

Secundino López Puente

Catedrático de Universidad
Departamento de Producción Animal
Escuela de Ingeniería Agraria y Forestal
Facultad de veterinaria

**¿ES SOSTENIBLE
PRODUCIR Y CONSUMIR
PROTEÍNA ANIMAL
EN EL SIGLO XXI?**

**Lección Inaugural del Curso Académico
2021-2022
Campus de León**



**universidad
de león**

SECUNDINO LÓPEZ PUENTE
Catedrático de Universidad
Departamento de Producción Animal
Escuela de Ingeniería Agraria y Forestal
Facultad de Veterinaria

¿ES SOSTENIBLE
PRODUCIR Y CONSUMIR
PROTEÍNA ANIMAL
EN EL SIGLO XXI?

SECUNDINO LÓPEZ PUENTE
Catedrático de Universidad
Departamento de Producción Animal
Escuela de Ingeniería Agraria y Forestal
Facultad de Veterinaria

¿ES SOSTENIBLE
PRODUCIR Y CONSUMIR
PROTEÍNA ANIMAL
EN EL SIGLO XXI?

LECCIÓN INAUGURAL
CURSO ACADÉMICO
2021-22
CAMPUS DE LEÓN





universidad
de león
■ Área de Publicaciones

- © Universidad de León
Área de Publicaciones
© Secundino López Puente

ISBN: 978-84-18490-33-0

Depósito legal: LE-270-2021

Diseño y maquetación digitales: Juan Luis Hernansanz Rubio

Imprime: CELARAYN comunicación gráfica

Impreso en españa / *Printed in Spain*

León, Septiembre 2021

*A quienes estáis conmigo
en este mundo,
acompañándome
en este viaje.*

*Ellas... “y mi canto
saben a quién nombro tanto”.*

(El Nano, “Decir amigo” 1974)

“Sine agricultura nihil”

“Higia pecoris, salus populi”

*“Atentamente expone, dos puntos
Que las manzanas no huelen*

...

Que el mar está agonizando

...

Que todo es desechable y provisional

...

*Que llegamos siempre tarde
donde nunca pasa nada”*

(El Nano, “A quien corresponda” 1981)

*“Pare
que el riu ja no és el riu.*

...

*Pare
que el camp ja no és el camp.”*

(El Nano, “Pare” 1973)

CONTENIDO

Introducción.....	13
¿Qué significa ser sostenible?.....	17
¿Hay distintas formas de ser sostenible?	22
¿Cómo afecta el desarrollo de la producción animal a las personas?.	31
¿Cómo influye el desarrollo de la producción animal sobre la prosperidad?.	51
¿Cuál es el impacto del desarrollo de la producción animal sobre el planeta?.....	65
¿Hay sistemas ganaderos más o menos sostenibles?.....	87
¿Una cuarta dimensión para la sostenibilidad de la producción de alimentos?.....	100
¿Cómo puede afectar el consumo de proteína animal a la salud y a la sostenibilidad de la ganadería?.....	101
¿Se puede disponer de alternativas a la proteína animal como alimento para las personas?.....	112
En conclusión, ¿es sostenible producir y consumir proteína animal en el siglo XXI?.	124
Bibliografía	135

Sr. Rector Magnífico de la Universidad de León
Distinguidas autoridades
Estimados colegas, estudiantes y compañeros
Amigos
Señoras y Señores

Introducción

En 1898, el químico inglés Sir William Crookes, uno de los científicos europeos más importantes del siglo XIX, pronunció un discurso que tituló “El problema del trigo”¹, en el que reflexionaba sobre la evolución de la producción y el consumo de este cereal en los países con un mayor nivel de desarrollo en aquel momento. En su discurso, Crookes realizaba lo que hoy podría llamarse un análisis de la sostenibilidad del modelo de producción del trigo, de su validez y proyección de futuro, y expuso su punto de vista sobre el estado de la cuestión con sentencias tales como: “a medida que se multiplican las bocas, los recursos alimenticios disminuyen”, “la tierra es una cantidad limitada, y la tierra para cultivar trigo es absolutamente dependiente de fenómenos naturales difíciles y caprichosos” o “el suelo productor de trigo es totalmente desigual a la presión que se ejerce sobre él”, de modo que “todas las naciones civilizadas están en peligro mortal de no tener suficiente para comer”. Cabe destacar que, durante todo el siglo XIX, la agricultura y la ganadería habían experimentado un desarrollo impresionante en los países anglosajones, al incorporar los principios de la revolución industrial a la producción agraria. Sin embargo, se empezaba a cuestionar la capacidad para mantener la producción de trigo a pesar de los avances tecnológicos y se hacía una previsión un tanto pesimista en el sentido de que, si no había cambios en las tendencias, en la década de los años 30 del siglo XX se produciría una hambruna que afectaría incluso a los países más desarrollados. Para llegar a estas conclusiones, Crookes partía del hecho de que el rendimiento de la producción trigo por unidad de superficie está limitado por la disponibilidad de nitrógeno en el suelo y en aquel momento los únicos fertilizantes

1 Crookes, W. (1898). Address of the President Before the British Association for the Advancement of Science, Bristol, 1898. *Science* 8(200), 561-575. <http://www.jstor.org/stable/1627238>
Revisado por Giffen, R. (1899). The wheat problem. *Nature* 61, 169-171. <https://doi.org/10.1038/061169a0>

nitrogenados de los que se disponía eran el guano y los nitratos del caliche o nitrato de Chile procedentes de Sudamérica. Aunque no se sabía exactamente cuál era la disponibilidad real de las reservas de guano y nitratos, ya se había asumido que las mismas eran limitadas y podrían agotarse en poco tiempo. Sin fertilizantes nitrogenados, la producción de grano sería insuficiente para cubrir las necesidades de la población. El cambio necesario para resolver el problema se produjo unos años más tarde, una vez que el Nobel de química de 1918, el alemán Fritz Haber, consiguió desarrollar los métodos para la síntesis química del amoníaco y de los fertilizantes nitrogenados².

Sin embargo, lo que en su día había resuelto la ciencia no pudo evitarse unas décadas más tarde. La hambruna llegó, no cuando se había predicho y no por la falta de conocimiento para producir más, sino como consecuencia de los efectos devastadores de los conflictos bélicos. Así, tras la segunda guerra mundial, muchas regiones del mundo tuvieron que afrontar una situación de escasez de alimentos para una población creciente que afectó incluso a los países europeos más desarrollados. Para paliar esta deficiencia hubo que recurrir de nuevo a la ciencia, de modo que algunos países destinaron medios suficientes para incentivar la generación de conocimiento y la aplicación de los avances científicos y tecnológicos a los sistemas de producción de alimentos. De este modo, a partir de la década de los 60 del siglo XX se produjo un proceso que, con el tiempo, terminaría llamándose la revolución verde³. En apenas 20 años la mejora de las plantas de cultivo y de las prácticas agronómicas se tradujeron en un aumento extraordinario de la producción agrícola. Este aumento se observó inicialmente, sobre todo, en la producción de los tres cereales clave en la alimentación humana: el trigo, el arroz y el maíz. Posteriormente, se extendió a muchos otros cultivos, tales como el sorgo, la patata, la mandioca, la soja o las alubias, siendo un factor esencial para aumentar la disponibilidad de alimentos de origen vegetal. Durante el mismo periodo, a medida que aumentaba el nivel adquisitivo de la población también aumentó de forma exponencial la demanda de alimentos de origen animal, considerados como de mejor calidad, además de un indicador de un estatus social superior. Consecuentemente, las mismas fuerzas que propiciaron el aumento de la producción agrícola impulsaron

2 Haber, Fritz (1920). The synthesis of ammonia from its elements. Nobel Lecture, 2 de junio de 1920. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2021. <<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1918/haber/lecture/>>

3 Borlaug, Norman (1970). The green revolution, peace, and humanity. Nobel Lecture, 11 de diciembre de 1970. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2021. <<https://www.nobelprize.org/prizes/peace/1970/borlaug/lecture/>>

cambios profundos en los sistemas de producción animal. Aunque a lo largo de más de diez mil años la ganadería había evolucionado considerablemente con avances significativos, el modelo de producción en las granjas había sido esencialmente el mismo desde el inicio de la domesticación, caracterizado por un casi nulo suministro de energía fósil, una integración casi completa de los sistemas de producción animal y vegetal en el medio natural y una economía de subsistencia. En los países más desarrollados del norte de Europa y América ya se habían apreciado cambios importantes a partir de la revolución industrial iniciada en el siglo XVIII. Pero los cambios más profundos y globales en el sector agrícola y ganadero son los acaecidos a partir de la revolución verde, con una intensificación progresiva e imparable de los sistemas de producción hasta nuestros días. En contraste con los sistemas anteriores a la revolución verde, los llamados sistemas intensivos de producción agraria se caracterizan por un mayor suministro de energía fósil al sistema (hasta ser, aparentemente, el único aporte energético en sistemas ultraintensivos), un alejamiento y desligamiento del medio natural (las plantas y los animales crecen en condiciones ambientales completamente controladas) y un modelo económico empresarial, de escala y de mercado. Hay algo que no admite réplica en relación con los nuevos sistemas de producción de los alimentos surgidos con la revolución verde: el aumento en la cantidad de alimento que se obtiene y la mejora de la eficiencia del proceso son de una magnitud extraordinaria, probablemente incluso superior a lo que se pretendía cuando se inició dicha revolución. Según la FAO, en la década de los años 60, más de la mitad (un 56 %) de la población mundial no tenía acceso a un aporte energético diario de unas 2200 kcal. Treinta años más tarde (década de los 90) ese porcentaje había caído a sólo un 10 %, y eso a pesar del aumento demográfico y de los conflictos bélicos en muchos países. En solo 120 años la población mundial casi se ha quintuplicado pasando de 1 600 millones de humanos en el planeta en 1900, a unos 7 800 en 2020. Se llegó a los 3 000 millones en 1960, a los 4 000 en 1974, a los 5 000 en 1987, a los 6 000 en 1999 y a los 7 000 en 2011. Las predicciones son que en 2026 o 2027 seremos 8 000 millones y que se alcanzará la cifra de los 10 000 millones en los primeros años de la década de los 50 de este siglo. Hasta ahora, la revolución verde ha permitido que haya alimento para casi todos y hasta es posible que haya favorecido el aumento de la población humana en el siglo XX; se produce más para alimentar a más personas, y hay más personas porque se dispone de más alimento.

Un ejemplo clásico del progreso alcanzado con la ganadería intensiva es el del engorde de los pollos de carne. En sólo medio siglo se ha conseguido cuadruplicar su velocidad de crecimiento y cada año ha sido posible conseguir el mismo peso final de los pollos con un día menos de engorde. En el momento presente, en tan sólo cinco semanas de vida (o algo menos) los pollos alcanzan un peso igual a 40 veces su peso al nacimiento. Los cambios en la producción animal no afectaron solo a la obtención de carne, leche o huevos a partir de las especies ganaderas más tradicionales. A finales del siglo XX, en respuesta a la reducción paulatina de las capturas de pesca y a la demanda creciente de pescado, productos del mar y otros alimentos derivados de organismos acuícolas, se inició la implantación de la acuicultura o cultivo de especies acuáticas vegetales y animales. En tan solo tres décadas los avances en la acuicultura han sido formidables. En la actualidad la cantidad de alimento procedente del cultivo de organismos acuáticos es superior a la obtenida mediante la extracción y la pesca y todo parece indicar que la diferencia se irá haciendo más amplia con el paso del tiempo. En muy poco tiempo se ha pasado de criar peces en zonas costeras con estructuras inmersas en el propio medio marino a tener granjas de langostinos en Medina del Campo. Para captar una imagen de la velocidad a la que se han producido estos cambios se puede representar toda la historia de la humanidad, desde que se estima que apareció el *Homo sapiens* en el planeta hasta nuestros días, condensada en un año natural de 365 días. Dentro de ese año, la revolución verde supondría tan sólo unas 2 horas y media, lo que viene siendo la cena de Nochevieja y la despedida del año con las uvas. Es posible que en tan breve espacio de tiempo tanto la cantidad total de alimento producido como el impacto social, económico, humano y ambiental de dicho cambio hayan sido mayores que en todo el periodo anterior con una duración de varios milenios. La revolución ha sido muy productiva y eficiente, pero puede llegar el momento en que muera de éxito.

Es indudable que se necesita producir alimentos. Sin embargo, tal y como he querido reflejar en el título, al final estos casos nos llevan a plantearnos numerosas cuestiones, tales como ¿es sostenible producir alimentos de esa manera?, ¿es posible otra producción de alimentos?, ¿es así como queremos y podemos producir?

Asumo que detrás de la formulación del título de esta lección en forma de interrogación pueda haber cierto intento de despertar curiosidad o de llamar la atención de la audiencia. Pero es más importante la intención de mostrar

que se trata de un tema realmente complicado, al que no se va a poder dar una respuesta sencilla. Que nadie espere un sí o un no como contestación a las preguntas, a no ser que se responda de una forma irreflexiva o, lo que sería aún más criticable, interesada. Es un asunto complejo sin solución sencilla. Es oportuno, y no siempre factible, analizar rigurosamente todas las opciones, todas las alternativas, todas las posibles consecuencias de una u otra opción. Es lo que se llama un problema retorcido (en inglés, *wicked problem*).

¿Qué significa ser sostenible?

El uso de los términos *sostenibilidad* y *desarrollo sostenible* es relativamente reciente (a partir de las últimas décadas del siglo XX) y se consolida progresivamente a partir de su formulación en reuniones científicas y asambleas de las Naciones Unidas en las que se han abordado temas relacionados con la producción de alimentos y la conservación del medio ambiente.

