

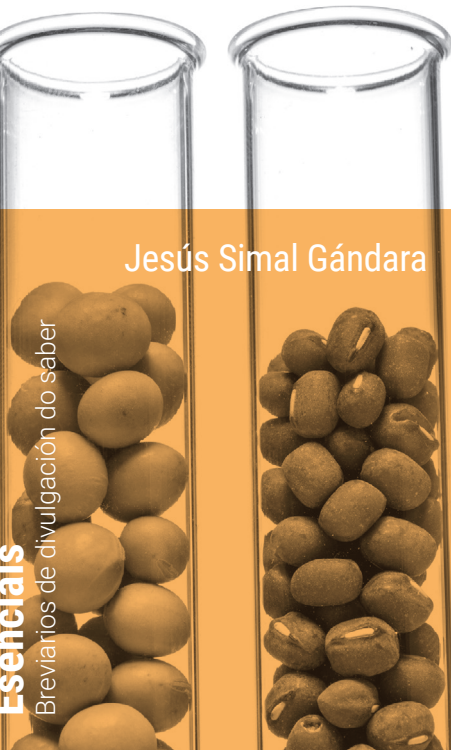
Alimentos do futuro



Esenciais

Breviarios de divulgación do saber

Jesús Simal Gándara



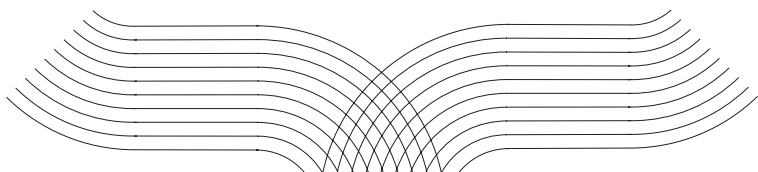


Jesús Simal-Gándara é Catedrático de Universidade na área de Nutrición e Bromatoloxía na Universidade de Vigo desde 1999. Primeiro Premio Nacional de Terminación de Estudos de Farmacia, e Premio Extraordinario de Doutoramento da Facultade de Farmacia da Universidade de Santiago de Compostela. Académico Correspondente da Real Academia de Medicina e Cirurxía de Galicia (1991), Medalla de Investigación da Real Academia Galega de Ciencias 2020 Antonio Casares Rodríguez (Química e Xeoloxía), Presidente da Asociación Internacional de Nutrición e Seguridade Dietética (2020), e Académico de Número da Real Academia de Farmacia de Galicia (2021). Lidera un grupo de investigación de excelencia, e estivo á

fronte do CIA3 - Centro de Investigacións Ambientais, Agrícolas e Alimentarias (2008-2018). Foi Director do Departamento de Química Analítica e Alimentaria (2013-2018) e Vicerreitor de Internacionalización (2018). Nomeado por Clarivate Analytics como Investigador Altamente Citado (2018, 2020 e 2022). Realizou estancias de investigación na Université de Paris-Sud (Francia), University of Delaware (USA), Fraunhofer-Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung (Alemaña), Central Science Laboratory (Reino Unido), TNO-Voeding (Países Baixos), Packaging Industries Research Association (Reino Unido) e o Svenska Livsmedelsinstitutet (Suecia).

Servizo de Publicacións

Universida_{de}Vigo



Esenciais

Breviarios de divulgación do saber

n.º 08

Edición

Servizo de Publicacións da Universidade de Vigo
Edificio da Biblioteca Central
Campus de Vigo, 36310

Director da colección

Jorge Luis Bueno Alonso

Consello asesor científico da colección

Marta García González, Benigno Fernández Salgado, Enrique J. Varela,
Ignacio Pérez Juste, Marta Pérez Rodríguez, Ana María Bernabeu Tello

Deseño de portada

Tania Sueiro
Área de Imaxe da Universidade de Vigo
Vicerreitoría de Comunicación e Relacións Institucionais

Fotografía de portada

Adobe Stock

Maquetación e impresión

Andavira Editora, S. L.

ISBN (libro impreso)

978-84-8158-966-5

DL

VG 120-2023

© Servizo de Publicacións da Universidade de Vigo, 2023

© Jesús Simal Gándara

© Da tradución ao galego, Manuel M. Veiga

Reservados todos os dereitos. Nin a totalidade nin parte deste libro pode reproducirse ou transmitirse por ningún procedemento electrónico ou mecánico, incluídos fotocopia, gravación magnética ou calquera almacenamento de información e sistema de recuperación sen o permiso escrito do Servizo de Publicacións da Universidade de Vigo.

Esta editorial é membro da  **une**, o que garante a difusión e a comercialización das súas publicacións a nivel nacional e internacional.

Servizo de Publicacións

UniversidadeVigo

Este volume publicase co financiamento da



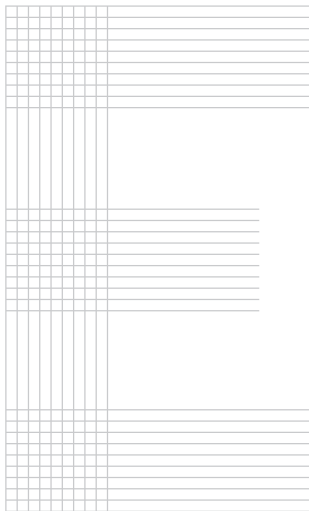
**XUNTA
DE GALICIA**



Esenciais

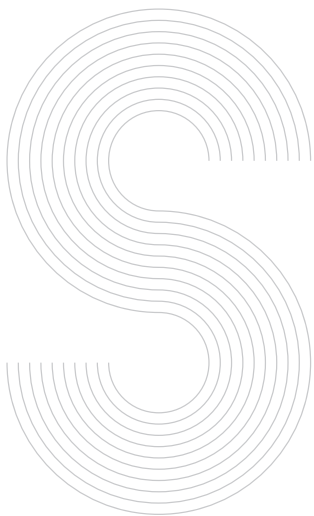
Breviarios de divulgación do saber

Esta colección pretende ofrecerlle ao público xeral unha serie de pequenas e concisas introducións aos temas básicos do coñecemento das mans das persoas expertas que ten a UVigo capaces de sintetizar dun xeito rigoroso, mais sinxelo e divulgativo, as discusións centrais dos temas xerais dun eido concreto. Unha combinación que presenta feitos, análises, novas ideas e aspectos esenciais. Independentemente da área de estudo, e do concepto que se vai definir, a serie presentará libros de pequeno formato aos que poida achegarse o público lector, tanto especializado coma non especializado, para ter un primeiro contacto informado e ameno cos temas que nos preocupan.



Alimentos do futuro

Jesús Simal Gándara



Con cariño aos meus pais e irmáns!
Apertas e bicos, Jesús

Índice

Lista de táboas	11
Lista de figuras	13
Lista de abreviaturas	17
List of abbreviations	19
Capítulo 1	21
Resumo executivo	21
Capítulo 2	25
Diagnóstico actual do sistema alimentario	25
Capítulo 3	39
Necesidade dunha transición alimentaria: importancia dunha alimentación variada e da equidade alimentaria	39
Capítulo 4	45
Alternativas innovadoras sostibles á alimentación convencional	45
4.1. Insectos	46
4.2. Algas	51
4.3. Nopal	53
4.4. Carne e peixe	55
4.4.1. Baseados en células	55
4.4.2. Baseados en plantas	58
4.4.3. Baseados en fungos	60
4.5. Alimentos transxénicos	60

Capítulo 5	63
Alimentación personalizada	63
5.1. Alimentación en función da idade	64
5.2. Alimentación libre de alérxenos	65
5.3. Alimentos funcionais que preveñen patoloxías	66
5.4. Alimentos a demanda (co-deseño e impresión 3D de alimentos)	67
Capítulo 6	73
Retos e desafíos da industria alimentaria	73
6.1. Contexto sociodemográfico	74
6.2. Contexto de consumo	74
6.3. Contexto da saúde e nutrición	75
6.4. Contexto medioambiental	77
6.5. Contexto normativo	78
6.6. Contexto científico-tecnolóxico	79
Capítulo 7	81
Bibliografía	81

Lista de táboas

Táboa 1. Especies de insectos comestibles no mundo: consumo [%] (FAO, 2013) e composición nutricional media [%] de cada unha das especies (en base seca) (Rumpold e Schlüter, 2013).	50
Táboa 2. Principais especies de macroalgas cultivadas no mundo (FAO, 2018b; FAO, 2022).	52

Lista de figuras¹

Figura 1. Sistema alimentario (Elaboración propia sobre FAO, 2017b)..	26
Figura 2. Obxectivos de Desenvolvemento Sostible da Axenda 2030 (ONU, s. f.).	27
Figura 3. A alimentación e a agricultura na Axenda 2030 (El. propia sobre FAO, 2016).	28
Figura 4. Meta 2.1 dos ODS (ONU, s. f.).	29
Figura 5. Niveis de gravidade de inseguranza alimentaria e indicador 2.1.2 dos ODS (Elaboración propia sobre FAO et al., 2019)	30
Figura 6. Concentración e distribución da inseguranza alimentaria por gravidade en diferentes rexións do mundo (Elaboración propia sobre FAO et al., 2021).	31
Figura 7 Incremento da produción mundial de cultivos primarios e de aceites vexetais no período 2000-2019 (Elaboración propia sobre FAO, 2021b)..	33
Figura 8. Uso de pesticidas e fertilizantes inorgánicos en 2019 (El. prop. FAO, 2021b)	34

1 As figuras de elaboración propia sobre os datos sinalados son deseños infográficos de Carla Gasparini.

Lista de figuras

Figura 9. Incremento da produción mundial de carne e desagregación por tipo de carne no período 2000-2019 (Elaboración propia sobre FAO, 2021b)..	35
Figura 10. Sinerxías e conflitos no sector agrícola (El. propia sobre FAO, 2018a).	37
Figura 11. Obxectivos da Estratexia «Da granxa á mesa» (European Comission, s. f.).	38
Figura 12. Cadro dun sistema alimentario sostible (van Berkum et al., 2018)	41
Figura 13. Posibles hipóteses de padróns dietéticos en función dos obxectivos científicos para os sistemas alimentarios (Comisión EAT-Lancet, 2019).	42
Figura 14. Exemplo dunha dieta de saúde planetaria (Comisión EAT-Lancet, 2019).	43
Figura 15. One Health (ISGlobal, 2021)	44
Figura 16. Estratexias de produción de alternativas á carne, as súas principais tecnoloxías e características (Zhang et al., 2022).	47
Figura 17. Comparación da conversión alimenticia, pegada hídrica, potencial de quecemento global e terra necesaria para producir 1 kg de animal vivo, así como porcentaxe comestible de cada animal (Elaboración propia sobre FAO, 2021a)..	48
Figura 18. Propiedades medicinais do nopal (Inglese et al., 2018).	54
Figura 19. Comparación entre a agricultura celular e a agricultura animal (WhatIsCultivatedMeat.com, s. f.).	56
Figura 20. Proceso de produción de carne cultivada (FOUR PAWS International, 2021)	57
Figura 21. Diagrama do proceso de produción de carne de orixe vexetal (Zhang et al., 2022)	59

Figura 22. O prato de nutrición de precisión: representación esquemática dos principais factores que cómpre considerar na nutrición de precisión (De Toro-Martín et al., 2017)	63
Figura 23. Substancias ou produtos que causan alerxias ou intolerancias alimentarias reguladas a efectos de información ao consumidor polo Regulamento (UE) 1169/2011	65
Figura 24. Esquema do proceso de impresión 3D de alimentos (Pereira et al., 2021).	68
Figura 25. Dinosaurios de espinacas (Natural Machines, s. f.)	70
Figura 26. Retos actuais para a industria no deseño de novos ingredientes (Pérez, 2017)	71
Figura 27. Living Labs: estrutura xeral (SFI, s. f.).	77

Lista de abreviaturas

EFSA	Autoridade Europea de Seguranza Alimentaria
ELN	Extracto Libre de Nitróxeno
FAO	Organización das Nacións Unidas para a Alimentación e a Agricultura
FIDA	Fondo Internacional de Desenvolvemento Agrícola
FIES	Escala de Experiencia de Inseguranza Alimentaria
ISGlobal	Instituto de Saúde Global de Barcelona
ODA-E	Observatorio do Dereito á Alimentación en España
ODS	Obxectivos de Desenvolvemento Sostible
OHCHR	Oficina do Alto Comisionado das Nacións Unidas para os Dereitos Humanos
OMS	Organización Mundial da Saúde
ONU	Organización das Nacións Unidas
PAC	Política Agraria Común
PMA	Programa Mundial de Alimentos
PPC	Política Pesqueira Común
SFA	Axencia de Alimentos de Singapur
UE	Unión Europea
UNFPA	Fondo de Poboación das Nacións Unidas
UNICEF	Fondo das Nacións Unidas para a Infancia
3D	Tridimensional

List of abbreviations

ENoLL	European Network of Living Labs
FIES	Food Insecurity Severity Experience
GFI	The Good Food Institute
HLPE	High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition
UN	United Nations
WCED	World Commission on Environment and Development
WHO	World Health Organization
SFA	Singapore Food Agency
SFI	Sustainable Food Initiative
SOFIA	The State of World Fisheries and Aquaculture

Capítulo 1

Resumo executivo

O termo «sistema alimentario» é coñecido globalmente, mais non é habitual que se coñeza a amplitude deste concepto, que comprende un conxunto de elementos e actividades interrelacionadas que posibilitan a produción, procesamento, distribución, consumo e xestión de residuos dos alimentos.

O sistema alimentario actual abrangue unha serie de problemas que provocan impactos tanto no sector sanitario como no social, económico, cultural e ambiental.

No ámbito sanitario, salientan as doenzas e os problemas de saúde derivados dunha alimentación inadecuada, que, á súa vez, teñen un grande impacto económico, como no caso dos gastos en saúde derivados de tratar problemas de obesidade, sobrepeso ou doenzas derivadas. No ámbito social, a estigmatización destas situacións fai moitas veces que as persoas que sofren estes problemas se illen, o que causa impactos negativos a nivel psicolóxico e emocional (perda de autoestima, impotencia, vergoña, etc.).

A distribución desigual dos alimentos é unha das principais causas de má nutrición no mundo e, xunto coa inseguranza alimentaria, son aspectos que difiren significativamente entre diferentes rexións e culturas do mundo. Alén disto, a inseguranza alimentaria é lixeiramente máis elevada entre as mulleres que entre os homes.

Doutra banda, a alimentación causa impactos medioambientais importantes que afectan, entre outros, á mudanza climática, á perda de biodiversidade e ao consumo de auga. O aumento acelerado da poboación mundial implica unha maior demanda de alimentos e, para poder facer fronte a isto, será necesario aumentar a produción

e a superficie cultivada, o que terá importantes impactos ambientais como a sobreexplotación dos recursos naturais, a degradación dos solos, a deforestación ou a perda de biodiversidade.

Os sistemas actuais de produción de alimentos teñen que responder a grandes desafíos como a fame e a desnutrición, o desperdicio de alimentos, a sobreexplotación de recursos naturais, a mudanza climática e os seus correspondentes efectos adversos.

Existe a necesidade urxente de tomar medidas para transformar os actuais sistemas alimentarios e tornalos sostibles, resilientes, sans e respectuosos coas persoas, os animais e o planeta. Porén, tamén deben ser xustos e inclusivos, isto é, deben garantir a igualdade de xénero, condicións de traballo seguras e dignas, salarios xustos e equitativos, a non utilización de man de obra infantil e a protección do medio ambiente.

Entre as medidas que cómpre tomar, existen alternativas innovadoras e sostibles á alimentación convencional como o consumo de insectos (tamén coñecido como entomofaxia), algas, nopal (tamén coñecido comunmente como chumbeira, tuna, figueira chumba ou figueira da india), diversos métodos para a produción de alternativas á carne e peixe, ou os alimentos transxénicos, que son alimentos modificados xeneticamente que poden dar resposta a situacións específicas, como a loita contra pragas ou a mellora da composición nutricional.

Alén destas novas alternativas, nos últimos anos, e especialmente desde a erupción da crise provocada pola COVID-19, as tendencias en alimentación camiñan cara a unha alimentación personalizada, coñecida como *nutrición de precisión*, que pretende proporcionar as mellores recomendacións dietéticas en función das características xenómicas da persoa para mellorar a prevención e o tratamento das doenzas. Algúns exemplos disto son a alimentación en función da idade, a alimentación libre de alérxenos, os alimentos funcionais que preveñen patoloxías ou os alimentos a demanda (co-deseño e impresión 3D).

Por último, o desenvolvemento dunha industria alimentaria saudable, segura, sostible, xusta e inclusiva presenta grandes desafíos, como facer fronte á mudanza climática ou ao esgotamento dos recursos naturais que afectan de maneira directa á produción futura de alimentos e que dependerá en gran medida do ben que se conserven

e utilicen estes recursos. Neste sentido, tanto as tecnoloxías dixitais como o deseño de mellores políticas públicas poderían axudar a facer fronte a algúns dos desafíos actuais do sistema alimentario. Por unha banda, a dixitalización (a través da análise de datos, os dispositivos móbiles, os equipos de precisión, as imaxes de satélites de alta resolución e a intelixencia artificial, entre outros) podería contribuír a aumentar a produtividade, a capacidade de resiliencia e a sostibilidade dos sectores agrícola e pesqueiro.

Por outra banda, un axuste das medidas políticas por parte dos gobernos (co obxectivo de orientalas aos desafíos e ás oportunidades emerxentes) promoverá o investimento en I+D+i, sostibilidade, infraestruturas (tanto físicas como dixitais) e sistemas de xestión de riscos.

Capítulo 2

Diagnóstico actual do sistema alimentario

Os sistemas alimentarios engloban un conxunto de elementos e actividades interrelacionadas que posibilitan a produción, procesamento, distribución, consumo e xestión de residuos dos alimentos. A Figura 1 mostra as diferentes actividades e actores involucrados nos sistemas alimentarios. O termo «sistema alimentario» é coñecido globalmente, mais habitualmente descoñécese a amplitude do concepto, de aí a súa complexidade.

O actual sistema alimentario engloba unha serie de problemas que teñen tipicamente impactos no sector sanitario, social, económico, cultural e ambiental.

