

IMPACT OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE PERUVIAN FOOD INDUSTRY: RSL

Cristian Larrea^{1,2}, Daniel Alvarado¹, Wilson Montañez², Eliane Sóller², Max Laguna²

1: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERU SAC, Perú; 2: Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo - (PE)

Abstract– This review article analyzes the implementation of digital technologies in the food industry. It highlights that companies in the sector face challenges related to the low implementation of technology, which is an obstacle to their development and competitiveness. Therefore, in this research it was decided to conduct a systematic review of the literature, obtaining 44,411 articles through database searches. Likewise, the PICOC algorithms and the PRISMA method were used, which made it possible to identify 30 relevant articles to form the synthesis of the research. The results obtained from the analysis were that the implementation of digital technologies, such as artificial intelligence, Big Data, machine learning and Internet of Things, is presented as an advantageous opportunity for the Peruvian food industry to be more sustainable over time. In addition, according to the analysis of studies these technologies can have a positive impact on operational efficiency, reduction of food waste and improvement of food quality and safety. Therefore, the objective of this research is to provide an overview of the potential impact of digital technologies in the Peruvian food industry.

Keywords– Digital technologies, food industry, food safety, food, artificial intelligence (AI).

IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA PERUANA: RSL

Cristian Larrea^{1,2}, Daniel Alvarado¹, Wilson Montañez², Eliane Sóller², Max Laguna²

1: UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DEL PERU SAC, Perú; 2: Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo - (PE)

Resumen– Este artículo de revisión analiza la implementación de tecnologías digitales en la industria alimentaria. Se destaca que las empresas del sector enfrentan desafíos relacionados con la escasa implementación de tecnología, lo que representa un obstáculo para su desarrollo y competitividad. Por ello, en esta investigación se decidió realizar una revisión sistemática de la literatura, obteniendo 44,411 artículos mediante búsquedas en bases de datos. Asimismo, se utilizó algoritmos de PICOC y el método PRISMA, lo que permitió identificar 30 artículos relevantes para formar la síntesis de la investigación. Los resultados obtenidos del análisis fueron que la implementación de tecnologías digitales, como la inteligencia artificial, el Big Data, el aprendizaje automático y el Internet de las cosas, se presenta como una oportunidad ventajosa para que la industria alimentaria peruana sea más sostenible en el tiempo. Además, según el análisis de estudios estas tecnologías pueden tener un impacto positivo en la eficiencia operativa, la reducción del desperdicio de alimentos y la mejora de la calidad y seguridad alimentaria. Por tanto, el objetivo de esta investigación es proporcionar una visión general del potencial impacto de las tecnologías digitales en la industria alimentaria peruana.

Palabras clave– Tecnologías digitales, industria alimentaria, seguridad alimentaria, alimentos, inteligencia artificial (IA)

Abstract– This review article analyzes the implementation of digital technologies in the food industry. It highlights that companies in the sector face challenges related to the low implementation of technology, which is an obstacle to their development and competitiveness. Therefore, in this research it was decided to conduct a systematic review of the literature, obtaining 44,411 articles through database searches. Likewise, the PICOC algorithms and the PRISMA method were used, which made it possible to identify 30 relevant articles to form the synthesis of the research. The results obtained from the analysis were that the implementation of digital technologies, such as artificial intelligence, Big Data, machine learning and Internet of Things, is presented as an advantageous opportunity for the Peruvian food industry to be more sustainable over time. In addition, according to the analysis of studies these technologies can have a positive impact on operational efficiency, reduction of food waste and improvement of food quality and safety. Therefore, the objective of this research is to provide an overview of the

potential impact of digital technologies in the Peruvian food industry.

Keywords– Digital technologies, food industry, food safety, food, artificial intelligence (AI).

I. INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria a través del tiempo atraviesa grandes desafíos, como el aumento de la demanda de alimentos, garantizar la calidad de los productos y la seguridad alimentaria. En el mundo son distintas las empresas que se desempeñan en el rubro alimentario y están dispuestas a resolver estos desafíos implementando tecnologías digitales dentro de sus distintos procesos, debido a que se considera necesario la implementación de métodos integrales que les proporcione organización, análisis, integración y extracción de conclusiones que les permita tener más clara, las ideas para la toma de decisiones empleando soluciones inteligentes, innovadoras y sostenibles [1].

Ahora bien, es otra la realidad en la que se encuentra el Perú, según el Ministerio de Producción del Perú [2], se identificó que las empresas del sector alimentario enfrentan desafíos relacionados a la digitalización y automatización de sus procesos, es decir, tecnologías digitales. Por tanto, es preocupante la escasa implementación de la tecnología, ya que representa un obstáculo para el desarrollo y la competitividad de estas empresas.

En el sector alimentario, la competitividad exige respuestas eficaces y eficientes para afrontar los distintos retos del mercado. Entonces, las tecnologías digitales ofrecen una oportunidad ventajosa para que la industria alimentaria sea más sostenible en el tiempo [3]. Entre estas nuevas tecnologías se encuentran el Internet de las cosas (IoT), inteligencia artificial (IA), el aprendizaje automático (ML) y grandes datos (Big Data). La aplicación de estas tecnologías en la producción de alimentos innovadores y procesos de producción puede ayudar a mejorar la seguridad alimentaria, eficiencia y la sostenibilidad [4].

Entre las tendencias digitales se encuentran el internet de las cosas (IoT) que se define como una red de objetos físicos interconectados que recopilan y comparten datos. Estos objetos, conocidos como dispositivos IoT, pueden ser tan pequeños como un sensor o tan grandes como un automóvil. Sus características claves son: interconectividad y la capacidad de recopilación y procesamiento de datos [5]. Los dispositivos IoT más utilizados en la industria alimentaria incluyen: sensores, estos pueden recopilar datos sobre condiciones ambientales, como temperatura,

humedad y calidad del aire; trazadores, pueden seguir el movimiento de los productos alimenticios a través de la cadena de suministro; asimismo como cámara, estas pueden capturar imágenes de los productos alimenticios para su inspección [6].

La inteligencia artificial (IA), es un campo de la informática que utiliza técnicas de lógica matemática, estadística y probabilidad para crear sistemas que puedan aprender, razonar y tomar decisiones. Representa ser una solución tecnológica en procesos de gestión de cadena de suministro, detección de patógenos, adulteración y frescura, entre otros [7]. Ahora bien, es importante destacar que la IA se ha convertido en una herramienta cada vez más importante para la detección de adulteración de alimentos. La IA puede utilizarse para analizar datos de productos auténticos y falsificados, así como imágenes o vídeos de alimentos, para detectar signos de adulteración [8]. Tiene el potencial de identificar adulteraciones no destructivas que pueden no ser detectables mediante inspección humana o métodos de laboratorio convencionales. Esto es importante porque la inspección humana puede ser subjetiva y los métodos de laboratorio pueden ser costosos y lentos [9].