En español, la palabra *sostenible* puede considerarse un neologismo terminológico ya que, en el sentido en el que se usa en esta lección, no fue incluido en el Diccionario de la Lengua Española (DLE) hasta su 23ª edición publicada en 2014 por la Real Academia (RAE). Hasta ese momento, sostenible se definía como aquello “que se puede sostener”, pero la consolidación de su uso en los últimos 30 años determinó que se incluyera una nueva acepción, con la definición de aquello “que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente”, indicando que dicha definición se aplica “especialmente en ecología y economía”, y sugiriendo su uso en expresiones tales como “desarrollo o economía sostenible”. En ambos campos del conocimiento la palabra proviene de la inglesa *sustainable* y cabe mencionar que en algunos países de habla hispana el término que se ha extendido es el de sustentable. Aunque hay quien sugiere que sostenible hace referencia a algo que se mantiene en el tiempo y sustentable a algo que se puede mantener por su propia naturaleza, la RAE reconoce ambos términos como sinónimos. Antes de la inclusión de sostenible o sustentable en el DLE, hubo quien propuso que la palabra más indicada en castellano con ese significado debería ser la de perdurable, pero su uso no se consolidó, como así lo han hecho los otros dos términos referidos. Por último, las palabras sostenibilidad o sustentabilidad se usan para referirse a la “cualidad de sostenible”.

El término “desarrollo sostenible” se introduce como tal por primera vez en 1980 en el título de la publicación oficial de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) *World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development*⁴, considerado también uno de los primeros documentos dedicados a las estrategias de conservación de los recursos naturales con aportaciones de numerosos gobiernos, ONG y científicos independientes.

Posteriormente, en el año 1987, el concepto de “desarrollo sostenible” cobra mayor relevancia tras la publicación del informe “*Our common future*”⁵ (“Nuestro futuro en común”) por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (*World Commission on Environment and Development*) de las Naciones Unidas, suscrito por la primera ministra noruega Gro Harlem Brundtland en calidad de presidenta de la Comisión. El informe enfoca la idea del desarrollo sostenible⁶ como una forma de progreso centrada en el momento presente; pero sin perder la perspectiva del futuro. Así, se concluye que la humanidad tiene la capacidad y la responsabilidad de lograr un desarrollo sostenible que es aquel con el que “se pueden satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para cubrir sus propias necesidades”. La definición incluye dos ideas clave. La primera es la de que la prioridad es satisfacer debidamente las necesidades esenciales (alimento, vestido, cobijo, empleo) de las personas, en especial de las que tienen mayores limitaciones y dificultades de acceso a los recursos. Es importante resaltar que el informe deja claro que la pobreza que afecta a muchas personas no es algo inevitable, y podría paliarse con una mejor redistribución de la riqueza. La segunda idea hace referencia implícita a que, independientemente del progreso tecnológico, el planeta es un recurso finito; y hay que ser conscientes de que esa limitación debe condicionar el modo en el que se pueden extraer recursos de la naturaleza para satisfacer nuestras necesidades. Aunque es legítimo priorizar la obtención de todo lo que realmente se necesita, no se puede hacer a expensas de agotar o esquilmar el medio del que proceden los recursos, superando los límites que comprometerían la capacidad para poder obtener recursos en el futuro. Debe ser posible alcanzar los objetivos de desarrollo humano sin

4 International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (1980). *World conservation strategy: Living resource conservation for sustainable development*. IUCN-UNEP-WWF.

5 Brundtland, G.H. (1987). *Our common future: Report of the World Commission on Environment and Development*. UN-Docmento A/42/427, Ginebra.

6 Es oportuno mencionar que en el documento publicado en español la expresión “sustainable development” se tradujo como “desarrollo duradero”.

degradar la integridad y la estabilidad de los ecosistemas. De este modo, se hace hincapié en dos aspectos clave de la sostenibilidad desde la perspectiva ambiental: el mantenimiento de los recursos y la estabilidad ambiental de nuestro planeta. En el informe Brundtland se concluye que el desarrollo sostenible es un “proceso de cambio en el que la explotación de recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y los cambios institucionales se coordinan en armonía con el fin de mejorar el potencial actual y futuro para satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas”. Es relevante la idea de “proceso de cambio” o de transformación positiva hacia una situación mejor que la actual.

En 1992, la Cumbre de la Tierra o Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo se reunió en Río de Janeiro y, entre otras actuaciones, culmina con la Declaración de Río que incluye el Programa XXI de la ONU⁷ (también llamada Agenda 21) con el propósito de promover el desarrollo sostenible en el siglo XXI. En el Programa se acepta la necesidad de un “desarrollo sostenible” tal y como había sido formulado en el informe Brundtland, y se definen los “tres pilares” de la sostenibilidad: el progreso económico, la justicia social y la conservación del medio ambiente.

En 2009, la *Royal Society* definió la sostenibilidad de la producción agraria como la capacidad de obtener los productos requeridos (por ejemplo, alimentos) en sistemas caracterizados por cuatro atributos específicos que son la persistencia o perdurabilidad (durante largos periodos de tiempo), la autarquía (con un mínimo aporte de elementos o factores de producción exógenos o importados de fuera del propio sistema), la resiliencia (manteniendo el funcionamiento del agroecosistema y su capacidad de responder, absorber o incluso beneficiarse de las perturbaciones) y la conservación del suelo, el agua o la biodiversidad (sin agotar el capital natural o la disponibilidad de recursos de dichos ecosistemas).⁸

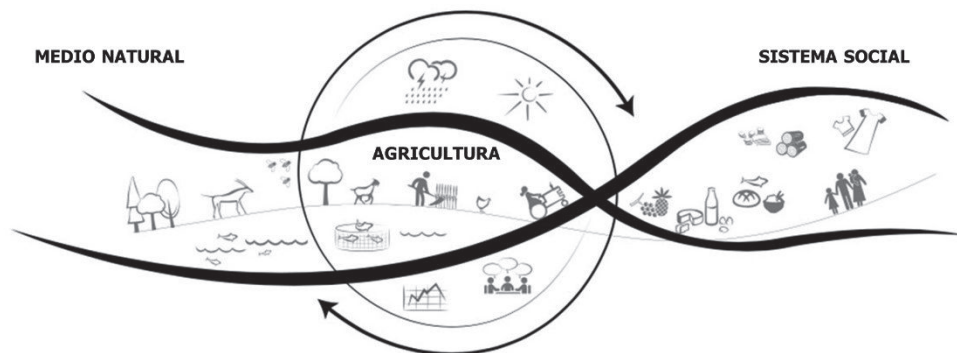
Para una mejor comprensión del concepto de sostenibilidad, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) propuso un modelo (Figura 1) para definir a la agricultura (que incluye a la ganadería y la acuicultura) como una interfaz entre el sistema o medio

7 Naciones Unidas (1992). *Cumbre para la Tierra: Programa 21*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNCED). <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21toc.htm>

8 Royal Society (2009). *Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture*. Royal Society, Londres.

natural y el sistema social (antrópico o humano). En su conjunto, es lo que se denomina un agroecosistema.

Figura 1. La agricultura según el modelo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.



A partir del medio natural se puede disponer de los recursos y los servicios ambientales que son utilizados para obtener los productos (alimentos) y ciertos servicios económicos y sociales requeridos por las personas. La producción agraria representa un enlace entre ambos sistemas, siendo preciso alcanzar varios objetivos esenciales para llegar a ser sostenible: 1) mejorar la eficiencia en la gestión (el uso) de los recursos; 2) conservar, proteger y mejorar el medio natural y sus recursos; 3) proteger y mejorar los medios de subsistencia en el mundo rural, la equidad y el bienestar social en el sistema humano; 4) fortalecer la resiliencia de las personas, las comunidades y los ecosistemas al cambio climático y la volatilidad de los mercados y 5) promover políticas de gobernanza responsables y eficaces.⁹

Más recientemente, en 2016, entró en vigor la resolución 70/01 de la Asamblea General de las Naciones Unidas titulada “Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”¹⁰, en la que se propusieron y precisaron los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que se ilustran en la imagen divulgada por la propia ONU (Figura 2).

9 FAO (2015). *Construyendo una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles: Principios y enfoques*. FAO, Roma.

10 ONU (2016). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Resolución A/RES/70/1 de la ONU de 25 de noviembre de 2015. <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/70/1>.

Figura 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas.



Creo oportuno mencionar en este punto la noticia publicada en el Diario de León el 23 de abril de este año con el titular “La Universidad de León se hace hueco en aportación al desarrollo sostenible” informando de una evaluación internacional de la contribución de 1.154 universidades de 96 países a los ODS de la ONU. Este estudio situó a la Universidad de León entre las seiscientas mejores del mundo por su contribución relevante a ODS tales como “no pobreza”, “igualdad de género”, “hambre cero”, “salud y bienestar”, “educación de calidad”, “reducción de las desigualdades”, “ciudades y comunidades sostenibles”, “paz, justicia e instituciones sólidas” y “alianzas para lograr los objetivos”¹¹.

Volviendo al tema que nos ocupa, aunque casi todos los ODS deben ser considerados en los sistemas de producción de alimentos, el que se refiere de forma más explícita a la necesidad de desarrollar modelos de agricultura y ganadería sostenibles es el segundo objetivo, definido como “HAMBRE CERO. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible: Lucha contra el hambre”.

11 DL (23 de abril de 2021). La Universidad de León se hace hueco en aportación al desarrollo sostenible. *Diario de León*. <https://www.diariodeleon.es/articulo/leon/universidad-leon-hace-hueco-aporcion-desarrollo-sostenible/202104230132252106922.html>

A partir del informe Brundtland, y en las sucesivas resoluciones de las Naciones Unidas, hay aspectos que son las claves para comprender el concepto de desarrollo sostenible, y que pueden sintetizarse en los siguientes puntos:

- La supervivencia y el bienestar de las personas debe ser el primer objetivo del desarrollo, garantizando los principios de equidad (garantizar a toda la población la distribución y el acceso a los recursos y la igualdad de oportunidades) y de solidaridad y compromiso con las generaciones futuras.
- La conservación del medio ambiente y de los recursos naturales es necesaria para garantizar la continuidad en la obtención de bienes y servicios de la naturaleza y, por tanto, para satisfacer las necesidades de las personas.
- Toda la humanidad tiene la responsabilidad de que se alcancen ambos objetivos, si bien es necesario que los Estados asuman su responsabilidad institucional y que la cooperación internacional sea efectiva para que el desarrollo sostenible tenga un alcance global.

¿Hay distintas formas de ser sostenible?

En ocasiones se oye hablar de sostenibilidad económica o de sostenibilidad ambiental. Estas expresiones pueden dar la idea de que puede haber desarrollo sostenible con el logro de objetivos de un único ámbito de actuación. Sin embargo, es importante destacar que, conceptualmente, en la idea de desarrollo sostenible hay un intento evidente de abordar las implicaciones sobre todos los elementos involucrados en el proceso de desarrollo, en especial sobre las personas (sus necesidades o cómo se ven afectados por el propio desarrollo), sobre sus actividades sociales y económicas y sobre el medio ambiente. Por este motivo, es ampliamente reconocido que cualquier proceso de desarrollo, para ser sostenible, tiene que asentarse en tres pilares esenciales: el social, el económico y el ambiental. Haciendo un juego de palabras dado que la palabra pilar empieza con la letra “p” (en inglés *pillar*), los pilares del desarrollo sostenible son las personas, la prosperidad o productividad y el planeta (en inglés *people, profit* y *planet*). No son tres formas distintas o independientes de ser sostenible.

El desarrollo sostenible es la integración de los tres pilares, representados por tres círculos enlazados en un gráfico de conjuntos (Figura 3). Los tres círculos no aparecen completamente aislados y separados uno del otro, entre ellos hay áreas de solapamiento en las que se sitúan características o propiedades que responden a los dos ámbitos involucrados. Un desarrollo realmente sostenible es el que se sitúa en el área en el que hay una intersección de los tres pilares.

Figura 3. Los tres pilares esenciales del desarrollo sostenible.



En el ámbito de lo social, el principal objetivo de un sistema productivo es el de cubrir las necesidades de las personas, en este caso una necesidad básica y fundamental, como es la de proporcionar alimentos que deben ser consumidos a diario. Pero este no puede ser el único objetivo, el sistema debería de garantizar un cierto grado de bienestar en todas las personas implicadas en el proceso de producción. En este sentido, y por orden secuencial, los sistemas de producción ganadera deberían proporcionar un medio de vida digno y merecido para el productor, tanto para el propietario de grandes empresas, como para el pequeño ganadero que gestiona una granja familiar, como para

la industria del sector agroalimentario. Sería preciso incluir aquí también a los empleados que realizan su trabajo sin participar en la propiedad de la empresa o de la granja. Las condiciones laborales, relacionadas tanto con la remuneración como con el modo en el que se realiza el trabajo, deberían ser aceptables y garantizar un cierto nivel de calidad de vida. En el otro extremo de la cadena se encuentra el consumidor. En este sentido, no debería ser suficiente con que pudiera tener un acceso garantizado y equitativo al alimento para poder satisfacer una necesidad básica. Debería ser posible que el sistema proporcionase alimentos de calidad, tanto nutricional como sanitaria, al que pudieran tener un acceso equitativo todas las personas. La salud del consumidor debería estar garantizada, y no solo su mantenimiento, en la medida de lo posible también su mejora. La seguridad alimentaria es también un aspecto clave, no pueden obtenerse alimentos que puedan poner en riesgo la salud del consumidor. Para permitir el progreso social, el acceso a esos alimentos nutritivos, sanos y seguros no debe ser elitista, sino algo asequible al nivel de vida del conjunto de la población. Aunque puede considerarse el propósito prioritario, si solo hay “sostenibilidad social”, se puede decir que el sistema sería justo, pero no llega a ser sostenible. Algunos autores consideran algunos aspectos adicionales que deben ser tenidos en cuenta al valorar la sostenibilidad de los sistemas de producción animal y que, por su importancia, han llegado a ser considerados como otros “pilares” de dicha sostenibilidad. Me estoy refiriendo aquí a cuestiones tales como aspectos éticos (pilar “principios”), culturales (pilar “patrimonio”) o de bienestar animal (pilar “protección”). Sin menoscabar su indudable importancia en el campo de la producción de alimentos de origen animal, creo que estos asuntos están relacionados, en último término, con las personas y, por este motivo, serán consideradas dentro del pilar “social”.