No ámbito sanitario, salientan as doenzas e problemas de saúde derivados dunha alimentación inadecuada. Entre eles, a má nutrición en todas as súas formas é o máis preocupante. A má nutrición engloba a desnutrición (que inclúe a emaciación ou peso insuficiente respecto do tamaño, a insuficiencia ponderal ou peso insuficiente para a idade e o atraso do crecemento ou tamaño insuficiente para a idade) e a má nutrición relacionada cos micronutrientes (vitaminas e minerais), que inclúe as carencias e excesos de micronutrientes, o sobrepeso, a obesidade e as doenzas non transmisibles relacionadas coa alimentación, entre as que se achán as enfermidades cardiovasculares, a diabetes e algúns cancros (OMS, 2021). Os grupos máis vulnerables a calquera clase de má nutrición son xeralmente mulleres e nenos (OHCHR e FAO, 2010).

Os problemas da má nutrición teñen un alto impacto económico, por exemplo por causa dos gastos en saúde que se orixinan ao tratar problemas de obesidade, sobrepeso e doenzas derivadas. Tamén inflúe

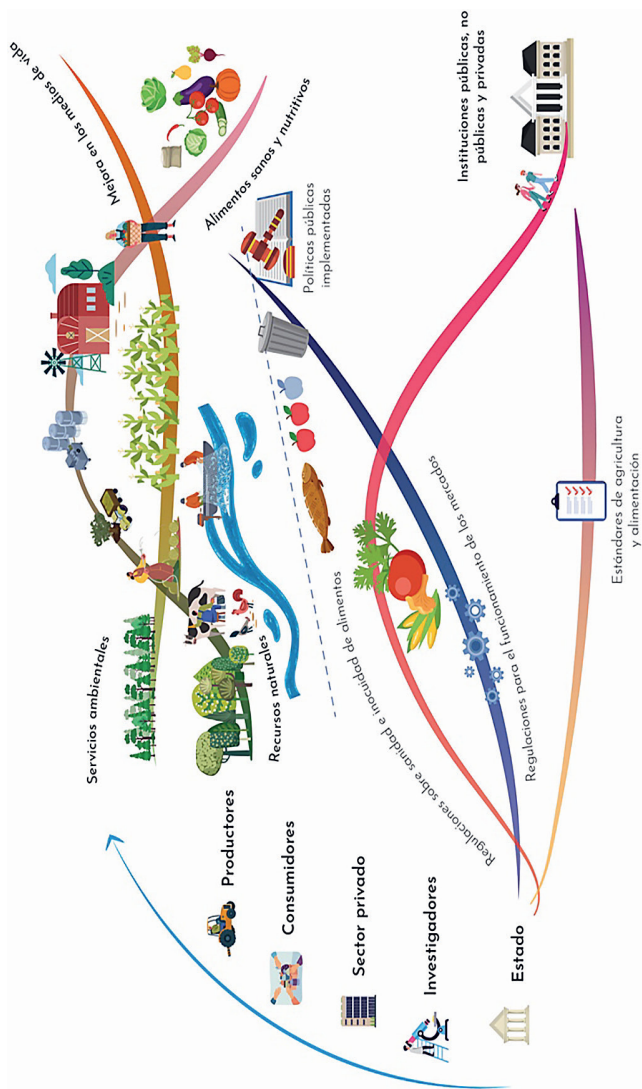


Figura 1. Sistema alimentario.

na capacidade das persoas para se concentraren: durante a infancia afecta á aprendizaxe na escola e durante a idade adulta repercute no traballo. No plano político e social, a estigmatización destas situacións fai moitas veces que as persoas que sofren estes problemas se illen, o que causa impactos negativos de carácter psicolóxico e emocional (perda de autoestima, impotencia, vergoña, etc.) (Moragues-Faus *et al.*, 2022).

A distribución desigual dos alimentos é unha das principais causas de má nutrición no mundo. De acordo co Observatorio do Dereito á Alimentación en España (ODA-E, 2016), por cada dúas persoas con sobrepeso no mundo hai unha mal nutrida, e rexístranse dez veces máis falecementos por desnutrición que por sobrepeso. A distribución desigual dos recursos tamén fai referencia, por unha banda, á utilización inapropiada da solo e, por outra, ao desperdicio alimentario. A Organización das Nacións Unidas para a Alimentación e a Agricultura (FAO) estimou no seu estudo «Perdas e desperdicio de alimentos no mundo – alcance, causas e prevención» que ao redor de 1/3 da produción de alimentos do mundo destinada ao consumo humano se perde ou desperdicia. Isto equivale a uns 1.300 millóns de toneladas de alimentos cada ano (FAO, 2012).



Figura 2. Obxectivos de Desenvolvemento Sostible da Agenda 2030 (ONU, s. f.).

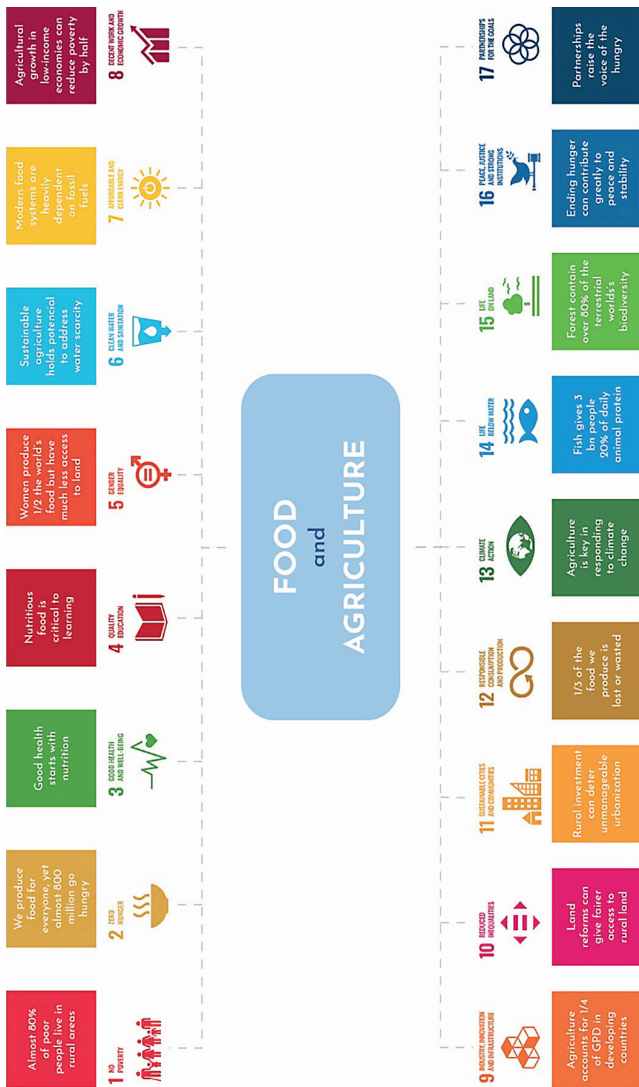


Figura 3. A alimentación e a agricultura na Axenda 2030.

A inseguranza alimentaria é a falta de acceso a alimentos inocuos e nutritivos para levar unha vida saudable e activa. A súa orixe pode ser a falta de dispoñibilidade de alimentos e/ou de recursos para os obter.

A Figura 2 mostra os Obxectivos de Desenvolvemento Sostible (ODS) expostos pola Organización das Nacións Unidas (ONU) na Axenda 2030.

Estes obxectivos están relacionados, de xeito directo ou indirecto, cos sistemas alimentarios (ver Figura 3). Por exemplo, para poder asegurar o ODS 3: Saúde e benestar, é preciso garantir a dispoñibilidade de auga limpa e saneamento (ODS 6) e modalidades de consumo e produción sostibles (ODS 12), que á súa vez están relacionados integramente coa adopción de medidas para combater a mudanza climática (ODS 13), a conservación da vida submarina (ODS 14) e dos ecosistemas terrestres (ODS 15). Para conseguilo, débese garantir o acceso a unha enerxía accesible e non contaminante (ODS 7), construíndo deste xeito cidades e comunidades sostibles (ODS 11), o que non sería posible sen unha industria sostible, innovación e estruturas resilientes (ODS 9).

Con relación ao ODS 2: Fame cero, tamén se relaciona de maneira directa, á parte de cos ODS mencionados anteriormente, co ODS 1: Fin da pobreza. Para poder alcanzar este último é necesario lograr a igualdade de xénero (ODS 5), reducir as desigualdades nos países e entre eles (ODS 10), paz, xustiza e institucións sólidas (ODS 16), asegurando o acceso a unha educación de calidade (ODS 4), traballo decente e crecemento económico (ODS 8). Os ODS unicamente se poden alcanzar con asociacións mundiais sólidas e cooperación (ODS 17).

Dentro do ODS 2, unha das metas é acabar coa fame no mundo (meta 2.1 dos ODS, Figura 4).

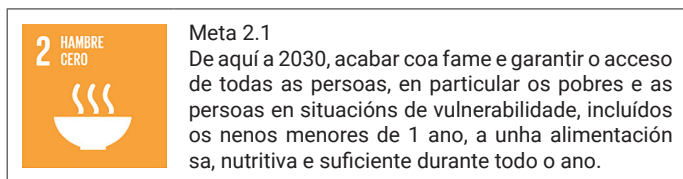


Figura 4. Meta 2.1 dos ODS (ONU, s. f.).

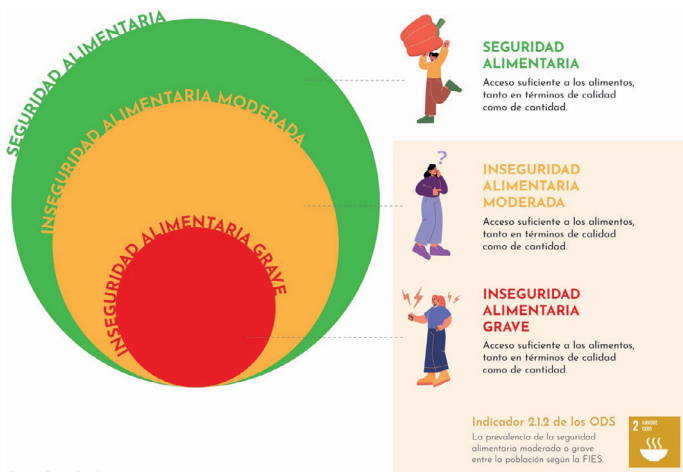


Figura 5. Niveis de gravidade de inseguranza alimentaria e indicador 2.1.2 dos ODS.

O indicador 2.1.2 do ODS 2: prevalencia de inseguranza alimentaria moderada ou grave na poboación, baseado na Escala de Experiencia de Inseguranza Alimentaria (FIES, *Food Insecurity Severity Experience*), foi escollido pola FAO para medir o progreso alcanzado para asegurar o acceso aos alimentos de todas as persoas.

A Figura 5 explica e ilustra os conceptos de seguranza alimentaria, inseguranza alimentaria moderada e inseguranza alimentaria grave. Cada un destes niveis represéntase como proporción do total da poboación. O indicador 2.1.2, tal e como aparece na Figura 5, mide a proporción da poboación que sofre inseguranza alimentaria moderada e grave.

A distribución e a concentración da inseguranza alimentaria por niveis de gravidade difire significativamente entre diferentes rexións do mundo (ver Figura 6). En 2020, un total de 2.368 millóns de persoas sufriron inseguranza alimentaria moderada ou grave. Delas, a metade (1.199 millóns de persoas) concéntrase en Asia; en África concéntrase un terzo (799 millóns); en América Latina e o Caribe, 11% (267

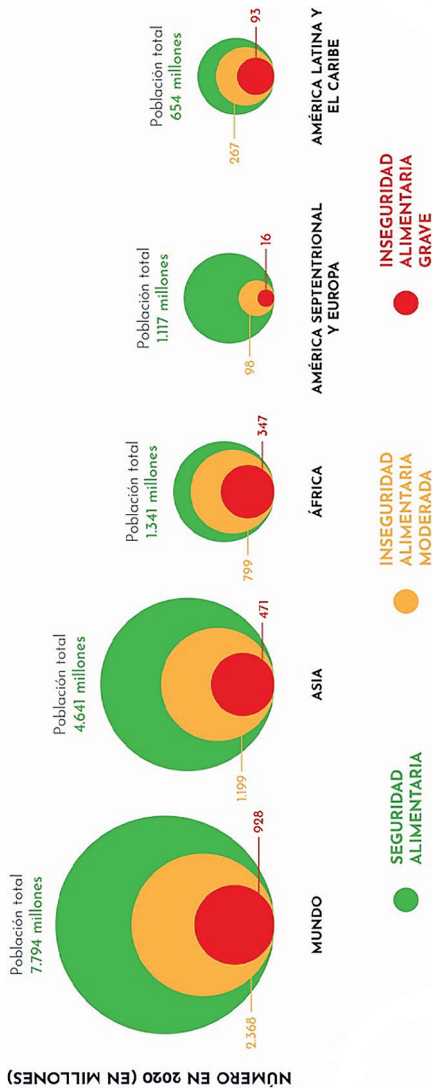


Figura 6. Concentración e distribución da insegurança alimentaria por gravidade en diferentes rexións do mundo.

millóns) e, en América Setentrional e Europa, 4% (98 millóns). Da figura tamén se desprende que África é a rexión con maior prevalencia de inseguranza alimentaria (FAO *et al.*, 2021).

A prevalencia da inseguranza alimentaria a nivel mundial é lixeiramente máis elevada entre as mulleres que entre os homes (FAO *et al.*, 2021). As mulleres sofren maior discriminación, o que limita o seu acceso a alimentos seguros e saudables. Por outra banda, están as necesidades concretas da dieta, por exemplo, maior necesidade de micronutrientes como o ferro. Entre as metas mundiais aprobadas pola Asemblea Mundial da Saúde para a nutrición está a de reducir nun 50% as taxas de anemia en mulleres en idade reprodutiva para o 2025 e a súa ampliación até 2030 (WHO e UNICEF, 2021).

Doutra banda, a alimentación ten importantes impactos medioambientais que afectan, entre outros, á mudanza climática, á perda de biodiversidade e ao consumo de auga.

O aumento acelerado da poboación mundial implica unha maior demanda de alimentos, cos seus impactos derivados.

Segundo datos da ONU no seu informe «Estado da Poboación Mundial 2011» (UNFPA, 2012), o 31 de outubro dese mesmo ano a poboación alcanzou os 7.000 millóns. En 2019 estimouse que había 7.700 millóns de persoas en todo o mundo e a proxección indica que a poboación mundial podería crecer até uns 8.500 millóns en 2030, 9.700 millóns en 2050 e 10.900 millóns en 2100 (UN, 2019).

Para poder facer fronte á crecente demanda de alimentos e así poder erradicar a fame no mundo (ODS 2), sería preciso aumentar a produción e a superficie cultivada. A FAO estimou que a superficie de solo destinado a agricultura a nivel mundial é de aproximadamente 5.000 Mha (o que representa 38% da superficie mundial de terra), das cales se destina ao redor de 1/3 a cultivos e os 2/3 restantes a pradarias e pasteiros para pastoreo (FAO, 2020).

No entanto, a competencia polo uso do solo ligado á expansión de bosques e pasteiros podería limitar a superficie dispoñible dedicada a cultivos alimentarios. Da mesma maneira, parte destes cultivos son empregados para alimentar o gando e como materia prima nos biocombustibles de primeira xeración, o que xera problemas éticos,

políticos e ambientais pola súa competencia coas industrias alimentarias (Cherubini, 2010).

Na década dos anos 60 tivo lugar a coñecida «Revolución Verde», que transformou a agricultura e incrementou significativamente a produtividade agrícola. O emprego de prácticas agrícolas melloradas (por exemplo, a mecanización), técnicas de rega innovadoras, o maior uso de fertilizantes e agroquímicos e a introdución de novas variedades de cultivos foron os factores esenciais para o seu éxito. Desde entón, a produción mundial de alimentos aumentou de xeito considerable. Por exemplo, tal e como se mostra na Figura 7, en 2019 a produción mundial de cultivos primarios foi de 9.400 millóns de toneladas, 53% máis que no 2000, de tal xeito que catro producións (cana de azucre, millo, trigo e arroz) representaron aproximadamente a metade da produción mundial de cultivos primarios. Por outra banda, a produción de aceites vexetais aumentou máis do dobre no período 2000-2019 (FAO, 2021b).

Estes avances, con todo, teñen importantes impactos ambientais. A sobreexplotación dos recursos naturais é a principal causa da degradación dos solos, a deforestación e a perda de biodiversidade.

A agricultura intensiva provoca a erosión e perda de fertilidade dos solos e, segundo algunhas estimacións, causa 80% da deforestación no mundo (Kissinger *et al.*, 2012). Así mesmo, o uso excesivo de pesticidas, cuxa utilización aumentou 36% no período 2000-2019 e se mantivo estable desde 2012, e fertilizantes inorgánicos, que supoñen

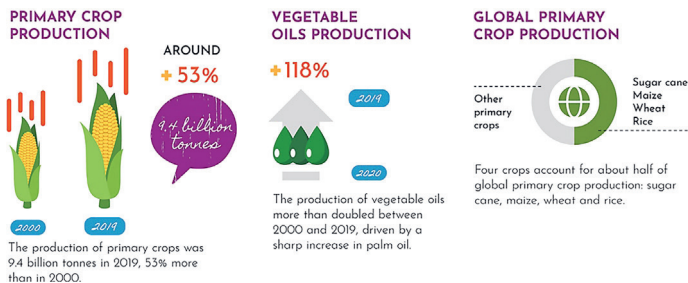
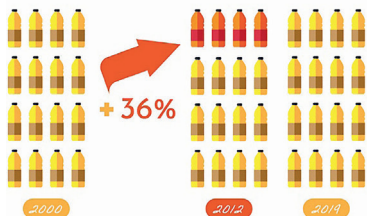


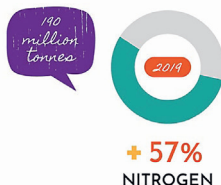
Figura 7. Incremento da produción mundial de cultivos primarios e de aceites vexetais no período 2000-2019.

PESTICIDE USE



Pesticide use went up 36% between 2000 and 2019, but has plateaued since 2012.

FERTILIZER USE



Agricultural use of inorganic fertilizers in 2019 was about 190 million tonnes of nutrients, of which 57% was nitrogen.

Figura 8. Uso de pesticidas e fertilizantes inorgánicos en 2019.

ao redor de 190 millóns de toneladas de nutrientes (FAO, 2021b), contribúe á contaminación do solo, da auga (incluída a eutrofización) e da atmosfera. A Figura 8 reflicte o uso mundial de pesticidas e fertilizantes inorgánicos expresado como a suma dos tres nutrientes: nitróxeno (N), fósforo (expresado como P_2O_5) e potasio (expresado K_2O) (FAO, 2021b). Estímase que as actividades agrarias poderían ser as causantes de 80% da perda de biodiversidade (FAO, 2019).