El aprendizaje automático (ML) es una rama de la inteligencia artificial que se centra en la problemática de cómo enseñar a las computadoras a aprender y comprender. Los algoritmos de ML pueden aprender de los datos y mejorar su rendimiento con el tiempo. Esto los hace ideales para abordar problemas que requieren la capacidad de aprender y adaptarse [10]. En la producción de alimentos, el ML se utiliza para mejorar la eficiencia y la seguridad. Los algoritmos de ML pueden analizar grandes cantidades de datos para identificar patrones y tendencias que pueden ayudar a los fabricantes a identificar problemas en la producción y tomar medidas correctivas. Asimismo, se pueden utilizar en la predicción del rendimiento de los cultivos, la contaminación de las aguas residuales o el desperdicio de alimentos [11]. En el caso de la evaluación de la calidad de los alimentos, los algoritmos de ML pueden aprender a asociar señales de sensores con etiquetas de calidad alimentaria, estas etiquetas son creadas por expertos y representan la calidad del producto. El objetivo del algoritmo es predecir la calidad del alimento cuando se conocen las señales de los sensores [12].

Los grandes datos (Big Data) son un conjunto de datos masivos, complejos y en constante cambio que requieren el uso de herramientas y técnicas de análisis de datos especializadas. Estos datos pueden provenir de una variedad de fuentes, como las redes sociales, los sensores y los sistemas informáticos [13]. En la industria alimentaria, el Big Data se utiliza para mejorar la recopilación y el análisis de datos en diversos aspectos de la producción de alimentos. Por ejemplo, las imágenes satelitales y los datos de teledetección se utilizan para monitorear cultivos, lo que proporciona información sobre el estado de los cultivos que puede ayudar a los empresarios a tomar decisiones más informadas [14]. Además, los datos de alta frecuencia se utilizan para monitorear los patrones de distribución y consumo de alimentos, lo que puede ayudar a las empresas a optimizar su cadena de suministro. Asimismo, los datos del Big Data se utilizan como entrada para entrenar modelos automáticos y de aprendizaje profundo que ayudarán a pronosticar o comprender los problemas relacionados con la seguridad alimentaria [15]. Entonces, comprendiendo los conceptos que engloban estas tecnologías ya aplicadas internacionalmente y su potencial de proyección de implementación en la industria alimentaria

peruana se garantiza una mejora en la eficiencia, seguridad alimentaria y sostenibilidad. En cuanto a la eficiencia, las tecnologías podrían automatizar tareas que actualmente se realizan manualmente, como la inspección de alimentos y la gestión de inventarios y el control de calidad [14]. Con respecto a la seguridad alimentaria, se identifican y prevén riesgos de seguridad alimentaria, como la contaminación y las enfermedades transmitidas por los alimentos. En sostenibilidad, se puede reducir el desperdicio de alimentos, optimizar el uso de recursos y desarrollar nuevos productos a partir de residuos; esto puede ayudar a reducir el impacto ambiental de la industria [7]. Por tanto, el objetivo de esta investigación es proporcionar una visión general del potencial impacto de las tecnologías digitales en la industria alimentaria peruana.

II. METODOLOGÍA

En este estudio se empleó la metodología convencional, se basa en la recopilación y análisis de estudios empíricos existentes sobre un tema específico. Esta metodología implica buscar y seleccionar artículos científicos relevantes, extraer datos clave y sintetizar los hallazgos para obtener conclusiones generales. Así también posee varias ventajas como obtener una visión general de las investigaciones existentes sobre un tema determinado, lo que puede ayudar a identificar lagunas en el conocimiento y áreas que requieren más investigación. Además, al basarse en estudios empíricos previos, se puede tener mayor confianza en los resultados obtenidos [16].

Una alternativa a la metodología convencional es combinar la revisión de literatura empírica con la revisión teórica. Esta combinación permite no solo analizar los estudios existentes, sino también explorar las teorías subyacentes que respaldan esos estudios. Esta combinación ofrece varias ventajas, como comprender mejor los mecanismos subyacentes que explican las relaciones encontradas en los estudios empíricos. Al considerar tanto la evidencia empírica como las teorías subyacentes, se pueden obtener conclusiones más sólidas y generar nuevas ideas para futuras investigaciones [17].

Se tomó referencia de diversas fuentes confiables sobre el tema seleccionado. Esta metodología se aplicó en base al tema de las nuevas tecnologías en la industria alimentaria. Dentro de ello se siguió una serie de estrategias que incluyen por ejemplo desde la definición de preguntas para la revisión bibliográfica, la elaboración de palabras clave y finalmente la creación de ecuaciones de búsqueda.

A. *Formulación de preguntas de investigación*

La formulación de preguntas siguiendo esta metodología tiene amplias ventajas. En primer lugar, ayuda a los investigadores a definir claramente la población objetivo de estudio, al especificar quiénes son los participantes o sujetos de investigación, se puede obtener información más precisa y relevante para el estudio. En segundo lugar, permite a los investigadores identificar las intervenciones o tratamientos que se están estudiando. Al definir claramente las intervenciones, se pueden comparar diferentes enfoques y determinar cuál es más efectivo [18]. En ese sentido esta metodología se usa para analizar los puntos fundamentales del meta análisis. Dado que el estudio se basa sobre las nuevas tecnologías digitales y su

impacto en la industria alimentaria, por ello se describe la pregunta clave y sub preguntas a continuación:

1) *Pregunta General*

Q1: ¿Cómo las nuevas tecnologías digitales pueden ser utilizadas para optimizar el desarrollo y garantizar la seguridad en la industria de alimentos?

2) *Preguntas específicas*

EQ1: ¿Cómo impacta la escasa implementación de tecnologías digitales en la industria alimentaria y cómo afecta esto en la seguridad alimentaria?

EQ2: ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la industria alimentaria en cuanto a la implementación de nuevas tecnologías digitales?

EQ3: ¿De qué manera la inteligencia artificial (IA), Big Data, Aprendizaje Automático y el Internet de las Cosas (IOT) están siendo utilizados para optimizar el desarrollo y la seguridad dentro de las industrias alimentarias?

