



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD



TESIS

LA APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA NUTRICIÓN PERSONALIZADA

PRESENTADO POR:

KARLA CECILIA RIVERA VALDIVIA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS DE LA SALUD

PUNO, PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD

TESIS

**LA APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA NUTRICIÓN
PERSONALIZADA**

PRESENTADA POR:

KARLA CECILIA RIVERA VALDIVIA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS DE LA SALUD



APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

.....
Dra. MARTHA NANCY TAPIA INFANTES

PRIMER MIEMBRO

.....
Dra. TITA FLORES DE QUISPE

SEGUNDO MIEMBRO

.....
Dr. ALEJANDRO COLOMA PAXI

ASESOR DE TESIS

.....
Dra. BENITA MARITZA CHOQUE QUISPE

Puno, 13 de mayo de 2022

ÁREA: Ciencias de la Salud.

TEMA: Aplicación de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada.

LINEA: Nutrición dietética.



DEDICATORIA

A mis amados padres Oscar Rivera y Marcela Valdivia, por su comprensión, amor y apoyo incondicional en mi formación profesional.

A mis adorados hermanos Oscar, Marcell y Gabriel que me demostraron que con perseverancia y paciencia se logran nuestras metas.

A mi querido Wilder y mis preciosos y amados hijitos Jorge Oscar y Lucero Marcela, quienes con su amor y sonrisa me motivan día a día a seguir superándome.

A la Universidad Nacional del Altiplano, por haberme dado la oportunidad de pertenecer a su gloriosa historia comprometida con nuestra patria.



AGRADECIMIENTOS

- Mi agradecimiento eterno a los docentes de la Escuela Profesional de Nutrición Humana y del Programa de maestría de doctorado en Ciencias de la Salud, quienes han sabido guiarme en mi formación profesional.
- A mi asesora de tesis Dra. Benita Maritza Choque Quispe respetada y brillante investigadora, mi agradecimiento eterno por su orientación constante para la culminación de la presente tesis.
- A los miembros del jurado Dra. Martha Nancy Tapia Infantes, Dra. Tita Flores de Quispe, Dr. Alejandro Coloma Paxi, por sus conocimientos y consejos en la revisión del trabajo de investigación.



INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
INDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico	5
1.1.1. La inteligencia artificial: noción y alcances	5
1.1.2. La inteligencia artificial y sus diversas aplicaciones.....	12
1.1.3. Tipos de inteligencia artificial.....	15
1.1.4. La inteligencia artificial y su aplicación en la nutrición personalizada.....	20
1.1.5. La aplicación de la inteligencia artificial en la atención sanitaria: prevención y chequeo	22
1.1.6. La aplicación de la inteligencia artificial en la atención sanitaria: tratamiento y control	23
1.1.7. La aplicación de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada	27
1.1.8. Características de la industria alimentaria.....	30
1.1.9. La industria alimentaria y la nutrición personalizada en el contexto de la cuarta revolución industrial	33
1.1.10. Las dietas personalizadas y su impacto en la vida	35
1.2. Antecedentes	37



CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema	43
2.2. Definición del problema	45
2.3. Intención de la investigación	45
2.4. Justificación	46

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Acceso al campo	49
3.2. Selección de información y situaciones observadas	50
3.3. Estrategias de recogida y registro de datos	52
3.4. Análisis de datos y categorías	53

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Las principales aplicaciones o usos de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada	59
4.1.2. La aplicación de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada	64
4.1.3. La aplicación de la inteligencia artificial en la industria alimentaria	76
4.2. La contribución de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada	78
4.2.1. La sensórica para dietas personalizadas	81
4.2.2. La ciencia en la gastronomía	81
4.2.3. Los culturomics y dieta personalizada	82
4.3. Los riesgos derivados del uso de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada	85
CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	102



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Artículos revisados	55



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Evolución y desarrollo de la inteligencia artificial	10
Figura 2 Variaciones históricas de la inteligencia artificial	12
Figura 3 La aplicación de la inteligencia artificial en diversos campos	26
Figura 4 El uso contemporáneo de la inteligencia artificial	27
Figura 5 Forma de selección de información para revisión documental	52



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Matriz de consistencia de la investigación	103



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- IA** Inteligencia artificial
- GPS** Sistema de Posicionamiento Global
- IAG** International Airlines Group
- AGI** Global Food Infrastructure
- IBM** International Business Machines Corporation

RESUMEN

El desarrollo tecnológico ha repercutido en diversas áreas del conocimiento y la actividad humana. La irrupción de las tecnologías como big data, machine learning o inteligencia artificial están revolucionando las relaciones humanas; dichas tecnologías, actualmente, se utilizan en diversas actividades y ámbitos. En este contexto, la nutrición se emplea para promover alimentación de calidad, crear alimentos nutritivos, establecer patrones de consumo saludables, evitar el desperdicio de alimentos, generar seguridad alimentaria, nutrición personalizada, entre otros. De ahí que en esta investigación se realiza una revisión documental de las principales investigaciones sobre las diversas aplicaciones de la inteligencia artificial en el campo de la nutrición personalizada. De tal modo que la formulación del problema reza así: ¿Cómo se aplica la inteligencia artificial en la nutrición personalizada? El objetivo fue: analizar la aplicación de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada. La metodología consistió en (i) *enfoque*: cualitativo, (ii) *tipo de investigación*: descriptivo-exploratorio, (iii) *métodos*: descriptivo y observación, (iv) *técnicas*: análisis documental y análisis de contenido y (v) *instrumentos*: ficha de resumen, ficha de análisis documental y ficha de análisis bibliográfico. Finalmente, los resultados y conclusiones arribados consisten en: (i) la inteligencia artificial se aplica en la nutrición personalizada a través de aplicativos móviles y otros, (ii) la inteligencia artificial contribuye en la nutrición personalizada y (iii) el uso inadecuado de la inteligencia artificial podría originar riesgos en la nutrición personalizada.

Palabras clave: Aplicación, inteligencia artificial, nuevas tecnologías y nutrición personalizada.



ABSTRACT

Technological development has had an impact on various areas of knowledge and human activity. The emergence of technologies such as big data, machine learning or artificial intelligence are revolutionizing human relationships; these technologies are currently used in various activities and fields. In this context, nutrition is used to promote quality food, create nutritious food, establish healthy consumption patterns, avoid food waste, generate food security, personalized nutrition, among others. Hence, in this research a review of research on the main applications of artificial intelligence in the field of personalized nutrition is carried out. Thus, the formulation of the problem reads as follows: How is artificial intelligence applied in personalized nutrition? The objective was: to analyze the application of artificial intelligence in personalized nutrition. The methodology consisted of (i) approach: qualitative, (ii) type of research: descriptive-exploratory, (iii) methods: descriptive and observation, (iv) techniques: documentary analysis and content analysis and (v) instruments: summary form, documentary analysis form and bibliographic analysis form. Finally, the results and conclusions reached consist of: (i) artificial intelligence is applied in personalized nutrition through mobile and other applications, (ii) artificial intelligence contributes to personalized nutrition and (iii) the inappropriate use of artificial intelligence could cause risks in personalized nutrition.

Keywords: Application, artificial intelligence, new technologies and personalized nutrition.

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) es una herramienta, recurso o instrumento tecnológico. Durante los últimos años ha ganado notoriedad y visibilidad en cuanto a innovación tecnológica se refiere. Ha logrado insertarse en diversos campos del conocimiento y actividades humanas, debido a que se usa en diversos escenarios, ya que resulta útil para múltiples fines. La IA al usar modelos computarizados puede realizar actividades similares al de los humanos, en específico, en cuanto a razonamiento y conducta (Ng & Neil, 2017). La IA desarrolla software o máquinas que cuentan con inteligencia que se asemeja a la humana. Los principales elementos que la componen son: deducción y razonamiento, procesamiento de lenguaje humano, capacidad de conocer y aprender, posibilidad de movilizar y percibir la presencia de objetos, entre otros. Con la IA los sistemas y objetos despliegan un comportamiento autónomo, además, inteligente (Qi, 2014). En esa perspectiva, la IA se relaciona con el uso de ordenadores para comprender y asimilar la inteligencia humana, de tal manera que sea capaz de resolver problemas en diversos contextos, a la vez, que sea independiente y autónomo, es decir, que no requiera de asistencia humana permanente.

El objetivo de la IA es replicar la inteligencia humana. Se utiliza con frecuencia en el ámbito de los servicios y es una importante fuente de innovación. Por ejemplo, los robots para el hogar, la atención sanitaria, los hoteles y los restaurantes han automatizado muchas partes de nuestras vidas, los bots virtuales convierten el servicio de atención al cliente en autoservicio, las aplicaciones de IA de big data se utilizan para sustituir a los gestores de carteras y los robots sociales, como Pepper, se utilizan para sustituir a los recepcionistas humanos para dar la bienvenida a los clientes en los servicios de cara al público. Estos avances han hecho que algunos declaren que estamos en la cuarta revolución industrial en la que la tecnología está difuminando la frontera entre las esferas física, digital y biológica (Conick, 2016). A pesar de ser una importante fuente de innovación, la IA también amenaza los empleos de servicios humanos. Ya hemos visto un grave desplazamiento de puestos de trabajo en la industria manufacturera, lo que ha dado lugar a un cambio de la fabricación a las industrias de servicios.

Los ámbitos en las que se aplicó la IA son variados. Estos comprenden los sistemas expertos, reconocimiento de patrones, diagnóstico médico, búsqueda y análisis de datos, representación del conocimiento, litigación, entre otros. En este caso, nos referiremos a

un caso específico, que es la nutrición. En el campo de la nutrición y la alimentación, se han encontrado aportes interesantes que deben ser replicados. Considerando que el desarrollo de esta tecnología ha supuesto un avance importante en el campo de la nutrición, a su vez, sirvió para facilitar la asistencia nutricional de las personas. Si partimos de ese punto, entonces, todas las aplicaciones que hasta el momento se han conseguido tienen un objetivo, que es mejorar la calidad de vida de las personas y cuidar la salud. Ese es el punto que genera interés porque esta tecnología viene interactuando con la nutrición (Verma et al., 2018).

Con todo ello, ahora, de forma general, podemos anotar que la IA puede ser empleada en diversos campos del conocimiento humano. En este caso, podemos apreciar que en asuntos relativos a la nutrición personalizada tiene el potencial de realizar recomendaciones durante la creación de programas personalizados de alimentación. Valiéndose del big data u otras bases de datos existentes en el rubro, se realizan de forma eficiente combinaciones de vitaminas y nutrientes acordes a las necesidades de cada persona. Bajo una metodología similar, también sirven para la exploración de interacciones entre medicamentos y determinados nutrientes. Un ejemplo práctico del uso de IA, para fines como los recién comentados, es la iniciativa que tuvo el Instituto de Innovación (i3B) de Ibermática, dando origen a una plataforma de IA que permite el análisis inteligente del big data generado por los múltiples aspectos que intervienen en la nutrición. Su objetivo principal fue potenciar la investigación en gastronomía y alimentación personalizada, ya que la i3B trabaja en conjunto con varias empresas de España, principalmente de las áreas de alimentación y hospitales (Halzack, 2017).

La IA en el campo de la nutrición personalizada se aplica de diversas formas, además, es muy amplio. Como ejemplos podemos mencionar el análisis de datos clínicos, de preferencias culinarias, impacto de la alimentación al estado físico y anímico de una persona, comportamiento de la microbiota intestinal en cada individuo o funcionamiento de neuronas del estómago, que están directamente enlazadas con el cerebro y que puede impulsar a comer más o menos (Project, 2013). En esa perspectiva, la IA condensa información o datos del usuario con precisión, respecto a su situación emocional, familiar, dolencias o patologías, que permite proponer la nutrición adecuada, a su vez, coopera con la exploración de nuevas tendencias culinarias. Esto se ha visto, por ejemplo, cuando se llega a reemplazar alimentos de fuente animal por vegetal. También en la cocina, los chefs se han beneficiado, porque la IA permite encontrar sustitutos vegetales, además, se puede

recrear mayonesas, leche y helados, adicionalmente, mejorar la presentación de los platos en cuanto a sabor y nutrientes (Conick, 2016).

Habiendo precisado sobre los alcances de la IA y su impacto en la nutrición personalizada, debemos tener en cuenta que durante el desarrollo de esta investigación pondremos especial énfasis al uso de la IA en la nutrición personalizada. Considerando que los avances tecnológicos tienen como finalidad mejorar el estilo de vida de las personas, al menos se espera que se usen de esa manera. De ahí que en el campo de la nutrición personalizada se utilicen nuevas tecnologías como dispositivos portátiles, aplicaciones móviles, inteligencia artificial y creación de perfiles genéticos. Ello con la intención de mejorar la alimentación personalizada, debido a que se enfoca en la nutrición que apoya el bienestar físico y emocional, adicionalmente, se adapta a las necesidades y preferencias de diferentes personas, así como generaciones a fin de identificar oportunidades y optimizar la innovación en el ámbito de la nutrición. Contar con una nutrición personalizada acompañada con la IA puede ser una herramienta que promueva una vida saludable y mejorar la vida cotidiana (Javelosa, 2017). En tal escenario, esta investigación da cuenta de los diversos usos que tiene la IA en el campo de la nutrición personalizada, es decir, la forma en que se ha venido aplicando para comprender e identificar adecuadamente las emociones, los sentimientos y el estilo de vida de las personas.

El **problema de investigación** aborda la aplicación de la inteligencia artificial en el campo de la nutrición, valiéndose de la revisión de la literatura académica reciente. El área de investigación son las ciencias médicas, a su vez, el tema de investigación es la inteligencia artificial y su aplicación a la nutrición. De ahí que el propósito de la investigación es analizar la aplicación de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada. En cuanto a la metodología de la investigación, consiste en (i) *enfoque*: cualitativo, (ii) *tipo de investigación*: descriptivo-exploratorio, (iii) *métodos*: descriptivo y observación de tipo documental, (iv) *técnicas*: análisis documental y análisis de contenido y (v) *instrumentos*: ficha de resumen, ficha de análisis documental y ficha de análisis bibliográfico.

Esta investigación se compone de **cuatro capítulos**. El primero desarrolla la *revisión de la literatura* que comprende marco teórico y antecedentes. Segundo aborda el *planteamiento del problema* que contiene descripción y formulación del problema. Tercero consiste en el *marco metodológico* que se presenta el enfoque y la forma en que



se realizó la recolección de datos. El cuarto es sobre *resultados y discusión* que da cuenta sobre los resultados y la discusión de la investigación. Luego, en la parte final, las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico

1.1.1. La inteligencia artificial: noción y alcances

La IA es un campo de la informática dedicado a crear máquinas y sistemas informáticos que realizan operaciones análogas a las del aprendizaje y la toma de decisiones humanas. Tal y como la describe la Asociación para el Avance de la Inteligencia Artificial, la IA es “la comprensión científica de los mecanismos que subyacen al pensamiento y al comportamiento inteligente y su incorporación a las máquinas”. Tal y como se describe a continuación, el nivel de inteligencia en cualquier implementación concreta de la IA puede variar enormemente, y el término no implica una inteligencia de nivel humano. La IA implica muchas funcionalidades, entre ellas: a) el aprendizaje, que incluye varios enfoques como el aprendizaje profundo (para tareas perceptivas), el aprendizaje por transferencia, el aprendizaje por refuerzo y sus combinaciones; b) la comprensión, o representación profunda del conocimiento necesaria para tareas específicas del dominio, como la cardiología, la contabilidad y el derecho; c) el razonamiento, que se presenta en diversas variedades, como el deductivo, el inductivo, el temporal, el probabilístico y el cuantitativo; y d) la interacción, con personas u otras máquinas para realizar tareas en colaboración, y para aprender del entorno (Ertel, 2017). La promesa de la inteligencia artificial existe desde que comenzó la era de la informática electromecánica después de la Segunda Guerra Mundial. Pero la esperanza ha ido durante mucho tiempo por delante de la realidad (Li, D. y Du, 2016).

El término inteligencia artificial despierta emociones. Por un lado, está nuestra fascinación por la inteligencia, que aparentemente nos confiere a los humanos un lugar especial entre las formas de vida. Surgen preguntas como “¿Qué es la inteligencia?”, “¿Cómo se puede medir la inteligencia?” o “¿Cómo funciona el cerebro?”. Todas estas preguntas tienen sentido cuando se trata de entender la inteligencia artificial (Guillen, 2018). Sin embargo, la cuestión central para el ingeniero, especialmente para el informático, es la máquina inteligente que se comporta como una persona, mostrando un comportamiento inteligente. El atributo artificial puede despertar asociaciones muy diferentes. Hace surgir el temor a los ciborgs inteligentes. Recuerda las imágenes de las novelas de ciencia ficción. Plantea la cuestión de si nuestro bien supremo, el alma, es algo que debemos intentar comprender, modelar o incluso reconstruir (Del Prado, 2017). Con interpretaciones tan diferentes, resulta difícil definir el término inteligencia artificial o IA de forma sencilla y sólida. No obstante, me gustaría intentar, con ejemplos y definiciones históricas, caracterizar el campo de la IA. En 1955, John McCarthy, uno de los pioneros de la IA, fue el primero en definir el término inteligencia artificial.

¿Qué es la inteligencia artificial? La inteligencia en sí misma es difícil de definir, y la IA lo es aún más. No propondré aquí definiciones detalladas, sino que me limitaré a decir que, en general, la inteligencia artificial trata de recrear aspectos concretos de la inteligencia humana en forma de ordenador. La IA es una categoría amplia, que incluye capacidades tan diversas como la visión, el reconocimiento y la producción del habla, el análisis de datos, la publicidad, la navegación, el aprendizaje automático, etc., y casi cualquier cosa que puedan hacer los ordenadores, si se amplía lo suficiente esta definición. La inteligencia artificial, como cualquier otra tecnología, sólo nos dará más de lo que ya queremos. Mientras que antes sólo podíamos tener un chorrillo de lo que queríamos de la vida, y los poderosos se llevaban lo poco que había, ahora tenemos una manguera de deseos que se cumplen (comida, bebida, entretenimiento, la pornografía, las drogas, los sentimientos de logro gamificados, etc.) (Kim, 2017).

En los años 60 y 70, algunos informáticos predijeron que en una década veríamos máquinas que podrían pensar como los humanos. En 1965, el premio Nobel Herbert Simon predijo que “las máquinas serán capaces, dentro de 20 años, de hacer

cualquier trabajo que pueda hacer un hombre”. Dos años más tarde, el pionero de la IA Marvin Minsky predijo: “En un plazo de tres a ocho años tendremos una máquina con la inteligencia general de un ser humano medio”. Por la misma época, el legendario informático John McCarthy dijo al Departamento de Defensa de EE.UU. que sería posible construir “una máquina totalmente inteligente” en el espacio de una década (Kim, 2017). Ni que decir del plazo, que se infravaloró enormemente y es probable que siga haciéndolo hoy en día. Incluso los progresos mínimos que se lograron fueron lentos, e incluyeron dos periodos distintos que los expertos llaman “inviernos de la IA”, en los que los progresos se ralentizaron y la financiación disminuyó. Sin embargo, la IA ha resurgido en los últimos años como resultado del desarrollo del aprendizaje automático, una rama de la IA que se centra en el diseño de algoritmos que pueden construir automática e iterativamente modelos analíticos a partir de nuevos datos sin programar explícitamente la solución. Antes del aprendizaje automático, los informáticos tenían que programar una amplia gama de funciones en un sistema para que éste imitara la inteligencia. Esta capacidad ha surgido por una serie de razones, como un mejor hardware, como procesadores más rápidos y almacenamiento más abundante, más datos y mejores algoritmos (Shaw & Karami, 2017). El aprendizaje automático es ya algo habitual: Pandora aprende a hacer mejores recomendaciones musicales basándose en las preferencias de sus usuarios; Google aprende a traducir automáticamente contenidos a diferentes idiomas basándose en documentos traducidos encontrados en línea; y Facebook aprende a identificar a las personas en las fotos a partir de su base de datos de usuarios conocidos.

Un avance importante en el aprendizaje automático es el aprendizaje profundo. Los algoritmos de aprendizaje profundo utilizan técnicas estadísticas para desarrollar un modelo que permita resolver problemas a partir de grandes y complejos conjuntos de datos con muy poca orientación por parte de los programadores. De ahí que “el aprendizaje profundo se basa en la simulación de grandes redes multicapa de neuronas virtuales, que permiten a un ordenador aprender a reconocer patrones abstractos”. Se llama “profundo” porque genera automáticamente múltiples capas de abstracciones de los datos y utiliza estas abstracciones para identificar patrones. A medida que el aprendizaje profundo y otras técnicas de aprendizaje automático sigan mejorando, aportarán importantes beneficios a las personas y a la sociedad.

La causa de muchos conceptos erróneos sobre la IA, en particular sus daños potenciales, es la diferencia entre la IA débil y la IA fuerte (Hamet & Tremblay, 2017). La IA débil, en la que se centra este informe, es experta en la realización de determinados tipos de tareas, pero sólo en esos tipos de tareas, algo así como un sabio tecnológico. Por ejemplo, la IA que hace que el asistente virtual Siri de Apple sea tan bueno interpretando órdenes de voz, no permite a Siri conducir un coche, predecir patrones meteorológicos o analizar historiales médicos.

Aunque existen algoritmos de aprendizaje automático que pueden realizar esas tareas, también están limitados: la IA de un Uber auto conducido no podrá predecir la trayectoria de un huracán ni ayudar a los médicos a diagnosticar a un paciente con cáncer. Por el contrario, la IA fuerte, a menudo denominada inteligencia general artificial, es un tipo hipotético de IA que puede alcanzar o superar la inteligencia de nivel humano y aplicar esta capacidad de resolución de problemas a cualquier tipo de problema, del mismo modo que el cerebro humano puede aprender fácilmente a conducir un coche, cocinar alimentos y escribir códigos. Muchos de los temores distópicos sobre la IA —que elimine la mayoría de los puestos de trabajo o que decida acabar con la humanidad, por ejemplo— se derivan de la idea de que la inteligencia artificial general (AGI) es factible, inminente e incontrolable (Dongare et al., 2012). Aunque la AGI podría, en teoría, llegar a existir, no sólo no hay razón para creer que estas preocupaciones se manifiesten, sino que probablemente pasará mucho tiempo antes de que la humanidad pueda desarrollar la AGI, si es que puede desarrollarla. Los ordenadores se han vuelto exponencialmente más potentes desde que los tecnólogos comenzaron a predecir que la AGI estaba a pocos años de distancia en la década de 1960, y aunque la IA ha progresado de forma espectacular desde entonces, la IA a nivel humano puede estar tan lejos como lo estaba hace décadas.

El poder de la inteligencia artificial ha crecido rápidamente y es ahora una de las cuestiones más urgentes para la reflexión ética y teológica. Incluso sin las posibles e inmensas implicaciones religioso-teológicas, señaladas por aquellos que han intentado construir la IA en un “dios”, por ejemplo, los dramáticos impactos sociales de la IA justifican la respuesta cristiana. La IA tiene el potencial de revolucionar (o ya ha revolucionado) casi todo lo que los humanos hacen, incluyendo la alimentación (planificación agrícola, distribución, fijación de



precios), las relaciones (Facebook, instagram, tik tok, aplicaciones de citas), el dinero (tecnología financiera), la guerra (uso de drones, la ciberdefensa), la sanidad (medicina predictiva, radiología) y educación (planes de estudio personalizados) (Dongare et al., 2012). Como “tecnología de propósito general”, la IA se ha comparado con el desarrollo de la electricidad o el fuego. En la próxima década habrá pocas instituciones que no se vean afectadas por la IA. Para que los éticos y teólogos morales cristianos mantengan la conciencia de la situación a medida que se producen muchos cambios rápidos en la sociedad, por no hablar de mantener la credibilidad en el mundo contemporáneo, este es un tema que necesita investigación (Dongare et al., 2012).

Figura 1
Evolución y desarrollo de la inteligencia artificial

Table 1.1 Milestones in the development of AI from Gödel to today

1931	The Austrian Kurt Gödel shows that in first-order <i>predicate logic</i> all true statements are derivable [Göd31a]. In higher-order logics, on the other hand, there are true statements that are unprovable [Göd31b]. (In [Göd31b] Gödel showed that predicate logic extended with the axioms of arithmetic is incomplete.)
1937	Alan Turing points out the limits of intelligent machines with the halting problem [Tur37].
1943	McCulloch and Pitts model <i>neural networks</i> and make the connection to propositional logic.
1950	Alan Turing defines machine intelligence with the <i>Turing test</i> and writes about learning machines and genetic algorithms [Tur50].
1951	Marvin Minsky develops a neural network machine. With 3000 vacuum tubes he simulates 40 neurons.
1955	Arthur Samuel (IBM) builds a learning checkers program that plays better than its developer [Sam59].
1956	McCarthy organizes a conference in Dartmouth College. Here the name <i>Artificial Intelligence</i> was first introduced. Newell and Simon of Carnegie Mellon University (CMU) present the <i>Logic Theorist</i> , the first symbol-processing computer program [NSS83].
1958	McCarthy invents at MIT (Massachusetts Institute of Technology) the high-level language <i>LISP</i> . He writes programs that are capable of modifying themselves.
1959	Gelernter (IBM) builds the Geometry Theorem Prover.
1961	The General Problem Solver (GPS) by Newell and Simon imitates human thought [NS61].
1963	McCarthy founds the AI Lab at Stanford University.
1965	Robinson invents the <i>resolution calculus</i> for predicate logic [Rob65] (Sect. 3.5).
1966	Weizenbaum's program Eliza carries out dialog with people in natural language [Wei66] (Sect. 1.1.2).
1969	Minsky and Papert show in their book <i>Perceptrons</i> that the perceptron, a very simple neural network, can only represent linear functions [MP69] (Sect. 1.1.2).
1972	French scientist Alain Colmerauer invents the logic programming language <i>PROLOG</i> (Chap. 5). British physician de Dombal develops an <i>expert system</i> for diagnosis of acute abdominal pain [dDLS+72]. It goes unnoticed in the mainstream AI community of the time (Sect. 7.3).
1976	Shortliffe and Buchanan develop MYCIN, an expert system for diagnosis of infectious diseases, which is capable of dealing with uncertainty (Chap. 7).
1981	Japan begins, at great expense, the "Fifth Generation Project" with the goal of building a powerful PROLOG machine.
1982	R1, the expert system for configuring computers, saves Digital Equipment Corporation 40 million dollars per year [McD82].
1986	Renaissance of neural networks through, among others, Rumelhart, Hinton and Sejnowski [RM86]. The system Nettek learns to read texts aloud [SR86] (Chap. 9).
1990	Pearl [Pea88], Cheeseman [Che85], Whittaker, Spiegelhalter bring probability theory into AI with <i>Bayesian networks</i> (Sect. 7.4). Multi-agent systems become popular.

Table 1.1 (continued)

1992	Tesauros TD-gammon program demonstrates the advantages of reinforcement learning.
1993	Worldwide <i>RoboCup</i> initiative to build soccer-playing autonomous robots [Roba].
1995	From statistical learning theory, Vapnik develops support vector machines, which are very important today.
1997	IBM's chess computer Deep Blue defeats the chess world champion Gary Kasparov. First international RoboCup competition in Japan.
2003	The robots in RoboCup demonstrate impressively what AI and robotics are capable of achieving.
2006	Service robotics becomes a major AI research area.
2009	First Google self-driving car drives on the California freeway.
2010	Autonomous robots begin to improve their behavior through learning.
2011	IBM's "Watson" beats two human champions on the television game show "Jeopardy!". Watson understands natural language and can answer difficult questions very quickly (Sect. 1.4).
2015	Daimler premiers the first autonomous truck on the Autobahn. Google self-driving cars have driven over one million miles and operate within cities. Deep learning (Sect. 11.9) enables very good image classification. Paintings in the style of the Old Masters can be automatically generated with deep learning. AI becomes creative!
2016	The Go program AlphaGo by Google DeepMind [SHM+16] beats the European champion 5:0 in January and Korean Lee Sedol, one of the world's best Go players, 4:1 in March. Deep learning techniques applied to pattern recognition, as well as reinforcement learning and Monte Carlo tree search lead to this success.