A agricultura ten tamén un papel importante no consumo de auga, pois é o sector que máis recursos hídricos consome. Estímase que a agricultura xera o 70% de todos os usos da auga (FAO, 2017c).

No que respecta á gandaría cabe destacar que, do mesmo xeito que na agricultura, existen dous tipos de prácticas: extensiva e intensiva. A gandaría extensiva é un sector estratéxico e beneficioso a todos os niveis, mentres que a gandaría intensiva ten grandes impactos. Entre os máis importantes destacan a resistencia a antimicrobianos, favorecida polo uso abusivo e sistémico de antibióticos a animais sans para estimular o crecemento e previr doenzas (OMS, 2017), e o maior risco de zoonose (enfermidades transmitidas de animais a humanos), fomentada principalmente pola contaminación e sobreexplotación dos recursos naturais e o amoreamento dos animais (Peiteado *et al.*, 2022).

Cómpre indicar que en 2019 se produciron 337 millóns de toneladas de carne (44% máis que no ano 2000), e a carne de polo foi a que

MEAT PRODUCTION



337 million tonnes of meat were produced in 2019, 44% more than 2000, with chicken meat representing more than half the increase.

MEAT PRODUCTION BREAKDOWN



Chicken meat was the most produced type of meat in 2019.

Figura 9. Incremento da produción mundial de carne e desagregación por tipo de carne no período 2000-2019.

rexistrou o maior aumento (Figura 9). Por tipo de carne, a carne de polo foi a máis producida en 2019, seguida da carne de porco e da carne de vaca (FAO, 2021b).

Outros problemas non menos importantes derivados da gandaría intensiva son o despoboamento das zonas rurais, o elevado consumo de auga necesaria para producir un quilogramo de carne e as emisións de gases de efecto invernadoiro (GEI) asociadas. Ademais, o consumo elevado de carne favorece os problemas de saúde derivados dunha ingestión excesiva de proteína animal.

A sobreexplotación pesqueira é un dos problemas máis críticos aos que se enfrontan hoxe en día os océanos. Outro problema importante é a contaminación da auga, que afecta tamén a mares, ríos, lagos, etc. O ODS 14 da Axenda 2030 (ver Figura 2) ten como obxectivo conservar e utilizar de forma sostible os océanos, os mares e os recursos mariños.

As emisións de GEI derivadas do sistema alimentario son un problema que non se pode ignorar, xa que no 2015 representaron 34% do total de emisións antropoxénicas de GEI (Crippa *et al.* 2021). O mesmo informe sinala que as actividades agrícolas e as alteracións de uso do solo contribuíron para o 71% destas emisións, mentres que o resto procederon de actividades asociadas coa cadea de subministración: transporte, produción de combustibles, distribución comercial polo miúdo, consumo, procesos industriais, embalaxe e xestión de residuos.

Un estudo realizado por Xu *et al.* (2021) estima que 57% das emisións de GEI da produción de alimentos corresponden á produción de alimentos de orixe animal, 29% a alimentos de orixe vexetal e o resto a outros usos, como o algodón e o caucho.

Estes son algúns dos múltiples impactos derivados do actual sistema alimentario, que foron acentuados pola crise sanitaria ocasionada pola COVID-19 e a guerra na Ucraína.

A Figura 10 resume as sinerxías (en verde) e os conflitos (en vermello) máis destacados no sector agrícola.

Moitos países e organismos (como a Unión Europea, UE) declararon o «estado de emerxencia climática» co obxectivo de exercer presión política aos gobernos e reclamaren a adopción urxente de medidas para frear a crise ambiental existente.

Ante esta situación xurdiron movementos, como o Pacto de Milán, que promoven o desenvolvemento de sistemas alimentarios sostibles, o consumo responsable e a conservación da biodiversidade. Paralelamente, a Comisión Europea aprobou en 2020 a Estratexia «Da granxa á mesa» (*Farm to Fork Strategy*, tamén chamada «Do prado ao prato») para facer fronte a estes retos. Esta estratexia é unha das iniciativas principais no marco do Pacto Verde Europeo (*European Green Deal*), un conxunto de propostas adoptadas pola Comisión Europea en 2019 para conseguir a neutralidade climática da UE en 2050 (European Commission, 2019).

A través da Estratexia «Da granxa á mesa», a UE persegue desenvolver un sistema alimentario xusto, saudable e sostible transformando a forma de producir e consumir alimentos en Europa, co obxectivo de (European Commission, 2020):

- Reducir a pegada ambiental dos sistemas alimentarios.
- Crear un sistema alimentario resiliente que garanta a seguranza alimentaria fronte á mudanza climática e a perda da biodiversidade.
- Liderar a transición global cara a sistemas alimentarios sostibles e competitivos.
- Crear novas oportunidades, tanto para os cidadáns como para os operadores alimentarios.

SINERGIAS (EN VERDE) Y CONFLICTOS (EN ROJO) DESTACADOS EN EL SECTOR AGRÍCOLA

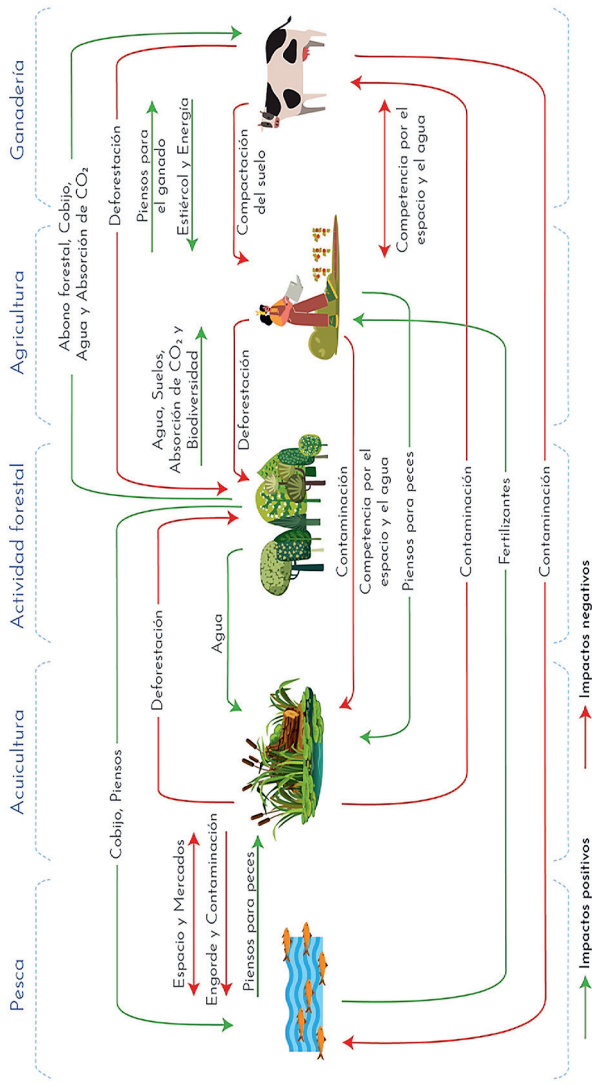


Figura 10. Sinergias e conflictos no sector agrícola.

Esta estratexia é un compoñente fundamental da axenda da Comisión para alcanzar os ODS das Nacións Unidas.

A Figura 11 recolle os principais obxectivos desta estratexia.

Existen distintas políticas e estratexias, tanto no nivel internacional como no europeo, orientadas a afrontar estes retos e que están estreitamente relacionadas coa Estratexia «Da granxa á mesa», entre elas:

- As políticas de descarbonización (como o Acordo de París, o Pacto Verde Europeo ou a Lei Europea do Clima),
- A Política Agraria Común (PAC),
- A Política Pesqueira Común (PPC),
- A Estratexia da UE sobre a Biodiversidade de aquí a 2030,
- O novo Plan de acción para a economía circular, da UE.

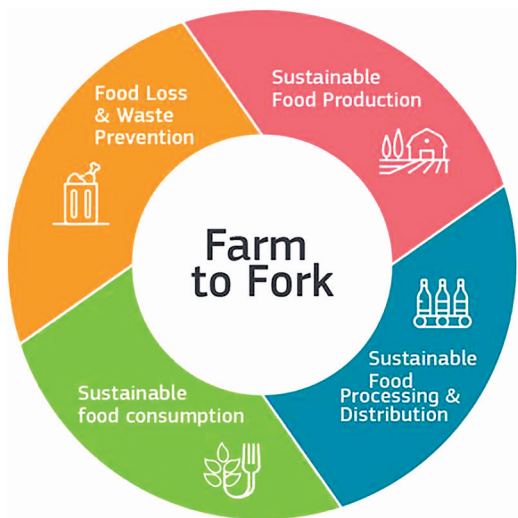


Figura 11. Obxectivos da Estratexia «Da granxa á mesa» (European Commission, s. f.)

Capítulo 3

Necesidade dunha transición alimentaria: importancia dunha alimentación variada e da equidade alimentaria

Unha alimentación saudable é fundamental para a saúde, o benestar e o desenvolvemento físico e intelectual das persoas. Para podermos falar de alimentación saudable, esta debe ser segura, completa, variada, equilibrada, suficiente e axeitada, isto é, satisfacer os gustos e preferencias culturais de cada persoa.

Un dos grandes retos que afrontan os sistemas alimentarios é o de garantiren o acceso a unha alimentación axeitada e suficiente para todas as persoas.

A crise mundial da má nutrición abrangue a fame e a desnutrición en todas as súas formas, así como o sobrepeso, a obesidade e as doenzas non transmisibles relacionadas coa alimentación. Mentres que unha parte do mundo está subalimentada e non ten acceso a alimentos, en particular naquelas poboacións máis vulnerables, outra parte come en exceso e sofre problemas de sobrepeso e obesidade. Ambas as formas de má nutrición (subalimentación e obesidade) coexisten en moitos países, e mesmo poden acharse xuntos nun mesmo fogar. Por exemplo, cada vez é máis común atopar fogares con nenos desnutridos e pais con sobrepeso ou obesidade. Algunhas das causas que poden explicar esta situación poden ser as dificultades de acceso a alimentos nutritivos (por exemplo, polo seu maior custo) ou a tensión continua de vivir nunha situación de inseguranza alimentaria. A Declaración de Roma sobre a Nutrición ratifica o dereito de todas as persoas a teren acceso a alimentos inocuos, nutritivos e

suficientes e comprométese a erradicar a fame no mundo, así como a previr todas as formas de má nutrición (FAO e OMS, 2014).

Os actuais sistemas de produción de alimentos teñen que facer fronte a grandes desafíos como a fame e a desnutrición, o desperdicio de alimentos, a sobreexplotación de recursos naturais, a mudanza climática e os seus correspondentes efectos adversos asociados, que inclúen os problemas de polinización e a perda da biodiversidade, os fenómenos meteorolóxicos extremos como as secas e inundacións, a suba do nivel do mar, a acidificación dos océanos, as pragas, as pandemias, etc. Estes efectos son na súa inmensa maioría consecuencia da crecente demanda de alimentos dunha poboación en continuo crecemento.

Ante este panorama, a humanidade enfróntase á necesidade urxente de tomar medidas para transformar os actuais sistemas alimentarios e facelos sostibles, resilientes, sans e respectuosos coas persoas, os animais e o planeta. Porén, tamén cómpre que sexan xustos e inclusivos, isto é, que garantan a igualdade de xénero, condicións de traballo seguras e dignas, salarios xustos e equitativos, a non utilización de man de obra infantil e a protección do medio ambiente. Só desta maneira será posible garantirmos a seguranza alimentaria mundial nun planeta con recursos limitados e proporcionar oportunidades económicas e sociais a todas as persoas que traballan na cadea alimentaria. Alén disto, desta maneira conseguiranse sistemas alimentarios máis fortes e resilientes que poidan facer fronte a posibles crises futuras, como a causada pola COVID-19, e desastres naturais extremos, como inundacións, secas, etc. Isto só será posible coa colaboración e participación do goberno e dos organismos non gobernamentais.

A Figura 12 resume o cadro dun sistema alimentario sostible. Inclúense as relacións do sistema alimentario cos seus impulsores ambientais e socioeconómicos, os resultados e obxectivos que se queren alcanzar.

Lembremos que os sistemas alimentarios están formados por todos os recursos e actividades relacionadas coa produción, elaboración, distribución, preparación e consumo de alimentos, así como polos impactos destas actividades na saúde, a equidade social, o crecemento socioeconómico e a sostibilidade ambiental.

De acordo co concepto de «desenvolvemento sostible» definido como «aquele desenvolvemento que satisfai as necesidades da xeración

Food systems framework

Van Berkum et al. 2018, Wageningen University & Research

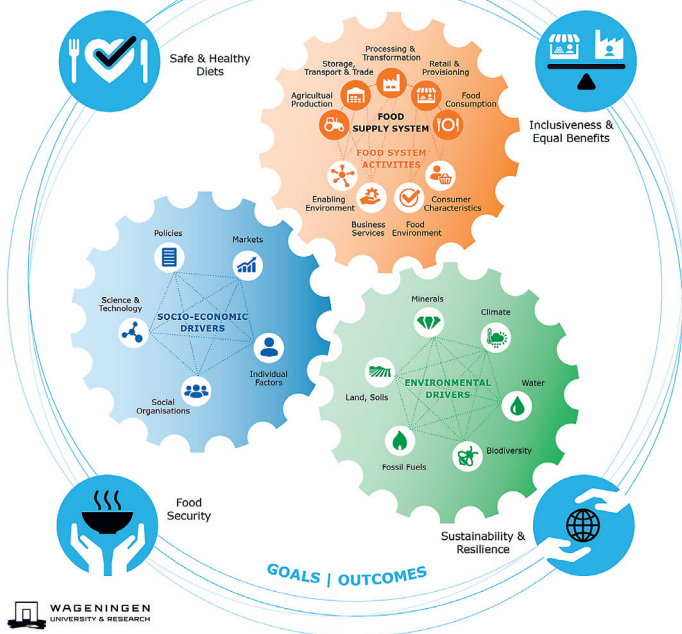


Figura 12. Cadro dun sistema alimentario sostible (van Berkum et al., 2018).

presente sen comprometer a capacidade das xeracións futuras para satisfaceren as súas propias necesidades» no Informe Brundtland (WCED, 1987), un «sistema alimentario sostible» é aquel que garante a seguraza alimentaria e a nutrición para todas as persoas de xeito que non se poñan en risco as bases económicas, sociais e ambientais que permiten proporcionar seguraza alimentaria e nutrición ás futuras xeracións (HLPE, 2014).

No seu informe «Alimentos Planeta Saúde: Dietas saudables a partir de sistemas alimentarios sostibles», a Comisión EAT-Lancet (2019) establece uns obxectivos científicos aplicables ás persoas e ao

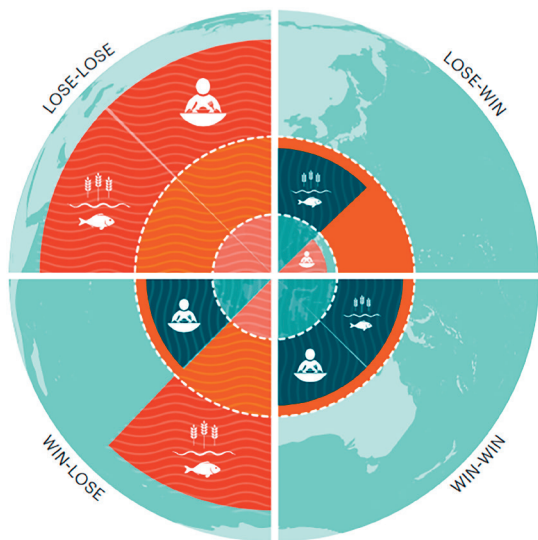


Figura 13. Posibles hipóteses de padróns dietéticos en función dos obxectivos científicos para os sistemas alimentarios (Comisión EAT-Lancet, 2019).

planeta. Estes obxectivos céntranse (a) nas dietas saudables e (b) na produción sostible de alimentos, xa que ambos impactan de maneira significativa na saúde humana e na sostibilidade ambiental.

A partir destes obxectivos científicos, definidos tanto para as dietas saudables (posibles rangos de inxestión de grupos de alimentos) como para a produción sostible de alimentos (variables de control: emisións de GEI, uso do solo de cultivo, utilización da auga, aplicación do nitróxeno, aplicación do fósforo e índice de extinción de especies), a Comisión definiu o espazo operativo seguro para os sistemas alimentarios e os seus límites coa finalidade de identificar as chamadas «dietas de saúde planetaria», dietas que sexan saudables e medioambientalmente sostibles (Comisión EAT-Lancet, 2019).

A Figura 13 mostra catro posibles escenarios de padróns dietéticos. A coroa circular laranxa representa o espazo operativo seguro para os sistemas alimentarios. Operar fóra dos límites deste espazo (por

exemplo, unha inxestión insuficiente de verduras na dieta ou un uso excesivo de auga doce na produción de alimentos) aumenta a probabilidade de danar a saúde planetaria. De acordo coa Figura 13, os padróns dietéticos poden ser (a) saudables e insostibles (*win-lose*), (b) insalubres e insostibles (*lose-lose*), (c) insalubres e sostibles (*lose-win*) ou (d) saudables e sostibles (*win-win*).

A Figura 14 mostra un exemplo dunha dieta de saúde planetaria. Tal e como se observa na imaxe, unha metade do prato debería consistir en froitas e verduras, mentres que a outra metade, mostrada en función da súa contribución en calorías, debería constar principalmente de grans enteiros, proteínas de orixe vexetal e aceites vexetais insaturados, limitando a inxestión de proteínas de orixe animal, produtos lácteos, vexetais amidonados e azucres engadidos.

Paralelamente, o concepto *One Health* («Unha Soa Saúde») gañou importancia nos últimos anos e está baseado na necesidade de conseguir unha saúde óptima e conxunta para as persoas, os animais

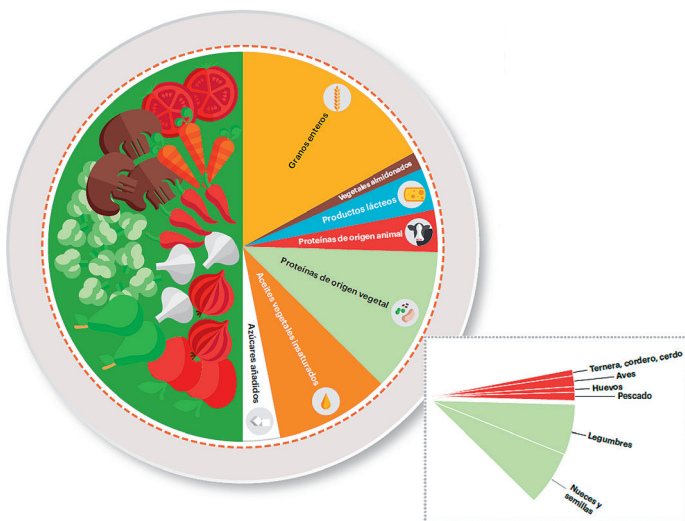


Figura 14. Exemplo dunha dieta de saúde planetaria (Comisión EAT-Lancet, 2019).