Si lo que se analiza por separado es el aspecto económico o la eficiencia (la prosperidad o la productividad), un sistema productivo tendría de proporcionar suficiente (en la medida de lo posible el “máximo”) beneficio y lucro para garantizar un rendimiento competitivo de la inversión realizada. Sería deseable que se pudiesen reducir los riesgos, para favorecer la estabilidad y la seguridad de dicha inversión. Siempre que pudiera conseguirse una rentabilidad económica sólida, tendría que haber oportunidades para un crecimiento persistente, con el fin de poder aumentar cada vez más y más, y de forma continua, el beneficio que puede obtenerse. Son, básicamente, las reglas de una economía de mercado: obtener la mayor cantidad de producto posible y acortar los ciclos de producción, con el objetivo final de reducir

costes y aumentar el margen de beneficio. Incluso en las sociedades menos capitalistas, y aunque se trate de un sector básico y estratégico como es el abastecimiento de alimentos, en nuestros días cualquier sistema ha de ser económicamente rentable o viable; de otro modo no puede subsistir. Aplicando los principios más radicales del capitalismo no basta con ganar, es preciso además que la ganancia sea cada vez mayor. Un ejercicio económico con beneficios elevados, pero de menor cuantía que los obtenidos en el ejercicio anterior no se considera un buen ejercicio; siempre hay que ganar más y nunca hay que ganar menos. Pero ya surgen muchas dudas sobre si este crecimiento, entendido como un mero aumento de cantidad y casi sin límite, puede ser perdurable. Es preferible hablar de desarrollo, ya que este término implica tanto un crecimiento cuantitativo como un cambio en la forma de crecer y, por ello, se asume que puede ser sostenible. En términos de producción animal, se trata, fundamentalmente, de aumentar (“crecimiento”) o mejorar (“desarrollo”), en la medida de lo posible, la eficiencia de transformación de los alimentos que consume el animal en los productos (fuentes de proteína animal) que el hombre obtiene de dichos animales. Para lograrlo, es necesario disponer de animales más eficientes, algo que se ha conseguido mediante la mejora genética, y aportar las condiciones ambientales idóneas con las que el animal pueda expresar todo su potencial genético y alcanzar la máxima eficiencia, mejorando su alimentación, sanidad y manejo. Cuando hay “sostenibilidad económica”, el sistema es rentable. Sin embargo, cuando solo se cumple con este criterio, el sistema productivo puede no llegar a ser sostenible.

Por último, cuando sólo se atiende a la dimensión ambiental (el planeta), un proceso es sostenible cuando es respetuoso con el medio, conservando los componentes físicos y bióticos de los ecosistemas y preservándolos de posibles perturbaciones. Para ello, es necesaria una gestión racional de los recursos naturales, de forma que no se agoten y su disponibilidad perdure en el tiempo, o que puedan ser renovados dando tiempo para la recuperación del sistema tras la extracción. Por otra parte, el proceso productivo, como cualquier actividad humana, va a tener un impacto sobre el medio, fundamentalmente a partir de residuos y elementos (compuestos químicos, emisiones gaseosas) de deshecho que son generados y vertidos a dicho medio. Para ser sostenible es preciso que dicho impacto sea mínimo y no altere las condiciones del medio. En el caso de que se provoque una perturbación inevitable, la intensidad y duración de esta no deben ser de tal magnitud que ocasionen cambios irreversibles o que afecten a la capacidad del sistema

para recuperarse y amortiguar las alteraciones evitando la persistencia de secuelas. La sostenibilidad ambiental se caracteriza por los cuatro atributos definidos por la *Royal Society* anteriormente referidos: perdurabilidad, austeridad, resiliencia y conservación¹². Un sistema de producción puede llegar a ser insostenible cuando hay un uso ineficiente y esquilador de los recursos naturales, hay una acumulación excesiva de productos nocivos o se provoca un deterioro del medio o de las condiciones ambientales alterando el equilibrio e impidiendo el normal funcionamiento de los ecosistemas o su capacidad de respuesta a futuras perturbaciones. Es importante que el impacto sobre el suelo, el agua o la atmósfera no llegue a perjudicar de forma definitiva a los seres vivos que forman parte del ecosistema. En este sentido, cobra especial relevancia que no haya una pérdida significativa de la biodiversidad o se provoque la extinción de especies, variedades o genotipos. También es esencial que no llegue a producirse una degradación o contaminación ambiental que pueda ser nociva para la salud de los humanos. Si solo hay “sostenibilidad ambiental”, el sistema sería limpio o ecológico, pero no sostenible.

Puede haber solapamientos o intersecciones dobles, con los que se mejora la sostenibilidad, pero siguen siendo sistemas que no son realmente sostenibles o perdurables a largo plazo. Veamos algunos ejemplos.

Un sistema en el que se genere riqueza sin dañar el medio ambiente, pero que no beneficie a las personas podría ser viable, pero no sostenible. De este tipo de situaciones hay multitud de ejemplos en el pasado o en estados en los que no hay distribución de la riqueza. Lo que se produce termina en el beneficio de unos pocos, hay suficiente abundancia para que esos pocos se enriquezcan, mientras que la mayoría de la población sufre escasez y sobrevive al servicio de los poderosos. La cantidad de producto que se extrae no es muy grande y el impacto sobre la naturaleza no llega a ser severo y puede ser absorbido por los ecosistemas, que tienen tiempo suficiente para recuperarse. Ha habido sistemas productivos de este tipo durante milenios, por eso se puede decir que son viables. Sin embargo, a medida que se ha producido un crecimiento importante de la población humana y que se han implantado sistemas de organización social más igualitarios, dichos sistemas han dejado de ser una alternativa. Las enormes desigualdades sociales y territoriales hacen que no sean una posibilidad de desarrollo sostenible.

¹² Royal Society (2009). *Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture*. Royal Society, Londres.

Un sistema productivo muy rentable y justo, que genere una gran cantidad de riqueza que se distribuye entre la población de forma que una mayoría de personas se beneficia, en mayor o menor medida, de lo que se produce, sería un sistema equitativo o igualitario. Pero, si no se cumplen con los criterios de sostenibilidad ambiental el desarrollo no es sostenible o perdurable. A largo plazo hay un deterioro del medio ambiente, del que se obtiene la producción y los efectos terminan siendo negativos sobre la eficiencia de generación de riqueza, sobre la economía y sobre las propias personas. Esta es una situación que puede apreciarse en el presente en algunos países de los llamados más desarrollados en los que se ha implantado un estado de bienestar social. Se han conseguido sistemas productivos muy eficientes con una enorme generación de riqueza (producto interior bruto muy elevado y con tendencia creciente) y hay un reparto, no igualitario, pero relativamente distributivo, de dicha riqueza. Sin embargo, tal y como sucede en la actualidad, los logros de este sistema son a expensas de daños continuos y cada vez mayores en el medio ambiente. Al final, no se puede producir más, se reduce la eficiencia de la producción y un ambiente contaminado no es el mejor medio para las personas.

Finalmente, se puede imaginar un sistema de organización social sin ánimo de lucro, con los únicos objetivos del bien de toda la comunidad y de la conservación del medio natural, en el que las personas viven en armonía y del que sólo toman lo que necesitan. Esta situación se observa en comunidades prehistóricas, anteriores a lo que se ha llamado civilización, o en algunas comunidades nativas aisladas o menos permeables a los “modos de vida modernos”. Quizás también podrían identificarse en algunas sociedades imaginadas para el futuro, descritas en textos que se han denominado de “ciencia ficción”. Estos sistemas han sido clasificados como aceptables o tolerables (soportables); pero, siendo realistas de cómo se organiza la sociedad en la actualidad, son más bien sistemas que podrían catalogarse como utópicos. Sólo en situaciones concretas y especiales estos sistemas han perdurado. En muchos casos, la ausencia de ánimo de lucro ha terminado afectando a la eficiencia en el proceso productivo, y termina no siendo suficiente para abastecer la demanda de las personas, especialmente cuando el tamaño de la población se incrementa en una magnitud como la observada en el último siglo. En otros casos, la percepción de que con este sistema no se puede mejorar hace que termine rompiéndose un equilibrio que es frágil. Algo así ha sucedido cuando desde los países más pobres se percibe que es posible acceder a una vida mejor, aunque sea a expensas de una mayor desigualdad

o en detrimento del medio natural. En cualquier caso, en el momento actual esta situación parece inconcebible, y un tanto insostenible, en las sociedades capitalistas ya que no parece compatible con la libertad de mercado.

Retomando los 17 objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 de la ONU, podrían asignarse a cada uno de los tres ámbitos mencionados (social, ambiental o económico) o colocarlos en algunos de los solapamientos. Así, hay objetivos relacionados con las personas (ODS 1-5), con el planeta (ODS 6 y 12-15), con la prosperidad (ODS 7-11), con la paz (ODS 16) o con los pactos o la participación (ODS 17) (Figura 4).

Figura 4. Asignación de los 17 ODS de la Organización de las Naciones Unidas a cada uno de los pilares de la sostenibilidad.



No exenta de cierto idealismo, la Agenda 2030 es categórica en cuanto a que el desarrollo sostenible solo podrá conseguirse si se abordan todos y cada uno de los objetivos, representado una vez más en la confluencia de los tres pilares clave. Habrá que irse enfrentando a cada uno de ellos con planes de actuación realistas, pero la meta de un desarrollo sostenible o perdurable solo parece alcanzable si hay mejoras efectivas en todas ellas. Al constatar que se trata de un asunto multifactorial y multidimensional en

el que será difícil llegar a conciliar los tres pilares o ámbitos con intereses aparentemente contrapuestos es cuando se puede apreciar la complejidad de un concepto que, en la teoría, tiene una definición aparentemente sencilla. Es oportuno indicar que el concepto de sostenibilidad no es inmutable y evoluciona con el tiempo, dependiendo de factores tales como las necesidades de la humanidad o el nivel de desarrollo y progreso en cada momento. Así, por ejemplo, en Europa se observó una evolución evidente durante el siglo XX. En la postguerra la prioridad fue el abastecimiento de alimento y, una vez alcanzado cierto nivel adquisitivo, de proteína animal a la población. Era una prioridad esencialmente de carácter social. Sólo unas décadas más tarde, ante las oportunidades que emergieron a partir de la revolución verde los sistemas ganaderos fueron observados como una oportunidad de inversión y negocio que podían llegar a tener una alta rentabilidad. Aunque las necesidades básicas podían estar cubiertas, siempre era posible incentivar la demanda con nuevos productos y siempre se podía exportar el exceso de producción a países con menor producción. Fue una fase en la que se primó el pilar económico. Hacia final del siglo XX se empezaron a apreciar los efectos de un crecimiento acelerado e intenso de la productividad sobre el medio ambiente y es, entonces, cuando se toma conciencia de que el pilar medioambiental no puede ser ignorado y debe cobrar una mayor relevancia. Además, a pesar de que debería de tratarse de un asunto de carácter global, la idea de sostenibilidad no es invariable y única para cualquier lugar de nuestro mundo. Si nos centramos en un determinado momento (por ejemplo, en el presente), no todos los países tienen el mismo grado de desarrollo tecnológico, ni la población el mismo nivel de riqueza o poder adquisitivo. Por no mencionar la enorme diversidad cultural. Así, lo que puede considerarse más sostenible en países con un mayor nivel de desarrollo puede no serlo en los llamados países emergentes.

Por centrarnos en nuestro entorno más cercano y en el momento presente, en diciembre de 2019 se presentó el Pacto Verde Europeo¹³, una estrategia de crecimiento sostenible para la Unión Europea (UE) con el propósito de conseguir una “sociedad climáticamente neutra, equitativa y próspera, con una economía eficiente en el uso de los recursos, rentable y competitiva, justa y socialmente equilibrada”. De este modo, el Pacto Verde pretende abordar

¹³ Comisión Europea (2019). *El Pacto Verde Europeo* (documento COM/2019/640 final). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=ES>

todos los ámbitos del desarrollo sostenible. Uno de los objetivos clave es reducir los efectos del cambio climático y la degradación del medio ambiente, y conseguir que la UE sea un espacio climáticamente neutro en 2050, para lo que será necesario reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero. Otros objetivos de este Pacto son impulsar un uso eficiente de los recursos mediante el paso a una economía limpia y circular en la que no haya personas ni lugares que se queden atrás, restaurar la biodiversidad y reducir la contaminación. Muchos de los planteamientos e ideas del Pacto Verde han inspirado el documento “España 2050: Fundamentos y propuestas para una Estrategia Nacional a largo plazo”¹⁴. En la Comunicación de la Comisión se presenta una hoja de ruta en la que se programan numerosas actuaciones clave, entre las que cabe destacar la Ley Europea del Clima o el Mecanismo para una Transición Justa.

Figura 5. Objetivos de la Unión Europea (2021-2027) para la mejorar la sostenibilidad de la producción agraria.



14 Gobierno de España, Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia (2021). España 2050: Fundamentos para una Estrategia Nacional de Largo Plazo. https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia_Espana_2050.pdf

El Pacto abarca todos los sectores de la economía (transporte, energía, industria, movilidad, etc.), destacando dos directamente relacionados con la producción de los alimentos. Por una parte, el plan de acción “de la granja a la mesa” con el que se pretende idear un sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medioambiente garantizando una cadena alimentaria más sostenible para que todos los ciudadanos de la UE tengan acceso a una alimentación sana y asequible. Con la otra línea de acción se procura mejorar la sostenibilidad (social, medioambiental y económica) de la producción agraria y de las zonas rurales de la UE gracias a la política agrícola común (PAC) que, para el período 2021-2027, se orienta hacia la consecución de nueve objetivos clave (Figura 5).

