

IMPLEMENTACIÓN

DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL
EN LA NUTRICIÓN PERSONALIZADA



Esta obra es editada por la Universidad Tecnocientífica del Pacífico S.C. Calle Morelos, 377 Pte. Col. Centro, CP: 63000. Tepic, Nayarit, México.
Tel. (311) 441-3492. <https://libros-utp.com/index.php/editorialutp/index>.
<https://www.editorial-utp.com/>.
Derechos Reservados © Octubre 2023. Primera Edición digital.

ISBN:

978-607-8759-69-9

DOI:

<https://doi.org/10.58299/utp.170>

La distribución de este libro es bajo Licencia de Reconocimiento No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0). La cual permite compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, adaptar, remezclar, transformar y crear a partir de los documentos publicados por la revista siempre dando reconocimiento de autoría y sin fines comerciales.

Este libro es resultado de una investigación científica en actividades de ciencia y tecnología, llamada Implementación de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada, realizada en la Universidad Nacional del Altiplano. Esta publicación fue sometida a arbitraje por pares externos en modalidad doble ciego (double-blind peer review).



RENIECYT
Registro Nacional de Instituciones y
Empresas Científicas y Tecnológicas
Registro RENIECYT: 1701267



Editorial UTP, una editorial indizada, cuyo objetivo es fortalecer la difusión y divulgación de la producción científica, tecnológica y educativa con altos niveles de calidad; teniendo como base fundamental la investigación y el desarrollo del potencial humano; a través de publicaciones de artículos, libros, capítulos de libros, vídeos, recursos educativos, conferencias, congresos y programas especiales; brindando oportunidades para profesores, investigadores, estudiantes de los distintos niveles educativos en contextos locales, nacionales e internacionales.

CERTIFICA

Que el libro “**Implementación de la inteligencia artificial en la nutrición personalizad**” presentado por las autoras **Karla Cecilia Rivera Valdivia** y **Benita Maritza Choque Quispe**, es producto de investigación científica, tecnológica y educativa como resultado de un proceso exhaustivo de arbitraje de formato y contenido, mediante evaluación interna y externa, doble ciego por pares académicos integrantes del Comité de Innovación y Divulgación de la Producción Científica, Académica y Tecnológica a través de criterios de evaluación establecidos para investigaciones de alta calidad. Publicación de acceso abierto disponible en la Biblioteca Digital de la Editorial UTP.

Se extiende el presente **certificado**, a los 30 días del mes de octubre del año 2023

ATENTAMENTE

Transformando con Ciencias



Dra. Ana Luisa Estrada Esquivel

Presidente del Comité Editorial

Universidad Tecnocientífica del Pacífico



INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO DE NUTRICIÓN	12
1.1. Definición de nutrición.	12
1.1.1. Macronutrientes.	15
1.1.2. Micronutrientes.	17
1.2. Clasificación de nutrientes según su función.	19
1.2.1. Alimentos energéticos.	19
1.2.2. Alimentos estructurales.	21
1.2.3. Alimentos reguladores.	23
1.3. Definición de alimentación.	24
1.3.1. Leyes de la alimentación.	26
1.4. Alimentación saludable.	27
CAPÍTULO II: NUTRICIÓN PERSONALIZADA	31
2.1. Ciencias ómicas.	32
2.1.1. Genómica.	34
2.1.2. Transcriptómica.	35
2.1.3. Proteómica.	36
2.1.4. Epigenómica.	37
2.1.5. Metabolómica.	38
2.1.6. Metagenómica.	40
2.2. Nutrigenética.	41
2.2.1. El papel de la dieta personalizada en la actualidad.	42
2.3. Diferencias entre nutrigenética y nutrigenómica.	44
CAPÍTULO III	46
3.1 Evolución histórica de la inteligencia artificial	47
3.2 Inteligencia artificial: conceptos básicos	49
3.2.1 ¿Cómo funciona la IA?: machine learning y deep learning	50
3.3 Tipos de inteligencia artificial	51
3.3.1 Inteligencia mecánica	51
3.3.2 Inteligencia analítica	53
3.3.3 Inteligencia intuitiva	54
3.3.4 Inteligencia empática	55
3.4 Áreas de aplicación de la IA	56
3.4.1 Ciberseguridad	57
3.4.2 Salud	58
3.4.3 Alimentación y nutrición	62
3.5 Aplicación de la IA en la nutrición personalizada	62
3.6 Desafíos de la IA en la actualidad	63

ÍNDICE

CAPÍTULO IV: APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA NUTRICIÓN PERSONALIZADA	46
Objetivos	72
Tipo de investigación	72
Acceso al campo	73
Selección de información y situaciones observadas	75
Estrategias de recogida y registro de datos	75
Análisis de datos y categorías	97
Resultados y discusión	98
La ciencia en la gastronomía	98
Culturomics y la dieta personalizada	101
Conclusiones	104
Recomendaciones	105
CAPÍTULO IV: NUTRACÉUTICOS EN LA ALIMENTACIÓN	106
5.1 Alimentos funcionales	107
5.2 Los nutraceuticos como alternativa para la salud	109
5.2.1 Clases de nutraceuticos	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

RESUMEN

Este libro es una contribución importante a nivel teórico en relación con los temas que vinculan el campo de la nutrición con el de la inteligencia artificial; además, brinda contenido actualizado al respecto. Se exploran los aspectos centrales de un área que se encuentra en auge en la actualidad: la nutrición personalizada. Además, se pone especial énfasis en la relevancia que tiene el uso de la inteligencia artificial en los aspectos nutricionales. Con el objetivo de ingresar al tema con fundamentos claros, se propone, en primer lugar, un mapeo de los aspectos generales de la nutrición. Luego, se profundiza en la nutrición personalizada y, más concretamente, en las diferentes ciencias ómicas encargadas del estudio y comprensión de las moléculas, así como su participación en el funcionamiento del cuerpo humano. En este punto, la nutrigenética, como rama de la genética, cobra importancia, dado que engarza el análisis genético individual con las dietas óptimas que cada individuo debe seguir de manera específica. Así también, se dedica un capítulo al abordaje de la inteligencia artificial, sus directrices más elementales, así como a las áreas en las que se aplica actualmente, como la nutrición y la alimentación. En el cuarto capítulo se incorpora una investigación de revisión sistemática con respecto a todos los progresos y riesgos que se advierten en la inteligencia artificial y su aplicación en las dietas personalizadas. En ese sentido, esta investigación, valiéndose de una notable revisión de fuentes bibliográficas, ofrece un análisis detallado de los aportes más valiosos de la nutrición personalizada en el mundo de hoy, pero no se restringe únicamente a ello, sino que asume una conciencia crítica con respecto a los progresos de la tecnología y entiende, como parte de sus reflexiones concluyentes, los potenciales peligros a los que la sociedad se enfrenta al usar la inteligencia artificial.

Palabras clave:

Nutrición personalizada, inteligencia artificial, tecnología, alimentación, nutrigenética.

ABSTRACT

This book is an important contribution at a theoretical level and with updated content in relation to the issues that link the world of nutrition with that of artificial intelligence. In this line, it explores the central aspects of an area that is currently in vogue: personalized nutrition. Thus, special emphasis is placed on the relevance of the use of artificial intelligence in nutritional aspects. In order to enter the subject with clear foundations, we first propose a mapping of the general aspects of nutrition. Next, we delve into personalized nutrition and, more specifically, into the different omic sciences, which are responsible for the study and understanding of molecules and their participation in the functioning of the human body; at this point, nutrigenetics, as a branch of genetics, becomes important, since it links the individual genetic analysis with the optimal diets that each individual should follow in a specific way. Of course, a chapter is dedicated to the approach to artificial intelligence, its most elementary guidelines, as well as the areas in which it is currently applied, such as nutrition and food, mainly. The fourth chapter incorporates a systematic review research regarding all the progress, development and risks that are noticed in artificial intelligence and its application to personalized diets. In that sense, this research, using a remarkable review of bibliographic sources, offers a detailed analysis of the most valuable contributions of personalized nutrition in today's world, but it does not restrict itself only to that, but assumes a critical conscience with respect to the progress of technology, and understands, as part of its conclusive reflections, the potential dangers that society faces when using artificial intelligence.

Keywords:

Personalized nutrition, artificial intelligence, technology, food, nutrigenetics.

INTRODUCCIÓN

La nutrición es un tema que desde hace mucho tiempo se ha instaurado en la vida diaria de los seres humanos. Es frecuente participar de conversaciones en las que se abordan temas relacionados con la malnutrición en particular, el sobrepeso o la obesidad, así como su impacto en la salud y el comportamiento de los individuos. Desde lo empírico, se puede saber a grandes rasgos que una nutrición deficiente puede ocasionar patologías que muchas veces llegan a ser mortales, como las enfermedades crónicas (diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer). Por ello, socialmente se hace hincapié no solo en la necesidad de consumir frutas, vegetales o ciertas cantidades diarias de agua al día, sino también en la importancia de realizar actividad física constante y tener una rutina de ejercicios.

No obstante, desde un punto de vista más agudo y crítico, la nutrición tiene que ver con el conjunto de vínculos entre el individuo y los alimentos; en otras palabras, no solo está relacionada con su empleo y asimilación por parte del individuo, sino con las conductas, comportamientos y hábitos alimentarios. La dieta y los requerimientos nutritivos se encuentran íntimamente vinculados con el estilo de vida que adoptan las personas en su contexto natural. Por ejemplo, respecto a los requerimientos nutritivos, resulta indudable que, si un niño recibe, desde su edad más temprana, una dieta con elevado contenido calórico y proteico crecerá con celeridad. Sin embargo, las investigaciones actuales en dicho campo no garantizan que un desarrollo acelerado sea lo más adecuado. En efecto, una dieta apropiada tiene que proveer las cantidades imprescindibles de energía, grasas, proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales para llevar una vida saludable.

Ahora bien, en el vasto campo de estudio que abarca la nutrición, aquella que se desarrolla de manera personalizada ha cobrado mayor relevancia en los últimos años. Basada en evidencias de alta precisión científica, los estudios llevados a cabo en el campo de la nutrición personalizada abordan el impacto de las distintas variantes genéticas de cada persona en la interacción entre dieta y estado de salud. Esto constituye una variación del rol tradicional que la genética ha desempeñado en la identificación del peligro de sufrir ciertas patologías hereditarias, ya que se enfoca en la localización de variantes genéticas que pueden convertirse en factores determinantes para padecer enfermedades vinculadas con la dieta.

Desde su aparición en las discusiones científicas, se advirtió el potencial de la nutrición personalizada en la mejora de la calidad de vida humana, ya que se ha tomado en cuenta su capacidad para retardar el desarrollo de aquellas patologías críticas que una persona puede padecer. Por otro lado, se estima que una nutrición inapropiada puede ser la causa de entre un 30 a 60 % de cánceres, así como de otras patologías crónicas, como sobrepeso, obesidad, diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares, etc. En ese sentido, si se estudia adecuadamente cómo los nutrientes impactan en el desarrollo de ciertas patologías, se puede establecer la dieta más apropiada para contenerlas e, incluso, erradicarlas.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO DE NUTRICIÓN

La alimentación es una de las necesidades centrales del ser humano, y una actividad indispensable para la conformación y el desarrollo de las sociedades. Desde épocas primitivas, los seres humanos supeditaban su alimentación a actividades como la caza, la pesca, la recolección de especies silvestres o de vegetales. El sedentarismo en las sociedades más primigenias fue posible una vez que el ser humano controló la domesticación de animales y el cultivo de plantas para la obtención de alimentos. De este período de la historia hasta la actualidad, el cambio ha sido vertiginoso: se formaron enormes urbes y países con millones de habitantes, y se lograron progresos gracias a los avances y cambios en los sistemas de producción, preservación y repartición de alimentos.

Si bien se entiende que la idea de nutrición es tan antigua como la búsqueda de alimentos, la ciencia de la nutrición es una materia contemporánea. Actualmente, existe un conjunto de conocimientos científicos relacionados con los conceptos y las aplicaciones prácticas. La manera de utilizar adecuadamente los alimentos para la nutrición del organismo es producto de varios años de estudios y análisis en laboratorios. Sin embargo, es importante que los datos obtenidos al respecto sean trasladados a la práctica no solo por expertos en la prescripción de dietas personalizadas, sino también en el ámbito intrafamiliar.

Así, pues, la nutrición se ha posicionado como un tema central en las conversaciones de las personas; se opina sobre la nutrición tan cotidianamente como sobre las armas nucleares, los problemas medioambientales o los impuestos. En suma, la nutrición es un tema muy particular, dado que el juicio de cada individuo estará determinado, en la mayoría de los casos, por la vivencia personal.

1.1. Definición de nutrición

Delimitar conceptualmente la nutrición no es una tarea sencilla, puesto que supone realizar un viaje hasta los primeros tiempos de la civilización, en los que el ser humano consumía alimentos únicamente para su sustento. Las primeras investigaciones sobre la nutrición en el plano científico

se llevaron a cabo en Europa durante el siglo XIX. En ese entonces se estipularon los fundamentos claves de la noción de nutrición como un proceso empleado por el ser humano para adquirir energía. Posteriormente, al finalizar la Segunda Guerra Mundial, los avances en el campo de la nutrición se centraron en el hallazgo de los nutrientes que actualmente se conocen como macronutrientes y micronutrientes, es decir, las proteínas, los lípidos, los carbohidratos, las vitaminas y los minerales.

De acuerdo con Macias *et al.* (2009), terminada la Segunda Guerra Mundial se conformaron dos entidades de alcance internacional para encargarse, en conjunto, de los inconvenientes provocados (a causa del conflicto bélico) en la salud y la alimentación: la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en 1943, y la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1948. La OMS, como se cita en Macias *et al.* (2009), entiende a la nutrición como un conjunto de procesos a través del cual los seres vivos integran, transforman y desechan sustancias provenientes del exterior.

En la segunda mitad del siglo XX, el Ministerio de Agricultura de Gran Bretaña entendió que la ciencia nutricional requiere investigar la totalidad de procesos del crecimiento, preservación y restauración de los organismos vivos que están supeditados a los alimentos. En países como Francia o Alemania, se subrayaba fundamentalmente la dimensión biológica de la nutrición. A inicios del presente siglo, en el Decimoséptimo Congreso Internacional de Nutrición de Viena en 2001, se delimitó la nutrición como el estudio de todas las relaciones entre los atributos funcionales del organismo (comportamiento metabólico) y su entorno ambiental, poniendo énfasis en la contribución calórica que brindan los alimentos, a la par de la significancia de las dietas.

Por otro lado, durante la Declaración de Giessen en el 2005, como se cita Macias *et al.* (2009), se plantea la tridimensionalidad del concepto de nutrición, que se entiende como el estudio de alimentos y líquidos, y la conformación de otros alimentos, así como la influencia de los factores biológicos, sociales y ambientales más importantes. Con respecto a la mirada iberoamericana, la nutrición constituye un vasto y sofisticado grupo de fenómenos biológicos, psicoemocionales y socioculturales vinculados con la adquisición, aprovechamiento y metabolismo de los nutrientes, por lo que las investigaciones llevadas a cabo son de tipo interdisciplinario, e involucran especialidades como biología, historia, política, psicología, ecología, entre otras que tengan impacto en la nutrición (Macias *et al.*, 2009).

Dimensión biológica

El concepto tradicional de nutrición toma a los procesos biológicos aún como ejes centrales, mientras que, según la dimensión biológica, se entiende a la nutrición como un grupo de procesos a través de los cuales el organismo emplea, modifica e interioriza en los tejidos un conjunto de sustancias que obtiene del exterior y cuya función consiste en desempeñar tres roles esenciales: (i) brindar la energía requerida para preservar la integridad y el funcionamiento de las estructuras corporales, (ii) generar y restaurar dichas estructuras, así como controlar los procesos metabólicos, y (iii) disminuir el peligro de padecer ciertas enfermedades a corto, mediano y largo plazo (De la Cruz, 2020).

Dimensión social

En el mundo existen diversas culturas alimentarias en las que se advierten distintas formas de escoger los alimentos y desarrollar los hábitos. En ciertos lugares, debido a la cultura alimentaria —muchas veces contaminada de tabúes o costumbres muy arraigadas—, se restringe el consumo de determinados nutrientes que son necesarios para el organismo. Como indican Calderón-Martínez *et al.* (2017), la cultura alimentaria está relacionada con los usos, tradiciones, hábitos y preparaciones simbólicas de los alimentos, donde, en adición, interviene el ciclo productivo de los alimentos según una región determinada. A su vez, cada nación tiene realidades económicas distintas, de modo que el grado de adquisición no es equitativo, y si en un país predominan las enfermedades vinculadas a la deficiente adquisición de nutrientes, en otros se observan índices elevados de enfermedades crónicas debido al elevado consumo de azúcares y grasas saturadas. En ese sentido, el contexto social, cultural y económico determina la nutrición de una población.

Dimensión ambiental

El índice poblacional de la humanidad ha crecido aceleradamente, motivo por el cual los efectos en el medioambiente son cada vez más severos. Tales cambios tienen impacto en la producción de alimentos, puesto que en ciertos lugares del mundo el curso de las estaciones anuales se ha alterado, dando paso a extensos períodos de sequía o de fuertes lluvias, que provocan la pérdida de enormes hectáreas de cultivos. En ese punto, la mirada ambiental de la nutrición es una

nueva tendencia, cuyo foco se centra en que las prácticas alimentarias brinden soporte a ecosistemas sostenibles y ambientes saludables.

Ciertas perspectivas ecológicas en el terreno de la alimentación y la nutrición subrayan la relación entre los alimentos, los individuos y el medioambiente, de manera que resulte fundamental entender la dependencia que tienen los individuos respecto de la capacidad productiva del planeta. El medioambiente es un vehículo esencial que proporciona un estado nutricional adecuado a los seres humanos; en otras palabras, la totalidad de ecosistemas, comunidades, fenómenos naturales, sistemas alimentarios y variedad biológica, en su conjunto, poseen un impacto directo en los estilos de consumo, el mantenimiento de la vida y el equilibrio de la biosfera (Cadavid & Giraldo, 2017).

1.1.1. Macronutrientes

Los nutrientes presentes en los alimentos, luego de ser ingeridos y asimilados en el epitelio intestinal, ingresan en la circulación sanguínea para ser distribuidos y empleados en distintos tejidos, con la finalidad de adquirir no solo energía, sino también elementos estructurales o reguladores de las funciones biológicas; en otras palabras, los macronutrientes (glúcidos, proteínas, lípidos) son asimilados por los tejidos con objetivos energéticos y estructurales.

Entre los macronutrientes de la dieta, son las proteínas las que contribuyen a una mayor saciedad; a estas les siguen los glúcidos y, finalmente, los lípidos. Alcalá-Bejarano *et al.* (2015) explican que los macronutrientes desempeñan un rol central en la regulación del consumo, puesto que constituyen los únicos signos que dan información al sistema nervioso acerca del consumo de alimentos, pudiendo actuar directa o indirectamente, por medio de diversos mecanismos, *a priori* no excluyentes, y que, por lo general, cambian de un nutriente a otro. Los mecanismos de los macronutrientes son:

- Actúan directamente en los focos nerviosos que regulan el consumo de alimentos, más específicamente en el hipotálamo y el tallo encefálico.
- Tienen influencia en el sistema nervioso periférico, que indirectamente activa o refrena diversas regiones del sistema nervioso central, vinculadas con el consumo de alimentos.

- Fomentan la secreción de péptidos gastrointestinales y demás mediadores endocrinos metabólicos que desempeñan un rol central en la regulación del consumo de alimentos y el peso corporal.

Ciertamente, para regular el peso corporal se necesita, además de preservar el equilibrio energético, establecer un equilibrio entre macronutrientes. Al parecer, la distribución de macronutrientes de la dieta juega un rol central en la regulación del peso y la composición corporal, por ejemplo, ciertas variaciones en la distribución de tales macronutrientes pueden generar un fenotipo obeso. Este es el caso particular de los nutrientes que se orientan de manera predominante hacia el tejido adiposo (Pi *et al.*, 2015).

Resulta importante, sin embargo, tener en consideración que el cuerpo humano requiere, como señalan Hernández y Sánchez (2005), del uso de combustible manifestado en energía química. Tal energía se emplea para las actividades físicas, con el propósito de conseguir calor y preservar la temperatura corporal; además, es necesario para la construcción de sus estructuras, ya que emplea en ello un gran número de reacciones biosintéticas, y para conducir una alta cantidad de sustancias mediante las membranas celulares. En ese sentido, el combustible metabólico es entendido como un compuesto circulante que los tejidos adoptan a fin de producir energía. Existen dos clases de combustibles para el organismo: exógenos, procedentes del consumo de alimentos, y endógenos, procedentes de manera directa de los almacenes tisulares (los triglicéridos, por ejemplo) o de la oxidación incompleta de los demás combustibles.

Recapitulando, las fuentes de combustible presentes en los alimentos son los macronutrientes conocidos como carbohidratos, lípidos y proteínas. En caso de que dichos compuestos sean quemados en una bomba calorimétrica, pueden generar CO₂, agua y, en adición, con respecto a las proteínas, óxidos de nitrógeno. Los macronutrientes también pueden ser oxidados únicamente de manera parcial o ser transformados en otras sustancias, pero, en esencia, o se oxidan de manera completa o se almacenan. Sin embargo, los nutrientes oxidados de manera incompleta dan información acerca de la razón por la cual el organismo expulsa sudores y, en las excreciones, reducidos números de otras sustancias como lactato, cuerpos cetónicos, aminoácidos y demás productos de su metabolismo (Hernández & Sánchez, 2005). En definitiva, es valioso tener en consideración, en materia de nutrición, el uso metabólico que se hace de los nutrientes.

1.1.2. Micronutrientes

Existen bioelementos que, pese a encontrarse en cantidades reducidas en el cuerpo humano (menos de 5 mg/kg), constituyen nutrientes fundamentales (también denominados oligoelementos y micronutrientes) que llevan a cabo funciones imprescindibles para la vida, el desarrollo y la reproducción. Asimismo, los micronutrientes minerales son conocidos como *elementos traza* o *metales traza*. Entre los más esenciales se encuentran el hierro, manganeso, cobre, yodo, cobalto, selenio, flúor y zinc.

Los elementos traza intervienen en múltiples procesos fisiológicos, concretamente, en el sistema inmunológico y el metabolismo, ya que tienen su rol de cofactores en la modulación de actividades enzimáticas y constituyen una sección integral en las enzimas, a la manera de los grupos prostéticos. El zinc (Zn) es también un cofactor de aproximadamente cien enzimas, en tanto que el selenio (Se) es necesitado en la forma de selenocisteína para la enzima glutatión peroxidasa. Los minerales son fundamentales para el control genético, como ocurre con el zinc en los *zinc fingers*, causa que se encuentra en un factor de transcripción que se relaciona con el ADN para regular la transcripción génica de un sinnúmero de proteínas claves para la vida celular (Granados-Silvestre *et al.*, 2014).

Asimismo, los micronutrientes pertenecen al complejo de los antioxidantes. Mediante el metabolismo, el cuerpo humano puede producir especies reactivas de oxígeno que perjudican, particularmente, la membrana celular y los ácidos nucleicos. El perjuicio potencial es frenado por mecanismos que interactúan de manera directa con las especies reactivas de oxígeno, tales como los sistemas enzimáticos que modifican los productos de oxidación: la enzima superóxido dismutasa (que depende del zinc, el cobre o el manganeso), glutatión peroxidasa (que depende del selenio) y catalasa (que depende del hierro). Igualmente, el cromo (Cr) interviene en la regulación de la homeostasis de la glucosa y el metabolismo de los lípidos, y el magnesio (Mg), el segundo catión intracelular más numeroso, participa en el metabolismo energético, en la síntesis de proteínas y en la modulación del transporte de glucosa mediante la membrana celular (Granados-Silvestre *et al.*, 2014).

Como explica Taboada (2017), de los micronutrientes entendidos como principales, el zinc (Zn) y el cobre (Cu) tienen un papel central que consiste en la regulación de diversos procesos

metabólicos, mientras que su presencia deficiente genera cambios fisiológicos y estructurales. Dichos micronutrientes desempeñan una gran diversidad de funciones fundamentales en el metabolismo intermediario, en la proliferación celular, así como en los procesos de óxido y reducción. Un adulto posee entre 2 y 3 gr de zinc (repartidos, en esencia, en los huesos, tejido muscular y eritrocitos) que son importantes para la acción de más de setenta enzimas, donde las más resaltantes se asocian con el empleo de energía, la síntesis de proteínas y la protección oxidativa. En adición, el zinc cumple un rol importante en la estabilización de determinadas macromoléculas (donde están comprendidos determinados receptores nucleares de hormonas tiroideas o esteroides) y de las membranas celulares.

Por otro lado, el cobre (Cu) es un micronutriente mineral principal que existe en un individuo adulto en cantidades de 50 y 120 mg. El 60 % del contenido total de cobre en el cuerpo humano está presente en músculos, piel y esqueleto. Los síntomas de deficiencia del cobre en el organismo, presentes en personas con nutrición parental o diarreas crónicas, se ven al momento de reconocer cuproproteínas y enzimas cobredendientes que participan en reacciones oxidativas vinculadas con el metabolismo del hierro, de los aminoácidos precursores de neurotransmisores, del tejido conectivo y con la expulsión de radicales libres. Asimismo, el cobre está presente en enzimas que disponen de actividad oxidorreductasa; de igual modo, el cobre pertenece a los factores de transcripción que regulan la expresión génica y participan en el sostenimiento de la integridad del sistema inmunológico (Taboada, 2017).

Micronutrientes como la quercetina, la vitamina D, el sulforafano, el zinc, entre otros, han presentado un impacto antioxidante e inmunoregulator semejante al ácido ascórbico. Aguilar (2020) señala que, por ejemplo, en pacientes con VIH, la suplementación de un micronutriente como el zinc disminuye cuatro veces el defecto inmunológico. En efecto, resulta complicado detallar la actividad del zinc en el sistema inmunológico, dadas las múltiples modificaciones moleculares que pueden ocurrir de forma secundaria a la deficiencia de dicho sistema. Las alteraciones de la quimiotaxis, la fagocitosis, el estallido respiratorio y la composición de tramas extracelulares de neutrófilos son capaces de dar cuenta de la mayor vulnerabilidad a las patologías. Por su parte, la vitamina D regula el sistema inmunológico innato, y tiene la capacidad de generar un impacto regulador en la liberación de citocinas y péptidos antimicrobianos, así como en la

acción antiinflamatoria. Por último, micronutrientes como la quercetina y el sulforafano han evidenciado un espectro antiviral a través de mecanismos sofisticados.

En la actualidad, se conoce que, además de su impacto en el sistema respiratorio, la COVID-19 también puede ocasionar trastornos gastrointestinales y ser perjudicial para el sistema cardiorrespiratorio. El período que va desde el comienzo de los síntomas hasta el deceso fluctúa entre 6 a 41 días, con una mediana de 14 días. Ahora bien, se sabe que las citocinas desempeñan un papel central en la inmunopatología de las infecciones virales, por lo tanto, la tormenta de citocinas capaz de fomentar mayor inflamación y deterioro celular constituye uno de los mecanismos asociados a las enfermedades como efecto de la COVID-19. No obstante, Aguilar-Sánchez (2020) sugiere que la actividad antiinflamatoria de los micronutrientes ya mencionados tiene probabilidades de estar relacionada con el favorecimiento del sistema inmunológico.

1.2. Clasificación de nutrientes según su función

La categorización de los nutrientes se lleva a cabo en conjuntos según la función que cumplen en el cuerpo humano. En ese sentido, los alimentos se dividen en tres grupos: energéticos, estructurales y reguladores.

1.2.1. Alimentos energéticos

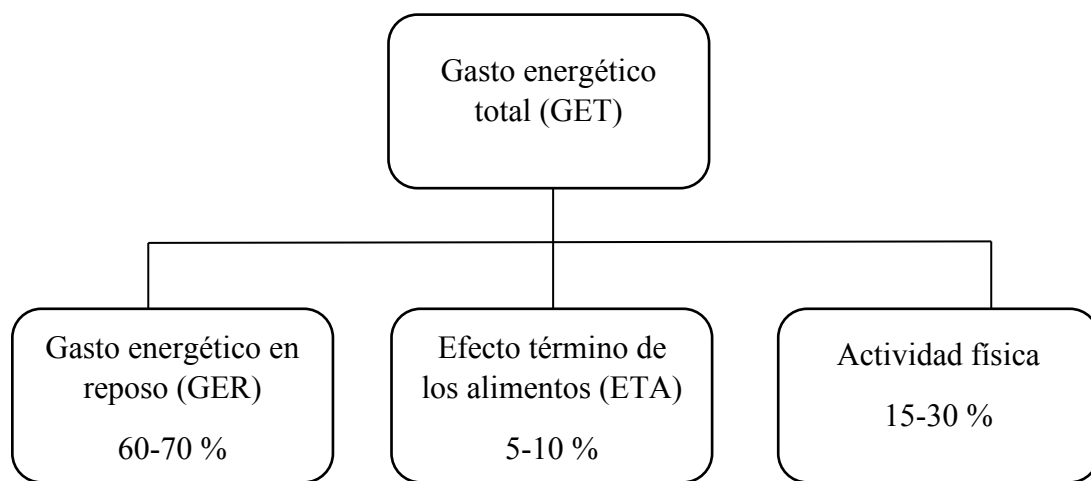
El papel de la alimentación y su repercusión para contribuir y regular la energía en el cuerpo humano es clave; no obstante, ese rol tiene que ser abordado desde múltiples perspectivas, dado que no es sencillo comprender el proceso global de la nutrición sin prestar atención, en primer lugar, a los fenómenos que brindan la posibilidad de adquirir energía del exterior y su subsiguiente uso. El cuerpo humano dispone de diversos sistemas metabólicos que le brindan la posibilidad de generar y regular la energía adquirida de los nutrientes presentes en los alimentos. A su vez, el organismo emplea esa energía a través de distintos procesos, a fin de construir, restaurar y controlar el metabolismo.

La alimentación, entonces, ocupa un rol central, debido a que de los alimentos consumidos se obtiene la energía y los materiales de las estructuras en los procesos de síntesis celular. La energía que brindan los nutrientes es química; sin embargo, no puede ser empleada como tal, motivo por el cual resulta esencial que para su uso se convierta en energía disponible. Para ello,

en el proceso de la digestión, los alimentos se degradan y, posteriormente, se absorben; luego, cuando se encuentran en el torrente sanguíneo, son empleados como sustratos en el metabolismo celular, donde se convierten en ATP o, caso contrario, se almacenan en el organismo (Díaz, 2010).

