



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (ICADE)

***El Reto de la Sostenibilidad y Nuevos
Requerimientos de Innovación en el Sector
Alimentario: Nuevos Modelos de Negocio***

Autor/a: Belén Ramiro González

Director/a: M.^a Luisa Blázquez de la Hera

MADRID | Marzo 2024

RESUMEN

En un contexto donde la sostenibilidad adquiere creciente importancia en la sociedad y se convierte en un factor diferencial y determinante en las decisiones empresariales, la industria alimentaria enfrenta desafíos regulatorios, económicos y sociales que impactan directamente en su modelo de negocio. Estos desafíos están estrechamente vinculados a la necesidad de innovar en los procesos de producción de productos alimenticios, con el objetivo reducir su impacto ambiental, el cual ha sido significativo hasta el momento.

La búsqueda de soluciones innovadoras implica inversiones significativas en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), lo que conduce a la creación de productos alimenticios cada vez más sostenibles, que pueden manifestarse en formas con diseños y envases reutilizables, la promoción de productos de origen vegetal, y el uso de tecnologías avanzadas como blockchain o inteligencia artificial (IA) para mejorar la trazabilidad y transparencia, satisfaciendo así las demandas de los consumidores finales. Enfrentar estos retos suele ser menos problemático para las grandes corporaciones que cuentan con mayores recursos financieros, pero representa una amenaza para su supervivencia para las pequeñas y medianas empresas (PYMES), cuya capacidad de financiación no se compara con la de las multinacionales, estos retos pueden representar. La adaptación a las nuevas exigencias de sostenibilidad se vuelve crucial para el futuro de estas empresas en un mercado cada vez más consciente del medio ambiente.

El presente trabajo de fin de curso pretende analizar en detalle los desafíos y oportunidades que enfrenta la industria alimentaria en su camino hacia la sostenibilidad, destacando la innovación y la colaboración para lograr un futuro más sostenible en este sector clave para la economía global. Su análisis y evaluación se ha realizado apoyándose en la información pública disponible y la visión aportada por dos profesionales del sector entrevistados. Los resultados obtenidos demuestran el impacto innovador que las regulaciones sostenibles y preferencias de los consumidores ha tenido en el modelo de negocio de las empresas alimentarias, siendo necesaria la inversión en prácticas y sostenibles para poder afrontarlo. No obstante, la tipología de inversión depende del tipo de empresa, su capacidad financiera y los objetivos sostenibles que pueda tener.

Palabras clave: sostenibilidad, industria alimentaria, PYMES, cadena de suministro, Blockchain, Inteligencia Artificial, eficiencia energética, plant-based

ABSTRACT

In a context where sustainability is increasingly gaining importance within society and becomes a differential and determining factor in companies' decision-making processes, the food industry faces regulatory, economic, and social challenges that directly impact its business model. These challenges are closely linked to the need to innovate in food production processes with the aim of reducing their environmental impact, which has been significant up to this point.

The search for innovative solutions involves significant investments in research, development, and innovation (R&D+I), leading to the creation of increasingly sustainable food products. These may take the form of designs and reusable packaging, the promotion of plant-based products, and the use of advanced technologies such as blockchain or artificial intelligence (AI) to improve traceability and transparency, thereby meeting the demands of end customers. Facing these challenges is often less problematic for large corporations with greater financial resources, but it poses a threat to the survival of small and medium-sized enterprises (SMEs), whose financing capacity doesn't compare to that of multinational companies. Adaption to the new sustainability requirements becomes crucial for the future of these companies in an increasingly environmentally conscious market.

This thesis aims to analyze in detail the challenges and opportunities that the food industry faces on its path towards sustainability, highlighting innovation and collaboration as key drivers towards achieving a more sustainable future in this pivotal sector for the global economy. Its analysis and evaluation were based on publicly available information and the views of two interviewed professionals from the sector. The results obtained demonstrate the innovative impact that sustainable regulations and consumer preferences have had on the business model of food corporations, requiring their investment in sustainable practices to be able to cope with it. However, the type of investment depends on the type of company, its financial capacity, and the sustainable objectives it may have.

Key words: sustainability, food industry, SMEs, supply chain, Blockchain, Artificial Intelligence, energy efficiency, plant-based

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVOS	8
3. METODOLOGÍA	9
4. ANÁLISIS	11
4.1. Contexto e historia de la industria alimentaria: importancia y evolución	11
4.1.1. Descripción y evolución de la industria alimentaria	11
4.1.2. Importancia global.....	12
4.1.3. Importancia en España.....	13
4.2. La sostenibilidad en la industria alimentaria	15
4.2.1. Contexto de la sostenibilidad: importancia y evolución.....	15
4.2.2. Impacto ambiental de la industria alimentaria.....	17
4.2.3. Retos que la sostenibilidad supone a la industria alimentaria	19
4.2.3.1. Retos regulatorios	20
4.2.3.2. Retos sociales	22
4.2.4. Impacto de los cambios sostenibles en la industria alimentaria	25
4.2.4.1. Impacto positivo	25
4.2.4.2. Impacto negativo	26
4.3. Respuesta de la industria alimentaria a los retos sostenibles	27
4.3.1. Tecnologías de innovación sostenible	33
4.3.1.1. La tecnología de Blockchain	33
4.3.1.2. La tecnología de Inteligencia Artificial	35
4.3.1.3. Otras tecnologías sostenibles.....	38
4.3.2. Casos de empresas que han implantado las soluciones sostenibles.....	40
4.3.2.1. Nestlé.....	40
4.3.2.2. Walmart	42
4.3.2.3. ISIFarmer.....	43
4.3.2.4. NotCo.....	45
4.3.2.5. Ekonoke	47

4.4. Dificultad de implementación de medidas sostenibles	48
4.4.1. Desafíos de sostenibilidad para la industria alimentaria	48
4.4.2. El reto particular de las PYMES.....	49
4.4.2.1. Análisis de selección de tecnologías sostenibles para PYMES.....	49
4.5. Limitaciones del trabajo y futuras área de investigación	61
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
6. BIBLIOGRAFÍA	69
7. ANEXOS.....	78
7.1. Ponentes de las entrevistas.....	78
7.2. Entrevistas a profesionales del sector	78
7.2.1. Marcos Enríquez – ISIFarmer	78
7.2.2. Inés Sagrario – Ekonoke.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación Datos Comercio Exterior de Industria Alimentaria 2021-22....	14
Tabla 2: Los tres tipos de sostenibilidad	15
Tabla 3: Principales novedades regulatorias en la industria alimentario en 2023 y su ley de referencia	20
Tabla 4: Principales respuestas de la industria alimentaria	28
Tabla 5: Contribuciones y beneficios de las tecnologías sostenibles	39
Tabla 6: Ponentes de las entrevistas personales a profesionales del sector.....	78

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Importancia de la sostenibilidad en la estrategia empresarial	16
Ilustración 2: La huella de carbono de los alimentos - Emisiones CO ₂ /Kg.....	18
Ilustración 3: Principales desafíos de la cadena de suministro para los expertos en operaciones	24

Ilustración 4: Siete estrategias para implementar el ecodiseño en la industria alimentaria	30
Ilustración 5: Trazabilidad de extremo a extremo de la cadena de suministro posibilitada por Blockchain.....	35
Ilustración 6: Relación coste implementación vs impacto sostenible de las prácticas sostenibles.....	54
Ilustración 7: Relación coste implementación vs contribución a la mitigación de desperdicio alimentario de las prácticas sostenibles.....	60

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Tamaño del mercado mundial de alimentos y bebidas funcionales de 2020 a 2021 y previsión hasta 2028	13
Gráfico 2: Desperdicio de alimentos en 2019 y su procedencia	19
Gráfico 3: Perspectiva de crecimiento global del mercado plant-based.....	23
Gráfico 4: Tasa de crecimiento del consumo de productos de proteína vegetal como alternativa a la proteína animal en el mundo de 2020 a 2030 por tipo de alimento	32
Gráfico 5: Huella medioambiental de leche animal y leche vegetal	46

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la industria alimentaria ha adquirido una posición destacada a nivel global, consolidándose como uno de los principales motores del Producto Interior Bruto (PIB). Sin embargo, la industria experimenta notables cambios impulsados por las cambiantes tendencias y demandas alimenticias de la sociedad. En la actualidad, los consumidores tienen cada vez más conocimiento sobre los alimentos y el medioambiente, lo que ha generado una creciente inquietud por la calidad de estos y su impacto ambiental (Deloitte, 2021).

Por ejemplo, actualmente predomina la preferencia de reemplazar los alimentos de origen animal por **alternativas vegetales** y sus derivados, una tendencia que no solo responde a preferencias dietéticas, sino que además contribuye a la **reducción del impacto medioambiental**, a la vez que fomenta la innovación en los modelos de negocio del sector. En consecuencia, la industria alimentaria se ha convertido en un foco de interés para los inversores, quienes buscan respaldar innovaciones que se ajusten a las nuevas preferencias de los consumidores, enfatizando modelos de negocio y cadenas de suministro más sostenibles.

En el contexto del siglo XXI, la sostenibilidad emerge como una imperiosa necesidad que involucra a todos los sectores de la sociedad y la actividad productiva. Sin embargo, este imperativo adquiere una relevancia aún mayor en la industria alimentaria, la cual mantiene una estrecha vinculación con la preservación medioambiental (García, 2020). Las compañías dedicadas a la producción de alimentos enfrentan el desafío de gestionar eficazmente los recursos y reducir su impacto ambiental a lo largo de su cadena de valor, desde la etapa de cultivo hasta la distribución y comercialización de productos. Es importante destacar que, durante este proceso, estas empresas generan una cantidad considerable de residuos, los cuales requieren una gestión responsable y sostenible. Además, el uso indiscriminado de fertilizantes contaminantes en la agricultura intensiva no solo deteriora la calidad del suelo y del agua, sino que también emite gases de efecto invernadero a la atmósfera, exacerbando así el problema del cambio climático. Ante este escenario, es fundamental que la industria alimentaria **adopte prácticas más sostenibles y eficientes**, buscando alternativas que promuevan la producción responsable, la reducción de desperdicios y la mitigación de su huella ambiental.

En un entorno marcado por la implementación de **nuevas regulaciones sostenibles**, las empresas del sector alimentario se ven forzadas a reevaluar sus modelos de negocio e invertir en costosas soluciones innovadoras a lo largo de su cadena de valor (Acosta, 2022). Las repercusiones de estas regulaciones varían según la empresa, siendo especialmente desafiantes para las pequeñas y medianas empresas (PYMES), ya que la **innovación requiere un alto nivel de inversión** y estas se pueden encontrar limitadas por fuertes **restricciones financieras** (Gastronomía, 2021). En consecuencia, estas PYMES se enfrentan al desafío de adaptarse a la sostenibilidad, lo que implica mejorar su cadena de suministro, la conformidad con regulaciones cada vez más exigentes, y la satisfacción de las cambiantes demandas de la sociedad. Por ello, estas deben **explorar soluciones creativas que se ajusten a su capacidad de inversión**, o considerar nuevas fuentes de financiación como inversores de impacto o colaboraciones estratégicas con otras organizaciones.

2. OBJETIVOS

Este análisis de trabajo de fin de grado tiene como **objetivo principal** analizar el impacto que la sostenibilidad tiene en el modelo de negocio de la empresa de la industria alimentaria y la manera en la que estas responden a las innovaciones costosas que se requieren, diferenciando entre PYMES y las grandes empresas.

Para poder responder al objetivo, se irán dando respuesta a unos **objetivos secundarios** a lo largo del análisis del trabajo:

- La evolución de la tendencia de la sostenibilidad en la industria alimentaria: evolución tanto social como regulatoria.
- Evaluar el impacto que tienen las prácticas actuales de las empresas alimentarias en el medioambiente.
- Analizar los principales cambios en los factores de éxito en las estrategias de las empresas del sector alimentario.
- Reconocer las áreas de mejora en la cadena de valor de las empresas del sector alimentario, donde se puedan implementar soluciones innovadoras que apoyen en la sostenibilidad y cumplan con las regulaciones.

- Investigar las diversas soluciones innovadoras que se pueden llevar a cabo (tecnologías, métodos de producción, cambios en la cadena de suministro, etc.) para mejorar la sostenibilidad de sus modelos de negocio.
- Identificar las limitaciones que ciertas PYMES puedan tener en comparación a las empresas más grandes con mayor capacidad de financiación, y explorar alternativas para hacer frente a esos retos.
- Identificar las prácticas sostenibles que mejor encajan las necesidades de las PYMES en relación con su limitada capacidad de inversión financiera.

3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este análisis, se empleará principalmente una investigación de carácter cualitativo, apoyada en dos técnicas de investigación principales:

- ***Análisis externo apoyado en fuentes de información secundarias:*** Se ha llevado a cabo un análisis externo a raíz de información recopilada de fuentes externas ya existentes. Con esto se buscaba realizar una investigación general sobre el tema a tratar y, además, poder identificar empresas profesionales que podrían ser potencialmente entrevistados o analizados en profundidad para la recolección de datos primarios. Para este propósito, se ha empleado el método de investigación de información secundaria conocido como “*desktop research*”, recurriendo a una amplia gama de fuentes. Esto incluyó artículos de prensa, informes especializados, base de datos del sector y los sitios web de empresas alimentarias.

Algunos ejemplos de herramientas que se han puesto en uso son informes, artículos de prensa o noticias en relación con la industria alimentaria, la sostenibilidad, el impacto que esta tiene en la industria, cómo las empresas responden a los retos que se presentan y el gran papel que las nuevas tecnologías juegan en las estrategias de defensa.

En concreto, se han identificado y analizado en profundidad los modelos de negocio y procesos de producción de cuatro empresas del sector alimentario (dos multinacionales y dos empresas emergentes), que se ajustan a las regulaciones sostenibles y responden a las tendencias alimentarias actuales mediante el uso de tecnologías innovadoras:

- *Nestlé* – Inteligencia Artificial y productos *plant-based*
- *Walmart* – Tecnología Blockchain
- *ISIFarmer* – Tecnología Blockchain, Internet of Things (IoT), Big Data
- *NotCo* – Inteligencia Artificial y productos *plant-based*
- *Ekonoke* – Energía renovable y sensores IoT
- ***Análisis externo apoyado en información propia y original:*** Para validar, ampliar o aclarar la información y los resultados iniciales obtenidos del análisis externo apoyado en fuentes de secundarias. La información se ha obtenido a través de la realización de entrevistas personales a profesionales del sector¹, específicamente tratándose de fundadores de empresas emergentes dentro del sector *Agrotech*.
 - Marcos Enríquez – CEO y fundador de ISIFarmer
 - ISIFarmer es una start-up española dedicada a la agricultura vertical urbana, ubicándola dentro del sector *Agrotech*. Cultiva grandes volúmenes de hortalizas de forma sostenible, mediante el uso de sensores basados en tecnologías Internet of Things (IoT), robótica y, finalmente, Blockchain, con lo que ofrece a los consumidores la transparencia de su cadena de valor.
 - Inés Sagrario – CEO y fundadora de Ekonoke
 - Ekonoke es una start-up española especializada en el cultivo hidropónico de lúpulo, ubicándola dentro del sector de *Agrobiotech*. Tienen el objetivo de salvar la industria cervecera con su cultivo interno de lúpulos, buscando mitigar los riesgos del mercado mundial de lúpulos actual, caracterizado por producciones decrecientes y precios al alza. Usan I+D+i y tecnologías sostenibles avanzadas para cultivar los lúpulos de manera más ecológica y con menor impacto ambiental.

¹ Más detalle sobre las entrevistas personales realizadas y los propios entrevistado en apartado de Anexos.

4. ANÁLISIS

4.1. Contexto e historia de la industria alimentaria: importancia y evolución

4.1.1. Descripción y evolución de la industria alimentaria

La industria alimentaria aborda todo el conjunto de actividades productivas dedicadas a los múltiples procesos relacionados con la fabricación de alimentos. Su principal objetivo es **cubrir las necesidades alimenticias** de los ciudadanos de una población, al igual que las de los animales domésticos y de granja, a través de la producción y elaboración de productos alimenticios. La cadena de suministro de la industria alimentaria consta de múltiples y diversas actividades, desde la producción primaria de los alimentos – con la agricultura y ganadería – hasta la transformación y distribución de las materias primas para poder dar lugar a una variada colección de productos destinados al consumo humano y animal (Lahoz, 2023). Es por todo esto, que la industria alimentaria tiene un papel fundamental, al elaborar y distribuir productos esenciales para satisfacer la demanda y, consecuentemente, permitir la continuidad de la vida humana y animal en el planeta.

Es relevante destacar la **capacidad de adaptación** de la industria alimentaria, a lo largo de los años, enfrentándose a la evolución de la sociedad y la tecnología, junto con los cambios que esto implica en su estructura empresarial. Desde sus orígenes, la industria alimentaria ha experimentado cambios significativos, adaptando su forma de negocio a las distintas innovaciones presentadas a lo largo de los siglos. En sociedades antiguas y hasta el siglo XIX, la producción y consumo de alimentos eran locales y descentralizados, centrados en la agricultura comunitaria. La Revolución Francesa marcó un cambio crucial con la mecanización y la producción a gran escala, introduciendo técnicas de conservación como el enlatado para, así, mejorar la durabilidad y el transporte de los alimentos (Juárez, 2020).

Ya durante el siglo XX, las cadenas de suministro se consolidaron, y la globalización conectó la industria alimentaria a nivel mundial. Este periodo se define principalmente por los **avances tecnológicos**, desde la pasteurización hasta a refrigeración (Juárez, 2020). En la actualidad, las tendencias reflejan un retorno a la apreciación de alimentos frescos y sostenibles, por lo que las empresas de la industria se encuentran presionadas a

invertir en la sostenibilidad de sus procesos, debido a la creciente conciencia medioambiental de la sociedad del siglo XXI (Lahoz, 2023).

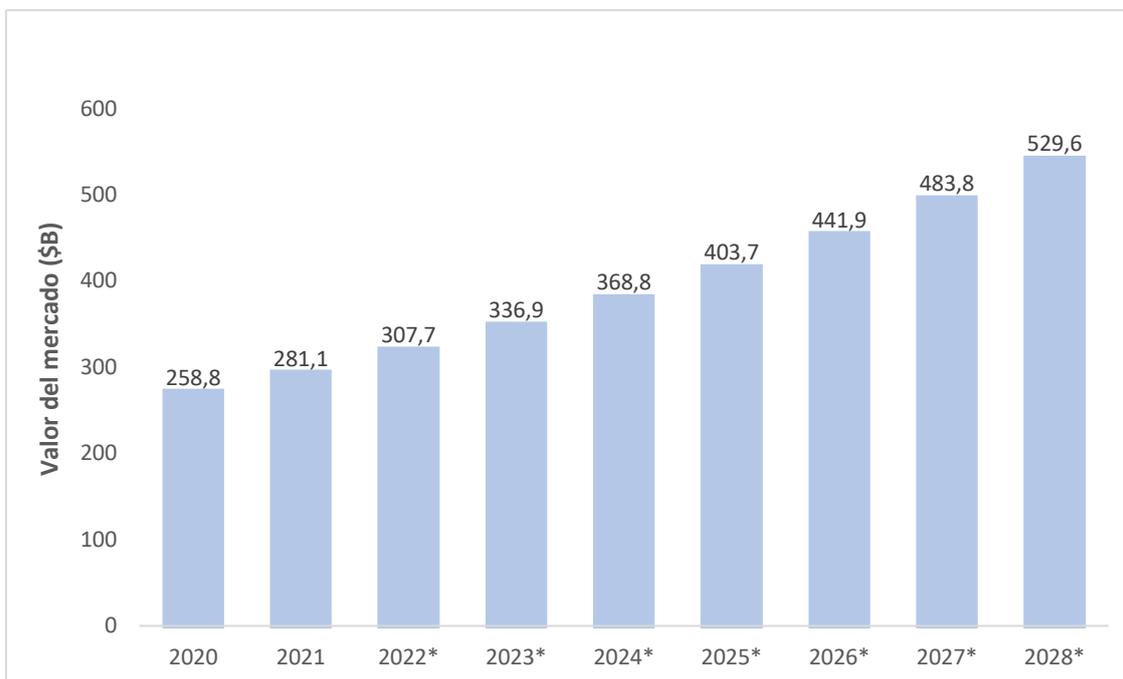
4.1.2. Importancia global

La industria alimentaria, en su rol global, desempeña una función vital en la sociedad, la economía y el medio ambiente, principalmente generando empleo, produciendo riqueza y contribuyendo a la seguridad alimentaria. Como se puede ver en el Gráfico 1, se espera que el mercado alimentario continúe incrementando a lo largo de los años. Su importancia se refleja en diversas áreas clave que incluyen la seguridad alimentaria, la economía, las cadenas de suministro globales, la innovación tecnológica y el impacto ambiental, entre muchas otras.

A **nivel económico**, la industria alimentaria desempeña un papel vital en la estabilidad económica mundial, contribuyendo sustancialmente al Producto Interior Bruto (PIB) de numerosos países y generando empleo a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde el origen de los alimentos, en la producción agrícola, hasta la distribución y venta al por menor. Enlazado con la contribución económica de la industria alimentaria, el **comercio exterior**, con las exportaciones e importaciones entre los distintos países de productos alimentarios, desempeñan un papel fundamental en la economía mundial y en la estabilidad económica de cada país. Además, las **cadenas de suministro alimentario globalizadas** no solo conectan a productores con los consumidores finales, sino que también son fundamentales para las relaciones comerciales internacionales y la competitividad económica.

En el contexto actual, la industria alimentaria se enfrenta al desafío de adoptar prácticas más sostenibles, dada su influencia significativa en el medio ambiente. La sostenibilidad se ha vuelto imperativa, y las decisiones de producción alimentaria tienen impactos directos en **cuestiones medioambientales globales**. Además, las tendencias del consumidor, como la demanda de alimentos orgánicos, locales y sostenibles, han reconfigurado la dinámica de la industria. Consecuentemente, la industria tiene impacto en la **innovación tecnológica**, desde prácticas agrícolas avanzadas hasta tecnologías de procesamiento y distribución, impulsando la eficiencia y calidad de los alimentos, dando lugar a productos más sostenibles, reduciendo el nivel de desperdicio.