¿Cómo afecta el desarrollo de la producción animal a las personas?

El hombre siempre ha consumido alimentos de origen animal. Su aparato digestivo no es el de un animal herbívoro especializado para una mejor utilización de la fibra alimentaria. Aunque habitualmente clasificado como un animal omnívoro, los humanos hemos sido esencialmente una especie oportunista, consumiendo uno u otro alimento más en función de su disponibilidad que de su origen. En ese contexto, puede comprenderse una cierta preferencia por los alimentos de origen animal, en particular por la carne, ya que son más concentrados en cuanto a su contenido en energía y nutrientes que la mayoría de los alimentos vegetales. Es suficiente con una menor cantidad de carne o pescado para que el hombre pueda satisfacer sus necesidades nutricionales, requiriendo un menor esfuerzo para tener cubierta una necesidad básica. Además, los alimentos de origen animal aportan algunos nutrientes que son más escasos en los vegetales, tales como, por ejemplo, el calcio de la leche o algunas vitaminas en la carne. También se ha descrito que los alimentos de origen animal pueden contener algunos de los llamados elementos funcionales, compuestos que no aportan nutrientes como tales, pero que pueden tener efectos beneficiosos sobre el estado de salud o el sistema inmunitario de quien los consume. No se puede olvidar que también hay argumentos que cuestionan las bondades del consumo de este tipo de alimentos, por sus posibles efectos adversos sobre la salud (intolerancias a la lactosa, relación entre el consumo de carne y el cáncer). Estos efectos menos saludables serán abordados en otro apartado de la lección.

En cualquier caso, puede afirmarse que el principal beneficio que se deriva de la producción y el consumo de alimentos de origen animal es la obtención de proteína de alta calidad con la que se mejora el aporte de aminoácidos esenciales. En realidad, el organismo no necesita proteínas como tales y, además, las proteínas del alimento no se absorben si no han sido previamente digeridas. Las proteínas se hidrolizan en el estómago y, sobre todo, en el intestino delgado. Lo que se absorbe son los productos finales de esta digestión, que son las unidades estructurales constituyentes de las proteínas: los aminoácidos. Para sintetizar nuestras propias proteínas necesitamos aminoácidos. Algunos de estos aminoácidos pueden sintetizarse en las células, pero para otros se requiere un aporte desde el exterior, con el alimento, para que no llegue a producirse una deficiencia que limite la síntesis proteica; son los llamados aminoácidos esenciales o indispensables. Por todo ello, es importante la composición en aminoácidos de las proteínas que componen los alimentos que consumen los animales. En este sentido, la composición en aminoácidos de las proteínas de origen animal puede considerarse como más equilibrada que la de las de origen vegetal, probablemente por un motivo tan simple como que son más parecidas a las que se sintetizan en las células del cuerpo humano; en el músculo de un adolescente en crecimiento o en la leche de una madre que amamanta a su bebé. Sirva como ejemplo el hecho de que la proteína del huevo (en general, sin distinguir cada una de las proteínas que la componen) ha sido considerada como la proteína de referencia, la de mejor composición en aminoácidos, la que puede proporcionar un mejor aporte de aminoácidos esenciales a quien la consume. Esto no quiere decir que sin proteína animal no es posible conseguir todos los aminoácidos que se necesitan. Con una combinación adecuada de alimentos vegetales puede obtenerse un aporte suficiente de aminoácidos. Cuando se mezclan cereales con legumbres se consigue compensar la deficiencia de aminoácidos de unos alimentos con lo que se obtiene de otros, de forma que el aporte final de todos los aminoácidos esenciales por la ración en su conjunto es relativamente equilibrado. Pero es cierto que es más sencillo conseguir este objetivo con alimentos de origen animal, y con una menor cantidad de alimento. Está demostrado que esta circunstancia puede ser relevante en individuos con necesidades más elevadas en aminoácidos en los que ocurren procesos fisiológicos caracterizados por una elevada tasa de síntesis de proteínas y una deficiencia puede terminar siendo limitante. Estaríamos hablando de niños y adolescentes en las fases de mayor velocidad de crecimiento, o de madres gestantes o lactantes en los momentos de

mayor crecimiento del feto o de mayor secreción de leche. Por todo ello, es lógico pensar que, en la medida que haya disponibilidad de estos alimentos y en concordancia con otros factores de tipo social y cultural, las personas continuarán demandando proteína de origen animal en el siglo XXI.

Por otra parte, es oportuno tener en cuenta que el consumo de alimentos de origen animal guarda una relación estadísticamente significativa con el nivel económico o la capacidad adquisitiva de las personas. Esta relación se muestra de forma evidente cuando se representa el consumo de alimentos de origen animal en función del producto interior bruto (PIB) de un país. En los países con un menor nivel de riqueza (PIB más bajos), el consumo de proteína animal es significativamente más reducido. A medida que se incrementa el PIB aumenta también el consumo de proteína animal. Inicialmente se observa que bastan pequeños aumentos en el PIB para que haya un incremento muy notable en la demanda de alimentos de origen animal. Posteriormente, la pendiente se va suavizando gradualmente, de forma que la curva se ajusta a la clásica ley de los rendimientos marginales decrecientes de *Mistcherlich*, inicialmente aplicada a la respuesta de los cultivos al uso de fertilizantes (el aumento en la obtención del producto es cada vez menor a medida que se añade más fertilizante) y muy utilizada para describir multitud de procesos, fundamentalmente en las ciencias económicas. Siguiendo esta tendencia de disminución progresiva de la pendiente de la curva, al final se llega a una asíntota superior, en la que un aumento adicional del PIB no está asociado con un mayor consumo de proteína animal. En los estudios más recientes y con los valores actuales de las divisas, dicha asíntota se alcanzaría cuando se llega a un PIB anual per cápita de unos 30 000 USD. Esta misma tendencia se ha observado dentro de un determinado núcleo de población (una región o un país). En los países de la Europa Occidental, tras la última gran guerra, el consumo de alimentos de origen animal era relativamente limitado, como consecuencia de la situación de escasez después de la catástrofe. A medida que se produjo la recuperación económica y social de los países aumentó gradualmente dicho consumo, hasta llegar a la asíntota en los últimos decenios del siglo XX, cuando el nivel adquisitivo de la población ha sido mayor. Con mayor o menor ritmo de crecimiento o con pequeñas diferencias temporales, esta evolución se ha observado en todos los países de nuestro entorno.

Para las próximas décadas, todos los indicadores demográficos concluyen en que puede predecirse un crecimiento notable de la población mundial, hasta alcanzar en 2050 unos diez mil millones de habitantes en el planeta.

Además, dicho crecimiento se producirá sobre todo en países con un menor PIB, pero en desarrollo, con economías emergentes en las que cabe esperar un aumento progresivo del nivel de riqueza. Por ello, todos los análisis predicen un aumento muy importante de la demanda de alimentos de origen animal, habrá muchas más bocas que alimentar y a medida que la riqueza llegue en mayor medida a los países en desarrollo, la demanda de los productos de origen animal por cada individuo será cada vez mayor. Como en otros muchos ámbitos económicos, los ritmos de crecimiento serán diferentes en las regiones según su nivel actual de desarrollo. En los países con menor PIB en la actualidad cabe esperar un mayor crecimiento demográfico acompañado (ojalá) de un paulatino aumento del nivel económico y adquisitivo de las personas. La acción conjunta de ambos factores tendrá un efecto sinérgico sobre la demanda de alimentos de origen animal. Esta tendencia ya se observa con nitidez en la actualidad en países tales como China, India o Pakistán. Sin embargo, en la mayoría de los países más desarrollados no se espera un crecimiento demográfico significativo en las próximas décadas. Sin ir más lejos, países como España o Italia llevan años con índices de natalidad tan bajos que solo cabe esperar un aumento de la población a partir de movimientos migratorios. Paralelamente, en estos países no es previsible un aumento de la demanda de productos de origen animal, que ya estaría próxima al techo determinado por la capacidad adquisitiva de los ciudadanos. Esta tendencia es claramente manifiesta en la actualidad, donde se puede apreciar los esfuerzos de la industria por desarrollar nuevos productos y derivados lácteos o cárnicos con el fin de incentivar la demanda y el consumo. Algunos productos se han visto afectados en gran medida por esta tendencia. Baste mencionar la caída en picado del consumo de carne de cordero incluso en países, tales como el nuestro, en los que era un alimento importante en nuestra dieta y presente en muchas de las celebraciones sociales. En cualquier caso, los sistemas de producción animal afrontan el reto de aumentar la oferta para poder satisfacer una demanda creciente a nivel global. La producción actual de alimentos de origen animal no será suficiente para lo que se va a necesitar y, desde la perspectiva de lo social, es ineludible garantizar el suministro de producto para satisfacer una necesidad básica de las personas. Es el llamado el derecho a la alimentación, o lo que la FAO define como seguridad alimentaria, que se consigue (a nivel individual, familiar, nacional o global) cuando "... todas las personas tienen acceso físico, social y económico permanente a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y

preferencias alimentarias, y así poder llevar una vida activa y saludable”¹⁵. De acuerdo con esta definición, el acceso a los alimentos debe ser justo y equitativo, el producto debe ser asequible a la mayoría de la población. A lo largo de la historia el acceso a los alimentos de origen animal ha sido muy desigual, exclusivo para unos pocos. Puede afirmarse que hasta el siglo XX solo las clases más privilegiadas podían consumir de forma regular y suficiente este tipo de productos, mientras que para las clases más bajas el consumo de estos alimentos era ocasional, en algunos casos casi inusitado. Reyes y nobles que padecían de insufribles ataques de gota por un consumo excesivo de carne convivían con siervos y esclavos que apenas podían consumirla en pocas y raras ocasiones a lo largo de su vida. La mayoría de los ciudadanos conseguían consumir estos alimentos si los obtenían ellos mismos criando a los animales en las granjas o mediante la caza o la pesca. Con el desarrollo de los nuevos sistemas de producción animal aumentó la oferta de estos alimentos. Aunque inicialmente su precio no fue accesible para todos, poco a poco se observaron dos tendencias que determinan un acceso mucho menos limitado de las personas a este tipo de recursos. Por un lado, se incrementó la capacidad adquisitiva de los ciudadanos y, por otro, se consiguió abaratar los costes de producción, reduciendo de forma notoria el precio de venta al público de la carne o la leche. Esta ventaja debe sumarse al haber de los sistemas más intensivos de producción animal; es con estos sistemas con los que se ha conseguido una “universalización” del consumo de alimentos animales, al menos en los países más desarrollados. En España, hasta el último tercio del siglo XX el consumo de estos alimentos por la mayoría de la población era ciertamente reducido, en muchos casos limitado al autoconsumo de lo producido en las zonas rurales y reservado para ocasiones muy especiales. El aumento de la oferta derivado de la mayor producción en las granjas intensivas y el abaratamiento de los precios hizo posible que muchos más pudieran consumir carne y leche en mayor cantidad y con mayor asiduidad. Este es un factor de sostenibilidad que no puede obviarse. Será crucial atender a los otros factores (calidad del producto, bienestar animal, preservación del medio ambiente); pero si ello implica que estos alimentos vuelvan a tener un carácter exclusivo y elitista, sólo accesible y reservado para unos pocos, la producción animal dejará de ser sostenible.

15 FAO (1996). *Cumbre Mundial sobre la Alimentación*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma. http://www.fao.org/wfs/index_en.htm

La presión creciente por aumentar la cantidad de alimento producida ha tenido, a lo largo de los años, ciertos efectos sobre la calidad del producto obtenido. En este punto, cabe destacar que los aumentos en la productividad se han logrado mediante diversas intervenciones y dos de ellas, la mejora genética y la alimentación, tienen un efecto significativo sobre la composición del producto (carne, leche). La mayor intensidad de selección genética orientada a acelerar los ritmos de crecimiento y acortar los periodos de engorde provocó, inicialmente, un mayor engrasamiento de las canales y un exceso de infiltración grasa de la carne. De un modo similar, la administración de raciones con una elevada concentración energética a altos niveles de ingestión dio lugar a la obtención de canales muy grasas con una composición lipídica caracterizada por un elevado contenido en ácidos grasos saturados. En algunas especies (*v. g.*, en porcino), hubo que modificar radicalmente los objetivos de selección en los programas de mejora genética, incentivando la ganancia de peso corporal magro en lugar de la de peso vivo. Esto fue especialmente importante en países donde predomina el consumo de carne fresca de cerdo (mucho menos en aquellos en los que hay un consumo importante de chacinas y embutidos) y, tal y como podía preverse teniendo en cuenta las complejas correlaciones genéticas, también tuvo sus consecuencias. Algo similar se produjo con los programas de alimentación, las raciones fueron reformuladas ajustando los aportes de energía y de proteína para evitar una acumulación excesiva de grasa en los tejidos de la canal. Son ejemplos ilustrativos de cómo la forma de criar y alimentar a los animales tiene un efecto sobre la composición y la calidad bromatológica, nutricional y organoléptica de los productos. Estos efectos deben tenerse en cuenta si queremos que los sistemas de producción animal sean sostenibles; un criterio de sostenibilidad que podría denominarse el *producto*. Cuando el objetivo dominante es conseguir aumentar la producción para conseguir suficiente cantidad de producto a un precio asequible, es posible que la calidad del producto tenga una menor apreciación por el consumidor. En un primer momento el consumidor valorará más el precio y la disponibilidad del producto; pero, a medida que aumente su poder adquisitivo, es muy probable que sus preferencias evolucionen hacia productos más caros, pero de mejor calidad. Se puede demostrar esta tendencia observando los ejemplos de la carne de cerdo o de pollo. La oferta de una mayor cantidad de carne, más barata, procedente de una producción más intensiva, fue bien recibida por el consumidor en una primera fase. Posteriormente, aquellos sectores de la población con una mayor renta disponible empezaron a cuestionar la bo-

nanza y la calidad del producto, migrando sus preferencias hacia productos de mayor valor, tanto nutricional como gastronómico (pollo campero, cerdo ibérico de bellota), aunque hubiese que pagar mucho más por ellos. Conscientes de esta evolución, el sector productivo y el de transformación han hecho un esfuerzo considerable en la promoción de la “calidad” a través de indicaciones geográficas y denominaciones de origen, al llegar a un punto en el que la comercialización de un producto más prosaico dejó de ser ventajoso (menos sostenible). Otro ejemplo serían las múltiples certificaciones que nos podemos encontrar con la leche que se nos ofrece en los lineales de los supermercados, hay leche de pastoreo, de bienestar animal, ecológica, saludable o enriquecida. Todo ello son intentos por incentivar el consumo, pretendiendo transmitir la idea de que no se produce sin más, y que los sistemas de producción evolucionan para mejorar la calidad del producto.