Fuente: Tomado de Ertel (Ertel, 2017).

Figura 2
Variaciones históricas de la inteligencia artificial

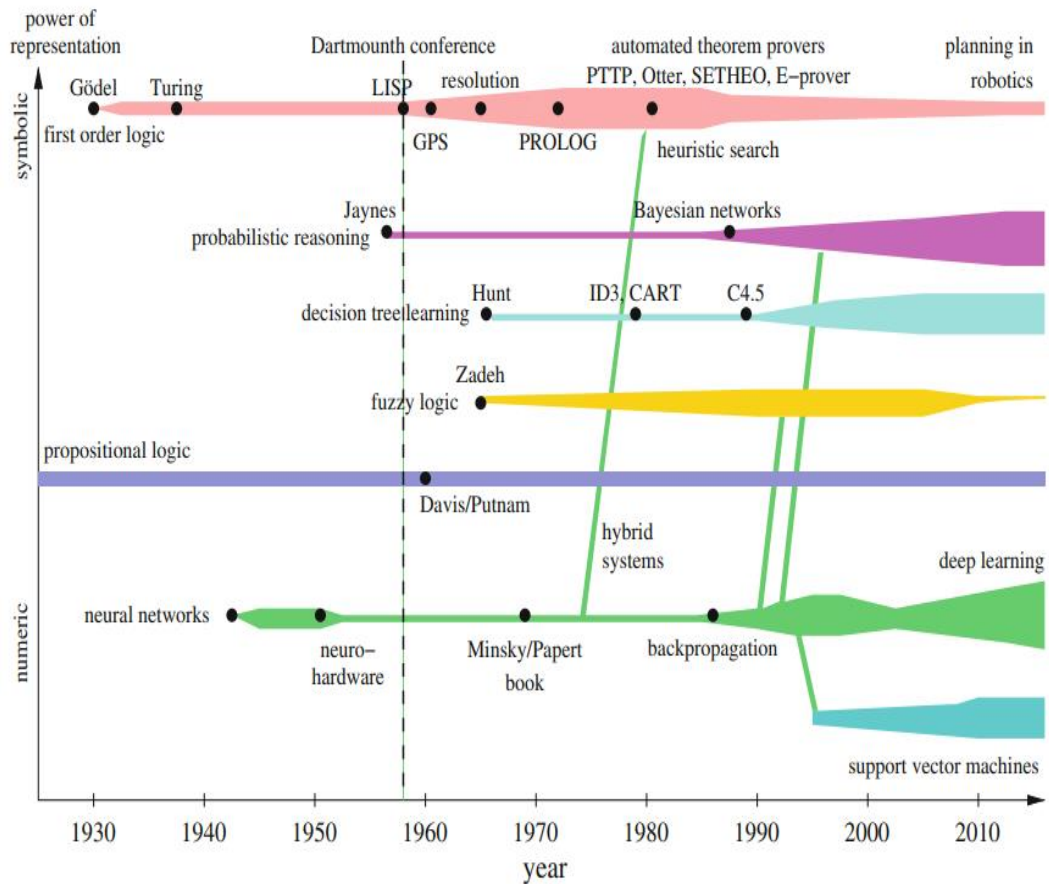


Fig. 1.3 History of the various AI areas. The width of the *bars* indicates prevalence of the method's use

Fuente: Tomado de: Ertel (Ertel, 2017).

1.1.2. La inteligencia artificial y sus diversas aplicaciones

Una amplia y diversa gama de aplicaciones utilizan la IA, con algoritmos que impulsan todo, desde aplicaciones para teléfonos inteligentes que ayudan a los consumidores con sus compras navideñas, hasta la aceleración del proceso de descubrimiento de nuevos medicamentos que salvan vidas. La mayoría de los usos de la IA tienen al menos una de las siete funciones siguientes: supervisar, descubrir, predecir, interpretar, interactuar con el entorno físico, interactuar con los seres humanos e interactuar con las máquinas. Esta tipología puede servir de base para comparar los distintos usos de la IA (Ertel, 2017). También es importante señalar que muchas aplicaciones dependen de más de una de estas funciones para completar sus tareas, y estas funciones pueden ser interdependientes. Por ejemplo, una aplicación desarrollada por investigadores del Centro Oncológico Metodista de

Houston ayuda a los médicos a predecir el riesgo de desarrollar cáncer de mama analizando datos no estructurados de mamografías e historiales médicos de pacientes, y produciendo información de diagnóstico predictivo treinta veces más rápido que el análisis humano (Hamet & Tremblay, 2017).

1.1.2.1. Monitorización

La IA puede analizar rápidamente grandes cantidades de datos y detectar anomalías y patrones. Dado que la IA puede hacer esto con mucha más rapidez y precisión que los humanos —a menudo en tiempo real—, la IA es muy adecuada para aplicaciones de supervisión, como la detección de fraudes con tarjetas de crédito, intrusiones en la ciberseguridad, señales de alerta temprana de enfermedades o cambios importantes en el entorno (Kirk et al., 2021).

1.1.2.2. Descubrir

La IA puede extraer información valiosa de grandes conjuntos de datos, lo que se conoce como minería de datos, y descubrir nuevas soluciones mediante simulaciones. En particular, como la IA utiliza modelos dinámicos que aprenden y se adaptan a partir de los datos, es muy eficaz para descubrir patrones abstractos y revelar nuevos conocimientos que los programas informáticos tradicionales no pueden (Hamet & Tremblay, 2017).

1.1.2.3. Predicción

La IA puede pronosticar o modelar cómo es probable que se desarrollen las tendencias en el futuro, lo que permite a los sistemas predecir, recomendar y personalizar las respuestas. Muchos consumidores están probablemente familiarizados con este tipo de aplicaciones, como el algoritmo de recomendación de Netflix, que analiza el historial visionado de los usuarios, sus preferencias declaradas y otros factores para sugerirles nuevos títulos que podrían gustarles. Las aplicaciones con gran cantidad de datos, como la medicina de precisión y la predicción meteorológica, pueden beneficiarse de este uso de la IA (Mintz & Brodie, 2019).

1.1.2.4. Interpretación

Hasta hace poco, la mayor parte de la analítica de datos se centraba en los datos estructurados, es decir, en la información que está bien organizada según un marco específico, como una hoja de cálculo con las respuestas de una encuesta. Dado que la IA puede aprender e identificar patrones, puede interpretar información de datos no estructurados que no es fácilmente clasificable, como imágenes, vídeo, audio y texto. Como resultado, los sistemas informáticos son ahora capaces de analizar muchos más tipos de información sobre el mundo. Por ejemplo, la IA ayuda a las aplicaciones de los teléfonos inteligentes a interpretar las instrucciones de voz para programar reuniones, a los programas de diagnóstico a analizar las radiografías para identificar aneurismas y a los programas jurídicos a analizar rápidamente las decisiones judiciales pertinentes para un caso concreto (Safdar et al., 2020).

1.1.2.5. Interacción con el entorno físico

La IA puede facilitar una amplia gama de interacciones entre máquinas y entornos que permiten a los sistemas autónomos interactuar directamente con el entorno físico. En particular, la IA permite que los sistemas robóticos puedan navegar y manipular el mundo que les rodea. Por ejemplo, los vehículos autónomos analizan enormes datos en tiempo real procedentes de una serie de sensores, cámaras, sistemas GPS y mapas para determinar una ruta segura y eficiente por una calle (Safdar et al., 2020).

1.1.2.6. Interacción con las personas

La IA puede permitir a los humanos interactuar más fácilmente con los sistemas informáticos. Los humanos suelen interactuar con máquinas ajustando su comportamiento para satisfacer las necesidades del ordenador, por ejemplo, escribiendo en un teclado, pulsando un botón o ajustando un dial. Con la inteligencia artificial, los seres humanos pueden interactuar con los ordenadores de la misma manera que lo hacen con otras personas, los sistemas informáticos pueden responder al habla, a los gestos e incluso a las expresiones faciales. Por ejemplo, las personas pueden hacer preguntas a los chatbots con IA manteniendo una conversación o hacer señas a un robot para que se acerque con un movimiento de cabeza o un saludo (Shaw & Karami, 2017).

1.1.2.7. Interacción con las máquinas

La IA puede coordinar automáticamente complicadas interacciones entre máquinas. Por ejemplo, un sistema de control de un centro de datos puede utilizar la IA para supervisar continuamente la actividad informática, la temperatura interna y las condiciones ambientales, y realizar ajustes en los sistemas de refrigeración para optimizar el rendimiento y minimizar los costes energéticos. Esta capacidad también permite que varios sistemas de IA independientes se coordinen entre sí, como una flota de camiones autónomos que se gestionan en formación de pelotón para reducir el consumo de combustible, o robots autónomos en un almacén que se comunican entre sí para clasificar y recuperar artículos (Naimi & Balzer, 2018).

1.1.3. Tipos de inteligencia artificial

1.1.3.1. Inteligencia mecánica

La inteligencia mecánica se refiere a la capacidad de realizar automáticamente tareas rutinarias y repetidas. Puede parecer que no es especialmente inteligente, pero es esencial para muchas tareas. Para los humanos, los procesos mecánicos no requieren mucha creatividad porque los procesos se han realizado muchas veces y, por lo tanto, pueden hacerse con poco o ningún pensamiento adicional. En el caso de los servicios humanos, el trabajo mecánico es un trabajo no cualificado, que normalmente no requiere una formación o educación avanzada. Los agentes de los centros de llamadas, los vendedores al por menor, los camareros y los taxistas son algunos ejemplos de trabajos que requieren principalmente habilidades mecánicas. Para imitar la automatización humana, la IA mecánica está diseñada para tener un aprendizaje limitado y una capacidad de adaptación para mantener la coherencia. Los robots son una aplicación típica (Simonite, 2017). Los robots de servicio son “tecnología que puede realizar tareas físicas, operar de forma autónoma sin necesidad de instrucciones y ser dirigidos por ordenadores sin ayuda de personas”. Se basan en reglas y dependen del conocimiento a priori y de la percepción continua de los sensores para observar y reaccionar ante la variabilidad física y temporal del entorno del servicio.

No comprenden el entorno y no pueden adaptarse automáticamente, sino que sus conocimientos se actualizan de forma ad hoc y con poca frecuencia debido a la

naturaleza repetitiva de sus entornos. Las versiones más avanzadas pueden incorporar funciones de actualización automática, pero la mayoría de los robots de servicio están diseñados para ser lo suficientemente inteligentes como para realizar las tareas necesarias. Las búsquedas inteligentes de Google, Bing u otros motores de búsqueda son otra aplicación (Sawhney, 2016). Utilizan potentes servidores para realizar el cálculo y emplean algoritmos inteligentes para averiguar el significado de las consultas y devolver los resultados correctos. Este tipo de búsqueda sigue siendo mecánica, en el sentido de que esos motores utilizan algoritmos inteligentes para averiguar qué páginas son más relevantes que otras, pero no entienden el contenido de las páginas (Aro, 2013). La IA mecánica tiene la ventaja relativa sobre los humanos de una consistencia extrema (por ejemplo, no tiene fatiga humana y responde al entorno de manera muy fiable). La naturaleza repetitiva, sin mucha variación, de las tareas hace que el aprendizaje a lo largo del tiempo tenga un valor limitado (no hay nada nuevo que aprender a lo largo de las transacciones o relaciones de servicio). En cambio, se basa en la observación para actuar y reaccionar de forma repetitiva.

1.1.3.2. Inteligencia analítica

La inteligencia analítica es la capacidad de procesar información para resolver problemas y aprender de ella. Se trata del procesamiento de la información, el razonamiento lógico y las habilidades matemáticas. Estas difíciles habilidades se adquieren a partir de la formación, la experiencia y la especialización en el pensamiento cognitivo; por ejemplo, los trabajadores relacionados con la informática y la tecnología, los científicos de datos, los matemáticos, los contables, los analistas financieros, los técnicos de servicio de automóviles y los ingenieros utilizan en gran medida las habilidades analíticas. El aprendizaje automático y el análisis de datos son las principales aplicaciones analíticas de la IA. Hay varios tipos de aprendizaje automático, y la IA analítica típica utiliza principalmente algoritmos para aprender de forma interactiva a partir de los datos para encontrar información perspicaz sin estar programado dónde buscar un dato concreto. El ordenador de ajedrez Deep Blue de International Business Machines Corp (Sawhney, 2016). (IBM), que utiliza el aprendizaje basado en reglas, es un ejemplo. Este tipo de IA cometerá el mismo error dos veces si la regla no cambia.

En la literatura la IA analítica se considera “IA débil” porque, aunque estas aplicaciones de IA pueden mostrar un comportamiento aparentemente inteligente, no pueden simular fácilmente la intuición (Jacoby & Paltsev, 2017). Una opinión común es que esta limitación se produce porque tales máquinas no tienen estados conscientes, ni mente, ni conciencia subjetiva. Esta inteligencia es necesaria para llevar a cabo tareas complejas, pero sistemáticas, consistentes y predecibles; por ejemplo, para aquellas que requieren muchos datos e información. Su naturaleza sistemática las hace adecuadas para la personalización masiva basada en los grandes datos de los clientes, siendo la personalización colaborativa un ejemplo. Basada en los grandes datos, esta IA se aleja de las máquinas autónomas, como los robots de servicio, para convertirse en máquinas conectadas en red que generan inteligencia colectiva. Se considera que este es el cambio generalizado más profundo que la IA ha aportado al servicio hasta ahora: máquinas capaces de procesar y sintetizar grandes cantidades de datos y aprender de ellos (Albar et al., 2016).

1.1.3.3. Inteligencia intuitiva

La inteligencia intuitiva es la capacidad de pensar de forma creativa y ajustarse eficazmente a situaciones novedosas. Puede considerarse sabiduría basada en el pensamiento holístico y basado en la experiencia. La inteligencia intuitiva incluye las habilidades profesionales de pensamiento duro que requieren una visión y una solución creativa de los problemas; por ejemplo, los directores de marketing, los consultores de gestión, los abogados, los médicos, los directores de ventas y los agentes de viajes de alto nivel utilizan en gran medida la inteligencia intuitiva. La comprensión puede considerarse la característica clave que define a la IA intuitiva y la distingue de la analítica. La literatura sobre IA considera la IA intuitiva como una “IA fuerte”, en el sentido de que la IA está diseñada para funcionar de forma más flexible, más como un humano (Rust and Ming-Hui, 2014). La IA está construida para emular una amplia gama de cogniciones humanas y aprender de forma similar a un niño humano (pero mucho más rápido debido a su potencia de cálculo y conectividad).

De este modo, la inteligencia de las máquinas puede considerarse igual que la IA. Si se tuviera una máquina que pudiera leer todas las páginas y entender el contexto, en lugar de limitarse a lanzar 26 millones de páginas para responder a la consulta

de un usuario, podría responder realmente a la pregunta. Podrías hacer una pregunta real y obtener una respuesta, como si estuvieras hablando con una persona que leyera todos esos millones y miles de millones de páginas, las entendiera y sintetizara toda la información. Algunos incluso afirman que la IA intuitiva incluye la autoconciencia, la sensibilidad y la conciencia, todas ellas características de la IA. La IA intuitiva no cometerá tan fácilmente el mismo error dos veces porque aprende de la experiencia. Jeopardy de Watson puede aprender intuitivamente, DeepMind AlphaGo de Google simula el instinto, no solo el cálculo, y el jugador de póker de IA Libratus puede hacer pensamiento estratégico con información incompleta. Actualmente, IBM está bastante avanzada en lo que respecta a las aplicaciones Business-to-Business (B2B) de la tecnología intuitiva. Su Watson puede entender, razonar, aprender e interactuar y se ha convertido en una de las principales plataformas de IA para los negocios (Xiao, 2014).

Las tareas que son complejas, creativas, caóticas, holísticas, experienciales y contextuales requieren inteligencia intuitiva. La naturaleza compleja y a la vez idiosincrática de las tareas hace que dependan de la intuición para la prestación de servicios con éxito. Por ejemplo, la relación con el cliente puede ayudar a conocer mejor sus necesidades idiosincrásicas a lo largo del tiempo. Este tipo de información no puede obtenerse tan fácilmente extrayendo los datos de clientes aparentemente afines (Jaewon & Arnold, 2016). La organización de servicios de viaje complejos y personalizados, la provisión de comida de lujo, el entretenimiento y los deportes son algunos ejemplos que requieren intuición para ofrecer un mejor servicio.

1.1.3.4. Inteligencia empática

La inteligencia empática es la capacidad de reconocer y comprender las emociones de otras personas, responder emocionalmente de forma adecuada e influir en las emociones de los demás. Incluye las habilidades interpersonales, sociales y de las personas que ayudan a los seres humanos a ser sensibles a los sentimientos de los demás y a trabajar bien con otros. Algunos ejemplos de habilidades específicas son la comunicación, la creación de relaciones, el liderazgo, la defensa y la negociación, el equilibrio entre el trabajo y la vida privada, el trabajo social y en equipo, la diversidad cultural y el carisma. Los profesionales con capacidad de empatía se

encuentran en trabajos que requieren habilidad con las personas, como los políticos y los negociadores, y en trabajos de sentimiento, como los psiquiatras. Pueden ser profesionales cualificados, como los psicólogos, o trabajadores de primera línea relativamente poco cualificados, como los auxiliares de vuelo. La IA empática describe una máquina que puede sentir o, al menos, comportarse como si tuviera sentimientos (Stuart, 2017).

Se define la informática afectiva como aquella que se relaciona con las emociones, surge de ellas o influye en ellas. Afirma que el papel esencial de la emoción tanto en la cognición como en la percepción humana, tal y como demuestran los estudios neurológicos, indica que los ordenadores afectivos no sólo deberían proporcionar un mejor rendimiento en la asistencia a los humanos, sino que también podrían mejorar la capacidad de los ordenadores para tomar decisiones. La característica que define a la IA empática es la “experiencia”, la capacidad de experimentar cosas. También se define como el “problema difícil” del computacionalismo, que es “el problema de explicar cómo es que un sistema físico puede tener experiencias vividas con “cualidades” aparentemente intrínsecas, como el color rojo de un tomate o el picante de un taco”. Existe un debate sobre si la IA puede sentir lo mismo que los humanos. En la literatura filosófica y psicológica se considera que la emoción es una reacción biológica y una experiencia subjetiva que no se puede separar fácilmente en elementos y procesos informáticos binarios. Por lo tanto, según esta forma de pensar, es difícil imaginar cómo se pueden programar las máquinas para que experimenten las emociones como lo hacen los humanos (Green, 2018).

Por otro lado, en la literatura de la IA, la emoción no es diferente de la cognición y puede ser programada de forma similar, dada la suficiente habilidad de programación, al igual que el razonamiento y las habilidades cognitivas. Por ejemplo, se sostiene que todas las funciones mentales, ya sea la cognición o la emoción, son computacionales. Por lo tanto, las aplicaciones de IA pueden experimentar las emociones de forma computacional. El debate refleja si la IA que simula las emociones de forma cognitiva es diferente de la forma en que los humanos experimentan las emociones. Sin embargo, al igual que en el test de Turing, mientras la IA “demuestre” emociones, a efectos de la prestación de servicios, puede no importar cómo lo consiga. El debate sobre la naturaleza de la

IA empática emplea argumentos similares a los del debate sobre si la IA intuitiva puede pensar como los humanos. La IA empática es la generación más avanzada de IA, y las aplicaciones actuales al servicio son todavía muy escasas (Mintz & Brodie, 2019).

Algunos ejemplos son Replika, que suministra personas artificiales (bots personales) para el confort psicológico o el bienestar y Sophia, la IA similar a los humanos de Hanson Robotics, que está diseñada para parecer y actuar como los humanos. Sophia es tan convincente que el gobierno saudí le ha concedido recientemente la ciudadanía. El propósito de estas aplicaciones es diferente al de las IA analíticas e intuitivas que se diseñan en base a consideraciones funcionales, por ejemplo, el aspecto de las aplicaciones de IA analítica no suele ser una preocupación (Bzdok et al., 2018). Muy a menudo, se diseñan deliberadamente para que parezcan máquinas, para evitar que se parezcan a los humanos.

1.1.4. La inteligencia artificial y su aplicación en la nutrición personalizada

La inteligencia artificial constituye una importante fuente de innovación, establece la forma en que las empresas deben decidir entre humanos y máquinas para realizar diversas tareas. La IA se está desarrollando en un orden predecible, en el que la mecánica precede principalmente a la analítica. Un aspecto que parece preocupar en dicho escenario es que la IA podría sustituir puestos de trabajo fundamentalmente a nivel de tareas automáticas, es decir, donde no se requiera el uso de inteligencia sofisticada, sino seguir un patrón de repetición o para las tareas de inteligencia “más bajas” (más fáciles para la IA) (Project, 2013). De ahí que la IA sustituye primero algunas de las tareas de un trabajo de servicios, una etapa de transición que se considera en aumento luego progresa hasta sustituir por completo el trabajo humano cuando tiene la capacidad de asumir todas estas tareas (Johnson, 2016) (Huang & Rust, 2017). La progresión de la sustitución de tareas por parte de la IA desde las inteligencias más bajas a las más altas se traduce en cambios predecibles a lo largo del tiempo en la importancia relativa de las inteligencias para los empleados de servicios (Sawhney, 2016).

Los datos nutricionales incrementan diariamente, de ahí nace la necesidad de usar la tecnología para organizarla e incrementar su potencial de uso. En este caso, la IA ofrece el aprendizaje automático y que revoluciona muchos campos de la nutrición,

ayudando a tomar decisiones más rápidas y correctas (M-H. and Huang, 2016). De ahí que las máquinas pueden analizar, aprender, comunicar y comprender datos. El objetivo es imitar los procesos de pensamiento, la capacidad de aprendizaje y la gestión del conocimiento, los mismos que se encuentran cada vez más en la medicina experimental y clínica (Kim, 2017). Lo que podemos advertir es que la aplicación de la IA se ha expandido en las ciencias biomédicas, ya que se usa la IA en el diagnóstico médico, la predicción de riesgos y el apoyo a las técnicas terapéuticas están creciendo rápidamente. Esa es la razón por la que se dice que existen diferentes modelos para el proceso general de aprendizaje automático y entrenamiento de los algoritmos (S. G. Forrestal, 2011).

El impacto de la IA en la nutrición puede verse cuando una selección simplificada y adecuada en la alimentación (creado para cada individuo a partir de sus datos vitales y preferencias) sirve para enseñar a comer de forma inteligente a niños y familias con el fin de prevenir enfermedades crónicas (Iagua, 2020). Asimismo, es un soporte para ayudar a las personas para cocinar de forma más saludable con lo que tienen en la cocina (guía paso a paso desde la selección de los ingredientes hasta la preparación de la receta y la creación de la lista de la compra). Esto también facilita a las máquinas el aprendizaje automático, debido a que las aplicaciones y los dispositivos tienen en cuenta el tipo de alimentación, además, influye en la forma en que la persona debe alimentarse (Ertel, 2017). Entonces, las plataformas digitales de nutrición mejoran el estilo de vida, siendo más personalizada para poder tomar mejores decisiones nutricionales y obtener adecuados resultados en materia de salud. No se trata de una sencilla recomendación de cuántas calorías deben dejar de consumir, sino impacta en cómo los alimentos afectan al cuerpo, es decir, cómo los alimentos que consumen inciden en la nutrición y salud de las personas (Ertel, 2017). Hace hincapié en la cantidad o la calidad de la nutrición para garantizar el estado físico (con ayuda de la nutrigenómica y la nutrigenética, que están orientados a la nutrición personalizada según las variaciones genómicas y genéticas de las distintas personas) (Oke, 2008).

1.1.5. La aplicación de la inteligencia artificial en la atención sanitaria: prevención y chequeo

1.1.5.1. Prevención de la pérdida de visión en pacientes con diabetes

Científicos de datos voluntarios han desarrollado un algoritmo de análisis de imágenes para la California HealthCare Foundation que puede analizar las exploraciones de la retina de los pacientes diabéticos y aprender a identificar signos sutiles de daños en la retina relacionados con la diabetes con una precisión del 85%, más rápido que el análisis humano tradicional y sin necesidad de enviar las exploraciones a un laboratorio. Aproximadamente el 80% de los pacientes con diabetes sufren daños en la retina que, si no se detectan, pueden causar ceguera total (Huang & Rust, 2018).

1.1.5.2. Predicción de la esquizofrenia mediante el análisis del habla

Investigadores de la Universidad de Columbia, el Instituto Psiquiátrico del Estado de Nueva York e IBM han desarrollado un sistema de aprendizaje automático capaz de predecir si una persona con riesgo de desarrollar una psicosis causada por la esquizofrenia desarrollará la enfermedad con una precisión del 100% analizando su habla, que puede mostrar signos reveladores de la enfermedad. Al aprender a identificar las señales del habla en las grabaciones de audio, el sistema podría superar los modelos de diagnóstico normales, que tienen una precisión del 79% (Halzack, 2017).

1.1.5.3. Cómo prevenir el cáncer de páncreas

La empresa de biotecnología Berg ha utilizado la IA para analizar grandes cantidades de datos oncológicos y crear un modelo completo del funcionamiento del cáncer de páncreas. Basándose en este modelo, Berg identificó los procesos metabólicos específicos que contribuyen al rápido crecimiento del cáncer de páncreas y desarrolló un fármaco, actualmente en fase II de pruebas, que se dirige a estos procesos para hacer que las células cancerosas respondan mejor a la quimioterapia (Ravi et al., 2017).

1.1.5.4. Automatización de un microscopio para diagnosticar la malaria

Un microscopio automatizado llamado Autoscope utiliza una red neuronal artificial para analizar rápidamente muestras de sangre sobre el terreno y diagnosticar la malaria con un 90% de precisión. Los métodos tradicionales de diagnóstico rápido sólo pueden determinar si el parásito de la malaria está presente en una muestra de sangre, lo que no significa necesariamente que una persona vaya a contraer la enfermedad. Autoscope puede diferenciar entre partículas específicas en una muestra de sangre para cuantificar el número de parásitos de la malaria y determinar si el diagnóstico está justificado (Ravi et al., 2017).

1.1.5.5. Diagnóstico de los trastornos de la voz

Investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts y del Hospital General de Massachusetts han desarrollado un sistema que utiliza un dispositivo portátil para recopilar datos sobre el movimiento de las cuerdas vocales de un usuario y utiliza el aprendizaje automático para detectar signos sutiles de habla anormal que podrían indicar que una persona tiene un trastorno de la voz llamado disfonía por tensión muscular (MTD). Las personas con disfonía de tensión muscular experimentan fatiga vocal y deterioro de la calidad de la voz, a pesar de no haber sufrido daños físicos previos en las cuerdas vocales, lo que dificulta el diagnóstico de esta enfermedad. El sistema podría ser especialmente útil para recoger datos sobre el rendimiento vocal que ayuden al diagnóstico sin que los pacientes tengan que pasar mucho tiempo con los especialistas en persona (Ravi et al., 2017).

1.1.6. La aplicación de la inteligencia artificial en la atención sanitaria: tratamiento y control

1.1.6.1. Ayudar a los pacientes con diabetes a tomar decisiones dietéticas más inteligentes

La empresa Suggestic ha desarrollado una aplicación para teléfonos inteligentes destinada a pacientes con diabetes de tipo 2 que utiliza la inteligencia artificial para analizar la investigación médica y el comportamiento de los usuarios con el fin de hacer recomendaciones personalizadas sobre cómo pueden modificar su dieta para controlar mejor su enfermedad. Suggestic permite a los usuarios introducir sus objetivos y planes de dieta y, a continuación, analiza miles de publicaciones

médicas y documentos de investigación sobre la diabetes para identificar los datos pertinentes que pueden informar sobre los planes de nutrición personalizados y recomendar intervenciones cuando sea necesario (Johnson, 2016).