Gráfico 1: Tamaño del mercado mundial de alimentos y bebidas funcionales de 2020 a 2021 y previsión hasta 2028



Fuente: Statista (2023)

4.1.3. Importancia en España

El sector alimentario es el primer sector en España, siendo además la primera rama manufacturera dentro del sector industrial, representando un peso de 19,3% del sector total. La industria alimentaria desempeña un papel fundamental para la economía española, generando un valor de producción de 144.000 millones de euros y un valor añadido bruto de aproximadamente 30.000 millones de euros (Suárez, 2023). Actualmente, representa el 2,4% (en VAB)² del Producto Interior Bruto (**PIB**) español, ocupando el **cuarto puesto** en valor de cifras de negocio en Europa (11,4% del VAB), por detrás de Francia (18,9%), Alemania (16,5%) e Italia (12,8%), teniendo en cuenta que el Reino Unido no es parte de la Unión Europea (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023). No obstante, este sector no solo refleja su importancia en términos financieros, sino también en empleabilidad, contando con 30.260 empresas en el país que

² Valor Agregado Bruto: Indicador macroeconómico bruto que mide el valor añadido generado por el conjunto de productores de un área económica.

dan empleo a más de medio millón de personas, lo que refleja su relevancia socioeconómica.

En el ámbito de las exportaciones, España ha afirmado su posición como **uno de los principales factores en el mercado europeo**, destacándose especialmente en productos como el aceite de oliva, vinos, frutas y hortalizas (Lahoz, 2023). Según los últimos datos disponibles, presentados en la Tabla 1, en 2022 el valor de las exportaciones ascendió a 44,5 millones de euros y el de importaciones a 32,5 millones de euros, ambos superando los datos del año anterior. El saldo es positivo con 12 millones de euros y con una tasa de cobertura situada en el 137% actualmente (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023). Estas exportaciones no solo contribuyen al equilibrio comercial del país, sino que también sino también un componente integral del desarrollo e identidad de España.

Tabla 1: Comparación Datos Comercio Exterior de Industria Alimentaria 2021-22

ESPAÑA - TOTAL PAÍSES	EXPORTACIONES (M€)			IMPORTACIONES (M€)			SALDO (M€)		
	2021	2022	VAR (%)	2021	2022	VAR (%)	2021	2022	VAR (%)
Comercio alimentario total	57.135	64.451	12,8%	38.381	50.382	31,3%	18.755	14.069	-25%
Comercio alimentario transformado	37.985	44.493	17,1%	25.228	32.453	28,6%	12.757	12.040	-6%
Comercio alimentario no transformado	19.150	19.958	4,2%	13.153	17.929	36,3%	5.998	2.030	-66%

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Informe Anual 2022-2023 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2023)

La estructura empresarial en la industria alimentaria española es increíblemente variada. A pesar de que las grandes corporaciones juegan un papel importante, es esencial destacar que el 96,5% de estas empresas son PYMES, con menos de 50 empleados. Además, un 80% son microempresas que funcionan con menos de 10 trabajadores. Estas cifras enfatizan el carácter emprendedor y la capacidad de adaptación que definen a la industria en España (Lahoz, 2023).

En resumen, la industria alimentaria es un pilar esencial de la sociedad global y la economía. Su importancia trasciende lo económico, siendo fundamental para la seguridad alimentaria. La industria alimentaria ha tenido, a lo largo de los años, una evolución marcada por la adaptación a los cambios y desafíos, enfrentándose actualmente a **retos derivados de la sostenibilidad** y su importancia entre los consumidores.

4.2. La sostenibilidad en la industria alimentaria

4.2.1. Contexto de la sostenibilidad: importancia y evolución

La sostenibilidad se define como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias”, según el Informe Brundtland³ (BBVA, 2024). La sostenibilidad ha emergido como un principio esencial que aborda una interrelación entre lo económico, social y ambiental. No obstante, la definición de sostenibilidad abarca tres tipos de sostenibilidad diferentes, tal y como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2: Los tres tipos de sostenibilidad

Sostenibilidad ambiental	Gestión eficiente de recursos naturales en la actividad productiva, permitiendo su preservación para las necesidades futuras.
Sostenibilidad económica	Uso de prácticas económicamente rentables que sean tanto social como ambientalmente responsables.
Sostenibilidad social	Busca fortalecer la cohesión y estabilidad de las poblaciones y su desarrollo vital.

Fuente: Elaboración propia con información de BBVA (2023)

Años atrás, la sostenibilidad no se consideraba un tema con gran importancia debido a varias razones. Por un lado, las empresas se suelen centrar en la rentabilidad a corto plazo y priorizaban las ganancias inmediatas, dejando de lado la adopción de técnicas más sostenibles, ya que estaban ligadas a altos costes que afectarían su competitividad en términos de precios. Por otro lado, en años anteriores, había una gran falta de información y educación sobre los impactos a largo plazo de las prácticas no sostenibles. La conciencia ambiental no era tan prevalente como es hoy en día. Todo ello también se explica por la falta de presión externa, en un momento donde no había regulaciones sostenibles estrictas, apoyando la falta de preocupación por la sostenibilidad.

³ Informe publicado en 1987 para las Naciones Unidas. El informe enfrenta y contrasta la postura del desarrollo económico actual junto con el de la sustentabilidad o sostenibilidad ambiental

Sin requisitos legales significativos, muchas empresas no se sentían obligadas a adoptar prácticas sostenibles.

Sin embargo, con el tiempo, la **conciencia ambiental ha ido creciendo** y, consecuentemente, la sostenibilidad ha pasado de ser un problema secundario a una preocupación principal en sociedad (Rovirosa & Martínez, 2022). Además de este cambio de conciencia, también ha habido una transformación significativa en el ámbito legal que ha impulsado la importancia de la sostenibilidad en las empresas. Anteriormente, muchas compañías no se sentían obligadas a adoptar prácticas sostenibles debido a la falta de requisitos legales significativos. Sin embargo, en la actualidad, existen nuevas normativas gubernamentales que integran la sostenibilidad como un componente esencial, convirtiéndola en un **imperativo legal** para muchas empresas. Este cambio legislativo ha reforzado aún más la necesidad de adoptar prácticas sostenibles, influyendo significativamente en el proceso de toma de decisiones empresariales y en la orientación estratégica global de las empresas (Acosta, 2022).

Ilustración 1: Importancia de la sostenibilidad en la estrategia empresarial



Fuente: Faster Capital (2022)

4.2.2. Impacto ambiental de la industria alimentaria

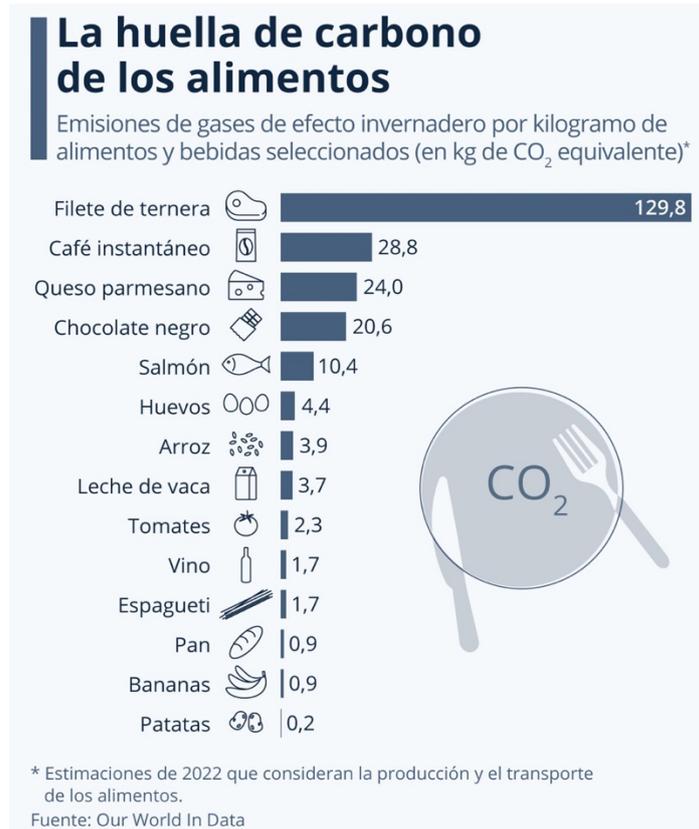
La industria alimentaria desempeña un papel fundamental en la vida cotidiana, siendo la principal fuente de los alimentos que consumimos diariamente. No obstante, esta función vital viene acompañada de un sistema complejo que ejerce un impacto negativo en el medio ambiente. Es esencial considerar el **coste ambiental asociado con las actividades de esta industria** para comprender verdaderamente su alcance en términos de sostenibilidad y conservación del entorno natural.

La cadena de valor de la industria alimentaria, caracterizada por su extensión y complejidad, ejerce una presión ambiental significativa. Por un lado, la agricultura intensiva, principal proveedora de materias primas para la elaboración de productos alimenticios, es **responsable del 80% de la deforestación global** para la expansión de áreas de cultivo (EOS Analytics, 2021). Esta actividad provoca la degradación del hábitat natural, lo que resulta en una disminución alarmante de la biodiversidad. Además, el uso intensivo de recursos naturales, como el agua, la tierra o los recursos marinos, se suma a los desafíos ambientales, agotando estas **reservas finitas**, algunos de los cuales se desperdician (Sanahuja, 2022). Asimismo, el **uso masivo de fertilizantes químicos** contamina cuerpos de agua, poniendo en peligro la vida acuática y la salud del ecosistema en general (Rovirosa & Martínez, 2022). “Cuando un agricultor echa muchos pesticidas a los cultivos y está sobre contaminando los acuíferos por estos pesticidas que echa, eso luego hay que limpiarlo” comentó Sagrario.

Por otro lado, la industria alimentaria representa una parte considerable de las **emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI)**, como lo destaca un informe de la Alianza Global para el Futuro de la Alimentación. De hecho, **más de un tercio de las emisiones globales** tienen su origen en las actividades relacionadas con la producción y distribución de alimentos (La Vanguardia, 2023). Este impacto ambiental se manifiesta en diversas etapas de la cadena de valor. Por un lado, durante la **crianza de animales para consumo**, se generan considerables emisiones de GEI, principalmente metano, contribuyendo significativamente al calentamiento global (Sanahuja, 2022). No obstante, el impacto no se limita únicamente a esta fase. **Los procesos de producción y transporte** de los productos alimenticios finales también juegan un papel importante en la generación de emisiones. Desde la maquinaria agrícola hasta los vehículos utilizados en la distribución, cada etapa de la cadena alimentaria agrega su cuota de emisiones al medio

ambiente, exacerbando los desafíos asociados con el cambio climático (Sanahuja, 2022). La Ilustración 2 nos da más detalle sobre la emisión GEI que tiene lugar en la producción de diversos tipos de alimentos, viendo claramente la gran diferencia entre ellos.

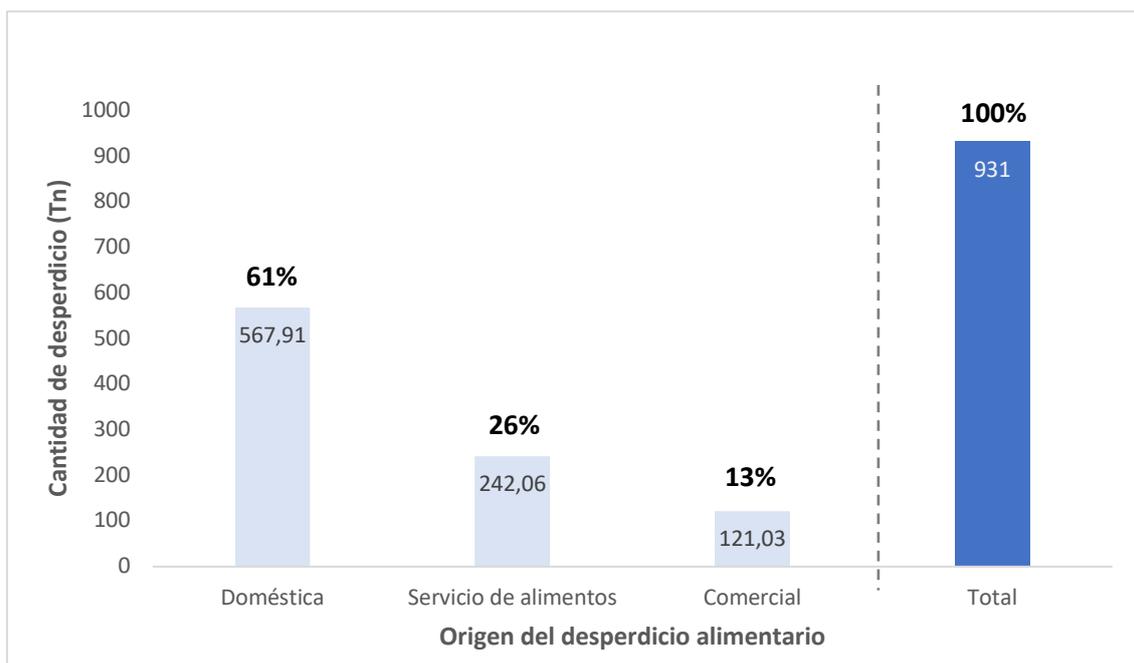
Ilustración 2: La huella de carbono de los alimentos - Emisiones CO2/Kg



Fuente: Statista; Our World in Data (2022)

Finalmente, un problema de gran relevancia en el impacto ambiental de la industria alimentaria es el **desperdicio alimentario**. A lo largo de la cadena de suministro, se pierden grandes cantidades de alimentos, estimándose en 1.300 millones de toneladas de alimentos anuales, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (Sanahuja, 2022).

Gráfico 2: Desperdicio de alimentos en 2019 y su procedencia



Fuente: BBC Mundial (2021)

Este desperdicio, ilustrado en el Gráfico 2, surge de múltiples fuentes y conlleva consecuencias extendidas más allá de la mera pérdida de recursos naturales y financieros. Este fenómeno contribuye al incremento de emisiones de GEI. Los alimentos desaprovechados que acaban en vertederos entran en un proceso de descomposición que libera **metano**, un gas que posee un impacto en el calentamiento global mucho mayor que el del dióxido de carbono (CO₂), contribuyendo significativamente al cambio climático. De acuerdo con la ONU, se estima que entre el **8% y el 10% de las emisiones GEI globales estén asociadas con el desperdicio alimentario** (Paúl, 2021). Esta pérdida de alimentos no solo afecta la capacidad de alimentar a una población en crecimiento, sino que también plantea **preocupaciones éticas**, ya que alrededor del 11% de la población mundial sufre de hambre (Sanahuja, 2022).

4.2.3. Retos que la sostenibilidad supone a la industria alimentaria

Como consecuencia del creciente énfasis en la protección del medio ambiente, y, por ende, en la sostenibilidad, la industria alimentaria se enfrenta a una serie de desafíos. Estos retos amenazan el modelo de negocio de las empresas integrantes e incluso poniendo en riesgo la supervivencia de otras (Acosta, 2022). Estos retos se manifiestan en diversas formas, sobre todo en la imposición de nuevas regulaciones y políticas

medioambientales, así como en la influencia de las preferencias cambiantes de la sociedad.

4.2.3.1. Retos regulatorios

La Unión Europea ha implementado una estrategia integral de sostenibilidad alimentaria para asegurar alimentos saludables, proteger el medio ambiente y respaldar la estabilidad económica de los agricultores. Esta iniciativa se marca en el Pacto Verde Europeo, que busca lograr la neutralidad de emisiones de carbono para el año 2050. Esto se debe a que las prácticas tradicionales de la industria alimentaria tienen un impacto negativo en el medio ambiente, como el desperdicio de alimentos, la disminución de la diversidad agrícola, el uso de fertilizantes dañinos para el medio ambiente y el incremento de los gases de efecto invernadero (Serrano, 2023). El IPCC estima que entre el 21% y el 37% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero proceden del sistema alimentario, incluido el modo en que se cultivan los alimentos (Anderson & Sandin 2023). Cada año se establecen nuevas políticas regulatorias de obligado cumplimiento que implican reformas en las cadenas de valor alimentarias para lograr una producción más sostenible (Álvarez, 2023).

Tabla 3: Principales novedades regulatorias en la industria alimentario en 2023 y su ley de referencia

REGULACIÓN	LEY DE REFERENCIA
Desperdicio alimentario y prevención de pérdidas	Ley de prevención de las pérdidas y el desperdicio alimentario
Contaminantes en alimentos y sus límites máximos	Reglamento de la Unión Europea 1881/2006
Fomento de una alimentación saludable y sostenible en centros educativos	Proyecto de Real Decreto por el que se establecen normas de desarrollo de los artículos 40 y 41 de la Ley 17/2011, de seguridad alimentaria y nutrición
Controles oficiales en la cadena alimentaria	Actualización de la normativa vigente contenida en el Real Decreto 1945/1983
Materiales en contacto con los alimentos	Actualización del Reglamento 10/2011
Coadyuvantes tecnológicos en la elaboración de alimentos	Proyecto de Real Decreto sobre coadyuvantes tecnológicos utilizados en los procesos de elaboración y obtención de alimentos destinados al consumo humano
Regulación y control de la publicidad de alimentos y bebidas con alto contenido en grasa, azúcares y sal dirigida a público infantil	Proyecto de Real Decreto de regulación y control de la publicidad de alimentos y bebidas con alto contenido en grasa, azúcares y sal dirigida a público infantil
Etiquetado nutricional frontal en alimentos	Proyecto de Real Decreto por el que se regula la utilización voluntaria del sistema de etiquetado nutricional frontal en los alimentos

Fuente: Alba Consulting (2023)

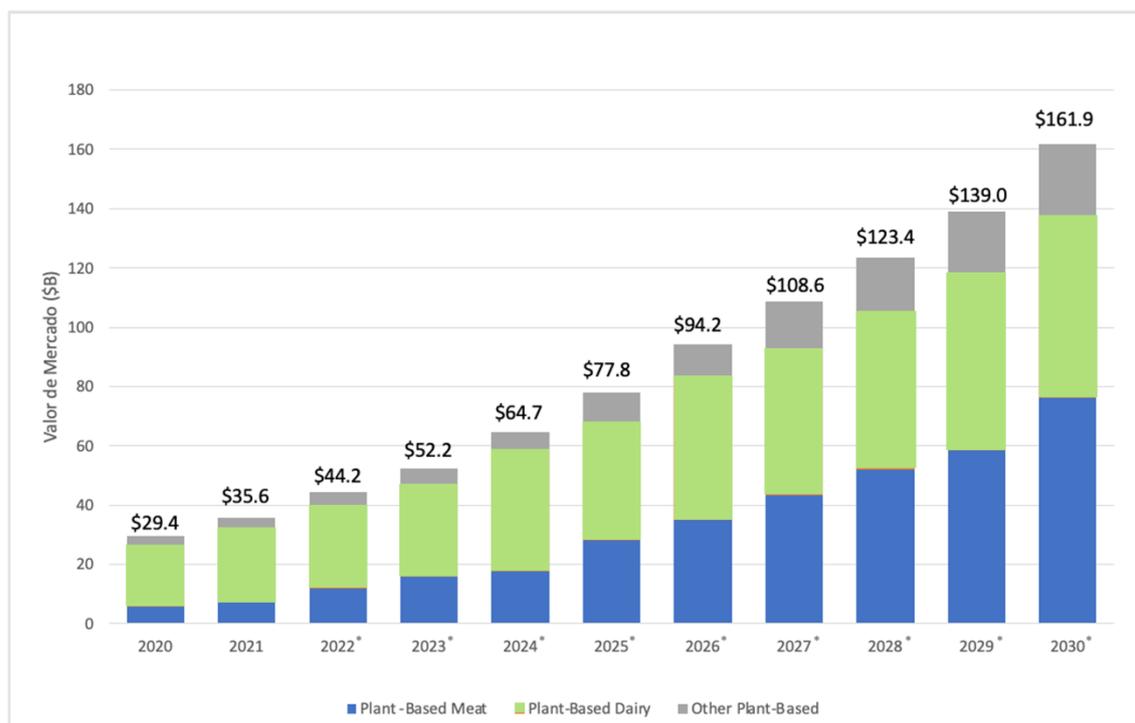
- **Desperdicio alimentario y prevención de pérdidas:** el proyecto de la Ley de Prevención de las Pérdidas y Desperdicio Alimentario, creado en 2023 y retomado en 2024, es una de las que mayor impacto tiene en del sector, que busca conseguir una gestión más eficiente de los recursos, incentivando la donación y promoviendo un consumo más responsable de los alimentos (Álvarez, 2023). Requiere que todos los operadores de la cadena alimentaria tengan un plan de prevención de residuos. Actualmente, **más del 70% de las empresas españolas** ya tienen planes de reducción de desperdicio, según Milagros Marcos, la representante del grupo parlamentario popular en el Congreso de los Diputados (Efeagro, 2023). Esta ley también tiene el objetivo de sensibilizar al público sobre este problema, enfatizando su importancia, y así conseguir optimizar los esfuerzos de agricultores, ganaderos y pecadores (Ferrer, 2023).
- **Contaminantes en alimentos y sus límites máximos:** Reglamento de la Unión Europea 1881/2006 actualizado para poder controlar los contaminantes en alimentos, adaptándolo a las necesidades actuales y mejorando la comprensión de la legislación (Ferrer, 2023).
- **Calidad de las conservas vegetales:** se ha propuesto un proyecto de Real Decreto para simplificar y actualizar la regulación para reflejar los avances técnicos y garantizar la calidad de los productos (Álvarez, 2023).
- **Alimentación saludable y sostenible en centros educativos:** el proyecto Real Decreto se ha llevado a cabo para promover una alimentación saludable y sostenible en centros educativos, estableciendo criterios de calidad nutricional y sostenibilidad para los alimentos suministrados en las escuelas, promoviendo hábitos alimenticios saludables desde temprana edad (Álvarez, 2023). Ligado con el público infantil, el proyecto Real Decreto también exige una reducción de la publicidad de alimentos y bebidas con alto nivel de grasas, azúcares y sal. Se busca proteger sus derechos y reducir la exposición de productos no saludables a niños (Ferrer, 2023).
- **Controles oficiales en la cadena alimentaria:** se ha actualizado la normativa vigente, garantizando el cumplimiento de los criterios establecidos en la legislación comunitaria, mejorando la seguridad y la calidad de los alimentos (Ferrer, 2023).

4.2.3.2. Retos sociales

Además de los desafíos regulatorios, la industria alimentaria también se enfrenta a otros obstáculos que condicionan su actividad de manera significativa. Entre ellos, se encuentran los derivados de eventos pasados, particularmente la reciente pandemia de la COVID-19, que ha dado lugar a nuevas tendencias alimenticias en la sociedad global. Se ha intensificado la preocupación por la salud y el medioambiente, lo que ha llevado a un aumento del consumo de alimentos de **origen vegetal**, también conocidos como **productos *plant-based*** (Llorens, 2023). Los consumidores están adquiriendo un mayor conocimiento sobre los alimentos de origen animal y su impacto medioambiental, lo que ha generado una creciente preocupación por la calidad y sostenibilidad de estos (Deloitte, 2021). “De hecho [...]”, si hablamos en un contexto únicamente nacional, “[...] el 21% de los españoles ya se considera flexitariano⁴ y en más del 49% de los hogares, los productos sustitutos de la carne y las bebidas vegetales ya están presentes de forma regular” señaló un informe publicado por Nestlé en 2021, la empresa alimentaria más grande del mundo (Nestlé, 2021b). Como resultado, se prevé que el mercado de alimentos *plant-based* alcance los 162.000 millones de dólares para el año 2030, tal y como muestra el Gráfico 3 (Llorens, 2023). Esto implica considerar también la importancia por el ***clean label*** o “etiquetado limpio”, donde los consumidores no solo priorizan una sencilla comprensión, sino también la presencia de ingredientes naturales. La tendencia hacia ingredientes saludables está estrechamente vinculada a una mayor conciencia por parte de los consumidores sobre la relación entre lo que consumen y su bienestar (Aparicio, 2024).