Retomando el concepto de seguridad alimentaria, es preciso aclarar que en español esta expresión tiene dos acepciones diferenciadas; por un lado, la disponibilidad de suficiente cantidad de alimento para satisfacer las necesidades humanas (lo que en inglés se denomina *food security*) y, por otro lado, la obtención de alimentos inocuos y seguros para el consumidor (lo que en inglés se denomina *food safety*). Centrándonos en este último enfoque, es crítico que el consumidor se sienta seguro con los alimentos que va a comer. Cualquier circunstancia que afecte a la credibilidad y confianza del consumidor tienen una repercusión inmediata y muy acusada sobre el sector productivo. Para ser sostenible, un sistema de producción animal ha de garantizar la obtención de alimentos inocuos y seguros, cuyo consumo no suponga ningún tipo de riesgo para las personas. Hay numerosos ejemplos recientes de crisis alimentarias que provocaron una alarma social y cuantiosas pérdidas económicas en el sector productivo. La enfermedad de las “vacas locas” (encefalopatía espongiforme bovina) o la contaminación de carne de pollo con dioxinas a finales del siglo XX, o los más recientes casos de listeriosis por el consumo de derivados cárnicos son elocuentes. Para asegurar la inocuidad de los alimentos es necesario tener en cuenta todos los eslabones de la cadena alimentaria, ya que cada elemento puede influir sobre la seguridad del producto final que se consume. Además, es de especial importancia el punto en el que se produce la contaminación microbiana que puede terminar causando un brote de una enfermedad transmitida por los alimentos. Así, cuando la contaminación del alimento se produce en un domicilio, los afectados serán solo los miembros de esa unidad conviviente, pero si la contaminación se produce en un matadero o en una granja los

afectados pueden contarse por millares. Las condiciones higio-sanitarias en la granja son un punto crítico para garantizar la producción de alimentos seguros e inocuos para el consumidor, un factor esencial para la sostenibilidad de la producción animal. Los humanos tenemos que comer todos los días y la percepción de que algo que necesitamos puede ser dañino para nuestra salud afecta de forma inmediata a nuestra visión sobre el modo en el que se obtienen los alimentos. Habitualmente, la primera reacción es la de dejar de consumir un determinado alimento, con lo que, en consecuencia, el sistema deja de ser sostenible. Cabe destacar en este punto que uno de los objetivos clave de la PAC para que, en los próximos años, la producción de alimentos sea más sostenible es el de “proteger la calidad alimentaria y sanitaria”, mejorando la “respuesta de la agricultura de la UE a las demandas sociales en materia de alimentación y salud, sobre todo en lo que se refiere a los alimentos seguros, nutritivos y sostenibles”.

En relación con la producción de alimentos de origen animal seguros para el consumidor creo conveniente abordar el tema del uso de algunas sustancias para mejorar el rendimiento productivo de los animales. En este apartado merece especial atención hacer algunos incisos sobre el uso de hormonas y antibióticos, ya que no es inusual leer titulares en los medios de comunicación advirtiendo de los riesgos para la salud humana del consumo de carne, leche o pescado por su contenido en estas sustancias, presuntamente usadas en la alimentación de los animales como promotores del crecimiento (para que crezcan más rápido o produzcan más eficientemente). Creo necesario iniciar esta exposición recalcando, para que no haya lugar a dudas, que el uso de hormonas y antibióticos como promotores del crecimiento está prohibido en la UE desde hace más de 15 años. A partir de esta premisa podemos hacer otro tipo de comentarios, pero en ningún caso podemos olvidarnos de que estamos hablando de una práctica ilegal, con todo lo que ello significa.

En cuanto a las hormonas, se han utilizado hormonas sexuales (anabolizantes) y los llamados beta-agonistas (de los que, probablemente, el más aludido en los medios es el clenbuterol) para mejorar el engorde de los animales y obtener canales más musculadas y carne con menos grasa. Por otra parte, también se utiliza hormona del crecimiento (recombinante) en el ganado vacuno para mejorar la producción de leche. Sería largo y complejo discutir aquí los argumentos a favor o en contra del uso de hormonas en la producción animal o de sus efectos sobre los propios animales, los consumidores o el medio ambiente. En algunos países (sirva como referencia los

EE. UU.) este tipo de sustancias continúan utilizándose en la actualidad, y no renuncian a continuar haciéndolo, argumentando que es posible mejorar de forma significativa la eficiencia productiva de los animales y que hay estudios más que suficientes para demostrar la inocuidad de la carne, la leche o el pescado que se obtienen con estos procedimientos. Para los europeos resulta cuando menos curioso encontrar en los lineales de los supermercados estadounidenses productos más baratos procedentes de animales tratados con hormonas al lado de otros con etiquetas que certifican que no han recibido dichos tratamientos. Insistiré, una vez más, en que en la UE los tratamientos hormonales solo están permitidos con fines terapéuticos y, en ningún caso, como promotores del crecimiento. Este uso de las hormonas fue abolido por la legislación europea a finales del siglo XX aplicando un principio de precaución para proteger la salud de los consumidores y asegurar la protección de los animales y el medio ambiente. Esta prohibición ha generado numerosos conflictos comerciales entre la UE y otros países (EE. UU., Brasil, Argentina, China) que interpretan esta medida como una barrera comercial (algo así como un arancel indirecto) para limitar las importaciones de carne o leche más baratas desde países que producen grandes cantidades de estos alimentos, donde los tratamientos hormonales sí están permitidos.

El otro gran grupo de sustancias que se han usado (o se usan) como promotores del crecimiento son los antimicrobianos y, más en concreto, los antibióticos. Los antibióticos pueden administrarse con fines terapéuticos (tratar o curar enfermedades), profilácticos (prevenir enfermedades) o zootécnicos (mejorar el rendimiento productivo de los animales). En este último caso se utilizan a dosis bajas y continuadas, mezclados con el pienso en forma de aditivos alimentarios. El uso de antibióticos puede ser muy eficaz para mejorar la productividad de los animales, sobre todo cuanto peor son las condiciones sanitarias y de manejo de las granjas (hacinamiento, estrés, malnutrición, higiene deficiente). Sin embargo, los riesgos que supone el uso indiscriminado de los antibióticos son irrefutables. No es sólo la posible presencia de residuos de dichos compuestos en la carne o en la leche, el mayor peligro es la generación de resistencias microbianas a los antibióticos. El efecto bacteriostático o bactericida de los antibióticos provoca una presión de selección sobre las bacterias, de forma que en generaciones sucesivas sobreviven aquellas cepas que, tras haber sufrido algún tipo de mutación, son resistentes a la actividad de estos compuestos antimicrobianos. El tiempo de generación de los microorganismos es muy corto (pueden bastar unos 20 minutos), se multiplican a un ritmo tan rápido que la evolución

impuesta por ese proceso de selección genética se manifiesta en periodos cortos. Además, también se ha demostrado la posibilidad de transferencia de genes de resistencia a antibióticos entre distintas especies de bacterias (resistencia cruzada). Todo ello complica la situación enormemente; empiezan a aparecer las así llamadas “superbacterias” resistentes a los antibióticos, patógenos que no son eliminados con los tratamientos antimicrobianos de los que disponemos en la actualidad. Uno de los grandes progresos médicos del siglo XX empieza poco a poco a dejar de ser efectivo, podemos perder herramientas que nos han permitido tratar eficazmente las enfermedades infecciosas en los últimos 100 años. Ya se han activado todas las alarmas sanitarias. Las resistencias a los antibióticos son un grave problema de salud pública, responsable de un aumento progresivo de la mortalidad por infecciones por bacterias resistentes a los tratamientos, tanto en la UE como a nivel mundial, y de un incalculable coste económico (en recursos médicos o por pérdidas de productividad), y con repercusiones sobre la producción animal que son difíciles de predecir. No creo exagerar si afirmo que, hasta la aparición de la pandemia vírica hace unos meses, las resistencias a los antibióticos han sido consideradas la principal amenaza para la salud humana en el siglo XXI, reconocida por casi todos los organismos internacionales (v. g., Naciones Unidas o la Organización Mundial de la Salud). Algunos modelos llegan a predecir que en 2050 podrían producirse hasta diez millones de muertes al año por este problema. En el ámbito de la producción animal, la UE decidió intervenir prohibiendo el uso de antibióticos como aditivos en los piensos a partir del año 2006. Es preciso mencionar que otros países (EE. UU., Australia, Canadá, China) también interpretaron esta medida como una simple intervención proteccionista de las posibles importaciones de productos más baratos. El sector productivo se opuso vehementemente a la prohibición, ya que cuando no se utilizaban antibióticos no se era capaz de llegar a los mismos niveles de productividad y, aún hoy, tras más de 15 años, es incesante la búsqueda de alternativas con las que poder conseguir efectos beneficiosos comparables a los alcanzados con los antibióticos. En la actualidad casi nadie duda de la importancia crítica de abordar el problema, y son muchos los países que se han sumado a la prohibición en los últimos años (entre ellos, algunos de los que negaban su necesidad hasta hace unos pocos años). En la actualidad, la inclusión de algunos antibióticos como aditivos en los piensos sólo está permitido para prevenir las infecciones por coccidios, unos parásitos patógenos que provocan diarreas en granjas en las que se confina un gran número de animales (fundamentalmente aves y conejos).

No obstante, se pueden seguir usando para tratar o prevenir enfermedades infecciosas, siempre que su administración esté justificada mediante la debida prescripción veterinaria. Lamentablemente, aunque apenas se usen los antibióticos en forma de aditivos en los piensos, la administración de antibióticos a dosis terapéuticas se ha incrementado. Hay datos suficientes que demuestran que, en España, el uso de antibióticos para los animales es demasiado alto y deberían tomarse medidas para reducirlo a niveles tolerables. Detrás del argumento de que son necesarios para el bienestar de los animales (que no enfermen), puede enmascarse un interés económico, al no afrontar la cuestión con medidas, quizá no tan eficaces y más costosas, pero que implican menos riesgos para la salud humana y animal. En 2017 la Agencia Europea del Medicamento (EMA) y la Autoridad Europea para la Seguridad Alimentaria (EFSA) publicaron un dictamen conjunto sobre la necesidad de reducir el uso de antimicrobianos en la producción animal en la UE¹⁶, con la intención de orientar a los gestores de riesgos en la toma de decisiones. En 2019, se aprobaron dos Reglamentos europeos, uno sobre piensos medicamentosos¹⁷ y el otro sobre medicamentos veterinarios¹⁸, con los que se intenta reducir en usos de antibióticos en la cría de animales, limitando su uso como medida profiláctica para prevenir enfermedades. Este uso solo estará permitido cuando esté debidamente justificado en casos de alto riesgo de infección, deberá estar respaldado por la preceptiva receta veterinaria y cumplir ciertas condiciones, tales como no usar ciertos antimicrobianos que serán reservados para el tratamiento de las personas, evitar en lo posible los tratamientos colectivos y en ningún caso superar los límites máximos de residuos de los antibióticos en los productos de consumo humano. Se pretende que los fármacos veterinarios no se usen para compensar las malas condiciones de la cría de los animales o como sustancias promotoras del crecimiento. Ambas normativas empezarán a aplicarse a partir de enero de 2022. En el objetivo clave de la PAC enunciado como “proteger la calidad alimentaria y sanitaria”, se cita expresamente la prioridad de afrontar los “retos que plantea la resistencia a los antimicrobianos a la ganadería y de adoptar medidas para apoyar a los agricultores y los países de la UE en la lu-

16 EMA (European Medicines Agency) and EFSA (European Food Safety Authority) (2017). EMA and EFSA Joint Scientific Opinion on measures to reduce the need to use antimicrobial agents in animal husbandry in the European Union, and the resulting impacts on food safety (RONAFA). [EMA/CVMP/570771/2015]. *EFSA Journal* 2017; 15(1): 4666, 245 pp. doi:10.2903/j.efsa.2017.4666

17 Reglamento (UE) 2019/4 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativo a la fabricación, la comercialización y el uso de piensos medicamentosos

18 Reglamento (UE) 2019/6 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, sobre medicamentos veterinarios

cha contra la resistencia a los antimicrobianos". Sin lugar a duda, esta es una condición indispensable para lograr la producción sostenible de alimentos de origen animal.

Hasta este punto, al hablar de personas nos hemos centrado casi exclusivamente en el consumidor. Obviamente, en el sector productivo también hay personas sobre las que el sistema producción animal tiene una influencia, en este caso tanto económica como social. Abordaremos algunas cuestiones que tienen que ver con el ámbito de lo social, y trataremos de lo económico en la siguiente sección. A medio camino entre ambas dimensiones se puede situar uno de los objetivos clave de la PAC, el de "garantizar una renta agraria viable y la resiliencia del sector en todo el territorio de la UE para mejorar la seguridad alimentaria". La cuestión es obvia, si el ganadero no consigue un nivel de ingresos adecuado, terminará abandonando la actividad productiva. Si no es posible conseguir una renta viable, nadie querrá dedicarse a la ganadería. Retomaremos este asunto más tarde.