En términos de energía, el gasto energético total consiste en el número de calorías que una persona tiene que consumir para suplir las necesidades energéticas, de manera que le brinden la posibilidad de llevar a cabo actividades físicas y fisiológicas. Ciertamente, el gasto energético total se compone de tres dimensiones: gasto energético en reposo (GER), efecto término de los alimentos (ETA) y actividad física, como se detalla en la siguiente figura:

Figura 1. Composición del gasto energético total



Nota. Elaboración propia

Existen múltiples causas que tienen impacto en el gasto energético en reposo (GER) y delimitan su variación significativa de un sujeto a otro; entre dichas causas se encuentran la composición corporal, más concretamente, el porcentaje de masa muscular, la edad, el sexo, la producción hormonal y el índice de actividad física, el estado fisiológico, el consumo de fármacos que modifican el metabolismo y la aparición de una patología. La determinación de la necesidad energética para el GER constituye el componente inicial y básico en el proceso de atención nutricional. A fin de determinar el GER, se emplean ecuaciones de predicción con base en datos antropométricos sencillos de aplicar, de poca sofisticación y costo, pero poco exactos. Los

procedimientos más precisos para determinar el GER, por lo regular, son más sofisticados y caros, además de invasivos, y no se encuentran disponibles para el uso común (Nicolalde *et al.*, 2019).

Influencia energética en la obesidad

Diversas investigaciones han demostrado un notorio incremento del consumo de energía diaria vinculada con el aumento de la ingesta de bebidas azucaradas en niños, adolescentes y adultos. No obstante, la demostración no es tan fuerte en lo relativo al vínculo positivo entre la ingesta de bebidas azucaradas y la obesidad. Esto resulta entendible debido a que tanto el sobrepeso como la obesidad son patologías tan sofisticadas desde una perspectiva metabólica, como para señalar a un solo alimento como el factor indiscutible de su desarrollo. Así, de acuerdo con Martínez (2013), la discusión se vuelve controvertida porque existen investigaciones que subrayan el posible vínculo entre ingesta de bebidas azucaradas y el peligro de sobrepeso y obesidad, mientras que otras investigaciones sostienen lo contrario.

En caso de que se considere una asociación positiva, debe tenerse en consideración que el desarrollo de la obesidad en Estados Unidos fue simultáneo al aumento de la ingesta de fructosa agregada como producto y de la entrada del sirope de maíz alto en fructosa utilizado como endulzante para bebidas. La demostración acerca del vínculo causal entre consumo alto en fructosa y desórdenes metabólicos es muy evidente, a tal punto que una investigación realizada en adultos americanos demostró la relación entre el consumo de fructosa y la dislipidemia (Martínez, 2013). Como consecuencia, el enorme consumo de bebidas azucaradas aumentaría el peligro de padecer diabetes tipo 2, como reveló el Health Professional Follow-Up Study (HPFS), impacto que generaría, además, un incremento del peligro de enfermedad coronaria de acuerdo con el Nurse's Health Study (cuando se consumen más de dos unidades al día de esta clase de bebidas, el peligro incrementa en un 35 %, en comparación con las personas que no las ingieren o lo hacen en cantidades reducidas) (Martínez, 2013).

1.2.2. Alimentos estructurales

Los alimentos no aportan únicamente energía que el organismo pueda utilizar, sino que constituyen la fuente primordial de sustancias de carácter estructural y suministran biocatalizadores preformados, requeridos para un gran número de reacciones de degradación de nutrientes consumidos y de biosíntesis de otras sustancias. Hernández y Sánchez (2005) explican

que las proteínas consumidas con la dieta son la fuente esencial de los aminoácidos para la elaboración de proteínas corporales. De otro lado, los lípidos propios de los alimentos no se encargan solo de suministrar energía, sino que constituyen la fuente de otros compuestos estructurales, como los ácidos grasos esenciales y el colesterol, claves para la estructura de las membranas celulares. Igualmente, la glucosa procedente de los carbohidratos de la dieta no se emplea únicamente para obtener energía, sino que se usa para la formación de múltiples estructuras donde se encuentran implicadas glicoproteínas y glicolípidos, y a manera de mediadores metabólicos, de vital significancia en el funcionamiento celular.

A nivel estructural, las proteínas son los componentes esenciales de la estructura de los tejidos corporales. Los músculos y los órganos se encuentran formados por proteínas que resultan indispensables para su crecimiento y progreso, así como para la preservación y sustitución de los tejidos deteriorados y afectados. Están presentes en todas las secciones de la célula, debido a que, más allá de formar su estructura, son imprescindibles en las funciones celulares. El hecho de que haya diversas actividades biológicas se debe a que su constitución tridimensional define su capacidad de llevar a cabo tal o cual función (López, 2014).

Los componentes esenciales de las proteínas son los aminoácidos, constituidos por hidrógeno, carbono, nitrógeno y oxígeno. Todas las proteínas se encuentran caracterizadas por una secuencia organizada de aminoácidos, de manera que su composición y longitud y, por ende, su peso, son particulares en cada una. Como sostiene López (2014), las proteínas que se encuentran determinadas por su secuencia de aminoácidos, por la existencia de otros componentes orgánicos o inorgánicos en su conformación y por la forma tridimensional que asumen, son particulares cada una y se encargan de sus funciones biológicas, tan significativas como variadas. De esa manera, se tienen proteínas que operan como enzimas, que cumplen la función de favorecer y estimular las reacciones químicas que se llevan a cabo dentro de las células. Y, por supuesto, están las proteínas que cumplen roles estructurales claves, como el colágeno, que compone huesos y tendones, o vincula conjuntos de células para formar los tejidos; y la queratina, que se encuentra presente en uñas y cabello.

Cabe mencionar que los tejidos blandos (tendones, ligamentos, vasos arteriales, cartílagos articulares) constituyen estructuras sofisticadas fortalecidas con fibras y sus atributos están supeditados a la concentración y disposición de sus componentes esenciales como la elastina, el

colágeno y las células musculares. La elastina constituye la proteína central de las fibras elásticas de las arterias, venas y piel, y contribuye a la elasticidad de los órganos en los que se encuentra presente. Por su parte, el colágeno es el componente estructural central de los tejidos blandos, que contribuye a la resistencia mecánica. Es una proteína que, al igual que la elastina, constituye uno de los elementos primordiales de la matriz extracelular de los tejidos blandos. Cabe señalar, además, que los vasos sanguíneos preservan su forma cilíndrica a causa de la estructura de las fibras de colágeno que componen una trama en espiral, brindándole soporte a la estructura (Otero-Martínez *et al.*, 2014).

1.2.3. Alimentos reguladores

La biodisponibilidad de los nutrientes, es decir, cuando el nutriente es empleado y absorbido, suele ser variable y está sujeta a diversos factores. Existen alimentos que presentan sustancias con la capacidad de asociarse a ciertos minerales, conformando compuestos sofisticados que el organismo es incapaz de absorber, disminuyendo notablemente su disponibilidad. Tanto los minerales como las vitaminas no aportan energéticamente al organismo, sin embargo, ocupan funciones reguladoras sustanciales, más allá de su función estructural, ya que pertenecen a la estructura de múltiples tejidos.

El calcio (Ca) es un componente celular muy importante para preservar o llevar a cabo las múltiples funciones especializadas de casi todas las células del cuerpo humano. Con respecto a su función reguladora, puede desempeñar su función de manera activa o pasiva. Martínez (2016) indica que, de manera pasiva, los niveles de calcio plasmáticos regulan las reacciones enzimáticas. En su función activa, la cumple la concentración intracelular de Ca^{2+} . Las modificaciones en su concentración intracelular, como reacción a un estímulo (hormona, neurotransmisor, entre otros), modifican el comportamiento o la respuesta funcional de dicha célula. En tales respuestas funcionales forman parte de la división, secreción, agregación, contracción muscular, transformación y metabolismo celulares. El sostener una concentración apropiada de Ca^{2+} citoplasmático, en relación con el extracelular, ayuda a que la célula cumpla su función de manera idónea. No obstante, un aumento poco regulado en el citoplasma puede originar un proceso de deterioro y muerte celular.

La importancia del yodo en la función tiroidea es ampliamente conocida. Las hormonas tiroideas poseen múltiples átomos de yodo en su composición, tres en la triyodotironina (T3) y una más en la tetrayodotironina (T4). El yodo no es un componente que se genera al interior del organismo, sino que se obtiene mediante la dieta, y su presencia es indispensable para la composición de hormonas tiroideas (Martín-Almendra, 2016). Además, es un nutriente, cuya necesidad varía a lo largo de la vida, pero siempre en cantidades reducidas. Las necesidades del yodo se calculan en milésimas de gramo, motivo por el cual es un micronutriente, por lo que se distingue de sustancias cuya ingesta es requerida diariamente para llevar una vida sana, como los macronutrientes (lípidos, proteínas o azúcares).

La existencia de una regulación fisiológica permite comprender que la formación de hormonas tiroideas requiere de la provisión apropiada de yodo. El balance de yodo es sostenido mediante su consumo presente en alimentos y el agua, aunque más concretamente en la sal yodada. El proceso de regulación existente en la glándula tiroidea, al cumplirse funcionalmente sus cualidades, permite mantener en el organismo niveles idóneos de tiroxina, pero cuando se generan cambios altos o bajos en sus niveles, es probable la aparición de una enfermedad que estará caracterizada por la irrupción de cambios en el organismo (Bedoya-Romo *et al.*, 2019).

1.3. Definición de alimentación

La alimentación constituye una actividad mediante la cual el ser humano adquiere del entorno una serie de sustancias primordiales para nutrirse y vivir. Estas sustancias luego son incorporadas en los alimentos que conforman la dieta. Debido a ello, la alimentación es una de las actividades esenciales para la supervivencia del ser humano, ya que ocupa un rol protagónico en la socialización y su vínculo con el medio en que el individuo se desenvuelve.

La alimentación es un constructo social y cultural. Para que los alimentos se conviertan en productos de consumo, atraviesan un proceso de modificación que da cuenta de normas culturales de categorización y combinación. Durante este proceso se transforman en productos deseables; en otras palabras, en alimentos.

Franco (2010) señala que los alimentos no solo satisfacen las necesidades básicas para la subsistencia del ser humano. A través de estos se conciben normas y comportamientos con los que las personas se involucran socialmente. Los alimentos adoptan usos e importancias múltiples de

acuerdo con las circunstancias históricas y sociales; sin embargo, el proceso de socialización e interacción que acontece alrededor de la alimentación constituye un punto clave del acto alimentario. La reunión entre personas, así como el encuentro constante y concertado en relación con el proceso de alimentación, posibilitan la transición del nivel instintivo y fisiológico de suplir el hambre hacia un proceso de socialización que va más allá de la cuestión individual. En ese sentido, el acto alimentario está constituido por un consumidor, el alimento y los contextos sociales específicos en que interactúan tanto condiciones y estructuras, como relevancias subjetivas y normas objetivas.

Perspectiva social de la alimentación

Por medio de la alimentación, es posible analizar con mayor claridad a la sociedad de los consumidores, tomando en consideración que el hecho alimentario se ubica en un momento, un espacio y un contexto social específicos. Por tal motivo, es posible también estudiar una buena parte de los asuntos económico-políticos e ideológico-culturales con mayor claridad que cuando se realizan estudios directos. Inclusive, se puede examinar con un criterio alimentario y nutricional las investigaciones concretas (ecológicas, económicas, políticas, entre otras), generando nuevas interrogantes y sacando a la luz condicionamientos a los que los expertos no suelen prestar atención. De hecho, una perspectiva relacional brinda la posibilidad de extender la comprensión, a fin de entender que no se estudia solo la alimentación, sino también el contexto social en que esta se lleva a cabo y a los consumidores (Aguirre, 2016).

Siguiendo con Aguirre (2016), la alimentación es, simultáneamente, individual y social, debido a la naturaleza dual del gusto, que es una construcción social que impulsa al individuo a seleccionar aquello que está condicionado a comer inevitablemente. Desde hace miles de años, siempre que se pensó en torno a la alimentación, se tuvo presente a la nutrición como constituyente de trascendencia central: en los individuos para preservar la salud y en las comunidades para preservar el orden. Por tal motivo, representa un área ciertamente clave para la epidemiología, debido a que concentra en un mismo campo concepciones múltiples, es decir, se trata un factor de enorme importancia para los procesos de salud y enfermedad, así como un fenómeno sociocultural, económico y político.

1.3.1. Leyes de la alimentación

Una alimentación adecuada se obtiene mediante una dieta balanceada, la cual posibilita la satisfacción de necesidades en términos de energía y nutrientes. Una dieta es un conjunto de alimentos que, más allá de satisfacer las demandas del paladar, aporta los nutrientes necesarios para el organismo, de manera que este pueda cumplir con sus funciones fisiológicas de crecimiento y desarrollo. En esa línea, una dieta balanceada debe seguir las siguientes leyes (Mariño *et al.*, 2016):

Suficiente

Los distintos componentes de la dieta tienen que estar presentes en cantidades que aseguren la satisfacción de las necesidades de energía y nutrientes del organismo.

Variada

La dieta engloba distintos alimentos en cada porción que se ingiere, por lo que un mismo alimento puede ser elaborado de múltiples maneras aplicando distintas técnicas culinarias, con adecuadas prácticas de higiene de preparación y conservación.

Completa

Una dieta completa comprende nutrientes esenciales para el óptimo funcionamiento del organismo, tales como carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas, minerales o agua.

Armónica

Los nutrientes responsables de aportar energía tienen que sostener el equilibrio. En otras palabras, la dieta que se ingiere debe mantener cierta proporción y relación entre cada uno de los nutrientes cuando sean consumidos. En ese sentido, la proporción recomendada es la siguiente:

- Proteínas en un 10-15 % de la energía diaria total. Su equivalente energético constituye cerca de 4 kcal/g.
- Grasas en un 15-30 %. Su equivalente energético constituye cerca de 9 kcal/g. El consumo de ácidos grasos saturados no puede sobrepasar el 10 % de la energía total; los monoinsaturados, el 15 %; y los poliinsaturados, el 7%.

- Carbohidratos en un 55-75 %. Su equivalente energético constituye cerca de 4 kcal/g. Sus componentes tienen que presentarse en cantidades de semejante proporción.

Adecuada

La dieta adecuada tiene que contemplar el sexo, la edad, el nivel de actividad física y la condición fisiológica de la persona en función de sus necesidades nutricionales.

Inocua

La dieta inocua no implica peligros para la salud, es decir, se encuentra libre de microorganismos patógenos, tóxicos y contaminantes xenobióticos.

1.4. Alimentación saludable

En el presente, la salud se entiende como un concepto pluridimensional que, si bien se enfoca en evitar enfermedades, también abarca el bienestar mental y físico. Los hábitos de vida, las oportunidades y las emociones que generan la integración de un individuo y que permiten el goce de la vida también encajan en el concepto de salud. Sin embargo, es importante marcar la diferencia que existe entre la condición objetiva de la salud personal y el estado anímico, ya que este último puede ser potenciado mediante estilos de vida saludables, entre los que, por supuesto, se cuenta la alimentación adecuada (Blázquez *et al.*, 2016).

Los hábitos de vida determinan un nivel más importante de salud, y como parte de los estilos saludables, una alimentación balanceada resulta clave y aporta a la prevención de una gran cantidad de patologías. Se han realizado diversas investigaciones que vinculan una dieta balanceada con la salud, aunque, en la actualidad, es polémico el vínculo entre los estilos alimentarios y la autopercepción de la salud. Ciertos estudios coligen que hay una relación entre la práctica de una dieta mediterránea y el nivel de salud percibido, e inclusive desarrollan las consecuencias protectoras en la salud de determinados componentes individuales de la alimentación. Por ejemplo, una elevada ingesta de pescado, frutas y verduras, así como de alimentos ricos en fibra está relacionada con una mejor salud autopercebida, y resulta sugerente subrayar que la ingesta de tales alimentos pertenece a la dieta mediterránea. El patrón de este tipo de dieta brinda la posibilidad de evaluar, además del impacto de un nutriente o alimento de manera separada, el grupo de alimentos ingeridos y las potenciales sinergias que puedan darse entre ellos.

Se ha planteado además que el impacto protector de la dieta mediterránea en el estado de salud puede tener plausibilidad biológica, mediante diversos mecanismos como un impacto favorable en el metabolismo, la resistencia a la oxidación de las células, la inflamación, la sensibilidad a la insulina y el estado de ánimo (Blázquez *et al.*, 2016).

De acuerdo con Calañas-Continente (2005), la alimentación saludable tiene que concentrar las siguientes cualidades:

- Tiene que ser variada: no hay alimento que presente la totalidad de nutrientes fundamentales, motivo por el cual se requiere una contribución diaria y variada de todos los grupos de alimentos en las cantidades apropiadas para satisfacer los requerimientos fisiológicos del cuerpo humano. Cierta evidencia indica que en una semana se requieren por lo menos entre 20 y 30 clases de alimentos distintos, en especial de procedencia vegetal, para conseguir una dieta saludable. La diversidad de alimentos puede nivelar la falta de un nutriente particular por su contribución en otro de los alimentos de la dieta. Asimismo, es capaz de reducir el efecto de componentes tóxicos que, artificial o naturalmente, existen en un alimento. La ausencia de variedad dietética constituye un conflicto serio y en vías de desarrollo, ya que la dieta tiene fundamento en la ingesta de almidones, pero no suele englobar productos animales y, únicamente lo hace con frutas y verduras según las estaciones. En niños y adultos la variedad se ha relacionado con un mejor estado nutricional, indistintamente del nivel socioeconómico, y constituye un índice adecuado de probabilidad de cubrir las necesidades nutricionales y de una calidad nutricional más elevada.
- Tiene que ser balanceada y apropiada: las proporciones de los alimentos seleccionados tienen que regularse con el objetivo de beneficiar la diversidad alimentaria, de manera que la alimentación vaya en función de los requerimientos nutricionales de cada individuo con sus cualidades y condiciones específicas.
- Tiene que ser saludable: la alimentación saludable engloba las categorías de diversidad, balance y adecuación, así como las cualidades de un hábito de vida sana. Una alimentación sana brinda la posibilidad de: i) crecimiento y progreso del niño; ii) preservación de la salud, la actividad y la inventiva del adulto, y iii) la supervivencia y el bienestar del adulto mayor. En adición, el concepto de lo saludable se asocia con una alimentación que

beneficia y permite el óptimo estado de salud, y que reduce el peligro de patologías crónicas vinculadas con la alimentación.

Alcanzar una alimentación saludable no es solo responsabilidad de la población; es un tema que merece ser asumido como un problema de salud pública, acompañado de una política estatal que apunte a educar, comunicar y fortalecer a la comunidad de modo adecuado sobre el vínculo existente entre actividad física, alimentación y salud. Además, es necesario hacer énfasis en el gasto energético, los múltiples tipos de dietas y las modalidades de actividades físicas que disminuyen el riesgo de contraer patologías no transmisibles, así como tomar decisiones saludables en términos de productos alimenticios (Carcamo & Mena, 2006). De igual manera, una política estatal tendría que estar orientada a neutralizar los mensajes que fomenten prácticas alimentarias no apropiadas o la inactividad física, fomentando los mensajes positivos y benéficos para la salud, por ejemplo, utilizando advertencias en el etiquetado nutricional de los productos para que el consumidor pueda leerlas, pues estos deben acceder a una información exacta, estandarizada y transparente acerca del contenido de los productos alimenticios, a fin de hacer más sencilla la toma de decisiones saludables.

Ley de promoción de la alimentación saludable en el Perú

El 10 de mayo de 2013, el Congreso de la República del Perú (2013) aprobó la Ley N.º 30021, *Ley de Promoción de la Alimentación Saludable para Niños, Niñas y Adolescentes*. Esta ley fue promulgada el 16 de mayo de 2013 y publicada en el *Diario Oficial El Peruano* el 17 de mayo del mismo año. La mencionada legislación plantea la protección y el fomento del derecho a la salud pública, el crecimiento y desarrollo apropiado de los individuos por medio de acciones educativas, la consolidación y promoción de la actividad física, la instalación de kioscos y comedores saludables en las escuelas y la fiscalización de la publicidad y la información, así como otras prácticas relacionadas con alimentos y bebidas no alcohólicas orientadas a niños, niñas y adolescentes. Esta ley busca disminuir y eliminar las patologías asociadas con el sobrepeso, la obesidad y las enfermedades crónicas entendidas como no transmisibles (Zelaya, 2017).

Con respecto a la educación nutricional, la ley determina que el Ministerio de Educación es el ente encargado de fomentar la enseñanza de las dietas saludables, integrando programas de difusión de estilos de alimentación al diseño curricular nacional de las escuelas, que aporten a la

optimización de los niveles de nutrición. Asimismo, el Ministerio de Salud debe trabajar en conjunto con el Ministerio de Educación a fin de llevar a cabo campañas y charlas informativas para impulsar la alimentación saludable y perfeccionar los estilos alimentarios, así como promocionar a escala nacional, en los medios de comunicación masiva, los beneficios de una alimentación saludable.

Siguiendo con Zelaya (2017), entre los múltiples aportes de la Ley N.º 30021, se encuentra la creación del Observatorio de Nutrición y del Estudio del Sobrepeso y Obesidad, bajo la tutela del Ministerio de Salud, como institución supervi sora que brinda información y realiza un análisis periódico del estado nutricional de la población infantil y de la evolución de los índices de sobrepeso y obesidad en niños, niñas y adolescentes, a la vez que estima sus consecuencias.

CAPÍTULO II

NUTRICIÓN PERSONALIZADA

En los últimos años, el término "nutrición personalizada" ha ido cobrando importancia en el ámbito de la salud. Los avances científicos señalan que los macronutrientes y los micronutrientes poseen la capacidad de influir en los múltiples procesos metabólicos, celulares y moleculares, así como en la estructura del ADN y la expresión génica. De acuerdo con Milagro y Martínez (2015), esto puede significar, de manera directa o indirecta, un método preventivo para una gran cantidad de patologías relacionadas con la nutrición. El campo de la nutrición personalizada es investigado, en esencia, por la nutrigenómica, que estudia la capacidad de los nutrientes para modular los mecanismos moleculares que están detrás de las funciones fisiológicas del organismo (la expresión génica, particularmente).

La nutrición personalizada encaja en el marco de la medicina personalizada, y suele entenderse como la elaboración de una estrategia dietética y nutricional basada en el genotipo, con la capacidad de fomentar la salud y la prevención de posibles patologías. De manera distinta a lo que ocurre en la salud pública, la nutrición personalizada limita las estrategias nutricionales a las características individuales de las personas, sobre todo, en función de las necesidades específicas de cada individuo y de cada caso específico. En otras palabras, la nutrición personalizada tiene como propósito personalizar las dietas del consumidor de acuerdo a las metas que se haya planteado; para ello, se realiza seguimiento a las preferencias y a los estilos alimenticios de las personas, tomando en consideración su profesión y hábitos de vida, sus potenciales condiciones patológicas, entre otros aspectos.

Para dimensionar el papel de la nutrición personalizada en la vida de las personas (y alentar su investigación), debe tenerse en cuenta que es una rama que puede ser aplicada en dos ámbitos clínicos: por un lado, el asesoramiento dietético de pacientes con patologías concretas, tales como la obesidad, diabetes mellitus, entre otras, o en pacientes que requieren de un soporte nutricional específico debido a su condición (personas de edad avanzada o mujeres gestantes). Por otro lado, se puede aplicar en la elaboración de intervenciones de mayor efectividad para optimizar la salud pública. Sin embargo, un individuo común también puede desear acceder a una forma de nutrición

personalizada para conseguir metas individuales que no necesariamente están vinculadas con la salud; ejemplos de ello son las preferencias o repulsiones ante alimentos particulares, las metas para conseguir un tamaño o dimensión corporal esperados, o bien para la competencia en ciertos deportes (De Luis *et al.*, 2021). En suma, la nutrición personalizada, si bien centra su atención en la mejora de la salud de las personas, es un campo que también puede extenderse hacia diversos ámbitos de la vida cotidiana.

2.1. Ciencias ómicas

La palabra "ómica" es un sufijo que procede del vocablo griego *oma*, que significa 'conjunto', y que se emplea en la biología molecular. Está relacionado con el estudio de un conjunto de elementos semejantes. A partir de ello, han aparecido los términos genoma (grupo de genes), transcriptoma (grupo de transcritos), proteoma (grupo de proteínas) y metaboloma (grupo de metabolitos). En ese sentido, y según la clase de compuesto que se examine y de la clase de información biológica que se quiera recolectar, aparecen las categorías de genómica, transcriptómica, proteómica o metabolómica.

De acuerdo con Cartea (2017), las técnicas ómicas son instrumentos decisivos en la mejora de la genética vegetal, debido a la potencialidad que presentan, no solo en el área de la investigación básica, en el mapeo de genes y en la identificación de marcadores moleculares, sino también en el reconocimiento de funciones y redes regulatorias que impactan en las cualidades que se espera optimizar, como la resistencia a enfermedades y plagas, rendimiento físico o calidad nutricional.

En la actualidad, es posible observar grandes avances en cuanto al desarrollo de tecnologías, lo que ha dado pie a la elaboración de equipos analíticos capaces de reconocer y medir diversas moléculas. Este progreso ha ido de la mano con la creación de computadoras y equipos de gran capacidad, que brindan la posibilidad de almacenar una enorme cantidad de información; a su vez, el desarrollo de *software* permite el análisis de los datos obtenidos. Lo anterior ha traído como resultado el análisis de distintas moléculas (ADN, ARN, proteínas, entre otras) y la generación de redes de interacción entre ellas, a fin de entender con más precisión los sofisticados sistemas biológicos del ser humano.

Frigolet y Gutiérrez-Aguilar (2017) explican que, alrededor de los años 80, la categoría "ómica" se utilizó para aludir al estudio de un conjunto de moléculas. La genómica, por ejemplo,

tiene que ver con la investigación de diversos genes en el ADN; la transcriptómica consiste en el estudio de múltiples transcritos o ARN; la proteómica, por su parte, estudia diversas proteínas; la metabolómica, a su vez, es el examen de los metabolitos, entre otros.

Anteriormente, los químicos y biólogos llevaban a cabo la parte experimental de la investigación y observación de un número reducido de moléculas susceptibles de ser examinadas en laboratorios. Debido al progreso de la tecnología y de los instrumentos de análisis, se aumentó la cantidad de moléculas detectables simultáneamente, razón por la cual se han constituido equipos interdisciplinarios compuestos por biólogos, químicos, programadores, bioestadísticos, médicos, entre otros, que de manera conjunta participan en la interpretación de toda la información recopilada (Figolet & Gutiérrez, 2017).

Al incrementar la cantidad de moléculas de los análisis, ha sido fundamental aumentar las dimensiones de las muestras para conservar un poder estadístico válido. Por tal motivo, se crearon biobancos, tales como el del Reino Unido, para el que se convocaron 500 000 personas y se tomaron muestras de sangre, orina y saliva para su consiguiente análisis. Esta clase de biobancos permitirá a las múltiples disciplinas ómicas examinar enfermedades, con el propósito de mejorar los diagnósticos, los planes preventivos y sus tratamientos.

Tabla 1. Distintas ciencias ómicas ampliamente utilizadas en la actualidad

Tecnología	Moléculas	Equipamiento
Genómica	DNA	Secuenciación masiva (NGS)
Transcriptómica	RNA	
Proteómica	Proteínas	Espectrometría de masas
Metabolómica	Metabolitos	
Glicómica	Carbohidratos	
Lipodómica	Lípidos	
Fluxómica		Modelado computacional
Epigenómica	DNA metilado	Chlp-Seq/Hi-C/ChIA-PET
Metalómica	Metaloproteínas, metaloides y metales	Espectroscopia de absorción atómica (AAS) Espectrometría de masas de plasma acoplado por inducción (ICP-MS)
Metagenómica	DNA/rRNA	Secuenciación masiva (NGS)

Nota. Tomado de Hurtado (2022)

2.1.1. Genómica

Mediante una mirada operativa, se entiende que un genoma es la secuencia total de ADN que posee un organismo en particular al interior de una célula. De manera más amplia, se puede decir que la investigación de la organización y evolución de los múltiples genomas (eucariotas, procariotas, virus) es importante para múltiples campos de la biología. En dicho aspecto, Lamolle y Musto (2018) afirman que los biólogos moleculares tienen un enorme interés en comprender cómo se compone el material hereditario y de qué manera se reparten las secuencias modificantes en los cromosomas; identificar el complemento total de los genes, así como la media de su distancia; cuál es la cantidad de intrones; identificar los espacios particulares en los que se incrementa el índice de mutación y recombinación; cuál es el potencial impacto de la composición genómica (frecuencia de bases) para explicar el bandeo y las modificaciones cromosómicas, y la constitución de la cromatina, entre otras interrogantes.

Los biólogos moleculares expertos en genómica buscan diseñar las bases moleculares, bioquímicas y biofísicas que se encuentran por debajo de las cualidades previamente indicadas. Además, los evolucionistas confrontan diferentes clases de composición genómica para poder identificar los factores causales que precisaron las transformaciones —en muchas ocasiones, drásticas— que se ven entre los diferentes niveles de sofisticación evolutiva, desde los virus y procariotas hasta los mamíferos y plantas superiores (Lamolle & Musto, 2018).

La genómica, además, constituye una ciencia que centra su atención en el estudio de los genomas y los genes, así como en sus funciones, el intercambio entre genes y las causas ambientales de este intercambio. La investigación de los genomas comprende además el estudio de los mapas genómicos, las secuencias genómicas y las funciones génicas. La genómica, por consiguiente, se entiende como una derivación de la genética que explica los organismos en términos de sus genomas.

De acuerdo con López-López *et al.* (2005), el Proyecto del Genoma Humano constituye el primer avance para la comprensión del cuerpo humano a escala molecular. Desde el fin de la etapa de secuenciación de los nucleótidos que lo componen, han aparecido diversas interrogantes interesantes, como la función que cumplen los 30 000 a 35 000 genes humanos calculados. No se

conoce la función de los polimorfismos de nucleótido sencillo, o de las zonas no codificantes y reiteradas del genoma humano. Si se pudiese establecer una fecha exacta del surgimiento de la genómica, esta sería en el 2004, año en que el Proyecto del Genoma Humano finiquitó la era pregenómica al descifrar la secuencia completa del genoma humano.