⁴ Aquella persona que tiene una dieta, la cual consta de gran cantidad de alimentos de origen vegetal y también de algunos de origen animal, pero en menor medida.

Gráfico 3: Perspectiva de crecimiento global del mercado plant-based



Fuente: Bloomberg Intelligence (2021)

Sin embargo, el cambio en las preferencias alimentarias no se ha producido de manera uniforme en la sociedad, ya que ciertas generaciones muestran un mayor compromiso con el cuidado del medioambiente que otras. El informe *EY Future Consumer*⁵, elaborado y publicado por EY en junio de 2021, manifestó que los consumidores de las nuevas generaciones, Generación Z⁶ y *Millenials*⁷, tienen una mayor inclinación hacia los estilos de vida sostenibles en comparación con la Generación X⁸ y los *Baby Boomers*⁹. Además, tienen una predisposición más marcada a compartir información sobre productos que benefician al planeta con su entorno (Rogers, 2021).

A este reto de nuevas preferencias sostenibles por parte de los consumidores se le añade una mayor exigencia de **transparencia y trazabilidad** a las empresas por parte de estos.

⁵ Informe elaborado a raíz de una encuesta a 14.047 consumidores en EE. UU., Canadá, Brasil, Reino Unido, Francia, Italia, Alemania, España, Dinamarca, Suecia, Finlandia, Noruega, India, Emiratos Árabes Unidos, Arabia Saudita, China, Indonesia, Japón, Australia y Nueva Zelanda durante las semanas del 16 de abril al 10 de mayo de 2021.

⁶ Personas nacidas entre 1994 y 2010

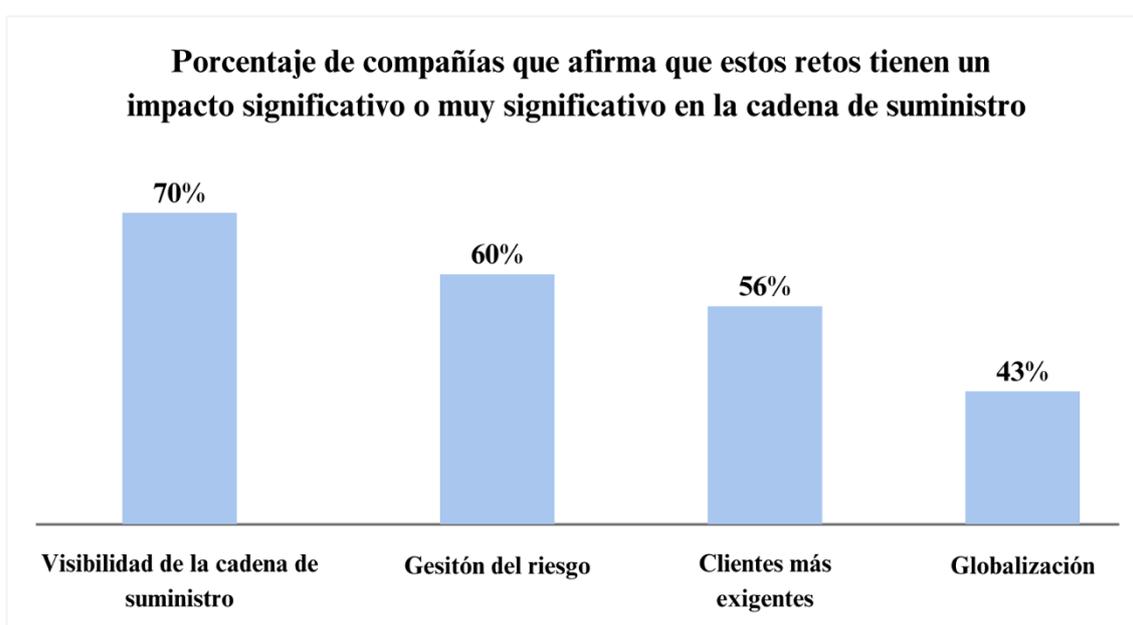
⁷ Personas nacidas entre 1981 y 1993

⁸ Personas nacidas entre 1969 y 1980

⁹ Personas nacidas entre 1949 y 1968

Tal y como se ha mencionado anteriormente, los consumidores actuales muestran cada vez más una demanda de productos sostenibles, contribuyendo a su propia salud y a la protección del medioambiente. Esta demanda no se traduce únicamente en el consumo de productos de origen vegetal, sino también teniendo en cuenta la **calidad de la cadena de valor** por la que ha pasado el producto que piensan consumir (Rovirosa & Martínez, 2022). Los consumidores, ahora más conscientes y exigentes, deben confiar en los procesos y sistemas llevados a cabo para la elaboración del producto (BCTS Consulting, 2023).

Ilustración 3: Principales desafíos de la cadena de suministro para los expertos en operaciones



Fuente: IBM (2019)

Por ello, la transparencia no es únicamente un reto regulatorio, sino que también se trata de un factor de consumo crucial para la sociedad, afectando significativamente a la actividad de las empresas alimentarias, y a la que estas deberán responder de forma efectiva, tal y como se indica en la Ilustración 3. Es imprescindible que proporcionen información detallada y accesible sobre cada etapa del proceso, desde el origen de sus materias primas hasta el punto de venta al consumidor final. Esta práctica de trazabilidad de la cadena de valor se ha visto implementada por algunas empresas emergentes de la industria alimentaria, como es el caso de la start-up ISIFarmer, cuyo CEO, Manuel

Enríquez, ha sido entrevistada. ISIFarmer considera de vital importancia aportar esta valiosa información a los consumidores para promover la relación entre proveedores y consumidores, y aumentar su fidelidad a la empresa o producto.

4.2.4. Impacto de los cambios sostenibles en la industria alimentaria

Los retos previamente mencionados pueden tener un impacto positivo en la industria, mejorando la imagen de marca de las empresas e impulsando la competitividad de la industria. No obstante, también existen aspectos negativos, ya que las demandas regulatorias exigen un nivel elevado de inversión destinado a la innovación de los modelos de negocio y productos alimentarios a la que no todas las empresas afrontan, y los precios asociados a productos más sostenibles pueden no ser bien recibidos por los consumidores.

4.2.4.1. Impacto positivo

Al adoptar prácticas más eficientes y sostenibles, las empresas no solo pueden reducir su impacto ambiental, sino también alcanzar eficiencias operativas, generando **ahorros a largo plazo** (Rovirosa & Martínez, 2022). Cumplir proactivamente con las regulaciones ambientales y sociales no solo previene riesgos legales y económicos, sino que también contribuye a la **estabilidad operativa**. Este impacto positivo está estrechamente vinculado con la percepción de la marca por parte del público. La inversión en tecnologías innovadoras y sostenibles en la cadena de suministro no solo resulta en ahorros de costos, sino que también garantiza **transparencia y compromiso sostenible** a los consumidores, lo que puede incentivarlos a invertir más dinero (Rogers, 2021).

Esta oportunidad que la sostenibilidad brinda a las empresas de mejorar la **reputación de marca** es esencial en un entorno donde los consumidores valoran cada vez más la responsabilidad empresarial. Un producto que proyecta una imagen más responsable con el medio ambiente puede tener un mayor valor percibido por los consumidores, diferenciándolo positivamente en el mercado. El informe *EY Future Consumer*, elaborado por EY en abril de 2020, manifestó que alrededor del 60% de los 4.859 consumidores encuestados de EE. UU., Canadá, Reino Unido, Francia y Alemania, indica que sería más propenso a realizar compras con empresas que perciben que están contribuyendo positivamente a la sociedad (Rogers, 2021).

Como resultado de estos impactos, la **competitividad** dentro de la industria aumenta. Las empresas que demuestran un compromiso con la sostenibilidad pueden acceder a **nuevos segmentos de mercado** donde los consumidores valoran este aspecto y están dispuestos a pagar un precio premium por los productos. Al ingresar a estos nuevos mercados, las empresas pueden maximizar sus beneficios y expandir su base de clientes. Si su integración es exitosa, estas empresas pueden adquirir una ventaja competitiva sobre el resto de las empresas del mercado que no han alcanzado su nivel de expansión en el mercado, asegurando así su posición a largo plazo en la industria alimentaria global (Rovirosa & Martínez, 2022).

4.2.4.2. Impacto negativo

A pesar de que la innovación sostenible en los modelos de negocio y la cadena de suministro alimentaria pueda llevar a un mayor nivel de competitividad en la industria, reduciendo significativamente los costes a largo plazo, el **coste de inversión inicial es muy alto**. Las nuevas regulaciones sostenibles exigen que las empresas innoven sus modelos de negocio, lo que se traduce en altos costes de inversión. Este es un coste al que no todas las empresas pueden hacer frente. Las principales grandes empresas de la industria alimentaria se pueden permitir una mayor inversión a diferencia que las PYMES o microempresas, las cuales forman más de la mitad de la industria alimentaria de España, quienes tienen una menor capacidad de financiación (Acosta, 2022).

Esto, como consecuencia, lleva a otro gran impacto negativo como es la **desigualdad competitiva** de la industria. Como se ha mencionado, no todas las empresas tienen la misma capacidad de financiar inversiones, por lo que no podrán integrar tantas soluciones sostenibles que el resto de la industria. Todo ello los lleva a una desigualdad competitiva en una industria donde los aspectos sostenibles han cobrado mucha importancia en la demanda de productos, haciendo a estas empresas perder, consecuentemente, volumen de ventas y cuota de mercado. Además, las empresas que no son financieramente capaces de invertir en prácticas sostenibles también se verán enfrentadas a presiones regulatorias por la falta del cumplimiento de estas, lo que llevará a elevados costes de cumplimiento y una mayor dificultad operativa en el mercado (Rovirosa & Martínez, 2022).

Por otro lado, a pesar de que la adopción de prácticas sostenibles pueda mejorar la percepción de la marca entre el público, es importante reconocer que esto conlleva un alto

nivel de inversión que tiene sus consecuencias. Aunque las nuevas generaciones de consumidores están más conscientes de la importancia de tomar decisiones de consumo generalmente más sostenibles, también son conscientes de que estos productos suelen tener un **precio más elevado**. Tal y como manifestó el *EY Future Consumer*¹⁰, que incluyó a 14,047 encuestados de múltiples países, el 73% de ellos afirmó que el elevado coste les disuade de comprar productos sostenibles (Rogers, 2021). Esto significa que, a pesar del creciente interés en consumir de manera responsable, muchas personas no tienen acceso a productos sostenibles debido a limitaciones económicas. Por lo tanto, aunque las empresas deban crear y ofrecer nuevos productos que reflejen las preocupaciones de sus consumidores, también es crucial que se aseguren de que la sostenibilidad sea **accesible** para todos los consumidores, independientemente de su situación económica. Sin embargo, no es algo fácilmente aplicable, ya que como comentó Marcos Enríquez, fundador de ISIFarmer, “[...] se invierte más recursos y tecnologías en los procesos de cultivo para poder ofrecer productos más limpios y de mejor calidad, por lo que es necesario que se le asocie un precio más elevado para que la inversión sea rentable”.

Tomando en cuenta todos los aspectos discutidos, resulta evidente que la sostenibilidad ha emergido como un elemento crucial para el futuro de la industria alimentaria. Adoptar prácticas sostenibles no solo puede mejorar la reputación de las empresas y abrir nuevas oportunidades de mercado, sino que también es crucial para mitigar el impacto ambiental y ofrecer alimentos más saludables a los consumidores. En un mundo donde las regulaciones son más estrictas y los consumidores demandan mayor transparencia y trazabilidad en la cadena de suministro, la sostenibilidad y la innovación se vuelven aún más relevantes. Por lo tanto, el éxito futuro de la industria alimentaria dependerá fundamentalmente de su habilidad para adoptar la sostenibilidad y la innovación como pilares esenciales en cada faceta de su funcionamiento.

4.3. Respuesta de la industria alimentaria a los retos sostenibles

Para afrontar los diversos desafíos que la sostenibilidad plantea a la industria alimentaria, recientemente presentados, las empresas del sector están implementando una serie de iniciativas que les permite adaptarse en un contexto de cambios regulatorios y

¹⁰ Informe elaborado a raíz de una encuesta a 14.047 consumidores en EE. UU., Canadá, Brasil, Reino Unido, Francia, Italia, Alemania, España, Dinamarca, Suecia, Finlandia, Noruega, India, Emiratos Árabes Unidos, Arabia Saudita, China, Indonesia, Japón, Australia y Nueva Zelanda durante las semanas del 16 de abril al 10 de mayo de 2021.

sociales con el objetivo de disminuir su impacto negativo en el medio ambiente. Las principales iniciativas que se detallarán se encuentran en la Tabla 4.

Tabla 4: Principales respuestas de la industria alimentaria

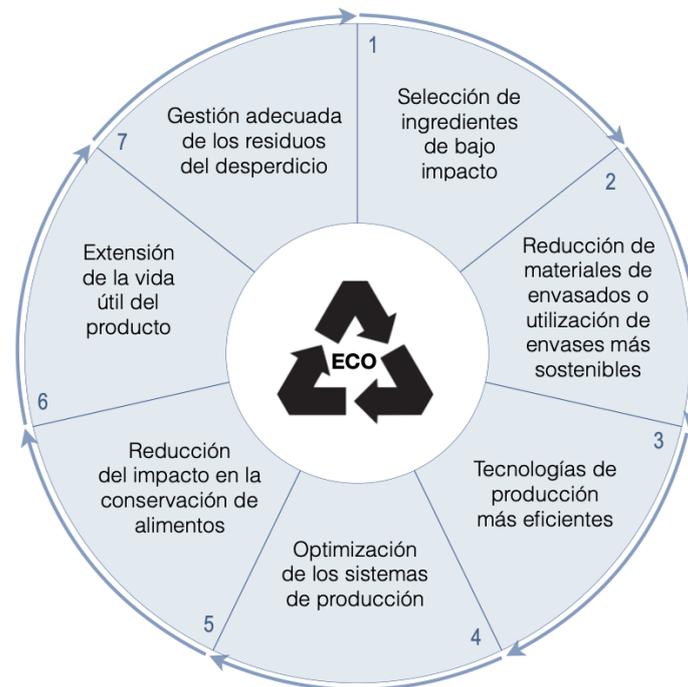
INICIATIVA	PRINCIPALES CONTRIBUCIONES
Energía renovable	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye la dependencia de combustibles fósiles • Reduce las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) • Percepción positiva entre los consumidores conscientes del medio ambiente
Envases sostenibles	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce la generación de residuos y fomenta la economía circular • Contribuye al cumplimiento de regulaciones sobre reducción de plásticos y es valorado por los consumidores que buscan reducir su impacto ambiental • Responde al Real Decreto sobre Envases y Residuos
Digitalización de la cadena de suministro	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la eficiencia y reduce el desperdicio en la cadena de suministro • Facilita el cumplimiento normativo al permitir un mejor seguimiento y gestión de recursos • Satisface la demanda de cadena de valor sostenible de los consumidores
Trazabilidad de la cadena de suministro	<ul style="list-style-type: none"> • Permite demostrar el origen sostenible de los productos. • Asegura el cumplimiento de estándares ambientales y sociales • Satisface a la demanda de transparencia de la cadena de valor de los consumidores
Producción de alimentos <i>Plant-based</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrece alternativas con menor impacto ambiental que los productos de origen animal • Se alinea a las políticas de reducción de la huella de carbono • Responde a la creciente preferencia dietética de los consumidores
Gestión de desperdicio alimentario	<ul style="list-style-type: none"> • Optimiza la utilización de los recursos • Responde a la Ley de Desperdicio Alimentario y Prevención de Pérdidas

Fuente: Elaboración propia (2024)

Por un lado, las empresas están redefiniendo sus operaciones y estrategias para alinearse con las normativas ambientales emergentes, enfocándose tanto en la seguridad alimentaria como en el etiquetado sustentable. Estas reformas abarcan desde la integración de **energías renovables** hasta la implementación de técnicas agrícolas que minimizan el impacto ecológico. En el centro de estas transformaciones se encuentra la **transición energética**, un esfuerzo dirigido a reemplazar los combustibles fósiles por alternativas más sostenibles, alineado con el objetivo de alcanzar la neutralidad de carbono para el año 2050. Un ejemplo de empresa alimentaria que ha implementado esta

medida es Nestlé, la cual ha conseguido que sus fábricas en Panamá y Guatemala se abastezcan completamente con energía limpia de fuentes renovables (Nestlé, 2021). En el ámbito alimentario, la **digitalización** emerge como una herramienta clave para optimizar la calidad de los productos, incrementar la eficiencia operativa y, por ende, mitigar el impacto ambiental de esas prácticas. Estas tecnologías, siendo principalmente la Inteligencia Artificial (IA) y Blockchain, potencian la eficiencia energética y la productividad, mientras reducen los costes asociados (Inycom, 2022). Específicamente, la IA no solo facilita la automatización de la producción, sino que también responde a las demandas actuales por **envases sostenibles**, entre otros, guiando el diseño de empaques elaborados con materiales reciclados y promoviendo principios de economía circular. La Inteligencia Artificial (IA) tiene un papel importante para la industria alimentaria, ya que es implementada para resolver grandes problemas medioambientales y responder a las regulaciones relacionadas con la reducción del desperdicio, promoviendo modelos de negocio basados en la economía circular. Con el fin de mejorar el diseño de los productos, las empresas están invirtiendo en tecnologías que les permita, por un lado, desarrollar **envases sostenibles y biodegradables**, utilizando incluso sus propios residuos para reducir el impacto ambiental y, por otro lado, crear etiquetados que satisfagan las necesidades y demandas de los consumidores (Anderson & Sandin, 2022). Estos esfuerzos están siendo influenciados por el Real Decreto sobre Envases y Residuos, que están promoviendo prácticas más sostenibles en la industria alimentaria (Serrano, 2023).

Ilustración 4: Siete estrategias para implementar el ecodiseño en la industria alimentaria

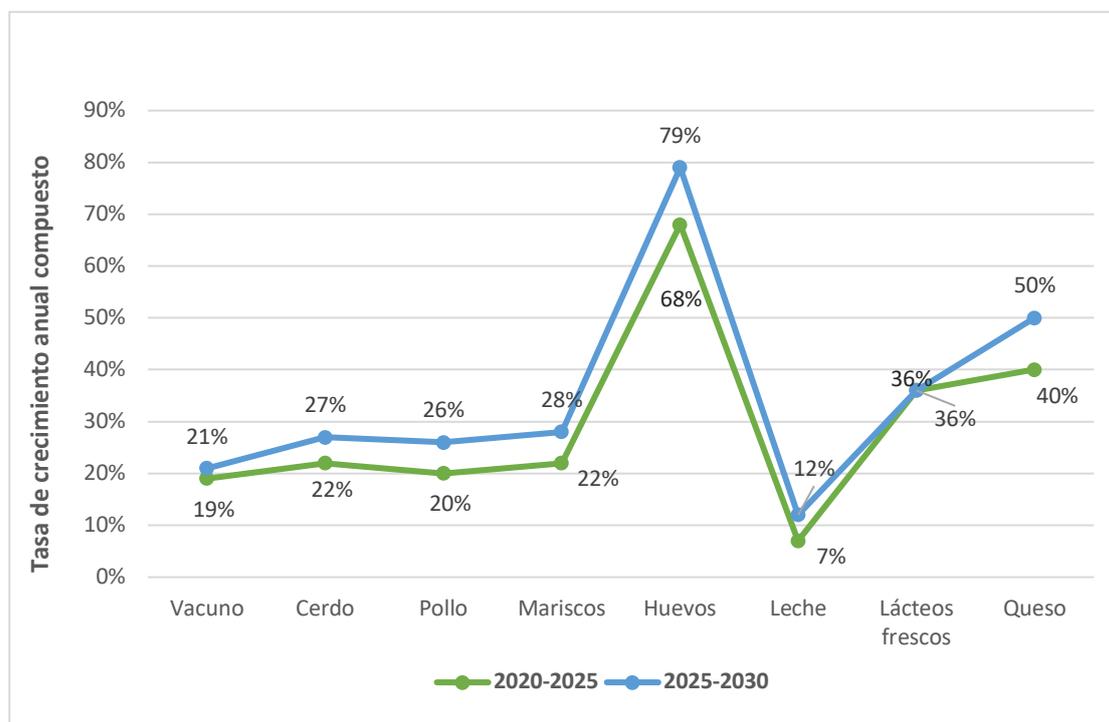


Fuente: Navarra Capital (2023)

Asimismo, los consumidores han manifestado una exigencia de **transparencia de la cadena de valor**. Muestran interés en conocer el recorrido del producto desde su origen hasta que llega a sus manos. Esta tendencia ha empujado a las empresas alimentarias a intensificar sus esfuerzos para proporcionar una mayor **trazabilidad**. Para ello, las compañías están invirtiendo en sistemas avanzados de seguimiento, los cuales pueden incluir tecnologías como el blockchain, que permite monitorear las condiciones de crecimiento, el transporte y la venta al detalle de los productos, entre otras (Deloitte, 2023). Un ejemplo es el caso de la start-up ISIfarmer quienes consideran que “la trazabilidad de blockchain es esencial para que los consumidores tengan acceso a toda la información respecto al alimento que van a consumir en todo momento, aumentando su confianza en el producto y su respectivo proveedor [...]”, tal y como indicó Manuel Enríquez, su fundador, en la entrevista realizada. De esta manera, se asegura la transparencia de toda cadena de suministro del producto final que tanto demandan los consumidores.

