados, enzimas, combinaciones híbridas (por ejemplo, PEF + SC-CO₂). Motivo de vigilancia: optimización de rendimiento, selectividad y sostenibilidad.

2. Sistemas de encapsulación y procesado avanzado.

Incluyen patentes en: microencapsulación, nanoencapsulación, emulsiones múltiples, coacervación, recubrimientos protectores. Objetivo: mejorar estabilidad, biodisponibilidad y liberación controlada.

3. Plataformas ómicas aplicadas a alimentos y salud.

Patentes relacionadas con: kits metabolómicos para alimentos, análisis multiómico integrado, correlaciones biomarcador-ingrediente, IA aplicada a ómicas.

4. Ingredientes funcionales emergentes.

Patentes orientadas a: péptidos bioactivos, fibras funcionales específicas, compuestos fenólicos novedosos, metabolitos postbióticos, proteínas alternativas vegetales.

5. Soluciones digitales para nutrición de precisión.

Incluye innovaciones en: algoritmos personalizados, plataformas nutricionales basadas en IA, digital twins nutricionales, aplicaciones clínicas y de consumo.

6. Tecnologías relacionadas con NGTs y biotecnología alimentaria.

Las patentes incluyen: nuevas herramientas de edición genética, plantas modificadas para aumentar compuestos bioactivos, sistemas de trazabilidad y verificación genética. Relevante no solo tecnológicamente, sino regulatoriamente.



7.2 Publicaciones científicas: líneas de investigación más activas

Las publicaciones que se han registrado se pueden dividir en las siguientes categorías:

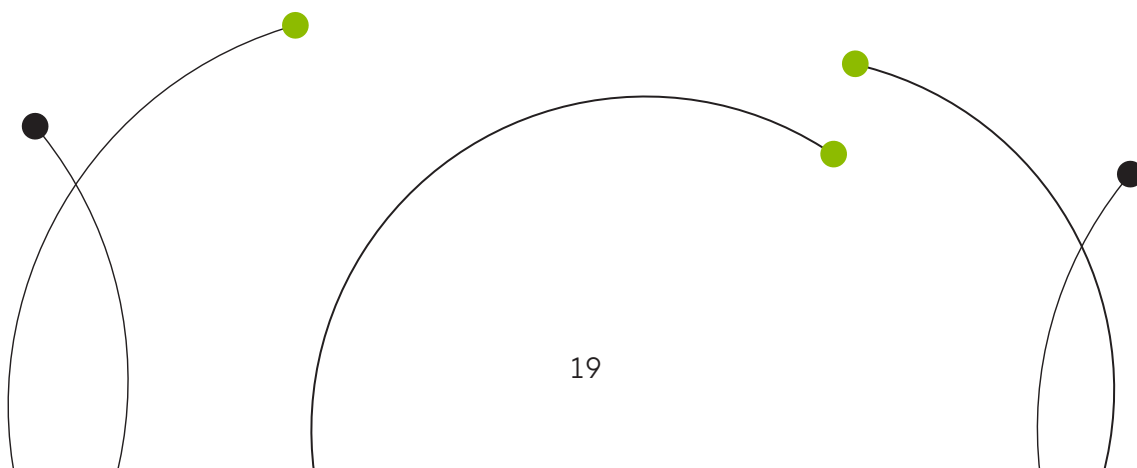
- **Ensayos clínicos y de intervención nutricional.** Especialmente relacionado con: alimentos funcionales, prebióticos, probióticos y postbióticos, ingredientes vegetales mediterráneos, metabolómica de respuesta nutricional.
- **Combinación de patentes + literatura.** Es una metodología emergente de gran valor para generar: mapas de tendencias, análisis de madurez tecnológica, identificación de huecos de mercado.
- **Estudios sobre el impacto del procesado.** Investigaciones que evalúan: cómo técnicas culinarias y procesos industriales modifican perfiles bioactivos, metabolitos, y beneficios nutricionales.
- **Evaluaciones de sostenibilidad y análisis de ciclo de vida.** Relacionados con: procesos de valorización, tecnologías extractivas verdes, impacto ambiental comparativo entre métodos.
- **Adopción de tecnologías digitalizadas y ciberseguras.** Especialmente relevantes tras la entrada en vigor de la directiva europea NIS2.