B. *Especificación de palabras clave*

En el presente estudio se realizó una búsqueda exhaustiva y sistemática, se hizo uso de traductores especializados como el IATE, haciendo uso de palabras clave en español, llevándolos al idioma inglés, con el fin de recopilar la mayor cantidad de estudios verídicos y provenientes de revistas certificadas en la base de datos Scopus. Para tener mejores resultados se usaron combinaciones de palabras clave con operadores booleanos (AND, OR), haciendo el uso de la comilla (“). Así efectuando con más certeza el filtro de búsqueda.

TABLA I
MATRIZ PICOC

Metodología	Descripción	Palabras Clave en español	Palabras Clave en inglés
P	Problema	La escasa implementación de tecnologías digitales en la industria alimentaria peruana debido a un gran desconocimiento respecto a innovaciones tecnológicas, genera como resultado un impacto negativo en la seguridad alimentaria.	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología digital • Industrias alimentarias • Innovaciones Tecnológicas • Seguridad alimentaria
I	Intervención	Análisis de tecnologías digitales, como la Inteligencia Artificial (IA), Internet de las Cosas (IoT), grandes datos (Big Data) y Aprendizaje Automático (ML); aplicados en la industria alimentaria indican el nivel de modernización tecnológica del procesamiento de alimentos, cadenas de suministro, trazabilidad y mejora en la calidad de los productos, entre otros.	<ul style="list-style-type: none"> • Artificial intelligence (AI) • Internet of Things (IOT) • Big Data • Machine learning (ML) • Technology Integration

Metodología	Descripción	Palabras Clave en español	Palabras Clave en inglés
C	Comparación	Análisis de tecnologías digitales, como la inteligencia artificial (IA), Internet de las cosas (IoT), grandes datos (Big Data) y Aprendizaje automático (ML); aplicados en la industria alimentaria indican el nivel de modernización tecnológica del procesamiento de alimentos, cadenas de suministro, trazabilidad y mejora en la calidad de los productos, entre otros. Asimismo, la integración de la tecnología, a la industria alimentaria peruana, garantiza la seguridad alimentaria	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología digital • Industria Alimentaria • Nuevas Tecnologías • Inteligencia artificial (IA) • Internet de las cosas (IoT) • Big Data • Aprendizaje Automático (ML)
O	Resultado	Motivar la eficiencia y efectividad de la industria alimentaria en el Perú implementando tecnologías digitales en varios aspectos clave de la cadena de producción, distribución, cadena de suministro, monitoreo, trazabilidad, optimización de procesos clave, análisis predictivo, eficiencia operativa y la reducción de desperdicios.	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología digital • Eficiencia • Optimización • Industria alimentaria • Transformación tecnológica
C	Contexto	Tecnologías digitales, Innovación, Industria alimentaria, Seguridad alimentaria y Alimentos.	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología digital • Innovación • Industria Alimentaria • Seguridad alimentaria • Alimentos

C. *Formulación de ecuaciones y motores de búsqueda*

Para encontrar la información adecuada y específica que estamos buscando se formuló una serie de ecuaciones con palabras clave, con el uso de conectores como enlaces entre palabras (OR y AND), así también el uso del operador booleano (“”) para una mayor precisión. El motor de búsqueda seleccionado fue SCOPUS.

A continuación, en la tabla 2 se muestran los resultados de búsqueda con las respectivas ecuaciones de palabras clave.

TABLA II
ECUACIÓN GENERAL DE BÚSQUEDA – RESULTADOS OBTENIDOS
EN SCOPUS

Base De Datos	Palabras /Ecuación De Búsqueda	Resultados
Scopus	("Digital technology" or "food industry" or "Technological Innovation" or "food safety") AND ("Artificial intelligence (AI)" or "Internet of Things (IOT)" or "Big Data" or "Machine learning (ML)" or "Technology Integration") AND ("Digital technology" or "Food industry" or "New technology" or "Artificial intelligence (AI)" or "Internet of Things (IOT)" or "Big Data" or "Machine learning (ML)") AND ("Digital technology" or "Efficiency" or "optimization" or "Food industry" or "Technological change") AND ("Digital technology" or "Innovation" or "Food industry" or "Food safety" or "Food")	3959

D. Criterios de inclusión y exclusión

Una vez realizada la búsqueda de información y bibliografía, se procedió a la elaboración de la metodología del diagrama PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) es ampliamente utilizada en la investigación para realizar revisiones sistemáticas y meta-análisis. Una de las ventajas de esta metodología es su enfoque riguroso y transparente, lo que garantiza la calidad y confiabilidad de los resultados. Se encontró que el uso de la metodología PRISMA mejora significativamente la calidad de las revisiones sistemáticas y meta-análisis. Esto se debe a que PRISMA proporciona una estructura clara y detallada para hacer posible estos estudios, lo que facilita la identificación, selección y evaluación crítica de los artículos incluidos [19].

Para la investigación dada, el primer criterio de inclusión aborda la búsqueda de artículos de investigación en los últimos cinco años, importante para obtener una información actualizada, se ha limitado documentos que estén en la etapa de publicación en proceso para no perjudicar la investigación. Cabe mencionar que no hay limitaciones con respecto al idioma de la publicación. Entonces, para filtrar las investigaciones se aplicaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión adicionales:

1) Criterios de inclusión:

- CI1: Artículos de los últimos 5 años (2018 - 2023).
- CI2: Tipo de documentos Artículos Indexados.
- CI3: Idioma Inglés.
- CI4: Todo acceso abierto.
- CI5: Autores todos.
- CI6: Ciencias Agrícolas y biológicas, química.

2) Criterios de exclusión:

- CE1: Todos los artículos publicados antes del 2018.
- CE2: Área temática: Todas las áreas restantes.
- CE3: Todas las demás investigaciones que no sean artículos.
- CE4: Artículos cerrados o de pago.

CE5: Falta de DOI.

En la figura 1, se muestra el proceso de la búsqueda de información para el estudio y dando como resultado 3959 artículos en su etapa inicial con búsqueda intuitiva, usando el motor de búsqueda Scopus. Sin embargo, aplicando los algoritmos de PICOC obtenemos 3959 y el diagrama PRISMA se debe excluir 3929, a los cuales se aplicó los criterios de inclusión y exclusión, asimismo, tomando en cuenta su acceso a texto completo y abierto se encontraron 62 artículos, excluyendo así 1938 artículos. Como consecuencia, de los 62 artículos se evaluaron de forma individual y detallada también la revistas a las que son más afines y lo que le interesa a esta investigación es que sea afín a tecnología digital, pero en la industria de alimentos, entonces es allí donde se seleccionó para elegibilidad e inclusión en la revisión 30 artículos más relacionados a la temática, para ello se aplicó como criterio de inclusión CI1, CI2, CI3, CI4, CI5 y CI6; asimismo, como criterio de exclusión CE1, CE2, CE3, CE4 y CE5.