Figura 15. One Health (ISGlobal, 2021).

e o medio ambiente. A Organización Mundial da Saúde, OMS (WHO, 2017) define *One Health* como o enfoque concibido para deseñar e implementar políticas, programas, leis e investigacións en que múltiples sectores colaboran para obteren mellores resultados no ámbito da saúde pública. A Figura 15 mostra os vínculos entre a saúde das persoas, os animais e os ecosistemas baixo o concepto dunha soa saúde.

Capítulo 4

Alternativas innovadoras sostibles á alimentación convencional

Os seres humanos somos omnívoros, é dicir, comemos alimentos tanto de orixe animal como vexetal. Tal como indica Harris (1989), «comemos e dixerimos toda clase de cousas, desde secrecións rancias de glándulas mamarias a fungos ou rochas (ou, se preferimos os eufemismos, queixo, cogomelos e sal)» (p. 11). Porén, ao contrario doutros omnívoros, os seres humanos non comemos de todo. Hai produtos que, desde un punto de vista biolóxico, non son comestibles ou axeitados, por exemplo a herba, as follas das árbores ou a madeira, xa que o intestino humano non é capaz de dixerir grandes cantidades de celulosa.

Por outra banda, se consideramos a gama de posibles alimentos existentes no mundo que son bioloxicamente comestibles para os humanos, o inventario dietético é bastante reducido e «arbitrario». Unha proba disto é a diversidade de hábitos alimentarios e gustos culinarios das sociedades e culturas. Algúns alimentos son moi apetecibles para certas sociedades, mentres que outras os exclúen directamente.

Por tanto, que cousas deberían ser consideradas convencionais en alimentación e que cousas non? Non hai unha resposta única e correcta a esta pregunta, polo que é moi difícil definir convencional e non convencional en alimentación.

Aínda así, existen opcións innovadoras e sostibles que si que se poderían incluír dentro da categoría considerada como «alimentos non convencionais» e que se prevé que sexan predominantes na alimentación do futuro. Algunhas destas opcións áchanse aínda en vías de investigación e desenvolvemento.

A Figura 16 recolle posibles alternativas innovadoras á carne que poderían contribuír a satisfacer a crecente demanda de alimentos, as súas principais tecnoloxías e as características principais. Estas alternativas deben cumprir cos requisitos de sostibilidade, seguranza, aceptabilidade e accesibilidade (Zhang *et al.*, 2022).

Dentro destas alternativas destacan as seguintes:

4.1. Insectos

O consumo de insectos como alimentos, tamén coñecido como entomofaxia, é común en moitos países do mundo, especialmente nas rexións de África, Asia e América Latina. De acordo coa FAO (2013) o uso de insectos como alimentos e para a elaboración de pensos presenta numerosos beneficios para o medio ambiente, a saúde e para os medios social e de vida, entre eles (ver Figura 17):

(a) Vantaxes ambientais.

- Os insectos posúen unha alta eficiencia de conversión alimenticia (cantidade de alimento necesario por 1 kg de animal producido).
- O cultivo de insectos require menos auga que a gandaría convencional.
- A cría de insectos é moi eficiente no uso do solo se se compara coa actividade gandeira tradicional.
- A emisión de GEI é moi inferior á do gando tradicional.
- Os insectos pódense alimentar de residuos alimentarios ou agrícolas e transformalos en proteínas de alta calidade.

(b) Beneficios para a saúde.

- Os insectos comestibles son ricos en proteínas, fibra dietética e ácidos graxos beneficiosos. Son tamén unha boa fonte de vitaminas e micronutrientes, como o ferro, cobre, magnesio, manganeso, fósforo, selenio e zinc (Rumpold e Schlüter, 2013).
- O risco de transmisión de enfermidades zoonóticas é baixo, o que repercute positivamente na saúde pública. Con todo, poden

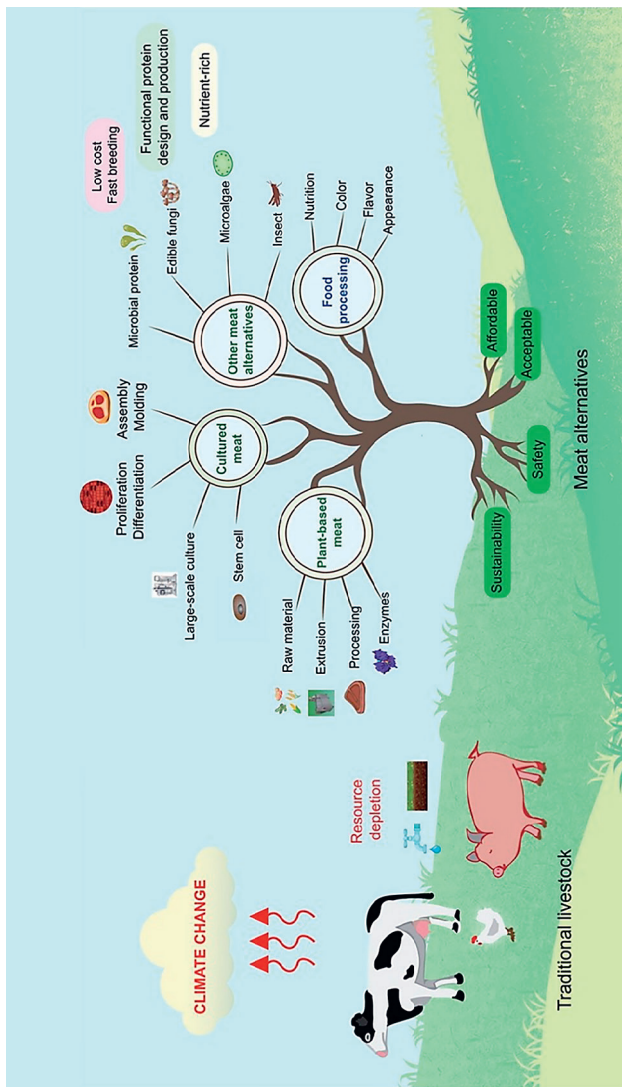


Figura 16. Estrategias de producción de alternativas á carne, as súas principais tecnoloxías e características (Zhang et al., 2022)..

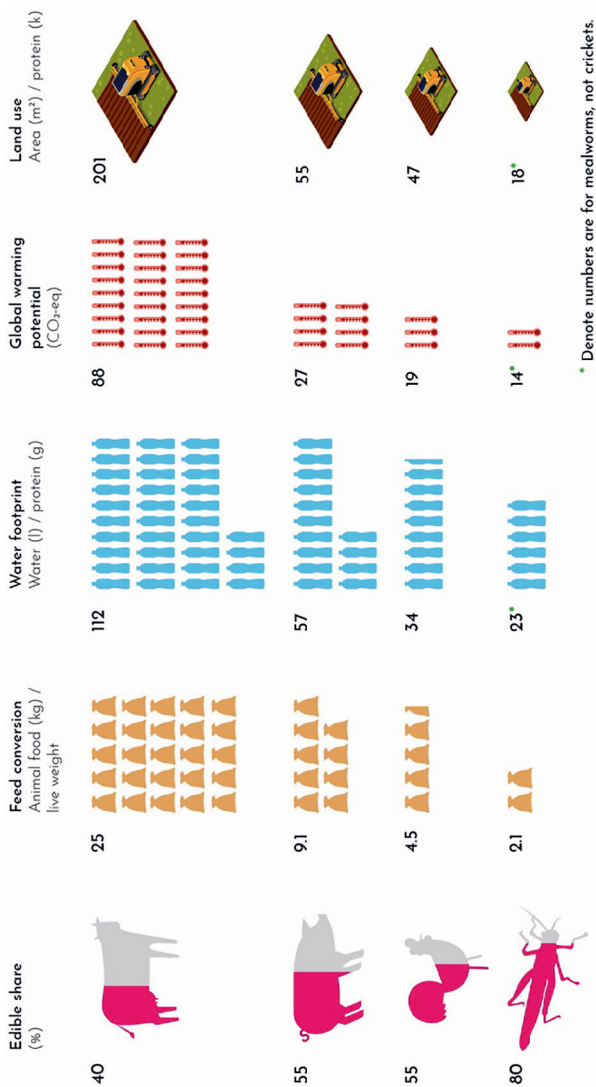


Figura 17. Comparación da conversión alimenticia, pegada hídrica, potencial de quecemento global e terra necesaria para producir 1 kg de animal vivo, así como porcentaxe comestible de cada animal.

producir reaccións alérxicas comparables ás provocadas polos crustáceos.

- Os insectos posúen propiedades medicinais, son beneficiosos para o sistema respiratorio, circulatorio, nervioso, óseo e dixestivo polo seu alto contido en fibra, e tamén teñen atributos antimicrobianos (Espinoza, 2019).

(c) Beneficios para o medio social e o medio de vida.

- A cría e a recolección de insectos non require medios técnicos nin investimentos importantes e pode xerar novas oportunidades de negocio.
- Trátase dun alimento fácil de procesar e moi versátil: algúns insectos pódense consumir enteiros ou converter en pasta ou fariña, e até se poden extraer as súas proteínas.

A entomofaxia preséntase como unha solución con potencial para axudar a satisfacer a crecente demanda de alimentos a nivel mundial. Os insectos representan unha fonte alternativa de proteínas, o que resulta especialmente interesante para os países en vías de desenvolvemento.

Na Táboa 1 recóllense, por orde descendente, as especies de insectos comestibles máis consumidas no mundo, así como a súa composición nutricional en base seca: proteínas (%), graxa (%), fibra (%), extracto libre de nitróxeno (%) e cinzas (%).

En xuño de 2021 a UE autorizou por primeira vez o consumo dun insecto como alimento (Regulamento (UE) 2021/882). O verme da fariña, tamén coñecido como larva de *Tenebrio molitor*, propónse como un novo alimento que pode ser consumido enteiro e seco como *snack* ou como ingrediente en po para elaborar outros alimentos, como barras enerxéticas, pasta e galletas (EFSA NDA Panel, 2021c). En febreiro de 2022, a UE aprobou a comercialización das formas conxelada, desecada e en po deste insecto (Regulamento (UE) 2022/169) após a avaliación positiva da Autoridade Europea de Seguranza Alimentaria ou EFSA (EFSA NDA Panel, 2021a).

O segundo insecto en ser aprobado pola EFSA é a lagosta migratoria (*Locusta migratoria*) (EFSA NDA Panel, 2021b). A UE autorizou, en novembro de 2021, o seu consumo como novo alimento nas formas

Táboa 1. Especies de insectos comestibles no mundo: consumo [%] e composición nutricional media [%] de cada unha das especies (en base seca) (Rumpold e Schlüter, 2013).

Espece	Nome común	Consumo [%]	Proteínas [%]	Graxa [%]	Fibra [%]	ELN* [%]	Cinzas [%]
Coleópteros	Escaravellos	31	40,69	33,40	10,74	13,20	5,07
Lepidópteros	Eirugas	18	45,38	27,66	6,60	18,76	4,51
Himenópteros	Abellas, vespas e formigas	14	46,47	25,09	5,71	20,25	3,51
Ortópteros	Saltóns, lagostas e grilos	13	61,32	13,41	9,55	12,98	3,85
Hemípteros	Cigarras, fulgoromorfos e cigarrifas, cochiniñas e chinches	10	48,33	30,26	12,40	6,08	5,03
Isópteros	Térmites	3	35,34	32,74	5,06	22,84	5,88
Odonatos	Libélulas	3	55,23	19,83	11,79	4,63	8,53
Dípteros	Moscas	2	49,48	22,75	13,56	6,01	10,31
Outras ordes	Outros	5	-	-	-	-	-

*ELN: Extracto Libre de Nitróxeno

conxelada, desecada e en po, en forma de *snack* e como ingrediente en varios produtos alimentarios (Regulamento (UE) 2021/1975).

O seguinte insecto en ser aprobado pola EFSA e autorizado pola UE en febreiro de 2022 é o grilo doméstico (*Acheta Domesticus*), que pode ser consumido de forma conxelada, seca e en po (Regulamento (UE) 2022/188; EFSA NDA Panel, 2022a).

En xullo de 2022, a EFSA publicou unha avaliación positiva das larvas de escaravello (larvas de *Alphitobius diaperinus*). Proponse o seu uso como insecto enteiro conxelado ou seco, como pasta ou en forma de po, agregado como ingrediente a varios produtos alimenticios como barras de cereal, pasta, sopas e produtos de panadaría (EFSA NDA Panel, 2022b). Espérase que a Comisión Europea autorice a súa comercialización en breve.

4.2. Algas

As algas son un recurso pouco explotado, con gran potencial para a produción de alimentos, aditivos alimentarios, pensos, nutracéuticos, produtos farmacéuticos, cosméticos e biocombustibles, entre outros (Vicent *et al.*, 2020).

De acordo co informe SOFIA (*The State of World Fisheries and Aquaculture*) da FAO (2022), as algas representan un grupo moi diverso de organismos fotosintetizadores, autótrofos e principalmente acuáticos, en que se inclúen as macroalgas multicelulares (como as algas mariñas), as microalgas unicelulares (por exemplo, *Chlorella* spp.) e as cianobacterias que, aínda que non son verdadeiras algas, son coñecidas de maneira informal como «algas verdeazuladas», por exemplo, *Spirulina* spp. As macroalgas diferéncianse das plantas vasculares pola ausencia de estruturas como talos, verdadeiras raíces, follas e flores.

As algas son unha fonte importante de alimentos en Asia. Con todo, en Europa, o uso de algas como alimento ou ingrediente alimentario está aínda pouco desenvolvido. As algas preséntanse como unha fonte importante e alternativa de proteínas que contribúe a alcanzar os obxectivos propostos na Estratexia «Da granxa á mesa», especificamente a transición cara a un sistema alimentario sostible e resiliente que garanta a seguranza alimentaria mundial.

A súa produción ademais contribúe a mellorar a saúde dos océanos. As algas absorben o exceso de nutrientes, como o nitróxeno e o fósforo, dos ecosistemas mariños, e por tanto combaten a eutrofización. O cultivo de algas tamén desempeña un papel importante na mitigación climática, a través do secuestro de carbono, e na adaptación climática, xa que as algas, ao disiparen a enerxía das ondas, axudan a previr a erosión costeira e tamén son un viveiro e escondedoiro para moitos animais, o que promove a biodiversidade mariña (Ortega *et al.*, 2019).

As macroalgas son especialmente ricas en vitaminas e minerais (particularmente potasio e iodo), e potencialmente boas fontes de proteínas, polisacáridos de cadea longa e fibras dietéticas (Leandro *et al.*, 2020). Aínda que hai unha ampla gama, a produción mundial céntrase nunha dúzia de especies aproximadamente (ver Táboa 2), incluídas o *kelp* xaponés (*Laminaria japonica*), o *wakame* (*Undaria pinnatifida*) e o *nori* (*Porphyra* spp.) (FAO, 2018b; FAO, 2022).

Táboa 2. Principais especies de macroalgas cultivadas no mundo

Algas pardas	Algas vermellas	Algas verdes
<i>Laminaria japonica</i>	<i>Porphyra</i> spp.	<i>Enteromorpha clathrata</i>
<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Eucheuma</i> spp.	<i>Monostroma nitidum</i>
<i>Sargassum fusiforme</i>	<i>Kappaphycus alvarezii</i>	<i>Caulerpa</i> spp.
	<i>Gracilaria</i> spp.	

Ao contrario das macroalgas, que se comen directamente, as microalgas son algas microscópicas (xeralmente invisibles a simple vista) que se usan principalmente como fitoplancto en acuicultura e para a elaboración de suplementos dietéticos e/ou alimentos funcionais polo seu potencial nutricional. Destacan os suplementos dietéticos a base de microalgas, como a *Chlorella* (*Chlorella* spp.). O suplemento dietético por excelencia é a espirulina, que se obtén a partir de cianobacterias, aínda que moitos textos continúan a considerala unha microalga.

Actualmente a produción comercial de microalgas é pequena en comparación coa das macroalgas (Cai *et al.*, 2021). No entanto, as microalgas están a escalar posicións como potencial fonte de nutrientes e proteínas de alto valor nutricional e gran biodisponibilidade.

4.3. Nopal

O nopal (nome científico, *Opuntia ficus-indica*), tamén coñecido comunmente como chumbeira, tuna, figueira chumba ou figueira da india, é unha planta da familia dos cactos ou cactáceas (*Cactaceae*) usada antigamente como hortaliza para a prevención do escorbuto, causado pola falta de vitamina C (Diguet, 1928).

O nopal é a especie de cacto domesticado con maior importancia agronómica a nivel mundial, non só polos seus froitos senón tamén polos seus cladodios ou «pas», que se poden usar ben como forraxe ou ben como alimento para o consumo humano (Inglese *et al.*, 2018). O nopal é especialmente valioso nas rexións áridas e semiáridas (Griffith, 2004), caracterizadas por unha dispoñibilidade limitada de auga, debido á súa capacidade de resistir as condicións extremas de calor e seca, xa que almacena cantidades considerables de auga nos seus cladodios (Inglese *et al.*, 2018), o que o converte nun alimento esencial para garantir a seguranza alimentaria. Aínda que a maioría dos cactos non son comestibles, de acordo coa FAO (2017a), «as especies do xénero *Opuntia* teñen moito que achegar, en especial se se xestionan como cultivo en lugar de planta de crecemento silvestre».

Tanto os froitos como os cladodios do nopal son fontes de nutrientes e fitoquímicos (por exemplo, azucres, mucilaxe, vitaminas, fibras e pigmentos) de importancia nutricional e funcional (Inglese *et al.*, 2018).

Os cladodios tenros, tamén coñecidos en Latinoamérica como nopalitas, posúen un alto contido de auga (aproximadamente o 90%), fibra dietaria e minerais e son consumidos como hortaliza fresca. Tamén se poden consumir en forma de po ou fariña unha vez deshidratados. A fariña de nopal é rica en fibra dietaria e pode ser utilizada na preparación doutros alimentos, como galletas, ou na elaboración de suplementos alimenticios (Inglese *et al.*, 2018).