8. TENDENCIAS DEL MERCADO Y MODELOS DE NEGOCIO

Las tendencias de mercado recogidas en documentos del ecosistema y en análisis externos integrados por el Observatorio ofrecen una visión clara hacia dónde se dirige la industria. Destacan las siguientes líneas:

8.1 Auge de lo plant-based y de los ingredientes funcionales

- Crecimiento sostenido de productos vegetales con propiedades funcionales.
- Consumidores buscan alternativas saludables, ricas en antioxidantes, fibras o compuestos bioactivos.
- Oportunidades en subproductos mediterráneos (tomate, uva, olivar).
- Tendencia global a sustituir ingredientes sintéticos por naturales extraídos de plantas.





8.2. Convergencia alimentación – nutraceutica – farma

- El ecosistema incorpora explícitamente el sector farmacéutico como usuario potencial.
- La demanda de ingredientes con evidencia científica es creciente.
- Surgen espacios híbridos entre alimento funcional y complementos nutricionales.

8.3. Convergencia alimentación – nutraceutica – farma

- Reto Nutrialitec + programas de aceleración.
- Testeo de soluciones de startups en entornos reales.
- Enfoque en IA, nutrición personalizada, tecnología culinaria, sostenibilidad.

8.4. Factores de demanda estratégica

- Sostenibilidad obligatoria: exige procesos verdes.
- Consumidor busca “salud + natural + ciencia”.
- Mayor interés en soluciones vegetales mediterráneas.
- Necesidad de diferenciación mediante evidencia ómica.
- Digitalización de la nutrición personalizada como nuevo mercado.

9. ESCENARIOS DE FUTURO

Los escenarios permiten visualizar posibles configuraciones del sistema alimentario en los próximos 10–15 años, considerando factores reguladores, tecnológicos, económicos y sociales.

A continuación, se presentan los cuatro escenarios oficiales desarrollados para Nutrialitec.

9.1. Escenario 1 — Innovación colaborativa acelerada

Este es el escenario óptimo para Nutrialitec.

Características:

- La industria adopta tecnologías extractivas sostenibles de forma masiva.
- La digitalización impulsa la aparición de plataformas integradas de ciencia ómica.
- Las empresas colaboran activamente con CTAEX, CTNC, ARTICA+I, UCAM, GOe Tech Center y oloBion.
- Los ingredientes funcionales mediterráneos ganan peso internacional.



Implicaciones:

- España se posiciona como hub europeo de bioeconomía vegetal.
- Gran expansión de productos funcionales con evidencia científica.
- Incremento de patentes y nuevas empresas (spin-offs y startups).

9.2. Escenario 1 — Innovación colaborativa acelerada

Impulsado por cambios regulatorios europeos.

Características:

- Legislación estricta obliga a reducir residuos, solventes, emisiones y energía.
- Se incentivan procesos verdes y tecnologías circulares.
- Novel Foods y NGTs son regulados con mayor claridad.

Implicaciones:

- Aceleración de la valorización agroindustrial.
- Las empresas adoptan extracción verde como estándar.
- La demanda de datos ambientales verificables aumenta.

9.3. Escenario 3 — Personalización total

La alimentación se integra en el sistema sanitario y digital.

Características:

- La metabolómica y la microbiota permiten dietas personalizadas.
- Las plataformas de IA recomiendan ingredientes y productos funcionales a medida.
- La industria desarrolla formulaciones específicas para grupos poblacionales.

Implicaciones:

- Aceleración de la valorización agroindustrial.
- Las empresas adoptan extracción verde como estándar.
- La demanda de datos ambientales verificables aumenta.



9.4. Escenario 4 — Disrupción biotecnológica

Transformación profunda impulsada por nuevas tecnologías.

Características:

- Las NGTs permiten cultivos mejorados ricos en compuestos bioactivos.
- Innovaciones de biotecnología alimentaria desplazan procesos tradicionales.
- Los bioprocesos fermentativos producen ingredientes funcionales de alta pureza.

Implicaciones:

- Nuevos modelos de negocio basados en producción biotecnológica.
- Mayor competencia global.
- Europa establece regulaciones aceleradas para mantener competitividad.

10. ROADMAPS TECNOLÓGICOS

Se presentan los dos roadmaps oficiales del proyecto:

- **Corto-medio plazo (2024–2028)**
- **Estratégico-largo plazo (2025–2035)**

Integran:

- Adopción tecnológica.
- Validación científica.
- Escalabilidad industrial.
- IA+ómicas.
- Desarrollo de productos funcionales.
- Creación de ecosistema inteligente.