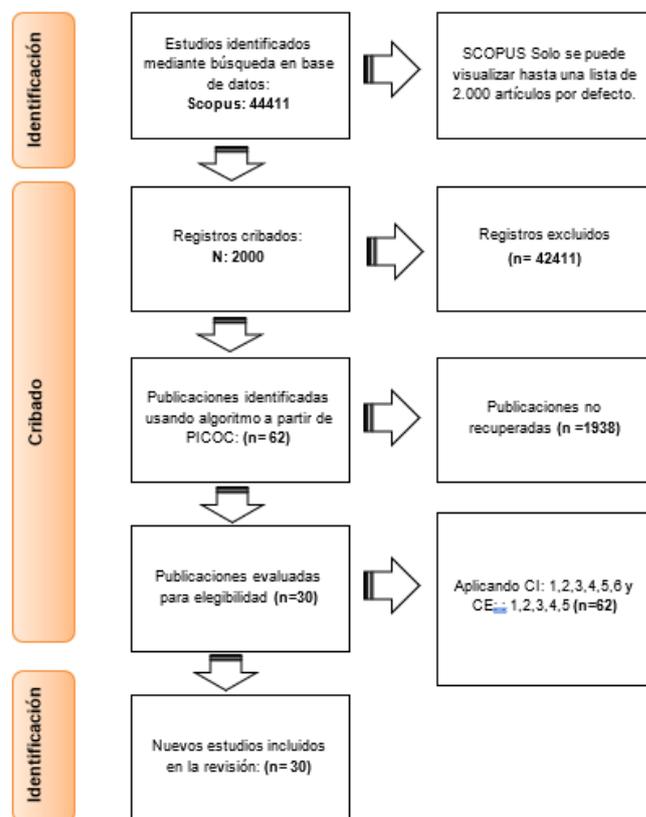


Fig 1. Diagrama de flujo Prisma.

III. RESULTADOS

En esta sección se explican todos los resultados de la RSL.

A. Artículos seleccionados para la RSL

En la presente investigación después de una búsqueda aplicando las metodologías se toma como relevante la cantidad de 30 artículos y para ello es importante tener en cuenta las publicaciones por año en relación a la temática, ya que la información actualizada puede ser más precisa para el tema de la revisión. Desde el año 2020 fue mayor el crecimiento en investigación respecto a las tecnologías

Según los resultados obtenidos en la presente RSL en la figura 4, el impacto positivo del uso de tecnologías digitales, dentro de la industria alimentaria, según los 30 artículos seleccionados, 23 afirman en conclusión que este sistema de uso impacta de manera muy significativa en la industria alimentaria en múltiples aspectos. Por otro lado siete artículos de los 30 en total mencionan que los temas tratados en el estudio tienen un impacto moderadamente positivo en cuanto a la aplicación de nuevas tecnologías digitales en combinación de otras tecnologías otros tipos de tecnologías como los nanosensores, redes neuronales y aprendizaje profundo en alimentos.

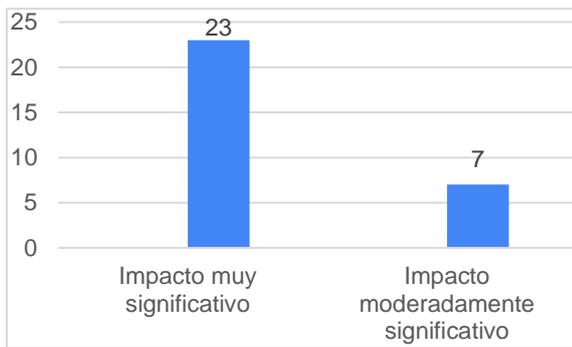


Fig 4. Grado de impacto de la tecnología digital en la industria alimentaria.

3) Q3: ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la industria alimentaria en cuanto a la implementación de nuevas tecnologías digitales?

Las tecnologías digitales tienen el potencial de transformar la industria alimentaria, pero también pueden presentar nuevos desafíos. Entre estos desafíos más relevantes se encuentran la seguridad alimentaria, costos, incertidumbre y complejidad. Estos dos últimos según la tabla 7, son los desafíos más frecuentes y estudiados con un porcentaje del 53% de presencia en las investigaciones científicas analizadas, seguidamente los tres desafíos (seguridad alimentaria, incertidumbre y complejidad) con un 23% de presencia, cuatro desafíos (Seguridad alimentaria, costos, incertidumbre y complejidad) con un 10%, un desafío (costos) con un 10% y por último se encontraron cero desafíos en artículos lo que representa a un 3%.

TABLA IV
PORCENTAJES DE DESAFÍOS ENCONTRADOS EN ARTÍCULOS AL IMPLEMENTAR TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

N.º de Desafíos	Cantidad	Porcentaje	Artículos
4 desafíos (Seguridad alimentaria, costos, incertidumbre y complejidad)	3	10%	Art. 4, 12, 14
3 desafíos (Seguridad alimentaria, incertidumbre y complejidad)	7	23%	Art. 6, 7, 9, 17, 19, 25, 26
2 desafíos (Incertidumbre y complejidad)	16	53%	Art. 1, 2, 5, 8, 10, 11, 13, 16, 18, 20, 21, 24, 27, 28, 29, 30

N.º de Desafíos	Cantidad	Porcentaje	Artículos
1 desafío (Costos)	3	10%	Art. 15, 22, 23
0 desafíos	1	3%	Art. 3
Total	30	100%	

A continuación, se presenta la figura 5, donde se destaca mayor presencia de artículos cuando existen dos desafíos posibles en la industria alimentaria y estos son la incertidumbre y complejidad, por tanto, es motivo de mucha más indagación.

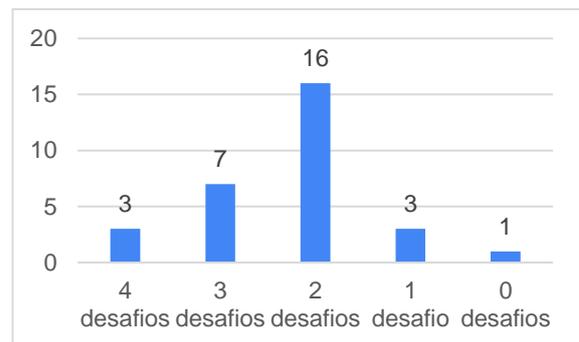


Fig 5. Cantidad de desafíos en investigaciones al implementar tecnologías digitales en la industria alimentaria.

*4 desafíos (Seguridad alimentaria, costos, incertidumbre y complejidad).
*3 desafíos (Seguridad alimentaria, incertidumbre y complejidad).
*2 desafíos (Incertidumbre y complejidad).
*1 desafío (Costos).
*0 desafíos.