Por otro lado, al haberse registrado un crecimiento en la popularidad de los **productos *plant-based***, se refleja una clara tendencia en las preferencias de consumo, tal y como se puede ver en el Gráfico 4. En respuesta, numerosas empresas están intensificando sus esfuerzos en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), así como en la aplicación de tecnologías avanzadas como la Inteligencia Artificial (IA). El objetivo es descubrir métodos innovadores para enriquecer el valor nutricional de sus ofertas, incorporando ingredientes que no solo son saludables, sino también ecológicos y sostenibles (Inycom, 2022). Con estas tecnologías, es posible analizar extensos conjuntos de datos sobre distintas plantas para identificar combinaciones óptimas de ingredientes vegetales con los que **replicar** el sabor de los **productos de origen animal** (García, 2024). Diversas empresas emergentes están capitalizando estas tecnologías para satisfacer la creciente demanda de estos alimentos plant-based. Un ejemplo destacado es Notco, una innovadora start-up chilena, que ha desarrollado una amplia gama de productos *plant-based*, incluyendo **alternativas a la mayonesa, la leche y las hamburguesas**, los cuales serán examinados más detalladamente a lo largo del análisis. Paralelamente, las recientes iniciativas de gigantes de la industria, como Nestlé y Tyson Foods, demuestran la adaptación de las empresas alimentarias a esta tendencia. Ambas corporaciones han enriquecido sus catálogos con una variedad de productos plant-based, dirigidos tanto a adultos como a niños, marcando un hito en la evolución del sector hacia prácticas más sustentables y alineadas con las nuevas demandas de los consumidores (Nestlé, 2021b) (Pointing, 2023).

Gráfico 4: Tasa de crecimiento del consumo de productos de proteína vegetal como alternativa a la proteína animal en el mundo de 2020 a 2030 por tipo de alimento



Fuente: Statista (2023)

Por último, como se ha mencionado anteriormente, las empresas ponen énfasis en iniciativas de **mitigación del desperdicio alimentario**. En esta área, la industria está adoptando prácticas como la gestión de inventarios en tiempo real y el procesamiento de alimentos para prolongar su vida útil. Existen prácticas que se pueden adoptar para conseguir este objetivo en etapas tanto anteriores como durante el proceso de producción de los alimentos. De manera previa a la producción, herramientas predictivas basadas en la Inteligencia Artificial están permitiendo a las empresas **anticipar mejor los patrones de demanda**, optimizando así la producción y la distribución, evitando la sobreproducción (García, 2020). Paralelamente, durante el proceso de producción, el empleo de sensores de tecnología Internet of Things (IoT) que **monitorean, controlan y adaptan las condiciones ambientales** del producto para asegurar que se encuentra en su estado ideal en todo momento, ayuda significativamente a mitigar el desperdicio (García, 2022a). **Ejemplos de empleo** de estas prácticas son las empresas emergentes de ISIFarmer y Ekonoke, los cuales monitorizan los cultivos de sus plantas, habiendo

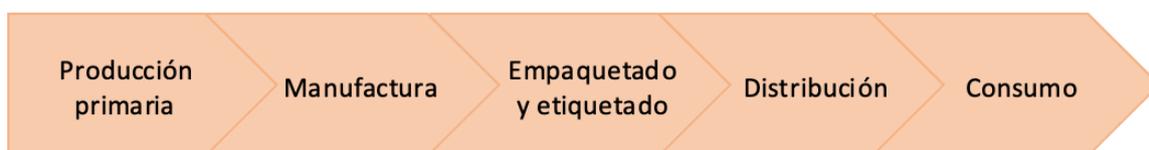
adaptado sensores que adaptan a cada uno de sus cultivos a sus condiciones ambientales naturales.

En definitiva, todas estas medidas que las empresas llevan a cabo, tal y como se ha mencionado anteriormente, suponen un alto nivel de **inversión tecnológica**. Actualmente, en España, muchas empresas desde finales de 2022 comenzaron a destinar parte de sus ingresos a I+D+i, la mayoría de ellas en torno a un 6% y algunas otras hasta un 10% (Romera, 2023). Por tanto, la inversión en nuevas tecnologías que faciliten y mejoren los procesos internos de la industria, desde prácticas de gestión más eficiente para reducir el desperdicio de alimentos y trazabilidad integral de todos los productos para asegurar una seguridad alimentaria, hasta la creación de productos innovadores, mejorando las propiedades nutricionales haciendo uso de ingredientes que sean saludables, ecológicos y sostenibles (Deloitte, 2021).

4.3.1. Tecnologías de innovación sostenible

Como se ha mencionado, las empresas dentro de la industria están adaptándose a regulaciones enfocadas en la sostenibilidad, modificando sus modelos de negocio hacia prácticas que minimizan el impacto ambiental, una estrategia destacada es el reciclaje de residuos para producir envases reutilizables, demostrando un compromiso con la economía circular. Adicionalmente, estas compañías están destinando recursos a la innovación tecnológica para hacer sus procesos más eficientes, reduciendo el consumo de energía y atendiendo simultáneamente a las demandas del consumidor moderno. Entre las **múltiples tecnologías emergentes** que están adoptando, Blockchain y la Inteligencia Artificial (IA) se perfilan como las más prometedoras, debido a su capacidad de satisfacer una amplia gama de necesidades empresariales (Deloitte, 2023).

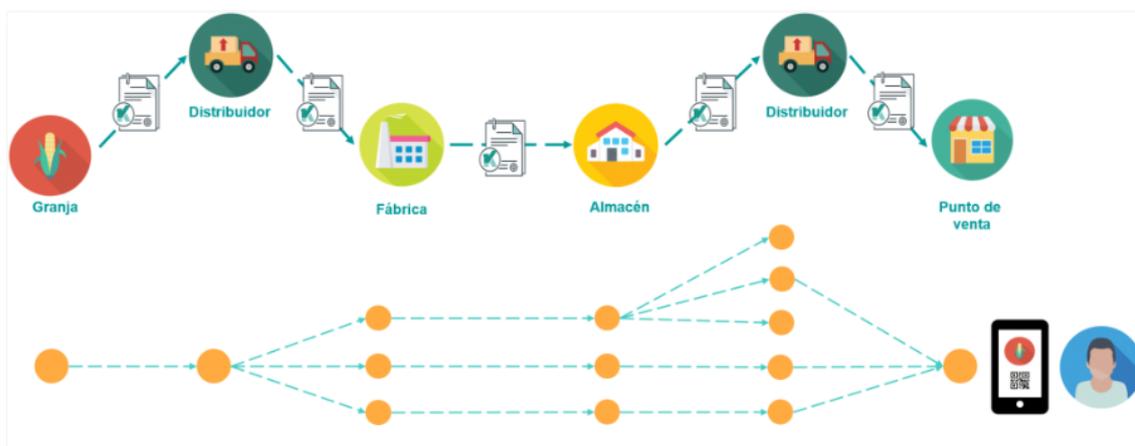
4.3.1.1. La tecnología de Blockchain



El Blockchain es una innovadora tecnología de registro distribuido que facilita la creación de un libro de contabilidad seguro y transparente, eliminando la necesidad de un ente centralizado. Esta red descentralizada almacena datos en bloques conectados en

cadena, con cada participante manteniendo una copia íntegra del registro. Específicamente, en el ámbito de la trazabilidad, el blockchain **vincula a todos los actores de la cadena de suministro** - productores, distribuidores y consumidores – permitiendo un intercambio de información fluida y confiable (Llorens, 2023). En un contexto donde la procedencia de los alimentos se ha convertido en un factor crucial para los consumidores, responder a esta demanda se ha convertido en la preocupación más importante de las empresas de la industria. El uso de esta tecnología puede proporcionar una mayor transparencia y trazabilidad dentro de la industria (Ruíz, 2021). Al implementar esta tecnología, se **facilita el seguimiento detallado de los alimentos** desde su origen hasta el consumidor final, beneficiando tanto a participantes internos como externos de la cadena de valor. Ofrece a los consumidores un valor añadido significativo, asegurando su autenticidad y calidad. Utilizando aplicaciones basadas en blockchain con **códigos QR o chips NFC** en cada producto, los consumidores pueden explorar el historial completo de los artículos, accediendo a información detallada como la fecha y lugar de recolección, tratamientos aplicados, peso y tiempo almacenamiento, entre otros, fortaleciendo así la confianza en los alimentos que consumen (Deloitte, 2023). Esta tecnología se encuentra implementada en los procesos de ciertas empresas, destacando el caso de *Sabores Sierra*, una empresa madrileña de embutidos artesanales, que optó por asociarse con *GOUZE*, una plataforma de trazabilidad basada en el blockchain. Esta colaboración se centró en garantizar la procedencia y calidad de las materias primas utilizadas en la elaboración de su producto estrella, el chorizo de vaca. El éxito de esta implementación tecnológica fue tal que Sabores Sierra recibió el “Premio al Emprendimiento” de la Asociación Nacional de Industrias Cárnicas de España (ANICE), reconociendo su innovador proceso de producción (Thomas Signe, 2022). Este reconocimiento no solo subraya la importancia de la innovación en la industria alimentaria, sino que también resalta cómo el uso estratégico de tecnologías emergentes como el blockchain puede elevar los estándares de calidad y transparencia, beneficiando tanto a los consumidores como al sector en su conjunto.

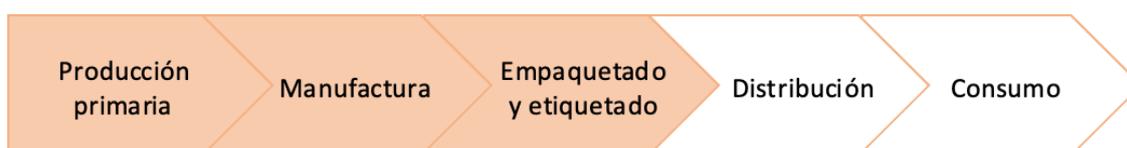
Ilustración 5: Trazabilidad de extremo a extremo de la cadena de suministro posibilitada por Blockchain



Fuente: Bitcoin (2020)

La aplicación de la tecnología blockchain en la trazabilidad alimentaria va mucho más allá de la verificación de la autenticidad de los alimentos. Su capacidad para prevenir fraudes, incluyendo el etiquetado incorrecto, reside en su naturaleza de mantener la información encriptada y constantemente actualizada, lo que impide cualquier manipulación de los datos. Esta característica es esencial para proteger a los consumidores no solo de engaños, sino también de los riesgos para la salud que podrían derivarse de información errónea sobre los productos. Adicionalmente, la integración de códigos QR refuerza el lazo entre consumidores del producto, ofreciendo una ventana de transparencia sobre el proceso completo del producto. Esto no solo incrementa la confianza en el producto, sino que también promueve una lealtad duradera hacia la marca. Más allá de los beneficios para los consumidores, el blockchain mejora sustancialmente la reputación de todos los participantes de la cadena de suministro. Este nivel de transparencia es beneficioso para todos los actores involucrados, estableciendo un estándar más alto de confianza y colaboración en la industria alimentaria, y posicionando a las empresas a la vanguardia de la innovación y la sostenibilidad (Deloitte, 2023).

4.3.1.2. La tecnología de Inteligencia Artificial



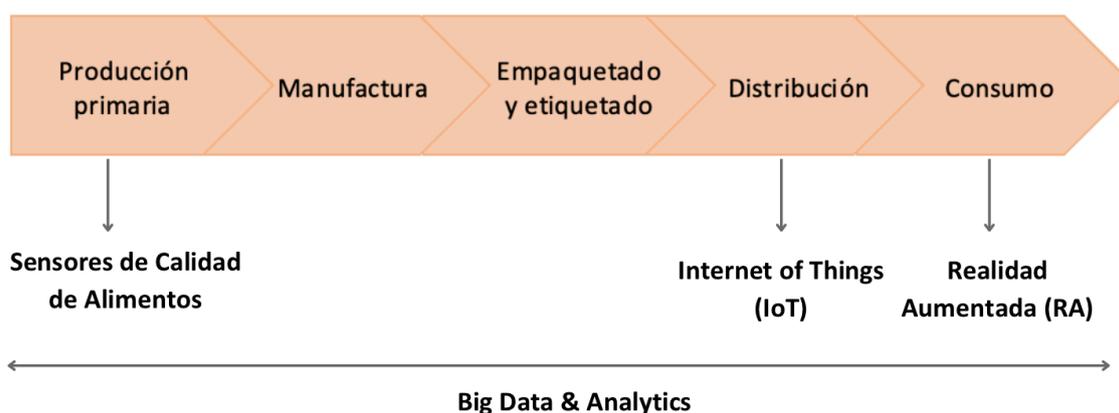
La **Inteligencia Artificial (IA)** se está perfilando como una de las tecnologías con mayor impacto en la transición hacia la sostenibilidad de las empresas del sector alimentario. Representando un avance tecnológico significativo, la IA dota a las máquinas de la capacidad para llevar a cabo funciones cognitivas humanas (Llorens, 2023). Su implementación está catalizando una transformación profunda en la industria alimentaria, estimulando la innovación y promoviendo prácticas más sostenibles a lo largo de toda la cadena valor. Actualmente, se ha convertido en un recurso invaluable para el sector, con una proyección de incremento en su aplicación de hasta un 45,7% en la industria alimentaria global para 2026, de acuerdo con un estudio de la consultora, Facts & Factors, publicado en 2021 (López, 2023). A nivel nacional, el empleo de la IA en el ámbito de la *foodtech* experimentó un crecimiento notable, aumentando en 12 puntos porcentuales durante 2022 en comparación con el año previo (Sánchez, 2023). La integración de la Inteligencia Artificial en los procesos productivos y demás eslabones de la cadena de valor **impulsa notablemente su eficiencia**, lo que, a su vez, enriquece la experiencia del consumidor mediante el **desarrollo ágil de nuevos productos alimenticios** que se alinean estrechamente con las demandas y necesidades actuales de la sociedad.

Por un lado, la tecnología de Inteligencia artificial (IA) desempeña un rol crucial en la **mejora de los procesos de producción** y la **optimización de la cadena de suministro alimentaria**. La IA, a través de algoritmos avanzados, procesa datos de diversas fuentes como las promociones de productos, interacciones en redes sociales, demanda de los consumidores y las tendencias del mercado para predecir el ciclo de ventas de cada producto en periodos específicos. Esta capacidad permite a las empresas identificar patrones en las compras de los consumidores y anticipar la demanda futura de sus productos, facilitando una gestión de inventario más eficiente y una optimización de la cadena de valor. Consecuentemente, se consigue evitar la sobreproducción y reducir productos caducados, logrando una disminución significativa del desperdicio alimentario y de los costes asociados (García, 2020). Además, la IA contribuye a la automatización y eficiencia en la producción. La clasificación de productos agrícolas según criterios de calidad representa una de las actividades más costosas para las empresas de la industria alimentaria. La IA es capaz de simplificar significativamente este proceso, al implementar sistemas automatizados de clasificación óptica que utilizan sensores avanzados y técnicas de aprendizaje automático. Con ello, se reduce las horas de trabajo necesarias para la tarea y minimiza el desperdicio alimentario, un grave problema ambiental en la industria. Tal

metodología se ha demostrado ser efectiva en la clasificación de productos como las patatas o tomates, fácilmente clasificados por tamaño y color, respetivamente, resultando en una menor tasa de rechazo por parte de los distribuidores (García, 2020). Por otro lado, la aplicación de IA en la agricultura incrementa su eficiencia y sostenibilidad. Con el uso de drones y sensores, impulsados por IA, se recopila y analiza datos para optimizar el uso de recursos naturales, como el agua o fertilizantes, además de predecir y prevenir enfermedades de cultivos. Esta aplicación no solo contribuye a la preservación del medio ambiente y el aumento de la productividad de los cultivos, sino que también fortalece la seguridad alimentaria al monitorear constantemente la calidad de los alimentos, garantizando productos seguros y saludables para el consumo (Colinas, 2024).

Al otro lado del espectro, la IA ejerce también un gran impacto en las **experiencias de los consumidores**. Esta tecnología es capaz de analizar gran cantidad de datos, con los que prevé tendencias y preferencias de sabor, y mejorar productos ya existentes o personalizar otros nuevos, respondiendo, así, de manera ágil a las distintas preferencias de la sociedad. Esta inteligencia permite a las empresas alimentarias crear productos que no solo satisfacen las necesidades actuales de los consumidores, sino que también anticipan demandas futuras. A su vez, esto se encuentra ligado con la actual tendencia de los alimentos *plant-based*, de origen animal, debido a un proyecto de **Food Computing**, donde se utiliza un avanzado algoritmo de formulación basado en **machine learning**. Este algoritmo es capaz de identificar ingredientes vegetales con propiedades similares a los animales, permitiendo la creación de productos vegetales con propiedades similares a los productos animales que quiere sustituir. Este enfoque, además de abrir la puerta a innovaciones significativas en alimentos vegetales que satisfacen las demandas de los consumidores vegetarianos o veganos, también señala una era de grandes avances en la personalización de alimentos sostenibles (Sánchez, 2023). Esta metodología se ha podido ver en casos como el de la empresa chilena fundada en 2015 de tecnología alimentaria que produce alternativas de origen vegetal, *NotCo*, que llevó a cabo el programa Giuseppe creado a partir de un algoritmo de IA que busca patrones que ocurren en datos de combinaciones infinitas de plantas para replicar los productos animales (García, 2024). Estos patrones identificaban con éxito cuáles eran las plantas que deberían combinarse para producir el sabor y la textura deseados en sus productos, como el caso de su *NotMayo* (no mayonesa) o *NotMilk* (no leche) (NotCo, 2024).

4.3.1.3. Otras tecnologías sostenibles



Más allá del blockchain y la Inteligencia Artificial, una serie de tecnologías emergentes están marcando el camino hacia una revolución en la industria alimentaria. Estas innovaciones se destacan por su influencia significativa en áreas críticas como la optimización de procesos, la garantía de la seguridad alimentaria y el enriquecimiento de la experiencia del consumidor.

Entre estas, la tecnología de **Internet of Things (IoT)** destaca por su capacidad de mejorar significativamente la eficiencia en la elaboración y distribución de alimentos. Mediante el monitoreo en tiempo real de las condiciones ambientales, como temperatura y humedad, el IoT puede llegar a reducir hasta en un 15% el deterioro en la cadena de frío (García, 2022a). Esto no solo disminuye el desperdicio de alimentos, sino que asegura una mayor frescura y calidad del producto. Paralelamente, la implementación de **Sensores de Calidad de Alimentos** es otra innovación tecnológica clave, capaz de detectar contaminantes y cambios en la calidad de los alimentos de manera rápida y precisa. Esta tecnología asegura revisiones de calidad en tiempo real durante el almacenaje y procesamiento, fortaleciendo la seguridad alimentaria y mitigando el riesgo de enfermedades transmitidas por los alimentos (Llorens, 2023).

En cuanto a la interacción con los consumidores, la **Realidad Aumentada (RA)** juega un importante papel al mejorar la transparencia y la interacción. Provee detalles exhaustivos sobre los productos, incluyendo su procedencia y método de producción, como su origen, a través de una plataforma interactiva y visual. La Realidad Aumentada también ofrece capacitación avanzada al personal, potenciando sus habilidades y conocimiento para brindar un servicio más eficiente y de mayor calidad. Finalmente, la tecnología del **Big Data y Analytics** facilitan el intercambio de información a lo largo de

la cadena de suministro. Mejora la coordinación entre los diferentes actores, desde la producción hasta el punto de venta, y reducen los tiempos de respuesta ante incidencias logísticas o de calidad. Este enfoque no solo impulsa la seguridad alimentaria y optimiza costes, sino que también favorece una gestión más eficaz y sostenible de los recursos en la industria (Llorens, 2023).

Tabla 5: Contribuciones y beneficios de las tecnologías sostenibles

Tecnología	Contribución	Foco Principal	Beneficios Sostenibles
Blockchain	<ul style="list-style-type: none"> Trazabilidad y transparencia Reducción del desperdicio de alimentos Mejora de la seguridad alimentaria 	Mejorar la transparencia y la trazabilidad de los productos a lo largo de la cadena de suministro	Contribuye desde el punto de vista del origen de los productos y la reducción de desperdicios
Inteligencia Artificial (IA)	<ul style="list-style-type: none"> Optimización de procesos Predicción de la demanda Agricultura de precisión Desarrollo de productos Sostenibles 	Optimización de procesos y la predicción para reducir el uso de recursos y mejorar la eficiencia	Ayuda a reducir el uso de recursos y mejorar la eficiencia en todas las etapas de la cadena alimentaria
Internet of Things (IoT)	<ul style="list-style-type: none"> Monitoreo en tiempo real Mantenimiento predictivo 	Mejora continua en la eficiencia de los procesos y la calidad del producto	Reducción en el uso de recursos y disminución de desperdicios
Sensores de Calidad de Alimentos	<ul style="list-style-type: none"> Detección rápida de patógenos Control de calidad en tiempo real 	Seguridad alimentaria y control de calidad mejorado	Reducción de enfermedades alimentarias y disminución de desperdicios
Realidad Aumentada (RA)	<ul style="list-style-type: none"> Capacitación interactiva Visualización de datos de productos 	Mejora de la experiencia y formación del cliente y el personal	Aumento de la conciencia del consumidor y participación en prácticas sostenibles
Big Data & Analytics	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de tendencias de consumo Optimización logística 	Toma de decisiones basada en datos para toda la cadena de suministro	Eficiencia mejorada y reducción de la huella de carbono a través de la logística optimizada

Fuente: Elaboración propia (2023)

La conjunción de todas estas tecnologías promete un avance significativo en la sostenibilidad, eficiencia y satisfacción del cliente en el sector alimentario (Llorens, 2023). Al integrarse de manera efectiva, estas innovaciones ofrecen un panorama optimista para abordar los desafíos actuales y futuros de la industria alimentaria, marcando el camino hacia una producción más sostenible y sistemas alimentarios más

adaptables. *ISIFarmer*, una start-up¹¹ española de agricultura vertical, emerge como un ejemplo práctico de la implantación de la combinación de diversas tecnologías sostenibles, como blockchain, IoT e Inteligencia Artificial, en un proceso agrícola innovador denominado *Urban Vertical Agriculture*. De esta manera consigue producir alimentos limpios y sostenibles de manera responsable con el medio ambiente en una localidad urbana, asegurando una cadena de valor más corta y con menor huella de carbono (ISIFarmer, n.d).

4.3.2. Casos de empresas que han implantado las soluciones sostenibles

Habiendo explorado las múltiples prácticas y tecnologías sostenibles disponibles para las empresas de la industria alimentaria, es crucial destacar ejemplos concretos de organizaciones que han integrado estas iniciativas en sus modelos de negocio. Esto nos permitirá examinar con detalle su enfoque y estrategias en la implementación de cambios sostenibles en sus procesos de producción alimentaria, proporcionando una perspectiva valiosa sobre cómo pueden llevarse a cabo estas transiciones de manera exitosa y responsable con el entorno.