1.1.6.2. Agilizar el descubrimiento de fármacos

Investigadores de la Universidad Carnegie Mellon utilizaron un sistema de aprendizaje automático para priorizar los experimentos que debían realizar para probar nuevos fármacos, reduciendo el número de pruebas innecesarias hasta en un 70%. El sistema analizó varios experimentos de referencia sobre el efecto de un nuevo fármaco en una proteína concreta de una célula y pudo aprender qué factores influyen en las interacciones de un fármaco, creando un modelo predictivo que podía estimar los resultados de posibles variaciones del experimento con una tasa de precisión del 92% (Javelosa, 2017).

1.1.6.3. Suturas más seguras con cirujanos robóticos

Un robot quirúrgico llamado Smart Tissue Autonomous Robot (STAR) puede administrar puntos de sutura con más precisión que los cirujanos humanos. STAR analiza los datos de cámaras 3D e infrarrojas especializadas en tiempo real para generar un plan de disposición óptima de puntos de sutura y los administra con un brazo robótico. En las pruebas, los puntos de sutura de STAR fueron más consistentes y resistentes a las fugas que los administrados por los cirujanos humanos (Rust, Roland and Ming-Hui, 2014).

1.1.6.4. Uso de la inteligencia artificial para acelerar la radioterapia

El Servicio Nacional de Salud del Reino Unido se ha asociado con DeepMind, la rama de investigación de IA de Google, para entrenar un sistema de IA que pueda reducir el tiempo necesario para proporcionar tratamiento de radioterapia a los pacientes con cánceres de cabeza y cuello. Los médicos suelen emplear hasta cuatro horas en exploraciones radiológicas, trazando cuidadosamente las células cancerosas a las cuales dirigir la radiación. El sistema de DeepMind se entrenará con 700 escaneos anónimos para aprender a mapear las áreas cancerosas automáticamente, lo que DeepMind cree que puede acortar este proceso a una hora (Andrews, 2017).



1.1.6.5. Aumentar la participación en los ensayos clínicos

Los investigadores del Centro Médico del Hospital Infantil de Cincinnati han desarrollado un sistema de aprendizaje automático para evaluar si es probable que un paciente participe en un ensayo clínico. El sistema analizó factores objetivos y subjetivos sobre un paciente, como la edad, la raza, la actitud hacia la investigación médica y las condiciones de salud (Cabana, 2022). Al comprender los factores que hacen que un paciente tenga más probabilidades de participación, los investigadores médicos pueden seleccionar más eficazmente a los pacientes para los ensayos que podrían ayudar a desarrollar tratamientos valiosos (Kim, 2017).

Figura 3
La aplicación de la inteligencia artificial en diversos campos

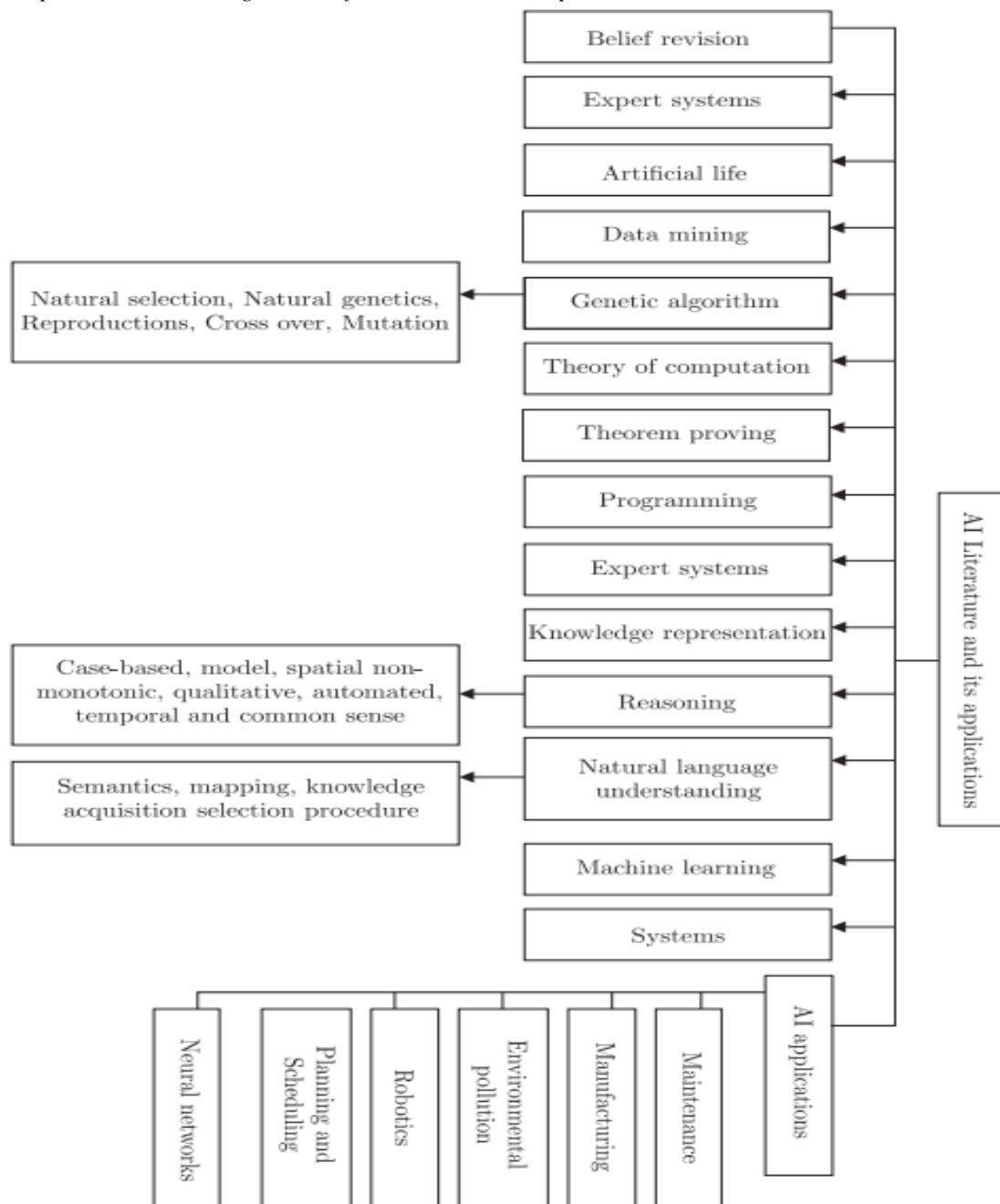


Figure 1. Illustration concerning the relationship among the diverse fields of AI.

Fuente: Oke (Oke, 2008)

También se afirma que la IA será capaz de reemplazar trabajos. En esa perspectiva, el siguiente cuadro puede explicar mejor la forma de cómo se aplicará y producirá el reemplazo.

Figura 4
El uso contemporáneo de la inteligencia artificial

Table 1. Intelligences, Nature of Tasks, Job Replacement, and Service Implications.

Intelligences			Job Replacement	
AI	Skill/Labor	Nature of Tasks	AI Applications	Literature
Mechanical				
<ul style="list-style-type: none"> Minimal degree of learning or adaption Precise, consistent, and efficient For example, self-service technologies and service robots Rely on observations to act and react repetitively 	<ul style="list-style-type: none"> Skills that require limited training or education Call center agents, retail salespersons, waiters/waitress, and taxi drivers 	<ul style="list-style-type: none"> Simple, standardized, repetitive, routine, and transactional tasks Tasks require consistency Commodity service 	<ul style="list-style-type: none"> McDonald's "Create Your Taste" touch screen kiosks Robot Pepper takes on frontline greeting tasks Virtual bots turn customer service into self-service 	<ul style="list-style-type: none"> Service robots get jobs done autonomously (Colby, Mithas, and Parasuraman 2016) Low-skill manufacturing labor reallocates to service occupations (Autor and Dorn 2013; Buera and Kaboski 2012) Productization replaces repetitive manual tasks (Sawhney 2016)
Analytical				
<ul style="list-style-type: none"> Learns and adapts systematically based on data Logical, analytical, and rule-based learning For example, IBM's chess player Deep Blue Rational decision-making 	<ul style="list-style-type: none"> Technical skills requiring training and expertise on data and analysis Technology-related workers, data scientists, accountants, financial analyst, auto service technicians, and engineers 	<ul style="list-style-type: none"> Analytical, rule-based, systematic complex tasks Tasks require logical thinking in decision-making Data, information, and knowledge-based service 	<ul style="list-style-type: none"> Toyota's in-car intelligent systems replace problem diagnose tasks for technicians IBM's Watson helps H&R Block for tax preparation Penske's onboard technology takes over navigation tasks 	<ul style="list-style-type: none"> Marketing analytics take on the data and analysis tasks (Wedel and Kannan 2016) Machines replace and augment knowledge workers (Davenport and Kirby 2015) Smart services leverage customer information (Wunderlich, Wangenheim, and Bitner)
Intuitive				
<ul style="list-style-type: none"> Learns and adapts intuitively based on understanding Artificial neural networks-based or statistical-based deep learning For example, Watson's Jeopardy, Google's DeepMind AlphaGo, and AI poker player Libratus Boundedly rational decision-making 	<ul style="list-style-type: none"> Hard thinking professionals that require creative thinking for problem-solving skills Marketing managers, management consultants, lawyers, doctors, sales managers, and senior travel agents 	<ul style="list-style-type: none"> Complex, chaotic and idiosyncratic tasks Tasks require intuitive, holistic, experiential and contextual interaction, and thinking Personalized, idiosyncratic, experience- and context-based service 	<ul style="list-style-type: none"> Associated Press's robot reporters take on the reporting task for Minor League Baseball games Artificial intuition takes on the data interpretation task in Gestalt psychology Narrative Science's AI Quill writes as if human authors 	<ul style="list-style-type: none"> Robot managers take on managerial tasks (Young and Cormier 2014) High-paying jobs, such as portfolio managers, physicians, and senior managers, can be automated using current technology (Chui, Manyika, and Miremadi 2015) Image-recognition AI outperforms dermatologists for skin cancer diagnosis (Esteva et al. 2017)
Empathetic				
<ul style="list-style-type: none"> Learn and adapt empathetically based on experience Emotion recognition, affective computing, and communication style learning For example, Hanson's humanoid robot Sophia and chatbot Replika Decision-making incorporates emotions 	<ul style="list-style-type: none"> Soft empathetic professionals that require social, communication, and relationship building skills Thinking jobs requiring people skill, for example, politicians and negotiators or feeling jobs, for example, psychiatrists 	<ul style="list-style-type: none"> Social, emotional, communicative, and highly interactive service Tasks that require empathy, emotional labor, or emotional analytics High-touch service 	<ul style="list-style-type: none"> Chatbots communicate with customers and learn from it Replika replaces psychiatrists for psychological comfort Sophia robots interact with customers as if employees 	<ul style="list-style-type: none"> Artificial empathy to infer a consumer's internal states (Xiao and Ding 2014) Incorporating emotions into marketing modeling (Roberts et al. 2015) Frontline emotional labor performed by AI (Rafaeli et al. 2017)

Note. AI = human intelligence; IBM = International Business Machines Corp.

Fuente: Huang y Rust, (Rust and Ming-Hui, 2012)

1.1.7. La aplicación de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada

En el futuro, las sociedades se esforzarán por superar el marco de la economía industrial y el mundo entrará en una nueva era marcada por poblaciones

superenvejecidas, la inteligencia artificial (IA) y la economía del estilo de vida. Se prevé que la humanidad dejará de lado la economía industrial para pasar a una economía de estilo de vida en la que el objetivo principal sea la felicidad humana. El pensamiento y el comportamiento humanos están influidos por las emociones y no pueden explicarse enteramente a través de la toma de decisiones racionales. En consecuencia, la IA y otras tecnologías de superconexión que impulsan el big data y el aprendizaje profundo facilitarán la introducción de servicios personalizados y descentralizados, que representan un cambio de la era de la producción en masa, la centralización y la automatización. Esto significa que se prestará más atención al diseño de estilos de vida únicos en lugar de a la producción (Naimi & Balzer, 2018). En el futuro, las sociedades superenvejecidas dejarán de estar impregnadas de individualismo y se centrarán más en las personas. En tales sociedades, será de gran importancia obtener un conocimiento preciso del estilo de no-servicio de las personas (otro estilo de actividades más allá del trabajo como el ocio, el juego y otras) y del estilo dietético para ofrecer alimentos personalizados que conduzcan a una alimentación y un estilo de vida saludables.

Las dietas personalizadas se desarrollarán a partir de datos estructurados extraídos de los genes humanos, que no cambian. Sin embargo, los datos no estructurados sobre la epigenética y los microbiomas, que pueden verse influidos por el estilo de vida y la dieta, serán importantes para diseñar alimentos y estilos de vida personalizados. La diversidad de los alimentos es el factor más importante para generar estos datos no estructurados. Dado que la responsabilidad de mantener una dieta y un estilo de vida saludables recae en los individuos, el desarrollo de alimentos y estilos de vida personalizados es un paso importante para llegar a la era centenaria. El desarrollo de dietas personalizadas requiere tecnologías como la superconectividad, la IA y el Internet de los humanos (IoHuman), más bien el Internet de las cosas (IoT), pero la investigación de estas tecnologías no es una tarea para la industria alimentaria. Las tecnologías desarrolladas en otros campos pueden utilizarse en la investigación de la ciencia de los alimentos, y estas tecnologías caen bajo el paraguas de la “foodómica” (Cabana, 2022). Tales tecnologías incluyen el análisis genético, el análisis de la secuencia del genoma completo, la nutrigenómica, la metabolómica, la nutrigenética, la nutriepigenética, la tecnología del microbioma, la sensómica y la cultuómica, así como la “sikdanómica”.

Corea tiene un gran potencial en lo que se refiere a alimentos y dietas personalizadas. Dado que Corea tiene una larga historia agrícola, el país cuenta con una amplia gama de alimentos naturales y muchas formas de prepararlos y consumirlos. Esto significa que los alimentos coreanos, en particular los tradicionales, están bien posicionados para satisfacer la demanda de diversidad en los alimentos personalizados. En una era de superenvejecimiento caracterizada por la IA, Corea tiene muchas posibilidades de convertirse en un país en el que la gente pueda vivir hasta los 100 años con buena salud y también tiene el potencial de ser un líder mundial en dietas personalizadas. Para lograrlo, los científicos especializados en alimentación y los profesionales de la medicina deben trabajar juntos para convencer al gobierno coreano de que dirija la industria en la dirección correcta (Song & Lu, 2015).

Es fundamental que los miembros de la industria alimentaria conozcan bien la cuarta revolución industrial y la utilicen como base para entablar conversaciones con el gobierno. En la actualidad, afirmar que la industria alimentaria tiene el mayor potencial de todas las industrias es probable que se reciba con miradas de interrogación o incluso de desprecio. Esta es la realidad en la que vivimos. Sin embargo, dado que la cuarta revolución industrial representa un gran cambio en la estructura de los estilos de vida humanos, es probable que la industria alimentaria esté a la cabeza de la revolución, ya que representa una gran proporción de la industria del ocio. Debido a los avances de la IA y la biotecnología, la dieta y los hábitos alimentarios seguirán desempeñando un papel cada vez más importante en la salud humana, por lo que el análisis preciso de las demandas de los consumidores en materia de salud, sabor y bienestar constituirá una parte importante del suministro de productos alimentarios y de estilo de vida personalizados. Esto servirá de base para mantener una vida feliz y saludable, y es la cuarta revolución industrial la que permitirá a las personas vivir esas vidas (Cabana, 2022).

Por ejemplo, al proporcionar servicios de productos alimentarios personalizados, las empresas podrán obtener información genética sobre las personas a través del aprendizaje profundo para hacer predicciones precisas, y luego proporcionar directrices dietéticas a las personas para maximizar su salud y felicidad. Proporcionar productos alimentarios y de estilo de vida personalizados basados en una comprensión precisa del ocio y el estilo dietético de cada individuo será

especialmente importante en las sociedades superenvejecidas, personalizadas y centradas en las personas del futuro (Kim, 2017). Las dietas personalizadas se desarrollarán a partir de datos estructurados extraídos de los genes humanos, que no cambian. Sin embargo, los datos no estructurados sobre la epigenética y los microbiomas, que pueden verse influidos por el estilo de vida y la dieta, serán una forma importante de big data para diseñar alimentos personalizados. Por eso es importante entender los patrones de estilo de vida, así como los datos estructurados sobre dietas personalizadas, los datos genéticos no estructurados sobre individuos, los datos epigenéticos y los datos del microbioma (Kim, 2017).

La superconectividad, la IA y el IoT son las tecnologías de hardware que se encuentran en el centro de la cuarta revolución industrial, mientras que los sistemas de datos interactivos (plataformas), la tecnología para reconocer los estilos y patrones de vida, la biotecnología, el aprendizaje automático y el aprendizaje profundo constituyen el núcleo del software. Los big data también forman parte de esto. El éxito o el fracaso de la cuarta revolución industrial depende de la cantidad y la precisión de los big data para cada uno de estos factores. En particular, depende de la cantidad de información precisa que tenga cada persona sobre los ingredientes que contiene cada alimento. Los elementos de hardware y software no requieren más investigación en la industria alimentaria mientras se comprendan los conceptos básicos (Limketkai et al., 2021). Las industrias de hardware y software siguen avanzando a una velocidad vertiginosa gracias a los ingenieros electrónicos y los expertos en TI (tecnología de la información), y Corea se encuentra entre los líderes mundiales en términos de hardware.

1.1.8. Características de la industria alimentaria

La mayoría de las personas están familiarizadas con los alimentos y la industria alimentaria. Es raro encontrarse con alguien que no sepa nada sobre estos temas, y la mayoría de la gente puede entretener una discusión sobre los alimentos y la industria alimentaria. Sin embargo, esto también significa que hay una mayor cantidad de información errónea sobre la industria alimentaria. Algunas personas creen que el negocio de la restauración y la industria alimentaria se encuentran entre las industrias más fáciles de entender. Aunque esto es técnicamente correcto, también causa una serie de problemas. En realidad, la industria alimentaria no es

tan intensiva en tecnología como la gente pensaba, ni tiene un alto nivel de protección tecnológica o altas barreras de entrada. Esto puede resumirse en una baja apropiabilidad. El desarrollo de la industria alimentaria no está impulsado por la producción y el avance tecnológico (Cabanés, 2018). En los países en desarrollo, el problema de larga data es el suministro de alimentos y la producción agrícola debido a la escasez de alimentos. En la era industrial, la industria alimentaria podía crecer simplemente aumentando la producción, y la industria era intensiva en capital y centrada en la producción. Sin embargo, en el futuro, la producción industrial será el problema, y el nuevo enfoque será satisfacer las demandas de los consumidores.

A los consumidores les interesan muchos otros factores además de tener el estómago lleno, como el sabor, la cultura, la salud y la felicidad, y un enfoque puramente tecnológico de la producción de alimentos no puede satisfacer estas demandas. Por ello, la actual política de la industria alimentaria del gobierno, que se inclina hacia el desarrollo y la producción, no podrá convertir a Corea en un líder mundial en este campo. El enfoque del gobierno en la I+D ha llevado a una situación en la que los beneficios son monopolizados por unas pocas empresas, y el primer paso hacia una solución es abordar este problema (Cesare et al., 2019). El objetivo de la I+D alimentaria nacional debería ser promover la salud, la felicidad y la prosperidad nacional en lugar de perseguir los beneficios de las empresas mediante la transferencia de tecnología.

La industria alimentaria de un país está estrechamente relacionada con la salud, la seguridad y la felicidad de su población, así como con la economía nacional. Por ello, tanto los gobiernos como el público son muy sensibles a las cuestiones de seguridad alimentaria, y los gobiernos vigilan de cerca el precio de los alimentos y los productos alimentarios. En consecuencia, a diferencia de lo que ocurre en otras industrias, es raro que una empresa del sector alimentario tenga poder de monopolio, e incluso si existe tal empresa, no puede abusar de este poder subiendo los precios a su antojo. Los precios de los alimentos tienen una influencia sustancial en la inflación de toda la economía. Por ello, los gobiernos tratan de controlar los precios de los alimentos en un intento de influir en la inflación. También es importante tener en cuenta que la seguridad y la salubridad de los alimentos son criterios importantes para juzgar la salud pública y el bienestar de un país. Hace

unos años, una gran empresa coreana sacó al mercado un nuevo producto desarrollado con materiales de calidad, pero el gobierno le pidió que bajara el precio tras las quejas de que era demasiado caro. Este es uno de los muchos casos en los que las empresas lanzan un nuevo producto, pero lo abandonan al poco tiempo debido al control de precios del gobierno.

Esto significa que, a diferencia de otras industrias, es difícil que las empresas del sector alimentario hagan una fortuna desarrollando y fabricando un nuevo producto, pero el gobierno y los científicos siguen centrando la mayor parte de su atención en el desarrollo de productos como principal motor de crecimiento de la industria alimentaria. Desde este punto de vista, las actuales políticas de desarrollo y producción de alimentos del gobierno son erróneas y poco adecuadas para satisfacer las necesidades de la sociedad en el futuro. Por otro lado, el gobierno no tiene forma de controlar las dietas personalizadas que han sido diseñadas para ajustarse a las preferencias específicas y a los rasgos culturales y biológicos de los consumidores individuales. Por eso la dieta personalizada es una industria de alto valor añadido.

Los consumidores finales de la industria alimentaria son personas corrientes. Aunque lo mismo ocurre con muchas otras industrias, las personas corrientes no son los consumidores finales de los productos farmacéuticos. En este caso, son los médicos los que constituyen el grupo de consumidores finales, mientras que los consumidores finales de máquinas y equipos son las empresas. Por ello, los consumidores ordinarios no tienen “derecho a saber” cuando se trata de productos farmacéuticos. Sin embargo, como los alimentos son consumidos por la gente de a pie, tienen derecho a conocer la seguridad, los beneficios para la salud y el origen de los alimentos que consumen (Guillen, 2018). Los consumidores también tienen derecho a elegir. Lo mismo ocurre con los automóviles, los teléfonos inteligentes y los electrodomésticos, cuyos consumidores finales son las personas corrientes. Sin embargo, los coches y los teléfonos móviles suelen utilizarse durante 5-10 y 2-5 años, respectivamente, por lo que pasa mucho tiempo hasta que los consumidores se enfrentan a otra decisión de compra. Una vez que un consumidor compra un coche o un teléfono, no tendrá que tomar otra decisión durante al menos varios años. Por otro lado, los consumidores tienen que tomar al menos 200-300 decisiones, o a veces hasta 1000, cada año cuando se trata de alimentos. Como las elecciones sobre los alimentos son tan frecuentes, los consumidores quieren saber mucho sobre los

alimentos y ejercer su derecho a saber. Los derechos a saber y a elegir son factores importantes que deben tenerse en cuenta en los debates sobre el crecimiento de la industria alimentaria (Naimi & Balzer, 2018).

1.1.9. La industria alimentaria y la nutrición personalizada en el contexto de la cuarta revolución industrial

1.1.9.1. Descentralización

La transición desde los sistemas de producción y los sistemas de información integrados diseñados para una producción eficiente hacia sistemas hiperconectados que pueden producir una gama de productos personalizados atendiendo a los consumidores individuales. Por lo tanto, no se trata de una guerra de eficiencia destinada a competir en precio o producción. Los sistemas descentralizados son un ejemplo destacado de un modelo económico diseñado para los consumidores. Por ejemplo, un sistema de cadena de bloques que genera energía limpia para un bloque de consumidores específico en una región determinada y vende la energía sobrante. Este tipo de sistema de cadena de bloques puede clasificar a los consumidores en bloques en función de sus rasgos biológicos, preferencias, cultura o historia para ofrecer productos o sistemas que satisfagan sus necesidades específicas. Por supuesto, se necesita un mayor desarrollo en IA y big data para alcanzar este nivel de descentralización, pero el avance tecnológico podría eventualmente ir más allá de la cadena de bloques para crear modelos P2P (persona a persona, producto a persona) con mayores niveles de estratificación y diversidad. En este sentido, la descentralización es un elemento central de la cuarta revolución industrial (Yu et al., 2018).

1.1.9.2. Personalización

Si se generan cantidades suficientes de datos sobre cada individuo y objeto, la tecnología de aprendizaje profundo podrá unir las piezas para permitir la provisión de pasatiempos, cultura, viajes, relajación, servicios sanitarios y alimentos personalizados para individuos en lugar de grupos o bloques de consumidores. Los avances en la ciencia de la vida podrían incluso permitir establecer distinciones no solo entre individuos, sino también entre las emociones y los ritmos biológicos dentro de un individuo. También haría posibles servicios personalizados que

ayudaran a cada persona a encontrar su propia felicidad, la máxima aspiración de todos los humanos. Por supuesto, esto está condicionado a la generación de datos adecuados, pero si se consigue, la industria alimentaria podría ofrecer dietas o alimentos personalizados P2P basados en los datos del estilo de vida del individuo e incluso en sus datos genéticos. De este modo, las dietas personalizadas que ayuden a los individuos a mantenerse sanos serán una industria clave en la cuarta revolución industrial. También hay que recordar que, a medida que se desarrolla la cuarta revolución industrial, el cambio hacia los alimentos naturales y sostenibles es el camino hacia la felicidad humana. Del mismo modo, en lugar de centrarse en factores tecnológicos como las instalaciones, el entorno de producción y la automatización, los debates sobre las granjas inteligentes deberían centrarse en el uso de la tecnología de la cadena de bloques para suministrar a los consumidores una gama diversa de productos especializados a través de procesos como la “hormesis” que puedan satisfacer sus necesidades biológicas y culturales (Oke, 2008).

1.1.9.3. Intercambio de valores y economía colaborativa

Todos los datos y las cosas, especialmente los valores y las instalaciones, podrán conectarse y compartirse específicamente de persona a persona, y de persona a cosas debido al desarrollo de la superconectividad por parte de la IA y el IoT. Así, la economía compartida se activará por completo y la creación de valores compartidos será más importante para la nueva economía compartida (Oke, 2008).

1.1.9.4. La primera revolución del estilo de vida

Las revoluciones del estilo de vida se han producido gracias a la introducción de la tecnología que ha permitido al país unirse a las filas de las naciones avanzadas en términos de mentalidad y sofisticación. Por ejemplo, la introducción de duchas en todos los hogares permitió mejorar la prevención de enfermedades y la calidad de vida. Del mismo modo, la cuarta revolución industrial traerá consigo cambios en el estilo de vida que, en última instancia, conducirán a una mayor felicidad humana. Por eso la cuarta revolución industrial puede considerarse la primera revolución del estilo de vida. Hasta ahora, la economía coreana se ha medido a través de índices de producción como el PIB y el PNB. Sin embargo, ya no es posible un crecimiento espectacular en estos términos. Para convertirse en una nación verdaderamente

avanzada, Corea debe tomar la delantera en el desarrollo de nuevos índices de estilo de vida que midan la felicidad y la prosperidad de los ciudadanos.

El pensamiento y el comportamiento humanos están influidos por las emociones y no pueden explicarse enteramente a través de la toma de decisiones racionales. En consecuencia, la IA y otras tecnologías de la cuarta revolución industrial que impulsan el big data y el aprendizaje profundo facilitarán la introducción de servicios personalizados y descentralizados. Esto significa que el enfoque principal será el diseño de estilos de vida únicos en lugar de la producción. En consecuencia, es lamentable que los debates sobre la cuarta revolución industrial en el sector agrícola presten poca atención a los valores y a cómo la industria alimentaria puede desarrollarse de forma que promueva estilos de vida y estructuras sociales felices y saludables.