Os froitos do nopal conteñen principalmente azucres, vitamina C, pigmentos (betalaínas, a partir das cales se poden obter colorantes naturais) e minerais (calcio, magnesio, zinc e ferro, entre outros) (Galati *et al.*, 2003). Posúen ademais propiedades antioxidantes. A partir das sementes, que representan entre 10 e 15% do peso da polpa, pódese obter aceite. O aceite de sementes de chumbeira é rico en ácidos graos non saturados como o ácido linoleico (Ghazi *et al.*, 2013). Aínda

que é comestible, non resulta económico empregalo en alimentación polo seu baixo rendimento, de modo que é preferible utilizalo nas industrias farmacéutica e cosmética.

A partir do nopal pódense obter diferentes produtos alimenticios tales como marmeladas, doces, xeleas e zumes, á parte de colorantes naturais e aceites esenciais, empregados principalmente na elaboración de produtos farmacéuticos e cosméticos. Dado que é unha fonte importante de sustancias bioactivas, o nopal preséntase como un excelente candidato para a elaboración de alimentos funcionais e nutracéuticos (Inglese *et al.*, 2018).

O nopal ten propiedades antiinflamatorias, antivirais, anticancerixenas, hepatoprotectoras, neuroprotectoras e cicatrizantes, entre outras (ver Figura 18).

Por estas razóns, as froitas do nopal e os *nopalitos* son alimentos moi prometedores para o futuro. Actualmente os *nopalitos* só se consómen de maneira regular en México, o seu país de orixe.

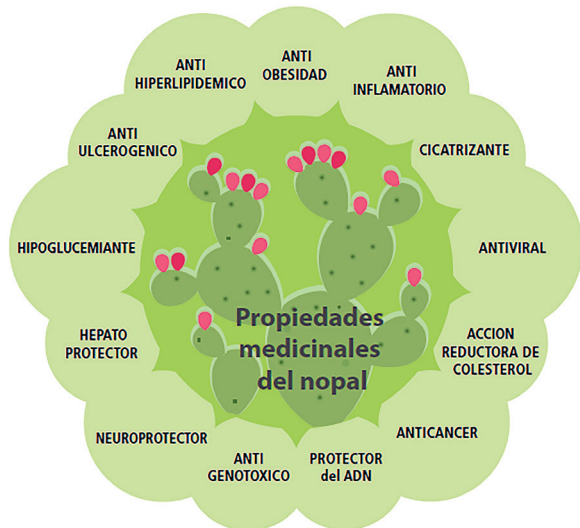


Figura 18. Propiedades medicinais do nopal (Inglese *et al.*, 2018).

4.4. Carne e peixe

A continuación, preséntanse distintos métodos para a produción de alternativas á carne e ao peixe.

4.4.1. Baseados en células

A produción de alimentos baseada en células, coñecida tamén como agricultura celular, fai referencia ao cultivo de células illadas de animais, seguido dun proceso para elaborar produtos alimenticios comparables ás versións animais correspondentes, como carne, peixe, etc. (FAO, s. f.). A Figura 19 fai unha comparativa entre a produción tradicional de carne e a produción de carne cultivada.

A carne cultivada (en inglés, *cultivated meat*, *cultured meat* ou *cell-based meat*, entre outros), tamén denominada carne de laboratorio ou carne *in vitro*, prodúcese a partir de células e tecidos animais cultivados nun biorreactor, é dicir, é carne que non procede directamente do corpo dun animal. Elimínase así a cría e o sacrificio de animais para a alimentación.

O proceso de fabricación comeza coa extracción de células nai dun animal. A continuación, estas células «cultívanse» nun biorreactor (denominado coloquialmente cultivador), onde se multiplican e diferencian. Un biorreactor é un recipiente que proporciona un ambiente pechado, limpo e con temperatura controlada para que crezan as células. As células aliméntanse cun medio de cultivo rico en osíxeno composto de nutrientes básicos. A medida que crecen, as células convértense en tecido muscular, o principal compoñente da carne. A Figura 20 mostra, de maneira simplificada, o proceso de produción de carne cultivada.

O peixe baseado en células é tecnicamente igual que o peixe producido de maneira convencional e a tecnoloxía empregada para a súa produción é similar á descrita previamente (Potter *et al.*, 2020). Comparada coa carne cultivada, o peixe cultivado presenta unha serie de vantaxes, entre elas (Rubio *et al.*, 2019):

- É máis tolerante aos cambios de temperatura e aos niveis baixos de osíxeno, o que é beneficioso para aumentar a produción,

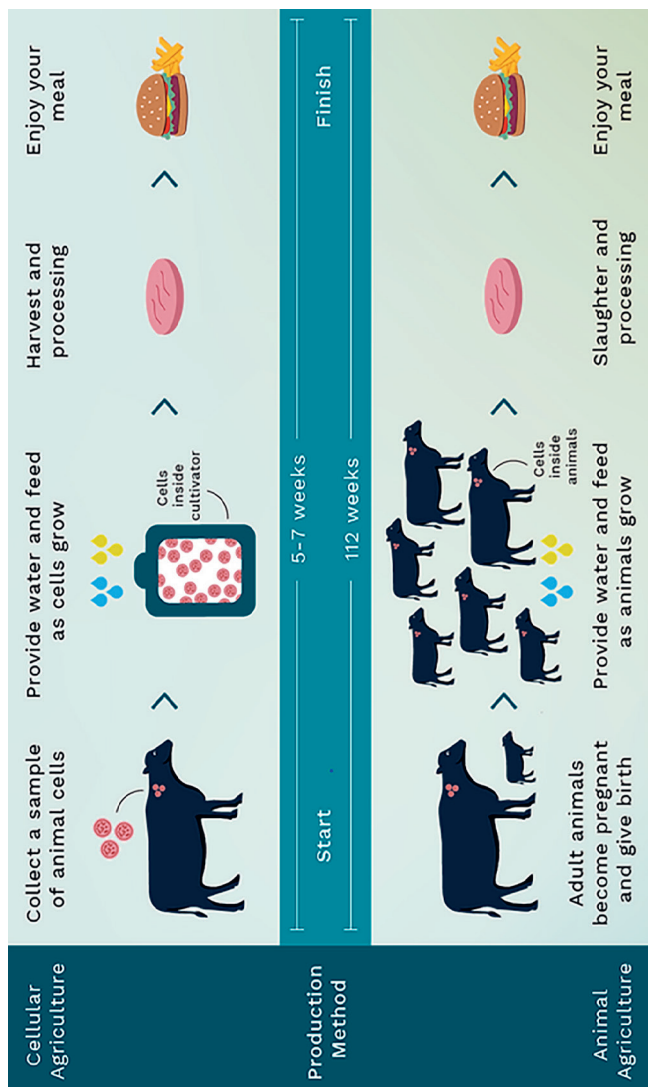


Figura 19. Comparación entre a agricultura celular e a agricultura animal (WhatIsCultivatedMeat.com, s. f.)

- Ten unha estrutura menos complexa, o que facilita o desenvolvemento de produtos estruturados.

Alén disto, o peixe cultivado pode ser unha fonte alternativa de proteínas para os vexetarianos.

A agricultura celular ten menor impacto sobre o medio ambiente que a agricultura convencional. Espérase que a carne cultivada emita menos emisións de GEI, empregue significativamente menos solo e auga (mitigando a deforestación e a perda de biodiversidade) e tamén reduza a contaminación por nutrientes e, consecuentemente, a eutrofización (Swartz, 2021).

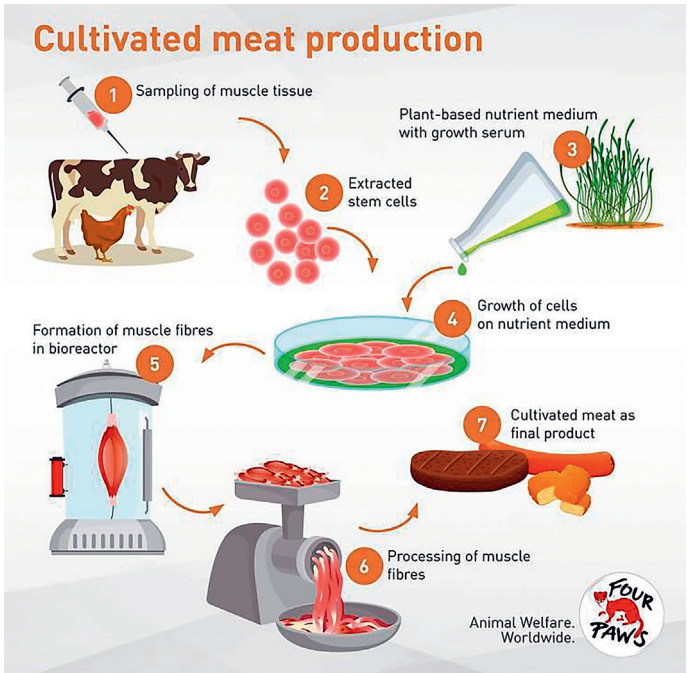


Figura 20. Proceso de produción de carne cultivada (FOUR PAWS International, 2021).

Por outra banda, a agricultura celular evita o sacrificio de animais para consumo, diminúe a resistencia a antibióticos e os riscos de zoonose e, ademais, ten potencial para aumentar a seguranza alimentaria (espérase que nos próximos anos o prezo destes produtos sexa competitivo coa versión animal correspondente).

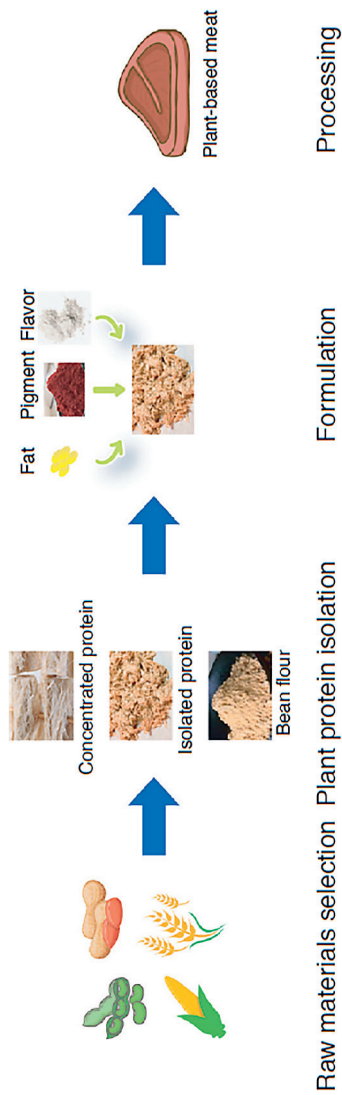
A agricultura celular tamén presenta grandes oportunidades económicas. Hoxe en día, moitas universidades, empresas e *startups* de todo o mundo están a traballar no desenvolvemento e na produción de alimentos a base de células. Singapur foi o primeiro país do mundo en aprobar, en decembro de 2020, a venda de carne de polo cultivada, da empresa Eat Just.

4.4.2. Baseados en plantas

A carne de orixe vexetal fai referencia a produtos que están feitos na súa totalidade a partir de plantas e outros ingredientes non animais e que están destinados a ter a mesma aparencia, sabor e recendo que a carne de orixe animal. Do mesmo xeito que a carne de orixe animal, a carne de orixe vexetal contén proteínas, graxas, minerais, vitaminas e auga. Algúns produtos incluídos nesta categoría, como o tofu ou o tempeh, existen desde hai moito tempo, mais o mercado estivo limitado na súa maioría a veganos e vexetarianos. Con todo, as alternativas vexetais á carne gañaron interese nos últimos anos. A Figura 21 mostra un diagrama esquemático do proceso de produción de alternativas á carne a base de plantas.

As carnes vexetais máis populares son o tofu, a soia texturizada, o seitán e a Heura. Estes alimentos destacan polo seu baixo valor calórico e polo seu alto contido en proteínas.

As carnes de orixe vexetal (incluídos tamén os produtos do mar de orixe vexetal) fornecen opcións medioambientalmente máis sostibles. As análises de impacto ambiental mostran que a produción de carne de orixe vexetal utiliza un 47-99% menos de terra e un 72-99% menos de auga (por kg de carne) que a produción de carne convencional. Ademais, a súa produción non require o uso de antibióticos, crea un 30-90% menos de emisións de GEI e produce un 51-91% menos de contaminación da auga (GFI, 2019). A carne de orixe vexetal tamén reduce significativamente o risco de futuras pandemias.



Current Opinion in Food Science

Figura 21. Diagrama do proceso de produción de carne de orixe vexetal (Zhang et al., 2022).

Os produtos de orixe vexetal poden ser elaborados a partir de múltiples ingredientes, o que ofrece máis opcións para o desenvolvemento de novos produtos, entre os que se poden destacar os seguintes:

- Ovo vexetal elaborado a partir de fariña de garavanzos (Ovo Vegg),
- Queixo vexetal con base de anacardios (Three Veggie),
- logur vexetal a base de coco (Coco Start).

4.4.3. Baseados en fungos

Dentro das novas fontes de proteínas con baixo impacto ambiental podemos destacar as micoproteínas, tamén denominadas proteínas fúnxicas, obtidas a partir da fermentación de fungos filamentosos como o *Fusarium venenatum*. As micoproteínas preséntanse como potenciais alternativas á carne por varias razóns, entre elas:

- composición nutricional favorable (contan con todos os aminoácidos esenciais),
- textura similar á da carne, e
- boa dixestibilidade.

As micoproteínas son unha fonte valiosa de proteínas, e o produto por excelencia é o Quorn. O Quorn é un alimento rico en proteínas (11%), fibra dietética (6%), minerais (como o ferro, zinc, cobre, selenio, fósforo e manganeso) e vitaminas (especialmente a vitamina B2 e a vitamina D) e relativamente baixo en graxa (2,9%) (Ahmad *et al.*, 2022).

Así mesmo, as micoproteínas postúlanse como unha posible alternativa ás proteínas de orixe animal máis rendible, sostible e respectuosa co medio ambiente (Finnigan *et al.*, 2017). Por estes motivos, as micoproteínas están a escalar posicións no mercado das proteínas alternativas á carne.

4.5. Alimentos transxénicos

Os alimentos transxénicos ou alimentos modificados xeneticamente poden dar resposta a situacións específicas, como a loita contra pragas ou a mellora da composición nutricional. Os máis habituais son a soia e o millo. Outro exemplo é o arroz dourado, deseñado para

producir β -carotenos (un precursor da vitamina A), capaz de previr enfermidades graves (inclusive a morte) derivadas da falta de vitamina A (como a cegueira) en países pobres onde a base da dieta é o arroz (Tang *et al.*, 2009). Por outra banda, o arroz biofortificado (con ferro e/ou zinc) axudaría a evitar carencias nutricionais e problemas de má nutrición, contribuíndo a garantir a seguranza alimentaria a nivel internacional. O arroz xeneticamente modificado, desenvolvido especificamente para loitar contra a «fame oculta», é o cultivo básico máis prometedor porque a metade da poboación mundial depende do arroz (Majumder *et al.*, 2019). Recentemente, Li *et al.* (2022) «crearon» un tomate rico en vitamina D, nutriente clave para a saúde.

Hoxe en día, hai moitas reticencias para a produción de alimentos transxénicos e, especialmente, para o consumo humano.

Capítulo 5

Alimentación personalizada

Nos últimos anos, e especialmente desde a erupción da crise provocada pola COVID-19, as tendencias en alimentación van no sentido dunha alimentación saudable, segura, accesible e personalizada. A alimentación personalizada, tamén coñecida como *nutrición de precisión*, busca proporcionar as mellores recomendacións dietéticas en función das características xenómicas da persoa para mellorar a prevención e o tratamento das enfermidades. Os enfoques da nutrición

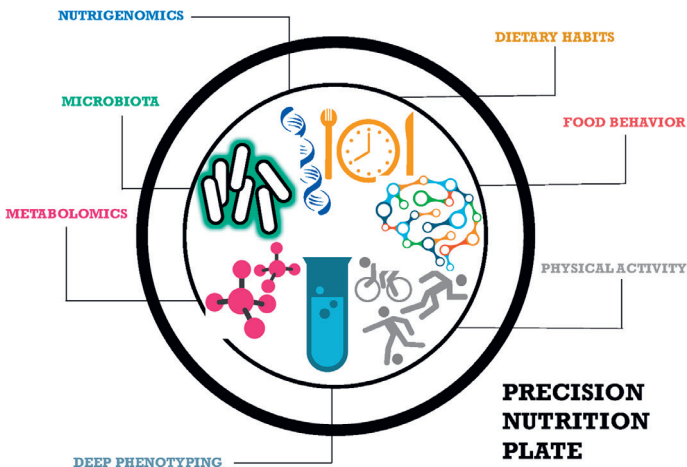


Figura 22. O prato de nutrición de precisión: representación esquemática dos principais factores que cómpre considerar na nutrición de precisión (De Toro-Martín et al., 2017).

de precisión inclúen, ademais da xenética, outros factores como os hábitos dietéticos, o comportamento alimentario, a actividade física, a microbiota intestinal e o metaboloma, tal como se ilustra na Figura 22 (De Toro-Martín *et al.*, 2017).

O gran reto da industria alimentaria é como conseguir fabricar para un grupo poboacional obxectivo.

5.1. Alimentación en función da idade

As necesidades nutricionais varían en función da idade, desde os 6 meses de idade até a terceira idade, pasando pola infancia, a adolescencia e a idade adulta, sen esquecermos tamén o embarazo e a lactación.

Neste sentido, a terceira idade representa un segmento fundamental da poboación e un nicho de mercado importante. No 2020, a poboación maior de 65 anos na UE representaba o 21%, fronte ao 16% que representaba no 2001. Cómpre indicar que a proporción de maiores de 80 anos case se duplicou nos últimos anos, e pasou dun 3,4% en 2001 a un 6% en 2020 (Eurostat, 2021).

Por este motivo, a industria alimentaria debe adaptarse para poder facer fronte ás necesidades deste colectivo, a través do deseño e desenvolvemento de alimentos atractivos, nutricionalmente equilibrados, cómodos e fáciles de manipular. En relación coas necesidades nutricionais, a demanda de certos nutrientes aumenta, polo que as persoas de maior idade buscan alimentos funcionais para supliren carencias nutricionais específicas, como poden ser a falta de ferro ou calcio, produtos *antiaging* (vinculados con produtos frescos, menos procesados e que acheguen antioxidantes e vitaminas) e *premium*, priorizando a calidade fronte á cantidade (AINIA, 2016). Neste contexto, Grupo SADA e AINIA desenvolveron novos alimentos adaptados á terceira idade, con altas propiedades nutricionais e fáciles de cociñar, como os seguintes (Pastor, 2018):

- Medallóns de polo empanado, enriquecidos con calcio e magnesio.
- Puré de polo e verduras, tamén enriquecido con calcio e magnesio e dirixido a persoas con dificultades para deglutir.
- Polo no seu zume envasado ao baleiro, de manexo fácil e preparación sinxela no microondas.