4.3.2.1. Nestlé

	NESTLÉ - Empresa multinacional de la industria alimentaria	
	<u>Prácticas sostenibles aplicadas:</u>	
	<ul style="list-style-type: none">• Energía renovable• Productos Plant-based	<ul style="list-style-type: none">• Empaquetado sostenible• Productos Plant-based

Nestlé es la compañía de alimentos y bebidas más grande del mundo, estando presente en 189 países. Sus empleados se caracterizan por ser muy comprometidos con el propósito de mejorar la calidad de vida y contribuir a un futuro más saludable. Está enfocada en una estrategia de nutrición, salud y bienestar para impulsar el desempeño. Ha adoptado un enfoque integral hacia la sostenibilidad, implementando una serie de medidas significativas para reducir su huella ambiental y contribuir positivamente al planeta.

¹¹ Empresa joven, generalmente de reciente creación, que se encuentra en las fases iniciales de sus operaciones. Generalmente creada por uno o varios emprendedores que busca crear un producto único que consideran que hay una demanda sin cubrir. Se caracteriza por su capacidad de crecer rápido y su enfoque en la innovación.

Como parte de su estrategia de sostenibilidad, Nestlé se ha propuesto importantes metas ambientales, incluyendo una reducción del 20% en sus emisiones de CO₂ para 2025 y alcanzar la **neutralidad de emisiones de carbono**¹² en 2050. Este compromiso incluye mejorar la eficiencia energética y aumentar el uso de energías renovables, así como minimizar el desperdicio de alimentos (Nestlé, 2021). En este esfuerzo, recientemente ha logrado que las operaciones en sus fábricas en Panamá y Guatemala se abastezcan completamente con energía limpia de fuentes renovables. Adicionalmente, Nestlé ha intensificado sus iniciativas con en gestión de residuos y reciclaje, promoviendo **empaquetados sostenibles** y prácticas de reciclaje en toda su cadena de suministro (Nestlé, 2021). Paralelamente, ha demostrado un fuerte compromiso con la **sostenibilidad agrícola** a través de su Programa de Agricultura Cero colaborando con agricultores locales para promover prácticas culturales responsables, que incluyen la conservación de agua y energía, subrayando, así, su esfuerzo por integrar prácticas sostenibles, lo que incluye la reducción del consumo de agua y energía en la producción de ingredientes alimentarios (The Food Tech, 2023b).

Por otro lado, Nestlé se ha unido al grupo de empresas alimentarias que responden a las nuevas preferencias de los consumidores respecto **alimentos hechos a base de vegetales**, dejando más de lado los productos de origen animal. Para ello, la multinacional ha invertido masivamente en I+D+i para conseguir identificar los ingredientes necesarios para elaborar un producto sustituto a la leche animal. Un ejemplo de esto es el lanzamiento de la **bebida láctea *plant-based* de avena y haba** bajo su marca de “Natural Bliss”, que combina granos de ambos ingredientes para crear una bebida láctea alternativa con 5 gramos de proteína por porción (The Food Tech, 2023). Esto, además de ampliar su cartera de alternativas lácteas, responde a la creciente demanda de los consumidores, aumentando su fidelidad a la marca. No obstante, la estrategia *plant-based* de Nestlé va más allá de las bebidas lácteas, abarcando **productos alternativos** al pescado, foie gras y **opciones infantiles** bajo la marca “Gerber”, que Nestlé compró en 2007, elaborados con proteínas vegetales como guisante, soja y trigo para una dieta más saludable y ecológica. Además, “Nestlé Professional”¹³, ha enriquecido la gastronomía en España con su variedad de productos plant-based, habiendo **aumentado en un 20% la oferta de**

¹² Neutralidad de carbono se refiere a cuando la cantidad de emisiones que una empresa emite equivalen a la cantidad de emisiones que la empresa compensa.

¹³ Una división de la multinacional dedica a la comercialización de alimentos y bebidas para Fuera del Hogar

productos de esta gama en los últimos tres años (Nestlé, 2021b). Los productos ofrecidos incluyen alternativas a la carne y la bebida vegetal, reflejando el compromiso de la compañía con soluciones alimenticias sostenibles e inclusivas.

A través de estas medidas, Nestlé demuestra un enfoque integral hacia la sostenibilidad, que se extiende desde promover prácticas ecológicas en su cadena de suministro hasta responder a la demanda de los consumidores por productos alimenticios plant-based. Este compromiso refleja la misión de la compañía de satisfacer no solo las necesidades actuales de sus consumidores y comunidades, sino también de asegurar la preservación de los recursos para las futuras generaciones.

4.3.2.2. Walmart



WALMART - Empresa multinacional del sector minorista

Prácticas sostenibles aplicadas:

- Trazabilidad Blockchain
- Empaquetado sostenible

Walmart es una corporación multinacional de tiendas de origen estadounidense, fundada en 1962, que opera cadenas de grandes almacenes de descuento y clubes de almacenes. Desde su origen se ha ido expandiendo internacionalmente hasta actualmente llegar a ser la mayor empresa minorista del mundo. En el ámbito sostenible, Walmart ha experimentado en los últimos años una transformación significativa, adoptando tecnologías avanzadas a lo largo de su cadena de suministro, como el **blockchain**, para enfrentar desafíos logísticos y ambientales. Todo ello para conseguir mejorar el impacto ambiental de su cadena de valor, además de aportar la transparencia que los consumidores piden.

Como bien se ha mencionado, uno de los ejes principales de su transformación sostenible ha sido la adopción de la tecnología de blockchain. Ha aplicado esta tecnología a lo largo de su cadena de valor, de manera que sea capaz de abordar problemas como discrepancias de datos en el proceso de facturación y pagos con transportistas, como en el caso de Walmart Canadá (Vitasek *et al*, 2022). Además de para una finalidad de eficiencia y automatización de la cadena de valor, Walmart destina el uso de la tecnología blockchain para responder a la demanda de los consumidores, habilitando la trazabilidad

de los alimentos. En asociación con **IBM**¹⁴ (International Business Machines Corporation), Walmart desarrolló un sistema de trazabilidad de alimentos basado en **Hyperledger Fabric**¹⁵, logrando reducir el tiempo requerido para rastrear el origen de los productos en tan solo 2,2 segundos. Este sistema mejora significativamente la seguridad alimentaria, permitiendo una respuesta más rápida en caso de brotes de enfermedades transmitidas por alimentos (Sristy, 2021). Paralelamente, para aumentar la sostenibilidad en sus procesos de producción y, así, reducir su impacto medioambiental, Walmart está actualmente llevando a cabo la transición hacia unos **empaquetados de papel reciclable** y cartón, con el compromiso de eliminar hasta 2.000 toneladas de plástico de sus pedidos.

Por tanto, Walmart ha evolucionado su enfoque hacia la sostenibilidad y la eficiencia operativa, aprovechando tecnologías avanzadas como el blockchain para enfrentar y superar desafíos en su cadena de suministro. Estas iniciativas no solo han mejorado la transparencia y la seguridad alimentaria, sino que también han contribuido a una operación más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

4.3.2.3. ISIFarmer

	<p>ISIFARMER - Start-up Agrotech <i>Año de nacimiento: 2022</i></p> <p><u>Prácticas sostenibles aplicadas:</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Sensores IoT• Big Data• Trazabilidad Blockchain• Empaquetados sostenibles
---	---

ISIFarmer emerge como una innovadora empresa madrileña dentro del mundo **Agrotech**¹⁶, fundada en 2022. Su enfoque único de cultivo y distribución revoluciona la forma en que se ofrecen frutas y hortalizas, fusionando técnicas avanzadas de producción, como robótica, el uso de sensores avanzados, Internet of Things (IoT), Big Data, así como la seguridad y trazabilidad del blockchain (ISIFarmer, n.d.). Se dedica a la **agricultura vertical**, con una metodología de cultivo interior en **áreas urbanas**, produciendo gran cantidad de hortalizas frescas y sostenibles, como lechugas, hierbas, setas y microgreens

¹⁴ Empresa tecnológica multinacional estadounidense que lidera en avances en IA, automatización y soluciones de nube híbrida.

¹⁵ Una implementación de marco de blockchain pensada como base para desarrollar aplicaciones o soluciones con una arquitectura modular.

¹⁶ Sector de la agricultura también conocida como agricultura de precisión. Conjunto de técnicas y herramientas tecnológicas utilizadas en la agricultura para mejorar la eficiencia y la productividad de las explotaciones agrícolas.

(rúcula, albahaca, tomates *Cherry*), en espacios completamente controlados (Álvarez, 2023). El razonamiento de localizar estas plantas de cultivo en zonas urbanas es debido a la necesidad de disminuir el impacto sostenible de las largas cadenas de valor tradicionales, acortándolas al establecerse más cerca de los consumidores. Cabe destacar que ISIFarmer, además de cultivar ellos los alimentos, ofrece a sus clientes parte de su planta de cultivo, para que cultiven sus productos deseados y posteriormente sean enviados a sus domicilios, tal y como señala Enríquez “es como si fuera un espacio de coworking, pero de agricultura vertical”. Esto lleva a otro beneficio sostenible que trae ISIFarmer, la disminución del desperdicio de alimentos, ya que “[...] únicamente se cultiva la cantidad exacta que se va a consumir por parte de los clientes”, señala Enríquez.

Respecto al nivel de sostenibilidad de sus métodos de producción, ISIFarmer utiliza tecnologías avanzadas como los **sistemas hidropónicos**, que permiten cultivar plantas sin suelo, utilizando soluciones minerales enriquecidas para alimentar directamente las raíces (Martín, 2023). Además, implementa sistemas de cultivo en estructuras verticales, consiguiendo una **mayor capacidad de volumen de cultivos** simultáneos, y utiliza **sensores avanzados** para detectar con tiempo las necesidades ambientales de los vegetales y optimizar todos los aspectos del crecimiento de las plantas, incluyendo la luz, la ventilación y la composición del aire, asegurando condiciones ideales **sin el uso de pesticidas** (Álvarez, 2023). Por otro lado, tienen un sistema de recirculación de agua en el cultivo, mediante el cual un tanque de agua suministra y nutre las bandejas de cultivo desde abajo y, al finalizar el período de irrigación, el agua fluye de vuelta al tanque, donde es evaluada y ajustada por el sistema para asegurar que los nutrientes estén en los niveles óptimos (Álvarez, 2023). Por tanto, a través de estas medidas, se consigue una mejor eficiencia de los recursos naturales, además de fomentar la seguridad alimentaria, al cuidar la calidad de los alimentos y acortando el tiempo de llegada hasta el consumidor.

Por otro lado, ISIFarmer también contribuye a la sostenibilidad con el uso de **empaquetados sostenibles**. “Todas nuestras tarrinas están hechas de cartón, pudiendo ser a única empresa de agricultura vertical que lo haga [...]”, resaltó Marcos Enríquez, fundador de ISIFarmer, “[...] y la base del cultivo está formada de sustrato de celulosa, que consigue sacar limpia la raíz”. En estos mismos empaquetados se encuentra un código QR con el que los clientes pueden consultar todo el recorrido y los procesos a los que se ha sometido el vegetal hasta llegar a sus manos, gracias a la **tecnología de Blockchain**

que contiene ISIFarmer (Martín, 2023). Con todo esto, ISIFarmer está comprometido a seguir creciendo para seguir sumando el impacto positivo en la agricultura y la industria alimentaria en general, actualmente con vistas a la inversión en otra potente tecnología que mejore la cadena de valor de los alimentos, “estamos trabajando en conseguir inversión para implantar la Inteligencia Artificial en nuestros procesos, facilitando la comunicación del productor con el consumidor”, señala Enríquez.

4.3.2.4. NotCo



NotCo es una empresa chilena de **FoodTech**, fundada en 2015, **pionera en el uso de la Inteligencia Artificial (IA)** para la creación de alimentos de origen vegetal que busca replicar las propiedades sensoriales de los alimentos tradicionales de origen animal. Decidieron llevar a cabo esta idea de negocio, debido a que los tres cofundadores son conscientes de que la industria ganadera es una de las más dañinas del medio ambiente por la cantidad masiva de recursos naturales que requiere para su funcionamiento (Barría, 2019). Con una **IA denominada Giuseppe**, NotCo analiza la estructura molecular y nutricionales de los alimentos para recomendar mezclas de plantas que puedan usarse para imitar el sabor y textura del producto animal original. La compañía ofrece una variedad de productos, como *NotMayo* (creada por garbanzos, en vez de huevos), *NotMilk* (sin leche de vaca, pero con su sabor), *NotIceCream* (a base de piña, repollo y arvejas), *NotBurger* y, más recientemente, *NotChicken*, que incluye hamburguesas y *nuggets* de “pollo” vegetal (Barría, 2019). Su enfoque en la nutrición y soluciones sostenibles es evidente en su reciente incursión en el mercado de los snacks con las *NotSnackBarsProtein*, que contiene 16 gramos de proteína e incorpora un sustituto del azúcar innovador llamado Palatinose, para así mantener estables los niveles de glucosa en la sangre, evitando los dañinos altos niveles de azúcar (AS, 2023). Este avance es parte de su misión de ofrecer alimentos más sostenibles para todos, democratizando el consumo de alternativas *plant-based*. Desde sus inicios, la IA los ha acompañado en su negocio, siendo una herramienta fundamental en la elaboración de sus productos, la cual sigue evolucionando, pasando de una duración de 18 meses de elaboración para su primer

producto, *NotMayo*, hasta los 3 meses que tardan actualmente (Jamele, 2023). En primera instancia, al ser una empresa destinada a la comercialización de alimentos plant-based, podría parecer que su consumidor objetivo es un nicho de personas vegetarianas o veganas. No obstante, NotCo manifiesta que el 92% de sus consumidores no son vegetarianos y que su objetivo final es fomentar el consumo de alimentos más saludables y respetuosos con el medio ambiente (Barría, 2019).

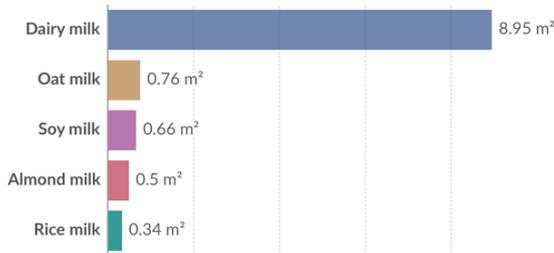
Gráfico 5: Huella medioambiental de leche animal y leche vegetal

Environmental footprints of dairy and plant-based milks

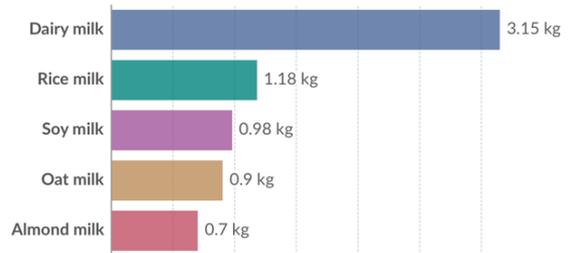


Impacts are measured per liter of milk. These are based on a meta-analysis of food system impact studies across the supply chain which includes land use change, on-farm production, processing, transport, and packaging.

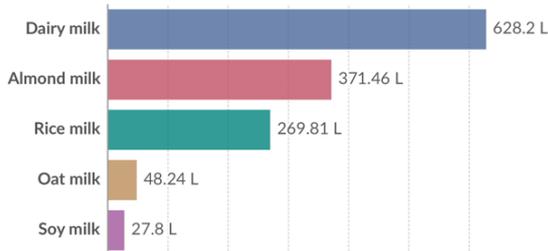
Land use



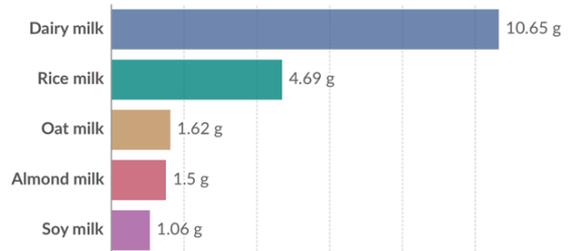
Greenhouse gas emissions



Freshwater use



Eutrophication



Data source: Joseph Poore and Thomas Nemecek (2018).

OurWorldInData.org/environmental-impacts-of-food | CC BY

Fuente: Our World in Data (2022)

Con un enfoque en la sostenibilidad y la nutrición, NotCo busca fusionar la tecnología y la alimentación para crear productos que superen las expectativas convencionales. El objetivo es ser un catalizador de cambio en la industria alimentaria, no solo ofreciendo productos deliciosos y nutritivos, sino también mejorando la eficiencia y sostenibilidad del sector alimentario a nivel global. NotCo ha logrado una expansión notable, llegando a grandes cadenas y expandiéndose internacionalmente. Ha llegado a

ser considerada un unicornio¹⁷ y ha captado, desde sus inicios, la atención de inversores destacados, incluido el fondo “Bezos Expeditions” de Jeff Bezos (fundador de Amazon), y ha sido reconocida por su innovación, estando en una fase de crecimiento y planeando expandirse a nuevos mercados como España (Stock, 2022).

4.3.2.5. Ekonoke



Ekonoke emerge como un vanguardista en el **sector Agrobiotech**, especializándose en el cultivo en interior de lúpulo para la industria cervecera. Su innovador método de cultivo vertical se efectúa en instalaciones cerradas, empleando avanzadas tecnologías para asegurar una producción de lúpulo eficiente y ecológica. Entre sus inversiones destaca la **energía renovable**, implementando “un circuito cerrado de riego que nos permite reutilizar el agua”, indicó Sagrario. Con este **cultivo hidropónico**, consigue un 95% menos de huella hídrica (Ekonoke, 2024). Además, sus cultivos están monitoreados por **sensores de tecnología IoT**, que monitorizan la temperatura, humedad y luz de los lúpulos, optimizando así los recursos y evitando desperdicios. Notablemente, Ekonoke se **abstiene de usar pesticidas**, eliminando así la necesidad de procesos de limpieza y reduciendo su impacto ambiental.

A través de este modelo de producción sostenible, le es posible a Ekonoke “generar casi diez veces más de cultivo de lúpulos”, en comparación con el cultivo exterior tradicional, y “conseguir cuatro cosechas al año en vez de una, como es el caso del cultivo de campo”, indicó Sagrario. Paralelamente, otra estrategia sostenible que lleva a cabo la start-up es la instalación de la granja de cultivo en localización próxima a la fábrica de cerveza de cada cliente, evitando el transporte de estas a la fábrica. Esta eliminación de transporte, combinada con la eliminación de la fase de limpieza y tratado de los lúpulos comentada anteriormente, da lugar a la **reducción de la cadena de valor**, con un impacto sostenible positivo. En vista al futuro, Ekonoke explora la expansión hacia nuevos mercados como el cosmético o sanitario. Esto se debe a las cualidades dermatológicamente beneficiarias

¹⁷ Aquella empresa creada hace menos de 10 años que, sin cotizar en bolsa ni haber sido adquirida por un tercero, logra un valor de 1.000 millones de dólares o más a nivel mundial.

y propiedades antibacterianas o antihormonales que poseen los lúpulos. Tal y como comentó Sagrario, “su uso puede ser beneficiario para paliar los síntomas relacionados con la menopausia de las mujeres”. Hoy en día, empresas líderes del sector cervecero, como Estrella Galicia, apoyan este gran proyecto, habiendo invertido en ella (Hernanz, 2023).

En definitiva, la **industria alimentaria está implementado innovaciones tecnológicas y estrategias sostenibles**. A esta transición sostenible se incluyen a empresas tanto grandes como pequeñas del sector, siendo estas empresas emergentes ejemplo de los nuevos modelos de negocio sostenibles. Estas medidas, que incluyen la adopción de la Inteligencia Artificial (IA), para la producción de productos *plant-based*, y la tecnología Blockchain para mejorar la eficiencia y la trazabilidad, son esenciales para avanzar hacia sostenibilidad y la economía circular. Sin embargo, el alto coste de implementación de estas tecnologías y estrategias plantea desafíos significativos para las empresas de la industria. En la próxima sección, abordaremos en detalle estos obstáculos financieros y cómo pueden influir en la capacidad de las empresas para adoptar plenamente estas medidas esenciales.

4.4. Dificultad de implementación de medidas sostenibles

Tras analizar el marco regulatorio impuesto a la industria alimentaria por las autoridades y las múltiples estrategias que pueden implementar las empresas del sector, es crucial examinar el desafío económico inherente a estos requisitos. Este segmento busca discernir qué medidas innovadoras justifican una inversión, particularmente para PYMES y microempresas que operan con presupuestos más restringidos. El fin es determinar cuáles de estas innovaciones ofrecen un retorno de la inversión significativo y cómo estas organizaciones pueden priorizarlas frente a otras para maximizar su eficacia y cumplimiento normativo.

4.4.1. Desafíos de sostenibilidad para la industria alimentaria

Como se ha comentado a lo largo del presente trabajo, la sostenibilidad se ha convertido en un imperativo en las operaciones de la cadena de suministro de las empresas alimentarias. Tal y como comentó Florencio García Núñez, CEO de *Better Balance*, en II Foro del Retail y Gran Consumo de El Economista, “[...] la sostenibilidad es una obligación, un compromiso, y una forma de ser. Es algo que tenemos que dar al

consumidor porque con la información que a día de hoy tiene, va a estar juzgando constantemente. Una empresa que no sea sostenible no tiene cabida para ellos y eso acaba condenando a la empresa” (Acosta, 2022). No obstante, a pesar de “ser una obligación”, estas regulaciones sostenibles les suponen un gran reto a las empresas de la industria alimentaria en conjunto. Entre otras razones, este reto se debe a la subida de la inflación, la escasez de materias primas y la Guerra de Ucrania (Acosta, 2022).

4.4.2. El reto particular de las PYMES

A pesar de que la implantación de medidas sostenibles supone un reto para toda la industria alimentaria, para las PYMES su dificultad es significativamente mayor que para las grandes corporaciones del sector por varias razones críticas. En primer lugar, las PYMES tienen un acceso limitado al financiamiento, lo que dificulta la inversión en medidas sostenibles. Además, la capacidad para absorber los costes iniciales y experimentar con nuevas tecnologías es menor en las PYMES, lo que hace que cualquier inversión deba ser cuidadosamente considerada. La falta de economías de escala también hace que el coste relativo de adoptar prácticas sostenibles sea más alto para las PYMES, lo que afecta su competitividad en precios y márgenes de beneficio (Acosta, 2022). Por tanto, las PYMES alimentarias enfrentan un camino más difícil hacia la sostenibilidad debido a barreras estructurales inherentes a su tamaño y capacidad financiera. Este hecho es de real preocupación para el sector alimentario español, ya que el **96,5% de las empresas que conforman el sector alimentario de España son PYMES** (Lahoz, 2023).

4.4.2.1. Análisis de selección de tecnologías sostenibles para PYMES

Con el **objetivo** de identificar las prácticas sostenibles en las que las PYMES deberían destinar sus inversiones, de acuerdo con sus limitaciones financieras, para responder con efectividad al marco regulatorio, se realizará un **análisis** en el que se posicionará a unas prácticas sostenibles dependiendo de su **contribución a la sostenibilidad general de las PYMES**.