También es de especial relevancia social para la sostenibilidad de los sistemas ganaderos el desarrollo local en las áreas rurales. En España, el medio rural (municipios con menos de 30 000 habitantes y una densidad de población inferior a 100 habitantes por km²) abarca un 90 % del territorio y en él reside solamente un 20 % de la población total. Son zonas caracterizadas por una enorme dispersión de la población, una pérdida progresiva de habitantes (despoblamiento rural), una elevada tasa de envejecimiento (más de un 30 % de la población con una edad superior a los 65 años) y, como cabría esperar, una tasa de población activa agraria muy superior a la media nacional. En comparación con la media del total de la población, en las zonas rurales de la UE hay un mayor nivel de pobreza, y la renta per cápita es sensiblemente menor, probablemente por la mayor dependencia del sector primario. Los análisis de evolución demográfica parecen indicar una tendencia a una mayor agudización de estos desequilibrios, intensificando el abandono de las zonas rurales, lo que ha provocado cierta inquietud en la sociedad, al menos si nos fijamos en los titulares o en algunos de los eslóganes políticos más mediáticos.

Aunque no es fácil hacer una previsión de futuro a largo plazo de cómo se va a distribuir la población entre las zonas rurales y las urbanas, en el presente se considera conveniente el mantenimiento de núcleos de población activa asentados en las áreas rurales, para lo que se hace necesario detener la pérdida continua de habitantes de estas zonas y su migración a las ciuda-

des. No es solo una necesidad social, también lo es desde una perspectiva económica, cultural y ambiental. La población rural es la que permite el aprovechamiento de los recursos naturales de estas áreas, por lo que su abandono supondría una pérdida de bienes y servicios para la economía y el deterioro del medio natural tal y como lo conocemos. Inevitablemente, también se perdería parte de nuestra historia, de nuestros orígenes, de lo que hemos sido hasta llegar a ser lo que somos. Pero, al mismo tiempo, debemos reconocer que es preciso mejorar las condiciones de vida de quienes habitan el mundo rural, solo será atractivo permanecer en pueblos y villas si se reduce la brecha en la calidad de vida y en los recursos que se concentran en las grandes ciudades. Y eso tiene un coste que tiene que ser asumido por toda la sociedad para compensar los beneficios (materiales e inmateriales) que recibe de esa población minoritaria. Es ineludible adoptar medidas de corrección de las desigualdades. La incorporación de nuevos agricultores y ganaderos, cualificados e innovadores, es necesaria para mantener el sector primario y atender a las demandas de la sociedad, producir alimentos de calidad y contribuir a la preservación del medio ambiente con la actividad agraria. La ganadería puede jugar un papel importante para abordar este objetivo, más relevante que la agricultura. Con los nuevos avances de la agricultura de precisión sería posible (aunque quizá no lo más aconsejable) cultivar la tierra desde cierta distancia, al menos durante muchos momentos del año, empleando herramientas digitales y métodos de seguimiento de los cultivos por satélite o teledetección. Nuevas formas de cultivo, tales como la hidro- o la aeroponía o los cultivos verticales, auguran la posibilidad de obtener cosechas agrícolas en localizaciones muy cercanas a (incluso integradas en) los núcleos urbanos. Pero eso no es posible con la producción pecuaria, los animales necesitan alimento y cuidados a diario, es preciso comprobar si evolucionan bien o si hay alteraciones en su estado de salud. Los animales requieren la presencia casi continua del ganadero en la granja. Y, a diferencia de lo que era costumbre hace 50 años, los habitantes de las ciudades no quieren tener cerca a los animales de abasto; son molestos, su olor no es agradable, atraen insectos y pueden ser portadores o transmisores de enfermedades. Las granjas deben estar apartadas de los núcleos de población. No debería asumirse esta realidad como una amenaza, más bien como una oportunidad. Una oportunidad de desarrollo del medio rural, de asentamiento de habitantes en esas zonas, de recuperación de áreas marginales menos favorecidas, de aprovechamiento eficiente de recursos naturales y de conservación del medio. Sin embargo, para ello son necesarias medidas

eficaces que promuevan el desarrollo rural, regulando la disponibilidad y el precio de la tierra, favoreciendo acceso al crédito y la formación de nuevos ganaderos, y compensando de algún modo la baja rentabilidad de este tipo de sistemas de producción animal. Si la sociedad necesita de personas en el medio rural tiene la obligación de hacer lo posible por mejorar sus condiciones de trabajo y de vida, no parece socialmente justo (ni sostenible) que sean solo unos pocos los que hagan el esfuerzo en bien de todos y a cambio de nada.

La sostenibilidad de la producción pecuaria precisa, además, de otros dinamizadores de índole social, entre los que cabe destacar el relevo generacional, la inclusión social o la igualdad de oportunidades de las personas que se dedican a esta actividad. La edad media de los propietarios de las granjas y de los empleados que trabajan en ellas se sitúa, en la UE, sensiblemente por encima de la población en su conjunto. Este hecho debe atribuirse, en parte, a la propia dinámica demográfica, cuanto menor es la población en el medio rural, menos personas nacen o se crían en ese medio, y son más las que lo desconocen y no sienten la necesidad de vivir en él. Más bien al contrario, las personas muy afincadas en las grandes ciudades perciben el mundo rural como un lugar casi marginal, de recreo; pero no como un posible medio de vida. Estudios realizados en la UE demuestran que el nivel de inclusión social de los habitantes de zonas rurales, y más en concreto de los que se dedican a actividades agrarias, es inferior al de las personas que viven en las ciudades. Si a todo ello se le añade que la disponibilidad de los servicios sociales (sanidad, educación, comunicaciones, tecnología, recursos digitales) se ha concentrado en los núcleos de mayor densidad de población, es fácil comprender cómo la brecha entre ambos mundos no hace más que agrandarse de forma progresiva. En relación con la igualdad de oportunidades, cabe mencionar que en las zonas rurales se observa una elevada tasa de masculinidad, hay un mayor número de hombres que de mujeres, en contraste con la media de la población en su conjunto. Este dato no hace más que indicar que, a pesar de que en la población española hay más mujeres que hombres, el despoblamiento rural afecta en mayor medida al género femenino. Es probable que las mujeres no aprecien suficientes oportunidades en el mundo rural y, por ello, se desplazan hacia las ciudades en busca de mejores perspectivas de vida. De todos los propietarios y empleados de empresas agrarias, sólo un 25 % son mujeres. Sería conveniente atraer a más mujeres y a personas más jóvenes a la actividad agraria, en particular a la ganadería, para corregir estos desequilibrios, lo que contribuiría de forma

significativa a fijar población rural y a mejorar el desarrollo sostenible de la producción animal.

Además de todas las cuestiones abordadas previamente, hay otros aspectos que pueden afectar al desarrollo de los sistemas de la producción animal y que han sido considerados por algunos autores como determinantes de la sostenibilidad. Me refiero aquí a cuestiones de índole cultural, de carácter ético o que tienen que ver con el bienestar de los animales. Continuando con el juego de palabras que empiezan por la letra “p”, estaríamos hablando del *patrimonio* (cultura), los *principios* (ética) o la *protección* animal (bienestar de los animales de abasto). Entiendo que todos estos aspectos están relacionados de uno u otro modo con las *personas* y, por ello, he preferido incluirlos dentro del dominio de lo social de la sostenibilidad.

En cuanto a las cuestiones de tipo cultural, la relación entre la tradición o las creencias religiosas y la producción animal ha sido evidente a lo largo de la historia. En casi todas las religiones hay preceptos sobre cómo deben criarse los animales o consumirse los productos que de ellos se obtienen, y sería lógico pensar que muchos de estos preceptos no hacen más que recoger las tradiciones ancestrales de cada comunidad. Aunque tenga un carácter menos global, no parece sostenible intentar imponer sistemas de producción animal que vayan en contra de las tradiciones históricas, las convenciones sociales o las creencias religiosas de cada colectividad. En este tipo de cuestiones, las personas (la sociedad) tendemos a preservar la herencia que hemos recibido y cualquier cambio que suponga una ruptura con el pasado ha de ser progresivo y no impuesto para que pueda llegar a implantarse. Se puede ilustrar esta afirmación con un ejemplo suficientemente demostrativo, la producción y el consumo de la proteína insectil. Los insectos han sido utilizados tradicionalmente como una fuente de proteína animal en algunas regiones del mundo; pero su consumo en Europa ha sido insignificante. Incluso podría decirse que despierta cierto rechazo o recelo entre muchas de las personas (neofobia); basado en tradiciones, hábitos y costumbres, podría decirse que en aversiones heredadas. Recientemente, la UE ha regulado la producción y comercialización de este tipo de productos como alimento para las personas y para los animales. Aunque puede preverse que llegue a haber un crecimiento futuro en la oferta y demanda de este tipo de productos, es obvio que no basta con la legislación para que haya una aceptación masiva y repentina por el consumidor. Requerirá un periodo de acostumbramiento y de tolerancia por las personas. Es posible que en el futuro sea una fuente

importante de proteína animal en nuestras dietas; pero no creo que sea algo que se vaya a manifestar de forma inmediata.

En otro orden de cosas, es cada vez más habitual que surjan preguntas en las que se plantee si es o no ético utilizar a los animales para obtener alimento, o si son éticamente admisibles algunas de las prácticas en el modo de criar a los animales o en el modo de obtener alimentos a partir de ellos. Son cuestiones muy controvertidas que tienen que ver con la llamada bioética de la producción animal, una disciplina que genera debates vehementes en los que, me atrevería a decir, no hay posiciones intermedias y es casi imposible llegar a reconciliar las actitudes en uno u otro sentido. Es ciertamente un tema muy complejo que sería merecedor de un tratamiento más extenso en una lección aparte, por lo que no pretendo dedicarle más espacio que el necesario para llamar la atención en el sentido de que son temas que no pueden ignorarse y deben ser objeto de reflexión. De hecho, como ya se mencionó, hay quien piensa que la bioética debería ser incluida como otro de los pilares básicos de la sostenibilidad. En este punto, la primera idea que quisiera recoger, sin ánimo de caer en la frivolidad, es la de que estos aspectos de índole ética o relacionados con la protección animal emergen, casi invariablemente, cuando en la sociedad se alcanza un cierto nivel de bienestar y desarrollo. Aunque pueda haber algunas declaraciones en la historia sobre la ética de la obtención de alimentos a partir de los animales, son movimientos más recientes los que han tenido cierta repercusión. En la gran mayoría de los casos, surgen en países o sociedades con un mayor grado de desarrollo y en los que es mayor la producción y el consumo de alimentos de origen animal. En aquellos países o comunidades en las que el acceso a estos productos (carne, leche, huevos) está más limitado, no es habitual que las personas se planteen este tipo de cuestiones que podrían definirse como de carácter más metafísico. Por otro lado, argumentaciones aparte, son temas en los que es inevitable que entren en juego los sentimientos cuando se opta por una u otra posición. Si ya de por sí se trata de discusiones complejas, la intervención de este componente emocional ocasiona que se radicalicen las posturas y llegue a ser impracticable cualquier acercamiento o mediación.

En el ámbito de la bioética, se podría hacer un breve análisis de cómo el empleo reciente de la biotecnología en la producción animal es percibido por las personas. Este tipo de recursos siempre ha despertado cierta inquietud, en mi opinión más moral que ética, cuando se interpreta, desde una perspectiva simplista, como una herramienta con la que “el hombre puede manejar la vida

a su antojo". Muchas de las técnicas (inseminación artificial, trasplante de embriones, clonación, selección del sexo de los embriones) han sido recibidas con cierta curiosidad y sin una oposición demasiado frontal cuando se han restringido al ámbito de la experimentación o de la producción animal. Tan solo cabe mencionar el recelo de algunas instituciones religiosas, temerosas de que su uso terminase afectando a la llamada "condición y naturaleza humanas". Estas técnicas son de uso habitual en la producción animal. Algunas también tienen una enorme aceptación en la medicina humana, por ejemplo, como técnicas de reproducción asistida, dados los indudables beneficios que aportan. La aplicación de otras de estas técnicas, tales como la clonación o la elección del sexo, plantea muchas dudas. En realidad, puede afirmarse que las técnicas no son en sí mismas buenas o malas, el problema puede ser el modo o el fin con el que se apliquen. Una de las biotecnologías que más debate ha suscitado es la de la transgénesis o modificación genética. De uso extendido en agricultura, hay numerosos cultivos (maíz, soja, colza) en los que se utilizan mayoritariamente variedades modificadas genéticamente, más resistentes a factores ambientales adversos (heladas, sequías, salinidad) o a la acción de herbicidas y, por ello, más productivas. Como resultado, se ha conseguido aumentar de forma importante el rendimiento de la cosecha en estos cultivos y la obtención de alimento para las personas y para los animales. Pero dicha tecnología no está exenta de ciertas incertidumbres, tanto de carácter social (monopolio de semillas y tecnología por las grandes multinacionales) como ambiental (imposibilidad de prever el impacto de dichos cultivos a largo plazo). En este tema la controversia es patente, y las posturas prácticamente irreconciliables. Los ensayos para desarrollar posibles aplicaciones transgénicas para la modificación genética de animales de abasto han sido escasos e incipientes hasta el momento actual. Dar el salto a especies que se van aproximando a lo humano provoca temor y mayor desconfianza, y genera nuevos planteamientos éticos. Cabe destacar que, en la actualidad, la modificación genética es una técnica ampliamente utilizada con organismos microbianos. Esta aplicación está aportando considerables beneficios; por ejemplo, para la obtención de fármacos o de ciertos nutrientes, tales como aminoácidos o vitaminas. A pesar de la aprensión que esta tecnología despierta en las personas, desde una perspectiva estrictamente científica no se han demostrado efectos adversos (a corto y medio plazo) para los productores, los consumidores o el medio ambiente, y sus beneficios parecen justificar su desarrollo. Solo cabe esperar un frenazo de esta expan-

sión en el caso de que se llegase a demostrar consecuencias negativas a largo plazo, difícilmente previsibles en el momento actual.