2.1.2. Transcriptómica

Pinazo-Durán (2012) explica que la información genética del ADN se transcribe en el ARNm, el cual, al mismo tiempo y a través de la traducción, da pie a la síntesis de proteínas. Así, el transcriptoma constituye el grupo de genes que se expresan en un contexto determinado en una célula. Atravesando un procedimiento idéntico, las células de un organismo y con un genoma idéntico son capaces de expresar fenotipos celulares bastante disímiles, en función de la combinación de genes que presente cada una, esto es, en función del transcriptoma. Esta ciencia estudia la forma en la que, luego de la transcripción del ADN por organizaciones alternativas del ARN, los 30 000 genes del genoma humano son capaces de codificar la síntesis de más de 100 000 proteínas. En otras palabras, explica la manera como las modificaciones postraslacionales, ya sea por fosforilación, proteólisis o glucosilación, dan forma y función a un millón de proteínas distintas. La transcriptómica constituye, pues, una ciencia que analiza el transcriptoma aplicando procedimientos múltiples que se encuentran en permanente transformación, tales como los métodos de *arrays*, que brindan la posibilidad de analizar el transcriptoma en ambientes diferentes.

El transcriptoma constituye el grupo de moléculas de ARN mensajero (ARNm) y de ARN modificante contenido en una célula o tejido específico. La investigación del transcriptoma en diversos entornos se ha venido realizando desde hace varios años, y se ha ido optimizando a la par de los progresos tecnológicos. Al inicio se empleaban técnicas de poco rendimiento, como Northern-blot, hibridación *in situ* y la reacción en cadena de la polimerasa en transcripción inversa, que únicamente posibilitaban el examen cualitativo o semicuantitativo de un gen candidato por análisis. Luego, el progreso de la técnica cuantitativa RT-qPCR optimizó la metodología e incrementó el rendimiento; así, fue posible estudiar simultáneamente diversos transcritos, pese a que eso aún se encontraba alejado de una cobertura a enorme escala de la totalidad del transcriptoma.

Con el surgimiento de los *microarrays* fue posible caracterizar los niveles de expresión de un sinnúmero de transcritos al mismo tiempo. Este procedimiento se encuentra ligado a la retrotranscripción del ARN a cADN, mezclándolo con una marca fluorescente y la subsiguiente hibridación a un chip que presenta diversas sondas de cADN relacionadas con los genes de interés. Debido a este progreso, en los últimos años han aparecido una diversidad de proyectos que buscan caracterizar perfiles de expresión en distintas patologías a través de la tecnología *microarray*, y que están orientados a diferentes objetivos, como el diagnóstico y la categorización molecular de las patologías, la exploración de nuevas dianas y el pronóstico de la respuesta terapéutica (Gironella, 2010).

En los últimos años, el surgimiento de una nueva tecnología denominada secuenciación de nueva generación (NGs) se encuentra innovando el campo de la investigación, y no tardará mucho para que tenga impacto en las aplicaciones clínicas en el diagnóstico molecular. La secuenciación del ADN fue la aplicación inicial de la NGs, pero a causa de su enorme variabilidad, ahora es posible la secuenciación masiva de la totalidad de moléculas de ARN contenidas en una muestra y, en consecuencia, del transcriptoma completo, por medio de la denominada ARN-seq. Gracias a esta tecnología se pueden cuantificar absolutamente todas las moléculas de ARN de elevada resolución y reproductibilidad. Aun cuando la práctica de la NGs para el estudio del transcriptoma se encuentra en ciernes, ya revela ciertos beneficios en pro de la tecnología de los *microarrays*. En ese sentido, es inevitable la extrapolación de esta nueva tecnología al campo de la medicina y el diagnóstico clínico (Gironella, 2010).

2.1.3. Proteómica

Hacia fines del siglo XX, la posibilidad de aislar al mismo tiempo diversas proteínas por electroforesis bidimensional y el refinamiento de la espectrometría de masas (MS) fueron avances claves para el inicio de la ciencia proteómica, que aborda el proteoma conjunto de proteínas del genoma. El complicado rumbo de procesos fundamentales para obtener proteínas funcionales a partir de la información codificada en secuencias genéticas dificulta la predicción exacta e infalible del proteoma a partir del genoma. En adición, el genoma tiene una naturaleza dinámica, porque en toda ocasión es susceptible de cambiar dependiendo del ambiente celular. En ese sentido, un tóxico presente puede modificar el proteoma, al actuar de manera directa o indirecta en los procesos involucrados en la síntesis de una proteína desde la secuencia génica.

Como las proteínas que conforman el proteoma en su concentración exacta y circunstancia apropiada tienen impacto en el adecuado funcionamiento celular, las manifestaciones en el proteoma de la interacción de un tóxico con ciertos procesos posibilitan el estudio de su mecanismo de acción. El hecho de que el proteoma sea capaz de reaccionar de manera concreta ante la presencia de cierto tóxico brinda la posibilidad de diagnosticar la exposición del organismo a tal sustancia y, en consecuencia, resulta útil en la elaboración de biomarcadores (Torreblanca & López-Barea, 2005).

La proteómica constituye, entonces, un conjunto de metodologías que sirven para aislar e identificar las proteínas a enorme escala. El procedimiento más empleado en la separación de combinaciones bastante sofisticadas de proteínas es la electroforesis bidimensional, que se realiza tras su aislamiento inicial por su punto isoelectrico, seguida de un aislamiento por su masa molecular. Por otro lado, la cromatografía líquida multidimensional es otro método de separación de importante utilidad, así como la espectrometría de masas, que funciona para la identificación de proteínas. La proteólisis con tripsina provoca una gran cantidad de péptidos que se transforman en iones en fase gaseosa mediante métodos de ionización suave. En caso de que la muestra sea sólida, se emplea la ionización por desorción láser asistida con matriz, y si es líquida, la ionización por electrospray. Los iones se separan por su vínculo masa/carga en un analizador de masas que posibilita la determinación de las masas y consigue un espectro que expresa la abundancia de iones frente al valor masa/carga. Utilizando un espectrómetro de masas en tándem, que mezcla dos analizadores distintos, es posible realizar la fragmentación de los iones peptídicos escogidos (Torreblanca & López-Barea, 2005).

En suma, los métodos indicados posibilitan dos clases de estrategias para identificar proteínas; por un lado, la *huella peptídica*, que se usa como primera alternativa y brinda la posibilidad de identificar a enorme escala proteínas ya secuenciadas y registradas en la base de datos; por otro lado, *la secuencia novo*, de gran utilidad para identificar proteínas no registradas en la base de datos o algunas que son ambiguas o inexactas.

2.1.4. Epigenómica

La epigenética es la investigación de las modificaciones químicas hereditarias que acontecen en el entorno de la molécula de ADN, pero que no implican una transformación en la

secuencia del ADN, y que, además, desempeñan un rol central en la regulación de la estructura de la cromatina y, en consecuencia, en la regulación de la expresión genética. La epigenómica constituye, entonces, el área de investigación de la totalidad de modificaciones epigenéticas que se llevan a cabo a lo largo del genoma de una persona.

En un informe de la Fundación Instituto Roche (2021), se explica que el concepto de epigenética apareció en el marco de la biología del desarrollo, donde se advirtió que dichas modificaciones epigenéticas, que comprenden cambios covalentes del ADN y de las histonas, son un código de información que es transmitido de las células madre a las células hijas, y que determina cuáles son los genes que se expresan y cuáles no, estableciendo así el linaje celular. En el páncreas, por ejemplo, hay células que producen insulina y células que producen glucagón, hormonas con funciones diversas. Esta diversidad de funciones obedece a la presencia de modificaciones químicas que brindan la posibilidad de activar o inhibir genes que condicionan la función celular. En ese sentido, en las células que producen insulina se reconoce un patrón epigenético diferente de las células que producen glucagón.

Asimismo, las transformaciones epigenéticas se pueden generar como reacción a estímulos o agentes externos, tales como la existencia de nutrientes, estrés o contaminantes ambientales, motivo por el que los factores a los que se encuentra expuesto no solo tienen impacto en la persona, sino también en sus posibles descendientes. Lo anterior revela la importancia de la investigación de la epigenética y epigenómica, disciplinas transversales que posibilitarán la comprensión de lo que ocurre en el cuerpo humano en condiciones fisiológicas y patológicas.

Cabe señalar que las variantes epigenéticas cumplen un rol clave a lo largo del desarrollo ontogénico y de la fase adulta de un organismo, y, cuando los mecanismos que introducen modificaciones epigenéticas (en lo que sigue, mecanismos epigenéticos) no funcionan correctamente, uno se topa con un contexto de patología. Por ende, la importancia de la investigación de la epigenómica radica, por una parte, en su potencial para el reconocimiento de marcadores que funcionen como instrumentos de pronóstico de riesgo de patologías, de diagnóstico y predicción, o para predecir la reacción a terapias, así como para el control de intervenciones de hábitos de vida. Por otra parte, es de gran relevancia elaborar terapias que modifiquen dichos mecanismos epigenéticos y mejorar el potencial para colaborar en la interpretación de descubrimientos genéticos (Fundación Instituto Roche, 2021).

2.1.5. Metabolómica

La metabolómica tiene la finalidad de localizar, cuantificar y explicar la estructura de los metabolitos, que poseen la característica de contar con una enorme variedad fisicoquímica dentro de sus estructuras moleculares. En esa enorme variedad de estructuras químicas se encuentran los metabolitos endógenos y exógenos. Los metabolitos endógenos (comprendidos por los aminoácidos, ácidos orgánicos, ácidos nucleicos, ácidos grasos, vitaminas, antibióticos, entre otros) son generados de forma natural por los organismos, mientras que los metabolitos exógenos (fármacos, sustancias contaminantes, toxinas, etc.) proceden del contacto con el mundo exterior. La enorme variedad de moléculas se traduce en una extensa escala de polaridades, pesos moleculares, grupos funcionales, solidez y reactividad química, además de otros atributos fundamentales (Yanes, 2015).

Esto conduce irremediablemente a tener que emplear diversas plataformas y configuraciones analíticas que potencien la cobertura del metaboloma examinado, lo cual no sucede en experimentos de genómica y proteómica. Las dos plataformas tecnológicas más empleadas para reconocer y cuantificar los metabolitos son la resonancia magnética nuclear (RMN) y la espectrometría de masas (MS), esta última, por lo general, ajustada a métodos cromatográficos como la cromatografía líquida (LC-MS), la cromatografía de gases (GC-MS), o, en menor cantidad, la electroforesis capilar (CE-MS). Como efecto de la enorme variedad de plataformas analíticas empleadas y el sofisticado carácter químico de los metabolitos, la identificación de la estructura de estos se ha transformado como uno de los centrales procesos ineficientes para transformar los datos crudos de RMN y MS en un conocimiento bioquímico. Evidentemente, este es el motivo fundamental por el que la metabolómica ha ralentizado su evolución, en comparación con la genómica o la proteómica.

Pese a que la identificación de metabolitos y proteínas tiene base en el mismo método de espectrometría de masas en tándem (o MS/MS), la distinción clave está en el hecho de que los espectros de fragmentación de los metabolitos quedan sin poder ser predichos en gran parte, en comparación con los datos de MS/MS para péptidos y proteínas. Por mucho que se cuente con iniciativas para la predicción heurística de los patrones de fragmentación mediante simulaciones hechas en computadoras, en la práctica cotidiana la identificación de metabolitos se realiza cotejando la semejanza de los valores espectrales experimentales con los de un estándar puro, por

lo general, disponible en las bases de datos u obtenido mediante laboratorio. Las bases de datos o bibliotecas espectrales públicas y comerciales, por consiguiente, constituyen instrumentos imprescindibles para transformar datos crudos en identidades de metabolitos y, en consecuencia, en conocimiento bioquímico.

Desafortunadamente, solo un 5 a 10 % de los metabolitos explicados en el metabolismo y registrados en bases de datos contienen información espectral, lo que, desde luego, está entorpeciendo un uso más difundido de la metabolómica. El motivo esencial de este porcentaje reducido tiene que ver con la cantidad relativamente disminuida de metabolitos a disposición comercial en modo de estándares puros, sin indicar el enorme número de metabolitos con estructuras químicas que todavía no han sido identificados. Por ende, la elaboración de bases de datos espectrales resulta central si se pretende que la metabolómica consiga un nivel de madurez que la posicione a la par de las otras ciencias ómicas (Yanes, 2015).

2.1.6. Metagenómica

Los cambios y progresos metodológicos del aislamiento y depuración de ácidos nucleicos, secuenciación y ensamblado de secuencias, han posibilitado la elaboración de una metodología alterna: la metagenómica. La metagenómica constituye el estudio del metagenoma, que es el conjunto del ADN de los múltiples microorganismos existentes en un entorno. Durante las últimas décadas, esta nueva tecnología ha transformado el análisis de la variedad microbiana, la adquisición de metabolitos y la comprensión de la dinámica de poblaciones microbianas.

La metagenómica como disciplina surge por el requerimiento de establecer, estudiar e investigar las comunidades microbianas de múltiples ecosistemas. Así, posibilita la recuperación de nuevas variedades genéticas, el ingreso al campo de investigación de las rutas metabólicas y la conducta ecológica de dichas comunidades, así como conocer el área de la secuenciación genética (Ospino *et al.*, 2017). Desde una perspectiva biotecnológica, la metagenómica constituye un instrumento central en el seguimiento de nuevas actividades enzimáticas de importancia industrial que, en conjunto con los progresos en los métodos de secuenciación, brindan la posibilidad de una indagación masiva de todo el conglomerado de genomas de microorganismos existentes en una muestra.

De acuerdo con Cortés-López (2014), el primer trabajo en el que se comprobaron las virtudes de la metagenómica en el hallazgo de nuevos genes se llevó a cabo en el 2000, cuando a partir del análisis de suelos se detectaron nuevas enzimas con múltiples actividades hemolíticas, lipolíticas y amilolíticas. Tiempo después, se reconocieron nuevos productos y actividades de importancia biotecnológica, como antibióticos nuevos (terbomicina A y B), enzimas (lipasas, esterasas, quinasas), proteínas de membrana, genes que transcriben la vía metabólica de síntesis de compuestos como el poli-hidroxibutirato (PHB) y vitaminas. Tres años después del primer hallazgo, se detectaron agarasas, celulasas, amilasas, pectato-liasas, lipasas y múltiples proteínas todavía no conocidas en muestras de suelo.

Con estas primeras investigaciones, la metagenómica se pluralizó en el seguimiento de nuevos antibióticos, enzimas, vías metabólicas e investigaciones de dinámica de poblaciones no caracterizadas y de interés biotecnológico. Estas investigaciones también contribuyeron con los fundamentos metodológicos de la metagenómica, que consisten en la selección de una muestra ambiental, extracción de ADN, selección de la técnica de análisis (secuenciación, escrutinio funcional, entre otros) y articulación de la información recogida (Cortés-López, 2014).

2.2. Nutrigenética

Se conoce como nutrigenética a la ciencia aplicada influenciada por los paradigmas de la farmacología nutricional respecto de los polimorfismos y la experiencia clínica. Mientras que la farmacogenética apunta a optimizar la elaboración de fármacos, de acuerdo con el influjo de la variabilidad genética en el metabolismo de los xenobióticos y en las dianas de fármacos en el paciente, la nutrigenética concede la oportunidad de personalizar la nutrición en función de la constitución genética del usuario, tomando en consideración el conocimiento de la variabilidad genética que tiene impacto en el metabolismo de los nutrientes y sus dianas. En suma, la nutrigenética alude al estudio de las variantes genéticas entre personas y su reacción clínica a nutrientes particulares, por ejemplo, aquellas con valores diferentes de colesterol sérico y presión arterial a causa de variantes genéticas, incluso con dietas comunes (Gómez, 2007).

Tales variabilidades particulares ocurren en forma de polimorfismos, entendido esto como la distinción en la secuencia del ADN en diversos individuos, de modo que se logra la capacidad de establecer la condición de salud de más del 1 % de la población. La clase más habitual de dichos

polimorfismos es el de un único nucleótido, que se ha comprobado que es un instrumento de gran utilidad para estudiar el rol de la nutrición en la salud o en la generación de ciertas patologías; se piensa que su articulación en investigaciones epidemiológicas, metabólicas y clínicas puede aportar a la delimitación de una dieta idónea en poblaciones, comunidades o personas.

Gómez (2007) anota que la primera prueba de interacciones gen-nutriente se observó en los fallos congénitos del metabolismo. Ejemplo de ello es la fenilcetonuria, que es un modelo monogénico. No obstante, en las patologías poligénicas, la expresión genética se establece por diversos genes mezclados con otros factores no genéticos, que es lo que ocurre en la hipertensión arterial. Se han detectado múltiples polimorfismos de interés para la nutrición, por ejemplo, se tienen los polimorfismos en genes que regulan el metabolismo del folato, los polimorfismos en genes relacionados con el metabolismo lipídico y los polimorfismos en genes vinculados al remodelado óseo. A la par del aumento y progreso en la información relacionada con tales polimorfismos y su vínculo con estados mórbidos, la información nutricional y los consejos en dietas se enfocarán en poblaciones mucho más concretas.

2.2.1. El papel de la dieta personalizada en la actualidad

Actualmente, la nutrición afronta una de las mayores transformaciones de su historia. Los consejos dietéticos generales pensados para ser aplicados a todas las personas sin distinción han perdido valor. La nutrición personalizada, comprendida como la adaptación del asesoramiento nutricional a los requerimientos individuales de un usuario, ha marcado la pauta en los últimos años. Cada individuo tiene reacciones específicas ante un alimento; por consiguiente, debe estar en la capacidad de ingerir alimentos adecuados y según sus requerimientos, preferencias o necesidades.

Arranz *et al.* (2020) explican que los artículos de salud y bienestar se vuelven más personalizados en tanto que los usuarios se encuentren más cercanos a los avances tecnológicos. Uno de los términos clave para el futuro próximo es el de “escáneres portátiles de alimentos”. Se cuenta con la expectativa de que no se tarde en poseer información detallada de los alimentos que se dispone en la mesa, bien a través de dispositivos portátiles o de *smartphones*. Otro término relevante es el de “alimentos específicos en función del metabolismo y el ADN”. Por medio de tecnologías de secuenciación genética, examen de bioestadística e inteligencia artificial (IA), se

entrega a los usuarios recomendaciones alimentarias balanceadas y personalizadas. En ese sentido, el término “herramientas inteligentes” también se vuelve determinante en los debates nutricionales de la actualidad. Hoy en día, los usuarios emplean la tecnología y los instrumentos digitales con el fin de manejar las finanzas, la salud, entre otros aspectos. En cuanto a la nutrición, se usan aplicaciones móviles para llevar a cabo una supervisión del costo de los productos, tener registro de estilos de gasto y controlar la actividad física, etc.

Gracias al soporte que brindan las tecnologías y los algoritmos de autoaprendizaje, las dietas personalizadas han dejado de ser un proyecto abstracto para convertirse en una realidad aplicada a un sector concreto del mercado. No obstante, todavía es necesario esperar a que las herramientas inteligentes de asesoramiento nutricional estén sustentadas en datos multidisciplinarios, así como lograr nuevas demostraciones científicas, a fin de proporcionar dietas personalizadas mucho más eficaces.

Cabe destacar que la investigación de las variantes genéticas y su relación con los componentes de la dieta de las personas dirigen la confección de modalidades de diagnóstico y tratamiento novedosos de las enfermedades crónicas. La obesidad es una de las enfermedades crónicas centrales, para la cual las dietas personalizadas juegan un rol importante. Más allá de la información hasta el momento empleada en una historia clínica y la examinación del estado nutricional, la variabilidad entre individuos es un factor que merece ser incorporado en las dietas personalizadas, ya que gracias a ella es posible obtener un conocimiento más idóneo del estado de salud de alguien y, a su vez, predecir una enfermedad, de modo que resulte posible recomendar una nutrición personalizada adaptada a las necesidades del paciente (De la Garza & Zonenszain-Laiter, 2020).

En cambio, pese a que la nutrición predictiva atraviesa un procedimiento sistematizado, destacado por su objetividad e implementación de la lógica a los hechos observados, la interindividualidad sobresale porque cada persona tiene la capacidad de reaccionar de manera distinta a tratamientos estudiados con anticipación. Actualmente, siguiendo con De la Garza y Zonenszain-Laiter (2020), las pruebas nutrigenéticas suelen mostrar evidencias ambiguas, lo que lleva a tener en cuenta las fronteras de la incertidumbre basadas en el balance de los peligros y provechos para la salud. Por consiguiente, los progresos en la nutrición 4.0 conducen a reflexiones relevantes acerca de la naturaleza del ser humano, pero, sobre todo, acerca de quiénes establecen

los márgenes del empleo de la biotecnología genómica. El conflicto bioético relativo al empleo de pruebas nutrigenéticas merece ser investigado desde los potenciales peligros procedentes de la aplicación de las nuevas biotecnologías focalizadas en la unidad del individuo. A su vez, el desarrollo adecuado de las personas exige un estudio transdisciplinario desde la ciencia y la filosofía.

2.3. Diferencias entre nutrigenética y nutrigenómica

La nutrigenética y la nutrigenómica constituyen novedosas disciplinas de análisis nutricional que han experimentado progresos en los últimos veinte años, a la par que las tecnologías contemporáneas. Las metas centrales de estas disciplinas son las siguientes: la primera meta es conseguir una comprensión más precisa de los mecanismos moleculares que a escala celular ocurren cuando se ingieren los alimentos; la segunda meta, integrar los aspectos biológicos de cada persona a nivel individual, esto es, de manera personalizada. Los seres humanos son diferentes entre sí, dado que, en su mayoría, las secuencias de ADN funcionan de manera distinta. Por tal motivo, es clave el conocimiento individual de cada genoma, comprender sus instrucciones y actuar de la manera más adecuada. Por ello, resulta central tomar como soporte las tecnologías contemporáneas, para reconocer los mecanismos individuales y aplicar los estilos alimenticios que armonicen con los genomas y el ambiente de cada individuo.

Las interacciones entre genes y dietas nutricionales se caracterizan por ser multidireccionales. Los genes determinan la presencia de un gran número de trastornos e intervienen en las respuestas metabólicas del organismo. Se conocen diversos factores que tienen impacto en todos los procesos de regulación de la expresión génica. Así, los productos químicos presentes en los alimentos son capaces, directa o indirectamente, de influir tanto en la expresión génica como en la estructura genética. La nutrición personalizada, por medio de dos disciplinas — la nutrigenómica y la nutrigenética—, aspira a brindar soluciones al vínculo entre genomas y nutrientes de las dietas personalizadas para cada sujeto. La nutrigenómica investiga las repercusiones de los nutrientes de la dieta sobre la expresión de la información genética, a la vez que expone los efectos potenciales de los componentes individuales acerca del metabolismo y la homeostasis corporal, mientras que la nutrigenética examina las diferencias condicionadas por los datos genéticos en la respuesta metabólica a los elementos de la dieta de cada persona (Mejía-Montilla *et al.*, 2022).

Desde una perspectiva más técnica, la nutrigenómica investiga de qué manera los alimentos que se ingieren influyen directa o indirectamente en el momento, cantidad y manera en que los genes son activados o desactivados. No obstante, es común que, refiriéndose a la nutrigenómica, se confunda y se aborde otra disciplina, la nutrigenética, que investiga los fundamentos genéticos de por qué un mismo alimento o hábito alimenticio influyen en las personas de manera distinta. En otras palabras, la nutrigenética estudia la manera como los cambios en los genes provocan que cada persona responda distintamente a determinadas dietas. A modo de síntesis, la nutrigenómica describe el modo como los alimentos ingeridos aportan al funcionamiento de los mecanismos celulares y, por consiguiente, del organismo; en tanto que la nutrigenética describe las distinciones de un mecanismo a otro (el genoma individual) que derivan en un impacto diferente ante similares alimentos en distintas personas (Ordovás, 2015).

CAPÍTULO III

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los seres humanos utilizan la inteligencia artificial (IA) de manera frecuente en sus actividades diarias, por lo tanto, el desarrollo de esta tecnología se ha ido implementando desde hace muchos años en una amplia variedad de ámbitos, tanto empresariales como industriales. Por ejemplo, la inteligencia artificial se utiliza en el procesamiento del lenguaje natural, en la automatización de procesos de ciertas industrias o en la selección inteligente de contenidos digitales que se consumen en internet.

En las décadas de los 60 y 70, ciertos informáticos pronosticaron que en las siguientes décadas sería posible observar máquinas con la capacidad de razonar como un ser humano. En 1965, Herbert Alexander Simon, Premio Nobel de Economía, avizó que, en los próximos veinte años, las máquinas tendrían la capacidad de realizar cualquier tarea que una persona suele llevar a cabo. Dos años después, el pionero en IA, Marvin Minsky, señaló que en tres u ocho años se tendrían máquinas con la inteligencia de un ser humano. Ciertamente, el concepto de IA, incluso en la actualidad, está bastante sobreestimado: el avance más mínimo ha tomado tiempo y comprende dos periodos diferentes que los especialistas han denominado como los “inviernos de la IA”, que es cuando el progreso se frena y las fuentes de financiamiento decrecen.

No obstante, la IA ha experimentado un renacimiento en los últimos tiempos a raíz del desarrollo del aprendizaje automático, una sección de la IA que se centra en el diseño de algoritmos capaces de edificar modelos analíticos automática e iterativamente desde nuevos datos sin soluciones de programación explícitas. Antes del aprendizaje automático, los informáticos tenían que programar diversas funciones en un sistema para emular la inteligencia. Esta posibilidad aparece por múltiples factores, entre ellas un *hardware* óptimo, como procesadores más veloces y almacenamiento más abundante, más información y algoritmos de mejor nivel (Shaw & Karami, 2017).

En este punto cabe mencionar que el aprendizaje automático ya se encuentra en todos lados: Pandora puede aprender a brindar mejores consejos de música en función de los intereses del usuario; Google ha aprendido a traducir de manera automática el contenido de diversos idiomas

según los archivos de traducción presentes en línea, mientras que Facebook está empezando a identificar personas en fotos de su base de datos de usuarios con fama reconocida.

Desde que fue concebida en los años sesenta, el desarrollo de la inteligencia artificial no ha sido sencillo, ya que ha atravesado por periodos de intensas expectativas y por momentos de pocas esperanzas. No obstante, actualmente, la civilización se encuentra viviendo una de las etapas de progreso más vertiginosas. Este nuevo esplendor obedece, fundamentalmente, a que se dispone de una enorme cantidad de información (*big data*), procesamiento gráfico (GPU) y procesamiento tensorial. Por ello, la inteligencia artificial es la fuente principal para instaurar tecnología en cada rincón del planeta, ya que las sociedades están volviéndose cada vez más digitales y están siendo estimuladas constantemente por la información. Esto tiene que ver con el hecho de que toda la cultura y sus mercancías de consumo están vinculadas a una herramienta inteligente.

El poder de la IA, por lo tanto, ha aumentado vertiginosamente y, hoy en día, constituye uno de los temas que ameritan una mayor reflexión ética y teológica. Este último punto es de amplia relevancia, debido al impacto que tiene en una parte de la sociedad que, de alguna manera, pretende dotar a la IA de un estatus "divino". Y es que la inteligencia artificial posee el potencial de transformar casi todo aquello de lo cual la humanidad se encarga, como la alimentación (planificación agrícola, establecimiento de precios), los vínculos sociales (Facebook, Instagram, Tiktok, *apps* de citas), la economía (tecnología financiera), el campo bélico (empleo de drones y ciberdefensa), la sanidad (medicina predictiva, radiología) y la educación (planes de estudio personalizados) (Dongare *et al.*, 2012). Entonces, como "tecnología de propósito general", la inteligencia artificial ha sido comparada con los progresos en electricidad o, incluso, el descubrimiento del fuego. En la siguiente década, serán pocas las instituciones y actividades humanas que no dependan del uso de la inteligencia artificial, por lo tanto, es un campo que demanda una investigación muy profunda por parte de filósofos, sociólogos y teólogos (Dongare *et al.*, 2012).

3.1 Evolución histórica de la inteligencia artificial

En 1816, Charles Babbage, científico y matemático británico, creó la máquina analítica. Esto significó un gran aporte a la historia de la computación, puesto que el motor analítico que creó podía diseñar tablas de logaritmos y de funciones trigonométricas examinando polinomios

mediante aproximaciones. Más adelante, en 1842, Ada Lovelace, matemática e informática, diseñó el primer algoritmo pensado para ser procesado por una máquina. Años después, el proyecto de Lovelace se convirtió en una realidad debido a la inteligencia artificial. No obstante, el momento parteaguas entendido como el punto fundacional de la IA es la conferencia de 1956 que tuvo lugar en Darmouth, coordinada por Claud Shannon, John McCarthy, Nathaniel Rochester y Marvin Minsky. En dicha conferencia, fueron invitados diversos estudiosos para dar forma al término de inteligencia artificial como una categoría novedosa en los estudios científicos. Cuatro de los invitados, precursores de la IA, obtuvieron el premio Turing, gracias a sus diversos aportes. Los invitados compartían la noción que aún persiste cuando se investiga la inteligencia artificial: que el pensamiento constituye una manera de computación que no es exclusiva del hombre. Se ha llegado a concebir que la inteligencia humana es susceptible de ser emulada en máquinas digitales (Abeliuk & Gutiérrez, 2021).

A partir del siglo XIX se empezaron a comprender las analogías biológicas y fenomenológicas para las investigaciones relativas a la inteligencia del ser humano. Posteriormente, la idea de “mecanismo” cambió el poder heurístico con la oficialización del término “computación” (Alvarado, 2015). Luego, a mediados del siglo XX, desde la ciencia se comenzó a emplear los conceptos de “computación” y de “inteligencia artificial” debido a los aportes de Alan Turing, científico computacional y criptógrafo inglés. Desde otros puntos de vista, se alega que los inicios de la IA se dieron hacia 1943, con la definición de la neurona en tanto elemento binario con múltiples entradas y salidas. Ya en 1956 la IA volvió a ser tema de debate, hasta que finalmente se precisaron sus bases como área autónoma dentro del campo de la informática.