Las prácticas sostenibles que se van a tener en cuenta en el análisis son las siguientes:

- **Sensores de Calidad:** dispositivos que monitorizan la calidad y eficiencia de los procesos productivos, asegurando un uso óptimo de los recursos.

- **Energía Renovable:** uso de fuentes de energía que reducen la dependencia de combustibles fósiles y minimizan la huella de carbono.
- **Blockchain:** tecnología que ofrece transparencia y trazabilidad en la cadena de suministro, favoreciendo prácticas sostenibles.
- **Internet of Things (IoT):** dispositivos conectados que permiten una gestión más eficiente de los recursos y optimización de procesos.
- **Big Data & Analytics:** análisis de grandes volúmenes de datos para tomar decisiones informadas.
- **Inteligencia Artificial:** sistemas capaces de analizar datos complejos, predecir tendencias y automatizar decisiones, además de posibilitar la elaboración de productos *plant-based*.
- **Realidad Aumentada:** herramientas que pueden mejorar la eficiencia operativa y la formación de empleados en prácticas sostenibles.

Cada una de estas prácticas listadas serán evaluadas en base a **dos criterios:**

- **Impacto:** este criterio evalúa la magnitud del efecto positivo que cada práctica sostenible puede tener en términos de sostenibilidad ambiental, eficiencia energética, reducción de la huella de carbono, mejora de la seguridad alimentaria y contribución al bienestar social. Este impacto también considera la capacidad de la práctica para mejorar la reputación de la empresa y su conformidad con las regulaciones ambientales vigentes.
 - Se ha medido en base a tres niveles: *impacto alto, medio o bajo*

Impacto alto	Logran reducir significativamente la huella de carbono, proporcionando ahorros económicos a largo plazo. Mejoran la imagen corporativa y cumplen ampliamente con normativas ambientales.
Impacto medio	Logran reducir la huella de carbono pero en menor medida. Contribuyen a la mejora de percepción de la marca, de manera más sostenible, y ayuda de forma directa a responder a las regulaciones ambientales.
Impacto bajo	Marcan el comienzo hacia un camino más sostenible, con efectos positivos pero limitados sobre la huella de carbono. Contribuyen positivamente a la imagen de la empresa, aunque en escala menor y con un impacto menos perceptible y cumplen con los requisitos mínimos del marco regulatorio.

- **Dificultad de implementación:** este criterio toma en cuenta los desafíos asociados con la adopción de cada práctica sostenible, incluyendo el coste

económico (inversión inicial y costes operativos), la complejidad técnica, la necesidad de conocimientos especializados o formación, y el tiempo requerido para la implementación y para ver resultados tangibles.

- Se ha medido en base a tres niveles: *dificultad alta, media o baja*

Dificultad de implementación alta	Coste elevado de inversión inicial, cambios significativos en la operación, tiempo de implementación prolongado, alta especialización técnica y desafíos regulatorios complejos.
Dificultad de implementación media	Coste moderado de inversión, cambios operativos y organizacionales notables, tiempo de implementación medio, necesidad de especialización técnica moderada, y desafíos regulatorios manejables.
Dificultad de implementación baja	Coste bajo de inversión, cambios operativos mínimos, rápido tiempo de implementación, conocimientos técnicos básicos, pocos o ningún desafío regulatorio adicional.

*La disponibilidad de información relacionada con los costes de inversión iniciales es muy limitada

Al evaluar cada práctica sostenible con estos criterios, se puede crear un gráfico bidimensional donde el eje horizontal representa la dificultad de implementación, variando de baja a alta, y el eje vertical representa el impacto, también variado de bajo a alto. Esta visualización permite identificar rápidamente cuáles prácticas ofrecen el mayor impacto con la menor dificultad de implementación, destacándose como las opciones más atractivas para las PYMES, que buscan alinear sus operaciones con los principios de sostenibilidad sin comprometer su viabilidad financiera.

En base a estos dos criterios de evaluación, los **resultados del análisis** son los siguientes:

Sensores de Calidad

- **Impacto ALTO:** los sensores de calidad pueden tener un impacto significativo en la reducción de desperdicios al permitir un monitoreo preciso de la frescura y calidad de los alimentos, contribuyendo así a la eficiencia operativa y a la sostenibilidad ambiental. Mejoran la seguridad alimentaria y pueden ayudar a las empresas a cumplir con regulaciones estrictas, beneficiando su reputación.
- **Dificultad de implementación BAJA:** corporativamente, la tecnología de sensores de calidad es más accesible y menos costosa que otras innovaciones, su instalación y mantenimiento son relativamente sencillos, requiriendo una inversión inicial menor y poca formación para el personal.

Energía renovable

- **Impacto ALTO:** el uso de energías renovables, como solar, eólica o biomasa, puede reducir drásticamente la huella de carbono de una empresa y sus costes energéticos a largo plazo, además de mejorar su imagen de marca como una entidad comprometida con la protección del medio ambiente.
- **Dificultad de implementación MEDIA:** a pesar del coste cada vez más accesible de las energías renovables, la inversión inicial para la instalación de sistemas como paneles solares o turbinas eólicas puede ser considerable. El precio para las PYMES sería menor, pero aun así costoso. Además, la implementación puede requerir una revisión significativa de la infraestructura existente.

Blockchain

- **Impacto MEDIO:** la tecnología de Blockchain ofrece mejoras en la trazabilidad y transparencia de la cadena de suministro, lo que es crucial para la seguridad alimentaria y puede mejorar la confianza del consumidor. Sin embargo, su impacto en la sostenibilidad de la empresa es más indirecto comparado con otras tecnologías que ahorran energía directamente o reducen el desperdicio alimentario.
- **Dificultad de implementación MEDIA:** requiere conocimientos especializados y pueden implicar la reestructuración de sistemas de información existentes. Aunque el coste puede ser moderado, la complejidad técnica y la necesidad de coordinación entre diferentes actores de la cadena de suministro presentan desafíos.

Internet of Things (IoT)

- **Impacto ALTO:** IoT puede optimizar procesos, mejorar la eficiencia energética, y reducir desperdicios mediante el monitoreo en tiempo real de los activos. Esto conduce a operaciones más sostenibles y costes operativos reducidos.
- **Dificultad de implementación MEDIA:** la integración de dispositivos IoT en los sistemas puede requerir una inversión significativa en tecnología y formación del personal. Aunque el coste de los dispositivos IoT está disminuyendo, la necesidad de una red segura y el análisis de datos pueden complicar su implementación.

Big Data & Analytics

- **Impacto ALTO:** la capacidad para analizar grandes volúmenes de datos puede llevar a decisiones más informadas sobre producción, distribución, y gestión de inventario, reduciendo el desperdicio y mejorando la sostenibilidad.
- **Dificultad de implementación MEDIA:** requiere de sistemas de Tecnología de Información (TI) avanzados y personal capacitado y análisis de datos. La inversión inicial y el mantenimiento de estos sistemas pueden ser considerables, pero son gestionables para muchas PYMES.

Inteligencia Artificial (IA)

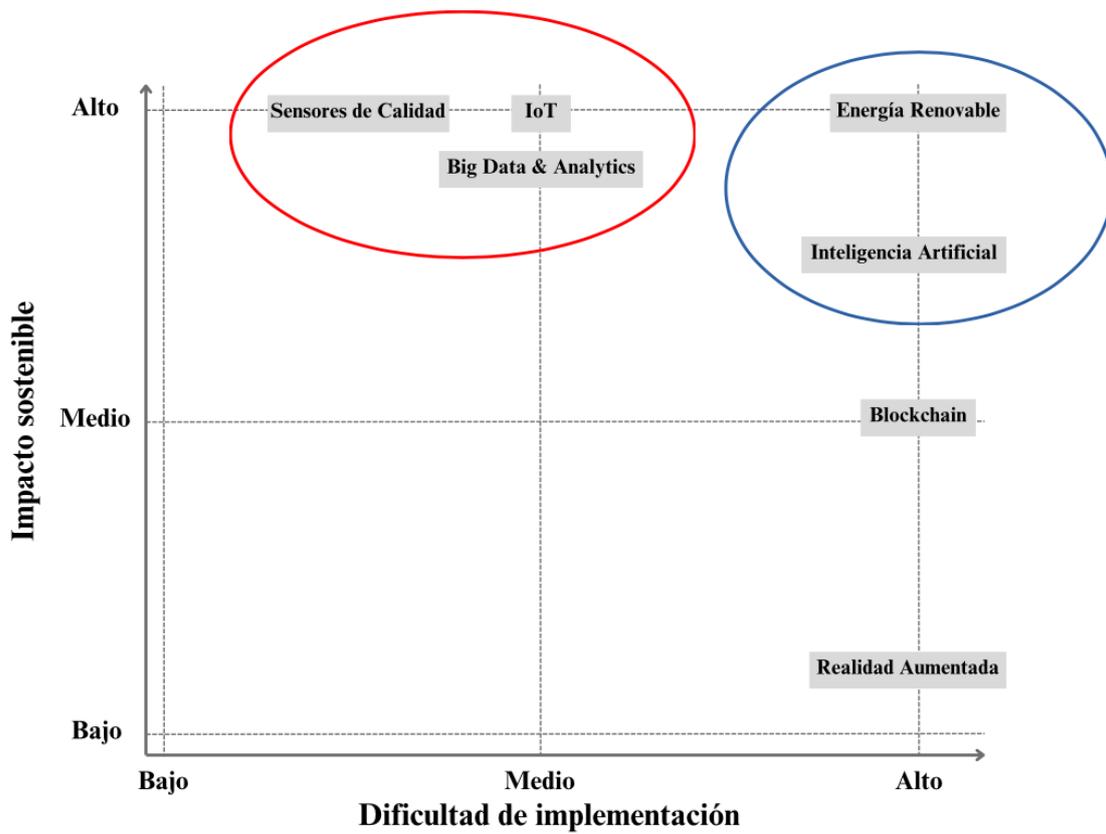
- **Impacto ALTO:** la IA tiene el potencial de transformar las operaciones de las PYMES, desde optimizar la cadena de suministro hasta personalizar las ofertas de productos, reduciendo el desperdicio y aumentando la eficiencia energética.
- **Dificultad de implementación MEDIA:** su integración puede ser compleja y costosa, requiriendo acceso a algoritmos avanzados, *hardware* especializado, y talento capaz de desarrollar y mantener estas soluciones.

Realidad Aumentada

- **Impacto BAJO:** la Realidad Aumentada puede mejorar la experiencia del cliente y la formación del personal, pero su impacto directo en la sostenibilidad no es tan claro como en el resto de las tecnologías.
- **Dificultad de implementación MEDIA-ALTA:** su implementación puede ser compleja y costosa, por un lado, requiere inversiones significativas en *hardware* y *software* especializado (en términos generales entre \$10.000 - \$100.000 (Sheykin, 2023)). No obstante, este coste varía dependiendo del proveedor y el alcance del proyecto. Además, la adopción e integración efectiva de RA en los procesos pueden exigir una formación extensiva del personal y cambios organizativos. En definitiva, el coste total puede variar entre \$20.000- \$100.000, aunque depende del tipo de proyecto que se vaya a realizar y el tamaño de la empresa (Sheykin, 2023).

Práctica Sostenible	Impacto	Dificultad
Sensores de Calidad	Alto	Baja
Energía Renovable	Alto	Media
Blockchain	Medio	Media
IoT	Alto	Media
Big Data & Analytics	Alto	Media
IA	Alto	Media
Realidad Aumentada	Bajo	Alta

Ilustración 6: Relación coste implementación vs impacto sostenible de las prácticas sostenibles



Fuente: Elaboración propia (2024)

Tal y como representa la Ilustración 6, los resultados de los análisis para identificar qué prácticas sostenibles deberían priorizar las PYMES para responder a las regulaciones sostenibles con su limitada capacidad de financiación muestran que las PYMES de la industria alimentaria deberían priorizar la inversión en las tecnologías de **Sensores de Calidad e Internet of Things (IoT)**. Estas destacan como las mejores inversiones para PYMES al buscar prácticas sostenibles, dada su combinación de alto impacto sostenible y baja a media dificultad de implementación. Estas tecnologías permiten a las PYMES mejorar la eficiencia operativa y reducir desperdicios con una inversión y complejidad relativamente menores, lo que las hace prácticas atractivas y accesibles para empresas con recursos limitados. El Big Data & Analytics también presenta un alto impacto sostenible, pero con un precio algo más elevado. Esta tecnología promete optimizar la cadena de suministro y la gestión de inventario, aunque requiriendo inversiones significativas en sistema de Tecnología de Información (TI) y formación de personal. Por otro lado, la **Energía Renovable**, por su impacto transformador en la sostenibilidad a largo plazo, a pesar de que el coste de inversión inicial sea significativamente mayor, los beneficios a largo plazo en la reducción de huella de carbono y los costes energéticos pueden justificar el gasto inicial. Por lo contrario, la Realidad Aumentada tiene un impacto bajo y coste de inversión alto, lo que sugiere que no es la mejor opción para las PYMES que buscan un impacto sostenible directo.

Tras identificar las prácticas sostenibles más viables para las PYMES de la industria alimentaria frente a las normativas ambientales, teniendo en cuenta su capacidad de inversión, es esencial examinar otros factores relevantes. Marcos Enríquez, CEO y fundador de ISIFarmer, sostiene que: “[...] Todas las tecnologías sostenibles son maravillosas y útiles para la mejora del impacto ambiental de los procesos, pero sin embargo su uso excesivo puede tener el efecto contrario, ya que la energía que necesitan para funcionar contamina [...]”, “[...] por ello, se debe invertir en cada una de estas tecnologías dependiendo del objetivo o problema que quieres conseguir, ya que cada una de ellas tiene diversas funcionalidades”. Las PYMES deben evaluar minuciosamente sus principales deficiencias y las normativas a las que deben dar prioridad antes de decidir en qué prácticas sostenibles invertir.

En este contexto, el análisis de los retos de la sostenibilidad en el sector alimentario destaca la “Ley de Prevención de las Pérdidas y el Desperdicio Alimentario” como parte

de las nuevas regulaciones ambientales. Esta ley trata el grave problema del desperdicio de alimentos, que se traduce en toneladas de desechos anuales. De acuerdo con este desafío, las PYMES deben determinar qué prácticas sostenibles pueden implementar para cumplir con esta regulación y, al mismo tiempo, combatir el desperdicio de alimentos a lo largo de su cadena de suministro. Este enfoque no solo satisface un requerimiento legal, sino que también contribuye a la eficiencia operativa y la responsabilidad ambiental de la organización.

Por todo ello, a continuación, se realizará un **análisis** de evaluación de prácticas sostenibles, teniendo como **foco de evaluación la contribución que cada una de ellas tiene en la mitigación del desperdicio alimentario**. En este caso, la misma lista de tecnología será evaluada en base a dos criterios:

- **Impacto:** este criterio evalúa la efectividad de cada práctica sostenible en reducir el desperdicio alimentario a lo largo de toda la cadena de suministro, desde la producción hasta el consumo final. Incluye la capacidad de la tecnología para minimizar las pérdidas de alimentos durante la producción, el procesamiento, el almacenamiento y la distribución, así como su contribución a una gestión más eficiente de los recursos alimentarios y la promoción del consumo responsable.
 - Se ha medido en base a tres niveles: *impacto alto, medio o bajo*

Impacto alto	Se demuestra una capacidad significativa para reducir el volumen de desperdicio alimentario, ya sea a través de la prevención de pérdidas, la mejora de la eficiencia en la cadena de suministro, o el fomento de la reutilización y el reciclaje de alimentos.
Impacto medio	Contribución a la reducción del desperdicio alimentario de manera notable, pero que pueden requerir condiciones específicas o inversiones adicionales para alcanzar su máximo potencial.
Impacto bajo	Efecto limitado en la disminución directa del desperdicio alimentario, o cuya aplicación está más enfocada en otros aspectos de la sostenibilidad y la eficiencia operativa sin abordar directamente el problema del desperdicio de alimentos.

- **Dificultad de implementación:** el mismo que en el primer análisis.
 - Se ha medido en base a tres niveles: *dificultad alta, media o baja*

Dificultad de implementación alta	Coste elevado de inversión inicial, cambios significativos en la operación, tiempo de implementación prolongado, alta especialización técnica y desafíos regulatorios complejos.
Dificultad de implementación media	Coste moderado de inversión, cambios operativos y organizacionales notables, tiempo de implementación medio, necesidad de especialización técnica moderada, y desafíos regulatorios manejables.
Dificultad de implementación baja	Coste bajo de inversión, cambios operativos mínimos, rápido tiempo de implementación, conocimientos técnicos básicos, pocos o ningún desafío regulatorio adicional.

*La disponibilidad de información relacionada con los costes de inversión iniciales es muy limitada

En base a estos dos criterios de evaluación, los **resultados del análisis** son los siguientes:

Sensores de Calidad

- **Impacto ALTO:** los sensores de calidad permiten una monitorización precisa y en tiempo real de las condiciones de los alimentos, como temperatura y humedad, que son cruciales para prevenir el deterioro prematuro. Al identificar rápidamente los productos en riesgo de caducar, las empresas pueden tomar medidas correctivas para extender su vida útil o redirigirlos donde sean más necesarios, reduciendo significativamente el desperdicio.
- **Dificultad de implementación BAJA:** esta tecnología ha avanzado hasta el punto de ser relativamente económica y fácil de instalar. No requiere de un cambio significativo en la infraestructura existente ni de una capacitación extensiva para el personal, haciendo de su adopción una medida accesible.

Energía renovable

- **Impacto BAJO:** aunque la energía renovable es fundamental para la sostenibilidad general y reduce la huella de las operaciones, su impacto directo en la reducción del desperdicio alimentario es limitado. No afecta directamente las operaciones diarias que contribuyen al desperdicio de alimentos.
- **Dificultad de implementación MEDIA:** adoptar la energía renovable puede requerir una inversión inicial significativa y posibles modificaciones en la infraestructura, lo cual puede ser un desafío para las PYMES sin acceso fácil a financiamiento o subvenciones.

Blockchain

- **Impacto MEDIO:** blockchain mejora la trazabilidad y la transparencia a lo largo de la cadena de suministro, permitiendo una mejor gestión de los inventarios y una reducción de las pérdidas por alimentos caducados o contaminados. Sin embargo, su efectividad depende de la implementación a lo largo de toda la cadena de suministro, lo que puede ser una limitación.
- **Dificultad de implementación BAJA:** a pesar de la complejidad técnica percibida, existen soluciones blockchain diseñadas específicamente para las PYMES, con modelos de suscripción basados en la nube que minimizan la inversión inicial y la complejidad de la implementación

Internet of Things (IoT)

- **Impacto ALTO:** el IoT permite la optimización de la cadena de suministro mediante el monitoreo inteligente y la gestión de inventarios, reduciendo el desperdicio al asegurar que los alimentos sean procesados y distribuidos de manera eficiente. La capacidad para ajustar la producción basada en datos en tiempo real minimiza el exceso de producción y las pérdidas.
- **Dificultad de implementación MEDIA:** requiere de cierta infraestructura tecnológica y una inversión inicial para la instalación de sensores y dispositivos conectados, así como una plataforma de gestión. Aunque su coste es más accesible que antes, puede seguir suponiendo un reto para las PYMES.

Big Data & Analytics

- **Impacto ALTO:** la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos permite a las empresas anticiparse a las tendencias de demanda y ajustar la producción y el inventario en consecuencia, reduciendo el desperdicio. Puede ayudar a identificar patrones de consumo que permitan una mejor planificación y gestión de los recursos alimentarios.
- **Dificultad de implementación MEDIA:** requiere de sistemas de recopilación de datos y herramientas analíticas, lo que puede suponer una inversión significativa en *software* y, posiblemente, en *hardware*. La capacitación del personal para interpretar y actuar sobre los datos analizados también es necesaria.

Inteligencia Artificial (IA)

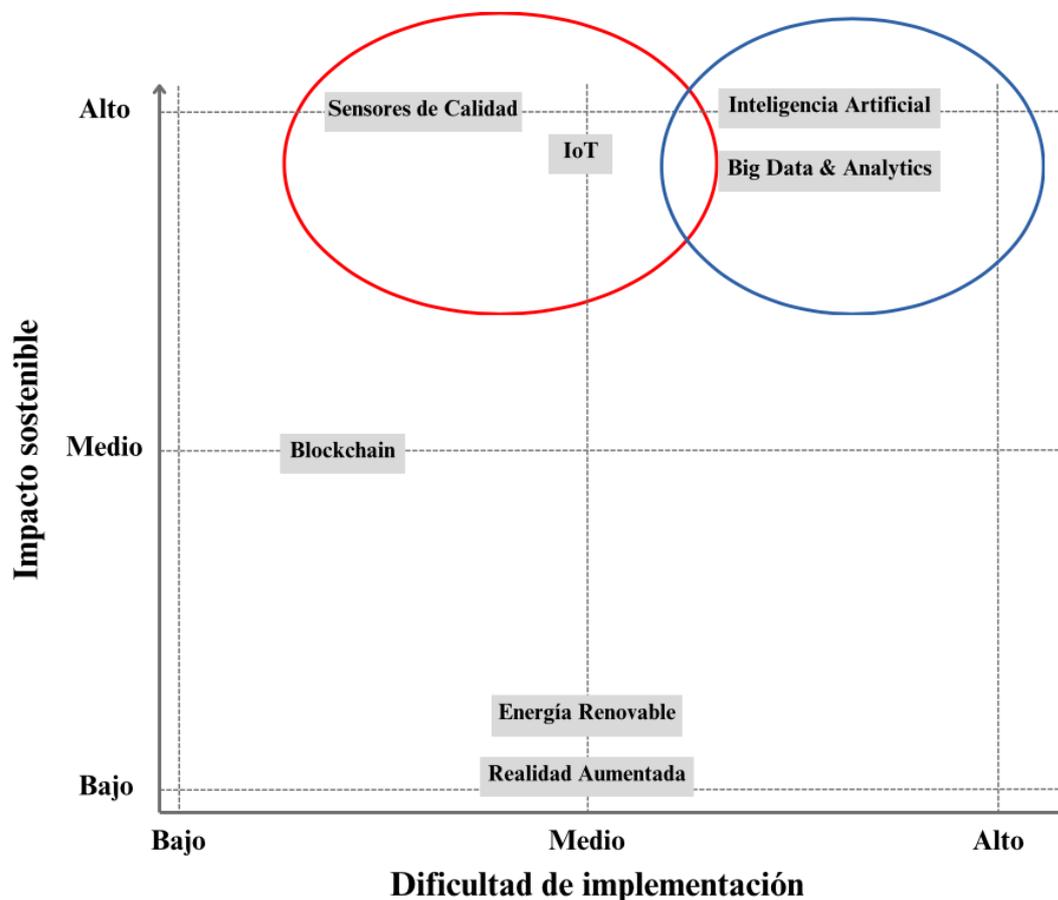
- **Impacto ALTO:** la IA puede predecir la demanda con alta precisión, optimizar la logística y la producción para minimizar el exceso y el desperdicio, y mejorar la gestión de inventarios. Las aplicaciones de IA pueden identificar oportunidades para redirigir alimentos que de otra manera se desperdician.
- **Dificultad de implementación MEDIA:** aunque la IA está cada vez más disponible, su integración efectiva requiere de acceso a grandes conjuntos de datos y puede implicar costos de desarrollo o adquisición de soluciones personalizadas.