5.2. Alimentación libre de alérxenos

Estímase que as alerxias alimentarias afectan a aproximadamente a 5% da poboación adulta e 8% da poboación infantil, cunha tendencia que está a aumentar (Sicherer e Sampson, 2014). Unha alerxia alimentaria defínese como un efecto adverso para a saúde que xorde dunha resposta inmunitaria específica que se produce de forma reproducible coa exposición a un alimento determinado (Boyce *et al.*, 2010). Os alérxenos alimentarios son aqueles compoñentes específicos dos alimentos ou ingredientes dentro dos alimentos que son recoñecidos por células inmunitarias específicas de alérxenos e provocan reaccións inmunolóxicas específicas, resultando en síntomas característicos (Boyce *et al.*, 2010). O Regulamento (UE) 1169/2011 sobre información alimentaria facilitada ao consumidor recolle no seu Anexo II unha lista de 14 alérxenos (ver Figura 23) que deben ser declarados cando se utilicen como ingredientes na fabricación ou elaboración dun prato ou alimento. As empresas alimentarias teñen a obriga de facilitar esta información nos alimentos que venden ou fornecen. É importante tamén diferenciarmos entre alerxias e intolerancias alimentarias, que son reaccións adversas non inmunolóxicas que inclúen mecanismos metabólicos, tóxicos, farmacolóxicos e indefinidos (Boyce *et al.*, 2010; Sicherer e Sampson, 2014).

Ante este panorama xorde un mercado de alimentos libres de alérxenos, isto é, alimentos que non incorporan ingredientes que poidan causar alerxias alimentarias como o leite, os ovos, o glute ou os



Figura 23. Substancias ou produtos que causan alerxias ou intolerancias alimentarias reguladas a efectos de información ao consumidor polo Regulamento (UE) 1169/2011.

cacahuets. Comercializar alimentos libres de alérxenos é todo un reto para a industria alimentaria, por iso é importante identificar os alérxenos e etiquetar correctamente os produtos.

5.3. Alimentos funcionais que prevenen patoloxías

Hoxe en día, a alimentación ten un papel fundamental na mellora da calidade de vida, tanto na prevención como no tratamento de doenzas, de tal forma que alimentación e a saúde constitúen un binomio inseparable.

Enténdese por alimento funcional aquel que se consome como parte dunha dieta normal e que, á parte do seu valor nutricional, contén compoñentes bioloxicamente activos que ofrecen algún beneficio específico para a saúde e reducen o risco de sufrir certas enfermidades (Beltrán, 2016). Os alimentos funcionais poden ser naturais (como o peixe, rico en ácidos graxos omega 3) ou procesados (alimentos fortificados e/ou enriquecidos, como o leite enriquecido con omega 3). Os efectos destes alimentos obsérvanse cando este se consome de maneira habitual dentro dunha dieta equilibrada. Ao contrario dos alimentos funcionais (que se presentan en forma de alimentos de consumo habitual), os nutracéuticos preséntanse tipicamente nunha matriz non alimenticia (como comprimidos, cápsulas ou po). Os compostos nutracéuticos son suplementos dietéticos consistentes en fontes concentradas de nutrientes (presentes de maneira natural en determinados alimentos) que teñen un efecto positivo sobre a saúde, maior do que podería ter a inxestión normal destes alimentos. Están destinados a complementaren de maneira puntual a dieta normal para satisfacer unha necesidade específica (por exemplo, mellorar o rendemento ou a recuperación tras o exercicio en deportistas) ou contrarrestar unha carencia (por exemplo, a falta de certas vitaminas ou minerais en anciáns).

Neste sentido nace o concepto de «nutrición óptima», que contempla a mellora da saúde, a redución dos factores de risco de desenvolver unha determinada doenza e o concepto de máximo rendemento, tanto físico como psíquico. Este concepto substitúe o de «nutrición axeitada», entendida como suficiente e dirixida a evitar déficits (del Pozo *et al.*, 2013).

No campo dos alimentos funcionais, a investigación céntrase no desenvolvemento de novos produtos. Entre eles teñen especial relevancia os alimentos que (Palencia, 2013):

- axudan a reducir o colesterol (como os que contén fitoesteróis, a fibra e a proteína de soia),
- melloran o tracto gastrointestinal (prebióticos, probióticos, simbióticos ou alimentos ricos en fibra, entre outros),
- fortalecen os ósos (alimentos con reforzo de calcio, vitamina D, etc.),
- regulan o metabolismo e preveñen a obesidade (alimentos con menos calorías, azucres, graxas saturadas, etc.),
- preveñen o envellecemento (como os alimentos enriquecidos con antioxidantes), e
- axudan á concentración e ao rendemento intelectual (por exemplo, alimentos con ácidos graxos omega 3 e vitaminas do grupo B).

Os alimentos funcionais responden ás necesidades de certos sectores poboacionais que demandan alimentos que melloren a saúde e o benestar, proporcionen unha cantidade extra de nutrientes e/ou preveñan doenzas e enfermidades. A produción de alimentos funcionais ofrece novas oportunidades á industria alimentaria á vez que contribúe ao avance científico e á redución de custos futuros derivados do tratamento de doenzas. Cómpre indicar que as enfermidades cardiovasculares representan a principal porcentaxe de gasto sanitario nos países desenvolvidos, es están xeralmente relacionadas con factores de risco modificables como a hipertensión, o colesterol, etc. (Palencia, 2013).

5.4. Alimentos a demanda (co-deseño e impresión 3D de alimentos)

A impresión tridimensional (3D) de alimentos preséntase como unha nova maneira de consumir alimentos. Do mesmo xeito que se pode imprimir calquera tipo de material, é posible tamén imprimir produtos alimenticios empregando elementos da propia natureza.

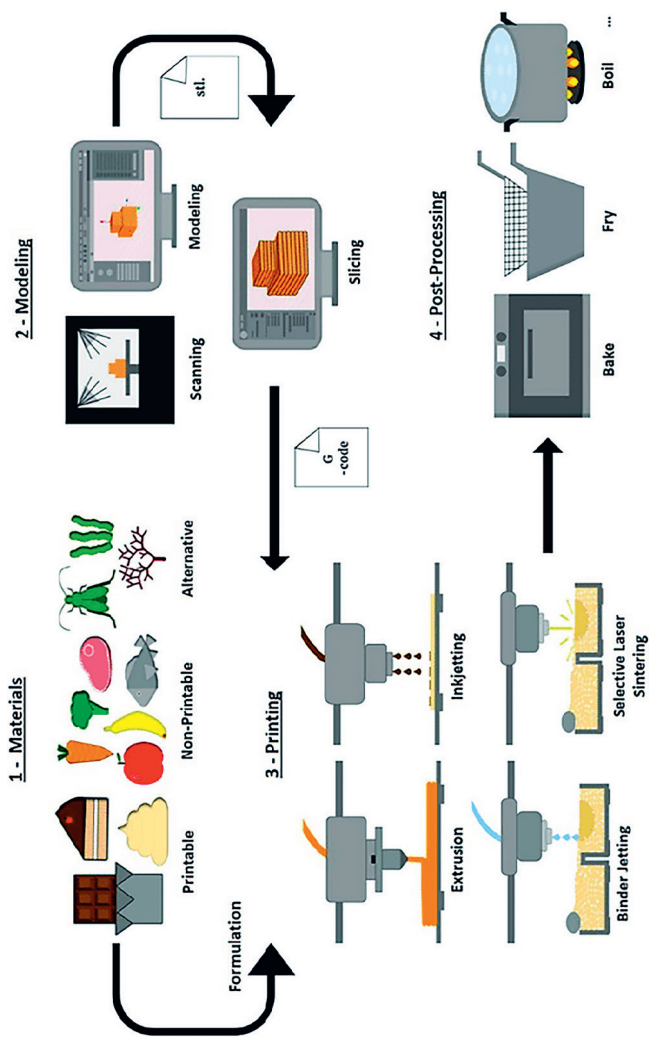


Figura 24. Esquema do proceso de impresión 3D de alimentos (Pereira et al., 2021).

A impresión 3D é unha tecnoloxía de fabricación aditiva que, mediante a utilización de técnicas como a creación de modelos ou estruturas tridimensionais, podería axudar á industria alimentaria a desenvolver produtos alimenticios novos e personalizados, é dicir, adaptados ás necesidades dietéticas e nutricionais de cada persoa. A Figura 24 esquematiza as etapas involucradas no proceso de impresión 3D de alimentos, desde a elección do material a empregar, o modelado e corte da estrutura 3D, até as técnicas de impresión 3D e o posprocesamento aplicado (Pereira *et al.*, 2021).

A impresión 3D de alimentos ten moito potencial no desenvolvemento de alimentos con textura modificada deseñados especialmente para persoas maiores e/ou persoas con problemas de deglución (disfagia). A dificultade para mastigar e engulir, sumada á perda de apetito, a miúdo leva as persoas maiores a rexeiren certos alimentos nutritivos e preferiren outros máis fáciles para comer, de modo que son máis propensas a sufriren algún tipo de má nutrición. A impresión 3D permite adaptar a textura dos alimentos de maneira que estes sexan máis fáciles de engulir. No caso dos máis pequenos, a inxestión de certos alimentos (como poderían ser as verduras de folla verde ou a froita) podería ser facilitada se estes ingredientes saudables se imprimisen en 3D simulando a forma, por exemplo, das súas personaxes favoritas (Salvá, 2020). A Figura 25 mostra un exemplo de quiche de espinacas con forma de dinosauros, unha opción moito máis atractiva visualmente para os nenos.

No entanto, a aplicación fundamental da impresión 3D é a nutrición personalizada, dado que estes produtos se poden adaptar ás necesidades nutricionais de cada persoa. Isto sería especialmente relevante en hospitais e centros asistenciais xa que, en función do historial médico dun paciente, poderían deseñarse produtos a medida coa forma e textura desexada.

Esta tecnoloxía permite crear alimentos a demanda onde o usuario final é o co-deseñador ou *maker* do produto, xunto cun nutricionista ou con outros usuarios. Esta tecnoloxía permite a creación de produtos alimenticios con características de deseño específicas, sabores, cores, estruturas xeométricas, texturas e perfís nutricionais (Pereira *et al.*, 2021).



Figura 25. Dinosaurios de espinacas (Natural Machines, s. f.).

Na actualidade, a impresión en 3D require dun procesamento posterior: é necesario cocinar a comida despois da impresión. Está a investigarse o uso de láseres que permitan cocinar os alimentos durante a impresión en 3D (Contreras, 2019).

A impresión 3D de alimentos podería marcar un antes e un despois na industria alimentaria.

Cómpre indicar que a sostibilidade e a tecnoloxía serán dúas claves para o desenvolvemento dos alimentos do futuro, que contarán tamén con mellores propiedades nutricionais e sensoriais. Segundo explicou Encarna Gómez, responsable do departamento de Tecnoloxías de Produto e Procesos de AINIA: «A concienciación dos consumidores é cada vez maior no referente á sostibilidade e á saúde. Xa non se conforman con calquera desenvolvemento de produto, agora valoran se foi producido e distribuído minimizando o seu impacto na contorna, reducindo o uso de materiais, loitando por combater o desperdicio alimentario e se, ademais de ter propiedades saudables e sostibles, é un alimento saboroso» (Sánchez, 2022). A Figura 26 mostra os retos

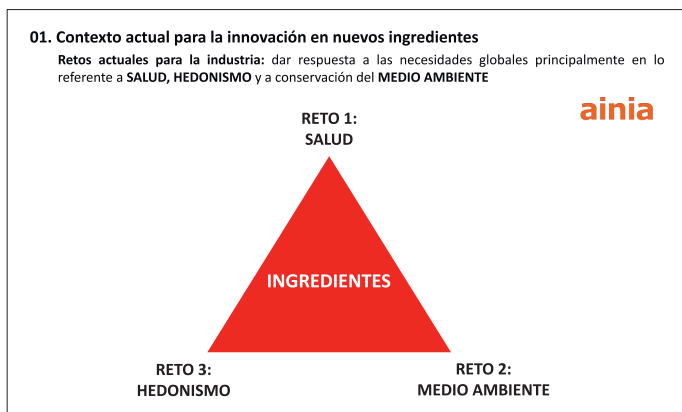


Figura 26. Retos actuales para la industria de diseño de nuevos ingredientes (Pérez, 2017).

actuales para la industria de diseño de nuevos ingredientes, que son: salud, medio ambiente e hedonismo (Pérez, 2017).

Tal e como indica Pérez (2017), «o concepto de hedonismo alimentario fai referencia a un conxunto complexo de *drivers* intimamente vinculados ao sabor e ao pracer sensorial que o ingrediente é capaz de provocar no consumidor e aos que non está disposto a renunciar en ningún caso». Por tanto, un aspecto esencial que a industria alimentaria debe ter en conta á hora de introducir novos alimentos ou produtos é o da **experiencia sensorial alén da inxestión**. Neste sentido, a «mercadotecnia sensorial» ou «mercadotecnia dos sentidos», adquiriu unha gran importancia nos últimos anos, xa que pode influír de maneira determinante nas decisións dos consumidores. A mercadotecnia sensorial comprende un conxunto de decisións estratéxicas orientadas á estimulación dos sentidos dos consumidores (Jiménez-Marín *et al.*, 2019). Isto é especialmente relevante na alimentación espacial e na impresión 3D de alimentos.

Os alimentos espaciais experimentaron unha importante transformación desde os inicios das viaxes espaciais tripuladas até a actualidade, de maneira que xa non só se limitan a satisfacer as necesidades

energéticas e nutricionais dos astronautas, senón que cada vez teñen máis importancia as necesidades psicolóxicas e ás características organolépticas, xa que contribúen a un mellor estado nutricional dos astronautas (Gomar-Serrano *et al.*, 2015).

Nos últimos anos, observouse un crecente interese no desenvolvemento de voos espaciais comerciais. Espérase que a década do 2020 se converta na década do turismo espacial. Até hoxe, tal e como comentamos anteriormente, o deseño de alimentos espaciais centrouse nos aspectos funcionais e nutricionais dos alimentos. Co obxectivo de garantir un estado de saúde óptimo dos astronautas no marco dunha misión espacial tripulada e promover o turismo espacial entre os non astronautas, as viaxes espaciais e, concretamente, a comida espacial, debe ser pensada como unha experiencia *premium* para os astronautas e os pasaxeiros en lugar de como un conxunto de requisitos mínimos (Kiang, 2020). Neste sentido, é esencial non só deseñar alimentos que sexan funcionais senón tamén facer da gastronomía unha experiencia única, incluíndo as dimensións sensoriais, emocionais, sociais e ambientais da alimentación (Obrist *et al.*, 2019).

Capítulo 6

Retos e desafíos da industria alimentaria

O desenvolvemento dunha industria alimentaria saudable, segura, sostible, xusta e inclusiva presenta grandes desafíos. A mudanza climática e o esgotamento dos recursos naturais afectan de maneira directa á produción futura de alimentos, que dependerá en gran medida do ben que se conserven e utilicen estes recursos. Por exemplo, a expansión do solo urbano afecta á agricultura, así como a crecente demanda de auga que hai noutros sectores. As zonas de pesca tradicionais tamén son prexudicadas polo desenvolvemento e a urbanización das zonas costeiras. A contaminación dos ecosistemas mariños, derivada da exploración de hidrocarburos, o transporte marítimo e as industrias terrestres, pode provocar a destrución do hábitat e a perda da biodiversidade. Espérase que os puntos críticos de risco agrícola, aqueles con maior presión medioambiental e de recursos, presenten maiores dificultades para manter a produción de alimentos.

Neste sentido, tanto as tecnoloxías dixitais como o deseño de mellores políticas públicas poderían axudar a facer fronte a algúns dos desafíos actuais do sistema alimentario. Por unha banda, a dixitalización (a través da análise de datos, os dispositivos móbiles, os equipos de precisión, as imaxes de satélites de alta resolución e a intelixencia artificial, entre outros) podería contribuír a aumentar a produtividade, a capacidade de resiliencia e a sostibilidade dos sectores agrícola e pesqueiro. Entre as posibilidades que ofrece a dixitalización aos operarios (agricultores, gandeiros, peixeiros, etc.) poderíanse destacar as seguintes: a monitoración de cultivos e gando con maior precisión, a automatización e o axuste de insumos (por exemplo, fertilizantes), o maior control da pesca ilegal, a automatización de procedementos administrativos e aduaneiros que faciliten o comercio transfronteirizo

ou a obtención de datos actualizados de mercado. Os sistemas de rastrexabilidade pola súa banda fornecerían aos consumidores información sobre a orixe dos alimentos que compran.

Por outra banda, un axuste das medidas políticas por parte dos gobernos (co obxectivo de orientalas aos desafíos e ás oportunidades emerxentes) promoverá o investimento en I+D+i, sostibilidade, infraestruturas (tanto físicas como dixitais) e sistemas de xestión de riscos. Isto posibilitará o avance cara á apertura de mercados para un comercio máis xusto, inclusivo e libre en produtos alimenticios, agrícolas e pesqueiros.

6.1. Contexto sociodemográfico

O principal reto a que se enfrontan os sistemas alimentarios é como alimentar unha poboación envellecida e en constante crecemento nun planeta de recursos limitados. A procura de alimentos sostibles non convencionais e a alimentación personalizada (orientada en gran medida a satisfacer as necesidades da terceira idade) preséntanse como posibles solucións con gran potencial para a industria alimentaria.

6.2. Contexto de consumo

No que respecta ao contexto do consumo, a principal barreira á que se enfronta a industria alimentaria é a de conseguir a aceptabilidade por parte do consumidor. Isto ocorre especialmente na cultura occidental con alimentos como os insectos e as algas. En relación co nopal, os posibles consumidores están desalentados polas espiñas e os gloquidios (espiñas pilosas), así como pola mucilaxe que se libera durante a súa preparación (Inglese *et al.*, 2018). De momento aínda non se sabe como reaccionará a poboación ante o mercado da carne cultivada en laboratorio, mais é esperable que nun principio haxa bastantes reticencias por parte do consumidor. Neste sentido, requírese romper certas barreiras culturais que faciliten a inclusión destes alimentos na dieta habitual.