4) Q4: ¿De qué manera la IA, Big Data, aprendizaje automático e IOT están siendo utilizados para optimizar el desarrollo y la seguridad dentro de las industrias alimentarias?

En la tabla 5 se presentan los resultados de la optimización del desarrollo de productos y la seguridad alimentaria dentro de las industrias alimentarias implementando tecnologías digitales. A partir de ello, los resultados obtenidos denotan que la optimización al aplicar tecnología en tiene efectos positivos en ambos ítems con un 50% de coincidencias de los artículos analizados. Asimismo, existen un 40% de artículos que destaca que la tecnología optimizó solo a la seguridad alimentaria y un 10% de artículos destaca el desarrollo de productos.

TABLA V
PORCENTAJES DE OPTIMIZACIONES ENCONTRADAS EN ARTÍCULOS AL IMPLEMENTAR TECNOLOGÍAS DIGITALES EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Ítems	Cantidad	Porcentaje	Artículos
Desarrollo de Productos	3	10%	Art. 1, 5, 27

Ítems	Cantidad	Porcentaje	Artículos
Seguridad Alimentaria	12	40%	Art. 2, 4, 7, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 30
Ambas	15	50%	Art. 3, 6, 9, 10, 11, 12, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 28, 29
Total	30	100%	

A continuación, en la figura 6 se muestra el número de artículos que logró optimizar ambos ítems, los cuáles son el desarrollo de productos y seguridad alimentaria con 15 artículos con similares optimizaciones, seguidamente son 12 artículos los que encontraron optimización en seguridad alimentaria y tres en desarrollo de productos.

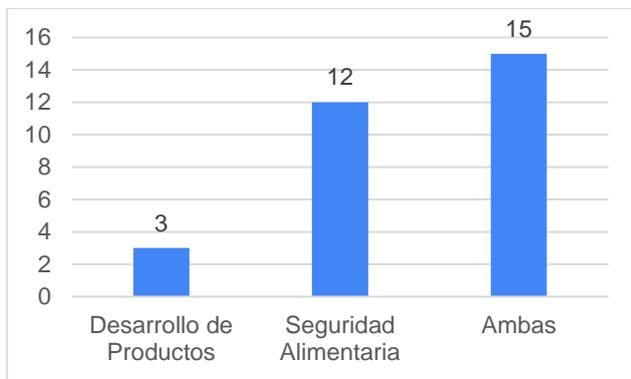


Fig 6. Grado de tecnologías digitales que optimizan el desarrollo de productos y seguridad alimentaria.

IV. DISCUSIÓN

En este apartado se pretende dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas.

A. Sobre las preguntas de investigación

1) Q1: ¿Las nuevas tecnologías digitales pueden ser utilizadas para optimizar el desarrollo y garantizar la seguridad en la industria de alimentos?

Las nuevas tecnologías digitales tienen un gran potencial para optimizar el desarrollo y garantizar la seguridad en la industria de alimentos. A continuación, discutiremos algunas de las formas en que estas tecnologías pueden ser utilizadas para lograr estos objetivos.

En primer lugar, las nuevas tecnologías digitales pueden ser utilizadas para mejorar la eficiencia en la producción de alimentos. Por ejemplo, el uso de sensores y dispositivos conectados a Internet de las cosas (IoT) puede permitir a los fabricantes monitorear en tiempo real el estado de los equipos y procesos de producción. Esto les permite identificar y corregir rápidamente cualquier problema que pueda surgir, lo que a su vez reduce el riesgo de contaminación o deterioro de los alimentos [21]. Jarschel [22], concuerda ya que las tecnologías digitales también pueden ser utilizadas para mejorar la trazabilidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena de suministro. El uso de códigos QR, RFID y otras herramientas digitales permite a los fabricantes y distribuidores rastrear con precisión el origen y el recorrido de cada lote de alimentos, lo

que facilita la identificación rápida y precisa en caso de problemas o contaminaciones

Mientras que Khan [23], afirma que las nuevas tecnologías digitales pueden mejorar la seguridad alimentaria es a través del uso de sistemas avanzados de análisis de datos es el análisis predictivo y el aprendizaje automático, pueden ayudar a identificar patrones y tendencias que podrían indicar un mayor riesgo de contaminación o deterioro en ciertos productos o procesos. Esto permite a los fabricantes tomar medidas preventivas antes de que ocurra un problema [24]. Además, las tecnologías digitales también pueden ser utilizadas para mejorar la comunicación y colaboración entre todos los actores involucrados en la cadena alimentaria. Plataformas digitales como aplicaciones móviles o sistemas basados en la nube permiten compartir información relevante sobre seguridad alimentaria, buenas prácticas y regulaciones entre productores, distribuidores, minoristas y autoridades reguladoras.

Q1_1 ¿Qué tecnologías digitales aplicadas a la industria alimentaria se han utilizado en los últimos 5 años según los estudios revisados?

El número de artículos que usan más de una tecnología en su estudio es decir tecnologías en combinación, en primer lugar, tenemos la aplicación de dos tecnologías en un mismo artículo, es el caso de la IA y ML, que tienen la mayor cantidad de artículos en combinación con cinco artículos, seguida de IoT y Big Data con 2 artículos, IA más IoT con dos artículos. Así mismo la aplicación de IoT y ML, IA más Big Data, IA y otras tecnologías y finalmente ML más otras Tecnologías tienen un artículo respectivamente.

Esto sugiere que la eficacia de las tecnologías utilizadas no está directamente relacionada con su número. Podría ser que algunas tecnologías sean más efectivas que otras, independientemente de cuántas se utilicen. También es interesante notar que "otras tecnologías" generaron un porcentaje similar de artículos al grupo de tres tecnologías, lo que indica que estas "otras" tecnologías podrían ser igualmente efectivas en términos de producción [24]. Es decir, los datos sugieren que la relación entre el número de tecnologías utilizadas y la cantidad de artículos obtenidos no es directa. Sería interesante investigar más a fondo qué tipo de tecnologías son más efectivas para generar artículos y si hay alguna combinación específica que sea especialmente productiva [4].

2) EQ2: ¿Cuál es el grado de impacto de las tecnologías digitales en la industria alimentaria?

El impacto positivo del uso de tecnologías digitales, dentro de la industria alimentaria, según los 30 artículos seleccionados, 23 afirman en conclusión que este sistema de uso impacta positivamente de manera muy significativa en la industria alimentaria en múltiples aspectos. Por otro lado, siete artículos de los 30 en total mencionan que los temas tratados en el estudio tienen un impacto moderadamente positivo en cuanto a la aplicación de nuevas tecnologías digitales en combinación de otras tecnologías o tipos de tecnologías como los nanosensores, redes neuronales y aprendizaje profundo en alimentos.