Realidad Aumentada

- **Impacto BAJO:** la RA puede mejorar la experiencia del consumidor y la formación del personal, pero su impacto directo en la reducción del desperdicio alimentario es limitado. Aunque puede utilizarse para educar sobre el consumo responsable o para mostrar información sobre la frescura de los productos, estas aplicaciones no tienen efecto directo y significativo en la mitigación del desperdicio a lo largo de la cadena de suministro.
- **Dificultad de implementación BAJA:** la RA puede implementarse a través de aplicaciones móviles y dispositivos ya existentes, minimizando la necesidad de nueva infraestructura o inversiones grandes. La barrera radica en el desarrollo de contenido y aplicaciones relevantes, pero no requiere de un cambio significativo en los procesos operativos o de producción de las PYMES.

Práctica Sostenible	Impacto	Dificultad
Sensores de Calidad	Alto	Baja
Energía Renovable	Bajo	Media
Blockchain	Medio	Baja
IoT	Alto	Media
Big Data & Analytics	Alto	Media
IA	Alto	Media
Realidad Aumentada	Bajo	Baja

Ilustración 7: Relación coste implementación vs contribución a la mitigación de desperdicio alimentario de las prácticas sostenibles



Fuente: Elaboración propia (2024)

Tal y como se representa en la Ilustración 7, los **resultados del análisis** especificado en la contribución a la mitigación del desperdicio alimentario de cada una de las prácticas sostenibles, los **Sensores de Calidad e Internet of Things (IoT) sobresalen como las opciones prometedoras para las PYMES**, debido a su alto impacto en la reducción del desperdicio alimentario y a la relativa facilidad y accesibilidad de su implementación. Los sensores, con su fácil instalación y coste razonable ofrecen monitorización en tiempo real para prevenir el deterioro de alimentos y optimizar inventarios. A pesar de que el IoT requiere una mayor inversión inicial y más infraestructura, sus beneficios a largo plazo en la eficiencia operativa lo hacen valioso. En adición, las tecnologías de Big Data e Inteligencia Artificial prometen avances en la gestión de la cadena de suministro. Sin embargo, su implementación más compleja y costosa sugiere un enfoque posterior, tras la implementación de tecnologías más asequibles. **Por el contrario**, la Energía Renovable

y Realidad Aumentada tienen un impacto bajo en la reducción del desperdicio y podrían no ser las opciones prioritarias para las PYMES a la hora de enfrentar este reto. A pesar de que la energía renovable es esencial para la sostenibilidad global, su conexión directa con la disminución del desperdicio alimentario es limitada. Asimismo, la Realidad Aumentada, aunque es útil para la educación del consumidor y mejora su experiencia de compra, tiene un impacto limitado o nulo en la reducción del desperdicio.

En definitiva, en la búsqueda de soluciones sostenibles frente a los desafíos económicos y regulatorios, las PYMES en la industria alimentaria deben estudiar cuidadosamente en su selección de tecnologías para optimizar la inversión y el impacto ambiental. La elección estratégica de tecnologías como los **Sensores de Calidad** y el **Internet of Things (IoT)** se presenta como una alternativa atractiva, ya que puede tener un impacto significativo en la reducción del desperdicio, además de ser considerada de fácil implementación. No solo mejoran la eficacia operativa, sino que también son accesibles en términos de costes y complejidad técnica, lo que las convierte en opciones prioritarias para empresas con recursos limitados. A pesar de que tecnologías avanzadas, tales como Big Data & Analytics e Inteligencia Artificial, presentan transformaciones significativas en la gestión y eficiencia de la cadena de suministro, su adopción requiere una consideración cuidadosa debido a su complejidad y coste. Este análisis destaca la relevancia de un enfoque pragmático y adaptado a la realidad financiera y operativa de las pequeñas y medianas empresas, fomentando la selección de tecnologías que no solo son viables desde el punto de vista económico, sino que también brindan mejoras tangibles en la sostenibilidad y **cumplimiento normativo**. A medida que las PYMES enfrentan el desafío de adaptarse a un entorno regulatorio en evolución y las expectativas de los consumidores hacia prácticas más sostenibles, la integración inteligente de tecnologías adecuadas se presenta como un paso crucial hacia un futuro más verde y competitivo para la industria alimentaria.

4.5. Limitaciones del trabajo y futuras área de investigación

Este análisis se ha realizado en base a la información más reciente disponible sobre la industria alimentaria, incluyendo el marco regulatorio vigente, las prácticas sostenibles al alcance las empresas y datos actuales de empresas específicas. Sin embargo, se han presentado algunas limitaciones que se espera resolver en el futuro:

- La disponibilidad de información cuantitativa relativa a los costes asociados a la implementación de diversas prácticas y tecnologías sostenibles es muy limitada. Se debe tener en cuenta que todas estas técnicas sostenibles presentan una amplia gama de funcionalidades, cada una destinada a optimizar aspectos específicos de la cadena de valor de la industria alimentaria. Estas funcionalidades responden a diferentes retos u objetivos, lo que provoca variaciones en los costes de implementación. En adición, los costes de implementación también varían en función del tamaño de la organización que las implementa, lo que ha resultado en una barrera para análisis.
- En el futuro, se anticipa la aparición de nuevos modelos de negocio cada vez más innovadoras y sostenibles, los cuales requerirán un análisis exhaustivo para proporcionar información relevante y útil a las empresas que deseen abordar los retos sostenibles presentes y futuros. Asimismo, se prevé desarrollar nuevas áreas de negocio que se derivan de los enfoques actuales en productos *plant-based* y el sector *Agrotech*. Las nuevas áreas de negocio podrían ser originadas por innovadoras empresas emergentes, similares a las mencionadas y entrevistadas en el análisis (NotCo o ISIFarmer,) quienes proporcionarán información detallada y valiosa para futuras investigaciones.

No obstante, se espera que futuros análisis continúen explorando y abordando los retos de la industria alimentaria, proporcionando datos sobre el retorno de las inversiones y el posible desarrollo de nuevos modelos de negocio. De esta forma, se incrementará el valor analítico, ofreciendo mayores recomendaciones y conocimientos sobre la inversión sostenible, tanto para las PYMES del sector alimentario en España como a escala global.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo, se ha explorado en profundidad los desafíos y oportunidades que la sostenibilidad presenta para la industria alimentaria, un sector clave para la economía global y el bienestar social. La importancia de adoptar prácticas sostenibles se ha vuelto cada vez más evidente, impulsada por un creciente reconocimiento de su impacto ambiental y por las demandas de consumidores cada vez más informados y conscientes. A través de un análisis detallado de la evolución histórica de la industria, el impacto ambiental de sus prácticas actuales, y las respuestas innovadoras frente a los retos de sostenibilidad, este trabajo ha buscado ofrecer una visión comprensiva de cómo las

empresas alimentarias pueden navegar el complejo panorama de sostenibilidad para asegurar un futuro más prometedor tanto para ellas como para el planeta. Por ello, y tras su finalización, se elaboran las siguientes conclusiones.

Del análisis del impacto de la industria alimentaria sobre la sostenibilidad se concluye que:

- La industria alimentaria contribuye significativamente a problemas ambientales como la deforestación, la pérdida de biodiversidad, el agotamiento de recursos naturales y la contaminación del agua debido a prácticas agrícolas intensivas y el uso excesivo de fertilizantes químicos.
- La cadena de valor alimentaria es responsable de una parte considerable de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), con la producción y el transporte de alimentos siendo fases destacadas que agregan significativamente a la huella de carbono global.
- El desperdicio alimentario no solo representa una ineficiencia en términos de recursos, sino que también tiene implicaciones ambientales por la emisión de metano resultante de la descomposición de alimentos en vertederos, lo que a su vez contribuye al cambio climático.

El análisis de los retos que la sostenibilidad supone a la industria alimentaria revela que:

- La industria alimentaria se ve obligada a reestructurar sus cadenas de valor y prácticas de producción para cumplir con las estrictas regulaciones medioambientales y políticas de sostenibilidad, como el Pacto Verde Europeo. Esta adaptación incluye desde la reducción de desperdicio alimentario hasta el control de contaminantes y la promoción de una alimentación saludable y sostenible en centros educativos.
- Las empresas alimentarias están respondiendo a un cambio significativo en las preferencias de los consumidores, quienes buscan opciones más saludables y sostenibles. Esto se evidencia en el crecimiento del mercado de alimentos de origen vegetal (*plant-based*), lo que indica una tendencia hacia dietas que reduzcan el impacto medioambiental y promuevan el bienestar.
- Existe una creciente demanda por parte de los consumidores de mayor transparencia en los procesos de producción y la trazabilidad de los productos

alimenticios. Las empresas que logran proporcionar esta información detallada y accesible pueden mejorar la confianza del consumidor y su fidelidad a la marca.

- La implementación de tecnologías emergentes y prácticas innovadoras en la producción, empaque y distribución de alimentos se convierte en esencial para afrontar los retos de sostenibilidad. Esto incluye desde la optimización de los recursos hasta la mejora en los sistemas de trazabilidad para garantizar la calidad y sostenibilidad de los productos ofrecidos.

Del análisis del impacto de los retos sostenibles en la industria alimentaria se extraen las siguientes conclusiones:

- *Impacto positivo de la sostenibilidad:*
 - La adopción de prácticas sostenibles puede mejorar significativamente la imagen de marca de las empresas, aumentando su competitividad.
 - Cumplir con regulaciones ambientales y sociales no solo evita riesgos legales y económicos, sino que también puede resultar en eficiencias operativas y ahorros a largo plazo.
 - La inversión en tecnologías sostenibles y la implementación de prácticas eficientes pueden permitir a las empresas acceder a nuevos segmentos de mercado, como el mercado *plant-based*, dispuestos a pagar un precio premium por productos sostenibles, expandiendo su base de clientes y asegurando una ventaja competitiva.
- *Impacto negativo de la sostenibilidad:*
 - Las inversiones iniciales requeridas para innovar en modelos de negocio y productos sostenibles pueden ser elevadas, representando un obstáculo significativo, especialmente para las PYMES y microempresas que forman una gran parte de la industria alimentaria.
 - La desigualdad competitiva se agrava, ya que no todas las empresas pueden afrontar los costes asociados a la implementación de soluciones sostenibles, lo que podría resultar en una pérdida de cuota de mercado para aquellas que no logren adaptarse.
 - Aunque las prácticas sostenibles son valoradas por los consumidores, el precio más elevado de los productos sostenibles puede disuadir a una parte

significativa de los consumidores, limitando el acceso a estos productos debido a restricciones económicas.

Del análisis de respuesta de la industria alimentaria a los retos sostenibles concluimos que:

- Las empresas alimentarias están redefiniendo sus operaciones y estrategias para alinearse con las normativas ambientales emergentes y las expectativas sociales, enfocándose en la seguridad alimentaria y el etiquetado sostenible.
- Se destaca la transición energética hacia fuentes más sostenibles y la integración de tecnologías como la digitalización y la Inteligencia Artificial (IA) para optimizar la producción, reducir costes y minimizar el impacto ambiental.
- Inversión por parte de empresas de todos los tamaños de la industria alimentaria en sistemas avanzados de seguimiento para proporcionar una mayor trazabilidad, respondiendo a la creciente demanda de los consumidores por transparencia en la cadena de valor.
- Se observa un crecimiento en la popularidad de los productos *plant-based*, de origen vegetal, lo que refleja un cambio en las preferencias de consumo. Las empresas están intensificando sus esfuerzos en I+D+i y la aplicación de tecnologías avanzadas para desarrollar alternativas nutricionales, saludables, ecológicas y sostenibles.
- Las prácticas para mitigar el desperdicio alimentario incluyen la gestión de inventarios en tiempo real y el uso de tecnologías predictivas y de monitoreo, como los sensores de Internet of Things (IoT), para optimizar la producción y la conservación de los alimentos.
- La industria alimentaria está destinando una parte significativa de sus ingresos (entre el 6%-10%) a la investigación, el desarrollo, y la innovación, enfocándose en mejorar los procesos internos, asegurar la seguridad alimentaria y desarrollar productos innovadores que cumplan con las exigencias de sostenibilidad y nutrición.

Del análisis de las prácticas sostenibles llevadas a cabo por cinco empresas diferentes, podemos concluir que:

- Empresas de la industria alimentaria, tanto pequeñas como grandes corporaciones, están invirtiendo en prácticas sostenibles, y en tecnologías desde la trazabilidad del Blockchain hasta otras como la Inteligencia Artificial o Internet of Things (IoT) para mejorar la eficiencia en la cadena de valor y la calidad de los productos.
- La innovación sostenible de las cadenas de valor de la industria alimentaria está al alcance de tanto las grandes como las pequeñas empresas, siendo las empresas emergentes las principales pioneras de modelos de negocio sostenibles e innovadores, como el *Agrotech* o *Agrobiotech*.

Del análisis de las dificultades de implementación de medidas sostenibles se extraen las siguientes conclusiones:

- Las PYMES enfrentan retos significativamente mayores en la implementación de medidas sostenibles comparadas con las grandes corporaciones, debido a limitaciones como el acceso restringido a financiamiento, menor capacidad para absorber costes iniciales, y la ausencia de economías de escala.
- Es crucial para las PYMES seleccionar cuidadosamente tecnologías sostenibles que ofrezcan un alto retorno de la inversión, dada su limitada capacidad financiera. Deben priorizar con alto impacto en sostenibilidad y baja a media dificultad de implementación.
- Sensores de Calidad e Internet of Things (IoT) se identifican como inversiones clave para PYMES, ofreciendo mejoras significativas en eficiencia operativa y reducción de desperdicios con una implementación más accesible y costes manejables.
- Para tecnologías con mayor complejidad y requerimientos de inversión, como Energía Renovable, Blockchain, Big Data & Analytics e Inteligencia Artificial, las PYMES deben realizar un análisis detallado de coste-beneficio para determinar su viabilidad.
- Antes de invertir en prácticas sostenibles, las PYMES deben evaluar minuciosamente sus deficiencias principales y las regulaciones ambientales prioritarias para asegurar que las tecnologías seleccionadas se alineen con sus objetivos de sostenibilidad y requisitos legales.

En definitiva, el presente trabajo revela la transformación y los desafíos que enfrenta la industria alimentaria en su transición hacia un modelo más sostenible. Desde el reconocimiento de su papel fundamental en la sociedad hasta el imperativo de adaptarse a prácticas sostenibles, la industria ha evolucionado significativamente, reflejando cambios en la tecnología, la sociedad y la normativa ambiental. La adopción de tecnologías sostenibles ofrece caminos viables hacia una producción más sostenible. Sin embargo, estas iniciativas vienen con desafíos, especialmente para las PYMES, que luchan con **limitaciones financieras y estructurales**. Por ello, deben examinar con detalle cada una de las prácticas sostenibles, habiendo identificado de antemano sus principales objetivos sostenibles. Las empresas líderes, como Nestlé o Walmart, han demostrado cómo la integración de soluciones sostenibles, desde el uso de energías renovables hasta la innovación en productos *plant-based*, puede no solo mitigar el impacto ambiental, sino también responder a las cambiantes preferencias de los consumidores. Asimismo, se ha observado como empresas emergentes, como ISIFarmer y NotCo, centran su modelo de negocio en la sostenibilidad, demostrando como la inversión en innovación y tecnología sostenible puede llevar a mejoras significativas en la eficiencia, transparencia y sostenibilidad, a la vez que respondiendo a las nuevas demandas del mercado. Por todo ello, este análisis subraya la **importancia crítica de la sostenibilidad en la industria alimentaria y resalta la necesidad de que todas las empresas**, independientemente de su tamaño, adopten y adapten innovaciones sostenibles para no solo cumplir con las regulaciones ambientales, sino también para asegurar su futuro en un entorno de mercado cada vez más consciente.

Declaración de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa en Trabajos Fin de Grado

Por la presente, yo, Belén Ramiro González, estudiante de ADE con Mención Internacional (E-4 Lancaster) de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado “**El Reto de la Sostenibilidad y Nuevos Requerimientos de Innovación en el Sector Alimentario: Nuevos Modelos de Negocio**”, declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

1. **Brainstorming de ideas de investigación:** Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.
2. **Metodólogo:** Para descubrir métodos aplicables a problemas específicos de investigación.
3. **Interpretador de código:** Para realizar análisis de datos preliminares.
4. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
5. **Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja.
6. **Revisor:** Para recibir sugerencias sobre cómo mejorar y perfeccionar el trabajo con diferentes niveles de exigencia.

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

Fecha: 17/03/2024

Firma: BELÉN RAMIRO GONZÁLEZ

6. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, S. (2022) *La sostenibilidad y la Innovación Serán clave en la industria alimentaria para fomentar Su Supervivencia*, *elEconomista.es*. Available at: <https://www.eleconomista.es/retail-consumo/noticias/12041022/11/22/La-sostenibilidad-y-la-innovacion-seran-clave-dentro-del-sector-industrial-para-fomentar-su-supervivencia.html> (Accessed: 01 October 2023).

Álvarez, D. (2023) *Isifarmer, La Granja urbana que cultiva rúcula y tomates en el corazón de tetuán*, *tetuan30dias.es*. Available at: <https://www.tetuan30dias.com/reportajes/isifarmer-granja-urbana-cultiva-rucula-tomates-corazon-tetuan> (Accessed: 15 March 2024).

Álvarez, J.I. (2021) *La Industria Alimentaria Convierte La Sostenibilidad en un valor irrenunciable*, *elEconomista.es*. Available at: <https://www.eleconomista.es/retail/noticias/11431082/10/21/La-industria-alimentaria-convierte-la-sostenibilidad-en-un-valor-irrenunciable-.html> (Accessed: 24 October 2023).

Álvarez, J.I. (2023) *Estas son Las Novedades Legislativas para la industria alimentaria en 2023*, *elEconomista.es*. Available at: <https://www.eleconomista.es/retail-consumo/noticias/12104853/01/23/Estas-son-las-novedades-legislativas-para-la-industria-alimentaria-en-2023.html> (Accessed: 18 February 2024).

Anderson, J. and Sandin, P. (2022) *How digital technology can accelerate food sustainability*, *Bain*. Available at: <https://www.bain.com/insights/how-digital-technology-can-accelerate-food-sustainability-wef/> (Accessed: 25 October 2023).

Aparicio, N. (2024) *Los 5 Principales retos en Alimentación para 2024*, *AINIA*. Available at: <https://www.ainia.es/ainia-news/retos-alimentacion-2024/> (Accessed: 19 February 2024).

AS (2023) *Los Nuevos Productos de notco que revolucionan el mercado*, *Diario AS*. Available at: <https://chile.as.com/actualidad/los-nuevos-productos-de-notco-que-revolucionan-el-mercado-n/> (Accessed: 14 March 2024).

BBVA (2023) *¿Qué es la sostenibilidad? un camino urgente y sin Marcha Atrás*, BBVA NOTICIAS. Available at: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-sostenibilidad-un-camino-urgente-y-sin-marcha-atras/> (Accessed: 18 March 2024).

BBVA (2024) *Qué Es el desarrollo sostenible: Del Concepto a Los Objetivos*, BBVA NOTICIAS. Available at: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-desarrollo-sostenible-del-concepto-a-los-objetivos/> (Accessed: 27 January 2024).

BCTS Consulting (2023) *Transparencia Alimentaria: Construyendo La Confianza del Consumidor a través de la trazabilidad*, BCTS Consulting. Available at: <https://bctsconsulting.com/2023/11/19/transparencia-alimentaria-construyendo-la-confianza-del-consumidor-a-traves-de-la-trazabilidad/> (Accessed: 14 February 2024).

Brennan, T. *et al.* (2023) *Building Food and Agriculture Businesses for a green future*, McKinsey & Company. Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/building-food-and-agriculture-businesses-for-a-green-future> (Accessed: 25 October 2023).

Colinas, D. (2024) *¿Qué impacto tiene la inteligencia artificial sobre la industria alimentaria?*, grupoaspasia.com. Available at: <https://grupoaspasia.com/es/2024/01/que-impacto-tiene-la-inteligencia-artificial-sobre-la-industria-> (Accessed: 14 March 2024).

Crespo Garay, C. (2021) *Claves para lograr una alimentación sostenible en España*, National Geographic. Available at: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2021/11/claves-para-lograr-una-alimentacion-sostenible-en-espana> (Accessed: 24 October 2023).

Deloitte (2021) *La Transformación del Sistema Alimentario Mundial*, Deloitte Spain. Available at: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/consumer-business/articles/transformacion-sistema-alimentario-mundial.html> (Accessed: 25 October 2023).

Deloitte (2021) *El Futuro de la Industria Alimentaria: Deloitte España*, Deloitte Spain. Available at: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/strategy/articles/futuro-industria-agroalimentaria.html> (Accessed: 27 January 2024).

Efeagro (2023) *El Gobierno Retomará en 2024 la Ley de Desperdicio alimentario y la Tramitará Cuanto Antes*, EFEAgro. Available at: <https://efeagro.com/gobierno-retomara-2024-ley-desperdicio-alimentario/> (Accessed: 19 February 2024).

El Español (2023) *El Sector Alimentario Prevé que la ley contra el desperdicio de comida verá la luz a finales de 2024*, El Español. Available at: https://www.lespanol.com/invertia/disruptores-innovadores/disruptores/20231201/sector-alimentario-preve-ley-desperdicio-comida-vera-luz-finales/813669145_0.html (Accessed: 19 February 2024).

EOS Analytics (2021) *Agricultura Intensiva: Propiedades E Impacto Ambiental*. Available at: <https://eos.com/es/blog/agricultura-intensiva/> (Accessed: 26 February 2024).

Fernández, R. (2023) *Alimentos Y Bebidas Funcionales: Tamaño del mercado 2020-2028*, Statista. Available at: <https://es.statista.com/estadisticas/1421693/alimentos-y-bebidas-funcionales-tamano-del-mercado/> (Accessed: 16 March 2024).

Fernández, R. (2023) *Veggies: Productos veganos con mayor Crecimiento Mundial del Consumo*, Statista. Available at: <https://es.statista.com/estadisticas/1269802/veggies-crecimiento-del-consumo-mundial-de-alternativas-veganos-por-tipo/> (Accessed: 17 March 2024).