Tamén é necesario que o consumidor mude os hábitos e camiñe cara a un aumento do consumo de proteína vexetal (fronte á proteína animal) e cara a un consumo responsable, local e sostible.

Os novos alimentos, ademais, deben ser nutritivos para poder garantir un estado óptimo de saúde e benestar ao consumidor.

Outro reto non menos importante a que ten que facer fronte a industria alimentaria é o do custo dos novos produtos, xa que estes alimentos terán que competir con outros alimentos tradicionais que levan anos no mercado e cuxos procesos de produción están optimizados. Estes produtos deben poder adaptarse á demanda e ser economicamente competitivos.

6.3. Contexto da saúde e nutrición

Á parte de saudables, os novos alimentos deben ser seguros. Estes alimentos poderían presentar posibles riscos para a saúde, especialmente no referente ás alerxias alimentarias. De acordo coa FAO (2013) os insectos poden provocar reaccións alérxicas comparables ás producidas polos crustáceos. Unha correcta etiquetaxe dos alimentos é fundamental para garantir a calidade e previr alerxias. Outro aspecto para investigar é o da dixestibilidade da quitina, o compoñente principal do exoesqueleto dos insectos. No referente ás enfermidades zoonóticas, os riscos de transmisión por insectos son baixos se os comparamos cos mamíferos e as aves (FAO, 2013).

Outros alimentos, como por exemplo as algas pardas, conteñen altas concentracións de iodo, que poden resultar demasiado elevadas para a inxestión diaria se as algas non se procesan previamente. Ademais, o seu alto contido de sal limita as cantidades que se poden engadir nos pratos e produtos alimenticios (Pérez, 2018).

A tecnoloxía 3D tamén presenta riscos xa que, ao se tratar de comida preparada, non se ven as materias primas (ingredientes) empregadas e pode que non se utilicen sempre os mellores produtos, é dicir, que non sexan frescos, de proximidade, sen conservantes, etc. (Salvá, 2020).

Por outra banda, un sistema de rastrexabilidade mellorado contribuirá á loita contra a fraude alimentaria e impedirá a entrada de produtos da pesca ilegal no mercado da UE. Xunto cos certificados de orixe, a Comisión Europea, na Estratexia «Da granxa á mesa» (European Commission, 2020), propón a creación dun sistema de etiquetaxe sostible

que inclúa os aspectos nutricionais, medioambientais, climáticos e sociais dos produtos alimentarios.

A embalaxe dos alimentos, así como o seu transporte son aspectos esenciais na sostibilidade dos sistemas alimentarios. A Comisión revisará a lexislación relativa aos materiais que están en contacto con alimentos co obxectivo de mellorar a saúde pública (por exemplo, reducindo o uso de substancias químicas perigosas) e a inocuidade dos alimentos, promover a utilización de envases innovadores e sostibles (embalaxes que empreguen materiais respectuosos co medio ambiente, que sexan reutilizables e reciclables) e reducir o desperdicio de alimentos (European Commission, 2020). Promoverase tamén a colaboración con provedores para optimizar tanto o transporte como a distribución de materias primas e deste xeito reducir as emisións de GEI.

Tanto no contexto do consumo como no da saúde e nutrición, é importante reivindicarmos a educación alimentaria e os comedores escolares como espazos educativos: lugares *learning by doing/learning by eating* onde se ensaien novos alimentos aplicados á idade escolar, personalizados, co-creados, etc. Neste sentido, un sistema educativo local (como pode ser unha escola rural, unha escola de primaria ou un campus universitario) podería ser un *Food Living Lab* que reunise diferentes usuarios/actores (compañías e *startups* de alimentación, profesores, investigadores, alumnos, persoal administrativo, etc.) para realizar I+D en alimentación en contextos educativos mediante actividades de co-creación en contextos reais. De acordo coa Rede Europea de *Living Labs* «ENoLL» (*European Network of Living Labs*, s. f.), os *Living Labs* son ecosistemas de innovación aberta e colaborativa en comunidades e contextos da vida real que empregan procesos de retroalimentación iterativos ao longo dun enfoque de ciclo de vida dunha innovación para crear un impacto sostible (ver Figura 27). Os *Living Labs* operan como intermediarios entre os cidadáns, as organizacións de investigación, as empresas, as cidades e as rexións para a co-creación, a creación rápida de prototipos e probas e a ampliación de innovacións e negocios, proporcionando valor conxunto aos *stakeholders* involucrados (*European Network of Living Labs*, s. f.).

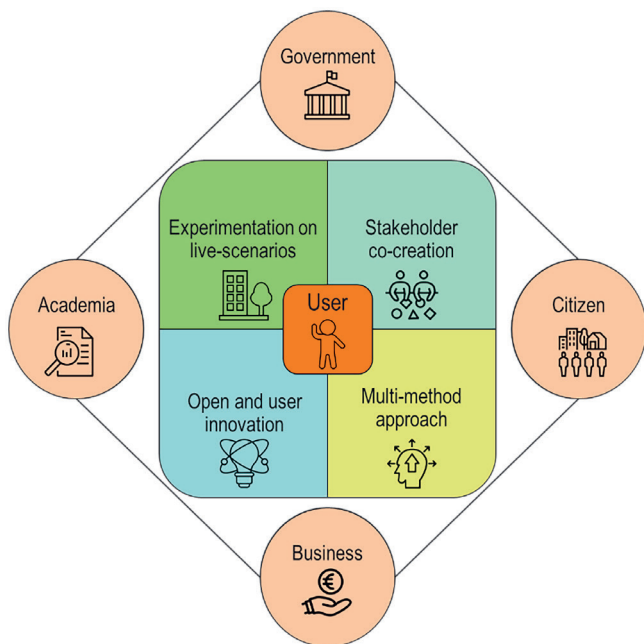


Figura 27. Living Labs: estrutura xeral (SFI, s. f.).

6.4. Contexto medioambiental

No referente ao contexto medioambiental, a sostibilidade da contorna é prioritaria e un dos grandes retos aos que se enfrenta a industria alimentaria. A sobreexplotación dos recursos naturais, a perda da biodiversidade, a degradación dos solos, a eutrofización da auga ou a contaminación da atmosfera son só algúns dos moitos desafíos aos que se confrontan na actualidade os sistemas alimentarios. É necesario, por tanto, facer un uso eficiente da auga e unha correcta xestión dos residuos e verteduras xeradas. Por outra banda, é probable que a produción de certos alimentos continúe a requirir dun consumo elevado de enerxía, polo que se fai necesario o emprego de fontes de enerxía alternativas máis limpas e eficientes, como as enerxías renovables. O

emprego de fontes de enerxía renovables á súa vez reducirá o grao de dependencia enerxética exterior. É importante que todos os procesos involucrados na produción de alimentos sexan procesos «verdes», isto é, respectuosos co medio ambiente.

6.5. Contexto normativo

As políticas alimentarias regulan o marco normativo e de gobernanza dos países para a produción, a seguranza e a distribución de alimentos. As políticas alimentarias difiren duns países a outros.

Por exemplo, a agricultura celular preséntase como unha alternativa moi prometedora que podería contribuír a garantir a seguranza alimentaria pero que aínda debe someter a procedementos legais, políticos e éticos para a súa introdución como alimento no mercado. Singapur foi o primeiro país do mundo en autorizar a venda de carne de polo cultivada. O produto foi aprobado pola Axencia de Alimentos de Singapur (SFA, *Singapore Food Agency*). Na UE, polo momento, a súa comercialización e consumo non están autorizados.

No que respecta aos insectos na UE, até o momento a EFSA soamente deu luz verde a catro insectos para o seu consumo como alimentos (ver apartado 4.1). No referente ás algas, a UE desempeña un papel importante no desenvolvemento do sector a través de prioridades como a mellora do contexto empresarial, o aumento da conciencia e aceptación social, a investigación e a innovación, entre outros, contribuíndo deste xeito que o sector sexa máis competitivo e sostible (Europa Azul, 2021).

Para o despregamento da industria alimentaria é preciso un maior investimento en I+D+i, que á súa vez terá a vantaxe dunha maior transferencia tecnolóxica. Isto último é importante xa que contribuír á evitar a monopolización do sector, e previrá maiores desigualdades sociais. Os Gobernos tamén deben promover a agricultura social, local e sostible e o comercio xusto.

6.6. Contexto científico-tecnolóxico

O desenvolvemento de novos alimentos (como as carnes sintéticas) require de importantes avances tecnolóxicos e infraestruturas (laboratorios especializados ou impresoras 3D, entre outros).

Os principais desafíos científico-tecnolóxicos a que se enfrenta a carne cultivada están relacionados con (WhatIsCultivatedMeat.com, s. f.; Swartz, 2019):

- A selección das células nai.
- Os medios de cultivo (procura de alternativas ao soro fetal bovino, por exemplo, con medios de orixe vexetal).
- A estada ou *scaffolding*, que proporciona un soporte estrutural para que as células se adhiran, diferencien, maduren e se convertan en músculo e graxa, coa textura e forma desexadas. Obtéñense produtos cunha consistencia similar á carne picada (axeitada para hamburguesas, albóndigas ou *nuggets*), pero é necesaria máis investigación para poder desenvolver estadas máis complexas para cultivar carne cunha estrutura e grosor específicos, como o bisté.
- O escalonamento industrial, esencial para que o produto sexa economicamente viable.

Unha área importante de investigación para as alternativas á carne de orixe vexetal é simular o aroma, o sabor e a aparencia da carne o máis fielmente posible e reducir o sabor das proteínas vexetais (Zhang *et al.*, 2022).

Tamén é preciso un maior investimento en investigación e unha tecnoloxía mellorada para procesar os fungos comestibles en alternativas á carne. Os principais desafíos para o despregamento desta tecnoloxía son o aumento da eficiencia de produción, o perfeccionamento das tecnoloxías de procesamento, a redución do aroma característico dos fungos e a modificación do sabor para que se asemelle máis á carne (Zhang *et al.*, 2022).

No referente á impresión 3D de alimentos, o maior desafío é conseguir un equipo que poida imprimir e cociñar os alimentos (Contreras, 2019). Tamén hai limitacións para a súa produción a gran escala, nos rangos de textura que se poden imprimir, así como para a capacidade de produción, xa que a duración da impresión depende da complexidade da forma (Salvá, 2020).

Para facer fronte a estes desafíos científico-tecnolóxicos fai falta a formación de profesionais especializados.

Capítulo 7

Bibliografía

- Ahmad M.I., Farooq S., Alhamoud Y., Li C., Zhang H. (2022). A review on mycoprotein: History, nutritional composition, production methods, and health benefits. *Trends in Food Science and Technology*, 121, 14-29. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.01.027.
- AINIA (2016). Demanda social: Nuevos alimentos específicos para cubrir las necesidades de la tercera edad. Disponible en: <https://www.ainia.es/ainia-news/demanda-social:-nuevos-alimentos-especificos-para-cubrir-las-necesidades-de-la-tercera-edad/> (último acceso en xullo de 2022).
- Beltrán, M. R. (2016). Alimentos funcionales. *Farmacia Profesional*, 30(3), 12-14.
- Boyce J.A., Assa'ad A., Burks A.W., Jones S.M., Sampson H.A., Wood R.A., Plaut M., Cooper S.F., Fenton M.J., Arshad S.H., Bahna S.L., Beck L.A., Byrd-Bredbenner C., Camargo Jr. C.A., Eichenfield L., Furuta G.T., Hanifin J.M., Jones C., Kraft M., Levy B.D., Lieberman P., Luccioli S., McCall K.M., Schneider L.C., Simon R.A., Simons F.E.R., Teach S.J., Yawn B.P., Schwaninger J.M. (2010). Guidelines for the diagnosis and management of food allergy in the United States: report of the NIAID-sponsored expert panel. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 126(6 SUPPL.), S1-S58. DOI: 10.1016/j.jaci.2010.10.007.
- Cai, J., Lovatelli, A., Aguilar-Manjarrez, J., Cornish, L., Dabbadie, L., Desrochers, A., Diffey, S., Garrido Gamarro, E., Geehan, J., Hurtado, A., Lucente, D., Mair, G., Miao, W., Potin, P., Przybyla, C., Reantaso, M., Roubach, R., Tauati, M., Yuan, X. (2021). Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1229. Rome, FAO. DOI: 10.4060/cb5670en.
- Cherubini, F. (2010). The biorefinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals. *Energy Conversion and Management*, 51(7), 1412-1421. DOI: 10.1016/j.enconman.2010.01.015.

- Comisión EAT-Lancet (2019). Alimentos Planeta Salud. Dietas saludables a partir de sistemas alimentarios sostenibles. Informe Resumido de la Comisión EAT-Lancet. Disponible en: https://eatforum.org/content/uploads/2019/04/EAT-Lancet_Commission_Summary_Report_Spanish.pdf (último acceso xuño de 2022).
- Contreras, L (2019). Impresión 3D de alimentos, ¿la revolución de tu cocina? Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/impresion-3d-de-alimentos-040220192/> (último acceso xullo de 2022).
- Crippa M., Solazzo E., Guizzardi D., Monforti-Ferrario F., Tubiello F.N., Leip A. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food*, 2(3), 198-209. DOI: 10.1038/s43016-021-00225-9.
- de Toro-Martín J., Arsenault B.J., Després J.-P., Vohl M.-C. (2017). Precision Nutrition: A Review of Personalized Nutritional Approaches for the Prevention and Management of Metabolic Syndrome. *Nutrients*, 9(8), 913. DOI: 10.3390/nu9080913.
- del Pozo, S., Ruiz, E., Valero, T., Ávila, J.M., Varela, G. (2013). Alimentos enriquecidos/fortificados. En: Fundación Española de la Nutrición (Ed.), *Libro Blanco de la Nutrición en España* (pp. 245-250). ISBN: 978-84-938865-2-3.
- Diguet, L. (1928). Les cactacées utiles du Mexique. *Archives d'Histoire Naturelles, Société Nationale d'Acclimatation de France, IV*, 1-551. Paris.
- EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens), Turck D., Bohn T., Castenmiller J., De Henauw S., Hirsch-Ernst K.I., Maciuk A., Mangelsdorf I., McArdle H.J., Naska A., Pelaez C., Pentieva K., Siani A., Thies F., Tsabouri S., Vinceti M., Cubadda F., Frenzel T., Heinonen M., Marchelli R., Neuhäuser-Berthold M., Poulsen M., Prieto Maradona M., Schlatter J.R., van Loveren H., Ververis E., Knutsen H.K. (2021a). Scientific Opinion on the safety of frozen and dried formulations from whole yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(8), 6778. DOI: 10.2903/j.efsa.2021.6778.
- EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens), Turck D., Castenmiller J., De Henauw S., Hirsch-Ernst K.I., Kearney J., Maciuk A., Mangelsdorf I., McArdle H.J., Naska A., Pelaez C., Pentieva K., Siani A., Thies F., Tsabouri S., Vinceti M., Cubadda F., Frenzel T., Heinonen M., Marchelli R., Neuhäuser-Berthold M., Poulsen M., Maradona M.P., Schlatter J.R., van Loveren H., Azzollini D., Knutsen H.K. (2021b). Scientific Opinion on the safety of frozen and dried formulations from migratory locust (*Locusta migratoria*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(7), 6667. DOI: 10.2903/j.efsa.2021.6667.

- EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens), Turck D., Castenmiller J., De Henauw S., Hirsch-Ernst K.I., Kearney J., Maciuk A., Mangelsdorf I., McArdle H.J., Naska A., Pelaez C., Pentieva K., Siani A., Thies F., Tsabouri S., Vinceti M., Cubadda F., Frenzel T., Heinonen M., Marchelli R., Neuhäuser-Berthold M., Poulsen M., Prieto Maradona M., Schlatter J.R., van Loveren H., Ververis E., Knutsen H.K. (2021c). Scientific Opinion on the safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(1), 6343. DOI: 10.2903/j.efsa.2021.6343.
- EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens), Turck D., Bohn T., Castenmiller J., De Henauw S., Hirsch-Ernst K.I., Maciuk A., Mangelsdorf I., McArdle H.J., Naska A., Pelaez C., Pentieva K., Siani A., Thies F., Tsabouri S., Vinceti M., Cubadda F., Frenzel T., Heinonen M., Marchelli R., Neuhäuser-Berthold M., Poulsen M., Maradona M.P., Schlatter J.R., van Loveren H., Azzollini D., Knutsen H.K. (2022a). Scientific Opinion on the safety of partially defatted house cricket (*Acheta domestica*) powder as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 20(5), 7258. DOI: 10.2903/j.efsa.2022.7258.
- EFSA NDA panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens), Turck D., Bohn T., Castenmiller J., De Henauw S., Hirsch-Ernst K.I., Maciuk A., Mangelsdorf I., McArdle H.J., Naska A., Pelaez C., Pentieva K., Siani A., Thies F., Tsabouri S., Vinceti M., Cubadda F., Frenzel T., Heinonen M., Marchelli R., Neuhäuser-Berthold M., Poulsen M., Prieto Maradona M., Schlatter J.R., van Loveren H., Ververis E., Knutsen H.K. (2022b). Scientific Opinion on the safety of frozen and freeze-dried formulations of the lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus* larva) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 20(7), 7325. DOI: 10.2903/j.efsa.2022.7325.
- Espinoza, G. (2019). Insectos comestibles por humanos, ventajas y desventajas. *Revista digital sobre animales, mascotas, naturaleza, ciencia y biología*. ISSN 2792-808X. Disponible en: <https://invertebrados.animalesbiologia.com/informacion/insectos-comestibles> (último acceso suño de 2022).
- Europa Azul (2021). La producción de algas, un sector a desarrollar por la UE. Disponible en: <https://europa-azul.es/algas-futuro/> (último acceso xullo de 2022).
- European Commission (2019). Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The European Green Deal. COM(2019) 640 final. Brussels.
- European Commission (2020). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social

- Committee and the Committee of the Regions. A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. COM(2020) 381 final. Brussels.
- European Commission (s. f.). Farm to Fork strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. Disponible en: https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en (último acceso xuño de 2022).
- European Network of Living Labs (s. f.). What are Living Labs. Disponible en: <https://enoll.org/about-us/> (último acceso xullo de 2022).
- Eurostat (2021). Demography of Europe - statistics visualised. 2021 edition. DOI: 10.2785/428873.
- FAO (2012). Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención. Roma. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf> (último acceso xuño de 2022).
- FAO (2013). The Contribution of Insects to Food Security, Livelihoods and the Environment. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3264e/i3264e00.pdf> (último acceso xuño de 2022).
- FAO (2016). Food and Agriculture - Key to achieving the 2030 Agenda for Sustainable Development. Rome. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5499e.pdf> (último acceso xuño de 2022).
- FAO (2017a). Es hora de poner cactus en el menú. Disponible en: <https://www.fao.org/news/story/es/item/1070263/icode/> (último acceso xullo de 2022).
- FAO (2017b). Reflexiones sobre el sistema alimentario y perspectivas para alcanzar su sostenibilidad en América Latina y el Caribe. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i7053s/i7053s.pdf> (último acceso xuño de 2022).
- FAO (2017c). Trabajo estratégico de la FAO para una alimentación y una agricultura sostenibles. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i6488s/i6488s.pdf> (último acceso xuño de 2022).
- FAO (2018a). Agricultura sostenible y biodiversidad. Un vínculo indisociable. Roma, FAO. Disponible en: <https://www.fao.org/3/l6602S/i6602s.pdf> (último acceso xuño de 2022).
- FAO (2018b). The global status of seaweed production, trade and utilization. Globefish Research Programme Volume 124. Rome. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ca1121en/ca1121en.pdf> (último acceso xullo de 2022).
- FAO (2020). Uso de la tierra en la agricultura según las cifras. Disponible en: <https://www.fao.org/sustainability/news/detail/es/c/1279267/> (último acceso xuño 2022).