10.1. Roadmap Tecnológico 2024–2028



10.2. Roadmap Tecnológico 2025–2035





11. IMPACTOS Y OPORTUNIDADES

Este apartado integra la matriz de impacto incluida en la documentación de prospectiva Nutrialitec y amplía sus implicaciones para el ecosistema. El ecosistema presenta impactos significativos en cinco ámbitos clave: **competitividad, medio ambiente, innovación, talento y regulación.**

11.1. Impacto en competitividad

Transformación del modelo agroalimentario español.

- Desarrollo de nuevos **ingredientes funcionales premium** a partir de corrientes vegetales mediterráneas.
- Creación de **nuevos modelos de negocio** basados en upcycling, tecnologías verdes e ingredientes saludables.
- Fortalecimiento de capacidades de I+D industrial gracias a CTAEX, CTNC y los socios del ecosistema.
- Incremento de patentes, propiedad intelectual y spin-offs tecnológicas.

Resultado esperado: España mejora su posicionamiento en el mercado global de ingredientes funcionales, proyectado a 200.000 M USD en 2034.

11.2. Impacto en el medio ambiente

Reducción significativa de residuos agroalimentarios.

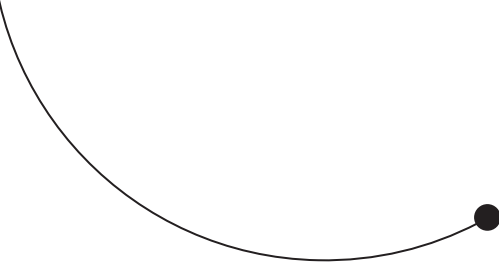
- Las tecnologías extractivas sostenibles permiten recuperar valor de subproductos.
- Los procesos verdes reducen uso de solventes y energía.
- Las metodologías LCA permiten evaluar y optimizar el impacto ambiental de cada ruta tecnológica.

Resultado esperado: Disminución de la huella ambiental del sector alimentario mediterráneo y contribución real a la economía circular.

11.3. Impacto en la innovación

Impulso directo a la biotecnología alimentaria.

- Integración de tecnologías ómicas aplicadas a ingredientes y alimentos.
- Generación de evidencia molecular para claims nutricionales.
- Creación de ecosistemas transdisciplinares: tecnología + gastronomía + nutrición + salud.



Resultado esperado: Ecosistema español más especializado, con mayor capacidad para liderar tendencias internacionales.

11.4. Impacto en el talento

Fortalecimiento de las capacidades humanas del ecosistema agroalimentario.

- Formación avanzada en tecnologías extractivas, ómicas, nutrición de precisión y digitalización.
- Atrae perfiles científicos de alto valor añadido.
- Facilita nueva empleabilidad en industrias alimentarias, centros de investigación y startups.

Resultado esperado: Generación de un talento altamente especializado que incrementa la competitividad y sostenibilidad del ecosistema español.

11.5. Impacto regulatorio y de gobernanza

Mejora del marco regulatorio y de la capacidad de anticipación normativa.

- Apoyo a empresas frente a normativas emergentes: Novel Foods, NGTs, claims, NIS2.
- El Observatorio Tecnológico permite anticipar cambios regulatorios, evitando riesgos y acelerando el time-to-market.

Resultado esperado: Un entorno regulatorio más predecible y favorable que impulsa la innovación y reduce barreras de acceso al mercado.

12. CONCLUSIONES

La memoria final recoge una visión integrada y profunda del ecosistema Nutrialitec, basada en tecnologías sostenibles, ciencia ómica avanzada, nutrición funcional y digitalización alimentaria.

Entre las conclusiones principales:

Nutrialitec es un ecosistema estratégico para España

Capaz de liderar el desarrollo de ingredientes y alimentos funcionales basados en ciencia y sostenibilidad.



Las tres líneas tecnológicas forman un triángulo de valor.

1. Tecnologías extractivas sostenibles.
2. Caracterización ómica.
3. Vehiculización en alimentos funcionales.

El mercado es altamente favorable

La demanda de ingredientes funcionales aumenta globalmente, y los mediterráneos tienen un posicionamiento diferenciado.

La prospectiva indica un futuro basado en:

- Sostenibilidad obligatoria.
- Personalización nutricional.
- IA + ómicas.
- Nuevos modelos de negocio circulares.

Existe una oportunidad real de liderazgo europeo.

Especialmente en bioeconomía circular vegetal, nutrición molecular y alimentos funcionales de nueva generación.