1.1.10. Las dietas personalizadas y su impacto en la vida

Todos los seres humanos desean vivir una vida sana y plena. La naturaleza humana hace que las personas empiecen a prestar más atención a la salud y a tomar medidas para gestionarla a medida que envejecen. Esto es válido para todas las edades y culturas. Corea ya se ha convertido en una sociedad que envejece. En el futuro, la tecnología de cuarta generación se aplicará a la industria alimentaria. Por ejemplo, a la hora de ofrecer dietas personalizadas, las empresas podrán obtener información genética sobre las personas a través del aprendizaje profundo para hacer predicciones precisas y, a continuación, proporcionar directrices dietéticas a las personas en función de su estilo de vida (estilo de ocio) y su estilo de alimentación para maximizar su salud y felicidad.

A medida que la biotecnología siga desarrollándose, podremos comprender no solo el genoma humano completo, sino también cómo los genes individuales están conectados con la expresión de ciertas enfermedades. Muchos factores genéticos están relacionados con la salud y la enfermedad, y ahora sabemos que desempeñan un papel dominante en la determinación de ciertos aspectos de la salud y la longevidad humanas. En el futuro, el análisis genético revelará qué individuos son susceptibles de padecer determinadas enfermedades. Dado que la estructura primaria del ADN no cambia en respuesta al estilo de vida o al entorno externo, con el tiempo se acumularán grandes datos estructurados sobre los genomas

individuales. Si este tipo de datos estructurados se genera junto a los big data sobre los alimentos de cada país, será posible elaborar una serie de dietas personalizadas. El problema es que, aunque los avances en biotecnología han permitido obtener grandes cantidades de datos sobre genética, salud y susceptibilidad a las enfermedades, se necesitan más datos sobre las características químicas, biológicas y agronómicas de los alimentos coreanos y los métodos de cocción en concreto. La falta de estos datos es preocupante, ya que podría dar lugar a una toma de decisiones errónea que haga que Corea pierda la oportunidad de desempeñar un papel más importante en el mercado alimentario mundial. No obstante, aunque actualmente no se disponga de big data de esta naturaleza, los datos sobre los genes de los individuos pueden utilizarse para proporcionar cierto grado de personalización de los medicamentos y la nutrición (Li y Du, 2016).

¿Qué hace la gente para mantenerse sana? Irónicamente, la mayoría de la gente come y hace lo que le apetece con la esperanza de conservar la salud, olvidando el hecho de que se necesita mucha paciencia y esfuerzo para mantenerse sano. Más concretamente, la gente desea vivir una vida larga y saludable, pero no toma medidas para conseguirlo. El estilo de vida es crucial a la hora de mantener una buena salud. El estilo de vida puede dividirse a grandes rasgos en tres categorías: estilo de trabajo, estilo nonen (el estilo de ocio es uno de los estilos nonen) y estilo de alimentación. Es posible añadir el “estilo de sueño” a esta lista, pero como se requieren largas explicaciones científicas para entender la forma en que las personas duermen, este factor se omitió en aras de la brevedad (Rust, Roland and Ming-Hui, 2014). Dado que muchas personas no tienen mucho control sobre su estilo de trabajo, y que hay menos diferencias entre los individuos, esto tiene menos impacto en la salud. En cambio, el estilo nonen (estilo de ocio) y el estilo de alimentación tienen una influencia mucho mayor en la salud y la longevidad.

Es necesario mejorar nuestro estilo de alimentación para vivir una vida larga y saludable. Esto se refiere al tipo de alimentos que comemos y cómo los comemos. Los alimentos que elegimos para comer en una sola ocasión son menos importantes porque el estilo dietético incluye factores culturales e históricos. Sin embargo, la mayoría de las personas sólo se centran en lo que comen y prestan poca atención a mejorar su estilo de vida, que requiere más paciencia y esfuerzo. Vivimos en la era de la ciencia. La alimentación personalizada promete ser una industria que puede

ayudar a las personas a llevar una vida feliz y saludable a través de la vida y la dieta. Los datos de la vida y la dieta están estrechamente relacionados con la ciencia de la vida humana, y estos grandes datos pueden generarse a través de la biotecnología moderna. En otras palabras, la industria de la alimentación personalizada está a la vanguardia de la biotecnología moderna. Los datos falsos no son útiles para la industria alimentaria personalizada y, de hecho, pueden servir de obstáculo para descubrir la verdad, pero la biotecnología también tiene la capacidad de filtrar esos datos falsos.

1.2. Antecedentes

Coronado, Vega, Pérez y Peláez (2011) en su trabajo “Nutrigenética aplicada: dieta personalizada y formación académica para la práctica profesional” da cuenta de los avances de la nutrigenética, la cual plantea un nuevo paradigma alimentario, al sugerir la posibilidad de individualizar la alimentación de acuerdo con los componentes genéticos de cada individuo. Se percibe que en los próximos 25 años habrá una nueva revolución tecnológica que incluirá, entre otras, a la biotecnología, la nanotecnología y a la genómica. En consecuencia, surgirá un cúmulo de información genética y nuevas técnicas de alta resolución que permitirán una cantidad relevante de herramientas para los estudios en el campo que asocia genes-nutrición. La bioinformática, la biología celular y molecular y la bioquímica, también formarán parte de esta nueva era tecnológica e incidirán en los nuevos diseños curriculares en las instituciones educativas (Coronado et al., 2011).

Sanhueza y Valenzuela (2012) en su trabajo “Nutrigenómica: revelando los aspectos moleculares de una nutrición personalizada” se explica que la ciencia de la nutrición moderna se ha ayudado con una serie de disciplinas de índole molecular entre las que destacan la nutrigenómica, transcriptómica, proteómica y metabolómica. Estas disciplinas en conjunto permitirán encontrar la huella nutricional más adecuada para una población determinada, grupo étnico, raza o más específicamente para generar una dieta personalizada, de acuerdo con la genética y/o el fenotipo de los individuos. La expresión de los genes (transcriptómica) implica la síntesis de unos cuantos miles de proteínas (proteómica) y la actividad de estas proteínas sería el fenotipo del individuo, el que molecularmente correspondería a la producción de una serie de metabolitos (metabolómica), los que se podrían detectar en distintos fluidos del organismo pero que, además, representan el trabajo de un todo organizado en homeostasis o fuera de ella. Sin

duda, el cómo los componentes de los alimentos afectan a la secuencia; transcriptómica, proteómica, metabolómica es un campo de ardua investigación, la que finalmente permitirá tener una base de datos integral que constituya la huella digital de la nutrición. De ahí que el objetivo del artículo fue revisar en forma general algunos de los aspectos relevantes sobre como los nutrientes están involucrados en la nutrigenómica (Sanhueza and Valenzuela (2012).

Tapia (2016) en el artículo “Nutrigenómica y Nutrigenética para nutricionistas” se asegura que los humanos fueron adaptándose a las fuentes alimentarias disponibles de la región del planeta donde habitaba y por tanto el ADN de esos sujetos también cambiaba para asimilar de mejor manera esos nutrientes. Con la globalización de la ciencia y la tecnología actual, la disponibilidad alimentaria ha cambiado rápidamente y por lo tanto los hábitos alimentarios cambian, esto afecta a nuestros genes y cuentan con el tiempo suficiente para adaptarse a esos cambios con afectación en la expresión de las rutas metabólicas de transformación de esos alimentos nuevos, ante lo cual la Nutrigenómica ha dado algunas respuestas. La Nutrigenómica aplicada tiene un efecto beneficioso potencial para los sistemas de salud pública, al optimizar el servicio personalizado hacia la población. Los nuevos nutriólogos deberán ser formados para cubrir las necesidades de la comunidad conociendo, asimilando y utilizando cada vez más estas nuevas tecnologías (Tapia, 2016).

Vázquez (2016) en la investigación “Nutrigenómica y la nutrición personalizada” se indica que la nutrición actualmente se apoya en diferentes ciencias como la bioquímica, biología molecular, genética y fisiología general. De ahí que la nutrigenómica se vincula al estudio del genoma, y a conseguir con la ayuda de la biotecnología y estudios biomoleculares, lograr conocer la influencia de los diferentes alimentos en los sistemas homeostáticos, permitiendo aproximaciones a estimar tanto riesgos como beneficios potenciales en fases previas a enfermedades y extender la influencia de la dieta en la salud, en función de la genética individual. Además, la nutrigenómica contribuirá a optimizar el diseño de estrategias que consistan en nuevas recomendaciones dietéticas que consigan restaurar y mejorar la homeostasis metabólica, mejorar la salud, ayudar a conseguir un estado de bienestar permanente y prevenir las enfermedades que se relacionen de cierta manera con la dieta. La velocidad de penetración de esta nueva ciencia en la vida diaria vendría de la diversidad de los alimentos que ingerimos y de la propia complejidad de nuestro sistema metabólico (Tapia, 2016).

Cabanes (2018) en su trabajo “Aplicaciones móviles y tecnologías web en el campo de la Nutrigenómica y Nutrición Personalizada” el objetivo trazado fue examinar los avances en Nutrigenómica y tecnologías ómicas que han permitido dilucidar las complejas interacciones entre la dieta, los genes y la salud del individuo. De ahí que se haya identificado cuatro enfoques de diseño en el área de aplicaciones móviles de nutrición y salud: aplicaciones de seguimiento de estilo de vida y dieta, aplicaciones enfocadas en fitness y entrenamientos, aplicaciones de análisis de productos alimentarios y recetas, y aplicaciones destinadas al control y prevención de enfermedades crónicas, como diabetes. Cada una de estas categorías cuenta con sus propias funcionalidades y características orientadas a la mejora de la salud y bienestar del usuario, y podrían convertirse en candidatas potenciales a incorporar los test genéticos entre sus servicios ofertados. El asesoramiento nutricional personalizado basado en Nutrigenómica permite agregar un beneficio sustancial al intercambio de valor y proporcionar una salida frente a los productos de la competencia. Es por ello por lo que los test nutrigenéticos, combinados con el desarrollo de la inteligencia artificial y las tecnologías del futuro, podrían definir las bases de la inminente revolución del concepto de salud digital (Cabanes, 2018).

Corrella, Barragán, Órdovas y Coltell (2018) en el artículo “Nutrigenética, nutrigenómica y dieta mediterránea: una nueva visión para la gastronomía” se explica que la nutrigenética como la nutrigenómica son disciplinas dentro de la denominada genómica nutricional, que, en sentido amplio, proporciona el marco de integración de las distintas ómicas con las ciencias de la alimentación y nutrición. A pesar de la heterogeneidad en la definición de dieta mediterránea, existen varios estudios que muestran que la dieta mediterránea puede interactuar con el genoma, disminuyendo el riesgo de enfermedad en las personas genéticamente más susceptibles. Conocer con más detalle la susceptibilidad genética, los mecanismos epigenéticos, la influencia del metaboloma y de otras ómicas puede ser relevante en gastronomía, entendida como la práctica del arte de elegir, cocinar y comer los alimentos. Finalmente, los fenotipos de salud-enfermedad influyen en la percepción del sabor y del olor de los alimentos (las preferencias por determinadas comidas). Todo ello, bien integrado, puede contribuir al incremento del disfrute a la vez que se sigue una alimentación saludable (Corella et al., 2018).

Verma, Hontecillas, Tubau-Juni, Abedi y Bassaganya-Riera (2018) en el artículo de investigación titulada “Challenges in Personalized Nutrition and Health” sostienen que la nutrición personalizada hace referencia a las recomendaciones nutricionales a medida

destinadas a la promoción, el mantenimiento de la salud y la prevención de enfermedades. Estas recomendaciones tienen en cuenta las respuestas diferenciales a determinados nutrientes alimentarios individualizados que surgen debido a la interacción entre los nutrientes y los procesos biológicos. Estos incluyen las interacciones entre factores internos como la genética, el microbioma y las interacciones del metaboloma, así como factores externos como los hábitos alimentarios y la actividad física. En contraste con la medicina de precisión definida por la Iniciativa de Medicina de Precisión como un enfoque hacia el tratamiento y la prevención de enfermedades para un individuo, el objetivo de la nutrición personalizada es promover la salud y el bienestar a través de la dieta (Verma et al., 2018).

Kwon (2020) en su investigación “Personalized diet oriented by artificial intelligence and ethnic foods” señala que las dietas personalizadas se desarrollarán a partir de datos estructurados extraídos de los genes humanos, que no cambian. Sin embargo, los datos no estructurados sobre la epigenética y el microbioma, que pueden verse influidos por el estilo de vida y la dieta, serán importantes para diseñar alimentos y estilos de vida personalizados. La diversidad de los alimentos es el factor más importante para generar estos datos no estructurados. Dado que la responsabilidad de mantener una dieta y un estilo de vida saludables recae en los individuos, el desarrollo de alimentos y estilos de vida personalizados es un paso importante para llegar a la era centenaria. El desarrollo de dietas personalizadas requiere tecnologías como la superconectividad, la IA y el Internet de los humanos (IoHuman), más bien el Internet de las cosas (IoT), pero la investigación de estas tecnologías no es una tarea para la industria alimentaria. Las tecnologías desarrolladas en otros campos pueden utilizarse en la investigación de la ciencia de los alimentos, y estas tecnologías caen bajo el paraguas de la “foodómica”. Tales tecnologías incluyen el análisis genético, el análisis de la secuencia del genoma completo, la nutrigenómica, la metabolómica, la nutrigenética, la nutriepigenética, la tecnología del microbioma, la sensómica y la cultuómica, así como la “sikdanómica”. Corea tiene un gran potencial en lo que se refiere a alimentos y dietas personalizadas. Dado que Corea tiene una larga historia agrícola, el país cuenta con una amplia gama de alimentos naturales, y muchas formas de preparar y comer estos alimentos (Kwon, 2020).

Misra, Dixit y Al-Mallahi (2020) en el artículo “IoT, big data and artificial intelligence in agriculture and food industry” se analiza el Internet de las cosas (IoT) da lugar a una cantidad masiva de datos en flujo, a menudo denominados “big data”, lo que aporta nuevas oportunidades para supervisar los procesos agrícolas y alimentarios. Además de los sensores, los big data procedentes de las redes sociales también están adquiriendo importancia para la industria alimentaria. En esta revisión presentamos una visión general de la IO, el big data y la inteligencia artificial (IA) y su papel disruptivo en la configuración del futuro de los sistemas agroalimentarios. Tras una introducción a los campos de la IO, los macrodatos y la IA, analizamos el papel de la IO y el análisis de los macrodatos en la agricultura (incluida la supervisión de los invernaderos, las máquinas agrícolas inteligentes y la obtención de imágenes de los cultivos mediante drones), la modernización de la cadena de suministro, los medios sociales (para la innovación abierta y el análisis de los sentimientos) en la industria alimentaria, la evaluación de la calidad de los alimentos (mediante métodos espectrales y la fusión de sensores) y, por último, la seguridad alimentaria (mediante la secuenciación genética y la trazabilidad digital basada en blockchain). Se hace especial hincapié en la situación comercial de las aplicaciones y los resultados de la investigación traslacional (Misra et al., 2020).

Guevara y Jiménez (2020) en su investigación “Aplicación móvil recomendadora de planes alimenticios personalizados para la mejora de hábitos de alimentación de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería en Computación e Informática de la UNPRG”, cuyo objetivo fue implementar una aplicación móvil recomendadora de planes alimenticios personalizados, para la mejora de hábitos de alimentación de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería en Computación e Informática de la UNPRG. En esa orientación, se indica que el desarrollo del sistema experto ha sido utilizando lenguajes de programación como PHP y Python; para la aplicación móvil se ha utilizado el lenguaje Kotlin y; como Sistema Gestor de Base de Datos: MariaDB (Guevara & Jiménez, 2020).

Álvarez (2020) en su trabajo “Promoción del control del sobrepeso y la obesidad mediante el uso de tecnología móvil en la asistencia sanitaria” se menciona que es notoria la cabida del uso de nuevas tecnologías con miras a optimizar el cuidado, prevención de la salud, y uso de dispositivos de monitoreo biométricos portátiles que permiten la medición remota y el análisis de datos de pacientes, con particular importancia en el control del sobrepeso y la obesidad. El registro de parámetros por parte de los pacientes en sus teléfonos

móviles, permite que la prevención en salud no recaiga solamente sobre el sanitario. Estudios demuestran que el mejor entendimiento y participación activa de los pacientes en el seguimiento de sus condiciones de salud deriva en resultados relativamente más positivos que en pacientes menos reflexivos e involucrados con el proceso de tratamiento y prevención. El uso consciente de aplicaciones en dispositivos móviles, la participación activa del paciente en su estado de salud y de qué manera puede reportar su evolución al personal sanitario es el aspecto central de esta propuesta piloto en Salud Pública, augurando resultados positivos en el tiempo para la población objeto de la intervención, la Comunidad Foral de Navarra (Alvarez, 2020).

Kirk, Catal y Tekinerdogan (2021) en el artículo titulado “Nutrición precisa: una revisión sistemática de la literatura” se menciona que los enfoques personalizados son prometedores para reducir la carga de estos problemas actuales en la investigación de la nutrición, y la revisión actual muestra que Machine Learning puede incorporarse a la investigación en Nutrición de Precisión con un alto rendimiento. Los investigadores en Nutrición de Precisión deberían considerar la incorporación del Aprendizaje Automático en sus métodos para facilitar la integración de muchas características complejas, permitiendo el desarrollo de enfoques de Nutrición de Precisión de alto rendimiento (Kirk et al., 2021).

Limketkai, Mauldin, Manitius, Jalilian y Salonen (2021) en el trabajo “The Age of Artificial Intelligence: Use of Digital Technology in Clinical Nutrition” se afirma que los avances informáticos de las últimas décadas han catalizado la integración generalizada de la tecnología digital en la industria médica, a la que ahora siguen aplicaciones similares para la nutrición clínica. Esta revisión analiza la aplicación de dichas tecnologías en la nutrición, desde el uso de aplicaciones móviles y tecnologías portátiles hasta el desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones para la nutrición parenteral y el uso de la telesalud para la evaluación remota de la nutrición (Limketkai et al., 2021).

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

La inteligencia artificial forma parte de la revolución tecnológica más relevante desde que se inventó la informática. Su propósito es cambiarlo todo (o ya lo está haciendo), aunque no tenemos claro cuándo, ni cómo, ni por qué. No obstante, todo el mundo habla de ella, pero pocos saben cómo funciona o lo que realmente hace. Frente a ello cabe preguntarnos ¿qué es la inteligencia artificial? Es una tecnología que intenta imitar la inteligencia humana usando un robot o un software. Se caracteriza por su capacidad de procesar abundante información en poco tiempo. Existen tipos de inteligencia artificial, según su desarrollo: (i) sistemas que piensan como humanos, como las redes neuronales artificiales, (ii) sistemas que actúan como humanos, como los robots, (iii) sistemas que usan la lógica racional, como los sistemas expertos y (iv) sistemas que actúan racionalmente, como los agentes inteligentes. En ese sentido, la inteligencia artificial se compone de “sistemas informáticos que han sido diseñados para interactuar con el mundo a través de funcionalidades (como la percepción visual y el reconocimiento de la voz) y comportamientos inteligentes que concebimos como esencialmente humanos (por ejemplo, evaluar la información disponible y actuar de la manera más sensata para lograr un determinado objetivo)”. En términos sencillos, la inteligencia artificial es una tecnología que sirve para automatizar determinadas actividades o procesos, porque es capaz de aprender de manera autónoma.

Las nuevas tecnologías irrumpen en el ámbito de la nutrición. En una época donde los consumidores están hiperconectados a través de teléfonos, tabletas o pantallas, es mucho más fácil que este tipo de tecnología sea utilizada en la alimentación, puesto que es parte

de la modernización. El desarrollo de la inteligencia artificial, el big data, el internet de las cosas, la robótica y la digitalización de procesos hacen posible que los sistemas de producción de alimentos, bebidas y alcanzar una alimentación saludable sean más eficaces, a su vez, encuentren en la tecnología como su mejor aliado. En esa orientación, específicamente, la inteligencia artificial ha logrado ser de gran utilidad para la sociedad y hoy está revolucionando la manera de fabricar, transportar y consumir alimentos. Eso supone dejar una marca en el ámbito de la nutrición, puesto que no puede permanecer ni alejada ni distanciada de las nuevas tecnologías.

En ese marco, esta investigación aborda las diversas aplicaciones que tiene la inteligencia artificial en la nutrición, específicamente, en la nutrición personalizada. Entre las aplicaciones o usos que más destacan, podemos encontrar: (i) Comé+Plantas(7) es una inteligencia artificial que permite reconocer y consumir vegetales/frutas de manera adecuada, aprovechando sus propiedades nutritivas, (ii) inteligencia artificial, a través de aplicaciones, ayuda a consumir alimentos adecuadamente, (iii) incursión en la cocina molecular, mejorando el sabor y aroma de los alimentos (potencia la creatividad en la cocina), (iv) aprovechar los productos de la estación y combinarlos mejor con consejos de cocina, (v) garantizar las mejores combinaciones, el origen, la estacionalidad, información botánica y recetas, (vi) promover cambios en el comportamiento de la dieta (puede producir beneficios medibles para la salud) o (vii) asegurar mayor rendimiento de los deportistas en una nutrición personalizada con ayuda de la inteligencia artificial. Estas son algunas aplicaciones o usos de la inteligencia artificial en el campo de la alimentación.

Acabamos de mencionar algunos usos o aplicaciones de la inteligencia artificial. Sin embargo, existen otros campos o ámbitos de uso, por esa razón, durante el desarrollo de la investigación analizaremos las diversas aplicaciones de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada. Entonces, se examinará los avances que se tienen en ese campo, ello con la intención de que posteriormente puedan aplicarse en el país. Como el uso de la inteligencia artificial en todos los niveles de la existencia humana son parte del futuro, se necesita analizar y conocer los diversos usos que se le viene dando a la misma. También debemos advertir que muchos de los alimentos que se producen en la región y a nivel nacional, posiblemente, con la ayuda de la inteligencia artificial pueden potenciarse sus propiedades, buscar mejores oportunidades para su distribución, encontrar nuevas formas de emplearlos, generar nuevas estrategias de conservaciones, entre otros. Tomando en

cuenta ello, el problema de la investigación se formuló así: ¿cómo se aplica la inteligencia artificial en la nutrición personalizada?

Finalmente, con todo lo anotado, el propósito de la investigación es analizar las diversas aplicaciones o usos de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada. Como el futuro –al parecer– es completamente tecnológico, es decir, supone máxima convivencia e intervención de la ciencia y tecnología en la actividad humana, por consiguiente, desde ahora se deben conocer los múltiples desafíos que plantea la inteligencia artificial en el campo de la nutrición. Entonces, este estudio desde una perspectiva o alcance descriptivo-exploratorio dará cuenta y caracterizará de las distintas maneras en las que hasta el momento se ha empleado la referida tecnología en la nutrición personalizada. Dentro de ello, adicionalmente, esta investigación permitirá dar cuenta de las situaciones o contextos en que se puede usar la inteligencia artificial, es decir, si es posible aplicar los resultados obtenidos en otras investigaciones hasta el momento en el país (replicar resultados). También habrá oportunidad para señalar algunas desventajas o inconvenientes que se han derivado del uso de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada.

2.2. Definición del problema

2.2.1. Interrogante general

- ✓ ¿Cómo se aplica la inteligencia artificial en la nutrición personalizada?

2.2.2. Interrogantes específicas

- ✓ ¿Cuáles son las principales aplicaciones o usos de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada?
- ✓ ¿Cómo contribuye la inteligencia artificial en la nutrición personalizada?
- ✓ ¿Cuáles son los riesgos derivados del uso de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada?

2.3. Intención de la investigación

La intención de esta investigación es analizar sobre el impacto de la inteligencia artificial en la nutrición, en especial, la nutrición personalizada. En esa dirección, naturalmente, una pregunta que emerge y se trata de responder es ¿cómo beneficia la inteligencia artificial a la nutrición personalizada? La inteligencia artificial, en términos generales,

permite la personalización y el equilibrio nutricional, impide el desperdicio de los alimentos, genera el aprovechamiento máximo de las propiedades de ciertos alimentos (valor nutricional), entre otros. De allí vale la pena considerar que la inteligencia artificial se ha vuelto en una herramienta que podría contribuir en la nutrición, buscando garantizar la salud y calidad de vida de las personas. Con lo cual, durante el desarrollo de la investigación iremos explorando estos campos con mayor detenimiento. En suma, la intención de la investigación es analizar y conocer las múltiples aplicaciones o usos de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada, lo cual será posible realizando una revisión y análisis documental general.

2.4. Justificación

Esta investigación es relevante desde el punto de vista teórico y con cierta incidencia en el plano práctico. La justificación de orden teórica recae en que es una de las primeras investigaciones que se realizan en este campo en la Universidad Nacional del Altiplano, puesto que durante el desarrollo de la investigación se dará cuenta del estado de la cuestión teórica sobre la relación entre inteligencia artificial y nutrición, en específico, sus diversas aplicaciones a situaciones concretas como es la nutrición personalizada. En el plano práctico, se podrá observar que muchos de los avances generados por la inteligencia artificial se pueden utilizarlos o emplearlos para mejorar la nutrición o alimentación en la región de Puno (inclusive, a nivel nacional) debido a que productos como la papa, la quinua, la cañihua, entre otros, pueden suministrarse adecuadamente en el consumo diario. En suma, este trabajo tiene una motivación teórica y práctica, ya que los antecedentes que se reporten pueden ser usados en futuras investigaciones o generar nuevos resultados.

También es oportuno precisar que en el Perú existen cuadros de mala nutrición, que afecta la salud de las personas. Tal es así que durante la pandemia se advirtió que 7 de cada 10 peruanos sufre de exceso de peso, lo que da como resultado el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, presencia de hipertensión, diabetes mellitus e infartos. Esta situación con el coronavirus se complica mucho más, por ese motivo, es oportuno mejorar la dieta personalizada. Y un buen camino es optar por implementar la inteligencia artificial, puesto que se puede establecer el régimen de consumo de alimentos, el tipo de ejercicios que se deben realizar, entre otros. No solo eso, además, se puede establecer la dieta equilibrada de forma personalizada, puesto que las personas no tienen el mismo sistema

dietético. En ese punto, la inteligencia artificial ayuda a mejorar las condiciones de alimentación. Y con ello se evitan los problemas mencionados.

El trabajo es novedoso, original y relevante. Consideramos que es novedoso porque en el país todavía existen pocos estudios sobre la aplicación de la inteligencia artificial en el campo de la nutrición, a su vez, la inteligencia artificial es una tecnología que viene afianzándose recientemente. Es original porque esta investigación se enfoca en dos aspectos puntuales –desde una perspectiva descriptiva–: la nutrición personalizada, ya que allí la inteligencia artificial tiene muchas más posibilidades de expandirse y tener éxito, además, este tipo de investigaciones no se han realizado en la Universidad Nacional del Altiplano. Además, como nos valdremos de información documental, el estudio o la investigación ampliará –desde un enfoque epistémico– la perspectiva teórica las categorías bajo análisis (nutrición personalizada e inteligencia artificial). También es relevante porque los resultados que se obtengan de esta investigación servirán para advertir sobre las ventajas y desventajas de emplear la tecnología en la alimentación personalizada, ello considerando que en el futuro gran parte de las actividades humanas serán invadidas por la tecnología.

Finalmente, hay una justificación teórica y práctica de la investigación, a su vez, es relevante, original y novedosa; también se enmarca en las líneas de investigación de la universidad. A esto, además, es oportuno indicar que media motivación personal de la investigadora, puesto que el avance y desarrollo de la tecnología ha suscitado bastante expectativa, por consiguiente, conocer las distintas aplicaciones que tiene en la profesión resulta vital. Durante los próximos años la inteligencia artificial se habrá esparcido con éxito en el campo de la nutrición, por ende, se requiere preparación y, en especial, empezar por conocer sobre los campos o dimensiones en los que se viene aplicando. Solo así podremos ofrecer respuestas adecuadas a un futuro que está en proceso de construcción, esto es, la relación entre nutrición y tecnología, aunque, ciertamente, no tan lejano. Todo lo anterior a partir de una revisión y análisis documental general (*general review*).