Por ello el uso de nuevas tecnologías digitales como la inteligencia artificial (IA), Internet de las Cosas, Big Data

y Aprendizaje Automático está teniendo un impacto significativo en la industria alimentaria. Estas tecnologías están transformando la forma en que se producen, distribuyen y consumen los alimentos, lo que a su vez está generando cambios en toda la cadena de suministro y en la experiencia del consumidor [25]. La inteligencia artificial está siendo utilizada para mejorar la eficiencia en la producción de alimentos. Las empresas están utilizando algoritmos de IA para optimizar los procesos de fabricación, reducir el desperdicio y mejorar la calidad de los productos. Además, la IA también se está utilizando para desarrollar nuevos productos alimenticios y para personalizar las recomendaciones nutricionales según las necesidades individuales de los consumidores [26].

Por otro lado, el Internet de las Cosas (IoT) está permitiendo a las empresas monitorear y controlar de forma remota los procesos de producción y almacenamiento de alimentos. Los sensores conectados a través del IoT pueden proporcionar información en tiempo real sobre las condiciones ambientales, lo que ayuda a prevenir problemas como la contaminación o el deterioro de los alimentos [27]. El Big Data también está teniendo un impacto positivo en la industria alimentaria. Las empresas están recopilando grandes cantidades de datos sobre el comportamiento del consumidor, las tendencias del mercado y los patrones de compra. Esta información se utiliza para personalizar las estrategias de marketing, mejorar la gestión del inventario y predecir la demanda futura, el Aprendizaje Automático está siendo utilizado para analizar grandes conjuntos de datos y extraer información valiosa sobre los hábitos alimenticios, las preferencias del consumidor y las tendencias del mercado. Esto permite a las empresas tomar decisiones más informadas sobre qué productos desarrollar, cómo promocionarlos y cómo distribuirlos [28].

Por otro lado, el uso de nuevas tecnologías digitales como la inteligencia artificial, Internet of Things, Big Data y Aprendizaje Automático está revolucionando la industria alimentaria al mejorar la eficiencia en la producción, optimizar los procesos logísticos, personalizar las experiencias del consumidor y ofrecer productos más innovadores. Estas tecnologías están ayudando a impulsar el crecimiento y la competitividad en un sector que tradicionalmente ha sido resistente a cambios disruptivos [29].

3) *EQ3: ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la industria alimentaria en cuanto a la implementación de nuevas tecnologías digitales?*

Los principales desafíos que afronta la industria alimentaria en relación a la implementación de nuevas tecnologías digitales según los resultados, en su mayor parte están relacionados a la complejidad e incertidumbre, seguidamente se encuentran la seguridad alimentaria y costos. El estudio de Tarmizi [30] concuerda que la complejidad es un importante desafío, ya que la adopción de nuevas tecnologías en una empresa requiere un esfuerzo significativo para comprender y utilizar estas tecnologías. Asimismo, Ramanathan [31] difieren de tomar como desafío principal a la complejidad y se enfocan en la incertidumbre como aspecto importante, ya que el desconocimiento del valor real de la tecnología en términos de costos y beneficios sería negativo para la prospección de la empresa. En ese sentido, se destaca a la complejidad e incertidumbre como desafíos principales, lo cual concuerda a los resultados obtenidos en este estudio. Entonces, la evaluación de estos dos desafíos es importante y

necesaria para que las empresas peruanas cuenten con un plan de implementación claro y detallado, donde se incluya una evaluación exhaustiva de los costos, beneficios y riesgos asociados a las nuevas tecnologías.

También, según el estudio de Karanth [32] se considera como desafío la seguridad alimentaria, debido a que cuando se implementa tecnología en la industria se debe tener en cuenta cuál será su desempeño y si permitirá garantizar la minimización de problemas a futuro desde una perspectiva holística que aseguren los alimentos. Sin embargo, el estudio de Thapa [33] menciona que no solo el desafío debe ser estudiado respecto a la seguridad del alimento, sino también se deben evaluar los costos para la implementación de tecnología, esto no puede pasar desapercibido, debido a que al iniciar su integración y adaptación en la empresa se requiere incluir costos altos que algunas empresas pequeñas no puedan afrontar. Para ello, el estudio de Aznan [34] reconforta a las industrias que estén dispuesta a optar por las tecnologías digitales y concuerda con la anterior investigación, si bien es cierto el implementar la tecnología si es costoso en corto plazo, pero a largo plazo este gasto se traduciría en una inversión para las empresas de alimentos.

En base a lo expuesto anteriormente, es evidente que son diferentes los desafíos que se asocian a la integración de las tecnologías digitales en la industria alimentaria, sin embargo, se debe resaltar un enfoque particular en analizar la complejidad e incertidumbre como primera etapa de investigación en una industria, ya que representan el 53% de estudios analizados que coinciden con considerarlos de gran relevancia por ser de impacto significativo en el éxito o fracaso de una empresa; y posteriormente se encuentra la seguridad alimentaria y costos, debido a que son desafíos que pueden ser mitigados con la implementación de las nuevas tecnologías. Entonces, la complejidad e incertidumbre según lo analizado abarca constante estudio sin dejar de lado los otros desafíos, se considera como primera etapa porque se tratan de tecnologías digitales, las cuales cada vez se están actualizando e innovando, su adaptación y entendimiento requiere más investigación y menos resistencia a los cambios para obtener resultados positivos en la implementación de estas tecnologías en las empresas peruanas.

4) *[1]EQ4: ¿De qué manera la IA, Big Data, aprendizaje automático y el IOT están siendo utilizados para optimizar el desarrollo y la seguridad dentro de las industrias alimentarias?*

Las tecnologías digitales, como: la inteligencia artificial (IA), Big Data, Aprendizaje Automático y el Internet de las Cosas (IOT) están siendo utilizadas para optimizar el desarrollo de productos y la seguridad alimentaria dentro de las industrias, esto representa una cantidad significativa del 50% de estudios que abordan estos dos ítems, lo cual da a entender que la implementación de la tecnología en estos dos aspectos está siendo muy investigada porque según los resultados otorga eficiencia y seguridad en la industrialización de productos alimenticios. El estudio de Qi [28] menciona que la industria alimentaria maneja una gran cantidad de datos, por tanto, es necesario su monitoreo constante y en tiempo real, esto garantiza la información oportuna para mejorar la seguridad alimentaria en los procesos de una industria. Por otro lado, el estudio de Dadi [26] concuerda con el anterior

estudio y destaca que la tecnología no solo debe abordar la seguridad alimentaria desde el punto de vista de obtener productos inocuos, sino también menciona que debe ayudar a que los alimentos estén más disponibles mejorando la eficiencia de la cadena de suministro en un tiempo de cambio climático. Asimismo, Karanth [32] afirma que el cambio climático está afectando a la producción de alimentos, generando incertidumbre para la industria alimentaria. Entonces, en este estudio la optimización de la seguridad alimentaria es una alternativa de solución que puede ayudar a mejorar la eficiencia operativa y reducir el desperdicio de alimentos. También, el estudio de Vyas [35] concuerda con el estudio anterior en que la optimización de la seguridad alimentaria es una estrategia clave para mejorar la gestión de la cadena de suministro, asegurar la calidad de los alimentos y promover prácticas agrícolas sostenibles así facilitar la industrialización de productos.