Abeliuk y Gutiérrez (2021) explican la evolución de la inteligencia artificial desde sus dos tipos: la simbólica y la conexionista. Con respecto a la IA simbólica, se sabe que la búsqueda heurística fue un factor decisivo para los progresos de la inteligencia artificial en sus inicios. Toda clase de ejercicios de resolución de problemas, como comprobar teoremas y jugar ajedrez, suponen tomar decisiones susceptibles de ser modeladas como un árbol que tiene que ser transitado para hallar una alternativa que solucione un problema. Los algoritmos de búsqueda heurística forman parte de un conjunto de procedimientos basados en la representación del saber implícito que tienen las personas de manera explícita, empleando símbolos y normas en programas informáticas. La

inteligencia artificial simbólica ha mostrado tener mucho éxito en los primeros años de la IA, ya que ha logrado descifrar en sistemas expertos la inteligencia humana en dominios de conocimientos precisos.

Con respecto a la inteligencia artificial conexionista, de manera simultánea a la aparición de la inteligencia artificial simbólica, que modela la inteligencia humana como una computadora procesadora de símbolos, se desarrolló otra rama de conocimiento basada en la modelación de la biología del cerebro, el cual se encuentra constituido por redes neuronales biológicas. En 1958, Frank Rosenblatt planteó el perceptrón, que consiste en la generalización de la neurona McCulloch-Pitts. El perceptrón tiene la capacidad de estudiar, mediante coeficientes de ponderación, todas las entradas de la neurona. Hasta la actualidad, el perceptrón constituye la unidad central para varias de las redes neuronales artificiales y fomenta la rama especializada de la inteligencia artificial conexionista. Ciertamente, los estudios en redes neuronales se paralizaron por ausencia de inversión y una abundancia de expectativas insatisfechas. En 1980, Geoffrey Hinton y sus asociados reformularon y divulgaron el procedimiento conocido como “retropropagación”; el algoritmo clave presente en la búsqueda heurística que consigue hallar los parámetros del modelo que disminuyen su equivocación, posibilitando de esa manera que una red neuronal de diversas capas asimile el conocimiento mediante datos (Abeliuk & Gutiérrez, 2021).

3.2 Inteligencia artificial: conceptos básicos

Como ya se ha mencionado, la inteligencia artificial es una de las disciplinas de las ciencias de la computación encargada de elaborar sistemas que posean un comportamiento inteligente y que progresa con el paso del tiempo. El desarrollo de la inteligencia artificial en el ámbito de la computación ha permitido elaborar sistemas con capacidades por encima de las del ser humano, tales como los sistemas sofisticados que son programados para emular las cualidades de las capacidades mentales; asimismo, puede tener la capacidad de vincular normas sintácticas del lenguaje oral y escrito basadas en un modelo experimental, para posteriormente realizar juicios sobre determinado tema, de manera que se obtienen soluciones más rápidas y eficientes. Así, la inteligencia artificial se ha instalado en el mundo como uno de los campos más importantes en la ciencia cognitiva, ya que permite analizar de manera interdisciplinaria cómo los datos son representados y modificados en la mente humana, y cómo pueden emularse en un sistema artificial.

La inteligencia artificial constituye un área de la informática cuya finalidad es diseñar máquinas y sistemas informáticos que puedan llevar a cabo actividades semejantes al aprendizaje humano y la toma de decisiones. Tal como lo define la Asociación para el Avance de la Inteligencia Artificial, la IA se entiende como la comprensión científica de los mecanismos presentes en el pensamiento y la conducta inteligentes, y la incorporación de estos mecanismos en las máquinas. Es importante mencionar que la inteligencia artificial aborda múltiples funciones, a saber:

- El aprendizaje, ya que comprende diversas perspectivas, como el *deep learning*, el aprendizaje por transferencia, el aprendizaje por refuerzo y diversas combinaciones entre ellos. Todas estas son categorías propias de la cognición humana.
- Entender o representar a profundidad el conocimiento necesario para realizar actividades en áreas concretas, por ejemplo, en patologías cardíacas.
- Razonamiento en múltiples niveles: deductivo, inductivo, temporal, probabilístico y cuantitativo.
- Interacción, llevando a cabo tareas con la participación de otras personas o máquinas para obtener aprendizaje a partir del entorno (Ertel, 2017).

Como promesa, la IA ha existido desde los comienzos de la era de la computación electromecánica tras la Segunda Guerra Mundial, pero la esperanza siempre ha estado un paso atrás de los hechos reales (Li & Du, 2016).

3.2.1 ¿Cómo funciona la IA?: *machine learning* y *deep learning*

El aprendizaje automático (*machine learning*) constituye una de las perspectivas centrales de la IA, ya que, en ella, las computadoras o máquinas tienen el poder de aprender sin necesidad de estar programadas para tal fin. Un fruto común de estas operaciones son las recomendaciones o pronósticos en situaciones específicas. Las primeras computadoras de uso personal, que empezaron a comercializarse en los años 80, fueron programadas estrictamente para llevar a cabo determinadas operaciones. En cambio, el *machine learning* permitirá que los nuevos dispositivos tengan mayores experiencias y conocimientos por la manera en que son empleados, a fin de brindar una experiencia personalizada a las personas. Por ejemplo, en la actualidad existe la personalización de los sitios de redes sociales (Facebook) o los resultados arrojados por el motor de búsqueda de Google. El *machine learning* utiliza algoritmos que ayudan a aprender de los

patrones de información. Los filtros de *spam* de los correos electrónicos usan esta clase de aprendizaje para localizar aquellos mensajes que son correos basura y discriminarlos de aquellos que no lo son. Así, los algoritmos son susceptibles de ser utilizados para el aprendizaje de patrones y emplear el conocimiento adquirido para tomar decisiones (Rouhiainen, 2018).

Por otra parte, una de las aplicaciones con mayor poder y de mayor progreso de la IA es el aprendizaje profundo o *deep learning*, el cual es una rama especializada del *machine learning* que se emplea para solucionar problemas sofisticados y que, por lo regular, contienen una gran cantidad de información. La aplicación del aprendizaje profundo necesita una gran cantidad de datos y una capacidad potente de procesamiento. Actualmente, el *deep learning* se usa en el reconocimiento de voz, el procesamiento del lenguaje natural, entre otros.

Por citar un caso, en los ejercicios de traducción que realiza Facebook sobre la base de un *deep learning*, fue posible hacer más de cuatro millones de traducciones al día. Dichas traducciones usualmente son segmentos de textos breves, por ejemplo, las actualizaciones de estados publicados por los internautas. De no ser por el *deep learning*, las operaciones serían de alto costo y necesitarían un enorme equipo de individuos para brindar un servicio semejante (Rouhiainen, 2018).

3.3 Tipos de inteligencia artificial

La inteligencia artificial es un campo tan profundo y diverso que de ella pueden desprenderse categorías en función de sus características específicas. Al hablar de tipos de inteligencia artificial, se abordarán cuatro: la inteligencia mecánica, la inteligencia analítica, la inteligencia intuitiva y la inteligencia emocional.

3.3.1 Inteligencia mecánica

La inteligencia mecánica hace referencia a la capacidad de llevar a cabo de manera automática actividades comunes y reiteradas. Si bien da la impresión de no ser inteligente, resulta fundamental para diversas actividades. Para el ser humano, los procesos mecánicos no necesitan demasiada creatividad, dado que se han llevado a cabo en diversas ocasiones y, en consecuencia, son capaces de realizarse con poco o ningún razonamiento extra. En cuanto a los servicios humanos, el trabajo mecánico constituye un trabajo no cualificado, que por lo general no necesita

una formación o instrucción avanzada. Los agentes de los centros de llamadas, los vendedores al por menor, los mozos y los conductores de taxis representan casos de trabajadores que cuentan con habilidades mecánicas.

A fin de emular la automatización humana, la inteligencia artificial mecánica está configurada para lograr un aprendizaje restringido y tener una capacidad de adaptación que preserve la coherencia. En este caso, el uso de robots representa una aplicación común (Simonite, 2017). Los robots de servicio constituyen una tecnología capaz de llevar a cabo actividades físicas, ya que operan autónomamente sin requerimiento de instrucciones y son orientados por computadoras sin el apoyo de personas. Tienen base en normas y están supeditados a un conocimiento *a priori* y a la percepción permanente de los sensores para detectar y responder ante la variabilidad física y temporal del contexto del servicio.

Asimismo, los robots de servicio no entienden el contexto y son incapaces de adaptarse de manera automática, ya que sus conocimientos se actualizan de manera *ad hoc* y con reducida frecuencia, a causa del carácter reiterado de sus entornos. Las versiones más innovadoras incorporan funciones de actualización automática, pero gran parte de los robots de servicio están configurados para ser lo más inteligentes posibles con el propósito de que lleven a cabo diversas actividades.

Las búsquedas inteligentes de Google, Bing y demás motores de búsquedas constituyen otra aplicación (Sawhney, 2016). Emplean servidores potentes para llevar a cabo el cálculo y utilizan algoritmos inteligentes para examinar el sentido de las consultas y retroalimentar con los resultados adecuados. Esta clase de búsqueda continúa siendo mecánica, debido a que dichos motores emplean algoritmos inteligentes para examinar qué páginas resultan más significativas que otras, pero no comprenden el contenido de estas (Aro, 2013). Así, la inteligencia artificial mecánica posee el beneficio relativo sobre los humanos de una consistencia extrema (por ejemplo, carece de agotamiento físico y reacciona de manera fiable ante el entorno). El carácter reiterado (sin demasiada variación) de las actividades genera que el aprendizaje a lo largo del tiempo tenga un valor restringido, pero a su vez se sustenta en la observación para actuar y responder de manera reiterada.

3.3.2 Inteligencia analítica

La inteligencia analítica constituye la capacidad de procesar información con el objetivo de resolver problemas y obtener aprendizajes a partir de ello; se basa en el procesamiento de la información, el razonamiento lógico y las habilidades matemáticas. Tales habilidades complejas se obtienen a partir de la instrucción, la experiencia y la especialización en el pensamiento cognitivo, por ejemplo, los colaboradores vinculados a informática y la tecnología, los científicos de datos, matemáticos, contables, investigadores financieros, técnicos de servicio de vehículos e ingenieros emplean en gran parte las habilidades analíticas. El aprendizaje automático y el análisis de datos constituyen las aplicaciones analíticas fundamentales de la inteligencia artificial. Existen múltiples clases de aprendizaje automático, y la inteligencia artificial analítica emplea esencialmente algoritmos, a fin de aprender interactivamente a partir de ciertos datos y hallar información intuitiva. Un ejemplo es la computadora de ajedrez Deep Blue de IBM (Sawhney, 2016), la cual emplea el aprendizaje basado en reglas. Esta clase de inteligencia artificial caerá en el mismo error dos veces en caso de que la regla no varíe.

En la literatura, la inteligencia artificial analítica se conoce como “inteligencia artificial débil”, debido a que, pese a su capacidad para expresar una conducta supuestamente inteligente, es incapaz de imitar la intuición humana (Jacoby & Paltsev, 2017). Un juicio frecuente tiene que ver con que esta limitación tiene su origen en que dichas máquinas no disponen de estados conscientes ni de conciencia subjetiva. Sin embargo, esta inteligencia resulta clave para realizar actividades sofisticadas pero sistemáticas, consistentes y pronosticables, por ejemplo, aquellas que necesitan una gran cantidad de datos e información. Su carácter sistemático las hace apropiadas para la personalización masiva con base en los numerosos datos de los usuarios (la personalización colaborativa, por ejemplo). Debido al gran número de datos que maneja, este tipo de inteligencia artificial se distancia de las máquinas autónomas, como los robots de servicio, para transformarse en máquinas conectadas en red que producen inteligencia colectiva. Se piensa que este constituye el cambio más hondo que la inteligencia artificial ha llevado a cabo hasta la actualidad: ser una máquina con capacidad de procesamiento y síntesis de ingentes cantidades de datos para obtener aprendizaje de ellos (Albar *et al.*, 2016).

3.3.3 Inteligencia intuitiva

La inteligencia intuitiva posee la capacidad de razonar creativamente y adaptarse de manera eficaz a entornos novedosos. Puede entenderse como sabiduría basada en el pensamiento holístico y en la experiencia. La inteligencia intuitiva comprende las habilidades profesionales de pensamiento duro que necesitan una mirada y una resolución creativa de los conflictos, por ejemplo, los directivos de *marketing*, consultores de gestión, jurisconsultos, médicos, directivos de ventas y agentes de viajes de elevado nivel emplean en gran parte la inteligencia intuitiva. La comprensión puede entenderse como el atributo esencial que determina a la inteligencia intuitiva y la diferencia de la analítica. La literatura asociada sobre la inteligencia artificial entiende este tipo de IA como una “inteligencia artificial fuerte”, debido a que se encuentra configurada para operar lo más flexiblemente posible, y lo más cerca a lo que un humano haría (Rust & Ming-Hui, 2014). La inteligencia artificial está pensada para imitar una extensa variedad de cogniciones humanas y aprender de manera semejante a un niño, si bien con mucha más velocidad, dada su potencia de cálculo y conectividad.

En ese sentido, la inteligencia de las máquinas puede entenderse como idéntica a la inteligencia artificial. Si se posee una máquina capaz de leer la totalidad de páginas y comprender el contexto de un libro, en vez de restringirse a arrojar millones de páginas para contestar a la consulta de un cliente, sería posible contestar a dicha pregunta. Se podría hacer una interrogante real y conseguir una respuesta, como si se estuviese dialogando con un individuo que leyera millones de páginas, las comprendiera y sintetizase la totalidad de la información. Otros sostienen que la inteligencia artificial intuitiva comprende la autoconciencia, la sensibilidad y la conciencia, que son atributos de la inteligencia artificial. Cabe resaltar que la inteligencia artificial intuitiva no tiende a caer en el mismo error dos veces, dado que recolecta aprendizaje a partir de la experiencia. Jeopardy de Watson puede aprender de manera intuitiva; DeepMind AlphaGo de Google imita la intuición, no solamente el cálculo; y el jugador de póker de inteligencia artificial Libratus es capaz de generar pensamiento estratégico con información insuficiente. En la actualidad, IBM está innovando en las aplicaciones *business-to-business* (B2B) de la tecnología intuitiva. Jeopardy tiene la capacidad de comprender, razonar, aprender e interactuar, y se ha transformado en una de las plataformas de inteligencia artificial fundamentales en el mundo de los negocios (Xiao & Ding, 2014).

Las actividades sofisticadas, creativas, holísticas, experimentales y de contexto demandan una inteligencia intuitiva. El carácter sofisticado y al mismo tiempo idiosincrático de las actividades genera que estén supeditadas a la intuición, a fin de conseguir una exitosa prestación de servicios. Por ejemplo, el vínculo con el usuario permite un mejor conocimiento de sus necesidades idiosincráticas a lo largo del tiempo. Esta clase de información no se puede adquirir tan sencillamente recolectando los datos de usuarios afines en apariencia (Jaewon & Arnold, 2016). La organización de servicios de viaje sofisticados y personalizados, el suministro de alimentos de lujo, el entretenimiento y los deportes son áreas que necesitan de la intuición para aportar un mejor servicio.

3.3.4 Inteligencia empática

La inteligencia empática constituye la capacidad de identificar y entender los sentimientos de otros individuos, reaccionar a nivel emocional apropiadamente e impactar en las emociones de los demás. Comprende habilidades interpersonales, sociales y de las personas, que permiten una mayor sensibilidad ante las emociones del resto y un trabajo adecuado con otros individuos. Algunos ejemplos de habilidades concretas son la comunicación, el establecimiento de vínculos, el liderazgo, la defensa y negociación, el balance entre trabajo y vida íntima, el trabajo social y colaborativo, la variedad cultural y la personalidad. Los profesionales con capacidad empática, como los políticos, psiquiatras o negociantes, laboran en ambientes que requieren manejar ciertas habilidades o emociones con las personas. Pueden tratarse de especialistas calificados, como en el ámbito de la psicología, o trabajadores de primera línea no tan calificados, como auxiliares de vuelo. La inteligencia artificial empática explica que una máquina es capaz de sentir o, por lo menos, comportarse como si tuviese emociones (Stuart, 2017).

Por otro lado, la informática afectiva es aquella que se vincula con los sentimientos y tiene impacto en ellos, debido al rol central que tienen los sentimientos tanto en la cognición como en la percepción humana. Como se corrobora en investigaciones neurológicas, las computadoras afectivas no tendrían únicamente que brindar un mejor rendimiento en el soporte a humanos, sino que también podrían optimizar su capacidad para tomar decisiones. El atributo que delimita a la inteligencia artificial empática es la “experiencia”, esto es, la capacidad para experimentar eventos. Asimismo, se entiende como un “problema difícil” del computacionalismo, que consiste en detallar de qué manera un sistema físico es capaz de disponer de experiencias vividas con

características en apariencia intrínsecas, por ejemplo, experimentar el sabor dulce de un caramelo. Existe una controversia relacionada con si es posible que la inteligencia artificial sea capaz de sentir lo mismo que un ser humano. En la literatura filosófica y psicológica se piensa que la emoción constituye una respuesta biológica, así como una experiencia subjetiva que no es posible aislar tan sencillamente en elementos y procesos informáticos binarios. Por consiguiente, de acuerdo con este enfoque, resulta complicado concebir una manera de programar las máquinas para que experimenten emociones "humanas" (Green, 2018).

Es importante señalar que la emoción no está separada de la cognición, por lo que una IA puede programarse de manera semejante. Por ejemplo, se afirma que la totalidad de funciones mentales —cognición y emoción— son computacionales. Por ende, las aplicaciones de inteligencia artificial son capaces de experimentar las emociones de manera computacional. Esta controversia muestra si la inteligencia artificial que emula los sentimientos a nivel cognitivo es distinta de la manera en que los humanos experimentan los sentimientos. No obstante, como ocurre con el *test* de Turing, en tanto la inteligencia artificial “expresa” sentimientos, en función de la prestación de servicios, puede no tener demasiada importancia cómo lo logre. La controversia acerca del carácter de la inteligencia artificial empática utiliza argumentos semejantes a los del debate acerca de si la inteligencia artificial intuitiva es capaz de razonar como una persona.

Algunos ejemplos de este tipo de IA son Replika, que aprovisiona personas artificiales (*bots* personales) para el bienestar psicológico, o Sophia, la inteligencia artificial de Hanson Robotics semejante a los humanos que está configurada para imitar y actuar como las personas. Sophia resulta tan contundente que el Gobierno saudí le ha reconocido hace no poco la ciudadanía. El objetivo de estas aplicaciones resulta distinto al de las inteligencias artificiales analíticas e intuitivas, que se configuran basadas en consideraciones funcionales, por ejemplo, las aplicaciones de la inteligencia artificial analítica no tienden a constituir una preocupación (Bzdok *et al.*, 2018), ya que son elaboradas para que se asemejen a las máquinas y no tanto a los humanos.

3.4 Áreas de aplicación de la IA

La inteligencia artificial tiene presencia en muchos ámbitos de la vida diaria, por ejemplo, los espacios de trabajo, los planes de divertimento o incluso en el espacio familiar. A continuación,

se explican algunas áreas en las que la inteligencia artificial tiene un papel fundamental de transformación.

3.4.1 Ciberseguridad

La inteligencia artificial puede emplearse para brindar soporte a los especialistas en seguridad, principalmente, en el tratamiento cada vez más sofisticado de los sistemas contemporáneos de *internet of things* (IT), industria 4.0 o infraestructura del IoT, a la par del enorme número de información creada por dichos sistemas, todo ello con el objetivo de estar un paso adelante de los atacantes cibernéticos. En ese marco, la ciberseguridad encara diversos desafíos, tales como la localización de intrusiones, el resguardo de la privacidad, la protección proactiva, el reconocimiento de conductas irregulares o la localización de peligros complejos, pero, esencialmente, hace frente a los peligros variables que surgen de manera constante. A causa de ello, actualmente se encuentran en desarrollo procedimientos basados en la inteligencia artificial que favorezcan al análisis y la toma de decisiones instantánea, para lograr una veloz localización y neutralización ante potenciales ataques cibernéticos. Actualmente, se emplea la inteligencia artificial para elaborar sistemas autoadaptables y que posibiliten la automatización de respuestas ante amenazas cibernéticas (Ayerbe, 2020).

La inteligencia artificial puede emplearse en la totalidad de fases de una seguridad integral inteligente, a saber: identificación, resguardo, localización, respuesta y reparación frente a posibles amenazas. De ahí que la ciberseguridad puede entenderse como un ámbito importante de aplicación de la inteligencia artificial, como lo son el de la nutrición, la salud, la educación o el transporte. La ciberseguridad no es una nueva área de aplicación de la inteligencia artificial, por el contrario, ya lleva algunos años empleándose para elaborar alternativas capaces de localizar y neutralizar amenazas cibernéticas sofisticadas, así como impedir fugas de información. La European Union Agency for Cybersecurity (Enisa) señala que se debe estudiar el uso de la inteligencia artificial en la búsqueda de amenazas cibernéticas, a fin de disminuir la cantidad de pasos manuales en las investigaciones.

Durante la pandemia por la COVID-19, se puso en evidencia el enorme poder que tienen los cibercriminales para acoplarse con velocidad a las nuevas circunstancias vulnerables del trabajo a distancia, sacando provecho de las conexiones a internet de los hogares para tener acceso

a la información y a los sistemas de las empresas. Los criminales cibernéticos personalizaron los vectores de ataque con procedimientos complejos de hurto de documentos de acreditación, ataques de *phishing* rigurosamente dirigidos, complejos ataques de ingeniería social y sofisticadas tecnologías para el encubrimiento de *malware*, etc. Ciertamente, a medida que estos métodos se mezclen con la inteligencia artificial, dichas agresiones resultarán más contundentes, más complicadas de localizar y tendrán un mayor éxito.

3.4.2 Salud

Resulta evidente el incremento acelerado que ha tenido la inteligencia artificial en los últimos años. Se estima que la IA aplicada a la salud podría economizar cerca de 150 000 millones de dólares a todo el sector. En adición, el mercado ofrece un gran potencial de progreso.

De acuerdo con Martínez-García *et al.* (2019), entre las aplicaciones más famosas de la inteligencia artificial se encuentran los asistentes robóticos de cirugías o *robot-assisted surgery*; este ayudante brinda apoyo a los profesionales médicos para llevar a cabo cirugías sin necesidad de que el profesional y el paciente estén presentes en el mismo espacio. Asimismo, las enfermeras virtuales constituyen aplicaciones de la inteligencia artificial capaces de asistir a los pacientes en las situaciones que estos requieran, a través de *apps* descargables en los teléfonos celulares. La enfermera virtual es capaz de realizar una supervisión diaria de los valores y estimaciones que el propio paciente puede llevar a cabo desde la comodidad de su hogar, y todo ello con la orientación profesional virtual, que además puede, de acuerdo con los datos del usuario, aconsejar tratamientos específicos o, en caso de ser necesario, solicitar su derivación a un establecimiento médico.

Watson constituye uno de los mejores casos de aplicación de la inteligencia artificial en el ámbito de la salud. La supercomputadora de IBM, actualmente, tiene la capacidad de proporcionar diagnósticos de cáncer con una exactitud del 83 % y proponer eventuales tratamientos a los especialistas médicos. Además, Watson permite la ejecución de una supervisión personalizada de todos los pacientes a escala genética. Por otro lado, DeepMind, la rama de análisis de IA de Google se ha asociado con el Servicio Nacional de Salud de Inglaterra. La meta de la empresa Alphabet consiste en diseñar una *app*, llamada Streams, que focalice los datos relativos a un paciente. Streams podría ser capaz de brindar alertas basadas en dichos datos, posibilitando así al profesional médico ejecutar sus acciones lo más rápido posible. Sention, por su parte, tiene un objetivo

superior, que consiste en anticipar en qué momento una persona se encuentra en peligro de caer enferma, de modo que pueda recibir tratamiento incluso antes de acudir a un centro médico, lo que disminuye la afluencia a los hospitales. Para tal fin, se vale de biosensores y *machine learning* para examinar información (Martínez-García *et al.*, 2019).

Prevención de la pérdida de visión en pacientes con diabetes

Especialistas de datos han elaborado un algoritmo de análisis de imágenes para la California Health Care Foundation, que posee la capacidad de explorar la retina en pacientes con diabetes y aprender a reconocer indicios sutiles de deterioro de la retina vinculados con la patología con una exactitud del 85 %, más veloz que la práctica humana y sin derivar las exploraciones a un laboratorio. Cerca del 80 % de los pacientes diabéticos padece deterioro en la retina, que, en caso de no ser detectado, puede ocasionar una ceguera absoluta (Huang & Rust, 2018).

Predicción de la esquizofrenia mediante el análisis del habla

Académicos de la Universidad de Columbia, el Instituto Psiquiátrico del Estado de Nueva York e IBM han elaborado un sistema de aprendizaje automático con la capacidad de pronosticar con una exactitud del 100 % si una persona con peligro de desarrollar una psicosis provocada por la esquizofrenia desarrollará la patología, ello mediante el examen del habla, que puede revelar diversos signos de la patología. Al aprender a reconocer los signos del habla en las grabaciones de audio, el sistema sería capaz de aventajar a los modelos de diagnóstico normales, que tienen una exactitud del 79 % (Halzack, 2017).

Prevención del cáncer de páncreas

La compañía de biotecnología Berg ha empleado la inteligencia artificial para examinar un enorme número de datos oncológicos y diseñar un modelo completo del funcionamiento del cáncer de páncreas. Con base en este modelo, Berg detectó los procesos metabólicos concretos que aceleran el desarrollo del cáncer de páncreas, y elaboró un fármaco (actualmente, en fase II de pruebas) que se orienta a estos procesos para generar que las células cancerosas reaccionen mejor a la quimioterapia (Ravi *et al.*, 2017).

Automatización de un microscopio para diagnosticar la malaria

Un microscopio automatizado llamado Autoscope emplea una red neuronal artificial para estudiar velozmente muestras de sangre sobre el terreno y hacer un diagnóstico de la malaria con una exactitud del 90 %. Los procedimientos tradicionales para hacer diagnóstico veloz únicamente pueden establecer si el parásito de la malaria se encuentra en una muestra de sangre, lo que no quiere decir que una persona vaya a padecer la patología. Autoscope puede distinguir entre partículas concretas en una muestra de sangre para cuantificar la cantidad de parásitos de la malaria y establecer si el diagnóstico se encuentra justificado (Ravi *et al.*, 2017).

Diagnóstico de los trastornos de la voz

Académicos y científicos del Instituto Tecnológico de Massachusetts y del Hospital General de Massachusetts han elaborado un sistema que emplea un dispositivo portátil para recolectar datos acerca del movimiento de las cuerdas vocales de un paciente, y emplea el aprendizaje automático para localizar señales sutiles del habla anormal que podrían indicar que un individuo padece de disfonía por tensión muscular (MTD). Quienes padecen de MTD experimentan fatiga vocal y disminución en la calidad de la voz, pese a no haber padecido deterioro físico previo en las cuerdas vocales, lo que complejiza el diagnóstico de dicha patología. El sistema podría tener una utilidad especial en la recolección de datos acerca del rendimiento vocal, que aporten al diagnóstico sin que por ello los pacientes tengan que interactuar demasiado tiempo con el experto en persona (Ravi *et al.*, 2017).

Contribución en pacientes diabéticos

La compañía Suggestic ha elaborado una aplicación para *smartphones* dirigida a pacientes con diabetes tipo 2, que emplea la IA para profundizar en la investigación médica y la conducta de los clientes, con el objetivo de brindar consejos personalizados que ayuden a modificar su dieta y controlar la enfermedad. Suggestic brinda la posibilidad de incorporar metas y planes de dieta y, en consecuencia, examina una gran cantidad de estudios médicos y documentos de investigación relacionados con la diabetes para obtener datos oportunos acerca de los planes de nutrición personalizados y aconsejar intervenciones cuando sean necesarias (Johnson, 2016).

Agilización en el descubrimiento de fármacos

Académicos de la Universidad Carnegie Mellon emplearon un sistema de aprendizaje automático para ensayar nuevos fármacos, disminuyendo la cantidad de pruebas insignificantes hasta en un 70 %. El sistema examinó diversos experimentos de referencia acerca del impacto de un nuevo fármaco en una proteína específica de una célula, y pudo aprender qué factores intervienen en las interacciones de un fármaco, diseñando un modelo predictivo capaz de calcular los resultados de eventuales variaciones del experimento con un nivel de exactitud del 92 % (Javelosa, 2017).

Suturas más seguras con cirujanos robóticos

Un robot quirúrgico denominado Smart Tissue Autonomous Robot (STAR) puede aplicar puntos de sutura con más exactitud que los médicos humanos. STAR examina los datos de cámaras 3D e infrarrojas especializadas en tiempo real, a fin de elaborar un plan de disposición idóneo de puntos de sutura, y los aplica utilizando un brazo robótico. En las pruebas, los puntos de sutura de STAR fueron más firmes y compactos a las fugas que los aplicados por cirujanos humanos (Rust, Roland & Ming-Hui, 2014).

Uso de la inteligencia artificial para acelerar la radioterapia

El Servicio Nacional de Salud del Reino Unido ha colaborado con DeepMind, la especialidad en investigación de inteligencia artificial de Google, para instruir un sistema de IA con la capacidad de disminuir el tiempo necesario para suministrar un tratamiento de radioterapia a los pacientes con cáncer de cabeza y cuello. Los médicos tienden a tomar hasta cuatro horas en exploraciones radiológicas, localizando minuciosamente las células cancerosas hacia las cuales orientar la radiación. El sistema de DeepMind se entrenará con 700 escaneos anónimos para saber cómo rastrear las áreas cancerosas de manera automática, reduciendo el tiempo que toma el proceso a solo una hora (Andrews, 2017).

Aumentar la participación en los ensayos clínicos

Estudiosos del Centro Médico del Hospital Infantil de Cincinnati han elaborado un sistema de aprendizaje automático para examinar si es posible que un paciente forme parte de un ensayo clínico. El sistema examinó factores objetivos y subjetivos sobre un paciente, tales como edad,

raza, predisposición a la investigación médica y condiciones de salud (Cabana, 2022). Al entender los factores que provocan que un paciente esté más predispuesto a formar parte del ensayo, los estudiosos fueron capaces de escoger de manera más eficaz a los pacientes para los ensayos, lo que podría contribuir a elaborar tratamientos más eficaces (Kim, 2007).

3.4.3 Alimentación y nutrición

La nutrición personalizada apunta a ser un sector capaz de brindar soporte a las personas y recomendar dietas personalizadas, de manera que puedan llevar una vida más saludable. No obstante, la información no estructurada acerca de la epigenética y el microbioma, susceptibles de ser influenciados por los hábitos y la dieta, serán fundamentales para elaborar alimentos y generar mejoras.