2.5. Objetivos

2.5.1. Objetivo general

- ✓ Analizar la aplicación de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada.

2.5.2. Objetivos específicos

- ✓ Describir las principales aplicaciones o usos de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada.
- ✓ Caracterizar la contribución de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada.
- ✓ Identificar los riesgos derivados del uso de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Acceso al campo

Esta investigación es de enfoque cualitativo. En tal sentido, el acceso al campo de la investigación fue de carácter documental, debido a que se analizaron artículos o papers en español e inglés que den cuenta sobre la aplicación de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada. El escenario estudiado comprendió un aspecto teórico, es decir, la revisión de la información producida sobre la aplicación de la inteligencia artificial en el campo de la nutrición personalizada. En esa orientación, se emplearon procedimientos formales para acceder al campo de investigación, que consistieron en: (i) revisión de información documental disponible en revistas especializadas sobre el tema materia de estudio, (ii) recopilación de información documental que —en algunos casos— requería suscripción o era necesario adquirirlos (en esos casos, se optó por comprar) y (iii) revisión de libros sobre inteligencia artificial. Y algunas dificultades que se encontraron en este punto son: (i) abundante información sobre el objeto de estudio, que dificultó el trabajo de sintetización y segmentación, además (ii) información disponible, en su mayoría, en inglés (fue necesario la traducción). Para sortear ambos inconvenientes se procedió a delimitar el tiempo de recolección de información, en este caso, se analizó data existente desde el 2015 a 2021, adicionalmente, se revisaron artículos relevantes en el campo. En cuanto al inglés, se solicitó la ayuda de un profesional para que traduzca la sección o párrafos pertinentes que se consultaron.

En este caso, se realizó la revisión documental que consistió en analizar información centrada en la aplicación de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada. En tal perspectiva, “este estudio describe fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es,

detallar cómo son y se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (Hernández & Baptista, 2015). En esa perspectiva, este tipo de investigaciones permiten realizar una revisión de las acciones y características importantes de los temas que son objeto de análisis (Ávila, 2006), en este caso, la inteligencia artificial y su aplicación en el campo de la nutrición personalizada. En buena cuenta, se realiza un análisis de carácter documental.

La información documental revisada y analizada comprendió desde el año 2015 al 2021, es decir, artículos y libros relativos a la inteligencia artificial y su aplicación a la nutrición personalizada. También en algunos casos se usó bibliografía anterior a esa fecha, debido a que era importante para la investigación o que las evidencias ofrecidas por la misma eran útiles y relevantes. Al mismo tiempo, la revisión de la información documental se realizó con los siguientes propósitos: (i) describir los principales usos de la inteligencia artificial en el campo de la nutrición personalizada, (ii) caracterizar posibilidades de que pueda aplicarse la inteligencia artificial en distintos escenarios y (iii) identificar los riesgos de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada. Los ejes principales que orientaron el desarrollo de la investigación radican en esos aspectos, debido a que son los más visibles y trascendentales. En tal escenario, la investigadora se ha involucrado directamente en la construcción de la información documental, más que todo en cuanto a su recopilación, organización y análisis. El rol que jugó es la de revisar la información y seleccionarla conforme a los objetivos de la investigación, adicionalmente, indicar los datos que pudieran servir al trabajo (una especie de control de información).

3.2. Selección de información y situaciones observadas

La selección de información se realizó tomando en consideración las siguientes bases de datos: Google Scholar y PubMed (también Scielo, pero en menor medida). Los resultados encontrados en cada una de las bases de datos fueron diversas, tenemos alrededor de **230** resultados, de los cuales se seleccionaron los más importantes o relevantes para fines de la investigación. La selección de la información se realizó para obtener y determinar los artículos en idiomas inglés o español, para lo cual se usaron las palabras clave —que se insertaron en el motor de búsqueda— como: “inteligencia artificial”, “aplicación de la inteligencia artificial”, “nutrición e inteligencia artificial” y “nutrición personalizada e inteligencia artificial”. Se revisaron artículos publicados desde el 2015 al presente,

aunque excepcionalmente fueron citados algunos más antiguos debido a que aportan información relevante para el desarrollo de la revisión. Se priorizaron artículos de metaanálisis sobre los estudios originales, especialmente en los estudios de tipo descriptivo o que puedan dar cuenta sobre el estado del arte con nitidez. La razón por la que se procedió a seleccionar información documental es porque contienen datos relativos a la inteligencia artificial y nutrición.

El objetivo de la investigación fue analizar el uso de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada. Entonces, la revisión bibliográfica se realizó considerando las dos bases de datos mencionadas. Se obtuvo un total de **230** registros publicados entre 2015 y 2021, de los cuales, tras analizar los títulos y resúmenes, se rechazaron 200. En las siguientes etapas, se analizaron los registros restantes utilizando las versiones de texto completo y, finalmente, se seleccionaron 24 trabajos. Estos trabajos se dividieron en tres áreas: (i) inteligencia artificial y nutrición, (ii) inteligencia artificial y nutrición personalizada y (iii) inteligencia artificial y sistema de producción de alimentos. En ellas pudo comprobarse que los algoritmos de aprendizaje automático se utilizaron ampliamente en los estudios sobre la influencia de los nutrientes en el funcionamiento del cuerpo humano en la salud, la enfermedad y, especialmente, la nutrición personalizada. Los algoritmos de aprendizaje profundo demostraron que la inteligencia artificial es un buen aliado para la nutrición personal, ya que llegó a desarrollarse aplicaciones, recetas de cocina, entre otros para promover una alimentación saludable. También a partir de eso podemos inferir que se pueden desarrollar sistemas dietéticos con tecnología de inteligencia artificial, que sea capaz de crear una red global de apoyo activo, así como supervisar el suministro personalizado de nutrientes.

Los trabajos se dividieron en cuatro categorías para contar poder registrar y utilizar durante la investigación: (i) *identificación*, (ii) *revisión y exploración*, (iii) *elegibilidad* y (iv) *inclusión*. Entonces, la determinación de informantes se realizó de manera progresiva, orientada por los resultados que se iba obteniendo en el estudio. En este caso, al inicio se planteó la necesidad de estudiar sobre el impacto de la inteligencia artificial en la nutrición, posteriormente, se identificaron los trabajos o investigaciones que podrían ser objeto de análisis. En la parte de resultados y discusión se dio cuenta de lo que se desarrolla en cada investigación, es decir, las conclusiones arribadas para que pueda ser objeto de discusión. Ello con el propósito de conocer y analizar el rol de la inteligencia

artificial en la nutrición personalizada. Finalmente, a continuación, se presenta la figura sobre selección de informantes y situación observada.

Figura 5

Forma de selección de información para revisión documental

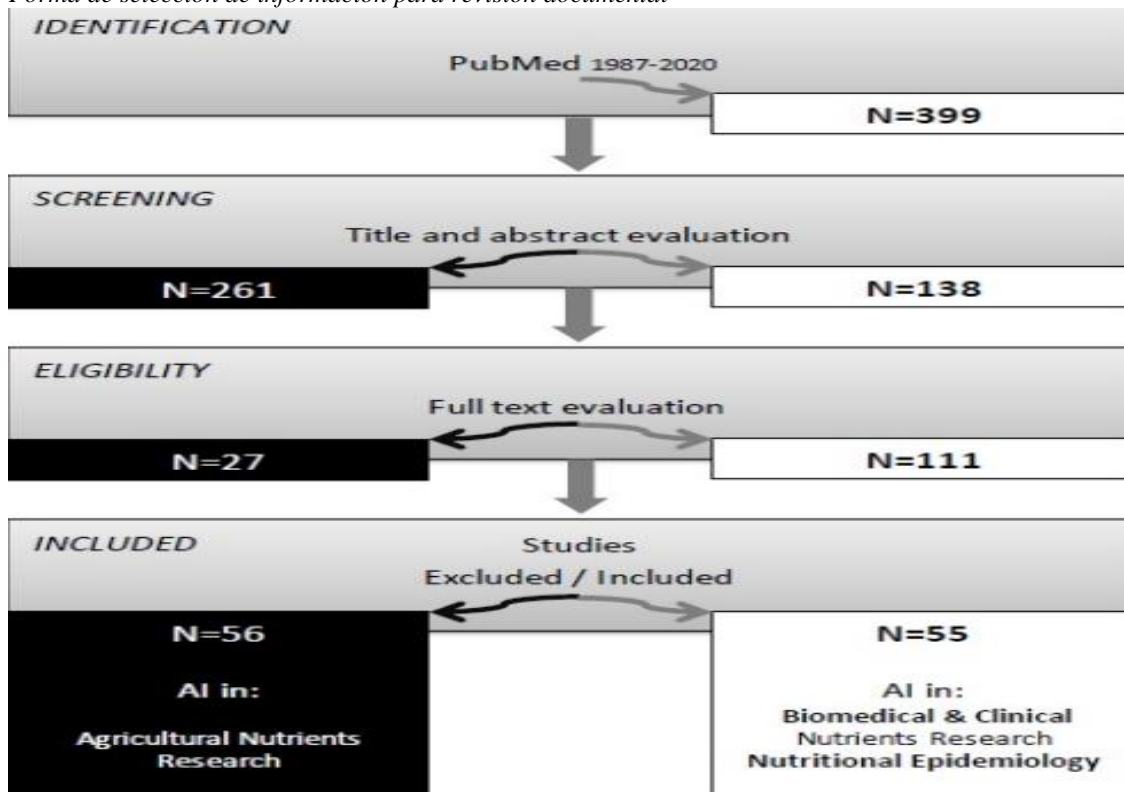


Figure 1. Methodological flowchart of papers reviewed.

Fuente: Sak and Suchodolska, 2021

3.3. Estrategias de recogida y registro de datos

La población se conforma por documentos e información documental, al tratarse de una investigación de tipo revisión general y análisis documental bajo el enfoque cualitativo. En este caso, las características definitorias del objeto de investigación son: a) información contenida en fuentes documentales y b) información publicada en revistas o libros. En concreto, la conformación de la población comprende: artículos científicos, libros, informes, trabajos de investigación, entre otros. Todos estos documentos están vinculados con el tema de investigación: la inteligencia artificial y su aplicación al campo de la nutrición personalizada. También indicar que no existe limitación en cuanto al tiempo, pues la información que se utiliza es de diversos años, especialmente, colocando énfasis en los trabajos que tengan una antigüedad de 5 años (más adelante se explica este punto con mayor detalle). Tampoco posee límites en cuanto a la jurisdicción o contexto

de la información, en este caso, se usa información proveniente de la experiencia comparada, siempre que resulte pertinente para los fines de la investigación.

Finalmente, aquí cabe hacer la precisión de que las unidades objeto de análisis son: (i) información documental que vincule y fundamente entre inteligencia artificial, la nutrición personalizada, (ii) trabajos académicos o papers, entre otros. En esa dirección es oportuno indicar que los criterios de inclusión de la información que será objeto de análisis consisten en que sean trabajos vinculados con la nutrición personalizada e inteligencia artificial (incluye también big data, entre otros). La idea es usar la mayor cantidad posible de información vinculada al tema objeto de investigación, además, considerando que no existen muchos trabajos relativos al tema. En ese contexto, definitivamente, se excluirá la información que no vincule la nutrición personalizada y el sistema de producción de alimentos con el uso de la tecnología.

3.4. Análisis de datos y categorías

Los datos e información existente sobre la inteligencia artificial incrementaron durante los últimos años considerablemente, por esa razón, la estrategia de selección que se utilizó para sistematizar dicha información fue: (i) consulta de bases de datos y fuentes documentales (relativo a nutrición personalizada e inteligencia artificial), (ii) establecimiento de la estrategia de búsqueda (relativo a nutrición personalizada) y (iii) inteligencia artificial, especificación de los criterios de selección de documentos (relativo a nutrición personalizada e inteligencia artificial) y (iv) trabajos o documentos seleccionados para revisión tienen una antigüedad de 5 años. Las técnicas de análisis que se emplean para verificar el problema de investigación corresponden al *análisis documental* y *análisis de contenido*. Esto para obtener la información de las fuentes documentales, en especial, registrar de forma organizada los datos vinculados con la aplicación de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada. Ese tipo de información queda alojada en fuentes de carácter documental, por esa razón, se emplean dichas técnicas, pues el objetivo es describir los ámbitos o campos de la nutrición en que las nuevas tecnologías han venido insertándose.

La técnica que se empleó fue la *observación documental*, considerando que el objeto materia de análisis es información contenido en fuentes documentales. Los instrumentos son ficha de resumen y ficha de análisis de contenido. Tanto las técnicas y los métodos están ordenados según los objetivos específicos de investigación, eso para garantizar su

adecuada aplicación. En esa dirección, tenemos como primer **objetivo específico**: (i) describir las principales aplicaciones o usos de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada, con relación a esto, la técnica que se empleará es la *observación documental* y el instrumento será *ficha de resumen*; (ii) caracterizar las manifestaciones más relevantes que caracterizan el uso de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada, al respecto, la técnica será la *observación documental* y el instrumento *ficha de resumen y análisis de contenido*; finalmente, (iii) identificar los riesgos derivados del uso de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada, aquí se usará la técnica de *observación documental* y el instrumento de *ficha de análisis de contenido*. Tomando en cuenta estos criterios se procedió a realizar la interpretación de los resultados.

También debemos señalar que el sistema de categorías que se usó es de carácter teórico, es decir, revisión de fuentes documentales relativos a la investigación. La manipulación de la información se realizó de manera física (o manual) sin recurrir a programas de procesamiento de datos cualitativos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los próximos párrafos se presenta los resultados y discusión de la investigación, en esa orientación, empezamos por dar cuenta de los artículos que fueron objeto de análisis y revisión, ya que a partir de ellos se extrajeron los datos que se presentan. A continuación, pasamos a dar cuenta sobre los artículos.

Tabla 1

Artículos revisados

Autor(es)	Título	Fecha de publicación/DOI	Relación con tema de investigación
Marieke van Erp, Christian Reynolds, Diana Maynard y otros	Using Natural Language Processing and Artificial Intelligence to Explore the Nutrition and Sustainability of Recipes and Food	2021 https://doi.org/10.3389/frui.2020.621577	El procesamiento de lenguaje natural y la inteligencia artificial para de sostenibilidad de las recetas y los alimentos.
Dae Young Kwon	Personalized diet oriented by artificial intelligence and ethnic foods	2020 https://doi.org/10.1186/s42779-019-0040-4	Inteligencia artificial, tecnología y nutrición.
N. Misra; Yash Dixit; Ahmad Al-Mallahi; Manreet Singh Bhullar; Rohit Upadhyay; Alex Martynenko	IoT, big data and artificial intelligence in agriculture and food industry	2020 https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2998584	Internet de las cosas, inteligencia artificial y comida.
Tarkan Karakan, Aycan Gundogdu, Hakan Alagözülü,	Artificial Intelligence based personalized diet: A pilot clinical study for IBS	2021	Inteligencia artificial y nutrición personalizada.

			https://doi.org/10.1101/2021.02.23.21251434	
Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., et al	Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems	2019	https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4	Nutrición saludable y tecnología.
Eftimov, T., Korošec, P., and Koroušić Seljak, B.	StandFood: standardization of foods using a semi-automatic system for classifying and describing foods according to FoodEx2	2017	https://doi.org/10.3390/nu9060542	Estandarización y clasificación automática de comida.
Ahnert, S. E.	Network analysis and data mining in food science: the emergence of computational gastronomy	2013	https://doi.org/10.1186/2044-7248-2-4	El uso de la ciencia computacional en la gastronomía.
M. Abrahams and N. Matusheski	Personalised nutrition technologies: a new paradigm for dietetic practice and training in a digital transformation era	2020	https://doi.org/10.1111/jhn.12746	El uso de la tecnología en la nutrición personalizada.
Meghna Verma, Raquel Hontecillas, Nuria Tubau-Juni,	Challenges in Personalized Nutrition and Health	2018	https://doi.org/10.3390/fnut.2018.00117	Nutrición personalizada para evitar enfermedades y promover vida saludable.
Bobak J. Mortazavi, Ricardo Gutierrez-Osuna,	A Review of Digital Innovations for Diet Monitoring and Precision Nutrition	2021	https://doi.org/10.1177/19322968211041356	Monitoreo de nutrición y uso de aplicaciones móviles.
Dimitrios P. Panagoulas; Dionisios N. Sotiropoulos; George A. Tsihrintzis	Nutritional biomarkers and machine learning for personalized nutrition applications and health optimization	2021	https://doi.org/10.1109/IISA52424.2021.9555512	Machine learning, inteligencia artificial y nutrición personalizada
Leila M. Shinn, Hannah D. Holscher	Personalized Nutrition and Multiomics Analyses	2021		La importancia y alcances de la nutrición personalizada

			https://doi.org/10.1097/NT.0000000000000513
Dae Young Kwon 한국식품연구원	Personalized diet oriented by artificial intelligence and ethnic foods	2020	La aplicación de la inteligencia artificial en la industria alimentaria. https://doi.org/10.1186/s42779-019-0040-4
Maria Baena; Diego Ferreira; Ana Barbosa; Honório Ferreira	Use of artificial intelligence in precision nutrition and fitness	2020	Uso de la ciencia computacional para mejorar la nutrición. https://doi.org/10.16/B978-0-12-817133-2.00020-3
Richard Fox Yuliya Bui	An Artificial Intelligence Approach to Nutritional Meal Planning for Cancer Patients	2015	Inteligencia artificial y tratamiento del cáncer, además, nutrición. https://doi.org/10.07/978-3-319-18476-0_22
Tien Yin Wong, Neil M. Bressler.	Artificial Intelligence with Deep Learning Technology Looks Into Diabetic Retinopathy Screening	2016	Aprendizaje profundo, inteligencia artificial y tratamiento de diabetes. https://doi.org/10.01/jama.2016.17563
Tina Sikka	Personalised nutrition: studies in the biogenetics of race and food'	2020	Este artículo estudia la tendencia potencialmente dañina hacia la nutrición personalizada mediante un examen de las conversaciones y teorías contemporáneas en torno a la ciencia genética, la raza, la identidad, la salud y la alimentación. https://doi.org/10.80/13504630.2020.1828054
Nik Tehrani	How personalized artificial intelligence is advancing treatment of diabetes	2018	Los métodos de inteligencia artificial en combinación con las últimas tecnologías, incluidos los dispositivos médicos, la informática móvil y las tecnologías de sensores, tienen el potencial de permitir la creación y

				prestación de mejores servicios de gestión para hacer frente a las enfermedades crónicas.
Editorial en Clinical Nutrition	Towards personalized nutritional treatment for malnutrition using machine learning-based screening tools	2021	https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.08.013	La identificación temprana de los pacientes con riesgo de desnutrición o que están desnutridos es crucial para iniciar una terapia nutricional oportuna y adecuada.
V. Kumar, Bharath Rajan, Rajkumar Venkatesan, and Jim Lecinsk.	Understanding the Role of Artificial Intelligence in Personalized Engagement Marketing	2019	https://doi.org/10.1177/0008125619859317	Este artículo explora el papel de la inteligencia artificial (IA) en la ayuda al marketing de compromiso personalizado, un enfoque para crear, comunicar y entregar ofertas personalizadas a los clientes.
Ya Lu, Thomai Stathopoulou, Maria F. Vasiloglou	An Artificial Intelligence-Based System for Nutrient Intake Assessment of Hospitalised Patients	2020	https://doi.org/10.1109/EMBC.2019.8856889	El control periódico de la ingesta de nutrientes en los pacientes hospitalizados desempeña un papel fundamental en la reducción del riesgo de desnutrición relacionada con la enfermedad (DRM). Aunque se han desarrollado varios métodos para estimar la ingesta de nutrientes, sigue habiendo una clara demanda de una técnica más fiable y totalmente automatizada, ya que esto podría mejorar la precisión de los datos y reducir tanto la carga de los participantes como los costes sanitarios.
Phani Kumar y Durga Srivalli	The Role of Artificial Intelligence in Nutritional Research	2021		La inteligencia artificial (IA) es un área en rápida evolución que ofrece

			https://doi.org/10.1139/apnm-2021-0448	oportunidades inigualables de progreso y aplicaciones en muchos campos de la salud. En esta revisión, ofrecemos una visión general de las principales y más recientes aplicaciones de la IA en la investigación sobre nutrición e identificamos las lagunas que hay que abordar para potenciar este campo emergente.
Zhidong Shen, Adnan Shehzad, Si Chen.	Machine Learning Based Approach on Food Recognition and Nutrition Estimation	2020	https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.113	En este artículo, se presenta un novedoso sistema basado en el aprendizaje automático que realiza automáticamente una clasificación precisa de las imágenes de alimentos y estima sus atributos.
Daniel McDonald, Gustavo Glusman & Nathan Price	Personalized nutrition through big data	201	https://doi.org/610.1038/nbt.3476	Los fenotipos digitales generados a través de ensayos ómicos y dispositivos vestibles están a punto de cambiar la cara de la asistencia sanitaria, pero hasta ahora no se ha demostrado que puedan proporcionar recomendaciones dietéticas predictivas para las personas.

Fuente: elaboración propia a partir de artículos recolectados de PubMed y GoogleScholar.

4.1. Las principales aplicaciones o usos de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada

Los productos dietéticos individualizados proliferan a medida que surgen nuevos conocimientos científicos. Pagar una cuota mensual para recibir consejos personalizados sobre los alimentos para comer y los suplementos dietéticos para tomar con el fin de gozar

de una salud óptima es una tendencia creciente. Estas recomendaciones ya no se basan únicamente en la genética del individuo, sino que las empresas ofrecen consejos basados en el microbioma intestinal, los biomarcadores nutricionales en sangre, las preferencias alimentarias y la información sobre el estilo de vida, así como la salud procedente de dispositivos digitales como relojes inteligentes, rastreadores de fitness y monitores continuos de glucosa (Kunz et al., 2019). Los productos van desde simples encuestas y rastreadores de dietas hasta kits caseros más complejos para recoger muestras de heces o sangre. Los consumidores envían sus muestras a un laboratorio y unas semanas después reciben una lista de alimentos que deben consumir más y otros que deben evitar. En algunos casos, también se les aconseja que tomen determinados suplementos, que a menudo vende la misma empresa que proporciona los consejos. Algunas empresas también ofrecen servicios de asesoramiento por parte de un dietista para ayudar a los consumidores a cambiar sus comportamientos alimentarios (Ng & Neil, 2017).

El sector de la nutrición personalizada crece con rapidez y cambia cada vez más. Las empresas utilizan la plataforma para conectarse entre sí. Lo que empezó con unas 16 empresas centradas en la genética nutricional hace una década, ahora es un sector muy fragmentado con más de 425 empresas que ofrecen algún tipo de producto o servicio de nutrición personalizada (Azarian, 2016). El mayor segmento del sector, y el que más crece, se basa en las preferencias de los consumidores, como las dietas a base de plantas, sin gluten o ceto, combinadas con objetivos de salud, como perder peso, aumentar la energía o la agilidad mental o mejorar el sueño. Pero la ciencia de la nutrición personalizada está avanzando sustancialmente (Albar et al., 2016). Los científicos están empezando a publicar sus hallazgos en revistas de primer nivel, al mismo tiempo, las empresas están convirtiendo esos hallazgos en servicios de suscripción que predicen la dieta ideal de una persona (Roberts et al., 2015).

En los servicios más básicos, los consumidores suelen rellenar una encuesta con sus preferencias y objetivos alimentarios, así como su sexo, edad e índice de masa corporal. Algunas empresas recomiendan ingredientes como la canela, la manzanilla o la vitamina C basándose únicamente en las respuestas de la encuesta. Otras utilizan las respuestas de la encuesta, el seguimiento de la dieta y los análisis de sangre de biomarcadores nutricionales como la vitamina D, el calcio o el magnesio para hacer recomendaciones. Un puñado de empresas analizan los datos relacionados con los sistemas biológicos, como las redes reguladoras de genes y las vías metabólicas, utilizando métodos

computacionales e inteligencia artificial para ofrecer recomendaciones alimentarias personalizadas (Bianchi, 2016). Cuantos más datos recojan, más precisas serán las recomendaciones. Los consumidores buscan cada vez más enfoques personalizados para su salud y bienestar que les ayuden a alcanzar objetivos de salud específicos. Por ello, se ha producido un aumento en el desarrollo de tecnologías que pueden proporcionar los datos y la información necesarios para crear soluciones de nutrición personalizadas eficaces.

Los consumidores buscan cada vez más soluciones nutricionales basadas en la ciencia y en los datos que se adaptan a sus objetivos de salud específicos. Los recientes avances en materia de diagnóstico y seguimiento están ayudando a satisfacer estas necesidades, ya que permiten a las personas descubrir información clave sobre sus marcadores de salud y bienestar (Verma et al., 2018). Las soluciones nutricionales personalizadas son una de las formas en que los propietarios de marcas pueden crear planes de dieta y suplementos a medida para los consumidores, presentando una solución personalizada, en lugar de depender de directrices genéricas basadas en la población para mejorar los resultados de los beneficios para la salud. Investigaciones recientes también han puesto de manifiesto los beneficios de la nutrición personalizada en un entorno hospitalario, donde la desnutrición es frecuente (Jacoby & Paltsev, 2017).

También se debe tener en consideración que la industria alimentaria será cambiada por la inteligencia artificial. Cada vez aumenta el uso de IA en el mercado mundial, específicamente, en alimentos y bebidas. Consideramos que la tecnología ha desarrollado e innovado la industria alimentaria, especialmente al generar nuevas metodologías o formas de hacer crecer esta industria. De ahí que la inteligencia artificial sea aliada del sector alimentario, ya que revoluciona la manera de fabricar, transportar y consumir alimentos. Además, a las empresas de este sector permitirá acercarse a los consumidores, en especial, brindará las facilidades para recopilar datos e información que servirá para adoptar estrategias que mejoren el servicio que ofrecen.

4.1.1. Los requisitos de las biotecnologías modernas para las dietas personalizadas

El desarrollo de la tecnología que busca la secuenciación de nueva generación, así como otras biotecnologías, permitieron analizar el genoma completo de una persona a bajo coste, y también arrojar luz sobre la conexión de genes específicos con

determinadas enfermedades. El análisis de la composición genética ha facilitado el desarrollo de la medicina y la nutrición personalizadas al agrupar a las personas según su tipo de cuerpo o su susceptibilidad a determinadas enfermedades (Wedel & Kannan, 2016).

4.1.1.1. Nutrigenética

Aunque es bien sabido que la ingesta de alimentos aporta calorías a través de los nutrientes que contienen, la biotecnología moderna ha revelado que el impacto de los alimentos en la expresión del ADN influye más en la salud y los fenómenos biológicos del organismo que los propios nutrientes. Por ello, conocer la expresión de los distintos genes permite determinar los efectos sobre la salud de la ingesta de diferentes alimentos y, en última instancia, desarrollar dietas personalizadas a medida que se acumulan los grandes datos en este campo (Simonite, 2017).

4.1.1.2. Proteómica

Los alimentos que ingerimos influyen en la expresión del ADN, a su vez, esto repercute en el sistema de transducción de señales del ARNt, provocando la síntesis de varios proteomas. Estos proteomas regulan el crecimiento y el equilibrio del organismo. En consecuencia, pueden utilizarse como mecanismo de regulación corporal a través de la elección de alimentos y también para generar más datos sobre la alimentación y la salud (Sawhney, 2016).

4.1.1.3. Nutrigenómica

Según la nutrigenómica, aunque los alimentos tienen un impacto en la expresión genética, las diferencias entre la estructura genética de los individuos (secuenciación de genes) también provocan cambios corporales en la expresión metabólica cuando se consumen alimentos. Esto significa que los datos nutrigenómicos obtenidos tras el consumo de diferentes alimentos o nutrientes son una parte importante para crear dietas personalizadas (Leachman & Merlino, 2017).