En cuanto a la validez de los resultados obtenidos, se puede afirmar que los estudios analizados presentan una alta calidad y rigor científico, ya que se han utilizado fuentes confiables y actualizadas para sustentar las afirmaciones. Además, se han utilizado diversas fuentes para abordar la pregunta de investigación, lo que permite una visión más completa y objetiva del tema. Asimismo, de la efectividad de la metodología implementada, se puede afirmar que los estudios analizados han demostrado que la implementación de tecnologías digitales en la industria alimentaria tiene resultados que mejorarán la eficiencia en la producción, los procesos logísticos, personalizarán las experiencias del consumidor y ofrecerán productos más innovadores. Además, estas tecnologías también pueden mejorar la seguridad alimentaria y garantizar la inocuidad de los alimentos.

Respecto a las limitaciones, se puede mencionar que algunos estudios analizados han abordado la complejidad e incertidumbre como un desafío importante en la implementación de tecnologías digitales en la industria alimentaria. Además, el análisis de los costos en la implementación de tecnologías también es un tema importante a considerar. Sin embargo, se ha encontrado que, a largo plazo, la implementación de tecnologías puede ser una inversión positiva para la empresa.

V. CONCLUSIONES

En este artículo se presenta una revisión sistemática de la literatura sobre la implementación de tecnologías digitales en la industria alimentaria peruana. Los estudios seleccionados han demostrado que estas tecnologías pueden tener un impacto positivo en la industria, mejorando la eficiencia operativa, reduciendo el desperdicio de alimentos y asegurando la calidad de los productos. En particular, las tecnologías digitales pueden ayudar a mejorar la seguridad alimentaria al proporcionar información en tiempo real sobre la calidad de los alimentos, lo que puede ayudar a prevenir la contaminación y el deterioro. Además, las tecnologías digitales pueden tener un impacto significativo en la industria alimentaria peruana, por lo que se recomienda la implementación de al menos dos o tres tecnologías digitales. La selección y combinación de tecnologías dependerá de los objetivos específicos de cada empresa. Por ejemplo, una empresa que busca reducir el desperdicio de alimentos podría combinar la inteligencia artificial con el Big Data para identificar patrones de consumo y optimizar las cadenas de suministro, mientras que una

empresa que busca mejorar la trazabilidad y la calidad podría combinar el Internet de las Cosas con el Aprendizaje Automático. Finalmente, se menciona que existe una necesidad de continuar investigando y desarrollando estrategias que permitan la aplicación efectiva de estas tecnologías en la industria alimentaria peruana, con el fin de impulsar su desarrollo sostenible y competitividad en el mercado.

REFERENCIAS

- [1] Kler, R. et al., "Machine Learning and Artificial Intelligence in the Food Industry: A Sustainable Approach", *J. Food Qual.*, vol. 2022, pp. 1–9, mayo de 2022. Accedido el 11 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1155/2022/8521236>
- [2] Ministerio de Producción del Perú, «Transformación Digital en la Industria Alimentaria Peruana. Universidad de Tecnología e Ingeniería (UTECH).» Everis Company, Lima, 2019.
- [3] Kumar I., Rawat J., Mohd N. y Husain S., "Opportunities of Artificial Intelligence and Machine Learning in the Food Industry", *J. Food Qual.*, vol. 2021, pp. 1–10, julio de 2021. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1155/2021/4535567>
- [4] Akyazi T., Goti A., Oyarbide A., Alberdi E. y Bayon F., "A Guide for the Food Industry to Meet the Future Skills Requirements Emerging with Industry 4.0", *Foods*, vol. 9, n.º 4, p. 492, abril de 2020. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/foods9040492>
- [5] Dadhaneeya H., Nema P. K. y Arora V. K., "Internet of things in food processing and its potential in industry 4.0 era: A review", *Trends Food Sci. & Technol.*, julio de 2023. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.07.006>
- [6] Morchid A., El Alami R., Raezah A. A. y Sabbar Y., "Applications of internet of things (IoT) and sensors technology to increase food security and agricultural Sustainability: Benefits and challenges", *Ain Shams Eng. J.*, p. 102509, septiembre de 2023. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102509>
- [7] Konfo T. R. C., Djouhou F. M. C., Hounhouigan M. H., Dahouenon-Ahoussi E., Avlessi F. y Sohounhloue C. K. D., "Recent advances in the use of digital technologies in agri-food processing: a short review", *Appl. Food Res.*, p. 100329, agosto de 2023. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100329>
- [8] Othman S., Mavani N. R., Hussain M. A., Rahman N. A. y Mohd Ali J., "Artificial intelligence-based techniques for adulteration and defect detections in food and agricultural industry: A review", *J. Agriculture Food Res.*, vol. 12, p. 100590, junio de 2023. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100590>
- [9] Mavani N. R., Ali J. M., Othman S., Hussain M. A., Hashim H. y Rahman N. A., "Application of Artificial Intelligence in Food Industry—a Guideline", *Food Eng. Rev.*, agosto de 2021. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1007/s12393-021-09290-z>
- [10] Garre A., Ruiz M. C. y Hontoria E., "Application of Machine Learning to support production planning of a food industry in the context of waste generation under uncertainty", *Operations Res. Perspectives*, vol. 7, p. 100147, 2020. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.orp.2020.100147>
- [11] Yin H., Yi W. y Hu D., "Computer vision and machine learning applied in the mushroom industry: A critical review", *Comput. Electron. Agriculture*, vol. 198, p. 107015, julio de 2022. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107015>
- [12] Anwar H., Anwar T. y Murtaza S., "Review on food quality assessment using machine learning and electronic nose system", *Biosens. Bioelectron.*, vol. 14, p. 100365, septiembre de 2023. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.biosx.2023.100365>
- [13] Pollard S., Namazi H. y Khaksar R., "Big Data Applications in Food Safety and Quality", *Encycl. Food Chem.*, 2019. Disponible: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.21839-8>