La responsabilidad de llevar una dieta y hábitos de vida saludables corresponde a las personas, por lo que elaborar sistemas de alimentación adecuada constituye un paso decisivo para alcanzar la era centenaria. La elaboración de dietas personalizadas necesita el desarrollo de tecnologías como la superconectividad, la inteligencia artificial y el IoT (*internet of things*); sin embargo, el estudio de estas nuevas tecnologías no constituye una labor para el sector de la alimentación. Para lograr una investigación trascendente acerca del uso de la IA, el análisis debe considerar la aplicación de esta en la nutrición personalizada.

3.5 Aplicación de la IA en la nutrición personalizada

La información y los datos nutricionales aumentan a diario, motivo por el cual surge la necesidad de emplear la tecnología para administrarla, ordenarla y así elevar su potencial de uso. En dicho aspecto, la inteligencia artificial brinda el aprendizaje automático transformando diversas áreas de la nutrición y contribuyendo a tomar decisiones más veloces y adecuadas (Huang & Rust, 2018). Las máquinas tienen la capacidad de examinar, aprender, comunicar y entender la información, por ello, su finalidad consiste en emular los procesos de pensamiento, la capacidad para aprender y la gestión del conocimiento, los cuales están cada vez más presentes en la medicina experimental y clínica (Kim, 2007). Lo que se puede notar es que la aplicación de la inteligencia artificial se ha difundido en las ciencias biomédicas, sobre todo en el diagnóstico médico, el pronóstico de riesgos y el soporte de métodos terapéuticos, los cuales están progresando a pasos

agigantados. Ese es el motivo por el que existen múltiples modelos para el aprendizaje automático y el uso de algoritmos (Forrestal, 2011).

El efecto de la inteligencia artificial en la nutrición se observa cuando una selección apropiada en la alimentación (diseñada para cada persona en función de su información vital y sus inclinaciones) funciona para enseñar a ingerir alimentos de manera inteligente a niños y familias, con el objetivo de prevenir patologías crónicas (Iagua, 2020). También, constituye una ayuda para que las personas puedan preparar sus alimentos de manera más sana con los insumos de que dispongan en sus hogares, ya que orienta, paso a paso, desde la separación de ingredientes hasta la preparación de la receta y la elaboración de una lista de compras. Esto también favorece a las máquinas en su aprendizaje automático, puesto que las *apps* y los dispositivos inteligentes toman en consideración la clase de alimentación, y tienen impacto en la manera como una persona se alimenta (Ertel, 2017).

En ese sentido, las plataformas digitales de nutrición optimizan los hábitos de vida de manera personalizada para sugerir mejores decisiones y conseguir resultados apropiados en el terreno de la salud. No solo brindan consejos acerca de la cantidad de calorías que una persona tiene que dejar de ingerir, sino que informan sobre cómo los alimentos afectan al organismo y aconsejan acerca de cuál es la manera más adecuada de ingerir un alimento para lograr un impacto positivo en la salud (Ertel, 2017). La IA puede ayudar a determinar la cantidad y calidad de la nutrición, a fin de fortalecer la condición física, gracias al aporte de la nutrigenómica y la nutrigenética, que se encuentran dirigidas a una nutrición personalizada en función de las variaciones genómicas y genéticas de los individuos (Oke, 2008).

3.6 Desafíos de la IA en la actualidad

La inteligencia artificial ha proporcionado diversos beneficios en múltiples áreas de la vida cotidiana. Entre estos, sobresalen las aplicaciones de la IA en el campo de la salud, la consecución de sistemas de producción más eficientes, el aporte en la reducción de problemas medioambientales o la mejora en los sistemas de protección para las personas. Por ello, la inteligencia artificial (englobada la inteligencia artificial aplicada a la robótica y tecnologías del *machine learning*) está incrementando los niveles del bienestar socioeconómico, a la vez que contribuye con el respeto de los derechos humanos, abriendo paso a una mejor calidad de vida.

Sin embargo, así como ocurre con otros instrumentos tecnológicos, la inteligencia artificial también acarrea un conjunto de potenciales peligros, como la imprecisión en la toma de decisiones, la parcialidad y las discriminaciones de toda clase, la intrusión en la vida privada o ser utilizada en actos delictivos. Del mismo modo, los dispositivos con inteligencia artificial, al progresar en su autonomía, pueden presentar conductas difíciles de predecir o, incluso, provocar daños.

Parra y Concha (2021) explican que los diversos ámbitos de estudio de la inteligencia artificial tienen tres retos en común para reducir los peligros que supone su desarrollo:

1. La inteligencia artificial tiene que ser social, para posibilitar una interacción juiciosa con las personas.
2. La inteligencia artificial tiene que ser explicable, de modo que los algoritmos entrenados en información se conviertan en transparentes, al brindar aclaraciones correctamente demostradas.
3. La inteligencia artificial tiene que ser responsable o, en otras palabras, debe regirse por el marco normativo, jurídico y legal de cada sociedad.

Por lo regular, como ocurre con las industrias en auge, que elaboran nuevas mercancías o servicios novedosos y que con mucha rapidez se vuelven elementos indispensables para los consumidores, en una primera fase su funcionamiento se deriva a la autorregulación de sus actividades. Ahora bien, en el momento en que surgen los primeros conflictos de carácter jurídico, que no son posibles de ser enmendados por las normas de conducta establecidas por el propio sector, las naciones examinan en el marco legal vigente alternativas diseñadas para dar solución a situaciones equivalentes. Cuando los nuevos vínculos sobrepasan lo establecido por el marco jurídico vigente, se empieza un proceso de control de la actividad, decretando nuevas reglas, así como una nueva institucionalidad, en la que los nuevos órganos de control especializados poseen un papel importante (Parra & Concha, 2021).

En la actualidad, la sociedad se encuentra en esta fase de nuevas regulaciones ante una actividad tan novedosa como la inteligencia artificial. La autorregulación de esta actividad y la adecuación de los marcos legales vigentes a los nuevos debates jurídicos que genera el uso de la inteligencia artificial empieza a dar el salto a un proceso de regulación y control del sector.

Múltiples plataformas, tanto internacionales como nacionales, han empezado a aparecer para forjar una institucionalidad y un marco legislativo correspondiente capaces de llevar un control preciso de las actividades vinculadas con la inteligencia artificial, con reglas apropiadas para dar solución a los problemas legales que están proponiéndose, además de regular su impredecibilidad, aplacar los peligros derivados y planificar su avance sostenible en un futuro cercano.

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA NUTRICIÓN PERSONALIZADA

En el futuro, las sociedades dedicarán esfuerzos para transformar el contexto de la economía industrial. Debido a ello, el mundo ingresará en una nueva era caracterizada por poblaciones superenvejecidas, la predominancia de la inteligencia artificial y la economía global. Se piensa que la humanidad abandonará la economía industrial para llevar a cabo una transición hacia una economía en la que la finalidad principal sea la felicidad del ser humano.

Es necesario mencionar que el pensamiento y la conducta humanas se encuentran influenciados por los sentimientos, y no pueden abordarse en su totalidad empleando para ello únicamente la toma de decisiones racionales. Por ende, la inteligencia artificial y las demás tecnologías de superconexión que fomentan la *big data* y el *deep learning* posibilitarán la introducción de servicios personalizados y descentralizados, que constituyan una transformación de la era de la producción en serie, la centralización y la automatización. Esto quiere decir que se prestará más importancia a la elaboración de hábitos de vida únicos en lugar de dar más cabida a la producción (Naimi & Balzer, 2018). En el futuro, las sociedades superenvejecidas dejarán el individualismo y se enfocarán más en los individuos. En dichas sociedades, será de vital importancia adquirir un conocimiento más preciso sobre los hábitos "no productivos" de los individuos (es decir, de otras actividades, además del ocio o el juego) y de las costumbres dietéticas para brindar alimentos personalizados que lleven a los seres humanos hacia una alimentación sana con hábitos de vida adecuados.

Las dietas personalizadas se llevarán a cabo gracias a datos estructurados obtenidos de los genes humanos, los cuales no varían. No obstante, los datos no estructurados acerca de la epigenética y los microbiomas, que pueden verse influenciados por las costumbres y la dieta, serán centrales para elaborar alimentos y estilos de vida personalizados. La variedad de alimentos constituye el factor fundamental para generar tales datos no estructurados. Debido a que la responsabilidad de sostener una dieta y estilos de vida sanos corresponde a las personas, el

desarrollo de alimentos y hábitos de vida personalizados constituye un paso clave para alcanzar la sana longevidad. La elaboración de dietas personalizadas necesita tecnologías como la superconectividad, la inteligencia artificial y el internet de las personas (IoHuman) o el internet de las cosas (IoT), pero el estudio de estas tecnologías no corresponde a la industria alimentaria. Las tecnologías diseñadas en otras áreas pueden emplearse en el estudio de las ciencias alimentarias, y estas tecnologías pertenecen a lo que se conoce como foodómica (Cabana, 2022). Dichas tecnologías comprenden 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 culturómica.

Entonces, resulta central que quienes integran el rubro de la industria alimentaria conozcan a fondo la cuarta Revolución Industrial y la usen como fundamento para entablar un diálogo con los Gobiernos. Actualmente, sostener que la industria alimentaria tiene el mayor potencial entre todas las demás industrias puede recibirse con gestos de duda o inclusive de rechazo, siendo esa la realidad en que se encuentra la sociedad ahora. No obstante, debido a que la cuarta Revolución Industrial implica una enorme transformación en los hábitos de vida de las personas, la industria alimentaria deberá posicionarse como una de las más relevantes en esta era. A causa de los progresos de la inteligencia artificial y la biotecnología, la dieta y los estilos alimentarios continuarán ocupando un rol cada vez más central en la salud de las personas, motivo por el cual el estudio exacto de las demandas de los usuarios en el terreno de la salud y el bienestar será una parte clave del abastecimiento de productos alimentarios y de hábitos de vida personalizados (Cabana, 2022).

Al brindar servicios de productos alimentarios personalizados, las compañías podrían adquirir información genética acerca de los individuos por medio del *deep learning*, para realizar pronósticos exactos y luego brindar directrices dietéticas a los individuos a fin de potenciar la salud y el bienestar. Brindar productos alimentarios y personalizar los estilos de vida con base en una comprensión exacta del ocio y las dietas de cada persona será de importancia especial para las sociedades superenvejecidas, personalizadas y focalizadas en los individuos del porvenir (Kim, 2007).

La superconectividad, la inteligencia artificial y el internet de las cosas son las tecnologías de *hardware* que están en el eje de la cuarta Revolución Industrial, en tanto que los sistemas de datos interactivos (plataformas), la tecnología para identificar hábitos y patrones de vida, la biotecnología, el aprendizaje automático, la *big data* y el *deep learning* son el núcleo del *software* y de ese nuevo campo de tecnologías. El éxito o fracaso de la cuarta Revolución Industrial se encuentran supeditados a la cantidad y exactitud de la *big data* para cada uno de dichos factores. Concretamente, todo depende del número de información exacta que tenga cada individuo sobre los ingredientes presentes en sus alimentos. Los elementos de *hardware* y *software* no necesitan más estudios en la industria alimentaria en tanto comprendan los principios básicos (Limketkai *et al.*, 2021). Las industrias de *hardware* y *software* continúan progresando a una celeridad precipitada a causa de la contribución de ingenieros electrónicos y los especialistas en la tecnología de la información.

Características de la industria alimentaria

Gran parte de las personas se encuentran familiarizadas con los alimentos y la industria alimentaria. Es extraño encontrar a alguien que desconozca estos temas, y no sorprende que gran parte de la población pueda entablar una conversación en torno a los alimentos y a la industria alimentaria. No obstante, esto también supone la difusión de mucha información falsa o poco precisa sobre la industria alimentaria. Ciertamente, esta industria no es tan intensiva en términos de tecnología, como por lo general se creía, ni tampoco tiene un elevado nivel de protección tecnológica o altas barreras de entrada. El desarrollo de la industria de los alimentos no está potenciado por la producción y el progreso tecnológico (Cabanés, 2018). En los países en vías de desarrollo, el abastecimiento de alimentos y la producción agrícola constituyen una problemática de larga data debido a la continua escasez. En la era industrial, la producción de alimentos podía sustentar su crecimiento solo con el incremento de la producción, y la industria era intensiva en capital y focalizada en la producción. No obstante, en el futuro, la producción será el eje del problema y la nueva perspectiva será la satisfacción de las demandas de los usuarios.

La industria de alimentos de una nación está hondamente vinculada con la salud, la seguridad y el bienestar de la población, así como con la economía del país. Por tal motivo, tanto los diversos Gobiernos como la sociedad son bastante susceptibles ante los temas de la seguridad alimentaria, y los países deben supervisar el precio de los alimentos y la calidad de los productos

alimentarios. Por ende, en contraste con lo que sucede con otras industrias, es extraño que una compañía del sector de alimentos concentre el monopolio. Los precios de los alimentos tienen un impacto significativo en la inflación de toda la economía. Así, los Gobiernos intentan supervisar los precios de los alimentos con el objetivo de manejar la inflación. Asimismo, resulta clave tener en consideración que la seguridad y la salubridad de los alimentos constituyen los criterios claves para evaluar la salud pública y el bienestar de una nación. Hace algunos años, una importante compañía lanzó al mercado un nuevo producto elaborado con materiales de calidad, pero el Gobierno le solicitó que redujera el precio ante los reclamos sobre su elevado precio. Este, como otros, es un ejemplo de que las compañías suelen intentar lanzar nuevos productos al mercado, pero renuncian al poco tiempo a causa del control de precios del Gobierno.

Se entiende, entonces, que, en contraste con otras industrias, resulta complicado que las compañías del sector de alimentos consigan grandes ingresos económicos elaborando y diseñando nuevos productos, pero el Gobierno y los especialistas continúan focalizando gran parte de su interés en el desarrollo de productos como motor central del crecimiento de la industria alimentaria. Desde esta perspectiva, las actuales políticas de desarrollo y producción de alimentos del Gobierno son deficientes y poco apropiadas para suplir los requerimientos de la sociedad en el futuro. Por otra parte, los Gobiernos no tienen manera de controlar las dietas personalizadas que fueron elaboradas para adaptarse a las preferencias particulares y las cualidades culturales y biológicas de los usuarios individuales. Por ello, la dieta personalizada constituye una industria de elevado valor agregado.

Los consumidores finales de la industria de alimentos son todos los seres humanos, a diferencia de lo que sucede con otras industrias, como la farmacéutica, en donde no todos los individuos son los consumidores finales de los productos, sino precisamente los médicos, en tanto que las compañías médicas son las que utilizan las máquinas y equipos. Por tal motivo, pareciera que el resto de los individuos no tuviera “derecho a conocer” cuando se trata de productos farmacéuticos. No obstante, como los alimentos son ingeridos por las personas comunes, tienen todo el derecho a saber lo relacionado con la seguridad, los beneficios para la salud y los principios activos de los alimentos que ingieren (Guillen, 2018). Además, las personas también tienen el derecho de elegir. Algo semejante sucede con los vehículos, los *smartphones* y electrodomésticos, cuyos usuarios finales son las personas comunes. No obstante, los automóviles y los *smartphones*

tienden a emplearse durante 5 a 10 años y 2 a 5 años, respectivamente, motivo por el que transcurre bastante tiempo hasta que los usuarios se enfrentan a otra decisión de compra. Cuando alguien compra un vehículo o un dispositivo móvil, no tendrá que tomar otra decisión durante al menos muchos años. Por otra parte, las personas en general tienen que tomar por lo menos 200 a 300 decisiones, o en ciertos casos hasta 1000 cada año cuando se trata de alimentos. Como las elecciones sobre los alimentos son tan habituales, los consumidores desean tener suficiente información sobre estos y ejercer su derecho a conocer y elegir. Este derecho es un elemento significativo que debe considerarse en los debates sobre el progreso de la industria alimentaria (Naimi & Balzer, 2018).

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

a. Descentralización

La transición desde los sistemas de producción y los sistemas de información integrados elaborados para una producción de eficiencia hacia sistemas hiperconectados son capaces de producir una variedad de productos personalizados, enfocados en las características individuales de los usuarios. Por ello, no consiste en una lucha de eficiencia orientada a la competencia de precios de producción. Los sistemas descentralizados representan un modelo económico configurado en función del consumidor, un ejemplo de ellos es un sistema de cadena de bloques que produce energía limpia para un segmento de usuarios en concreto, en una región en particular y que vende la energía sobrante. Esta clase de sistema de cadena de bloques es capaz de categorizar a los usuarios en bloques de acuerdo con sus características biológicas, preferencias, factores culturales o históricos, a fin de brindar productos o sistemas que vayan acorde a sus necesidades particulares. Desde luego, este grado de descentralización necesita de más progresos en el desarrollo en inteligencia artificial y *big data*; los progresos tecnológicos podrían en cierto punto ir más allá de la cadena de bloques para diseñar modelos P2P (persona a persona, producto a persona) con niveles más altos de estratificación y variedad. Así, la descentralización constituye un elemento clave de la cuarta Revolución Industrial (Yu *et al.*, 2018).

b. Personalización

Si se produce un número de datos preciso sobre cada persona y objeto, la tecnología del *deep learning* será capaz de vincular piezas para posibilitar la provisión de pasatiempos, cultura, viajes, ocio, servicios sanitarios y alimentos personalizados para personas, en lugar de hacerlo para grupos o bloques de usuarios. Los progresos en la ciencia de la vida serían capaces inclusive de establecer diferencias no solo entre personas, sino también entre los sentimientos y los ritmos biológicos al interior de una persona. También permitiría servicios personalizados que favorecerán a cada individuo a hallar su propio bienestar, que es el objetivo último de todas las personas. Desde luego, esto se encuentra condicionado a la elaboración de datos apropiados, pero en caso de obtenerse, la industria alimentaria podría brindar dietas personalizadas P2P con base en los hábitos de vida de la persona e, incluso, en su información genética. En ese sentido, las dietas personalizadas que ayuden a las personas a preservar la salud constituirán una industria importante en el marco de la cuarta Revolución Industrial. También hace falta tener en cuenta que, conforme se desarrolla dicha revolución, la transición hacia alimentos naturales y sostenibles es la ruta hacia el bienestar de los humanos. Igualmente, en lugar de prestar atención a factores tecnológicos como las instalaciones, el contexto de producción y la automatización, el debate en torno a las granjas inteligentes tendrían que enfocarse en el empleo de la tecnología de la cadena de bloques para abastecer a los usuarios una diversidad de productos especializados, mediante procesos como la “hormesis”, capaces de suplir sus requerimientos biológicos y culturales (Oke, 2008).

El pensamiento y la conducta de las personas están influenciados por los sentimientos y son incapaces de explicarse únicamente por medio de la toma de decisiones racionales. Por ende, la inteligencia artificial y las demás tecnologías propias de la cuarta Revolución Industrial que fomentan la *big data* y el *deep learning* harán posible la incorporación de servicios personalizados y descentralizados. Lo anterior quiere decir que la perspectiva central será la elaboración de hábitos de vida únicos, en vez de la producción. Por consiguiente, resulta penoso que los debates en torno a la cuarta Revolución Industrial en el sector agrícola brinden escasa atención a los valores y al modo en que la industria de los alimentos puede desarrollarse para fomentar hábitos de vida y estructuras sociales sanas y de bienestar.

Objetivos

Objetivo general

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

Objetivos específicos

- Describir las aplicaciones centrales o usos de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada.
- Caracterizar los aportes de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada.
- Identificar los riesgos procedentes del empleo de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada.

Tipo de investigación

Según su enfoque, el tipo de investigación fue cualitativo.

Acceso al campo

El acceso al campo de la investigación fue de tipo documental, puesto que fueron estudiados artículos en español e inglés en los que se aborda la puesta en práctica de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada. El escenario analizado abarcó un marco teórico fundado en la revisión de la información generada acerca de la ejecución de la inteligencia artificial en el ámbito de la nutrición personalizada. En esa línea, se utilizaron procedimientos formales para acceder al área de investigación, que fueron los siguientes: i) revisión de información documental disponible en revistas especializadas acerca del objeto de investigación, ii) recolección de información documental y iii) revisión de textos acerca de la inteligencia artificial.

También se presentaron los siguientes obstáculos: i) gran cantidad de información sobre el tema de investigación, por lo que fue complicado sintetizarla y segmentarla; y ii) información utilizable, en gran parte en inglés. Con el objetivo de superar dichos obstáculos, se restringió la fecha relativa a la información recopilada, es decir, se estudió información publicada entre 2015 a 2021, a la vez que se examinaron los artículos de mayor relevancia en el área.

Selección de información y situaciones observadas

La recolección de información se llevó a cabo teniendo en cuenta, esencialmente, dos bases de datos: Google Scholar y PubMed (en muy pocos casos se usó Scielo).

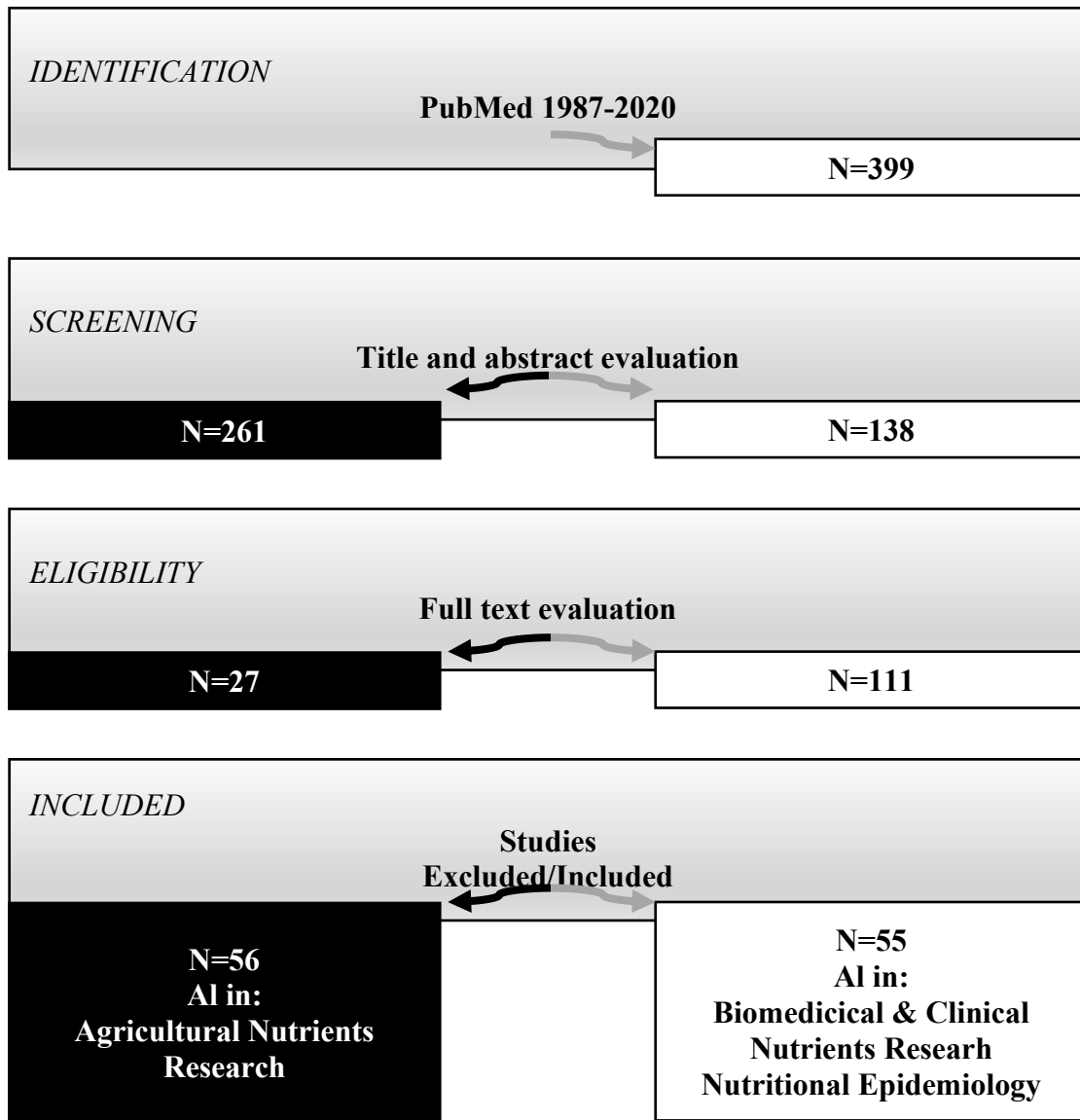
Se obtuvo un total de 230 materiales bibliográficos publicados entre 2015 y 2021, de los que quedaron solo 30. Seguidamente, se examinaron los registros restantes empleando las versiones del texto íntegro y, al final, se escogieron 24 textos. Dichos trabajos fueron separados en tres secciones: i) inteligencia artificial y nutrición, ii) inteligencia artificial y nutrición personalizada y iii) inteligencia artificial y sistema de producción de alimentos.

En estos trabajos se corroboró que los algoritmos de aprendizaje automático se emplearon en las investigaciones en torno a la injerencia de los nutrientes en la actividad del cuerpo humano, en la salud, la enfermedad y, en especial, la nutrición personalizada. Los algoritmos de aprendizaje evidenciaron que la inteligencia artificial constituye un gran apoyo para la nutrición personalizada, puesto que alcanzaron a elaborarse aplicaciones y recetas gastronómicas, a fin de fomentar una alimentación sana. Asimismo, gracias a lo anterior, se pudo conocer que fue posible elaborar sistemas dietéticos con técnicas de inteligencia artificial con la capacidad de generar una red mundial de soporte activo, a la par de controlar el abastecimiento personalizado de nutrientes.

Los textos recogidos se separaron en cuatro secciones en provecho del registro y usos a lo largo de la investigación: i) identificación, ii) revisión y exploración, iii) elegibilidad y iv) inclusión. En ese sentido, al comienzo se propuso la importancia de investigar la repercusión de la inteligencia artificial en la nutrición, para lo cual se identificaron los trabajos susceptibles de ser materia de estudio.

A continuación, se muestra una figura relativa a la clasificación de informantes y situación observada:

Figura 2. Forma de selección de información para revisión documental



Nota. Tomado de Sak y Suchodolska (2021)

Estrategias de recogida y registro de datos

Para este trabajo, los atributos centrales del objeto de estudio fueron los siguientes: i) información presente en fuentes documentales y ii) información publicada en *papers* o libros.

Las unidades objeto de estudio son las que siguen: i) información documental que relacione los conceptos de inteligencia artificial y la nutrición personalizada, y ii) textos académicos o artículos, etc.

Análisis de datos y categorías

La estrategia utilizada fue la observación documental, teniendo en cuenta que el objeto de investigación es información presente en fuentes documentales. Las herramientas empleadas han sido la ficha de resumen y la ficha de análisis de contenido. Las técnicas y los procedimientos se encuentran organizados de acuerdo con las metas concretas de investigación, con la finalidad de avalar su apropiada aplicación. En esa línea, se tuvo como primer objetivo específico definir las aplicaciones fundamentales o utilidades de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada; así, la técnica que se utilizó es la observación documental y la herramienta fue la ficha de resumen. El segundo objetivo fue señalar las manifestaciones más importantes que determinan el empleo de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada, donde las técnicas y herramientas utilizadas son las mismas. El último objetivo fue reconocer los peligros procedentes del empleo de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada, donde, nuevamente, las técnicas y herramientas utilizadas son las mismas.

Resultados y discusión

A continuación, se exponen los resultados y la discusión de la investigación. En primera instancia, se presentan los *papers* que fueron materia de estudio.

Tabla 2. 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/frai.2020.621577	El procesamiento de lenguaje natural y la inteligencia artificial para la 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 alimentos.
Tarkan Karakan, Aycan Gundogdu, Hakan Alagözlü,	Artificial Intelligence based personalized diet: A pilot clinical study for IBS	2021 https://doi.org/10.1101/2021.02.23.21251434	Inteligencia artificial y nutrición personalizada.
Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., <i>et al</i>	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 los alimentos.
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/10.3389/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	2021	https://doi.org/10.1109/IISA52424.2021.9555512	<i>Machine learning</i> , inteligencia artificial y nutrición personalizada

	applications and health optimization			
Leila M. Shinn, Hannah D. Holscher	Personalized Nutrition and Multiomics Analyses	2021	https://doi.org/10.1097/NT.0000 https://doi.org/000000000513	La importancia y alcances de la nutrición personalizada.
Dae Young Kwon 한국식품연구원	Personalized diet oriented by artificial intelligence and ethnic foods	2020	https://doi.org/10.1186/s42779-019-0040-4	La aplicación de la inteligencia artificial en la industria alimentaria.
Maria Baena; Diego Ferreira; Ana Barbosa; Honório Ferreira	Use of artificial intelligence in precision nutrition and fitness	2020	https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817133-2.00020-3	Uso de la ciencia computacional para mejorar la nutrición.
Richard Fox Yuliya Bui	An Artificial Intelligence Approach to Nutritional Meal Planning for Cancer Patients	2015	https://doi.org/10.1007/978-3-319-18476-0_22	Inteligencia artificial y tratamiento del cáncer. Nutrición.
Tien Yin Wong, Neil M. Bressler.	Artificial Intelligence with Deep Learning Technology Looks Into Diabetic Retinopathy Screening	2016	https://doi.org/10.1001/jama.2016.17563	Aprendizaje profundo, inteligencia artificial y tratamiento de diabetes.
Tina Sikka	Personalised nutrition: studies in the biogenetics of race and food'	2020	https://doi.org/10.1080/13504630.2020.1828054	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.
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, que tienen el potencial de permitir la creación y prestación de mejores servicios de gestión para hacer frente a las enfermedades crónicas.
			https://doi.org/10.2196/10775	
Editorial en Clinical Nutrition	Towards personalized nutritional treatment for malnutrition using machine learning-based screening tools		2021	La identificación temprana de los pacientes con riesgo de desnutrición o que están desnutridos es crucial para iniciar una terapia nutricional oportuna y adecuada.
			https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.08.013	
V. Kumar, Bharath Rajan, Rajkumar Venkatesan, and Jim Lecinsk.	Understanding the Role of Artificial Intelligence in Personalized Engagement Marketing		2019	Este artículo explora el papel de la inteligencia artificial (IA) en la ayuda al <i>marketing</i> de compromiso personalizado, un enfoque para crear, comunicar y entregar ofertas personalizadas a los clientes.
			https://doi.org/10.1177/0008125619859317	
Ya Lu, Thomai Stathopoulou,	An Artificial Intelligence-Based		2020	El control periódico de la ingesta de nutrientes

Maria Vasiloglou	F. System for Nutrient Intake Assessment of Hospitalised Patients	https://doi.org/10.1109/EMBC.2019.8856889	<p>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.</p>
Phani Kumar y Durga Srivalli	The Role of Artificial Intelligence in Nutritional Research	2021 https://doi.org/10.1139/apnm-2021-0448	<p>La inteligencia artificial (IA) es un área en rápida evolución, que ofrece oportunidades inigualables de progreso y aplicaciones en muchos campos de la salud. En esta revisión, se ofrece una visión general de las principales y más recientes aplicaciones de la IA en la investigación sobre</p>

				nutrición, y se identificó 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	https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.113	2020	En este artículo se presenta un novedoso sistema basado en el aprendizaje automático que realiza una clasificación precisa de las imágenes de alimentos y estima sus atributos.
Daniel McDonald, Gustavo Glusman & Nathan Price	Personalized nutrition through big data	https://doi.org/10.1038/nbt.3476	2016	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.