Una última cuestión en el ámbito de la bioética es el de la protección y el bienestar animal. En la historia de la filosofía podemos encontrar reflexiones de algunos de los pensadores más relevantes sobre la capacidad de sintiencia o el estatus moral de los animales. Pero puede decirse que es a partir de la segunda mitad del siglo XX cuando, paralelamente a la revolución verde y probablemente como una consecuencia de esta, emerge con más intensidad el concepto de la ética animal. La revolución verde supuso, en muchos casos, separar y aislar a los animales de su medio "natural", rodeándolos de condiciones ambientales completamente controladas, para reducir la incertidumbre y los efectos adversos de condiciones del medio difíciles y fluctuantes y mejorar la eficiencia en el proceso de producción. Podría decirse que hasta ese momento en el mundo occidental la relación del hombre con los animales había seguido el dictado del capítulo 1 del Génesis relativo a la Creación, que en el versículo 28 refiere que Dios tras crear al hombre y a la mujer "a imagen suya" se dirige a ellos y dispone: «Sed fecundos y multiplicaos y henchid la tierra y sometedla; mandad en los peces del mar y en las aves de los cielos y en todo animal que serpea sobre la tierra». Las nuevas formas de criar a los animales o de obtener productos de ellos ha removido algunas conciencias y en torno a la llamada bioética (estudio de la conducta humana en el área de las ciencias biológicas) emergen movimientos de ética animal que han ido consolidándose y extendiéndose en las últimas décadas. No quisiera extenderme en este punto, ciertamente controvertido, que podría ser objeto de más de una lección y considero va mucho más allá del área de conocimiento de la producción animal, adentrándose en áreas tales como la filosofía o el derecho. Intentaré, además, describir la situación de la forma más neutra posible, sin entrar en valoraciones o juicios personales. Podría decirse que hay una postura mayoritaria, más continuista con la evolución a lo largo de la historia, en la que se considera que los humanos pueden utilizar a los animales para satisfacer sus necesidades. No obstante, el hombre es cada vez más consciente de que no vale cualquier tipo de conducta dominante que provoque sufrimiento en los animales, y debe promover su bienestar y un trato que podríamos llamar humanitario. Creo no equivocarme si afirmo que este es el punto de vista aceptado actualmente por la mayoría de la sociedad y, en particular, por un gran número de científicos y pensadores. Esta forma de pensar ha sido definida como utilitarista, de alguna forma se considera a los animales como un medio para conseguir un fin (la satisfacción de las

necesidades humanas). Por otra parte, nos encontramos con una postura más rupturista, que desafía la forma más clásica del pensamiento al propugnar que todos los animales (humanos y no humanos) merecen ser reconocidos con el mismo estatus moral. Una consecuencia de este principio es que los animales tienen los mismos derechos que los humanos y no deberían sufrir discriminación alguna en forma de especismo. Su uso como sujetos de experimentación o para proporcionar alimento para los humanos es una forma de tortura o crueldad no consentida y, por lo tanto, no es éticamente admisible. Según estos principios, la sociedad debería desterrar estas formas de relación entre seres animados por ser desiguales, injustas y abusivas. Por este motivo, esta tendencia ha sido definida como abolicionista y, aunque es indudablemente minoritaria, son cada vez más los que piensan que hay suficientes argumentos lógicos para construir una nueva ética animal. Ni que decir tiene que ambas posturas son irreconciliables, y la forma de verbalizar los argumentos llega a ser beligerante. Lo que para unos es bienestar animal para otros no es más que explotación en cautividad. Pero ni las granjas son un paraíso idílico en el que los animales disfrutaban de su crianza, ni son un infierno de maltrato y crueldad (el productor sabe de sobra que un animal estresado o en malas condiciones no produce). En los países con una producción animal más intensiva (entre ellos la UE), se ha optado por una postura más “utilitarista”, regulando las condiciones con las que se garantice el bienestar de los animales, proscribiendo (intentando impedir) prácticas que puedan constituir un exceso o un malestar para los animales durante la cría, el transporte o la obtención del producto. En 1998 entró en vigor la directiva relativa a la protección de los animales en explotaciones ganaderas¹⁹ que establece criterios generales para proteger a todos los animales criados o mantenidos para la producción de alimentos, lana, cuero, pieles u otros fines ganaderos. El principio sobre el que se basa la legislación europea es el de tener en cuenta “las exigencias en materia de bienestar de los animales como seres sensibles”, de forma que, durante la cría, los animales puedan expresar un comportamiento normal y estén libres de hambre, sed, molestias, dolor, heridas, enfermedades, miedo y angustia. Los animales de granja deben vivir y ser transportados en condiciones que no impliquen maltrato ni les causen dolor o sufrimiento. Las normas europeas sobre la protección de los animales durante el transporte se aprobaron en 2004 y se prevé que la EFSA emita un informe en 2021 para actualizar estas directrices. También se

¹⁹ Directiva 98/58/CE del Consejo de 20 de julio de 1998 relativa a la protección de los animales en las explotaciones ganaderas

han establecido criterios de bienestar para evitar que los animales de granja sufran cuando se les sacrifica, y normas sobre las condiciones para la crianza de categorías específicas de animales, como terneros, cerdos y gallinas ponedoras. Se acepta que es preciso seguir produciendo eficientemente alimentos para satisfacer las necesidades de los humanos; pero no a cualquier precio, ignorando por conveniencia el bienestar de los animales. Además, el bienestar de los animales de abasto tiene una influencia sustancial sobre la seguridad de la cadena alimentaria, debido a la contrastada relación que existe entre la incidencia de enfermedades transmitidas por los alimentos y el bienestar y la salud animal que, a su vez, afecta al uso de una mayor o menor cantidad de antibióticos para tratar a los animales. Las medidas adoptadas hasta la fecha por los gestores de la UE han contentado solo a unos pocos. Muchos productores las acatan; pero reclaman que son exigencias arbitrarias que aumentan el coste de producción y reducen el beneficio sin suponer (a su juicio) un beneficio real para el animal. Los autoproclamados defensores de los animales las consideran parches insuficientes que no tienen en cuenta los derechos y el estatus moral de los animales; para ellos lo único realmente ético es la supresión de cualquier modelo de explotación animal. Quizá pueda parecer una postura radical y poco realista; pero todo parece indicar que la tendencia en los países con mayor nivel de desarrollo es hacia un alejamiento de la idea de que los animales están al servicio del hombre. Así, en 2020 entró en vigor una ley australiana que establece que los animales no pueden ser considerados una propiedad, y a lo largo de 2021 el Reino Unido reconocerá legalmente a los animales vertebrados como seres con sentimientos.

La postura oficial que regula la producción animal en nuestro entorno obedece a criterios de tipo histórico, cultural, social y económico. Pero, además, cabe pensar que, en la actualidad, el abolicionismo no es posible mientras no tengamos una alternativa. Al confrontar argumentos es inevitable el dilema ético de si son más importantes los derechos de los animales no humanos (incluso asumiéndolos como innegables) o los de las personas, al menos mientras haya quien pasa hambre. Ni que decir tiene que en los países con menor nivel de desarrollo y acceso más restringido a los recursos alimenticios estas cuestiones de ética animal ni siquiera se plantean, y no por ello deberían ser consideradas sociedades menos civilizadas. En este momento no parece racional, ni éticamente lógico, actuar de forma drástica y radical. Muy probablemente sería un cambio que la sociedad no sabría encajar, y no se puede prescindir de esa producción de alimentos mientras no tengamos suficiente para alimentar a todas las personas. Pero tampoco se

puede olvidar que es una reivindicación con un impulso que va en aumento, y que lo que ahora puede parecer incomprensible, en el futuro puede ser indiscutible. No se puede descartar la posibilidad de que nuestros descendientes y sucesores actúen de acuerdo con principios morales muy distintos a los actuales hasta el punto de que a ellos les parezca inverosímil que en nuestra época fuese éticamente aceptable ese utilitarismo en la producción animal.

¿Cómo influye el desarrollo de la producción animal sobre la prosperidad?

En este apartado se intentará abordar la dimensión económica de la sostenibilidad de la producción animal. Es el pilar que se ha denominado prosperidad, entendida (partiendo de las definiciones de la RAE) como la condición de algo que es favorable o que tiene éxito económico. Introduciendo un enfoque que combine lo económico con lo biológico, a este pilar de la sostenibilidad también lo podemos identificar como el de la productividad, en el sentido de la cualidad de algo es útil o provechoso (eficiente), o que arroja un resultado favorable de valor entre precios (producto) y costes (recursos). La RAE también define la productividad como “la relación entre lo producido y los medios empleados”, o la “capacidad o grado de producción por unidad productiva” (en este caso, por unidad de ganado o de superficie de tierra cultivada). Todas estas definiciones demuestran de una forma muy simbólica el requisito de que, para llegar a ser sostenible, la producción animal ha de ser próspera y productiva, es decir, económicamente lucrativa y biológicamente eficiente. Siendo realistas, es posible afirmar que, en el momento presente, este es el principal determinante de la sostenibilidad de una granja como unidad de producción o de la ganadería como sector productivo y económico. Es obvio que, desde sus inicios en el Neolítico, la ganadería ha tenido como fin principal el de la obtención de alimento para las personas, y ese beneficio social ha sido siempre importante. El interés por lo ambiental es más reciente y ha cobrado una enorme relevancia en los últimos decenios. Pero, hoy en día, lo que hace que la actividad ganadera se mantenga, se expanda o se retraiga es, en definitiva, la rentabilidad. Cuando los precios de venta no son suficientes para obtener el beneficio esperado o incluso se llegan a producir pérdidas, se pone en riesgo la continuidad de la actividad en las granjas, y son muchas las que han terminado cesando

o traspasando dicha actividad. Lo mismo sucede cuando hay una subida de los costes de los insumos, en particular de las materias primas utilizadas para la alimentación animal. En las épocas de mayor bonanza económica, cuando los costes son inferiores o aumentan la demanda, los precios de venta del producto y el margen de beneficios, aparecen nuevos emprendedores que destinan su inversión a la actividad ganadera. Son las dinámicas de crecimiento económico y progreso social y las tendencias del mercado las que determinan si se necesitan más o menos granjas, si es más favorable que críen un mayor o un menor número de animales por granja o un determinado tipo y categoría de animales para obtener un producto más o menos demandado en cada momento. Una vez que para la mayoría de la población la necesidad básica de alimento está satisfecha, la dirección a la que se orienta un sector productivo (en este caso la ganadería) son las normas y tendencias de un mercado libre, las leyes de la oferta y de la demanda. Incluso aunque a veces se produzcan cambios de tendencias muy rápidos, tal y como sucede en la sociedad actual. La viabilidad del sector depende en gran medida de su capacidad para adaptarse a esos cambios y continuar rindiendo beneficios. Es, en mi opinión, lo que viene sucediendo desde la segunda mitad del siglo XX. La pregunta es si esto será suficiente para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de la ganadería como actividad económica y como fuente de abastecimiento de alimento para la población.

Si se valoran únicamente los indicadores macroeconómicos, se puede llegar a la idea de que en la UE la producción animal no es una fuente importante (en términos absolutos) de riqueza. Por ejemplo, en España el sector agrario supone en la actualidad aproximadamente solo un 2,5 % del PIB. Este porcentaje llega hasta casi un 8,5 % si se suma la aportación de la industria alimentaria y todos los demás sectores implicados en la cadena de producción agraria y alimentaria. En esos porcentajes no se distingue entre la agricultura y la ganadería, algo que tampoco sería sencillo ya que una parte importante de la producción agrícola se destina a la obtención de alimento para los animales. Se estima que, en términos de renta, la producción de origen animal, que incluye la producción de animales de abasto (bovino, porcino, equino, ovino, caprino, aves de corral y otro ganado) y de productos de origen animal (leche, huevos y otros productos; pero sin incluir el pescado) supone aproximadamente un 40 % del total de la producción agraria. Estas cifras tienen poco que ver con las que reflejaban la contribución del sector agrario a la economía nacional hace 60 años, cuando el PIB agrario suponía un 24 % del total. La ratio entre la participación del sector agrario en

el PIB y en la población activa disminuyó de forma constante desde un valor de 0,6 en 1960 a valores por debajo de 0,4 en la década de los 90, reflejando una disminución progresiva en la renta per cápita relativa, acentuándose las diferencias entre los ingresos por activo agrario en comparación con los del resto de sectores productivos. Por ese motivo cada vez hay menos personas ocupadas en el sector agrario, pasando de un 40 % de la población activa total en 1960 a solo un 4 % en la actualidad. En cualquier caso, no debe caerse en un análisis frío de las cifras sin más, lo que indica la menor contribución relativa de la producción agraria al total nacional no es sino el mayor crecimiento de los otros sectores, especialmente del sector de servicios. Y no se puede ignorar que, a pesar de esa aparentemente escasa contribución cuantitativa, es un sector estratégico porque permite la obtención de productos de primera necesidad y evita la dependencia de otros países para abastecer a la población. En este sentido, no cabe esperar que la agricultura, y la ganadería en particular, sea un sector productivo en declive, al menos durante las próximas décadas y ni siquiera en aquellos países (como en casi todos los de la UE) en los que su contribución a la riqueza total (en términos relativos) ha disminuido a niveles tan bajos como los anteriormente citados.