- FAO (2021a). Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector. Rome. DOI: 10.4060/cb4094en.
- FAO (2021b). World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2021. Rome. DOI: 10.4060/cb4477en.
- FAO (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. DOI: 10.4060/cc0461en.
- FAO (s. d.). Cell-based food. Disponible en: <https://www.fao.org/food-safety/scientific-advice/crosscutting-and-emerging-issues/cell-based-food/en/> (último acceso julio de 2022).
- FAO, FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola), OMS, PMA (Programa Mundial de Alimentos), UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia) (2019). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía. Roma, FAO. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ca5162es/ca5162es.pdf> (último acceso junio de 2022).
- FAO, FIDA, OMS, PMA, UNICEF (2021). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2021. Transformación de los sistemas alimentarios en aras de la seguridad alimentaria, una nutrición mejorada y dietas asequibles y saludables para todos. Roma, FAO. DOI: 10.4060/cb4474es.
- FAO, OMS (2014). Declaración de Roma sobre la Nutrición. Segunda Conferencia Internacional sobre Nutrición. Roma.
- FAO: Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments (2019). The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. Rome. Disponible en: <https://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf> (último acceso julio de 2022).
- Finnigan T., Needham L., Abbott C. (2017). Mycoprotein: A healthy new protein with a low environmental impact. En: Nadathur, S.R., Wanasundara, J.P.D., Scanlin, L. (Eds.), *Sustainable Protein Sources* (pp. 305-325). Londres: Academic Press. ISBN: 978-0-12-802778-3. DOI: 10.1016/B978-0-12-802778-3.00019-6.
- FOUR PAWS International (2021). What is 'cultivated meat'? Disponible en: <https://www.four-paws.org/campaigns-topics/topics/nutrition/cultivated-meat-food-innovation/what-is-cultivated-meat> (último acceso julio de 2022).
- Galati E.M., Mondello M.R., Giuffrida D., Dugo G., Miceli N., Pergolizzi S., Taviano M.F. (2003). Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. Fruit juice: Antioxidant and

- antiulcerogenic activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(17), 4903-4908. DOI: 10.1021/jf030123d.
- GFI (The Good Food Institute) (2019). Plant-based meat for a growing world. Disponible en: https://gfi.org/wp-content/uploads/2021/02/GFI-Plant-Based-Meat-Fact-Sheet_Environmental-Comparison.pdf (último acceso xullo de 2022).
- Ghazi Z., Ramdani M., Fauconnier M.L., El Mahi B., Cheikh R. (2013). Fatty acids sterols and vitamin E composition of seed oil of *Opuntia Ficus Indica* and *Opuntia Dillenii* from Morocco. *Journal of Materials and Environmental Science*, 4(6), 967-972.
- Gomar-Serrano J.A., Castillo J.M.S.-D., Bilbao-Cercós L. (2015). La alimentación en los viajes espaciales tripulados: desde el Programa Gemini hasta la ISS/Shuttle. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 19(2), 116-123. DOI: 10.14306/renhyd.0.0.116.
- Griffith M.P. (2004). The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): new molecular evidence. *American Journal of Botany*, 91(11), 1915-1921. DOI: 10.3732/ajb.91.11.1915.
- Harris, M. (1989). Bueno para comer. Enigmas de alimentación y cultura. Edición en castelán. Tradutores: Calvo, J., Gil, G. Alianza Editorial, S. A., Madrid. ISBN: 84-206-3977-X.
- HLPE (High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition) (2014). Las pérdidas y el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. Roma.
- Inglese, P., Saenz, C., Mondragon, C., Nefzaoui, A., Louhaichi, M. (2018). Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal. Roma, Italia. FAO. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i7628es/i7628es.pdf> (último acceso xullo de 2022).
- ISGlobal (Instituto de Saúde Global de Barcelona) (2021). One Health (Una sola salud). Disponible en <https://www.isglobal.org/-/one-health-una-sola-salud-> (último acceso xuño de 2022).
- Jiménez-Marín, G., Bellido-Pérez, E., López-Cortés, Á (2019). Marketing sensorial: el concepto, sus técnicas y su aplicación en el punto de venta. *Vivat Academia. Revista de Comunicación*, 148, 121-147. DOI: 10.15178/va.2019.148.121-147.
- Kiang, C. (2020). A Freshly Cooked Meal In Space? It Could Happen Sooner Than You Think. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/charlottekiangu/2020/01/16/a-freshly-cooked-meal-in-space-it-could->

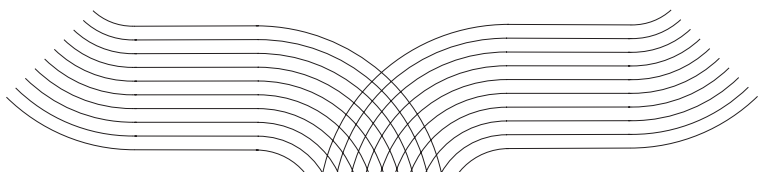
- happen-sooner-than-you-think/?sh=55c327196a8e (último acceso xullo de 2022).
- Kissinger, G., Herold, M., De Sy, V. (2012). Drivers of Deforestation and Forest Degradation: A Synthesis Report for REDD+ Policymakers. Lexeme Consulting. Vancouver, Canada.
- Leandro A., Pereira L., Gonçalves A.M.M. (2020). Diverse Applications of Marine Macroalgae. *Marine Drugs*, 18(1), 17. DOI: 10.3390/md18010017.
- Li J., Scarano A., Gonzalez N.M., D'Orso F., Yue Y., Nemeth K., Saalbach G., Hill L., de Oliveira Martins C., Moran R., Santino A., Martin C. (2022). Biofortified tomatoes provide a new route to vitamin D sufficiency. *Nature Plants*, 8(6), 611-616. DOI: 10.1038/s41477-022-01154-6.
- Majumder S., Datta K., Datta S.K. (2019). Rice Biofortification: High Iron, Zinc, and Vitamin-A to Fight against «Hidden Hunger». *Agronomy*, 9(12), 803. DOI: 10.3390/agronomy9120803.
- Moragues-Faus, A., Llobet, M., Durán, P., Muñoz, A., Magaña, C., Piola, E. (2022). Inseguridad alimentaria: más allá de las colas del hambre. En: *Libro blanco de la alimentación sostenible en España*. ISBN: 978-84-18677-44-1.
- Natural Machines (s. f.). ¿Se extinguirán las habilidades culinarias? Disponible en: <https://www.naturalmachines.com/es/insights/will-basic-cooking-skills-become-extinct> (último acceso xullo de 2022).
- Obrist M., Tu Y., Yao L., Velasco C. (2019). Space food experiences: designing passenger's eating experiences for future space travel scenarios. *Frontiers in Computer Science*, 1, 3. DOI: 10.3389/fcomp.2019.00003.
- ODA-E (Observatorio del Derecho a la Alimentación en España) (2016). Una distribución más equitativa de los recursos resolvería tres problemas globales. Disponible en: <https://derechoalimentacion.org/noticias/una-distribucion-m-s-equitativa-de-los-recursos-resolver-tres-problemas-globales> (último acceso xuño de 2022).
- OHCHR (Oficina do Alto Comisionado das Nacións Unidas para os Dereitos Humanos), FAO (2010). El derecho a la alimentación adecuada. Folleto informativo N° 34.
- OMS (2017). Dejemos de administrar antibióticos a animales sanos para prevenir la propagación de la resistencia a los antimicrobianos. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/07-11-2017-stop-using-antibiotics-in-healthy-animals-to-prevent-the-spread-of-antibiotic-resistance> (último acceso xuño de 2022).
- OMS (2021). Malnutrición. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition> (último acceso xuño de 2022).

- ONU (s. f.). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> (último acceso xuño de 2022).
- Ortega A., Gerdali N.R., Alam I., Kamau A.A., Acinas S.G., Logares R., Gasol J.M., Massana R., Krause-Jensen D., Duarte C.M. (2019). Important contribution of macroalgae to oceanic carbon sequestration. *Nature Geoscience*, 12(9), 748-754. DOI: 10.1038/s41561-019-0421-8.
- Palencia, A. (2013). Alimentación funcional: ¿Hacia dónde vamos? En: Fundación Española de la Nutrición (Ed.), *Libro Blanco de la Nutrición en España* (pp. 239-243). ISBN: 978-84-938865-2-3.
- Pastor, S. (2018). Grupo SADA y AINIA desarrollan alimentos adaptados a la tercera y cuarta edad. AINIA. Disponible en: <https://www.ainia.es/ainia-news/grupo-sada-y-ainia-desarrollan-alimentos-adaptados-a-la-tercera-y-cuarta-edad/> (último acceso xullo de 2022).
- Peiteado, C., Urivelarrea, P., Salguero, C., Casares, B., Navarro, A. (2022). Sistemas ganaderos. Una transición necesaria: menor producción y consumo, pero de mayor calidad. En: *Libro blanco de la alimentación sostenible en España*. ISBN: 978-84-18677- 44-1.
- Pereira T., Barroso S., Gil M.M. (2021). Food Texture Design by 3D Printing: A Review. *Foods* 10(2), 320. DOI: 10.3390/foods10020320.
- Pérez, B. (2017). Diseño de ingredientes: lo hedónico, natural y sostenible marca tendencia. Disponible en: <https://www.ainia.es/ainia-news/diseño-ingredientes-alimentarios/> (último acceso xullo de 2022).
- Pérez, B. (2018). Tendencias: Aumenta el interés industrial en las algas como ingrediente alimentario. Disponible en: <https://www.ainia.es/ainia-news/algas-ingrediente-alimentario-interes-industrial/> (último acceso xullo de 2022).
- Potter G., Smith A.S.T., Vo N.T.K., Muster J., Weston W., Bertero A., Maves L., Mack D.L., Rostain A. (2020). A More Open Approach Is Needed to Develop Cell-Based Fish Technology: It Starts with Zebrafish. *One Earth*, 3(1), 54-64. DOI: 10.1016/j.oneear.2020.06.005.
- Reglamento (UE) 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2011 sobre la información alimentaria facilitada al consumidor y por el que se modifican los Reglamentos (CE) no 1924/2006 y (CE) no 1925/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, y por el que se derogan la Directiva 87/250/CEE de la Comisión, la Directiva 90/496/CEE del Consejo, la Directiva 1999/10/CE de la Comisión, la Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, las Directivas 2002/67/CE, y 2008/5/CE de la Comisión, y el Reglamento (CE) no 608/2004 de la Comisión.

- Reglamento de Ejecución (UE) 2021/1975 de la Comisión de 12 de noviembre de 2021 por el que se autoriza la comercialización de las formas congelada, desecada y en polvo de *Locusta migratoria* como nuevo alimento con arreglo al Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo y se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470 de la Comisión.
- Reglamento de Ejecución (UE) 2021/882 de la Comisión de 1 de junio de 2021 por el que se autoriza la comercialización de larvas de *Tenebrio molitor* desecadas como nuevo alimento con arreglo al Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo y se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470 de la Comisión.
- Reglamento de Ejecución (UE) 2022/169 de la Comisión de 8 de febrero de 2022 por el que se autoriza la comercialización de las formas congelada, desecada y en polvo del gusano de la harina (larva de *Tenebrio molitor*) como nuevo alimento con arreglo al Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo y se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470 de la Comisión.
- Reglamento de Ejecución (UE) 2022/188 de la Comisión de 10 de febrero de 2022 por el que se autoriza la comercialización de las formas congelada, desecada y en polvo de *Acheta domesticus* como nuevo alimento con arreglo al Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo y se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470 de la Comisión.
- Rubio N., Datar I., Stachura D., Kaplan D., Krueger K. (2019). Cell-Based Fish: A Novel Approach to Seafood Production and an Opportunity for Cellular Agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 43. DOI: 10.3389/fsufs.2019.00043.
- Rumpold B.A., Schlüter O.K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57(5), 802–823. DOI: 10.1002/mnfr.201200735.
- Salvá, A. (2020). Cómo la impresión de alimentos puede revolucionar nuestro modo de comer. Disponible en: https://elpais.com/elpais/2020/08/07/planeta_futuro/1596787428_315193.html (último acceso xullo de 2022).
- Sánchez, E. (2022). Tecnología y sostenibilidad, claves para la alimentación del futuro. AINIA. Disponible en: <https://www.ainia.es/ainia-news/tecnologia-sostenibilidad-claves-alimentacion-futuro/> (último acceso xullo de 2022).
- SFI (Sustainable Food Initiative) (s. f.). Living Lab. Disponible en: <https://www.sfood.nl/livinglab> (último acceso xullo de 2022).

- Sicherer S.H., Sampson H.A. (2014). Food allergy: Epidemiology, pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 133(2), 291-307. DOI: 10.1016/j.jaci.2013.11.020.
- Swartz, E. (2019). Meeting the Needs of the Cell-Based Meat Industry. GFI. Disponible en: https://gfi.org/wp-content/uploads/2021/01/Cell-Based_Meat_CEP_Oct2019-2.pdf (último acceso xullo de 2022).
- Swartz, E. (2021). New studies show cultivated meat can have massive environmental benefits and be cost-competitive by 2030. GFI. Disponible en: <https://gfi.org/blog/cultivated-meat-lca-tea/> (último acceso xullo de 2022).
- Tang G., Jian Q., Dolnikowski G.G., Russell R.M., Grusak M.A. (2009). Golden rice is an effective source of vitamin A. *American Journal of Clinical Nutrition*, 89(6), 1776-1783. DOI: 10.3945/ajcn.2008.27119.
- UN (United Nations): Department of Economic and Social Affairs: Population Division (2019). World Population Prospects 2019: Highlights (ST/ESA/SER.A/423).
- UNFPA (Fondo de Poboación das Nacións Unidas) (2012). Estado de la Población Mundial 2011: 7 mil millones de personas su mundo, sus posibilidades.
- van Berkum, S., Dengerink, J., Ruben, R. (2018). The Food Systems Approach: Sustainable Solutions for a Sufficient Supply of Healthy Food. Wageningen Economic Research memorandum, No. 2018-064. The Hague: Wageningen Economic Research. DOI: 10.18174/451505.
- Vincent, A., Stanley, A., Ring, J. (2020). Hidden champion of the ocean: Seaweed as a growth engine for a sustainable European future. Seaweed for Europe.
- WCED (World Commission on Environment and Development) (1987). Our Common Future. Oxford: Oxford University Press.
- WhatIsCultivatedMeat.com (s. f.). The Process. How Is Cultivated Meat Made? Disponible en: <https://www.whatiscultivatedmeat.com/process> (último acceso xullo de 2022).
- WHO (World Health Organization) (2017). One Health. Disponible en <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/one-health> (último acceso xuño de 2022).
- WHO, UNICEF (2021). The extension of the 2025 Maternal, Infant and Young Child nutrition targets to 2030. Discussion paper. Disponible en: <https://data.unicef.org/resources/extension-of-2025-maternal-infant-young-child-nutrition-targets-2030/> (último acceso xuño de 2022).

- Xu X., Sharma P., Shu S., Lin T.-S., Ciais P., Tubiello F.N., Smith P., Campbell N., Jain A.K. (2021). Global greenhouse gas emissions from animal-based foods are twice those of plant-based foods. *Nature Food*, 2(9), 724-732. DOI: 10.1038/s43016-021-00358-x.
- Zhang C., Guan X., Yu S., Zhou J., Chen J. (2022). Production of meat alternatives using live cells, cultures and plant proteins. *Current Opinion in Food Science*, 43, 43-52. DOI: 10.1016/j.cofs.2021.11.002.



Esenciais

Breviarios de divulgación do saber

Últimas publicacións na colección

As telecomunicacións (2022)

Manuel J. Fernández Iglesias

Sistema inmunitario e vacinas (2022)

Andrea Fernández Carrera, Mercedes Peleteiro Olmedo e
África González Fernández

A astrofísica (2022)

Ana Ulla Miguel

O cambio climático (2021)

Diego Fernández Nóvoa, Marisela Des Villanueva
e Moncho Gómez Gesteira

Feminismo (2021)

Beatriz Suárez Briones e M.^a Jesús Fariña Busto



9 7 8 - 8 4 - 8 1 5 8 - 9 6 6 - 5

Alimentos do futuro

O actual sistema alimentario experimenta unha serie de problemas que provocan impactos tanto a nivel sanitario, como social, económico, cultural e ambiental. É por iso que o desenvolvemento dunha industria alimentaria saudable, segura, sostible, xusta e inclusiva presenta grandes desafíos, como facer fronte ao cambio climático ou ao esgotamento dos recursos naturais que afectan de maneira directa á produción futura de alimentos e que dependerá en gran medida de como de ben se conserven e utilicen estes recursos. Tanto as tecnoloxías dixitais como o deseño de mellores políticas públicas poderían axudar

a facer fronte a algúns dos problemas actuais do sistema alimentario. Por unha banda, a dixitalización (a través da análise de datos, os dispositivos móbiles, os equipos de precisión, as imaxes satelitais de alta resolución e a intelixencia artificial, entre outros) podería contribuír a aumentar a produtividade, a capacidade de resiliencia e a sustentabilidade dos sectores agrícola e pesqueiro. Por outra banda, un axuste das medidas políticas por parte dos gobernos (co obxectivo de orientalas ás oportunidades emerxentes) promoverá o investimento en I+D+i, sustentabilidade, infraestruturas, e sistemas de xestión de riscos.

Servizo de Publicacións

Universidade de Vigo