Nota. Tomado de Rivera (2022)

Principales aplicaciones o usos de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada

El área de la nutrición personalizada ha progresado con celeridad con el paso del tiempo, sobre todo porque las compañías emplean plataformas digitales para interconectarse. Hace diez años solo había dieciséis compañías enfocadas en la genética nutricional. Actualmente, si bien se trata de un sector bastante fragmentado, se cuentan más de 425 compañías que ofrecen algún tipo de producto o servicio relacionados con la nutrición personalizada. Ahora bien, el segmento más

preponderante del sector, que es aquel con mayor proyección de crecimiento, se sustenta en las inclinaciones de los usuarios, como las dietas a base de vegetales y dietas especiales (sin gluten, cetogénicas y otros). Debido a ello, la ciencia de la nutrición personalizada ha experimentado un progreso considerable.

En los servicios más básicos, los usuarios tienden a completar una encuesta indicando sus preferencias y metas alimenticias, acompañados de su género, edad e índice de masa corporal. En ese marco, un grupo de compañías ha examinado los datos vinculados con los sistemas biológicos, tales como las redes reguladoras de genes y las vías metabólicas, empleando procedimientos computacionales y, desde luego, inteligencia artificial para proporcionar consejos alimenticios personalizados a los usuarios. En la medida en que sea mayor la cantidad de datos recolectados, la precisión de las recomendaciones crecerá. Los usuarios buscan cada vez más perspectivas personalizadas en beneficio de su salud, que tengan la capacidad de orientarlos en la consecución de metas concretas. Por tal motivo, se ha presenciado un incremento en el despliegue de tecnologías capaces de brindar datos e información claves para generar alternativas de nutrición personalizadas eficientes.

Requisitos de las biotecnologías modernas para las dietas personalizadas

El progreso de la tecnología que apunta a la secuenciación de nueva generación, además de otras biotecnologías, ha brindado la posibilidad de estudiar el genoma completo de un individuo a un coste reducido, así como clarificar lo concerniente al vínculo de genes específicos con enfermedades en concreto. La investigación de la composición genética ha beneficiado el desarrollo de la medicina y la nutrición personalizadas, al concentrar a los individuos de acuerdo con su biotipo o su susceptibilidad ante enfermedades específicas.

Por otro lado, la bioinformática es una tecnología básica diseñada según los enormes datos adquiridos mediante las biotecnologías modernas. Se emplea en la predicción del biorritmo de una persona, o para elaborar sistemas biológicos y crear sistemas alternativos por medio de *big data* biológico. Estos son susceptibles de ser supervisados y mejorados a través de dietas personalizadas y modificaciones en el hábito de vida; en adición, constituye un factor sustancial del *software* en cuanto a la elaboración de algoritmos (Conick, 2017).

La aplicación de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada

a. Zoe

La compañía Zoe invirtió en un conjunto de investigaciones a gran escala centradas en programas con el objetivo de ofrecer alternativas desde un enfoque personalizado y planificar dietas específicas. Tales programas utilizan datos concretos, a fin de que los algoritmos proporcionen asesoramientos dietéticos personalizados y actúen de manera apropiada. La perspectiva utilizada es la biología de sistemas y la inteligencia artificial para pronosticar los “superalimentos” que benefician a la salud del usuario. Hasta el momento, se ha logrado la colaboración de 1002 gemelos y adultos sin relación de parentesco en el Reino Unido. Los resultados arrojaron que los datos del microbioma intestinal funcionan mejor que los datos genéticos en la predicción de respuestas metabólicas, tales como los altos índices de glucosa o triglicéridos en sangre, posteriores al consumo de alimentos (Forrestal, 2010). La finalidad de las investigaciones se enfoca en reconocer el nivel de variabilidad presente en las respuestas de los individuos a los alimentos en materia de azúcar y grasa en la sangre posterior a la ingesta de alimentos, así como qué factores influyen en dicha variabilidad. A partir de los resultados preliminares, se obtuvo una considerable variabilidad entre personas en cuanto a sus respuestas a los alimentos y a toda clase de dietas en sus hábitos de vida (Ravi *et al.*, 2017).

Actualmente, Zoe brinda asesoramientos alimenticios personalizados con base en pruebas del microbioma intestinal, azúcar y grasa en la sangre. Los usuarios entregan una muestra de heces al laboratorio, el cual se encarga de secuenciar el ADN bacteriano. Además, usan un monitor continuo de glucosa por no más de catorce días para calcular en tiempo real su respuesta de azúcar en la sangre al alimento abundante en carbohidratos. Gracias a los análisis de sangre, es posible establecer las respuestas de grasa en la sangre y reconocer los biomarcadores de inflamación posterior a la ingesta de alimentos. Tras seis semanas, a los usuarios se les entrega un reporte en el que sus resultados son cotejados con los de otros individuos. Los consumidores reciben un reporte personalizado donde se indica el estado de la salud intestinal, que comprende una calificación con base en la prevalencia de 15 bacterias buenas y otras 15 malas vinculadas con la salud metabólica, a lo que se añade un inventario de alimentos que

permitan potenciar las bacterias buenas y otros para disminuir el número de bacterias dañinas.

b. Viome

En cuanto a la nutrición personalizada, Viome asume una perspectiva de biología de sistemas y emplea la inteligencia artificial para ofrecer asesoramientos alimenticios, gracias a los datos de muchas muestras. La compañía brinda *kits* con herramientas para la recolección de sangre y heces que luego van a servir para analizar el ARNm. Las heces brindan datos acerca de la actividad del microbioma, en tanto que la sangre da información referente a la expresión génica humana. La actividad consiste en examinar la interacción entre ambos análisis: la interacción entre huésped y bacteria. La empresa sugiere alimentos basados en la actividad de vías metabólicas concretas y de las contestaciones a un temario de preguntas (Koteluk *et al.*, 2021). Por citar un caso, ciertas especies microbianas y enzimas del intestino resultan fundamentales en la expulsión del oxalato, que es uno de los componentes centrales de la nefrolitiasis. Si los mecanismos de expulsión del oxalato de un individuo no funcionan con idoneidad, Viome recomendará al usuario el retiro de alimentos con elevado contenido en oxalato.

Desde la ciencia se indica que no se conoce con seguridad la cantidad de puntos de datos que manejan las compañías; tampoco se sabe si ese número de datos basta para realizar pronósticos nutricionales personalizados. Los científicos han dedicado esfuerzos para descubrir la manera como la ingesta de ciertos alimentos configura la composición del microbioma intestinal, y de qué forma dichas comunidades bacterianas mutan con el paso del tiempo. Por lo pronto, el examen científico expone vínculos entre la ingesta de determinado alimento y la aparición de una serie de especies microbianas en el intestino. Ahora bien, los vínculos son cambiantes entre individuos (Kwon, 2020). En ese marco, la nutrición personalizada tiene la misión de optimizar sus dinámicas a la par de la evolución científica, ya que se tiene la expectativa de tener bases de datos con una información completa de metabolitos, bien sea en los alimentos como en muestras sanguíneas y de heces (Rust y Ming-Hui., 2012). Otro factor importante que aportaría a la precisión de la nutrición personalizada es la equidad, es decir, conocer datos a los que no todas las personas tienen acceso. De esta manera, los datos siempre estarán

parcializados, ya que corresponderán únicamente a personas con capacidad de acceso al mundo digital y con la posibilidad de seguir las recomendaciones brindadas por los especialistas (Briggs & Matthias, 2017).

c. Heali

Esta empresa es un emprendimiento que utiliza la inteligencia artificial con miras a elaborar planes dietéticos personalizados para circunstancias concretas: en la compra de alimentos en hipermercados o en el consumo en restaurantes. La selección de alimentos realizada por Heali tiene sustento en el entendimiento de la composición de los ingredientes contenidos en un artículo, apoyándose para tal fin en el reconocimiento óptico de caracteres (OCR) (Halzack, 2017).

d. BhookhaHaathi

Esta compañía india ha iniciado un proyecto de dietas personalizadas empleando la inteligencia artificial, donde se han proporcionado consejos personalizados con base en las circunstancias de salud del presente y futuro de cada consumidor (Raghupathi y Raghupathi, 2014). Igualmente, Nutrino es una compañía israelí que emplea la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para comprender las respuestas de los individuos tomando en consideración múltiples datos de entrada (Hood *et al.*, 2021).

e. Neutrino

Neutrino es una plataforma digital que brinda exámenes y tecnologías a sus usuarios a través de matrices matemáticas. FitGenie es otra *app* de inteligencia artificial que supervisa el consumo de calorías y contribuye a la regulación de macronutrientes (Fluss, 2017).

f. DietSensor

Es una aplicación que emplea la tecnología de escaneo tridimensional para calcular el volumen del alimento ingerido y mediar así el consumo preciso de calorías en los pacientes hospitalizados. Establece vínculos de esta información recogida con la base

de datos del servicio de alimentación del establecimiento de salud, y estima la nutrición precisa ingerida por las personas (Journal, 2017).

g. Giuseppe

Esta IA brinda la posibilidad de localizar aquellos vegetales que tendrían que mezclarse para lograr el sabor y la textura esperados. A fin de que pueda operar adecuadamente, resulta central aportar una base de datos sólida a nivel molecular, que comprenda las características de una enorme cantidad de vegetales y alimentos tradicionales. Por otro lado, Sensely es una aplicación con una inteligencia artificial con la capacidad de rastrear síntomas, de modo que derive al usuario con un profesional especializado. También ayuda a mejorar la alimentación de los individuos (Johnson, 2016).

h. LIFEdata

Se han logrado múltiples avances en el plano de la nutrición y la salud. Tal es así que una compañía de alimentación implementó las alternativas de LIFEdata a fin de implicar a sus usuarios en todo momento, logrando convertirse en algo más que una compañía de alimentación: se volvió una marca que elabora sus hábitos alimenticios. Es una plataforma personalizada que indaga en la personalidad y los rasgos del individuo, elementos que utiliza para confeccionar recetas y saberes nutricionales en las dietas, por lo que se ha convertido en un soporte práctico para todo consumidor (Xiao & Ding, 2014). Existe una sincronización entre la *app* móvil y la interfaz web con la base de datos de nutrición y variadas recetas, con base en lo cual la inteligencia artificial recomienda un hábito de vida saludable. Además, emplea una vasta escala de datos, como encuestas o historiales médicos, con la finalidad de generar consejos elevadamente personalizados para los clientes. La visión de LIFEdata consiste en modificar las conductas alimenticias de sus clientes (Xiao & Ding, 2014).

i. AVA

Para la nutrición personalizada se utiliza la plataforma de salud digital denominada AVA, la cual ajusta el aprendizaje automático y la inteligencia artificial a fin de estudiar la conducta del usuario, el bienestar y las pautas de consumo (Deen, 2019).

Así, la ciencia nutricional, los alimentos y las alternativas apoyadas por la tecnología pueden dar mejores beneficios. Gracias a esta tecnología, se facilita el acceso a saberes específicos del usuario y se favorece al sector de suplementos dietéticos, alimentos y bebidas para fomentar progresos en esta industria. El uso de la tecnología de AVA ayudará a obtener un complejo análisis de datos para una vasta escala de consumidores objetivos, con miras a fomentar una estrategia de nutrición personalizada (Young & Cormier, 2014).

Uno de los desafíos centrales para los usuarios interesados en un plan de dietas personalizadas es la incorporación de nuevas conductas saludables en los estilos de vida. Mediante la incorporación de la ciencia de la modificación de conducta y el acceso a un asesor especializado en vivo, proporcionado por la inteligencia artificial, se ofrece un grado más elevado de compromiso con el usuario. Las aplicaciones con base en información y metas personalizadas pueden ayudar a incrementar la retención de los usuarios, lo cual genera mejores resultados en los asesoramientos sanitarios. Asimismo, la tecnología de IA avanzada contribuye con la resolución de los problemas más complicados de la nutrición personalizada, tales como la planificación adaptativa de los alimentos, suplementos y el asesoramiento de especialistas (Andrews, 2017). La plataforma digital es susceptible de ser empleada por los equipos de innovación para realizar planes discretos de usuarios donde resulta importante traducir los datos acerca de una persona en recomendaciones de salud y alternativas nutricionales (Wunderlich *et al.* 2013).

La inteligencia artificial contribuye significativamente al aprendizaje automatizado y al procesamiento de lenguajes naturales. A su vez, cuenta con extensa información acerca de nutrición clínica debido a que tiene acceso a un sistema de *coaching* de personas certificadas en nutrición. Estos equipos facilitan la adaptación de plataformas digitales a diversas aplicaciones dedicadas a la nutrición personalizada. Así, la IA ayuda a que los propietarios de las diferentes plataformas manejen de manera más eficaz las dificultades vinculadas con el desarrollo de esta área específica de la nutrición (Movilla-Pateiro *et al.*, 2021). La creación y promoción de un programa de este tipo, además, apoya el desarrollo de artículos y resultados de este mercado, a la

vez que contribuye a disminuir el coste total de propiedad (CTP) de las empresas que ofrecen una nutrición personalizada a sus clientes (Finlay & Dix, 1996).

Se han realizado diversas investigaciones acerca de la aplicación de la IA en el campo de la salud. Es importante resaltar aquellas enfocadas en la producción de sistemas que supervisen y controlen la alimentación de personas con enfermedades crónicas. Por ejemplo, se ha estudiado un sistema que utiliza la IA para calcular, con un alto nivel de exactitud, los nutrientes que debe ingerir el paciente al comparar imágenes detalladas capturadas antes y después de la ingesta de alimentos. Hubo un caso de éxito de la aplicación del sistema en relación con las dificultades del monitoreo del consumo de carbohidratos de pacientes con diabetes tipo 1 (Huang & Rust, 2018). Se recurrió a la visión por computadora que utiliza un *smartphone* para establecer la cantidad de carbohidratos presente en los alimentos. El estudio determinó que el sistema podía calcular cuántos nutrientes de este tipo estaban presentes en los alimentos con la misma exactitud que los expertos en nutrición (Zeevi *et al.*, 2015).

Estos avanzados programas de computación pueden ser empleados para controlar el nivel de glucemia de personas que sufren diabetes (Castro & New, 2016). El uso de algoritmos de aprendizaje automatizado con información sobre el microbioma intestinal y datos individuales puede servir para determinar qué alimentos ayudan a estabilizar los niveles de glucosa del paciente. Además, esta herramienta puede brindar recomendaciones nutricionales que ayuden a controlar la enfermedad (Betts & Gonzalez, 2016); incluso, puede determinar en un corto tiempo cuáles serán las intervenciones dietéticas necesarias para cada persona. En un experimento se empleó el aprendizaje automatizado para estudiar información múltiple con el objetivo de establecer las causas detrás de los cambios irregulares en el nivel de glucosa que provocaba la ingesta de determinados alimentos en diferentes individuos (Xiao & Ding, 2014). Para conseguir los resultados se creó un algoritmo que empleaba datos del microbioma y del individuo para disminuir exitosamente los niveles de glucosa de 800 pacientes tras la ingesta de alimentos (Javelosa, 2017).

El ASA, o diario de alimentos, es una aplicación disponible en internet que posibilita hacer varios avisos de regímenes alimenticios de un día entero autoaplicados y cifrados de modo automático (Chae *et al.*, 2011). Es una aplicación que analiza dietas usada para recoger y codificar reportes alimenticios de un día entero y las observaciones de las dietas. Se crearon nueve modelos de aprendizaje automatizado apoyados en nutrientes básicos (Jaewon & Arnold, 2016). El estudio

concluyó que las herramientas digitales son capaces de calcular con precisión un nutriente para los alimentos (Rust & Ming-Hui, 2014).

Un caso más que se debe mencionar respecto a las mejoras en alimentación brindadas por la inteligencia artificial es el de un sistema de adquisición de conocimiento adicional que permite planificar los alimentos (Cooper, 2017). Este sistema solicita a un profesional que explique las causas detrás de cada acción que realice. Luego incluye esta información como parte de su base de datos y puede realizar a futuro las mismas acciones de manera automática. El programa de computadoras Nutri-Educ fue creado gracias a la aritmética difusa para balancear apropiadamente los alimentos con base en las necesidades energéticas de la persona. Se emplean algoritmos de búsqueda heurística para hallar una serie de acciones que logren cambiar la dieta inicial a una balanceada (Stuart, 2017). Este modelo híbrido de recomendaciones de alimentos parte del *clustering* de enfermedades crónicas e información nutricional (News, 2016). El algoritmo k-means y el programa de datos de dietas permiten agrupar los diferentes alimentos. Se construye una base de información acerca de la nutrición y la dieta gracias a los clústeres formulados y el conocimiento acerca de aquello que le gusta al usuario. Otro instrumento usado es NutriNet, un sistema que puede reconocer alimentos presentes en imágenes. Para ello, utiliza la estructura de red neuronal convolucional profunda. Se hizo la prueba de esta herramienta con 222 953 imágenes de 520 diversas bebidas y alimentos con un tamaño de 512×512 píxeles. Este sistema, junto a un componente de entrenamiento implementado, forma parte de una aplicación móvil que evalúa la dieta de personas con Parkinson (Li & Du, 2016).

Existe un algoritmo en particular que puede estimar con precisión los alimentos necesarios para cada persona gracias a que reúne características clínicas y del microbioma (Martin, 2018). En caso de que se realicen intervenciones dietéticas adaptadas al paciente, estas son acompañadas por variaciones consistentes del microbiota intestinal. Se identifican relaciones entre los alimentos ingeridos en el día, las horas de consumo de estos, las actividades físicas realizadas y las horas de sueño del individuo. Dicho algoritmo es una herramienta importante para la medicina traslacional, porque la base de datos sobre la nutrición del día a día introduce sonidos en la información que se tiene sobre la composición de cada dieta (Chung *et al.*, 2016). Se ha encontrado que las intervenciones dietéticas propuestas por el algoritmo al inicio provocan variaciones menores en los niveles de glucosa durante la primera semana de intervención, y después mejoran el

metabolismo de la glucosa (Oke, 2008). Por lo tanto, el empleo de la predicción puede llegar a ser favorable para el diseño apropiado de intervenciones nutricionales dirigidos a trastornos metabólicos, inflamatorios y neoplásicos multifactoriales (Green, 2018). Dicho de otra manera, este tipo de predicciones sobre el estado nutricional puede ayudar en la toma de decisiones en situaciones clínicas porque incorpora una visión más extensa de los cambios nutricionales (Guillen, 2018).

Se ha determinado que las *apps* móviles que usan programas de inteligencia artificial aportan significativamente al área de la profilaxis nutricional. Un estudio creó y analizó un programa de evaluación dietética que utiliza la IA para examinar imágenes de alimentos capturadas por un celular y predecir el número de macronutrientes y calorías en estos (Celis-Morales *et al.*, 2015). En el área de la epidemiología nutricional se utiliza un equipo para calcular la exhaustividad de los reportes y automatizar la navegación, la integración y la búsqueda de información (Hoffman & Novak, 2016). También se cuenta con un programa de evaluación dietética que favorece el control del comportamiento dietético gracias a su particular red neuronal (Yu *et al.*, 2018). Además, gracias a un modelo de aplicación de la lógica difusa para toma de decisiones, se desarrolló un programa de soporte que rastrea datos sobre la constitución de alimentos en diferentes bases de información y predice la ingesta dietética (Shaw *et al.*, 2019). Este estudio fue hecho para unir bases de datos destinadas a crear menús en China y porque se requería un recurso para los nutricionistas en Taiwán que los ayudase en la toma de decisiones (Del Prado, 2017).

Hoy en día, existe una extensa variedad de *apps* de nutrición que tienen diferentes funciones. El uso de la IA puede ayudar a brindar sugerencias y recomendaciones más fiables y personalizadas para los clientes (Kim, 2017). Además, al obtener información del cliente a través de registros y sensores, esta herramienta tiene acceso a una vasta cantidad de datos acerca de recetas y alimentos que hacen que sus resultados sean más exactos (Cabana, 2022). Las *apps* más empleadas son las siguiente:

- DayTwo: Este programa parte de una investigación publicada en 2015 por el instituto Weitzmann. El estudio usó un algoritmo de aprendizaje automatizado para que el recurso identifique cuáles son los alimentos más favorables para disminuir el nivel de azúcar después de comer, y luego analizar la formación de la microbiota intestinal. El público objetivo de este producto son los sujetos que tienen sobrepeso, prediabetes

o diabetes tipo II. Los dueños de la marca ya lanzaron la aplicación en Israel y EE. UU. (Zhao *et al.*, 2021).

- Nutrino: Esta *app* usa la IA de IBM Watson para determinar las recetas y alimentos que más benefician al cliente sobre la base de sus gustos y preferencias. Además, como el programa puede monitorear el estado de ánimo y el nivel de la hidratación, brinda sugerencias que con el paso del tiempo se vuelven cada vez más personalizadas y precisas para el cliente (Zhang *et al.*, 2015). Esta tecnología pertenece a una empresa israelí.
- Suggestic: Este recurso emplea la IA para sugerir recetas, aperitivos y dietas de acuerdo con los gustos, las intolerancias, el estilo de vida y los objetivos de salud del consumidor. El algoritmo de aprendizaje automatizado reúne información sobre el cliente gracias al reporte de alimentos y a los dispositivos de seguimiento de salud. Esto le permite hacer recomendaciones personalizadas que los clientes pueden revisar a través del *bot* que está disponible en cualquier momento del día. Se busca que las dietas propuestas estén adaptadas de la mejor manera a los objetivos y el estilo de vida del consumidor para que este se sienta inclinado a seguirlas. Una función particular de esta *app* es que puede determinar cuáles son los platos del menú más beneficiosos para el cliente si se encuentra en un restaurante. Gracias a que utiliza la realidad aumentada, el consumidor solo necesita apuntar en el dispositivo el menú para que este brinde una recomendación. En la actualidad, Suggestic solo se encuentra en Apple Store (Zeevi *et al.*, 2015).
- Um.ai: Es una *app* que forma parte de una *startup* ubicada en Londres. Este programa reúne y ordena datos acerca de recetas y alimentos con el uso de la tecnología semántica. De esta manera, simplifica el proceso del registro de alimentos. Este medio personaliza sus sugerencias en base a las preferencias, los objetivos de salud, los horarios, las alergias y hasta la ubicación del cliente cuando consume algún tipo de alimento (Widener & Li, 2014).
- MyAir FoodTech: Es un programa que disminuye los niveles de estrés gracias a barras nutritivas a base de vegetales. Usa la IA para determinar el consumo necesario

de dicho alimento de acuerdo con el cliente. El objetivo es reducir el estrés a través de la ingesta de barras personalizadas. Se decide la composición de estas en base a los resultados de una investigación dedicada a identificar los resultados de diferentes mezclas botánicas en relación con el manejo de estrés. La producción de las mezclas se da gracias al programa de aprendizaje automatizado de perfiles profundos. El producto cambia según las necesidades cognitivas del cliente y sus niveles de estrés. Esta aplicación es una muestra del uso de la IA como una ayuda para combatir el estrés a través de una mejora en la alimentación. Su función es importante porque provee un servicio de nutrición personalizada que permite luchar contra una enfermedad que repercute de manera diferente en cada persona (Song & Lu, 2015).

- Child Growth Monitor

Es una *app* que detecta la anemia infantil mediante sensores infrarrojos instalados en celulares de toda gama. Calcula la estatura del menor, el volumen del cuerpo y la relación de peso, una actividad tridimensional que, posteriormente, es examinada por Azure Cloud (Microsoft AI). En ese sentido, Child Growth Monitor es un localizador de alimentos y nutrición que emplea inteligencia artificial, redes neuronales e identificación de imágenes para aconsejar una nutrición apropiada (Huang & Rust, 2018).

Asimismo, Nuritas ha elaborado un péptido bioactivo que emplea inteligencia artificial con miras a examinar el ADN, de modo que se puedan pronosticar y corroborar péptidos bastante efectivos de fuentes alimenticias naturales. Por otro lado, Brightseed Biosciences, en asociación con Danone North America, ha creado una tecnología apoyada en la inteligencia artificial, conocida como Forager, que permite pronosticar las consecuencias de los fitonutrientes en la salud de las personas (Johnson, 2016).

- HealthifyMe

Es una *app fitness* india mediante la cual un especialista en nutrición virtual, configurado por la inteligencia artificial, asesora a los consumidores en sus consultas relativas al *fitness* en más de una decena de idiomas. Esta aplicación tiene compatibilidad con los programas *fitness* de más renombre en el mundo. Por su parte, Calorie Mama y Bite AI son otras *apps online* que emplean el aprendizaje a fondo y

la identificación de imágenes para asesorar a los consumidores (Sak & Suchodolska, 2021).

En resumen, la IA se utiliza mediante algoritmos que recopilan información psicológica y fisiológica. Se aplica un cuestionario para saber cuál es el efecto cognitivo del estrés y un *smartwatch* para identificar las reacciones fisiológicas del mismo¹. Una vez reunidos estos datos, el algoritmo evalúa el perfil de estrés y el estado de ánimo del usuario para seleccionar el proceso o tratamiento que sugerirá al cliente (Shaw & Karami, 2017).

Otro caso importante es la plataforma digital de IA creada por el Instituto de Innovación de Ibermática (i3B), la cual tiene como objetivo agilizar el estudio en alimentación y gastronomía personalizada a través de la rápida evaluación de la vasta información sobre los diversos factores que actúan en la nutrición humana. Esta plataforma brinda un gran aporte a un área importante para la prevención de enfermedades. El proyecto contribuye con hospitales españoles, diversas compañías de alimentación y centros enfocados en la investigación e innovación gastronómica (Panaretos *et al.*, 2018). El sistema permite modelar, reunir y obtener información nutricional, clínica, deportiva, ómica —vinculada a la microbiota, la proteómica, la genómica y la metabolómica— y de la salud, para identificar vínculos y patrones entre diversos factores que ayuden a los clientes a determinar una alimentación completamente personalizada (Naimi & Balzer, 2018). El i3B colabora con BCC Innovation, Centro Tecnológico en Gastronomía de Basque Culinary Center en un programa enfocado en un equipo de fútbol de primera división. Se tiene como meta conseguir que los deportistas mejoren su rendimiento a través de una gastronomía personalizada ideada con *machine learning* y analítica avanzada (Safdar *et al.*, 2020).

Aplicación de la inteligencia artificial en la industria alimentaria

Los algoritmos que parten de la IA son capaces de estimar el ciclo comercial de diferentes mercancías a lo largo de un lapso de tiempo. Pueden hacer esto al retener información respecto a diversos elementos, como las redes sociales, las tendencias del mercado, las promociones y la demanda de los consumidores. Además, pueden distinguir con precisión a los usuarios más recurrentes a través de la demanda de cada producto y la frecuencia de compra de cada individuo, de manera que las compañías pueden usar esa información para optimizar sus cadenas de

¹ Estos equipos miden la respiración, la frecuencia cardíaca, la actividad física y la calidad del sueño del usuario.

suministros y administrar eficientemente sus inventarios (Mintz & Brodie, 2019). La IA permite a las compañías enfocarse en conocer a los clientes, pues monitorean sus preferencias y gustos. Estos programas incluso agrupan a los usuarios en base a sus necesidades y los datos que registren. Además, se concentra en el control de calidad, ya que puede categorizar eficazmente productos de cultivo de acuerdo a los estándares de calidad gracias a que emplea el aprendizaje automatizado (Mehta & Devarakonda, 2018). Este procedimiento también es usado en otras áreas.

Estos particulares programas de computación también son usados para la creación de alimentos que tienen como objetivo ayudar en la innovación de sabores exquisitos. La compañía de alimentos condimentados NotCo creó un algoritmo de IA cuya función es hallar tendencias en la información recopilada en cuanto a alimentos y plantas tradicionales. Se identifican y consiguen diferentes mezclas de plantas para crear la textura y el sabor esperado (Lo *et al.*, 2020). Otro ejemplo del uso de las IA es el de Journey Food, que optimiza la producción tras estudiar y recopilar información sobre alimentos que provienen de vegetales. El programa que utilizan crea y supervisa una línea prototipo de dataset de entrenamiento enfocada en meriendas de frutas. El último caso es el de la empresa Cerealto Sirio Food, que usa cereales para producir alimentos, y que logró crear un refrigerio para personas celíacas y vegetarianas gracias a la IA. Su programa se enfoca en fabricar y optimizar alimentos que sean más saludables (Kirk *et al.*, 2021).

Los artículos de nutrición personalizada no forman parte de las categorías que la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos regula. Esto también sucede en el resto del mundo. Por lo tanto, forman parte del grupo de productos que no son regulados, como los suplementos dietéticos y las pruebas de laboratorio enviadas directamente al usuario. En el presente, hay una sobrecarga de datos verídicos y falsos a los que se puede acceder fácilmente. Por lo tanto, es necesario crear una manera rápida de hallar información auténtica. Asimismo, las compañías consolidadas en el mercado de alimentos invierten en estudios de la nutrición personalizada (Hamet & Tremblay, 2017). Uno de los casos corresponde a General Mills, que apoyó un estudio cuyo objetivo era averiguar si era más favorable el consumo de diversas clases de fibras dietéticas que una sola para el microbioma intestinal sano. Los resultados de la investigación permiten a los productores saber si es necesario modificar el alimento o no (Ghosh & Guha, 2013).