4.1.1.4. Metabolómica

El hecho de que los alimentos tengan un impacto nutrigenómico y proteómico también influye en la actividad corporal y el metabolismo. Por ello, la investigación de los metabolomas encontrados en la orina o la sangre puede dar una idea de los

cambios corporales que se producen durante la vida diaria. El estilo de vida también tiene un impacto en la expresión metabolómica basado en las diferencias de las estructuras genéticas entre los individuos. La obtención de más datos sobre metabolómica podría facilitar una mayor comprensión de cómo el estilo de vida influye en la salud y abrir el camino hacia la prevención de enfermedades en el futuro. Por ello, se explora el uso de big data para el metabolómico, ya que es clave para desarrollar dietas personalizadas (Kouvri et al., 2021).

4.1.1.5. Nutriepigenética

Aunque los hábitos de vida no afectan a la estructura primaria del ADN, sí pueden influir en las proteínas que se combinan con el ADN (histonas) o hacer que se eliminen o añadan grupos metilo en los radicales OH de las cadenas laterales del ADN. Esta disciplina se llama epigenética. Ahora se sabe que muchos hábitos de vida, incluidos los alimentarios, tienen un efecto epigenético que se transmite entre generaciones. Los datos nutriepigenómicos no estructurados que se obtienen de estos cambios también son de gran utilidad para desarrollar dietas personalizadas (Acemoglu, Daron and Pascual, 2017).

4.1.1.6. Microbioma

Los estudios han demostrado que los alimentos que ingerimos no sólo afectan a nuestros genes, sino también a los genomas de las bacterias que viven en el intestino, lo que acaba alterando la distribución de las bacterias intestinales. Este fenómeno biológico se denomina microbioma. El microbioma intestinal está relacionado con la salud y la inmunidad. Aunque los alimentos no pueden cambiar la composición genética de las bacterias intestinales, sí pueden provocar cambios en el microbioma. Por eso los grandes datos sobre el microbioma son cruciales para diseñar y elaborar dietas personalizadas (Zeevi, et al., 2015).

4.1.1.7. Bioinformática

La bioinformática es una tecnología básica construida sobre la base de los grandes datos obtenidos a través de las biotecnologías modernas. Se utiliza para predecir el biorritmo de un individuo, diseñar sistemas biológicos y desarrollar sistemas alternativos mediante big data biológico. Estos pueden ser controlados y optimizados mediante dietas personalizadas y cambios en el estilo de vida, además,

es un aspecto importante del software para el desarrollo de algoritmos (Conick, 2016).

4.1.2. La aplicación de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada

La empresa emergente **Zoe** financió una serie de estudios a gran escala, que se denomina programas para responder desde una perspectiva personalizada orientada a sugerir dietas específicas. Estos se valen de los datos precisos para que los algoritmos den recomendaciones dietéticas personalizadas y que funcionen correctamente. Además, la empresa viene involucrando miles de participantes y que están dirigidos por científicos del Hospital General de Massachusetts, el King's College de Londres, Stanford Medicine y la Escuela de Salud Pública T.H. Chan de Harvard (Project, 2013). El enfoque que utiliza es de biología de sistemas e inteligencia artificial para predecir los “superalimentos” que beneficiarían a la salud del consumidor. Lo que se ha hecho hasta ahora es lograr la participación de 1.002 gemelos y adultos no emparentados del Reino Unido. Los resultados mostraron que los datos del microbioma intestinal son mejores que los genéticos para predecir respuestas metabólicas, como niveles elevados de glucosa o triglicéridos en sangre, después de una comida (Forrestal, 2010). El objetivo de los estudios se centra en identificar cuánta variabilidad hay en las respuestas de las personas a los alimentos en términos de niveles de azúcar y grasa en sangre después de las comidas y qué es lo que determina esa variabilidad. Y de los resultados preliminares y antecedentes, se tiene una enorme variabilidad interindividual en la forma en que responden las personas no solo a la comida, sino a toda una serie de dietas e intervenciones en el estilo de vida (Ravi et al., 2017).

Hasta el momento, **Zoe** ofrece recomendaciones alimentarias personalizadas basadas en pruebas del microbioma intestinal, el azúcar y la grasa en sangre. Los consumidores recogen una muestra de heces y la envían a un laboratorio que secuencía el ADN bacteriano de la muestra. También llevan un monitor continuo de glucosa durante un máximo de 14 días para medir en tiempo real su respuesta de azúcar en sangre a los alimentos ricos en carbohidratos. Y se les hace un análisis de sangre por punción en el dedo para determinar las respuestas de la grasa en sangre e identificar los biomarcadores de inflamación después de comer panecillos (u otros alimentos) especialmente formulados. Seis semanas después, reciben un informe en

el que se comparan sus resultados con los de miles de personas. Los usuarios también reciben un informe personalizado sobre la salud intestinal que incluye una puntuación basada en la prevalencia de 15 bacterias buenas y 15 malas relacionadas con la salud metabólica, así como una lista de alimentos para potenciar las bacterias buenas y alimentos para reducir las bacterias malas. También los consumidores pueden obtener un entrenador personal de Zoe que les proporcione apoyo individual. Ese plan premium incluye sesiones de coaching por vídeo y apoyo diario.

Viome es otra empresa que adopta un enfoque de biología de sistemas para la nutrición personalizada y utiliza la inteligencia artificial para hacer recomendaciones alimentarias a partir de datos de cientos de miles de muestras. La empresa comenzó en 2016 examinando el ARN mensajero (ARNm) en las heces para entender la actividad en ciertas vías metabólicas en el intestino de una persona. Viome ofrece ahora kits con dispositivos de recogida de sangre y heces para analizar el ARNm. Las heces proporcionan información sobre la actividad del microbioma, y la sangre proporciona datos sobre la expresión génica humana. Lo que hacen es observar la interacción entre ambos, la interacción huésped-microbio. Viome recomienda alimentos en función de la actividad de determinadas vías metabólicas y de las respuestas a un cuestionario (Koteluk et al., 2021). Por ejemplo, determinadas especies bacterianas y enzimas del intestino son fundamentales para eliminar el oxalato, uno de los principales componentes de los cálculos renales. Si las vías de eliminación del oxalato de una persona no son muy activas, Viome aconsejaría al consumidor que no comiera espinacas ni otros alimentos con alto contenido en oxalato. Viome también recomienda suplementos, probióticos y prebióticos, que enviará al consumidor por una cuota mensual. Los prebióticos pueden alimentar a los microbios beneficiosos y activar vías como la producción de butirato, que es importante para la energía. Los probióticos pueden sustituir a los microorganismos que faltan (Qi, 2014).

Los científicos afirman que no está claro cuántos puntos de datos tienen las empresas y si la cantidad de datos es suficiente para hacer predicciones nutricionales personalizadas. Han trabajado en desentrañar cómo el consumo de alimentos da forma a la composición del microbioma intestinal y cómo esas comunidades bacterianas cambian con el tiempo. Hasta ahora su trabajo muestra

correlaciones entre el consumo de grupos de alimentos específicos y la presencia de ciertas especies bacterianas en el intestino. Pero las correlaciones son inconsistentes de persona a persona (Kwon & Kwon, 2020). Una persona podría comer verduras de hoja verde oscuro y ver un florecimiento de una bacteria específica, mientras que otra podría comer verduras de hoja verde oscuro y esa misma bacteria podría bajar. En esa orientación, la nutrición personalizada mejorará con el tiempo a medida que la ciencia evolucione. Conforme transcurren los años, se espera ver bases de datos más completas de metabolitos, tanto en alimentos como en muestras de sangre y heces humanas (Rust, Roland and Ming-Hui, 2012). La nutrición personalizada será más precisa y solo mejorará si es más equitativa, si todo el mundo puede acceder a ella y si todo el mundo puede permitírsela. De lo contrario, siempre nos encontraremos con este conjunto de datos sesgados de personas que tienen acceso a Internet y a las herramientas digitales y que pueden permitirse cualquier cosa que se les recomiende (Briggs, Gordon and Matthias, 2017). Un enfoque de biología de sistemas para la nutrición personalizada es el camino ideal, pero está muy fuera de los presupuestos de la mayoría de la gente.

Heali, con sede en Los Ángeles, es un startup que aprovecha la inteligencia artificial para desarrollar una planificación dietética personalizada para las personas, no solo durante la compra en el supermercado, sino también al pedir una comida en el restaurante. Es compatible con más de 30 tipos de dietas diferentes, como la vegana, la paleo, la ceto, etc. La elección de alimentos que hace Heali se basa en la comprensión de la naturaleza de los ingredientes presentes en un artículo con la ayuda del reconocimiento óptico de caracteres (OCR) (Halzack, 2017). La aplicación Heali también ayuda a los usuarios con problemas de salud como el síndrome del intestino irritable o la diabetes, evaluando el contenido de los alimentos mientras los compran.

La empresa india **BhookhaHaathi** ha puesto en marcha un servicio de nutrición personalizado basado en la inteligencia artificial, en el que se dan recomendaciones personalizadas basadas en las condiciones de salud actuales y futuras del usuario (Raghupathi & Raghupathi, 2014). Del mismo modo, Nutrino, una empresa con sede en Israel, utiliza la IA y el aprendizaje automático para entender las respuestas de las personas a los alimentos en función de varios datos de entrada (Hood et al., 2021).

Child Growth Monitor es una aplicación que detecta la desnutrición en los niños con sensores infrarrojos en el smartphone. Mide la altura del niño, el volumen corporal y la relación de peso en tres dimensiones que luego son analizadas por Azure Cloud (Microsoft AI). En esa perspectiva, es un detector de alimentos y nutrición que utiliza IA, redes neuronales y reconocimiento de imágenes para recomendar una nutrición adecuada (M. H. Huang & Rust, 2018).

También se ha desarrollado un péptido bioactivo, que fue desarrollado por Nuritas y utiliza la IA. Ello con la finalidad de analizar el ADN para predecir y validar péptidos altamente eficaces de fuentes alimentarias naturales. Por otra parte, Brightseed Biosciences se ha asociado con Danone North America para crear una técnica basada en la IA, denominada Forager, para predecir los efectos de los fitonutrientes en la salud humana (Johnson, 2016).

HealthifyMe es una aplicación de fitness india que cuenta con un nutricionista virtual impulsado por la IA, que ayuda a los usuarios con sus consultas sobre fitness en más de diez idiomas. HealthifyMe también es compatible con los dispositivos de fitness más populares. También Calorie Mama y Bite AI son otras plataformas en línea que utilizan el aprendizaje profundo y el reconocimiento de imágenes para ayudar a los usuarios a elegir alimentos nutritivos y tomar decisiones calóricas sabias (Sak & Suchodolska, 2021).

Neutrino es una plataforma similar basada en la nutrición que ofrece análisis y tecnologías a sus consumidores con modelos matemáticos. FitGenie es otra aplicación basada en la IA que hace un seguimiento de la ingesta de calorías y ayuda a realizar ajustes de macronutrientes, proporcionando así un plan altamente nutritivo (Fluss, 2017).

El sistema **DietSensor** es una nueva técnica que utiliza la tecnología de escaneo tridimensional (3D) para medir el volumen de alimentos consumidos y calcular la ingesta calórica exacta de los pacientes hospitalizados. Correlaciona esta información con la base de datos de la cocina del hospital y mide la nutrición exacta consumida por el individuo (Journal, 2017).

La inteligencia artificial **Giuseppe** permiten detectar las plantas que deberían combinarse para generar el sabor y la textura deseados. Para que pueda funcionar correctamente es importante construir una base de datos consistente a nivel

molecular, que contenga las propiedades de un gran número de plantas y alimentos tradicionales. También encontramos tecnologías como la aplicación Sensely, que es una app con una potente IA capaz de identificar síntomas para derivar a un especialista, a su vez, permiten mejorar la alimentación y nutrición de las personas (Johnson, 2016). De ahí que el auge de los dispositivos móviles y las tecnologías de la comunicación han abierto las puertas a nuevas oportunidades en el campo de la nutrición y la salud. Al mismo tiempo, los avances en Nutrigenómica permitieron dilucidar las complejas interacciones entre dieta, genes y salud individual. Ha mejorado el asesoramiento nutricional y las recomendaciones dietéticas personalizadas. Como ejemplo de ello, encontramos el desarrollo de aplicaciones móviles de nutrición y salud para realizar seguimiento al estilo de vida y dieta, aplicaciones enfocadas en fitness y entrenamientos, aplicaciones de análisis de productos alimentarios y recetas, así como aplicaciones destinadas al control y prevención de enfermedades crónicas, como diabetes. Se traduce en el asesoramiento nutricional personalizado que son combinados con el desarrollo de la inteligencia artificial y las tecnologías del futuro, de tal manera que busca mejorar la nutrición personalizada.

Con lo que acabamos de mencionar, se han producido varios cambios en el panorama de la nutrición y la salud. Al punto que una empresa de alimentación introdujo las soluciones de **LIFEdata** para involucrar a sus consumidores en cualquier momento del día convirtiéndose no sólo en una empresa de alimentación sino en la marca que construye sus hábitos alimenticios. Es una plataforma personalizada sobre la personalidad y aspecto de la persona, a partir de allí sirve para elaborar recetas y conocimientos nutricionales de los alimentos, convirtiéndose en un apoyo práctico y real para cualquier cliente (Xiao, 2014). También ha servido para el fitness nutricional porque mejora la nutrición y estilo de vida basada en la inteligencia artificial, ayudando a las personas a adoptar una nutrición saludable aprendiendo y utilizando los hábitos de vida, el entorno, las motivaciones y los patrones de cambio de comportamiento de cada persona. La aplicación móvil y su interfaz web se sincronizan con la base de datos de nutrición y millones de recetas, sobre eso la IA sugiere un estilo de vida inteligente. Utiliza una amplia gama de datos, desde encuestas hasta historiales médicos, con el propósito de crear recomendaciones altamente personalizadas para cada usuario. El

enfoque de LIFEdata es cambiar el comportamiento de las personas en torno a la comida (Xiao, 2014).

En la nutrición personalizada se usa la plataforma de salud digital, conocida como AVA, que proporciona aprendizaje automático e inteligencia artificial (IA) para analizar el comportamiento del consumidor, el bienestar y los patrones de consumo (Deen, 2019). En esa perspectiva, la ciencia de la nutrición, los productos y las soluciones con la cooperación de la tecnología se pueden aprovechar de mejor forma. Tal es así que se proporciona el acceso a conocimientos únicos del consumidor y apoya a las industrias de suplementos dietéticos y alimentos y bebidas para impulsar nuevos avances en este campo. Entonces, las plataformas de salud digital aprovechan el aprendizaje automático y la IA para analizar el comportamiento, el bienestar y los patrones de consumo y proporcionar a los usuarios finales recomendaciones nutricionales adaptativas y coaching en vivo. La adición de la tecnología avanzada de AVA ayudará a proporcionar un sofisticado análisis de datos para una amplia gama de audiencias objetivo, para promover la estrategia de nutrición personalizada (Young & Cormier, 2014).

Uno de los principales retos a los que se enfrentan los consumidores que siguen cualquier solución o programa nutricional es la integración de nuevos comportamientos saludables en las rutinas diarias. Al aplicar la ciencia del cambio de comportamiento y proporcionar acceso a un coaching experto en vivo, habilitado por la IA, se proporciona un nivel mucho más alto de compromiso con el consumidor. Los programas basados en datos y objetivos personalizados pueden, por tanto, ayudar a aumentar la retención de los consumidores, lo que se traduce en una mejora de los resultados de las prestaciones sanitarias para las personas. Además, la aplicación de la tecnología de inteligencia artificial avanzada puede ayudar a resolver algunos de los aspectos más difíciles de la nutrición personalizada, como la planificación adaptativa de las comidas y los suplementos y el coaching experto escalable (Andrews, 2017). La plataforma digital también puede ser utilizada por los equipos de innovación para llevar a cabo proyectos discretos de clientes en los que se necesita traducir la información sobre un individuo en consejos de salud y soluciones nutricionales (Wunderlich and Wangenheim 2013).

La IA aporta una amplia experiencia en el procesamiento del lenguaje natural y el aprendizaje automático, además de una amplia base de conocimientos de nutrición clínica, gracias a su red de coaching de nutricionistas certificados. Este nivel de conocimiento permite a los propietarios de marcas adaptar la nueva plataforma digital para que se adapte a una diversa gama de aplicaciones comerciales en el campo de la nutrición personalizada. Así, apoya a los clientes en la navegación rápida y eficiente de las complejidades asociadas con el desarrollo de un enfoque de nutrición personalizada (Movilla-Pateiro et al., 2021). En última instancia, el desarrollo de un nuevo programa contribuye a acelerar los productos y soluciones al mercado, así como a reducir el coste total de propiedad para las marcas que buscan desarrollar una oferta de nutrición personalizada para sus consumidores (Finlay, J., y Dix, 1996).

Entre los estudios identificados sobre la aplicación de la IA en la práctica clínica, es necesario distinguir los que tienen como objetivo desarrollar sistemas que monitoricen, apoyen y modulen la nutrición de los enfermos crónicos. Un sistema basado en la IA para estimar con precisión la ingesta de nutrientes, simplemente procesando pares de imágenes de profundidad, capturarlas antes y después del consumo de alimentos. Sirve como la terapia nutricional asistida por IA con una aplicación móvil frente a la terapia nutricional humana en un ensayo controlado aleatorio. Una solución tecnológica interesante en el ámbito de la IA fue en relación con el problema clínico del control de la ingesta de carbohidratos en pacientes con diabetes de tipo 1 (M-H. and Huang, 2016). Se utilizaron un sistema de visión por ordenador basado en un smartphone, para determinar el contenido de carbohidratos de las comidas emplatadas. Se descubrió que el contenido de carbohidratos con la misma precisión que los nutricionistas profesionales (Zeevi, et al., 2015)

La IA también puede aprovecharse para gestionar los niveles de glucemia de los pacientes diabéticos (Castro & New, 2016). Los algoritmos de aprendizaje automático con el conocimiento del microbioma intestinal y la información individual pueden ayudar a identificar los alimentos que mejoran sus niveles de azúcar en sangre. El algoritmo también puede ofrecer una recomendación nutricional a medida para mantener la diabetes bajo control (Betts & Gonzalez, 2016). La IA puede predecir con exactitud una intervención dietética personalizada a corto plazo. Se utilizó el aprendizaje automático para analizar numerosos puntos

de datos con el fin de identificar las razones de la respuesta anormal de la glucosa a determinados alimentos para cada individuo (Xiao, 2014). En este experimento, se desarrolló un algoritmo que utilizaba información personal y del microbioma para reducir con éxito la glucosa después de las comidas en un grupo de 800 pacientes (Javelosa, 2017).

La herramienta Automatizada de Evaluación Dietética de 24 Horas Autoadministrada (ASA24) en el ejemplo de la lactosa con respecto al Sistema de Datos de Nutrición para la Investigación (NDSR). El ASA, también conocido como diario de alimentos, es una herramienta basada en la web que permite realizar múltiples recordatorios de dietas de 24 horas autoadministradas y codificadas automáticamente (Chae et al., 2011). Es una aplicación de software de análisis dietético ampliamente utilizada para la recogida y codificación de los recuerdos dietéticos de 24 horas y el análisis de los menús. Se han desarrollado nueve modelos de aprendizaje automático basados en los nutrientes comunes (Jaewon & Arnold, 2016). Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que los métodos computacionales pueden estimar con éxito un nutriente para los alimentos (Rust, Roland and Ming-Hui, 2014).

En el ámbito de las aplicaciones de la IA en la mejora de las soluciones dietéticas, cabe mencionar que una construcción de menús utilizando un sistema de adquisición de conocimiento incremental (Cooper, 2014). Este sistema pide al experto que proporcione una explicación para cada una de sus acciones, con el fin de incluir la explicación en su base de conocimientos, por lo que podría en el futuro realizarlas automáticamente. La aritmética difusa se ha utilizado para crear el programa informático “Nutri-Educ” para equilibrar adecuadamente las comidas, según las necesidades energéticas del paciente. Se utilizan algoritmos de búsqueda heurística para encontrar un conjunto de acciones, aceptables desde el punto de vista nutricional, que transformen la comida inicial en una bien equilibrada (Stuart, 2017). El método híbrido de recomendación de alimentos basado en el clustering que utiliza el clustering basado en enfermedades crónicas y una base de conocimiento nutricional (News, 2016). Los productos alimenticios se agrupan utilizando el algoritmo k-means y el sistema de datos de alimentos y nutrientes. A partir de los clústeres creados y de los datos sobre las preferencias alimentarias, se genera una base de conocimientos sobre la dieta y la nutrición. Finalmente, la nueva

herramienta “NutriNet” para el reconocimiento de imágenes de alimentos basada en una arquitectura de red neuronal convolucional profunda. Se probó con una colección de 225.953 imágenes (512 × 512 píxeles) de 520 alimentos y bebidas diferentes. Esta herramienta con un componente de entrenamiento implementado se utiliza en la práctica como parte de una app móvil para la evaluación dietética de los pacientes con la enfermedad de Parkinson (Li y Du, 2016).

El algoritmo que integra características clínicas y del microbioma puede predecir con exactitud las comidas, es decir, de forma personalizada (Martin, 2021). Las intervenciones dietéticas personalizadas basadas en algoritmo se acompañan por alteraciones consistentes del microbiota intestinal (Iagua, 2020), es decir, se relaciona las comidas de la vida real que se consumen en combinaciones complejas de alimentos, a diferentes horas del día y con diferente proximidad a las comidas anteriores, la actividad física y el sueño. Tiene una mayor relevancia traslacional, el uso de datos nutricionales de la vida real también introduce ruido en los datos de composición de las comidas (Chung, et al., 2016). En ese sentido, las intervenciones dietéticas basadas en el predictor muestran mejoras significativas en múltiples aspectos del metabolismo de la glucosa y menores fluctuaciones en los niveles de glucosa en sangre dentro de un corto período de intervención de 1 semana (Oke, 2008). Con todo ello, se infiere que el empleo de una predicción individualizada similar de los efectos nutricionales en el desarrollo y la progresión de la enfermedad también puede ser valioso para diseñar racionalmente las intervenciones nutricionales en una variedad de trastornos inflamatorios, metabólicos y neoplásicos multifactoriales (Green, 2018). En términos más generales, las predicciones personalizadas precisas de los efectos nutricionales en estos escenarios pueden ser de gran valor práctico, ya que integrarán las modificaciones nutricionales de forma más amplia en el esquema de toma de decisiones clínicas (Guillen, 2018).

Las aplicaciones móviles basadas en sistemas que utilizan IA tienen una importancia significativa en el campo de la profilaxis nutricional. En una publicación reciente, se ofrece un sistema de evaluación dietética basado en la IA, que puede estimar el contenido de calorías y macronutrientes de una comida, basándose únicamente en las imágenes de alimentos capturadas por un Smartphone (Celis-Morales et al., 2015). También en el campo de la epidemiología nutricional

se usa un recurso para automatizar la integración, la navegación y la búsqueda de datos, puede utilizarse para evaluar la exhaustividad de los informes en la epidemiología nutricional (Hoffman, 2016). De otro lado, se tiene la creación de un sistema de evaluación dietética objetiva basado en una red neuronal distinta, utilizando una imagen de profundidad, todo el mapa de la nube de puntos en 3D y algoritmos de punto más cercano iterativo para mejorar la gestión del comportamiento dietético (Yu et al., 2018). Finalmente, se utilizó el modelo de decisión difusa para desarrollar un sistema de apoyo basado en la web que busca en bases de datos de composición de alimentos y calcula la ingesta dietética (J. Shaw et al., 2019). Este proyecto de investigación se llevó a cabo debido a la falta de bases de datos integradas para los menús chinos y a la necesidad de una herramienta de toma de decisiones para los dietistas de Taiwán (Del Prado, 2017).

En la actualidad existen muchas aplicaciones de nutrición con funciones y precisión variables. Sin embargo, la inteligencia artificial puede ser útil para hacer que las recomendaciones y sugerencias basadas en las preferencias, los resultados y el comportamiento de una persona sean más personalizadas y relevantes (Kim, 2017). La idea es que se utilicen grandes datos, como bases de datos de alimentos o recetas, junto con la recopilación de la información de una persona a partir de sensores, dispositivos o registros, para hacerla más precisa (Cabana, 2022). Las aplicaciones más utilizadas son:

- **DayTwo:** Esta aplicación se basa en la investigación publicada por el instituto Weitzmann en 2015. La investigación, que utilizó un algoritmo de aprendizaje automático, predice qué alimentos son los más adecuados para reducir los niveles de azúcar post-prandiales, observando la composición del microbiota intestinal. El mercado objetivo de la aplicación son las personas con prediabetes, diabetes de tipo II o con sobrepeso. La empresa ya se ha lanzado en Estados Unidos e Israel y es, sin duda, una empresa para tener en cuenta (Zhao et al., 2021).
- **Nutrino:** Empresa israelí que utiliza la inteligencia de IBM Watson para predecir y adaptar los alimentos y las recetas que más te convienen en función de tus preferencias y gustos. La aplicación también incluye el seguimiento de la hidratación y el estado de ánimo, lo que la convierte en

una interesante solución integral basada en las selecciones que haces y que aprende sobre la marcha para ofrecer recomendaciones más precisas y personalizadas (Zhang et al., 2015).

- **Suggestic:** Utiliza la IA para recomendar alimentos, recetas y aperitivos en función de tus preferencias, intolerancias, objetivos de salud y estilo de vida. El algoritmo de aprendizaje automático recopilará datos sobre ti a partir de tus dispositivos de seguimiento de la salud y de tu registro de alimentos para personalizar aún más tus sugerencias mediante un bot que dará respuestas las 24 horas del día. La idea es que las personas sean más propensas a seguir sus planes personalizados cuanto más se ajusten a su estilo de vida y sus objetivos. Una característica interesante es que utiliza la realidad aumentada para recomendar elementos del menú en un restaurante, por ejemplo, simplemente apuntando con la aplicación a la lista de menús. De momento, la aplicación solo está disponible en la istore de Apple, pero sin duda es una de las que me gustaría probar (Zeevi et al., 2015).
- **Um.ai:** Es una start-up con sede en Londres que utiliza la tecnología semántica para organizar la información contenida en las bases de datos de alimentos y recetas para que el registro de alimentos sea un juego de niños. Aparte de tus objetivos de salud, alergias y preferencias, la aplicación también utiliza información como la ubicación y el horario de las comidas como información adicional para personalizar tus recomendaciones y proporcionar sugerencias alternativas (Widener & Li, 2014).
- **MyAir foodTech** usa inteligencia artificial para personalizar el alivio del estrés a través de barras nutritivas con infusión botánica. La idea es usar la nutrición personalizada para un mejor manejo del estrés, que requiere de la ayuda de barras nutritivas a base de plantas con un toque personalizado. Cada fórmula contiene una mezcla botánica respaldada por la investigación diseñada para brindar un efecto específico de liberación de estrés. Entonces, las mezclas patentadas de extractos de hierbas se basan en la tecnología de aprendizaje automático de perfiles profundos y se adaptan al perfil de estrés único del consumidor y a sus necesidades cognitivas. El problema del estrés puede ser combatido con esta inteligencia artificial, ya que la buena

nutrición es una fuente para disminuir y manejar adecuadamente el estrés de manera natural, de ahí que sea la alimentación la que se encargue de aliviar ese mal, pero con la ayuda de la inteligencia artificial. También tengamos en cuenta que esta enfermedad afecta en diversas intensidades a las personas, por esa razón, no se puede establecer de forma uniforme una fórmula para aliviarla o tratarla. Entonces, es necesario acudir a la nutrición personalizada para ofrecer un tratamiento adecuado para el mismo (Song & Lu, 2015).