Ferrer, J.M. (2023) *Novedades Legislativas Con Impacto para el sector agroalimentario en 2023*, AINIA. Available at: <https://www.ainia.es/ainia-news/novedades-legislativas-impacto-sector-agroalimentario-2023/> (Accessed: 19 February 2024).

FIAB (2022) *La Nueva Legislación en Materia de Sostenibilidad amenaza la supervivencia de 2.400 empresas y más de 25.000 empleos*, FIAB. Available at: <https://fiab.es/fiab-la-nueva-legislacion-en-materia-de-sostenibilidad-amenaza-la-supervivencia-de-2-400-empresas-y-mas-de-25-000-empleos/> (Accessed: 30 January 2024).

García, G. (2022a) *Internet de las cosas, clave en el desarrollo de la Industria Alimentaria*, THE FOOD TECH - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y

Bebidas. Available at: <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/internet-de-las-cosas-clave-en-el-desarrollo-de-la-industria-alimentaria/> (Accessed: 30 January 2024).

García, G. (2020) *La sostenibilidad en la Industria Alimentaria*, *THE FOOD TECH - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas*. Available at: <https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/la-sostenibilidad-en-la-industria-alimentaria-es-proritaria/> (Accessed: 24 October 2023).

García, G. (2022) *La sostenibilidad es fundamental en la Operación de las Empresas Alimentarias*, *THE FOOD TECH - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas*. Available at: <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/la-sostenibilidad-es-fundamental-en-la-operacion-de-las-empresas-alimentarias/> (Accessed: 30 January 2024).

García, G. (2024) *La Inteligencia artificial invade a la Industria Alimentaria*, *THE FOOD TECH - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas*. Available at: <https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/la-inteligencia-artificial-invade-a-la-industria-alimentaria/> (Accessed: 14 March 2024).

Henze, V. and Boyd, S. (2021) *Plant-based foods market to hit \$162 billion in next decade, projects Bloomberg Intelligence*, *Bloomberg.com*. Available at: <https://www.bloomberg.com/company/press/plant-based-foods-market-to-hit-162-billion-in-next-decade-projects-bloomberg-intelligence/> (Accessed: 16 March 2024).

Hernanz, C. (2023) *Sin Lúpulo no hay paraíso: Un 'invento' español (ekonoke) Para Salvar La Cerveza*, *elconfidencial.com*. Available at: https://www.elconfidencial.com/empresas/2023-04-30/ekonoke-cerveza-lupulo-cultivo-vertical-galicia_3620690/ (Accessed: 18 March 2024).

IBECONOMÍA (2023) *Descubre como la inclusión del Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) brinda numerosos beneficios a las pequeñas y medianas empresas*. Available at: <https://ibeeconomia.com/descubre-como-la-inclusion-del-internet-de-las-cosas-iot-por-sus-siglas-en-ingles-brinda-numerosos-beneficios-a-las-pequenas-y-medianas-empresas/> (Accessed: 20 march 2024)

INESDI (2021) *Aplicaciones de blockchain en la industria alimentaria. Trazabilidad, Calidad y Gestión de Productos, Inesdi*. Available at: <https://www.inesdi.com/blog/aplicaciones-de-Blockchain-en-la-industria-alimentaria/> (Accessed: 14 March 2024).

Inycom (2022) *Sostenibilidad en la Industria Alimentaria - Inycom, Blog de Inycom Industria*. Available at: <https://inycomindustria.com/blog/eficiencia-energetica/sostenibilidad-en-la-industria-alimentaria/> (Accessed: 19 February 2024).

Isifarmer (no date) *Urban agriculture with Vertical Farming Solutions, Isifarmer*. Available at: <https://isifarmer.com/> (Accessed: 14 March 2024).

Jamele, A. (2023) *Cómo funciona Giuseppe, la IA que usa NotCo para producir sus alimentos a base de plantas, Forbes Argentina*. Available at: <https://www.forbesargentina.com/innovacion/como-funciona-giuseppe-ia-usa-notco-producir-sus-alimentos-base-plantas-n34487> (Accessed: 14 March 2024).

Juárez, C. (2020) *Evolución de Nuestra Comida, THE FOOD TECH - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas*. Available at: <https://thefoodtech.com/nutricion-y-salud/evolucion-de-nuestra-comida/> (Accessed: 29 January 2024).

La Vanguardia (2023) *Un informe atribuye al sistema alimentario un tercio de las emisiones de CO2*. Available at: <https://www.lavanguardia.com/vida/20231102/9346353/informe-atribuye-sistema-alimentario-tercio-emisiones-co2-agenciaslv20231102.html> (Accessed: 26 February 2024).

Lane, C. (2024) *How much do solar panels cost in 2024? Solar Reviews*. Available at: <https://www.solarreviews.com/solar-panel-cost> (Accessed: 20 March 2024).

Lahoz, E. (2023) *Industria Agroalimentaria: Evolución y Desafíos, DKV Seguros*. Available at: <https://dkv.es/corporativo/blog-360/sociedad/consumo/industria-agroalimentaria-evolucion-y-desafios> (Accessed: 27 January 2024).

López, B. (2023) *La Ia Avanza con fuerza en el Foodtech Nacional*, *Techfoodmag*. Available at: <https://www.techfoodmag.com/la-ia-avanza-con-fuerza-en-el-foodtech-nacional/> (Accessed: 14 March 2024).

Lopez, E. (2018) *IBM takes its food supply blockchain solution worldwide*, *Supply Chain Dive*. Available at: <https://www.supplychaindive.com/news/IBM-Food-Trust-SaaS-available-Carrefour/539065/> (Accessed: 20 March 2024).

Llorens, A. (2023) *Industria alimentaria en España: Retos y oportunidades [2023-2024]*, *Bioser*. Available at: <https://www.bioser.com/industria-alimentaria-en-espana-retos-y-oportunidades/> (Accessed: 29 January 2024).

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2023) *Informe anual de la Industria Alimentaria Española periodo 2022 - 2023*, *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Available at: https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/industria-agroalimentaria/20230728informeanualindustria2022-20232t23ok_tcm30-659567.pdf (Accessed: 27 January 2024).

Martín, A. (2023) *Isifarmer: Agricultura Sostenible*, *Regió7: Últimes notícies de Manresa, la Catalunya Central i el món*. Available at: <https://www.regio7.cat/ideas/TodosEnLaFoto/Isifarmer.html> (Accessed: 15 March 2024).

Melo, M.F. (2022) *Infografía: La Huella de Carbono de los Alimentos*, *Statista Daily Data*. Available at: <https://es.statista.com/grafico/28549/emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-kilogramo-de-alimentos-y-bebidas-seleccionados/> (Accessed: 17 March 2024).

Montoriol, J. (2019) *La Industria Agroalimentaria Española: Estructura empresarial Y Productividad*, *CaixaBank Research*. Available at: <https://www.caixabankresearch.com/es/analisis-sectorial/agroalimentario/industria-agroalimentaria-espanola-estructura-empresarial-y> (Accessed: 27 January 2024).

Nestlé (2021) *Nestlé Apuesta por la energía limpia como parte de su compromiso con el planeta*, *Nestlé*. Available at: <https://www.nestle->

centroamerica.com/media/news/nestl%C3%A9-apuesta-por-la-energ%C3%ADa-limpia-como-parte-de-su-compromiso-con-el-planeta (Accessed: 15 March 2024).

Nestlé (2021b) *Nestlé Revoluciona el plant-based en restaurantes Y Cafeterías Españolas, Nestlé*. Available at: <https://empresa.nestle.es/es/sala-de-prensa/actualidad-nestle/nestle-revoluciona-plant-based-restaurantes-cafeterias-espanolas> (Accessed: 15 March 2024).

NotCo (no date) *NOTCO, AI Plant-based powered deliciousness*. Available at: <https://notco.com/ar/> (Accessed: 14 March 2024).

Orús, A. and 2023, 23 nov (2023) *Alimentos Funcionales y productos naturales para la salud: Valor de mercado mundial 2023-2033, Statista*. Available at: <https://es.statista.com/estadisticas/1424861/mercado-de-alimentos-funcionales-y-productos-para-la-salud/#:~:text=Mercado%20global%20de%20alimentos%20funcionales,para%20la%20salud%202023%2D2033&text=En%202023%2C%20el%20mercado%20mundial,23.500%20millones%20de%20d%C3%B3lares%20estadounidenses>. (Accessed: 15 February 2024).

Parlamento Europeo (2021) *Construir UN Sistema Alimentario Sostenible: La Estrategia de la UE: Temas: Parlamento Europeo, Temas | Parlamento Europeo*. Available at: <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20200519STO79425/construir-un-sistema-alimentario-sostenible-la-estrategia-de-la-ue> (Accessed: 14 February 2024).

Piña, A.G. (2021) *Alimentación Sostenible: Tendencia de Inversión Empresarial, Alianza Alimentaria*. Available at: <https://alianzaalimentaria.org/blog/por-que-la-alimentacion-sostenible-es-importante-para-los-inversores-empresariales> (Accessed: 24 October 2023).

Pointing, C. (2024) *Tyson Foods just quietly launched its first plant-based Nuggets, VegNews.com*. Available at: <https://vegnews.com/2023/6/tyson-foods-first-plant-based-nuggets> (Accessed: 16 March 2024).

Ritchie, H. (2022) *Environmental footprints of dairy and plant-based milks, Our World in Data*. Available at: <https://ourworldindata.org/grapher/environmental-footprint-milks> (Accessed: 17 March 2024).

Rogers, K. (2021) *Poner la sostenibilidad Al Alcance del Consumidor, Poner la sostenibilidad al alcance del consumidor.* Available at: https://www.ey.com/es_ve/consumer-products-retail/make-sustainability-accessible-to-the-consumer (Accessed: 30 January 2024).

Romera, J. (2023) *La Industria Alimentaria Destina ya el 6% de sus ingresos a innovación, elEconomista.es.* Available at: <https://www.eleconomista.es/retail-consumo/noticias/12587205/12/23/la-industria-alimentaria-destina-ya-el-6-de-sus-ingresos-a-innovacion.html> (Accessed: 15 February 2024).

Rovirosa, N. and Martínez, M. (2022) *Sostenibilidad Como Oportunidad para el sector agroalimentario, 7Experts.* Available at: <https://www.7experts.com/es/insights/sostenibilidad-como-oportunidad-para-el-sector-agroalimentario> (Accessed: 15 February 2024).

Ruíz, I. (2021) *Blockchain y la Industria Alimentaria: Una Alianza exitosa, THE FOOD TECH - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas.* Available at: <https://thefoodtech.com/historico/blockchain-y-la-industria-alimentaria-una-alianza-exitosa/> (Accessed: 29 January 2024).

Sanahuja, A.B. (2022) *¿Qué impacto ambiental tiene el desperdicio de alimentos?, El País.* Available at: <https://elpais.com/ciencia/las-cientificas-responden/2022-04-06/que-impacto-ambiental-tiene-el-desperdicio-de-alimentos.html> (Accessed: 27 January 2024).

Serrano, C. (2023) *Los Nuevos retos de la industria alimentaria -Nalanda, Nalanda Global.* Available at: <https://www.nalandaglobal.com/blog/los-nuevos-retos-de-la-industria-alimentaria/> (Accessed: 19 February 2024).

Service, F.R.& (2023) *10 tendencias Que Marcarán el sector de la Alimentación en 2023, foodretail.* Available at: https://www.foodretail.es/food/tendencias-sector-alimentacion-sostenibilidad-nutricion-diseno_0_1731426856.html (Accessed: 24 October 2023).

Sheykin, H. (2023) *¿Cuánto cuesta lanzar una aplicación AR?* Available at: <https://finmodelslab.com/es/blogs/startup-costs/augmented-reality-app-development-startup-costs> (Accessed: 20 March 2024).

Stock, A.N.-T. (2022) *NotCo, El unicornio que enamoró a Jeff Bezos USANDO La ia Para Crear alimentos perfectos de origen vegetal*, *Business Insider España*. Available at: <https://www.businessinsider.es/notco-startup-crea-ia-comida-perfecta-origen-vegetal-974539> (Accessed: 14 March 2024).

Smith, A. (2023) *How much does it cost to build artificial intelligence software in 2024*, *Medium*. Available at: <https://web-and-mobile-development.medium.com/how-much-does-it-cost-to-build-artificial-intelligence-software-in-2024-fcc2fe11fde5#:~:text=AI%20Project%20on%20a%20Medium,from%20%24500%2C000%20to%20%249%2C00%2C000>. (Accessed: 20 March 2024).

Sristy, A. (2021) *Blockchain in the food supply chain - What does the future look like?*, *tech.walmart.com*. Available at: https://tech.walmart.com/content/walmart-global-tech/en_us/news/articles/blockchain-in-the-food-supply-chain.html (Accessed: 15 March 2024).

Suárez, A.V. (2023) *El Sector Agroalimentario, Primera Industria de España en Plena transformación*, *industry TALKS. Diario Digital de la Industria Española*. Available at: <https://industrytalks.es/el-sector-agroalimentario-primera-industria-de-espana-en-plena-transformacion/> (Accessed: 27 January 2024).

Thomas Signe (2022) *Caso de éxito de trazabilidad blockchain: Sabores Sierra de Madrid*, *Thomas Signe - Soluciones Tecnológicas Globales*. Available at: <https://www.thomas-signe.com/blog/sabores-sierra-de-madrid-caso-de-exito-de-trazabilidad-blockchain-en-la-industria-alimentaria> (Accessed: 13 March 2024).

The Food Tech (2023) *Multinacional desarrolla Nueva Bebida Plant-based a partir de las habas y la avena*, *THE FOOD TECH - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas*. Available at: <https://thefoodtech.com/desarrollo-de-nuevos-productos/multinacional-desarrolla-nueva-bebida-plant-based-a-partir-de-las-habas-y-la-avena/> (Accessed: 15 March 2024).

The Food Tech (2023b) *Nestlé y La Sustentabilidad: Objetivos y acciones para un futuro más sostenible*, *THE FOOD TECH - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas*. Available at: <https://thefoodtech.com/industria-alimentaria-hoy/nestle-y-la->

sustentabilidad-objetivos-y-acciones-para-un-futuro-mas-sostenible/ (Accessed: 15 March 2024).

Unnikrishnan, S. *et al.* (2023) *Beyond 'Carbon Tunnel Vision' in Food Systems*, BCG Global. Available at: <https://www.bcg.com/publications/2023/beyond-carbon-tunnel-vision-in-food-ecosystem> (Accessed: 25 October 2023).

Vitasek, K. *et al.* (2022) *How Walmart Canada Uses Blockchain to Solve Supply-chain Challenges*, Harvard Business Review. Available at: <https://hbr.org/2022/01/how-walmart-canada-uses-blockchain-to-solve-supply-chain-challenges> (Accessed: 15 March 2024).

7. ANEXOS

7.1. Ponentes de las entrevistas

Tabla 6: Ponentes de las entrevistas personales a profesionales del sector

#	Organización	Nombre	Posición	Fecha	Formato
1	ISIFarmer	Marcos Enríquez	CEO & Fundador	Marzo 2024	Llamada telefónica
2	Ekonoke	Inés Sagrario	CEO & Cofundadora	Marzo 2024	Llamada telefónica

Fuente: Elaboración propia (2024)

7.2. Entrevistas a profesionales del sector

7.2.1. Marcos Enríquez – ISIFarmer

La entrevista con Marcos Enríquez, fundador de ISIFarmer, tuvo como compromiso principal explorar la esencia de su emprendimiento y el modelo de negocio ecológico que implementa. Esta start-up está revolucionando la agricultura sostenible mediante un modelo de negocio inspirado en la economía colaborativa y la tecnología avanzada. Especializados en *microgreens*, esos diminutos vegetales codiciados por restaurantes de alta gama para adornar sus platos, entre los que Enríquez ha recalcado la zanahoria, albahaca y el cilantro, ISIFarmer ofrece a los clientes la posibilidad de alquilar espacio de cultivo en su planta de 500m² para producir vegetales frescos de forma

sostenible. Este enfoque no solo permite a los clientes tener un suministro directo de vegetales frescos y sostenibles, sino que también combate la sobreproducción, garantizando que “únicamente se cultiva la cantidad exacta que se va a consumir”, tal y como comentó Enríquez.

“Una vez terminen de cultivarse los microgreens, se lleva hasta el consumidor. Se podría ver como un concepto de una plataforma similar a “Glovo” para cultivos ecológicos” - Marcos Enríquez, CEO y fundador de ISIFarmer

A pesar de los retos iniciales como la inversión en maquinaria y los costes energéticos, la adopción de IoT, sensores para la monitorización del cultivo, y la tecnología blockchain para la trazabilidad de los alimentos, Enríquez ha manifestado que ha sido fundamental para su éxito. ISIFarmer destaca por su agricultura vertical urbana, que minimiza la huella de carbono al cultivar cerca de los consumidores y asegura un suministro constante de alimentos frescos todo el año, destacando su compromiso con la sostenibilidad y la seguridad alimentaria.

Mirando hacia el futuro, ISIFarmer está explorando el potencial de la Inteligencia Artificial para la comunicación directa entre productores y consumidores, una innovación que promete revolucionar la interacción en el sector minorista alimentario, que como comenta Enríquez, “es algo muy difícil de encontrar en las empresas de retail de hoy en día como Carrefour o Mercadona”. A pesar de los retos, incluidos los financieros, que enfrenten las PYMES y microempresas para adoptar medidas sostenibles exigidas por las regulaciones gubernamentales, Enríquez enfatiza la importancia de elegir tecnologías que no solo sean sostenibles, sino que también se alineen con los objetivos de la empresa y solucionen problemas específicos. Advierte contra el exceso de tecnología, resaltando que, “hay que usar las tecnologías, pero toda a su justa medida”, en sus propias palabras, ya que, aunque toda tecnología sostenible es útil en la industria alimentaria, el exceso de ellas puede tener un impacto ambiental alto derivado de la cantidad de energía necesaria para su funcionamiento.

Algunas de las preguntas presentadas al entrevistado:

- *¿Cuál fue la inspiración para fundar ISIFarmer y cómo surgió la idea de centrarse en la agricultura vertical urbana?*

- *Dada la importancia creciente de la sostenibilidad, ¿cómo asegura ISIFarmer prácticas sostenibles y eficientes en su modelo de negocio?*
- *¿Podría explicar cómo las tecnologías de Inteligencia Artificial, Blockchain y el Internet de las Cosas se integran en las operaciones de ISIFarmer? ¿Hay más involucradas?*
- *¿Qué desafíos ha enfrentado ISIFarmer al implementar innovaciones tecnológicas y cómo los ha superado? ¿Económico, regulatorio, etc.?*
- *¿Podría compartir ejemplos de cómo ISIFarmer ha logrado reducir el desperdicio de alimentos y mejorar la eficiencia en el uso de recursos?*
- *¿Cómo ve el futuro de la sostenibilidad en la industria alimentaria y qué papel espera que juegue ISIFarmer en ese futuro?*
- *¿Cuáles son los mayores desafíos y oportunidades que anticipa para el sector alimentario en los próximos años en términos de sostenibilidad e innovación?*
- *¿Cuáles son los criterios que ISIFarmer considera al evaluar nuevas tecnologías o prácticas sostenibles, y cómo equilibran el coste inicial con los beneficios a largo plazo? Además, ¿podría compartir alguna metodología o herramienta de evaluación que hayan utilizado para tomar decisiones de inversión en sostenibilidad?*

7.2.2. Inés Sagrario – Ekonoke

La entrevista realizada a Inés Sagrario, una de las pioneras detrás de Ekonoke, tuvo como compromiso entender el modelo de negocio sostenible que lleva a cabo. Ekonoke se destaca en el sector *Agrobiotech* con un modelo de negocio centrado en el cultivo interior de lúpulo para la industria cervecera utilizando métodos innovadores que reducen significativamente el impacto ambiental.

“Ya que nuestra idea de negocio anterior, del cultivo de lechugas sostenibles, no dio fruto a mucha demanda, investigamos qué alimentos estaban en riesgo y decidimos centrarnos en los lúpulos” - Inés Sagrario, CEO y cofundadora de Ekonoke

Inés Sagrario, una de las pioneras de Ekonoke, detalla cómo su enfoque de cultivo en instalaciones cerradas y el uso de tecnologías avanzadas permiten una producción eficiente y ecológica, destacando la reutilización del agua y el monitoreo a través de sensores IoT, y la eliminación de pesticidas. Este método no solo ahorra recursos, sino

que también aumenta la producción de lúpulo, permitiendo hasta cuatro cosechas al año, y reduce la huella hídrica en un 95%. Además, ubicar las granjas de cultivo cerca de las fábricas de cerveza de sus clientes elimina la necesidad de transporte y tratamiento posterior, contribuyendo aún más a la sostenibilidad. En vista al futuro, Ekonoke explora la **expansión hacia nuevos mercados**, como el cosmético o sanitario, aprovechando las cualidades dermatológicamente beneficiarias y propiedades antibacterianas o antihormonales que poseen los lúpulos.

Respecto los criterios de evaluación de las inversiones en prácticas sostenibles, Sagrario recalca su necesidad, pero señala que no hay una respuesta general sobre qué tecnologías son las más recomendadas para las PYMES en el momento actual. Se manifiesta que cada objetivo sostenible necesita distintas tecnologías, por lo que la inversión se debe mirar desde un punto de vista específico y no general. Coincide con Marcos Enríquez, CEO de ISIFarmer, que es crucial un análisis previo detallado para identificar los problemas específicos y objetivos sostenibles antes de decidir sobre las inversiones en tecnología. Este enfoque personalizado garantiza que las inversiones sean no solo efectivas, sino también alineadas con las metas de sostenibilidad a largo plazo.

Algunas de las preguntas presentadas al entrevistado:

- *¿Cuál fue la inspiración para fundar Ekonoke y cómo surgió la idea de centrarse en la agricultura vertical urbana? Cuéntame con más detalle en qué consiste Ekonoke.*
- *¿Por qué el sector cervecero?*
- *¿Qué tecnologías se usan para el funcionamiento de las plantas de Ekonoke?*
- *¿Qué retos se han presentado a lo largo del camino de Ekonoke?*
- *Aparte de ayudar a mejorar el sector cervecero con el cultivo sostenible de lúpulos, ¿qué otras ventajas sostenibles crees que tiene Ekonoke?*
- *¿Cuáles son los siguientes pasos para Ekonoke?*
- *¿Qué retos se han presentado a lo largo del camino de Ekonoke? ¿Retos económicos o regulatorios?*
- *¿Cuáles son los criterios que Ekonoke considera al evaluar nuevas tecnologías o prácticas sostenibles, y cómo equilibran el coste inicial con los beneficios a largo plazo?*