Con el paso del tiempo, cada vez más compañías han invertido en la nutrición personalizada. Una corporación en Países Bajos destinó cien millones de dólares a la presentación de Hologram Sciences, una compañía de nutrición personalizada. Otros negocios brindan información a la investigación en la nutrición personalizada al recolectar data sobre los consumidores a través de encuestas. En algunos casos, incluso compran las empresas. Un ejemplo de esto es Nestlé, que adquirió Persona, un negocio que provee recurrentemente suplementos y vitaminas personalizados. Bayer adquirió Care Of, una empresa de suplementos y vitaminas, por 225 millones de dólares. Se espera, entonces, que el desarrollo del mercado de la nutrición personalizada favorezca a los clientes (Deeks *et al.*, 2017). Todas estas mejoras tecnológicas buscan incrementar la calidad de vida de los usuarios al proveer servicios con información detallada (Dongare *et al.*, 2012).

Contribución de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada

En el presente, los estudios de los problemas sociales que se enfocan en el análisis de datos han aumentado. No se puede ignorar que varios de estos problemas están directamente vinculados a la nutrición, la alimentación y la sostenibilidad. No es de sorprender que seis de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU estén asociados con estos temas. En la actualidad, el costo sanitario aumenta como consecuencia de que la población presenta salud inadecuada debido a su alimentación diaria. Se sabe que en países como Reino Unido y EE. UU. una gran parte de la población adulta sufre de obesidad. Otro desafío es que la producción y distribución de alimentos genera un 30 % de emisiones de gases de efecto invernadero. Aparte, un aspecto importante de la economía de la mayoría de las naciones es la alimentación. Por lo tanto, estudiar las recetas y alimentos puede ser el punto de partida para desarrollar soluciones y conseguir una alimentación más saludable y sostenible que pueda ser viable en diversos escenarios (Cesare *et al.*, 2019).

Un primer paso es hacer que los usuarios puedan acceder de manera más fácil a la data acerca de sus alimentos. Actualmente, se ha comenzado a indagar en el área de estudios sobre recetas digitales o digitalizadas. Esto incluye investigaciones relacionadas con la lingüística computacional, la compra, la detección de alérgenos, la gastronomía computacional, la web

semántica y el análisis de salud y de nutrición. El principal obstáculo de estos estudios es tratar de integrar las recetas de cocina, los alimentos inteligentes y la ingeniería de datos (Babajide *et al.*, 2020). Lo cierto es que las investigaciones actuales enfocadas en recetas todavía no han trabajado la sostenibilidad de estas. El motivo detrás de esto es la dificultad que supone la tarea de integrar la información de la terminología alimentaria y la del impacto ambiental. Un hecho favorable es que desde hace poco se cuenta con programas de IA y de procesamiento del lenguaje natural que ayudan en estas tareas. Sin embargo, la tecnología diseñada para unir textos alimentarios, recetas e información nutricional, medioambiental y económica todavía es muy reciente (Bzdok *et al.*, 2018).

Se prevé que ocurrirán cambios severos en la vida humana debido al desarrollo tecnológico, en especial por la IA. También se sabe que habrá grupos cada vez más envejecidos debido a que el progreso de la biotecnología y la medicina extenderán el tiempo de vida humana (Kwon, 2020). En el futuro todo funcionará en base a la “lógica postindustrial”, la cual se enfoca en el bienestar del individuo y el vínculo armonioso de este con el medioambiente. Además, en el futuro la economía se enfocará en asegurar el bienestar de cada individuo. Incluso se ha imaginado que la futura cuarta Revolución Industrial se centrará en el estilo de vida en lugar de la industria alimentaria, ya que se crearán equipos capaces de estudiar la conducta y la cognición humana (Limketkai *et al.*, 2021).

En lo que respecta a la nutrición personalizada, se resalta el uso del IA en la *app* goFOOD, la cual indica cuántos nutrientes hay en una porción de alimentos con tan solo tener la imagen o video de esta. Por el momento, solo ha sido utilizada en estudios, pero es posible que más adelante pueda aplicarse en contextos clínicos. En el presente, las *apps* se enfocan en mejorar los algoritmos que utilizan, pese a que hay información que no es registrada por los usuarios porque no manejan apropiadamente el producto (Corella *et al.*, 2018). En este caso, los clientes deben seguir las instrucciones de goFOOD y asegurarse de tomar las fotografías correctamente. Si se identifican los errores comunes de los usuarios en el manejo de las *apps*, se puede modificar las instrucciones para orientar mejor al consumidor. Esto llevaría a una recolección de datos más precisa.

En la actualidad, un gran número de *apps* de nutrición realizan un monitoreo del consumo de alimentos y solicitan a los clientes registrar de manera manual los datos sobre el tamaño de las raciones ingeridas. Esto se logra gracias a que el sistema maneja el aprendizaje automatizado. Las

apps acumulan fotografías y descifran cómo identificar los diferentes tipos de alimentos y el tamaño de las raciones. Si bien esto parece ser beneficioso, es necesario considerar que no se ha logrado constatar la productividad de las *apps* de manera detallada. Para que estos programas formen parte de la vida diaria de las personas, es necesario realizar investigaciones profundas para confirmar los resultados que producen (Coronado *et al.*, 2011). Estas herramientas favorecen en particular a los individuos a quienes les es difícil acceder a centros de salud por diversos motivos. Entonces, estas *apps* pueden favorecer el bienestar de estos sujetos, pues brindan acompañamiento y monitoreo del insumo de alimentos en cualquier lugar.

El estado de salud de cada persona es único, por lo tanto, si se desea mejorarlo es necesario pensar en una solución específica para el caso de cada paciente. Esta es la idea detrás de la nutrición personalizada, la cual tiene como meta que el cliente conozca más sobre su cuerpo y sus necesidades alimenticias. En el presente existe una gran solicitud por esta manera de evaluar y guiar la alimentación. Es un método que implica brindar sugerencias sobre la dieta del individuo en base a información sobre su conducta, su estado fisiológico, su composición genética y metabólica, y más. Otra característica importante al momento de recomendar una dieta es el sexo de la persona, ya que existen diferencias significativas en el proceso de digestión de los alimentos en el estómago (Misra *et al.*, 2020). Incluso, se ha recurrido a pruebas de ADN para determinar los motivos detrás de cambios involuntarios en el peso.

Se necesita reunir más información útil para desarrollar el campo de la nutrición personalizada. En el futuro, seguramente se hallará la respuesta a tendencias fisiológicas que no cuentan con conclusiones definitivas. Quizás se pueda determinar la razón por la cual la ingesta de determinados alimentos provoca reacciones específicas en algunos individuos y no en otros. Tener información particular de cada persona permite pensar en nuevas formas de investigar la salud y la nutrición, además de ayudar a los individuos a tomar elecciones ventajosas respecto a sus estilos de vida (Cabanés, 2018). Si bien aún es un campo nuevo, el desarrollo de la nutrición personalizada tiene un gran potencial para generar transformaciones.

La sensórica para dietas personalizadas

Pese a que los alimentos poseen características fundamentales para la salud y la nutrición, su cualidad más resaltante es el sabor. Sin lugar a dudas, esta es una variable que se debe considerar

al producir alimentos, pues muchos determinan el valor de un alimento con base en las sensaciones que les produce. Esto se debe principalmente al gusto, que es el sentido corporal con que se captan sustancias ingeridas a través de la boca. Gracias a esta capacidad se puede determinar la textura, temperatura y sabor de aquello que se ingiere. Debido a la importancia de esta facultad se ha desarrollado la sensórica, una tecnología que estudia el gusto minuciosamente y brinda vasta información al respecto (Bzdok *et al.*, 2018). Recurre a varias áreas de conocimiento, como la química y la fisiología, para estudiar el gusto particular de cada persona. Esto es fundamental, pues esta facultad cambia de acuerdo al sujeto.

La ciencia en la gastronomía

Como se ha mencionado, el sabor de un alimento es un factor crucial que lleva a que una persona decida consumirlo. Existe una disciplina cuyo objetivo es investigar esta característica: la gastronomía. En particular, la gastronomía molecular permite estudiar las alteraciones de la estructura, textura y componentes de los alimentos cuando son preparados para su consumo. Esto lo logra gracias a los desarrollos en biotecnología y la ciencia de los alimentos. Además, recurre a la biología molecular para analizar la conexión entre el sabor de un alimento y su utilidad. En todo negocio de alimentos es necesario identificar los vínculos entre los ingredientes, el sabor y la cocción de los mismos (Babajide *et al.*, 2020). Esto posibilita crear innovadoras texturas y sabores. Por estas razones, la gastronomía molecular se ha vuelto un valioso campo de estudio en España, Francia e Italia.

Culturomics y la dieta personalizada

Un aspecto externo que influye en la producción de alimentos es la cultura. Su impacto es tan importante que se ha creado la culturómica, una disciplina que estudia los factores culturales tradicionales que forman parte de la alimentación. Al analizar alimentos étnicos, toma en consideración no solo los conocimientos y técnicas tradicionales utilizados en su producción, sino también la historia de la comunidad. Se ha reconocido que prácticas culturales aparentemente irrelevantes pueden afectar los criterios bajo los que las personas escogen sus alimentos. Los saberes y las técnicas tradicionales, así como la cultura, repercuten en la producción de alimentos étnicos en regiones específicas (Guevara & Jiménez, 2020). En los últimos años ha aumentado el interés en los efectos beneficiosos de varios alimentos. Esto ha llevado a un mayor interés por

investigar información documentada en textos antiguos y analizar sus propuestas bajo la mirada de la biotecnología moderna. Dichos estudios han producido información relevante a través del análisis científico. Ahora, es necesario resaltar que la culturómica también ayuda en otros contextos, como la cultura no universitaria o los estilos de vida occidentales. Por ejemplo, puede promocionar el desarrollo de dietas adecuadas a diferentes contextos geográficos. En la actualidad, muchas personas buscan regímenes alimenticios beneficiosos que integren varios métodos tradicionales.

Se ha descubierto que 1 de cada 5 fallecimientos prematuros están relacionados con hábitos alimentarios desfavorables. Si se pretende enfrentar este problema social a través de la nutrición, es necesario conseguir financiamiento en recursos humanos. Lamentablemente, la OMS indica que el número de personas que se dedican a la salud es muy reducido (Cesare *et al.*, 2019). Por este motivo, es fundamental pensar en maneras de utilizar la tecnología y los instrumentos digitales para incrementar el impacto positivo de la alimentación en la salud. Se pueden obtener beneficios tanto a nivel particular como colectivo, de manera que ayude a que los individuos adquieran hábitos alimenticios más saludables, enfocados en prevenir problemas futuros.

Para determinar cómo debe ser una dieta balanceada, es necesario enfocarse en el individuo y sus particularidades. Se debe guiar la nutrición del paciente en base a lo que necesita y su tratamiento. Este enfoque personalizado ha progresado desde hace poco en el campo del bienestar y nutrición de los consumidores. Hoy en día existen diversas *apps*, plataformas, planes y programas que buscan brindar un servicio individualizado a sus clientes. Toman información demográfica, nutricional, fisiológica y psicológica de la persona para dar una asistencia única. Es necesario señalar que existen diferentes definiciones para el concepto de nutrición personalizada. Algunas la vinculan a las variedades genéticas y otras la asocian a campos más diversos. Hay definiciones que resaltan la importancia de tener en cuenta características conductuales, psicosociales y fenotípicas del sujeto para idear recomendaciones dietéticas. La nutrición personalizada se comprende como el empleo de 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). Esta explicación holística invita a pensar cómo el individualizar el tratamiento puede favorecer al cliente y a los expertos en nutrición.

Conforme pasa el tiempo, se realizan más experimentos científicos enfocados en la nutrición personalizada. Se ha demostrado que esta estrategia puede traer beneficios que no consiguen las perspectivas más convencionales. En el espacio clínico se tiene cada vez más presente la necesidad de hacer evaluaciones y controles nutricionales a los pacientes. Esto sucede porque se ha confirmado el gran impacto positivo de realizar un monitoreo y tratamiento nutricional personalizado a los pacientes cuyos hábitos alimentarios son perjudiciales. En el caso de regímenes alimenticios enfocados en la pérdida de peso, se ha demostrado que la consideración de los genes en la formulación de la dieta afecta la recepción de esta.

Asimismo, resultaron bastante convenientes las perspectivas de carácter más holístico, que se valen de datos personalizados con base en la variación genotípica y fenotípica. Una investigación llevada a cabo en neerlandeses adultos mayores evidenció que la asistencia de recomendaciones personalizadas con base en el consumo de alimentos y en los datos genéticos y fisiológicos, generó el incremento de la resistencia y la motivación, así como una reducción de los índices de grasa corporal y del perímetro de la cadera. Prospectivamente, se tiene la expectativa de obtener más inversión en estudios sobre perspectivas personalizadas con base en algoritmos. Por citar un caso, en la actualidad se están realizando ensayos clínicos a fin de corroborar una perspectiva personalizada basada en el microbioma para la administración adecuada del azúcar en la sangre. De igual modo, una asociación vigente entre la Universidad de Stanford y el Hospital General de Massachusetts ha divulgado hace poco una investigación piloto, y se está realizando una extensa investigación de observación para estimar las respuestas metabólicas individuales a los alimentos, con la finalidad de elaborar una plataforma comercial (Tapia, 2016).

En un experimento sobre nutrigenómica, obesidad y regulación del peso, se cotejaron las consecuencias de una intervención sobre el hábito de vida donde se utilizan herramientas genéticas personalizadas y supervisión conductual con una intervención similar orientada a la población. No obstante, con respecto a múltiples plataformas comerciales, el beneficio aún no se ha determinado en experimentos aleatorios supervisados. Todavía existen desafíos en cuanto a la capacidad de replicar los resultados, la variedad de los conjuntos de población seleccionados, y la demostración científica y la exactitud de los productos que se encuentran disponibles en el presente. En cambio, algo sobre lo que no hay dudas es que la modificación de la conducta constituye un rasgo

compartido por todos, lo que justifica el éxito de las perspectivas de nutrición personalizada, para lo cual los especialistas en nutrición se encuentran adecuadamente instruidos (Alvarez, 2020).

En adición, se ha propuesto y elaborado los principios esenciales de la nutrición personalizada, destacando los contextos en que se requiere del empleo de las tecnologías (la IA entre ellas):

- Precisar quiénes son los consumidores y beneficiarios en potencia.
- Emplear procedimientos y medidores de diagnósticos con validación comprobada.
- Preservar la calidad y la importancia de la información adquirida.
- Ofrecer consejos sustentados en la información por medio de modelos y algoritmos comprobados.
- Brindar evidencias científicas minuciosas sobre el impacto en la salud.
- Brindar instrumentos sencillos de utilizar.
- Con respecto a las personas saludables, adecuarse con los consejos que tienen base en la población.
- Transmitir transparentemente las consecuencias posibles.
- Resguardar la privacidad de la información personal y desenvolverse con responsabilidad.

Riesgos derivados del uso de la inteligencia artificial en la nutrición personalizada

El objetivo de usar la IA en diferentes rubros es que esta sirva para el interés público. La aplicación de esta tecnología debe incrementar las posibilidades de los individuos y favorecer sus condiciones de vida. Para lograr esta meta, el uso de la IA debe:

- (i) Mantener la independencia de toda persona: cada individuo debe tener control sobre su nutrición. La información brindada y captada sobre sus datos nutricionales debe ser tratada con confidencialidad.
- (ii) Fomentar el bienestar y la protección de cada individuo y el interés público: se tiene que establecer medidas de control de calidad en el terreno práctico y de optimización de la calidad en el empleo de la IA.

- (iii) Asegurar la transparencia, precisión e inteligibilidad: datos de fácil acceso y sencillos de ser consultados, así como conversaciones fructíferas sobre la naturaleza de la tecnología y también en cuanto al empleo que se le debería dar.
- (iv) Fomentar la responsabilidad y la rendición de cuentas: se tiene que implementar mecanismos con eficacia, de manera que los individuos y las poblaciones que reciban impactos adversos por decisiones derivadas del algoritmo tengan la oportunidad de ponerlas en cuestión y recibir una reparación correspondiente.
- (v) Asegurar la inclusividad y la imparcialidad: la IA implementada a la nutrición tiene que ser equitativa y debe alinearse a los preceptos de los derechos humanos.

Los principios rectores establecidos tienen que determinar la utilización de la IA. Esto obedece a que la IA es susceptible de ser manejada y empleada con fines adversos que pueden perjudicar la integridad física y emocional de los individuos. En el área de la nutrición, la tecnología alimentaria y los medios de abastecimiento de nutrición que tienen que ver con el reconocimiento de modelos de consumo etnogeográficos y la mezcla de factores biológicos y ambientales para brindar una nutrición personalizada y accesible, necesitan del uso de la IA y las demás tecnologías novedosas. Las aplicaciones centrales que se han notado están relacionadas con el hecho de que la IA opera con una gran cantidad de información individual, de manera que incorporar el uso de la tecnología informática puede contribuir a continuar con el ritmo de la IA, pero, al mismo tiempo, implica tener en cuenta dos escenarios elevadamente riesgosos:

- (i) Canalización y empleo de información personalizada, a fin de que las compañías que producen alimentos manejen cuáles deben ingerir los consumidores.
- (ii) Dar lugar a una relación de subordinación del hombre con la IA en el terreno de la nutrición.

En ese marco, se exige un empleo adecuado y prudente de los datos personales, además de una educación apropiada que brinde información sobre las consecuencias que puede tener la IA en la vida diaria del ser humano (Limketkai *et al.*, 2021).

Los consumidores basan su selección cotidiana de alimentos en el autoconocimiento y en las vivencias anteriores. No obstante, los cerebros artificiales son capaces de elaborar con exactitud grandes bases de datos de alimentos, examinarlos, realizar preguntas y obtener respuestas. Las máquinas recomiendan y los consumidores toman la decisión: la idea consiste en que, como parte

de todo el proceso, el ser humano se sirva de la IA como una herramienta. Sin embargo, se corre el peligro de que eventualmente la automatización asuma un control desmesurado y, particularmente, que se utilicen los datos personalizados a fin de impeler a los individuos a la ingesta de ciertos alimentos, hecho que pudiese facilitar que los cerebros artificiales dejen de asegurar una vida saludable y fomentar el bienestar. Otro problema para tener en cuenta es el manejo de los datos por unos pocos o, más en concreto, por compañías privadas. Estas compañías serían capaces de dirigir a un escenario de excesiva exposición y un empleo inapropiado de la información personal (Kwon, 2020). No tiene que pasarse por alto que la información concentrada en pocas manos produce múltiples problemas, debido a que quien la posee, en determinado contexto se verá en la exigencia de utilizarla. Se trata de un peligro permanente y tiene que estudiarse con mucha minuciosidad.

El estudio, la producción, la acumulación y la entrega: toda la cadena de abastecimiento se ve perjudicada por las nuevas tecnologías y la IA. El manejo supervisado de las redes inteligentes emplea la descentralización y la cadena de bloques, a fin de impedir que una cadena de abastecimiento crítica sea manipulada por las personas menos idóneas. Asimismo, la toma de decisiones en contextos decisivos como la nutrición de pacientes con enfermedades terminales ciertamente puede representar una zona ambigua, dado que, hoy en día, no se tiene claro de qué manera tomará decisiones un sistema de IA y en qué clase de comprensión de patrones se sustentará. La pregunta que se encuentra detrás de todo esto es la siguiente: ¿quién gestiona o usa la información? Debe considerarse que la información nutricional de un individuo es altamente sensible, puesto que comprende informaciones relativas a la clase de alimentos que suele ingerir, el tipo de dieta, los alimentos de su preferencia, etc. (Hamet & Tremblay, 2017). Estos datos no deben ser manipulados por las compañías privadas, sino que deben tener una supervisión apropiada, de modo que no se empleen de manera inapropiada. Al respecto, se piensa que las compañías que identifican esta clase de datos personales serían capaces de elaborar dietas con especificaciones detalladas, a fin de obtener un número más alto de comensales y dar lugar a una dependencia.

Por último, es necesario mencionar los posibles peligros de usar la IA en la nutrición. Debido a que todavía es una herramienta en desarrollo, conforme se pone a prueba se presentan obstáculos y peligros que no estaban contemplados. Por este motivo, es difícil implementar una

norma adecuada y precisa para este medio. Al final, recae en las autoridades correspondientes la implementación de un reglamento. Lo importante es recalcar que se debe impulsar un uso de la IA que sea sostenible y brinde soluciones. Los desarrolladores, diseñadores y consumidores deben medir de manera transparente y constante el rendimiento de estos programas para decidir si satisfacen correctamente las necesidades y expectativas de los individuos (Bzdok *et al.*, 2018). Es necesario que las compañías y los Gobiernos se anticipen a las alteraciones que traerá esta tecnología en los espacios de trabajo. Por ejemplo, se deberá formar a las personas en el área de salud para que se adapten al manejo de programas de IA y se deberá tomar medidas ante la posible pérdida de trabajo por el uso de esta tecnología.

Conclusiones

- La IA se implementa en el área de la nutrición personalizada a fin de fomentar hábitos alimentarios sanos, el estudio de datos clínicos y la determinación de las prioridades culinarias. Asimismo, se ha definido de qué manera tiene impacto la alimentación en el estado físico y emocional de los individuos, y cómo se comporta la microbiota intestinal en las personas.
- No cabe duda de que la evolución brinda posibilidades insustituibles de progreso y aplicaciones en diversos campos de la nutrición que empleará la IA. En ese marco, el aporte central en cuanto a la nutrición personalizada consiste en comprender que los algoritmos contribuyen a entender y pronosticar mejor que otros mecanismos, las interacciones sofisticadas y no lineales entre la información vinculada con la nutrición y los resultados de salud, en concreto, cuando se trata de estructurar e incorporar cantidades enormes de información. Los algoritmos optimizan la evaluación dietética maximizando la eficiencia, y analizan los errores sistemáticos y aleatorios vinculados al consumo de dietas.
- El empleo de la IA en el mundo de la nutrición constituye un avance muy importante; no obstante, se debe tener en consideración algunas amenazas: i) canaliza y emplea datos personalizados a fin de que las compañías de producción de alimentos determinen cuáles deben ingerir los consumidores; y ii) producen una relación de subordinación basada en la dependencia del hombre a la IA en términos de nutrición.

Recomendaciones

- El desarrollo de la IA requiere de expertos en diseño de dietas individualizadas. Los especialistas en la implementación de esta tecnología deben estar correctamente capacitados para incorporar los datos derivados de múltiples campos como la biotecnología, la ciencia de datos y la superconectividad. En este contexto, los Gobiernos deberían financiar y dar luz verde a programas de capacitación para nuevos especialistas que entiendan todo lo relacionado con la implementación de la IA. Esto demanda, desde luego, una educación enfocada en el tema e institutos de capacitación especializados.
- Las compañías privadas deberían recolectar la información biológica personal en clave de datos estructurados y no estructurados con base en la biotecnología moderna. Las dietas personalizadas son una realidad, sin embargo, su aplicación demanda una prolongada capacitación. Por ello, la incorporación de la nutrición personalizada en el diseño de plataformas y servicios con diversas clases de dietas en función de los usuarios demanda la elaboración de plataformas virtuales confiables y fáciles de manejar. No cabe duda de que las compañías seguirán optimizando la IA para favorecer la nutrición personalizada, pero, por ser datos muy delicados, resulta imprescindible la creación y el uso de plataformas confiables, de manera que dicha información no sea utilizada con objetivos únicamente financieros, sino que contribuya a comprender adecuadamente la nutrición y la salud de las personas.

CAPÍTULO V

NUTRACÉUTICOS EN LA ALIMENTACIÓN

La conservación de una salud óptima es una de las preocupaciones más relevantes de los seres humanos. Con el paso del tiempo, son más las personas para quienes tener un organismo saludable se ha convertido en una de sus prioridades, lo que, entre otras cosas, supone llevar una alimentación adecuada. En ese sentido, la exigencia del consumidor por alimentos que mezclen nutrición y beneficios integrados a la salud aumenta a pasos acelerados, y, por consiguiente, las ventas de productos crecen exponencialmente. Por ello, es clave considerar el papel que desempeñan los nutraceuticos en la actualidad.

En la década de los 70, debido a la tecnología aplicada a la ciencia alimentaria, surgieron nuevos componentes alimenticios. Posteriormente, se inició la elaboración de nuevos conceptos en nutrición, a causa de las variaciones demográficas tales como el envejecimiento acelerado de la población, el diseño de nuevos hábitos de vida y el interés por optimizar la calidad de vida de las personas.

La atención se ha dirigido hacia los componentes que demostraban cierta “funcionalidad” para la salud; ejemplo de ello son los que comprobaron resultar efectivos, incluso en cantidades reducidas, en patologías crónicas como osteoporosis, anemia, estreñimiento, disfunciones cardiovasculares, y también aquellos que disminuyeron el peligro de desarrollar cáncer. En ese aspecto, la comunidad científica japonesa, interesada en el campo de la salud, empezó a investigar los impactos fisiológicos de estos componentes en el sistema de liberación de células en animales. Dichos componentes de los alimentos o sus derivados que tuvieron como consecuencia algún impacto fisiológico en quienes los ingirieron, fueron refinados y depurados hasta transformarse en medicinas. Estos componentes, que en un principio solo estaban disponibles para la sociedad japonesa, luego empezaron a tener una recepción positiva en el resto del planeta (Pérez, 2006). Actualmente, los nutraceuticos son los productos que mejor se distinguen de lo que se conoce como alimentos funcionales.

Los nutraceuticos constituyen el vínculo entre alimentos y productos farmacéuticos. En efecto, el concepto de “nutracéutico” nace por la unión de dos términos extensamente difundidos: nutrición y farmacéutico. Los nutraceuticos brindan al consumidor un valor de salud agregado; sin embargo, además de su importancia en términos de nutrición, también se contempla su posible impacto positivo a nivel medicinal, aunque este punto resulta un poco controvertido, dado que, como se explicará a continuación, los nutraceuticos no pueden confundirse con medicamentos.

5.1 Alimentos funcionales

En la actualidad, existe una tendencia global hacia una alimentación más saludable, por lo que los usuarios exigen con urgencia productos que sean no solo naturales, sino también funcionales. Los alimentos funcionales son aquellos favorables para la salud que, además de brindar los nutrientes básicos, tienen la capacidad de producir demostraciones científicas relativas a sus aportes en la mejora de múltiples funciones del organismo.

El concepto de alimentos funcionales surgió en Japón. En los años ochenta, las autoridades japonesas de la salud reconocieron que, a fin de controlar los gastos excesivos en salud pública, como consecuencia de la mayor expectativa de vida de los adultos mayores, resultaba fundamental brindar una mejor calidad de vida a dicha población, bastante respetada de acuerdo a los códigos sociales y culturales del país. En ese aspecto, se incorporó una nueva noción de los alimentos: aquellos que se elaboran concretamente para optimizar la salud y disminuir el peligro de contraer patologías en la población adulto mayor. Así, surgieron los FOSHU (*food with specific health uses*). Los FOSHU tienen la particularidad de ser alimentos con consecuencias positivas para la salud del usuario como producto de sus ingredientes (prebióticos, probióticos, antioxidantes, ácidos grasos omega-3, ácido fólico, fitoesteroles, fitoestrógenos, etc.). A su vez, no poseen componentes que pudieran tener un impacto adverso en la salud de las personas, por ejemplo, componentes alérgenos, irritantes, hipercalóricos, etc., los cuales han sido eliminados en su producción (Valenzuela *et al.*, 2014).

Existen múltiples definiciones de alimentos funcionales, entre las cuales tal vez las más objetivas son las propuestas por el Consejo de Alimentación y Nutrición de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos, que los conceptualiza como alimentos modificados o que presentan ingredientes que tienen una acción favorable en el bienestar de las personas o, en caso

contrario, que reducen los riesgos de patologías. También está la definición hecha por ILSI (International Science Institute), que los califica como alimentos que, en pro de la presencia de componentes activos a nivel fisiológico, son benéficos para la salud. Ciertamente, dichas definiciones resultan genéricas, por lo cual, en caso de que no se detalle un impacto concreto, todo alimento podría cumplir con las condiciones de la definición y su carácter “funcional” podría perder su especificidad (Valenzuela *et al.*, 2014).

El Centro de Información Internacional de Alimentos (IFIC) de la Unión Europea define a los alimentos funcionales como productos a los que, de manera intencional y controlada, se les incorpora un compuesto en concreto, a fin de potenciar sus propiedades saludables; de igual modo, define a los alimentos saludables como aquellos que, en su condición natural, o con un nivel de procesamiento muy reducido, tienen compuestos con propiedades benéficas para la salud. Es en ese marco que las tendencias han ido progresando en lo relacionado con la alimentación de las personas y el desarrollo de los alimentos propiamente dichos, desde la definición inicial y elemental de satisfacer el hambre, hasta la actualidad, donde las exigencias dietéticas y la preservación de la salud son nociones que están profundamente vinculadas.

La funcionalidad de estos alimentos se alcanza a través de diversas estrategias, tales como aumentar la presencia de compuestos funcionales, la integración externa de un componente bioactivo, la maximización de la biodisponibilidad del compuesto que interesa, etc. Como se indicó, aun cuando se reconoce un impacto positivo en la salud, no tienen que confundirse con medicamentos. Los alimentos funcionales son productos ingeridos en el marco de una dieta cotidiana y contribuyen a la disminución del riesgo de patologías mediante una alimentación sana y balanceada. Como parte de los productos que pueden ser clasificados como funcionales, ya sea por tener presente uno u otros componentes, están los lácteos ricos en vitaminas y minerales, fitoesteroles u omega 3, y con probióticos (Cámpora, 2016).

Al respecto, resulta clave la producción de conocimiento y de nuevas tecnologías dirigidas a la elaboración, discriminación y estimación de esta clase de alimentos, no solamente para satisfacer las exigencias de calidad de los usuarios, sino también para aportar a una mayor competitividad de otros sectores, como el agroindustrial.

Cabe indicar que existe una enorme diversidad de estudios vinculados con los impactos de la dieta y el consumo de nutrientes en el ser humano, y de qué modo esto se relaciona con las enfermedades crónicas, a causa, fundamentalmente, de la ausencia de alimentos funcionales. En la primera mitad del siglo XX, la alimentación adecuada se relacionó con la ingesta de nutrientes esenciales; en cambio, ya por los años 90, a la par de la nutrición adecuada, se comenzó a dirigir la atención paulatinamente hacia los compuestos bioactivos de los alimentos y su rol benéfico para la salud.