Entonces, la inteligencia artificial se aplica mediante algoritmos usando datos fisiológicos y psicológicos. Para ello se utiliza un cuestionario para conocer la parte cognitiva del estrés. En cuanto a las manifestaciones fisiológicas del estrés, se evalúan mediante relojes inteligentes, de tal manera que se conoce la frecuencia cardíaca, la respiración, la calidad del sueño y la actividad física. De ahí que el algoritmo puede analizar el estado de ánimo y el perfil de estrés que cada persona presenta. Y conforme a ello decidir el tipo de remedio o tratamiento que se recomienda. La parte más visible es cuando puede cruzar datos cognitivos con aspectos fisiológicos individuales. Esa es la manera en que se obtiene combinaciones específicas y personalizadas para tratar el problema (G. Shaw & Karami, 2017).

El Instituto de Innovación (i3B) de Ibermática ha creado una plataforma de inteligencia artificial que analiza los millones de datos generados por los múltiples aspectos que intervienen en la nutrición. Su objetivo es acelerar la investigación en gastronomía y alimentación personalizada, un campo fundamental para prevenir enfermedades. i3B ya colabora con distintas empresas de alimentación y hospitales españoles, así como con el Basque Culinary Center, en el desarrollo de distintos proyectos de innovación e investigación gastronómica (Panaretos et al., 2018). La plataforma de IA desarrollada por Ibermática permite extraer, almacenar y modelizar datos clínicos, nutricionales, físicos, ómicos —los relacionados con la genómica, la proteómica, la metabolómica y la microbiota— deportivos y de la salud, para descubrir, mediante técnicas de modelizado matemático, las relaciones entre todas estas variables y obtener patrones que ayuden a las empresas del sector e instituciones médicas a pautar una alimentación totalmente personalizada (Naimi & Balzer, 2018). El i3B trabaja con el BCC Innovation, Centro Tecnológico en

Gastronomía de Basque Culinary Center, en un proyecto de analítica avanzada y machine learning con un equipo de fútbol de primera división. El objetivo es conseguir un mayor rendimiento de los deportistas basándose en una gastronomía personalizada (Safdar et al., 2020).

4.1.3. La aplicación de la inteligencia artificial en la industria alimentaria

Los algoritmos basados en la inteligencia artificial aprenden de varios factores, como las promociones de productos, las redes sociales, la demanda de los consumidores, las tendencias del mercado e incluso el clima y utilizando estos datos históricos puede predecir el ciclo de ventas de cada producto durante un período de tiempo determinado. Asimismo, con los resultados suministrados, se puede identificar los principales clientes por la frecuencia de sus compras y también la demanda específica de cada producto, información que ayuda a realizar pronósticos más precisos con lo cual las empresas pueden gestionar de manera eficiente sus inventarios y con ello mejorar la cadena de suministro (Mintz & Brodie, 2019). Con mayor énfasis se centran en *conocer a los clientes* porque a través de la inteligencia artificial se puede realizar seguimiento de los clientes, enfocándose en sus gustos y preferencias. Se utiliza información de los clientes para categorizarlos según las respuestas que brinden, además, atendiendo a las necesidades del consumidor. Luego, se enfoca en el *control de calidad* porque clasificación productos agrícolas, conforme a estándares de calidad, además, el proceso de clasificación puede ser más fácil porque se emplea el aprendizaje automático (Mehta & Devarakonda, 2018). Esta técnica se viene empleando en diversos ámbitos.

En la *creación de alimentos* se utiliza la inteligencia artificial, concretamente, sirve para apoyar en el desarrollo de nuevos sabores deliciosos e innovadores. La empresa de alimentos condimentos NotCo utilizó la tecnología para crear un algoritmo de inteligencia artificial que busca patrones que ocurren en datos de plantas y alimentos tradicionales. Llega a obtenerse y detectarse la combinación de plantas para generar sabor y textura deseados (Lo et al., 2020). En el caso de Journey Foods da soporte y respalda la investigación y desarrollo inteligente para la producción eficiente, mediante datos, de alimentos derivados de plantas. El equipo desarrolla y rastrea una línea prototipo de datos de entrenamiento comestibles en forma de refrigerios de frutas. Finalmente, respecto a Cerealto Sirio

Foods, crea comida en base a cereales, la compañía elaboró un snack apto para vegetarianos y celíacos, producido con inteligencia artificial. Esta innovación se centra en desarrollar y mejorar productos que son cada vez más saludables y que satisfacen las demandas de los consumidores preocupados por una vida saludable (Kirk et al., 2021).

Los productos de nutrición personalizada entran en varias categorías que no están reguladas por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos, así como en el resto del mundo. Entre esos productos se encuentran las pruebas de laboratorio directas al consumidor y los suplementos dietéticos. Nos encontramos en un entorno rico en información, en el que esta explosión de la biología ofrece muchas oportunidades para dar información veraz o engañosa que está disponible en tiempo real. Hoy en día la capacidad de integrar cantidades masivas de información es profunda. Las grandes empresas alimentarias también están invirtiendo en la investigación de la nutrición personalizada (Hamet & Tremblay, 2017). **General Mills**, que financió gran parte de la investigación de Johnson en la Universidad de Minnesota, está interesada en saber si diferentes tipos de fibra dietética son más beneficiosos para un microbioma intestinal sano que una única fuente de fibra. Si una sola fuente de fibra es menos beneficiosa, los fabricantes pueden reformular y mejorar los productos alimenticios añadiendo diferentes tipos de fibra. Si algunas personas se benefician más que otras del consumo de varios tipos de fibra, esos productos pueden dirigirse a esos consumidores (Ghosh & Guha, 2013).

Las grandes empresas están plantando la semilla ahora en la nutrición personalizada e involucrando a los consumidores con sencillas encuestas. Una empresa holandesa invirtió 100 millones de dólares en el lanzamiento de la empresa de nutrición personalizada Hologram Sciences. Bayer compró la empresa de vitaminas y suplementos Care of por 225 millones de dólares. Nestlé compró Persona, un servicio de suscripción de vitaminas y suplementos personalizados. En esos casos se espera que la industria de la nutrición personalizada acabe beneficiando a los consumidores (Deeks et al., 2017). Al final, estas innovaciones de carácter tecnológico se realizan con la intención de mejorar la calidad de vida de las personas, debido a que las aplicaciones brindan precisión en la alimentación (Dongare et al., 2012).

4.2. La contribución de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada

Los grandes retos sociales de hoy en día se analizan cada vez más desde una perspectiva basada en los datos, mientras que la omnipresencia universal de los alimentos y su inherente naturaleza multidisciplinar los convierten en una ventana accesible a todas las culturas y épocas. Muchos retos mundiales están directamente relacionados con la alimentación, la nutrición y la sostenibilidad. Al menos 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU tienen que ver con la alimentación. El sistema alimentario está relacionado con el 30 % del total de las emisiones de gases de efecto invernadero, y los costes sanitarios están aumentando debido a problemas relacionados con la dieta; más del 60 % de los adultos del Reino Unido y de Estados Unidos son ahora obesos o tienen sobrepeso. La alimentación también es fundamental para la economía de muchos países, 11% del empleo total en los Estados Unidos y los Países Bajos y el patrimonio cultural. La posibilidad de investigar sobre los alimentos y las recetas puede ayudarnos a abordar los retos de una alimentación sostenible y saludable en diversos contextos culturales, sobre todo teniendo en cuenta la necesidad actual de pasar a una dieta más basada en plantas (Cesare et al., 2019).

Sin embargo, hacer que la información sobre los alimentos sea accesible está lejos de ser trivial. El análisis de las recetas digitalizadas o digitales es un nuevo y próximo campo de investigación, con publicaciones vinculadas a estudios nutricionales y de salud, a la lingüística computacional, a la gastronomía computacional, a la compra, a la detección de alérgenos y a la web semántica. Varios retos de investigación se encuentran en la encrucijada de la ingeniería de datos, los alimentos inteligentes y las recetas de cocina (Babajide et al., 2020). Además, el análisis contemporáneo de recetas está poco desarrollado en términos de vínculos con la sostenibilidad. La razón por la que este problema no se ha abordado de forma integrada se debe, en parte, a la complejidad de vincular las bases de datos de impacto ambiental con la terminología alimentaria, lo que lleva mucho tiempo sin herramientas de inteligencia artificial y de procesamiento del lenguaje natural. En los últimos años se han aplicado estos métodos para combinar recetas, textos alimentarios y otras bases de datos medioambientales, nutricionales y económicas, pero esta labor es aún incipiente (Bzdok et al., 2018).

La sociedad seguirá abandonando el paradigma industrial, marcado por la competencia a través de la producción, y pasará a la “lógica postindustrial”, más centrada en las personas

y en sintonía con la naturaleza. Sin embargo, también es probable que las actividades y los estilos de vida humanos cambien drásticamente como resultado de los avances tecnológicos, especialmente la inteligencia artificial. En segundo lugar, los avances en medicina y biotecnología alargarán la vida humana, dando lugar a sociedades superenvejecidas (Kwon & Kwon, 2020). Esto significa que la humanidad pasará de una economía industrial a una economía de estilo de vida centrada en la felicidad humana. La economía industrial pasará a un segundo plano en el marco más amplio de la economía del estilo de vida. La tercera revolución industrial estuvo marcada por grandes avances en la productividad que fueron posibles gracias a los cálculos de alta velocidad. Sin embargo, el desarrollo de tecnologías básicas como la inteligencia artificial ayudará a la humanidad a superar esta mentalidad para llegar a la cuarta revolución industrial, en la que la introducción de máquinas que son capaces de “pensar” utilizando tecnología de aprendizaje profundo capaz de analizar la cognición y el comportamiento humanos conducirá a un mayor enfoque en los estilos de vida individuales en lugar de la producción (Limketkai et al., 2021).

La aplicación basada en imágenes (goFOOD) que traduce automáticamente las imágenes/vídeos de las comidas en nutrientes mediante el uso de inteligencia artificial, hasta ahora solo se utiliza con fines de investigación, pero en el futuro puede ser usada en diferentes entornos clínicos. El trabajo sobre todo en la perspectiva del usuario y en los aspectos clínicos de las aplicaciones basadas en imágenes. Así, las aplicaciones se centran principalmente en la optimización de los algoritmos que hay detrás de una aplicación —lo cual es absolutamente esencial—, pero dejamos de lado muchos datos que se excluyen porque las personas no utilizaron la aplicación correctamente (Corella et al., 2018). Es necesario formar a las personas para que tomen las fotos correctamente y sigan las instrucciones de cada aplicación. Detectando lo que se hace mal, podemos crear mejores instrucciones, podemos optimizar las aplicaciones para validar las entradas oscuras, podemos guiar mejor a las personas diseñando mejores estudios, y así mejorar la calidad de los datos.

La eficacia de las aplicaciones no se ha comprobado en detalle. Aparte de eso, la mayoría de las aplicaciones de nutrición incluyen una función para hacer un seguimiento de la ingesta de alimentos y piden al usuario que introduzca manualmente la información sobre el tamaño de las porciones que ha consumido. El aprendizaje automático es una forma en la que se reúnen cientos de miles de fotos con el objetivo de que el sistema empiece a

aprender a reconocer los alimentos y sea capaz de estimar los diferentes tamaños de las porciones. Las aplicaciones para teléfonos inteligentes pueden integrarse en la vida cotidiana si se realizan grandes estudios que demuestren su eficacia (Coronado et al., 2011). Estas tecnologías ayudan esencialmente a las personas que no tienen fácil acceso a los centros sanitarios porque viven en zonas rurales o incluso en países cuyos sistemas sanitarios no pueden soportar las visitas frecuentes a los profesionales de la salud. Por eso, estas aplicaciones pueden mejorar sustancialmente la calidad de vida de las personas, debido a que el seguimiento y la evaluación de la dieta mediante el uso de aplicaciones basadas en imágenes, pueden traducir esta imagen/vídeo en nutrientes (Sanhueza and Valenzuela (2012).

Cuando se trata de mejorar la salud, no hay una solución que funcione para todos. Para ayudar a las personas a considerar sus dietas de forma más objetiva, cada vez son más los que recurren a la nutrición personalizada. La nutrición personalizada se refiere a las recomendaciones dietéticas que se basan en una serie de datos físicos, de comportamiento y de actitud únicos de un individuo a otro, incluso nuestra composición genética y metabólica. Por ejemplo, una prueba de ADN puede ayudar a explicar la causa del aumento o la pérdida de peso involuntaria. Y este enfoque personalizado de la orientación dietética tiene una gran demanda. El objetivo principal de la nutrición personalizada es ayudarnos a comprender mejor nuestro cuerpo y nuestras necesidades nutricionales específicas, los datos derivados de estas evaluaciones están permitiendo a los investigadores descubrir también nuevos conocimientos en la ciencia de la alimentación y la nutrición. Esto implica conocer la composición de la microbiota del intestino, ya que ayuda a determinar la cantidad y el tiempo de disolución de los alimentos en el estómago. El microbiota intestinal funciona de forma diferente en función del sexo. Por tanto, el sexo es importante a la hora de diagnosticar qué dietas son perjudiciales o eficaces en cada persona (Misra et al., 2020).

El movimiento de la nutrición personalizada requiere de más datos que podrán utilizarse y aprender tanto los profesionales de la salud como los investigadores. Y con el tiempo, cuestiones que han causado controversia y confusión durante años podrían tener por fin respuestas claras, por ejemplo, por qué los diferentes patrones de alimentación tienen efectos variables de una persona a otra, o por qué el consumo elevado de sodio parece contribuir a la hipertensión en algunas personas y no en otras. Los datos personalizados pueden proporcionar una gran cantidad de conocimientos únicos que no sólo permiten a

las personas tomar mejores decisiones para sus cuerpos y estilos de vida únicos, sino que también ofrecen nuevas e interesantes formas de estudiar los datos de nutrición y salud (Cabanés, 2018). Aunque todavía está en ciernes, el perfeccionamiento de la nutrición personalizada podría ser un factor de cambio.

4.2.1. La sensórica para dietas personalizadas

Aunque los alimentos tienen muchas características, como el sabor, la fragancia y la textura, la más notable es el gusto. La ciencia moderna ha añadido una serie de elementos adicionales, como la nutrición y las funciones sanitarias, pero el atributo número uno de los alimentos sigue siendo el sabor. El gusto puede definirse como el sentido que estimula el paladar y la nariz cuando se ingieren alimentos, así como los receptores de la boca que miden el dolor, la sensación y la temperatura. La sensórica se refiere a la tecnología que trata el gusto como un ser vivo que hay que estudiar, generando así grandes datos (Bzdok et al., 2018). Esto implica una serie de disciplinas científicas, sensoriales, químicas y fisiológicas y es de naturaleza altamente sensorial, ya que el gusto puede variar entre individuos. El sabor es sin duda un factor importante en la personalización de los alimentos, ya que es el principal criterio por el que se juzga la calidad y la conveniencia de un alimento.

4.2.2. La ciencia en la gastronomía

El sabor es el rey cuando se trata de elegir alimentos. La gastronomía se refiere al estudio y la búsqueda del sabor y ahora se une al campo de la gastronomía molecular debido a los avances en la ciencia de los alimentos y la biotecnología. La gastronomía se ocupa de los cambios químicos que se producen en la textura, la estructura, el sabor y los ingredientes de los alimentos a medida que se cocinan y también estudia la relación entre el sabor y la función a través de la biología molecular para producir nuevos sabores y texturas. Además, arrojar luz sobre la relación entre el sabor, los ingredientes y la cocción es una parte fundamental de la ciencia de los alimentos (Babajide et al., 2020). La gastronomía molecular ya se está convirtiendo en un importante campo de la economía del consumo y las ciencias de la vida en Francia, Italia y España.

4.2.3. Los culturomics y dieta personalizada

Como se ha descrito en apartados anteriores, la cultura es una característica importante de los alimentos. La culturómica es el estudio de los elementos culturales tradicionales incorporados a los alimentos. Además de la historia, los conocimientos tradicionales y las técnicas tradicionales que se encuentran en los alimentos étnicos son partes importantes de la culturomía. En algunos casos, las prácticas culturales aparentemente irracionales desempeñan un papel importante en la elección de los alimentos. Los conocimientos tradicionales y la cultura suelen estar entrelazados con el desarrollo de los alimentos étnicos en una determinada región, junto con las técnicas tradicionales de fabricación (Albuquerque y Jiménez, 2020). Debido al creciente interés por las funciones saludables de los alimentos, los conocimientos escritos en documentos antiguos se están reinterpretando a través de la lente de la biotecnología moderna, generando grandes datos mediante la verificación científica. En lo que respecta a los estilos de vida modernos y a la cultura nouniversitaria, la culturómica es una disciplina importante para promover el crecimiento de la industria turística y desarrollar dietas personalizadas basadas en las condiciones geográficas locales. Los consumidores quieren dietas personalizadas que sean saludables y que también incorporen una variedad de técnicas tradicionales.

Recientemente se ha calculado que una de cada cinco muertes prematuras en el mundo está asociada a unos malos hábitos alimentarios. Para hacer frente a este reto social mediante la práctica de la dietética será necesaria una importante inversión en recursos humanos. Sin embargo, según la Organización Mundial de la Salud, actualmente existe una importante escasez de personal sanitario, que se espera que aumente en las próximas décadas (Cesare et al., 2019). Por ello, es importante desarrollar una comprensión de las formas potenciales en que las nuevas tecnologías y las herramientas digitales pueden ayudar a aumentar el impacto de la dietética. Esto creará valor no sólo para el paciente individual, sino también como un enfoque escalable para ayudar a las personas a desarrollar mejores hábitos dietéticos y la transición a un servicio que se basa en la prevención y el autocuidado.

La atención centrada en el paciente es la piedra angular de la práctica dietética moderna. Un principio clave de este enfoque es la individualización de la

orientación basada en las necesidades específicas del paciente y, en un sentido amplio, el tratamiento del paciente y no de la enfermedad. Paralelamente, la personalización se ha desarrollado recientemente como una tendencia en el ámbito de la nutrición y el bienestar de los consumidores. En la actualidad, numerosas aplicaciones, programas, plataformas y planes tienen como objetivo ofrecer una experiencia personalizada al usuario basada en el perfil de los datos demográficos, el genotipo, la ingesta y el estado nutricional, la antropometría, los comportamientos de estilo de vida y/o las preferencias del individuo. Se han propuesto varias definiciones de la nutrición personalizada, entre las que se incluyen las que se refieren principalmente a las diferencias genéticas, y otras que incluyen conceptos mucho más amplios, como los aspectos fenotípicos, psicosociales y conductuales de la individualización. La nutrición personalizada es la utilización de la “información específica para cada persona, fundamentada en la ciencia basada en la evidencia, para promover el cambio de comportamiento dietético que puede resultar en un beneficio medible para la salud” (Tapia, 2016). Al aprovechar una definición holística, podemos considerar cómo los diferentes aspectos de la personalización pueden ser de mayor beneficio y pueden ser aprovechados de manera más efectiva para el paciente individual, lo que puede ser apreciado por todos los dietistas.

Las pruebas científicas de la nutrición personalizada son cada vez más numerosas. Se sigue demostrando que la nutrición personalizada puede aportar un valor añadido más allá de los enfoques convencionales. En el ámbito clínico, se ha reconocido cada vez más la importancia de llevar a cabo un cribado e intervención nutricional. Por ejemplo, se ha demostrado que las evaluaciones nutricionales individualizadas y la prestación de apoyo nutricional a medida en pacientes con riesgo nutricional mejoran significativamente los resultados clínicos, incluida la supervivencia de los pacientes. En un contexto más amplio de bienestar, se descubrió que varias interacciones importantes entre los genes y la dieta influyen en la respuesta a las intervenciones dietéticas para la pérdida de peso.

También han resultado prometedores los enfoques más holísticos, que aprovechan la información personalizada basada en la variación genotípica y fenotípica. Un estudio reciente realizado en adultos mayores holandeses reveló que la prestación de asesoramiento personalizado, basado en la ingesta de alimentos y en la

información genética y fisiológica, dio lugar a un aumento de la resistencia y la motivación, y a una disminución del porcentaje de grasa corporal y del perímetro de la cadera. En el futuro, esperamos ver aún más inversiones en investigación sobre enfoques personalizados “basados en algoritmos”. Por ejemplo, actualmente se están llevando a cabo ensayos clínicos para validar un enfoque de personalización basado en el microbioma para la gestión del azúcar en sangre. Asimismo, una colaboración en curso entre la Universidad de Stanford y el Hospital General de Massachusetts ha publicado recientemente un estudio piloto (PREDICT) y ahora está llevando a cabo un amplio estudio de observación (PREDICT2) para medir las respuestas metabólicas individuales a los alimentos, con el objetivo de desarrollar una plataforma comercial (Tapia, 2016).

En el ensayo sobre nutrigenómica, sobrepeso/obesidad y control del peso, se comparan los efectos de una intervención sobre el estilo de vida en la que se emplean pruebas genéticas personalizadas y asesoramiento conductual con la misma intervención con asesoramiento basado en la población. Sin embargo, en el caso de muchas plataformas comerciales, su beneficio aún no se ha establecido en ensayos controlados aleatorios. Siguen existiendo retos en cuanto a la replicabilidad de los resultados, la diversidad de los grupos de población incluidos, así como la validación científica y la precisión de los productos actualmente disponibles. Sin embargo, ha quedado claro que el cambio de comportamiento es el denominador común que sustenta el éxito de los enfoques de nutrición personalizada, para los que los dietistas están bien capacitados y tienen experiencia (Alvarez, 2020).

En todo esto, además, se ha planteado y desarrollado los principios rectores de la nutrición personalizada, con especial énfasis cuando se necesita del uso de la tecnología, tal como puede ser la inteligencia artificial. Los principios son: (i) definir los usuarios y beneficiarios potenciales, (ii) utilizar métodos y medidas de diagnóstico validados, (iii) mantener la calidad y relevancia de los datos, (iv) derivar recomendaciones basadas en datos a partir de modelos y algoritmos validados, (v) diseñar estudios de nutrición personalizada en torno a las necesidades y resultados de salud o función individuales validados, (vi) proporcionar pruebas científicas rigurosas de un efecto sobre la salud o la función, (vii) proporcionar herramientas fáciles de usar, (viii) para los individuos sanos, alinearse con las recomendaciones basadas en la población, (ix) comunicar de forma transparente los

efectos potenciales y (x) proteger la privacidad de los datos individuales y actuar con responsabilidad.

4.3. Los riesgos derivados del uso de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada

El uso de la inteligencia artificial en diversos ámbitos debe asegurar que sirva al interés público, es decir, que su implementación aumente las oportunidades de las personas, asimismo, mejore sus condiciones de vida. Con la finalidad de alcanzar ese objetivo, la utilización de esta tecnología debería basarse en los siguientes principios: (i) preservar la autonomía del ser humano: significa que los seres humanos deben continuar siendo dueños de las decisiones en materia de nutrición, por ende, se debería preservar la privacidad y la confidencialidad de los datos nutricionales, (ii) promover el bienestar, la seguridad de las personas y el interés público: se deben instaurar medidas de control de la calidad en la práctica y de mejora de la calidad en la utilización de la inteligencia artificial, (iii) garantizar la transparencia, la claridad y la inteligibilidad: información accesible y facilitar consultas y debates provechosos sobre la concepción de la tecnología y sobre el uso que se debería hacer o no de esta, (iv) promover la responsabilidad y la rendición de cuentas: se deben instaurar mecanismos eficaces para que las personas y los grupos que se vean perjudicados por decisiones basadas en algoritmos puedan cuestionarlas y obtener reparación y (v) garantizar la inclusividad y la equidad: la inteligencia artificial aplicada a la nutrición debe ser equitativo y respetar los derechos humanos.

Estos principios deben guiar el uso de la inteligencia artificial. Ello al saber que dicha tecnología puede ser operada y utilizada de forma negativa, de tal manera que dañe la integridad física y emocional de las personas. En el campo de la nutrición, la tecnología alimentaria y los medios emergentes de suministro de nutrición, que consiste en identificar patrones de consumo etno-geográficos y combinar factores biológicos y ambientales para proporcionar una nutrición personalizada y asequible, requieren de la inteligencia artificial y otras tecnologías emergentes. Las principales aplicaciones que hemos visto es que la inteligencia artificial trabaja con datos e información personal, entonces, integrar tecnología informática avanzada puede ayudar a seguir el ritmo de la inteligencia artificial, pero también puede suponer dos escenarios que son altamente peligrosos: (i) canalización y uso de la información personalizada para que las empresas

de producción de alimentos controlen el tipo de alimentos que deben consumir las personas y (ii) generación de la dependencia humana de la inteligencia artificial en cuanto a la nutrición. En tal contexto, se demanda el uso adecuado y confidente de la información personal, además, que exista adecuada educación sobre el impacto que podría tener la inteligencia artificial en la vida de las personas (Limketkai et al., 2021).

Como comensales, basamos nuestra elección diaria de alimentos en el conocimiento personal y las experiencias previas. Sin embargo, los cerebros artificiales pueden crear con precisión enormes bases de datos de alimentos, analizarlos, hacer preguntas y obtener respuestas. Las máquinas aconsejan, los comensales eligen: como humanos que utilizamos la inteligencia artificial, seguimos teniendo el control. Empero podría producirse el riesgo de que la automatización tome el control y, en especial, que se use la información personalizada para inducir a las personas que consuman determinados alimentos, situación que podría promover que los cerebros artificiales no garanticen una vida sana y promover el bienestar. Control de la información en pocas manos o, en específico, empresas de carácter privado. Estos pueden conducir hacia la sobreexposición y uso inadecuado de los mismos (Kwon & Kwon, 2020). No olvidemos que la información focalizada genera diversos inconvenientes porque quien las posee, en algún momento se ve en la necesidad de usarlos. Es un riesgo constante y que se debe abordar cuidadosamente.

El análisis, la producción, el almacenamiento y la entrega: toda la cadena de suministro se ve afectada por las tecnologías emergentes y la inteligencia artificial. El control de las redes inteligentes utiliza la descentralización y la cadena de bloques para evitar que una cadena de suministro crítica a nivel mundial caiga en las manos equivocadas. Además, la toma de decisiones en casos cruciales como la nutrición de enfermos terminales puede ser una zona gris, ya que actualmente no se sabe bien cómo decidirá un sistema de inteligencia artificial y en qué tipo de comprensión de patrones se basará. Nuevamente, la interrogante que subyace es ¿quién administra o utiliza los datos? Tomemos en cuenta que la información nutricional de una persona es sumamente delicada, debido a que contiene datos sobre el tipo de alimentos que consume, el tipo de dieta, los alimentos más preferidos, entre otros (Hamet & Tremblay, 2017). Esa información no puede estar solamente en manos de las empresas privadas, sino que debe tener control adecuado para que no se produzca un uso inadecuado. En este punto, estamos pensando en que las empresas al conocer ese tipo de información podrían producir alimentos con



determinadas especificaciones para ganar mayor cantidad de consumidores y así generar dependencia.

Finalmente, en cuanto a los riesgos derivados del uso de la inteligencia artificial en la nutrición, evidentemente son diversos y múltiples porque es una tecnología en desarrollo. A medida que se aplica y utiliza aparecen nuevos problemas o riesgos. De ahí que tampoco sea fácil adoptar una regulación específica, que propenda a generar declaraciones o exhortaciones para el uso adecuado de esta tecnología. Las que pueden ser implementadas por las entidades correspondientes, pero al final depende de la buena voluntad de las mismas. De lo que estamos seguros es que se debe promover una inteligencia artificial con capacidad de respuesta y sostenible. Los diseñadores, desarrolladores y usuarios deberían evaluar de forma continua y transparente las aplicaciones de esta tecnología a fin de determinar si esta responde de manera adecuada y apropiada a las expectativas y las necesidades (Bzdok et al., 2018). Los gobiernos y las empresas deberían anticipar las perturbaciones ocasionadas en el lugar de trabajo, en particular la formación que se deberá impartir a los agentes de salud para que se familiaricen con el uso de los sistemas de inteligencia artificial, así como las posibles pérdidas de empleos debidas a la utilización de sistemas automatizados.