- [14] Talari G. , O'Brien J. , McNamara C. y Cummins E. , "State of the art review of Big Data and web-based Decision Support Systems (DSS) for food safety risk assessment with respect to climate change", *Trends Food Sci. & Technol.*, septiembre de 2021. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.032>
- [15] Tamasiga P. , Ouassou E. h. , Onyeaka H. , Bakwena M. , Happonen A. y Molala M. , "Forecasting disruptions in global food value chains to tackle food insecurity: The role of AI and big data analytics – A bibliometric and scientometric analysis", *J. Agriculture Food Res.*, p. 100819, octubre de 2023. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100819>
- [16] Tashakkori A. y Teddlie C. , *SAGE Handbook of Mixed Methods in Social & Behavioral Research*. 2455 Teller Road, Thousand Oaks California 91320 United States: SAGE Publ. Inc., 2010. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.4135/9781506335193>
- [17] S. Ahmad, S. Wasim, S. Irfan, S. Gogoi, A. Srivastava y Z. Farheen, «Cualitativo v/s. Investigación Cuantitativa: una revisión resumida.» Poblacion, 2019.
- [18] Melnyk B. M. y Fineout-Overholt E. , «Evidence-based Practice in Nursing & Healthcare: A guide to best practice.» Wolters Kluwer Health, 2019.
- [19] Moher D. , Liberati A. , Tetzlaff J. y Altman D. G. , "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement", *PLoS Med.*, vol. 6, n.º 7, julio de 2009, art. n.º e1000097. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- [20] Mancuso I. , Messeni Petruzzelli A. y Panniello U. , "Innovating agri-food business models after the Covid-19 pandemic: The impact of digital technologies on the value creation and value capture mechanisms", *Technolog. Forecasting Social Change*, vol. 190, p. 122404, mayo de 2023. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122404>
- [21] Gonzalez Viejo C. , Fuentes S. , Torrico D. D. , Howell K. y Dunshea F. R. , "Assessment of Beer Quality Based on a Robotic Pouter, Computer Vision, and Machine Learning Algorithms Using Commercial Beers", *J. Food Sci.*, vol. 83, n.º 5, pp. 1381–1388, marzo de 2018. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14114>
- [22] Jarschel T. , Laroque C. , Maschke R. y Hartmann P. , "Practical Classification and Evaluation of Optically Recorded Food Data by Using Various Big-Data Analysis Technologies", *Machines*, vol. 8, n.º 2, p. 34, junio de 2020. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/machines8020034>
- [23] Khan P. W. , Byun Y.-C. y Park N. , "IoT-Blockchain Enabled Optimized Provenance System for Food Industry 4.0 Using Advanced Deep Learning", *Sensors*, vol. 20, n.º 10, p. 2990, mayo de 2020. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/s20102990>
- [24] Duncan et al. S. E. , "Cyberbiosecurity: A New Perspective on Protecting U.S. Food and Agricultural System", *Frontiers Bioeng. Biotechnol.*, vol. 7, marzo de 2019. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00063>
- [25] Katiyar S. , Khan R. y Kumar S. , "Artificial Bee Colony Algorithm for Fresh Food Distribution without Quality Loss by Delivery Route Optimization", *J. Food Qual.*, vol. 2021, pp. 1–9, octubre de 2021. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1155/2021/4881289>
- [26] Dadi V. , Nikhil S. R. , Mor R. S. , Agarwal T. y Arora S. , "Agri-Food 4.0 and Innovations: Revamping the Supply Chain Operations", *Prod. Eng. Arch.*, vol. 27, n.º 2, pp. 75–89, junio de 2021. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.30657/pea.2021.27.10>
- [27] Gaspar P. D. , Fernandez C. M. , Soares V. N. G. J. , Caldeira J. M. L. P. y Silva H. , "Development of Technological Capabilities through the Internet of Things (IoT): Survey of Opportunities and Barriers for IoT Implementation in Portugal's Agro-Industry", *Appl. Sci.*, vol. 11, n.º 8, p. 3454, abril de 2021. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/app11083454>
- [28] Tao Q. , Ding H. , Wang H. y Cui X. , "Application Research: Big Data in Food Industry", *Foods*, vol. 10, n.º 9, p. 2203, septiembre de 2021. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/foods10092203>
- [29] Ananias E. , Gaspar P. D. , Soares V. N. G. J. y Caldeira J. M. L. P. , "Artificial Intelligence Decision Support System Based on Artificial Neural Networks to Predict the Commercialization Time by the Evolution of Peach Quality", *Electronics*, vol. 10, n.º 19, p. 2394, septiembre de 2021. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/electronics10192394>
- [30] Ahmad Tarmizi H. , Kamarulzaman N. H. , Abd Rahman A. y Atan R. , "Adoption of internet of things among Malaysian halal agro-food SMEs and its challenges", *Food Res.*, vol. 4, S1, pp. 256–265, febrero de 2020. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(s1\).s26](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(s1).s26)
- [31] Ramanathan U. , Ramanathan R. , Adefisan A. , Da Costa T. , Camamuncunill X. y Samriya G. , "Adapting Digital Technologies to Reduce Food Waste and Improve Operational Efficiency of a Frozen Food Company—The Case of Yumchop Foods in the UK", *Sustainability*, vol. 14, n.º 24, p. 16614, diciembre de 2022. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/su142416614>
- [32] Karanth S. , Benefo E. O. , Patra D. y Pradhan A. K. , "Importance of artificial intelligence in evaluating climate change and food safety risk", *J. Agriculture Food Res.*, p. 100485, diciembre de 2022. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100485>
- [33] Thapa A. , Nishad S. , Biswas D. y Roy S. , "A comprehensive review on artificial intelligence assisted technologies in food industry", *Food Biosci.*, vol. 56, p. 103231, diciembre de 2023. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103231>
- [34] Aznan A. , Gonzalez Viejo C. , Pang A. y Fuentes S. , "Rapid Assessment of Rice Quality Traits Using Low-Cost Digital Technologies", *Foods*, vol. 11, n.º 9, p. 1181, abril de 2022. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/foods11091181>
- [35] Vyas S. , Shabaz M. , Pandit P. , Parvathy L. R. y Ofori I. , "Integration of Artificial Intelligence and Blockchain Technology in Healthcare and Agriculture", *J. Food Qual.*, vol. 2022, pp. 1–11, mayo de 2022. Accedido el 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1155/2022/4228448>