En síntesis, hablar de alimentos funcionales significa que estos aportan los nutrientes esenciales y que, además, contienen uno o varios componentes diferenciados que optimizan las tareas fisiológicas del organismo que los ingiere. La elaboración de alimentos funcionales ocurre por la adición de componentes bioactivos (vitaminas, ácidos grasos, lípidos, probióticos, prebióticos, fitoestrógenos, carotenoides, entre otros) estructurados en patrones de alimentación para el consumidor. Estos pueden incorporarse naturalmente, transformarse o ser optimizados, con la finalidad de generar provecho en la salud con respecto al desarrollo y bienestar del organismo. Entre sus beneficios principales se tiene el crecimiento sano, la protección contra el estrés oxidativo, el control de procesos metabólicos, mejora de problemas cardiovasculares y gastrointestinales, mejor desempeño a nivel mental, físico y deportivo, etc. La producción de alimentos funcionales se incrementa con el paso del tiempo, ya que sube a tasas del 48 % anual y con valores económicos para el mercado global de cerca de 167 000 millones de dólares (Aries *et al.*, 2018). Sin duda, se trata de una de las materias más importantes y de mayor notoriedad en el mundo de la nutrición en los últimos tiempos.

5.2 Los nutraceuticos como alternativa para la salud

Actualmente, existe un debate relacionado con la distinción entre tres conceptos: alimento funcional, nutraceutico y medicamento. La controversia tiene raíz en la idea de que el alimento funcional tiene que ser ingerido como parte de la dieta cotidiana. En cambio, los nutraceuticos no tienen que ver necesariamente con los alimentos, sino con aquellos productos que presentan en su contenido los componentes esenciales del alimento. En otras palabras, si un alimento concreto se encarga de reducir el colesterol, el nutraceutico será el componente de dicho alimento que se encarga de realizar tal función de reducción. En otro plano, el medicamento representa el fruto de una síntesis y estudio farmacológico que reduce el colesterol. El alimento funcional y el

nutracéutico pueden funcionar como mecanismos de prevención, pero de ninguna manera están encargados de curar una enfermedad (Meléndez -Sosa *et al.*, 2020).

Ciertamente, existe un vínculo directo entre los alimentos que se consumen y la salud de las personas, vínculo que ha derivado en múltiples investigaciones científicas para descubrir la relevancia y aporte de los alimentos (y sus componentes) en funciones concretas del organismo. Así, la categoría de nutrición ha mutado tanto que, en la actualidad, el foco se centra en el vínculo mencionado, tomando en cuenta las consecuencias que la nutrición provoca en el desarrollo cognoscitivo y psicomotor, la inocuidad o la constitución corporal.

En ese sentido, Meléndez-Sosa *et al.* (2020) señalan que esta clase de productos es elaborada agregando componentes precisos o compuestos bioactivos como probióticos, prebióticos, simbióticos, vitaminas, ácidos grasos, carotenoides, entre otros, que pueden incorporarse de modo natural, transformarse u optimizarse, a fin de brindar beneficios para la salud en términos de desarrollo, protección contra el estrés oxidativo, control de los procesos metabólicos y fisiología cardiovascular y gastrointestinal, a la par de optimizar el desempeño físico, deportivo y mental.

5.2.1 Clases de nutraceuticos

A continuación, se exponen algunos tipos de nutraceuticos (Restrepo *et al.*, 2017):

Carotinoides

Los carotinoides constituyen una extensa categoría de moléculas procedentes de plantas, que engloba a los carotenos y las xantofilas; pertenecen a una categoría más grande de moléculas denominadas terpenoides o isoprenoides. En su calidad de pigmento, los carotinoides son capaces de absorber la luz visible y aparecen coloreados, en tanto que en su rol como nutraceutico en las personas se vinculan fundamentalmente con la protección molecular contra el ataque de radicales libres.

Ácido linoleico conjugado

El ácido linoleico conjugado (CLA) está presente en alimentos como la carne y la leche. Las evidencias experimentales indican que el CLA posee propiedades anticarcinogénicas, ya que

es capaz de reducir el progreso de aterosclerosis, a la vez que permite incentivar eventos del sistema inmunológico. Asimismo, cierta evidencia indica que el CLA posibilita la inhibición de la lipogénesis, en tanto que también es capaz de aumentar algunos mecanismos implicados en el empleo de ácidos grasos *in vivo*. El CLA es generado por una bacteria que se encuentra en el rumen de los animales por alteración del ácido linoleico de su dieta, y posteriormente es absorbida por los rumiantes e ingresa a los tejidos, entre ellos, el mamario y el muscular esquelético.

Flavonoides

Los flavonoides constituyen una extensa categoría de compuestos con potencial antioxidante, generados por plantas; gran parte de los flavonoides muestran tener un posible impacto como nutraceuticos debido a su capacidad para reducir los niveles de colesterol, eventos de osteoporosis y cancerígenos (Bagchi *et al.*, 2016).

Derivados de aminoácidos que contienen nitrógeno y azufre

Las plantas generan metabolitos secundarios que presentan nitrógeno. Entre dichas estructuras están los alcaloides y glucósidos cianogénicos, que proceden de aminoácidos comunes. Se pueden encontrar los alcaloides en el 20 % de las especies de plantas vasculares. Sustancias notablemente conocidas como la cocaína, nicotina, morfina o cafeínas, sobresalen por su considerable impacto fisiológico en los vertebrados. En cierto momento se consideró que los alcaloides representaban un sistema de almacenamiento y desecho de nitrógeno. No obstante, ahora los especialistas entienden que los alcaloides son moléculas que funcionan como mecanismo de defensa de los depredadores, en concreto, los mamíferos, a causa de su toxicidad. Los capsaicinoides constituyen estructuras alcaloides generadas por frutas de pimientos, y proceden de los aminoácidos fenilalanina y valina o leucina, y de cadenas ramificadas de ácidos grasos. La capsaicina se emplea a nivel medicinal para tratar diversas condiciones médicas (la artritis entre ellas), y posee propiedades anticarcinogénicas y antioxidantes.

Los capsaicinoides pueden producir irritación en la superficie cutánea y dar la sensación de picante al momento de ser ingeridos, debido a su interacción con receptores del dolor, lo que haría que los animales eviten su ingesta. Las sustancias derivadas son los isotiocianatos, tiocianatos y nitrilos que son generados al momento en que el tejido de la planta padece traumatismos y

posibilita que los glucosinolatos de determinadas células se combinen con enzimas de otras células.

Inhibidores de proteinasa y α -amilasa

Entre el potencial defensivo de ciertas plantas se pueden encontrar a los inhibidores de proteasas o proteinasas. Los inhibidores de BowmanBirk (BBI) constituyen unas sustancias que se pueden encontrar en la soya, y se piensa que gozan propiedades anticarcinogénicas. Los inhibidores de proteinasas representan el arsenal de defensa de las plantas. Ejemplo de ello son los tomates, que generan esta clase de sustancias para complicar la actividad enzimática de la proteína digestiva de los herbívoros e insectos. Adicionalmente a los inhibidores de proteinasas, los tejidos vegetales inhiben la actividad de la α -amilasa digestiva en el almidón. Igualmente, las plantas generan sustancias denominadas lectinas, que se unen a los carbohidratos y a las proteínas que presentan carbohidratos, e interfieren con la absorción de nutrientes en el intestino de los animales.

Terpenoides

Gran parte de los terpenoides y sus precedentes son agentes tóxicos para los insectos. En efecto, ciertos monoterpenos, como los ésteres de monoterpeno denominados piretroides, se emplean como componentes de pesticidas comerciales. En casi todas las plantas están presentes los conocidos como aceites esenciales, que constituyen una combinación de monoterpenos y sesquiterpenos volátiles; tienen propiedades que repelen a los insectos y están presentes en las vellosidades glandulares de la epidermis de las frutas, por ejemplo. El limoneno, un compuesto nutracéutico notablemente conocido, está contenido en los aceites esenciales de la epidermis de los cítricos. El mentol constituye un monoterpeno clave en el aceite esencial de la menta.

Finalmente, como un ejemplo específico, diversas plantas expulsan determinados monoterpenos y sesquiterpenos una vez que ciertos insectos han comenzado a alimentarse; si bien tales terpenoides no resultan tóxicos para el insecto, sí funcionan para atraer a sus predadores. Un enorme número de diterpenos son toxinas e irritantes para la piel que repelen herbívoros e insectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abeliuk, A., & Gutiérrez, C. (2021). Historia y evolución de la inteligencia artificial. *Revista del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile*, 21, 14-21. <https://revistasdex.uchile.cl/index.php/bits/article/view/2767/2700>
- Aguilar, B. (2020). Micronutrientes: reguladores del sistema inmunológico y su utilidad en COVID-19. *Innovare: Revista de Ciencia y tecnología*, 9(1), 39-45. <https://doi.org/10.5377/innovare.v9i1.9659>
- Aguirre, P. (2016). Alimentación humana: el estudio científico de lo obvio. *Salud Colectiva*, 12(4), 463-472. <https://dx.doi.org/10.18294/sc.2016.1266>
- Albar, S., Alwan, N., Evans, C., Greenwood, D., & Cade, J. (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>
- 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* [tesis de licenciatura, Universidad de Pedro Ruíz Gallo]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8699>
- Alcalá-Bejarano, J., Yago, M., Mañas, M., López, M., Martínez, M. & Martínez de Victoria, E. (2015). Macronutrientes, ingesta de alimentos y peso corporal: papel de la grasa. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1), 46-54. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8439>
- Alvarado, M. (2015). Una mirada a la inteligencia artificial. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 2(3), 27-31. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7894426.pdf>

- Alvarez, F. (2020). *Hábitos alimentarios y actividad física durante el confinamiento por COVID-19 en estudiantes de la Facultad de Ciencias-Universidad Javeriana* [trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/51991>
- Andrews, R. (2017, 15 de setiembre). *Scientists Connect A Human Brain To The Internet For The First Time*. IFLScience <https://www.iflscience.com/scientists-connect-human-brain-internet-first-time-43726>
- Aries M., Navratilova, H., Anwar, K., & Hardinsyah, H. (2018). The development of teaching guidelines and interactive nutrition education module for primary school teachers. *International Conference on Community Development* 1(1), 177–183. <https://doi.org/10.33068/iccd.Vol1.Iss1.28>
- Aro, M. (2013). *Tutor inteligente de la nutrición para la prevención de la diabetes* [tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Instiucional. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/9923>
- Arranz, S., Tueros, I., Amezaga, J., Santa Cruz, E., & Marrugat, G. (2020). Aplicaciones móviles para evaluar alimentos. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 24(Sup. 1), 76-77. <https://renhyd.org/renhyd/article/view/1218>
- Ayerbe, A. (2020). La ciberseguridad y su relación con la inteligencia artificial. *Análisis del Real Instituto Elcano (ARI)*, 128, 1-8. <https://media.realinstitutoelcano.org/wp-content/uploads/2021/10/ari128-2020-ayerbe-ciberseguridad-y-su-relacion-con-inteligencia-artificial.pdf>
- Babajide, O., Hissam, T., Anna, P., Anatoliy, G., Astrup, A., Martinez, J. A., Oppert, J.-M., & Sørensen, T. (2020). A machine learning approach to short-term body weight prediction in a dietary intervention program. En *Computational Science*, 441-455. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50423-6_33
- Bagchi, D., Preus, H. G., & Swaroop, A. (2016). *Nutraceuticals and Functional Foods in Human Health and Disease Prevention* (1st ed.). CRC Press. <http://doi.org/10.1201/b19308>

- Bedoya-Romo, M., Saltos-Montes, P., Campozano-Burgos, M., Ayala-Morillo, E., Calderón-López, E., & Veliz-Mero, M. (2019). Aspectos fisiopatológicos en pacientes con problemas de tiroides. *Polo del Conocimiento*, 4(5), 52-68. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7164257.pdf>
- Ospino, K., Castilla, M., & Sánchez-Mora, R. (2018). Resistencia microbiana desde una perspectiva metagenómica. *NOVA*, 16(29), 91-100. <https://doi.org/10.22490/24629448.2692>
- 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>
- Blázquez, G., López-Torres, J., Rabanales, J., López-Torres, J., & Val, C. (2016). Alimentación saludable y autopercepción de salud. *Atención Primaria*, 48(8), 535-542. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2015.12.001>
- Briggs, G., & Matthias, S. (2017). The Case for Robot Disobedience. *Scientific American*, 316(1), 44-47. [10.1038/scientificamerican0117-44](https://doi.org/10.1038/scientificamerican0117-44)
- Bzdok, D., Altman, N., & Krzywinski, M. (2018). Points of significance: statistics versus machine learning. *Nature Methods*, 15, 1-7. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01723223/document>
- Cabana, E. (2022, 4 de abril). *Inteligencia Artificial, Machine Learning, Deep Learning y Big Data*. Aprende con Eli. <https://aprendeconeli.com/inteligencia-artificial-machine-learning-deep-learning-y-big-data/>
- Cabanes, J. (2018). *Aplicaciones móviles y tecnologías web en el campo de la Nutrigenómica y Nutrición Personalizada* [tesis de maestría, Universitat de les Illes Balears]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/11201/149931>
- Cadavid, M., & Giraldo, L. (2017). Perspectivas del pensamiento ecológico que han influenciado el campo alimentario y nutricional. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 18(2), 225-236. <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v18n2a07>

- Calañas-Continente, A. (2005). Alimentación saludable basada en la evidencia. *Endocrinología y Nutrición*, 52(2), 8-24. <https://www.elsevier.es/es-revista-endocrinologia-nutricion-12-pdf-13088200>
- Calderón-Martínez, M., Taboada-Gaytán, O., Argumedo-Macías, A., Ortiz-Torres, E., López, P., & Jacinto-Hernández, C. (2017). Cultura alimentaria: Clave para el diseño de estrategias de mejoramiento nutricional de poblaciones rurales. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 14(2), 303-320. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722017000200303&lng=es&tlng=es
- Cámpora, M. (2016). Alimentos funcionales: tecnología que hace la diferencia. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 42(2), 131-137. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86447075004>
- Carcamo, G., & Mena, C. (2006). Alimentación saludable. *Horizontes Educativos*, 11(1). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3993036.pdf>
- Cartea, M. (2017). La era de las “ciencias ómicas” en la mejora genética vegetal. *Mol: boletín de la Sociedad de Ciencias de Galicia*, (17), 66-73. https://dialnet.unirioja.es/servlet/ejemplar?codigo=593544&info=open_link_ejemplar
- Castro, D., & New, J. (2016, 10 de octubre). *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(106), 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, 7 de febrero). *Volume estimation using food specific shape templates in mobile image-based dietary assessment*. *SPIE. Digital Library*. <https://doi.org/10.1117/12.876669>

- Chung, T., Wedel, M., & Rust, R. (2016). Adaptive Personalization Using Social Networks. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 44 ,66-87. <https://doi.org/10.1007/s11747-015-0441-x>
- Congreso de la República del Perú. (2013, 17 de mayo). Ley N.º 30021. *Ley de Promoción de la Alimentación Saludable para Niños, Niñas y Adolescentes*. El Peruano 938532-1. <https://acortar.link/1anVVh>
- Conick, H. (2017, 1 de diciembre). The Past, Present and Future of AI in Marketing. American Marketing Association. <https://www.ama.org/marketing-news/the-past-present-and-future-of-ai-in-marketing>
- Cooper, J. (2017, 11 de setiembre). *The science of personalized nutrition*. Instituto Natural Products Insider. <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>
- Cortés-López, N., Montor-Antonio, J., Olvera-Carranza, C., Peña-Castra, J., & Del Moral-Ventura, S. (2014). Metagenómica: una ventana de oportunidad a nuevos genes y genomas microbianos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(7), 45-58. <http://www.reibci.org/publicados/2014/diciembre/0700103.pdf>
- Coronado, M., Vega y León, S., Gutiérrez, R., Pérez, J., & Peláez, K. (2011). Nutrigenética aplicada: dieta personalizada y formación académica para la práctica profesional. *Rev Chil Nutr*, 38(4), 492-500. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182011000400013>
- Cruzado, M., & Cedrón, J. C. (2012). Nutraceuticos, alimentos funcionales y su producción. *Revista De Química*, 26(1-2), 33-36. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/7307>

- Deeks, J., Verreault, M., & Chaung, W. (2017). Canadian Nutrient File (CNF): Update on Canadian food composition activities. *Journal of Food Composition and Analysis*, 64, 43-47. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.04.009>
- De la Cruz, E. (2020). Referentes conceptuales para el abordaje de la salud y la educación alimentaria y nutricional en la escuela. *Revista de Comunicación y Salud*, 101, 1-17. [https://doi.org/10.35669/rcys.2020.10\(1\).1-17](https://doi.org/10.35669/rcys.2020.10(1).1-17)
- De la Garza, A., & Zonenszain-Laiter, Y. (2022). Unidad, individualidad y unicidad de la persona en el balance riesgos/beneficios del uso de las pruebas nutrigenéticas en la práctica clínica. *Acta bioethica*, 28(2), 215-226. <https://doi.org/10.4067/S1726-569X2022000200215>
- De Luis, D., Izaola, O., & Primo, D. (2021). Nutrición personalizada, una herramienta para el tratamiento del paciente obeso. *Nutrición Clínica en Medicina*, 15(3), 138-152. <https://nutricionclinicaenmedicina.com/wp-content/uploads/2022/05/5103.pdf>
- Del Prado, G. (2017, 5 de agosto). *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>
- Díaz, R. (2010). Alimentación y balance energético. *Fundación para el Estudio, la Prevención y el Tratamiento de la Enfermedad Vasculor Aterosclerótica*, 2(1), 58-74.
- 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*, (2.^a ed.). Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-58487-4>
- Finlay, J., & Dix, A. (1996). *Introduction to Inteligence Artificial*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003072485>
- Fluss, D. (2017, 1 de enero). *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. (2011). Energy intake misreporting among children and adolescents: a literature review. *Maternal & Child Nutrition*, 7, 112-127. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8709.2010.00270.x>
- Franco, S. (2010). Aportes de la sociología al estudio de la alimentación familiar. *Revista Luna Azul*, 31, 139-155. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8176139&orden=0&info=link>
- Frigolet, M., & Gutiérrez-Aguilar, R. (2017). Ciencias “ómicas”, ¿cómo ayudan a las ciencias de la salud? *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 18(7). <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2017.v18n7.a3>
- Fundación Instituto Roche (2021). *Informes Anticipando: Epigenómica*. Instituto Roche. https://instituto-roche.es/static/pdfs/Informes_anticipando_2021_EPIGENOMICA_web.pdf
- 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. [10.1080/15230406.2013.776210](https://doi.org/10.1080/15230406.2013.776210)
- Gironella, M. (2010). Transcriptómica (mARN y miR). *Gastroenterología y Hepatología Continuada*, 9(4), 160-164. <https://www.elsevier.es/es-revista-gastroenterologia-hepatologia-continuada-8-articulo-transcriptomica-marn-mir--S1578155010700358>
- Gómez, A. (2007). Nutrigenómica y nutrigenética. *Offarm*, 26(4), 78-85. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13101543>
- Granados-Silvestre, M., Ortiz-López, M., Montúfar-Robles, I., & Menjívar-Iraheta, M. (2014). Micronutrientes y diabetes, el caso de los minerales. *Cir Cir*, 82, 119-125. <https://www.medigraphic.com/pdfs/circir/cc-2014/cc141p.pdf>
- Green, B. (2018). Ethical Reflections on Artificial Intelligence. *Scientia et Fides*, 6(2), 9-31. <https://dadun.unav.edu/handle/10171/58244>

- Guillen, S. (2018, 14 de febrero). *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, 18 de enero). Robots and artificial intelligence set to upend the art of making a sale. *The Washington 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, A., & Sánchez, F. (2005). Funciones y metabolismo de los nutrientes. En G. Hernández (ed.), *Tratado de Nutrición. Tomo I. Bases Fisiológicas y Bioquímicas de la Nutrición*. Editorial Panamericana.
- Hoffman, D., & Novak, T. (2016). Consumer and Object Experience in the Internet of Things: An Assemblage Theory Approach. *Journal of Consumer Research*, 44(6), 1178-1204. <https://doi.org/10.1093/jcr/ucx105>
- Huang, M., & Rust, R. (2018). Artificial Intelligence in Service. *Journal of Service Research*, 21(2), 155-172. <https://doi.org/10.1177/1094670517752459>
- Iagua. (2020, 25 de setiembre). *Inteligencia artificial en la agricultura para hacer frente a la inseguridad alimentaria*. Iagua. <https://www.iagua.es/noticias/fao/inteligencia-artificial-agricultura-hacer-frente-inseguridad-alimentaria>
- Jacoby, H., & Paltsev, S. (2017). What to Expect from Sectoral Trading: A US-China example. *MITS Loan Management Review*, 2(1), 9-26. <https://doi.org/10.1142/S201000781100019X>
- 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, 30 de marzo). *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, 10 de agosto). *Fast food workers are becoming obsolete*. Business Insider. <https://www.businessinsider.in/fast-food-workers-are-becoming-obsolete/articleshow/52300518.cms>
- Journal, T. (2017, 7 de marzo). *How Artificial Intelligence Will Change Everything*. The Wall Street Journal. <https://www.wsj.com/articles/how-artificial-intelligence-will-change-everything-1488856320>
- Kim, M. (26-29 de agosto del 2007). *Challenges on the Development of Robotic Intelligence*. 16th IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication. Jeju, Korea (South). <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.2021.10436>
- 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>
- Kwon, D. (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>
- Lamolle, G., & Musto, H. (2018). Genoma Humano. Aspectos estructurales. *Anales de la Facultad de Medicina*, 5(2), 12-28. <http://www.scielo.edu.uy/pdf/afm/v5n2/2301-1254-afm-5-02-12.pdf>

- Li, D., & 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>
- López-López, M., López, A., Sainz, T., & Rosales, A. (2005). ¿Qué sabe usted acerca de...Genómica? *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 36(1), 42-44.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57936107>
- López, R. (2014). Las proteínas, ¿qué son y cómo son? En *Las proteínas de los alimentos*. CSIC.
- Macias, A., Quintero, M., Camacho, E., & Sánchez, J. (2009). La tridimensionalidad del concepto de nutrición: su relación con la educación para la salud. *Revista Chilena de Nutrición*, 36(4), 1129-1135. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182009000400010>
- Mariño, A., Núñez, M., & Gámez, A. (2016). Alimentación saludable. *Revista Acta Médica*, 17(1).
<https://www.medigraphic.com/pdfs/actamedica/acm-2016/acm161e.pdf>
- Martin, A. (2018, 11 de setiembre). La Inteligencia Artificial irrumpe en la Tecnología de Alimentos. *GSI México*. <https://blog.gslmexico.org/inteligencia-artificial-irrumpe-en-tecnologia-de-alimentos>
- Martín-Almendra, M. (2016). Estructura y función de la glándula tiroides. *Revista ORL*, 7, 7-16.
<https://revistas.usal.es/cinco/index.php/2444-7986/article/view/orl20167s2.14724/15362>
- Martínez, J. (2013). La densidad energética y la calidad nutricional de la dieta en función de su contenido en azúcares. *Nutrición Hospitalaria*, 28(Supl. 4), 57-63.
http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013001000007&lng=es&tlng=es

- Martínez, E. (2016). El calcio, esencial para la salud. *Nutrición Hospitalaria*, 33(Supl. 4), 26-31. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.341>
- Martínez-García, D., Dalgo-Flores, V., Herrera-López, J., Analuisa-Jiménez, E., & Velasco-Acurio, E. (2019). Avances de la inteligencia artificial en salud. *Dominio de las Ciencias*, 5(3). <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v5i3.955>
- Mejía-Montilla, J., Reyna-Villasmil, N., Bravo-Henríquez, A., Fernández-Ramírez, A., & Reyna-Villasmil, E. (2021). Obesidad, nutrición e información genética. *Avances en Biomedicina*, 10(2), 43-50. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8557901.pdf>
- Méndez-Sosa, M., García-Barrales, A., & Ventura-García, N. (2020). Perspectivas e impacto en la salud del consumo de los alimentos funcionales y nutraceuticos en México. *Revista RD*, 6(1), 114-136. <http://www.apps.buap.mx/ojs3/index.php/rdicuap/article/view/1745/1331>
- 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>
- Meléndez -Sosa, M., García, Barrales, A., & Ventura-García, N. (2020). Perspectivas e impacto en la salud del consumo de los alimentos funcionales y nutraceuticos en México. *RD-ICUAP*, 6(1), 114-136. <http://www.apps.buap.mx/ojs3/index.php/rdicuap/article/view/1745>
- Milagro, F., & Martínez, A. (2015). La nutrición personalizada a través de la epigenómica. *Mediterráneo Económico*, 27, 354-361. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5207084&orden=0&info=link>
- 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*, 9(9), 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, 459-464. <https://doi.org/10.1007/s10654-018-0390-z>
- BBC News. (2016, 12 de marzo). *Artificial Intelligence: Google's AlphaGo Beats Go Master Lee Se-Dol*. <https://www.bbc.com/news/technology-35785875>
- Nicolalde, M., Álvarez, L., Fonseca, D., Guevara, M., Poveda, C., Heredia, S., & Peralta, L. (2019). Comparación de la estimación del gasto energético en reposo por ecuación de predicción y calorimetría indirecta en población adulta. *La Ciencia al Servicio de la Salud*, 10, 142-148. <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/261>
- Oke, S. (2008). A literature review on artificial intelligence. *International Journal of Information and Management Sciences*, 19(4), 535-570. <https://acortar.link/jWb2HL>
- Ordovás, J. (2015). Genética y nutrigenética. *Mediterráneo Económico*, (27), 333-344. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5207083&orden=0&info=link>
- Otero-Martínez, D., Otero-Pereiro, L., & González-Fernandez, V. (2014). Análisis del comportamiento del material de la arteria aorta ascendente para su modelación. *Ingeniería Mecánica*, 17(2), 108-117. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442014000200002&lng=es&tlng=es

- 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>
- Parra, D., & Concha, R. (2021). Inteligencia artificial y derecho. Problemas, desafíos y oportunidades. *Vniversitas*, *70*. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.vj70.iadp>
- Pérez, H. (2006). Nutracéuticos: componente emergente para el beneficio de la salud. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, *XL* (3), 20-28.
- Pi, R., Vidal, P., Romina, B., Viola, L., & Aballay, L. (2015). Estado nutricional en estudiantes universitarios: su relación con el número de ingestas alimentarias diarias y el consumo de macronutrientes. *Nutrición Hospitalaria*, *31*(4), 1748-1756. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.31.4.8399>
- Pinazo-Durán, M. (2012). Genética y algo más. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*, *87*(2), 35-37. <https://doi.org/10.1016/j.ofal.2012.01.001>
- 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>
- Restrepo, C., Estrada, H., & Saumett, H. (2017). Nutracéuticos y Alimentos Funcionales: Una Revisión de Oportunidades. En *Productos de Confeitería Nutraceútica y Biofertilizantes. Una opción empresarial para cultivadores de frutas y hortalizas*. Universidad Simón Bolívar. <http://hdl.handle.net/20.500.12442/2204>
- Rivera, K. (2022) La aplicación de la inteligência artificial en la nutrición personalizada [Tesis de doctorado, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://revistas.unap.edu.pe/epg/index.php/investigaciones/article/view/3990>

- Rouhiainen, L (2018). *Inteligencia Artificial. 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. Alienta Editorial.
- Rust, R., & Ming-Hui, H. (2012). Optimizing Service Productivity. *Journal of Marketing*, 76(2), 47-66. <https://doi.org/10.1509/jm.10.0441>
- Rust, R., & Ming-Hui, H. (2014). The Service Revolution and the Transformation of Marketing Science. *Marketing Science*, 33(2), 206-221. <https://ideas.repec.org/a/inm/ormksc/v33y2014i2p206-221.html>
- 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/pra2.2017.14505401039>
- 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>
- 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>
- Simonite, T. (2017). *AI Software Learns to Make AI Software*. MIT Technology Review
- Stuart, S. (2017, 5 de diciembre). *How Do You Feel? Affectiva's AI Can Tell*. PC Magazine. <https://www.pcmag.com/news/how-do-you-feel-affectivas-ai-can-tell>

- Taboada, N. (2017). El zinc y el cobre: micronutrientes esenciales para la salud humana. *Acta Médica del Centro*, 11(2), 79-89. <https://revactamedicacentro.sld.cu/index.php/amc/article/view/821>
- Tapia, J. (2016). Nutrigenómica y Nutrigenética para nutricionistas. <https://www.medigraphic.com/pdfs/actamedica/acm-2016/acm161c.pdf>
- Torreblanca, A., & López-Barea, J. (2005). Proteómica: conceptos, desarrollo actual y aplicación en monitorización ambiental. *Revista de Toxicología*, 22(2), 72-73. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91922207>
- Valenzuela, A., Valenzuela, R., Sanhueza, J., & Morales, G. (2014). Alimentos funcionales, nutraceúticos y foshu: ¿vamos hacia un nuevo concepto de alimentación? *Revista Chilena de Nutrición*, 41(2), 198-204. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182014000200011>
- 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, N., Wangenheim, F., & Bitner, M. (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., & Ding, M. (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>
- Yanes, O. (2015). Metabolómica: la ciencia ómica más multidisciplinaria. *Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular*, 186, 7-10. <https://revista.sebbm.es/articulos/42-metabolomica-la-ciencia-omica-mas-multidisciplinaria.pdf>
- Young, J., & Cormier, D. (2014, 2 de abril). *Can Robots Be Managers, Too?* Harvart 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, 719-731. <https://doi.org/10.1038/s41551-018-0305-z>

- 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>
- 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., Malka, G., Kosower, N., Rein, M., Zilberman-Schapira, G., Dohnalová, L., Pevsner-Fischer, M.,... & Segal, E. (2015). Personalized Nutrition by Prediction of Glycemic Responses. *Cell*, 163(5), 1079-1094. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.11.001>
- Zelaya, L. (2017). *Análisis de la Ley de Promoción de la Alimentación Saludable* [tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3012>
- Zhao, X., He, Q., Zeng, Y., & Cheng, L. (2021). Effectiveness of combined exercise in people with type 2 diabetes and concurrent overweight/obesity: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open*, 11(10), e046252. [10.1136/bmjopen-2020-046252](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-046252)