CONCLUSIONES

Primera: La inteligencia artificial se aplica en el campo de la nutrición personalizada para incentivar la alimentación saludable, el análisis de datos clínicos y la determinación de preferencias culinarias. También contribuyó a establecer cómo afecta la alimentación al estado físico y anímico de una persona, la forma en que se comportan las bacterias del microbiota intestinal en cada individuo, el funcionamiento de las neuronas del estómago y asesoramiento en la alimentación. En realidad, beneficia a la salud de las personas e incrementa el bienestar físico, debido a que el uso de la inteligencia artificial permite acercarse y conocer a las personas en cuanto a su nutrición. También se encontraron múltiples aplicaciones que contribuyen a estimar automáticamente la cantidad y el tipo de comida a consumir, conocer el momento en que se debe consumir los alimentos, asegurar la duración de alimentos, garantizar el suministro de alimentos según el tratamiento o malestar de la persona.

Segunda: La evolución ofrece oportunidades inigualables de progreso y aplicaciones en muchos campos de la nutrición que utilizará la inteligencia artificial. En esa perspectiva, la principal contribución en cuanto a la nutrición personal es que los algoritmos ayudan a comprender y predecir mejor las interacciones complejas y no lineales entre los datos relacionados con la nutrición y los resultados de salud, especialmente cuando es necesario estructurar e integrar grandes cantidades de datos. Mejoran la evaluación dietética maximizando la eficiencia y abordando los errores sistemáticos y aleatorios asociados a la ingesta dietética. Las aplicaciones de inteligencia artificial pueden extraer, estructurar y analizar grandes cantidades de datos procedentes de las plataformas de los medios sociales para comprender mejor los comportamientos y percepciones dietéticos de la población. Con eso se mejora la nutrición personalizada y permite explorar nuevas aplicaciones en tal campo.

Tercera: El uso de la inteligencia artificial en la nutrición es un paso significativo, sin embargo, existen algunos riesgos que a continuación se detallan: (i) canaliza y usa información personalizada para que las empresas de producción de alimentos controlen el tipo de alimentos que deben consumir las personas y (ii) genera dependencia humana de la inteligencia artificial en cuanto a la nutrición. En tal contexto, la nutrición personalizada es el ámbito donde con mayor facilidad y predominancia pueden



incorporarse sesgos o preferencias por una determinada dieta o alimentación, de tal manera que se manipule la voluntad de las personas en el tipo de nutrición. Ese riesgo puede ser evitado utilizando éticamente las tecnologías y, en especial, la aplicación de la inteligencia artificial.

RECOMENDACIONES

Primera: El desarrollo de la inteligencia artificial requiere de diseñadores de dietas personalizadas. Las personas encargadas de implementar esta tecnología tienen que estar capacitadas para integrar la información procedente de diversos campos como la biotecnología, la inteligencia artificial, la ciencia de datos y la superconectividad. Frente a ello los gobiernos deben invertir y poner en marcha programas de capacitación para formar profesionales que conozcan la aplicación de la inteligencia artificial. Esto requerirá una educación especializada e institutos de formación especializados. En la actualidad, las universidades no ofrecen este tipo de educación, ya que siguen centradas en el desarrollo de productos o en estudiar la nutrición desde una perspectiva tradicional que no incorpora la tecnología. Entonces, el uso de la inteligencia artificial en el campo de la nutrición personalizada demanda cambios a nivel de la enseñanza en las universidades, en especial, que sean capaces de evolucionar más allá de la lógica de la era industrial o, por lo menos, colocarse a ese nivel. Eso significa crear áreas de estudio que estén orientados a conocer mejor la ciencia de datos y la lógica de los algoritmos.

Segunda: Crear un componente curricular vinculado la aplicación de la inteligencia artificial en el campo de la nutrición personalizada en la Universidad Nacional del Altiplano, específicamente en la Escuela Profesional de Nutrición Humana. También debe enseñarse ese curso en el programa de maestría y doctorado. Ello considerando las diversas aplicaciones de la inteligencia artificial en la nutrición, especialmente, la nutrición personalizada. También a nivel institucional, esto es, de la Universidad Nacional del Altiplano se debe incentivar la realización de investigaciones interdisciplinarias, debido a que la inteligencia artificial es una tecnología desarrollada por carreras profesionales como la ingeniería de sistemas, ingeniería electrónica, entre otros. En la misma orientación, se debe impulsar capacitaciones sobre los avances de la inteligencia artificial en las últimas décadas, con especial énfasis en la nutrición personalizada, debido a que en el futuro se requerirán más investigaciones en este campo, pero con participación activa de nutricionistas.

Tercero: La empresa privada debe recoger los datos biológicos personales individuales en términos de datos estructurados y no estructurados basados en la biotecnología moderna. Las dietas personalizadas son una realidad, pero su implementación requiere de preparación. De ahí que la integración de las dietas personalizadas al desarrollar



plataformas y servicios con múltiples tipos de dietas según los consumidores requiere de la creación de plataformas digitales que sean confiables y controlables. Es cierto que las empresas continuarán desarrollando y perfeccionando la inteligencia artificial para facilitar la nutrición personalizada, sin embargo, al tratarse de información altamente sensible y confidencial, se necesita crear y utilizar plataformas confiables para que esos datos no sean usados con fines estrictamente económicos, sino que ayude a conocer mejor la nutrición y salud de las personas. En ese punto, incluso, será necesario la intervención del gobierno, ya que se debe encargar de implementar un modelo básico de plataformas digitales para controlar el uso adecuado de los datos que el algoritmo almacenará.

BIBLIOGRAFÍA

- Acemoglu, Daron and Pascual, R. (2017). Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. In NBER Working Paper Series. <https://www.nber.org/papers/w23285>
- Albar, S. A., Alwan, N. A., Evans, C. E. L., Greenwood, D. C., & Cade, J. E. (2016). Agreement between an online dietary assessment tool (myfood24) and an interviewer-administered 24-h dietary recall in British adolescents aged 11–18 years. *British Journal of Nutrition*, 115(9), 1678–1686. <https://doi.org/10.1017/S0007114516000593>
- Albuquerque, L. y Jiménez, S. (2020). Aplicación móvil recomendadora de planes alimenticios personalizados para la mejora de hábitos de alimentación de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería en Computación e Informática de la UNPRG. Universidad de Pedro Ruíz Gallo. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8699>
- Alvarez. (2020a). Hábitos alimentarios y actividad física durante el confinamiento por Covid-19 en estudiantes de la facultad de ciencias. In *Applied Microbiology and Biotechnology*. Vol. 2507, Issue 1. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.027>
- Alvarez, F. (2020b). Promoción del control del sobrepeso y la obesidad mediante el uso de tecnología móvil en la asistencia sanitaria. Universidad Pública de Navarra. <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/37809>
- Andrews, R. (2017). Scientists Connect A Human Brain To The Internet For The First Time. *Science & Policy Writer*. <https://www.iflscience.com/scientists-connect-human-brain-internet-first-time-43726>
- Aro, M. (2013). Tutor inteligente de la nutrición para la prevención de la diabetes. Universidad Mayor de San Andrés. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/9923>
- Ávila, H. (2006). Introducción a la metodología de la investigación. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2006c/203/>
- Azarian, B. (2016). A Neuroscientist Explains Why Artificially Intelligent Robots Will Never Have Consciousness Like Humans. *Raw Story*. <https://www.rawstory.com/2016/03/a-neuroscientist-explains-why-artificially->

intelligent-robots-will-never-have-consciousness-like-humans/

- Babajide, O., Hissam, T., Anna, P., Anatoliy, G., Astrup, A., Martinez, J. A., Oppert, J.-M., & Sørensen, T. I. A. (2020). A machine learning approach to short-term body weight prediction in a dietary intervention program. *International Conference on Computational Science*, 441–455. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50423-6_33
- Betts, J. A., & Gonzalez, J. T. (2016). Personalised nutrition: What makes you so special? *Nutrition Bulletin*, 41(4), 353–359. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/nbu.12238>
- Bianchi, C. (2016). Time to Exercise the Right Brain in Marketing. *Marketing Land*.
- Briggs, Gordon and Matthias, S. (2017). The Case for Robot Disobedience. *Scientific American*, 316(1), 44–47. <https://martech.org/time-exercise-right-brain-marketing/>
- Bzdok, D., Altman, N., & Krzywinski, M. (2018). Points of significance: statistics versus machine learning. *Nature Methods* 2018a, 1–7. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01723223/document>
- Cabana, E. (2022). Inteligencia Artificial, Machine Learning, Deep Learning y Big Data. *Aprende Con Eli*. <https://aprendeconeli.com/>
- Cabanes, J. (2018). Aplicaciones móviles y tecnologías web en el campo de la Nutrigenómica y Nutrición Personalizada. *UIB*. <http://hdl.handle.net/11201/149931>
- Castro, D., & New, J. (2016). The Promise of Artificial Intelligence. *Center for Data Innovation*. <https://datainnovation.org/2016/10/the-promise-of-artificial-intelligence/>
- Celis-Morales, C., Lara, J., & Mathers, J. C. (2015). Personalising nutritional guidance for more effective behaviour change. *Proceedings of the Nutrition Society*, 74(2), 130–138. <https://doi.org/10.1017/S0029665114001633>
- Cesare, N., Dwivedi, P., Nguyen, Q. C., & Nsoesie, E. O. (2019). Use of social media, search queries, and demographic data to assess obesity prevalence in the United States. *Palgrave Communications*, 5(1), 1–9. <https://www.nature.com/articles/s41599-019-0314-x>
- Chae, J., Woo, I., Kim, S., Maciejewski, R., Zhu, F., Delp, E. J., Boushey, C. J., & Ebert,

- D. S. (2011). Volume estimation using food specific shape templates in mobile image-based dietary assessment. *Proc.SPIE*, 7873. <https://doi.org/10.1117/12.876669>
- Chung, Tuck Siong, Michel Wedel, and Roland, R. (2016). Adaptive Personalization Using Social Networks. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 44(1), 66–87. <https://doi.org/10.1007/s11747-015-0441-x>
- Conick, H. (2016). The Past, Present and Future of AI in Marketing. *Marketing News*. <https://www.ama.org/marketing-news/the-past-present-and-future-of-ai-in-marketing/>
- Cooper, J. (2014). La Ciencia de la Nutrición Personalizada. Instituto NutriGenomica. <https://www.naturalproductsinsider.com/articles/2017/09/the-science-of-personalized-nutrition.aspx>
- Corella, D., Barragán, R., Ordovás, J. M., & Coltell, Ó. (2018). Nutrigenética, nutrigenómica y dieta mediterránea: una nueva visión para la gastronomía. *Nutricion Hospitalaria*, 35(4), 19–27. <https://doi.org/10.20960/nh.2120>
- Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., Pérez, J., & Peláez, K. (2011). Nutrigenética aplicada: dieta personalizada y formacion academica para la práctica rofesional. *Rev Chil Nutr*, 38(4), 492–500. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182011000400013>
- Deeks, J., Verreault, M.-F., & Cheung, W. (2017). Canadian Nutrient File (CNF): update on Canadian food composition activities. *Journal of Food Composition and Analysis*, 64, 43–47. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201800314799>
- Deen, T. (2019). ¿La inteligencia artificial es la solución para la crisis alimentaria? Inter Press Service (IPS). <https://reliefweb.int/report/world/la-inteligencia-artificial-es-la-soluci-n-para-la-crisis-alimentaria>. <https://reliefweb.int/report/world/la-inteligencia-artificial-es-la-soluci-n-para-la-crisis-alimentaria>
- Del Prado, G. (2017). Intelligent robots don't need to be conscious to turn against us. *Insider*. <https://www.businessinsider.com/artificial-intelligence-machine-consciousness-expert-stuart-russell-future-ai-2015-7>
- Dongare, A., Kharde, R. R., & Kachare, A. D. (2012). Introduction to Artificial Neural



- Network. <https://www.semanticscholar.org/>
- Ertel, W. (2017). *Introduction to artificial intelligence* (2da Edició). Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-58487-4>
- Finlay, J., y Dix, A. (1996). *Introduction to Inteligence Artificial*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003072485>
- Fluss, D. (2017). The AI revolution in customer service. CMR. <https://www.destinationcrm.com/Articles/Columns-Departments/Scouting-Report/The-AI-Revolution-in-Customer-Service-115528.aspx>
- Forrestal, S. (2010). Energy intake misreporting among children and adolescents: a literature review. *Maternal & Child Nutrition*, 7(2), 112–127. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8709.2010.00270.x>
- Forrestal, S. G. (2011). Energy intake misreporting among children and adolescents: a literature review. *Maternal & Child Nutrition*, 7(2), 112–127. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8709.2010.00270.x>
- Ghosh, D., & Guha, R. (2013). What are we ‘tweeting’ about obesity? Mapping tweets with topic modeling and Geographic Information System. *Cartography and Geographic Information Science*, 40(2), 90–102. <https://doi.org/10.1080/15230406.2013.776210>
- Green, B. (2018). Ethical Reflections on Artificial Intelligence. *Scientia et Fides*, 6(2), 9–31. <http://orcid.org/0000-0002-7125-3086>
- Guevara, L., & Jiménez, S. (2020). Aplicación móvil recomendadora de planes alimenticios personalizados para la mejora de hábitos de alimentación de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería en Computación e Informática de la UNPRG. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8699>
- Guillen, S. (2018). Industria 4.0: Machine learning y la visión artificial en la seguridad alimentaria. *Ainia*. <https://www.ainia.es/ainia-news/industria-4-vision-artificial-seguridad-alimentaria/>
- Halzack, S. (2017). Robots and artificial intelligence set to upend the art of making a sale. *The Whashington Post*. <https://www.washingtonpost.com/news/business/wp/2017/01/18/robots-and->

artificial-intelligence-set-to-upend-the-art-of-making-a-sale/

- Hamet, P., & Tremblay, J. (2017). Artificial intelligence in medicine. *Metabolism*, 69, S36–S40. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011>
- Hernández, C., & Baptista, P. (2015). Metodología de la investigación. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Hoffman, D. L. and T. N. (2016). Consumer and Object Experience in the Internet of Things: An Assemblage Theory Approach. <https://10.1093/JCR/UCX105>
- Hood, L., Heath, J. R., Phelps, M. E., & Lin, B. (2021). Systems Biology and new technologies enable predictive and preventative medicine. *Cell Biology and Translational Medicine*, 12, 47–53. https://doi.org/10.1007/5584_2021_622
- Huang, M.-H. and R. T. R. (2016). Technology-Driven Service Strategy. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 45(6), 906–924. <https://doi.org/10.1007/s11747-017-0545-6>
- Huang, M. H., & Rust, R. T. (2018). Artificial Intelligence in Service. *Journal of Service Research*, 21(2), 155–172. <https://doi.org/10.1177/1094670517752459>
- Huang, M., & Rust, R. (2017). Technology-driven service strategy. *The Academy of Marketing Science*, 45, 906–924. <https://doi.org/10.1007/s11747-017-0545-6>
- Iagua. (2020). Inteligencia artificial en la agricultura para hacer frente a la inseguridad alimentaria. <https://www.iagua.es/noticias/fao/inteligencia-artificial-agricultura-hacer-frente-inseguridad-alimentaria>
- Jacoby, H., & Paltsev, S. (2017). What To Expect From Sectoral. *MITS loan Management Review*, 2(1), 9–26.
- Jaewon, Y., & Arnold, T. (2016). No Title Frontline Employee Customer-Oriented Attitude in the Presence of Job Demands and Resources: The Influence Upon Deep and Surface Acting. *SAGE Journals*, 19(1), 102–117. <https://doi.org/10.1177/1094670515589956>
- Javelosa, J. (2017). Major Firm Announces It's Replacing Its Employees with A.I. *Futurism*. <https://futurism.com/major-firm-announces-its-replacing-its-employees-with-a-i>

- Johnson, H. (2016). Fast food workers are becoming obsolete. Business Insider. <https://www.businessinsider.in/fast-food-workers-are-becoming-obsolete/articleshow/52300518.cms>
- Journal, T. W. S. (2017). How Artificial Intelligence Will Change Everything. The Wall Street Journal. <https://www.wsj.com/articles/how-artificial-intelligence-will-change-everything-1488856320>
- Sanhueza C. (1), Alfonso Valenzuela B. (1, 2). (2012). Nutrigenomics : Revealing Molecular Aspects. Revista Chilena de Nutricion, 39, 71–85. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182012000100008>
- Kim, M. (2017). Challenges on the Development of Robotic Intelligence. 16th IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2007.4415106>
- Kirk, D., Catal, C., & Tekinerdogan, B. (2021). Precision nutrition: A systematic literature review. Computers in Biology and Medicine, 133(104365). <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2021.104365>
- Koteluk, O., Wartecki, A., Mazurek, S., Kołodziejczak, I., & Mackiewicz, A. (2021). How do machines learn? Artificial intelligence as a new era in medicine. Journal of Personalized Medicine, 11(1), 1–22. <https://doi.org/10.3390/jpm11010032>
- Kouvari, M., Mamalaki, E., Bathrellou, E., Poulimeneas, D., Yannakoulia, M., & Panagiotakos, D. B. (2021). The validity of technology-based dietary assessment methods in childhood and adolescence: a systematic review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61(7), 1065–1080. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1753166>
- Kunz, W. H., Heinonen, K., & Lemmink, J. G. A. M. (2019). Future service technologies: is service research on track with business reality? Journal of Services Marketing, 33(4), 479–487. <https://doi.org/10.1108/JSM-01-2019-0039>
- Kwon, D. Y. (2020). Personalized diet oriented by artificial intelligence and ethnic foods. Journal of Ethnic Foods, 7(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s42779-019-0040-4>
- Kwon, D. Y., & Kwon, D. Y. (2020). Personalized diet oriented by artificial intelligence and ethnic foods. Journal of Ethnic Foods, 7(1), 1–16.

- <https://doi.org/10.1186/s42779-019-0040-4>
- Leachman, S., & Merlino, G. (2017). Medicine: The final frontier in cancer diagnosis. *National Library of Medicine*, 542, 36–38. <https://doi.org/10.1038/nature21492>
- Li, D. y Du, Y. (2016). *Artificial Intelligence with Uncertainty* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315366951>
- Limketkai, B. N., Mauldin, K., Manitius, A., & Jalilian, L. (2021). The Age of Artificial Intelligence: Use of Digital Technology in Clinical Nutrition. *Neurocirugía Brasileña*, 9(7). <https://doi.org/10.1007/s40137-021-00297-3>
- Lo, F. P. W., Sun, Y., Qiu, J., & Lo, B. (2020). Image-based food classification and volume estimation for dietary assessment: a review. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 24(7), 1926–1939. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9082900>
- Martin, A. (2021). La Inteligencia Artificial irrumpe en la Tecnología de Alimentos. GS1 Mexico. <https://blog.gs1mexico.org/inteligencia-artificial-irrumpe-en-tecnologia-de-alimentos>
- Mehta, N., & Devarakonda, M. V. (2018). Machine learning, natural language programming, and electronic health records: The next step in the artificial intelligence journey? *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 141(6), 2019–2021. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2018.02.025>
- Mintz, Y., & Brodie, R. (2019). Introduction to artificial intelligence in medicine. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, 28(2), 73–81. <https://doi.org/10.1080/13645706.2019.1575882>
- Misra, N. N., Dixit, Y., Al-Mallahi, A., Bhullar, M. S., Upadhyay, R., & Martynenko, A. (2020). IoT, big data and artificial intelligence in agriculture and food industry. *IEEE Internet of Things Journal*, 1. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2998584>
- Movilla-Pateiro, L., Mahou-Lago, X. M., Doval, M. I., & Simal-Gandara, J. (2021). Toward a sustainable metric and indicators for the goal of sustainability in agricultural and food production. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(7), 1108–1129. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1754161>
- Naimi, A., & Balzer, L. (2018). Stacked generalization: an introduction to super learning.

- National Library of Medicine, 33(5), 459–464. <https://doi.org/10.1007/s10654-018-0390-z>
- News, B. (2016). Artificial Intelligence: Google's AlphaGo Beats Go Master Lee Se-Dol. BBC. <https://www.bbc.com/news/technology-35785875>
- Ng, A., & Neil, J. (2017). How artificial intelligence will change everything. The Wall Street Journal. <https://www.wsj.com/articles/how-artificial-intelligence-will-change-everything-1488856320>
- Oke, S. (2008). A literature review on artificial intelligence. *International Journal of Information and Management Sciences*, 19(4), 535–570. <https://www.researchgate.net/publication/228618921%0D>
- Panaretos, D., Koloverou, E., Dimopoulos, A. C., Kouli, G. M., Vamvakari, M., Tzavelas, G., Pitsavos, C., & Panagiotakos, D. B. (2018). A comparison of statistical and machine-learning techniques in evaluating the association between dietary patterns and 10-year cardiometabolic risk (2002-2012): The ATTICA study. *British Journal of Nutrition*, 120(3), 326–334. <https://doi.org/10.1017/S0007114518001150>
- Project, G. (2013). Self-Learning AI Emulates the Human Brain. European Union. <https://ec.europa.eu/newsroom/horizon2020/items/33351>
- Qi, L. (2014a). Personalized nutrition and obesity. *Annals of Medicine*, 46(5), 247–252. <https://doi.org/10.3109/07853890.2014.891802>
- Raghupathi, W., & Raghupathi, V. (2014). Big data analytics in healthcare: promise and potential. *Health Information Science and Systems*, 2(1), 3. <https://doi.org/10.1186/2047-2501-2-3>
- Ravi, D., Wong, C., Deligianni, F., Berthelot, M., Andreu-Perez, J., Lo, B., & Yang, G. Z. (2017). Deep Learning for Health Informatics. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 21(1), 4–21. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2016.2636665>
- Roberts, K., Roberts, J. H., Danaher, P. J., & Raghavan, R. (2015). Incorporating emotions into evaluation and choice models: Application to kmart Australia. *Marketing Science*, 34(6), 815–824. <https://doi.org/10.1287/mksc.2015.0954>
- Rust, Roland T. and Ming-Hui, H. (2012). Optimizing Service Productivity. *Journal of Marketing*, 76(2), 47–66.

- Rust, Roland T. and Ming-Hui, H. (2014). The Service Revolution and the Transformation of Marketing Science. *Marketing Science*, 33(2), 206–221. <https://doi.org/10.1509/jm.10.0441>
- Safdar, N. M., Banja, J. D., & Meltzer, C. C. (2020). Ethical considerations in artificial intelligence. *European Journal of Radiology*, 122, 108768. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2019.108768>
- Sak, J., & Suchodolska, M. (2021). Artificial intelligence in nutrients science research: A review. *Nutrients*, 13(2), 1–17. <https://doi.org/10.3390/nu13020322>
- Sawhney, M. (2016). Putting Products into Services. *Harvard Business Review*, 82–89. <http://www.scopus.com/inward/record.url?scp=85004010401&partnerID=8YFLogxK>
- Shaw, G., & Karami, A. (2017). Computational content analysis of negative tweets for obesity, diet, diabetes, and exercise. *ASIS&T*, 54(1), 357–365. <https://doi.org/10.1002/pr2.2017.14505401039>
- Shaw, J., Rudzicz, F., Jamieson, T., & Goldfarb, A. (2019). Artificial Intelligence and the Implementation Challenge. *Journal of Medical Internet Research*, 21(7). <https://doi.org/10.2196/13659>
- Simonite, T. (2017). AI Software Learns to Make AI Software. *MIT Technology Review*. <https://www.technologyreview.com/2017/01/18/154516/ai-software-learns-to-make-ai-software/>
- Song, Y.-Y., & Lu, Y. (2015). Decision tree methods: applications for classification and prediction. *National Library of Medicine*, 27(2), 130–135. <https://doi.org/10.11919/j.issn.1002-0829.215044>
- Stuart, S. (2017). How Do You Feel? Affectiva's AI Can Tell. *PC Magazine*. <https://www.pcmag.com/news/how-do-you-feel-affectivas-ai-can-tell>
- Tapia, J. (2016). Nutrigenómica y Nutrigenética para nutricionistas. <https://www.medigraphic.com/pdfs/actamedica/acm-2016/acm161c.pdf>
- Verma, M., Hontecillas, R., Tubau-Juni, N., Abedi, V., & Bassaganya-Riera, J. (2018). Challenges in Personalized Nutrition and Health. *Frontiers in Nutrition*, 5, 117. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00117>



- Wedel, M., & Kannan, P. (2016). Marketing Analytics for Data-Rich Environments. *American Marketing Association*, 80(6), 97–121. <https://doi.org/1509/jm.15.0413>
- Widener, M. J., & Li, W. (2014). Using geolocated Twitter data to monitor the prevalence of healthy and unhealthy food references across the US. *Applied Geography*, 54, 189–197. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.07.017>
- Wunderlich, Nancy V., Florian v. Wangenheim, and Mary, J. B. (2013). High Tech and High Touch: A Framework for Understanding User Attitudes and Behaviors Related to Smart Interactive Services. *Journal of Service Research*, 16(1), 3–20. <https://doi.org/10.1177/1094670512448413>
- Xiao, L. (2014). Just the Faces: Exploring the Effects of Facial Features in Print Advertising. *Marketing Science*, 33(3), 338–352. <https://doi.org/10.1287/mksc.2013.0837>
- Young, J., & Cormier, D. (2014). Can Robots Be Managers, Too? *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2014/04/can-robots-be-managers-too>
- Yu, K. H., Beam, A. L., & Kohane, I. S. (2018). Artificial intelligence in healthcare. *Nature Biomedical Engineering*, 2(10), 719–731. <https://doi.org/10.1038/s41551-018-0305-z>
- Zeevi, D., Korem, T., Zmora, N., Israeli, D., Rothschild, D., Weinberger, A., Ben-Yacov, O., Lador, D., Avnit-Sagi, T., Lotan-Pompan, M., Suez, J., Ali Mahdi, J., & Matot, E. (2015). Personalized Nutrition by Prediction of Glycemic Responses. 163(5), 1079–1094. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.11.001>
- Zhang, W., Yu, Q., Siddiquie, B., Divakaran, A., & Sawhney, H. (2015). “snap-n-eat” food recognition and nutrition estimation on a smartphone. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 9(3), 525–533. <https://doi.org/10.1177/1932296815582222>
- Zhao, X., Xu, X., Li, X., He, X., Yang, Y., & Zhu, S. (2021). Emerging trends of technology-based dietary assessment: a perspective study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 75(4), 582–587. <https://doi.org/10.1038/s41430-020-00779-0>



ANEXOS

Anexo 1
Matriz de consistencia de la investigación

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	EJES DE INVESTIGACIÓN	MÉTODOS, ENFOQUE, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	UNIDADES DE ANÁLISIS
<p>Pregunta general</p> <p>¿Cómo se aplica la inteligencia artificial en la nutrición personalizada?</p> <p>Preguntas específicas</p> <p>¿Cuáles son las principales aplicaciones o usos de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada?</p> <p>¿Cómo contribuye la inteligencia artificial en la nutrición personalizada?</p> <p>¿Cuáles son los riesgos derivados del uso de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Analizar la aplicación de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Describir las principales aplicaciones o usos de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada.</p> <p>Caracterizar la contribución de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada.</p> <p>Identificar los riesgos derivados del uso de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada.</p>	<p>La inteligencia artificial</p> <p>La nutrición personalizada</p>	<p>Métodos</p> <p>Observación</p> <p>Descriptivo</p> <p>Tipo</p> <p>Descriptivo-exploratorio</p> <p>Enfoque</p> <p>Cualitativo.</p> <p>Técnicas</p> <p>- Análisis documental y análisis de contenido.</p> <p>Instrumentos</p> <p>- Ficha de análisis de contenido y ficha de registro bibliográfico.</p>	<p>Información documental que vincule y fundamente entre inteligencia artificial, la nutrición personalizada.</p> <p>Trabajos académicos o <i>papers</i>, entre otros de los años 2015-2021.</p>