En los objetivos clave de la PAC para los próximos años se incluyen algunos referidos a la rentabilidad económica del sector agrario que se consideran necesarios para la sostenibilidad de la agricultura y la ganadería. Tal y como ya se ha mencionado anteriormente, es ineludible que se garantice una renta (ingresos) justa para las personas ocupadas en la ganadería, ya sean propietarios o empleados de las granjas. Se estima que en la UE el nivel de ingresos económicos en el sector primario es hasta un 33 % menor que los de las personas que se dedican a otras actividades económicas. Hasta hace tan solo 5 años se estimaba que los ingresos económicos de agricultores y ganaderos eran solo la mitad de los de la población general, y hace 15 años solo un tercio. Esta tendencia a reducirse la desigualdad no debe atribuirse a un mayor nivel de ingresos en este sector primario, sino más bien al cese de la actividad agraria por aquellos productores con un menor nivel de ingresos y de rentabilidad económica en las explotaciones. Por ello, esta tendencia no debería interpretarse como un indicador de una mayor sostenibilidad. La PAC de subsidios a la producción agraria ha favorecido su desarrollo desde hace más de 50 años, llegando a suponer hasta un tercio de los ingresos en las granjas de la UE. Esta contribución es aún mayor en algunos sectores específicos (ganadería ligada a la tierra) o en aquellos que han sufrido ocasionalmente algún tipo de crisis. El apoyo de la PAC a la

renta agraria se considera esencial para favorecer la resiliencia del sector y no poner en riesgo la seguridad alimentaria (en el sentido del abastecimiento de suficiente cantidad de alimentos). Los beneficios para el productor de las subvenciones agrarias son indudables, pero también lo son las dificultades de aplicación de dichas políticas de protección. Por una parte, es necesario revisar periódicamente las estrategias de dichas políticas, ya que de ello depende que se incentiven en mayor o menor medida unos u otros sectores. La actividad ganadera requiere de una importante inversión económica que, en muchos casos, no se traduce en un lucro comparable al que podría haberse obtenido de haber invertido el mismo capital en otro sector. En este sentido es esencial conocer lo que la sociedad demanda y valorar las consecuencias de potenciar una determinada producción o de dejar de apoyar a otra que se supone más autosuficiente. Por otra parte, la globalización cuestiona dichas ayudas, interpretándolas como medidas proteccionistas que afectan a la libre competencia y limitan el comercio libre entre los países.

Otro de los objetivos clave de la PAC relacionado con la rentabilidad económica de la actividad agraria es el de mejorar la posición de los agricultores y ganaderos en la cadena de valor. La cadena de valor alimentaria incluye a todas aquellas explotaciones agrícolas y empresas, así como sus posteriores actividades que, de forma coordinada, añaden valor (mediante la elaboración, el almacenamiento o el transporte), produciendo determinadas materias primas agrícolas y transformándolas en productos alimentarios concretos que se venden a los consumidores finales²⁰. En general, al valorar los distintos componentes que determinan el precio final que paga el consumidor partiendo de los costes de las materias primas requeridas para su producción, puede concluirse que la agricultura y la ganadería se caracterizan porque su participación (como porcentaje del total) al valor añadido en la cadena de valor es relativamente bajo y no muestra una tendencia de mejora a corto plazo. En 2016, la contribución del sistema agroalimentario (sin tener en cuenta las importaciones) a la economía española en términos de valor añadido bruto (VAB) fue de un 9,6 %. El VAB generado por el sistema agroalimentario se distribuyó porcentualmente en las siguientes fases: aproximadamente un 12 % para la industria de insumos y servicios, un 28 % para la producción agraria, otro 28 % para la industria agroalimentaria, un 9 % para los servicios

20 Kaplinsky, R., Morris, M. (2000). *A handbook for value chain research*. Centro internacional de investigación para el desarrollo, Ottawa.

de transporte y un 24 % para la distribución comercial²¹. A pesar de ser el elemento principal en cuanto a la obtención del alimento que adquiere el consumidor, la parte del VAB con la que se queda el agricultor o ganadero es inferior a un 30 % del total, probablemente como resultado de los elevados costes de los insumos, las variaciones de la producción y a la incorporación de nuevos servicios. Otro factor que limita la influencia de los productores en la cadena de valor es la mayor fragmentación del sector, si se compara, por ejemplo, con la enorme concentración de los sectores de transporte y distribución (las grandes empresas de la alimentación) que les coloca en una posición más fuerte dentro de dicha cadena. Una estrategia para mejorar la cuota del valor añadido que le puede corresponder al productor sería acortar la cadena, a través de la venta directa del productor al consumidor o de la transformación del producto directamente por el productor. Esta última opción es a la que han recurrido muchos productores de leche de oveja elaborando sus propios quesos u otros derivados lácteos. En el caso de la venta directa, hay países como Grecia o Francia donde llega a suponer más de un 20 % del total, pero en España no llega a un 5 % de las ventas totales. La PAC de la UE sugiere que algunas medidas, tales como reforzar la cooperación mutua, aumentar la transparencia del mercado y garantizar mecanismos eficaces contra las prácticas comerciales desleales, pueden contribuir de forma importante a fortalecer el sector productivo en la cadena de valor alimentaria.

En otro orden de cosas, la sostenibilidad de la producción animal también está supeditada a una mejora continua de la competitividad y la productividad, compatible con los otros pilares de la sostenibilidad, para superar los retos derivados del incremento de la demanda en un mundo caracterizado por la escasez de recursos y la incertidumbre climática. Cada vez es mayor la competencia con otros sectores por los factores de producción (tierra, capital y trabajo) y la presión por un uso racional del medio natural con un menor impacto sobre el ambiente y el clima. El nivel de productividad agrícola y ganadera en la UE puede considerarse relativamente elevado, pero se hace necesario intentar mejorarlo para reducir su impacto medioambiental o para afrontar las dificultades coyunturales que surgen de cuando en cuando como consecuencia de las fluctuaciones en los precios de venta o en los costes de producción. La PAC reconoce que para continuar mejorando

21 Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2016). *La contribución del sistema agroalimentario a la economía española* (actualización ejercicio 2016). Análisis y Prospectiva - Serie AgrInfo nº 29. NIPO: 013-17-243-9. Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado.

la productividad agraria son necesarias medidas tales como programas de investigación e innovación, nuevas tecnologías, desarrollo e infraestructuras rurales, sistemas de asesoramiento eficaces y la formación permanente de la población activa agraria.

Indudablemente, dejando a un lado los aspectos más puramente económicos, uno de los factores más determinantes de la productividad es la eficiencia de los procesos biológicos implicados en la producción de alimentos a partir de la cría de los animales de abasto. Desde el enfoque (demasiado reduccionista, pero muy simbólico para ilustrar el concepto) de la finalidad de la obtención de alimentos para los humanos, el animal consume alimentos (mayoritariamente de origen vegetal) y a partir de los nutrientes que obtiene sintetiza los compuestos contenidos en la carne, el pescado, la leche o el huevo. En esencia es una transformación de compuestos químicos mediante varios procesos biológicos: la digestión de las moléculas ingeridas con el alimento, la absorción de los nutrientes asimilables y las reacciones químicas que determinan su utilización metabólica en las células para obtener energía o para sintetizar nuevas moléculas. Mediante estos procesos, los animales obtienen lo que necesitan para, en primer lugar, realizar las funciones básicas para la supervivencia (mantenimiento) y, en segundo lugar, para crecer y reproducirse. La producción de leche y la de huevos son un resultado de la reproducción en los mamíferos y en las aves, respectivamente, que forman estos productos para garantizar la supervivencia de la descendencia. Por otra parte, la producción de carne o pescado son una consecuencia del crecimiento de los animales. El animal es el productor, el hombre obtiene el producto que se deriva de dichos procesos e intenta poner los medios para mejorar la eficiencia de la producción.

La eficiencia es una magnitud con la que se pondera en qué medida se obtiene una mayor o menor cantidad de alimento, en qué medida el pienso que consume el animal es transformado en el producto que se obtiene. Hay varias formas de expresar o cuantificar esta eficiencia, pero quizá la de uso más común es el llamado índice de conversión (IC) que representa la cantidad de alimento que el animal ha de consumir para obtener una unidad de producto (un kilogramo de carne, de leche o de huevo). Cuanto menor sea el IC, mayor será la eficiencia de utilización del alimento, ya que se obtiene la misma cantidad de producto con una menor cantidad de pienso y, por lo tanto, menor será el coste de producción. Además, también será menor el volumen de desechos generados, ya que hay una menor eliminación de

residuos procedentes de la utilización incompleta del alimento. Pueden utilizarse otras ratios similares para expresar la eficiencia de utilización de los alimentos en términos más precisos, tales como la cantidad de energía o proteína retenida (en la carne, en la leche, en el huevo) por unidad de energía o proteína ingerida, respectivamente, si bien son términos más técnicos y complejos. El IC del pienso es un parámetro de eficiencia tanto biológica como económica, directamente relacionado con la productividad. Conceptualmente da una idea de la eficiencia en un proceso biológico de transformación, pero no deben olvidarse otras implicaciones de índole más económica si se tiene en cuenta que el coste de la alimentación supone más de un 70 % del coste total de la producción animal. Además, una mayor o menor cantidad de alimento por unidad producto obtenido significa un mejor aprovechamiento de un pienso y, por tanto, que se va a necesitar una menor cantidad de pienso lo que implica que se precisa menos tierra y recursos (semillas, fertilizantes, combustibles) para producirlo y que se reduce el coste y el tiempo para el transporte de las materias primas o para su manejo en las fábricas de piensos o en la granja. Una pequeña diferencia en el IC significa mucho en la cantidad total de materias primas requeridas para alimentar a los animales, o en la cantidad total de pienso y en el número de animales que se necesitan para obtener una determinada cantidad de carne, leche o huevos. Una producción animal es más rentable cuanto mayor sea la eficiencia del proceso y solo puede ser sostenible si se consiguen niveles suficientes y aceptables de eficiencia. Por eso, es de interés analizar los factores que afectan al IC para una mejor comprensión de la evolución de la producción animal tras la revolución verde y de cómo incide sobre el desarrollo, más o menos sostenible, de los sistemas de producción animal. Los factores que afectan a la eficiencia de utilización de los alimentos por los animales se pueden clasificar en dos grupos; por un lado, aquellos factores más directamente relacionados con el propio animal y, por otro lado, los relacionados con la alimentación y el nivel de producción.

En la siguiente tabla se muestran los IC para la producción de carne de pollo, cerdo o vaca o de otras fuentes de proteína animal, tales como el pescado (salmón) o los insectos.

Tabla 1. Eficiencia de utilización de los piensos por los animales de abasto²².

	IC	PR	Rend
Pollo	1,9 [1,7-2]	34	36
Cerdo	3,9 [2,7-5]	15	13
Vacuno	8 [6-10]	10	5
Salmón	1,3 [1,2-1,5]	28	50
Larva de gusano de la harina	1,8 [1,6-2,1]	50	55

IC = Índice de conversión (kg pienso/kg ganancia de peso)

PR = g de proteína retenida en la carne o el pescado/100 g de proteína ingerida

Rend = g de carne o pescado /100 kg de pienso

No parece haber duda de que los cerdos y las aves son superiores a los rumiantes en cuanto a la eficiencia de transformación de pienso en alimento para el consumo humano. El IC del pienso es aún menor en los peces, en este caso el salmón, ya que es posible obtener una mayor cantidad de pescado que de carne por cada kilogramo de pienso suministrado a los animales. En la tabla también se presenta la eficiencia de retención de proteína en la carne o el pescado a partir de la proteína ingerida con el alimento. En este caso es el pollo el más eficiente, seguido del salmón, y el ganado vacuno el que utilizaría la proteína con una menor eficiencia. Pueden mejorar aún esas cifras si la proteína animal se produce a partir de insectos, en los que se han observado IC de 1,5-2 y tasas de retención de proteína superiores a un 50 %^{23 24}. Estas cifras son sólo valores medios y pueden variar ampliamente dependiendo de multitud de factores. El primero de ellos que merece la pena

- 22 Tolkamp, B., Wall, E., Roehe, R., Newbold, J., Zaralis, K. (2010). *Review of nutrient efficiency in different breeds of farm livestock*. Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK (Project Number IF0183). https://salmonfarmscience.files.wordpress.com/2012/02/feed_2010_nutrient_efficiency_different_livestock.pdf
- 23 Oonincx, D.G., van Broekhoven, S., van Huis, A., van Loon, J.J. (2015). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS one*, 10(12), e0144601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144601>
- 24 Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Dias, C., Finnigan, J., Moran, D., Rounsevell, M.D.A. (2017). Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global Food Security* 15: 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001>.

reseñar es el tipo de producción²⁵. Así, en comparación con los IC reflejados en la tabla anterior para la producción de carne o de pescado, el IC para la producción de huevo oscilaría entre 2,2 y 2,8 (kg de pienso por kg de huevo) y el estimado para la producción de leche entre 0,7 y 1 (kg de pienso por kg de leche). Por otra parte, se estima que para producir 1 kg de proteína las cantidades de proteína que el animal necesita consumir con el alimento son de 9, 6 y 3 kg en el caso de la carne de vacuno, cerdo y pollo, respectivamente. Para la producción de 1 kg de proteína en huevos o leche el animal ha de consumir entre 3 y 3,5 kg de proteína con el pienso. Son valores para niveles de producción medios, porque la eficiencia es mayor cuanto más alto es el nivel de producción con IC en vacas lecheras que oscilan entre 1 y 0,6 para producciones diarias de 12 o de 30 kg de leche, respectivamente. En vacuno de engorde, la cantidad de proteína que necesita consumir el animal para producir 1 kg de proteína en la carne es de 15 kg si la ganancia diaria de peso es de 500 g, y se reduce a la mitad (7,5 kg de proteína) cuando crece a un ritmo más rápido y engorda hasta 1 500 g de peso al día. El motivo del efecto del nivel de producción sobre el IC no es otro que el de que, en términos relativos, las necesidades para mantenimiento representan una menor proporción del total a medida que la vaca produce más leche o el novillo gana más peso diariamente. La mejora genética de los animales de abasto ha contribuido de forma muy significativa a aumentar la eficiencia alimentaria. Por ejemplo, se estima que en los últimos 30 años se ha conseguido reducir el IC en ganado porcino aproximadamente un 1 % cada año, lo que significa que en la actualidad se necesita casi un 30 % menos de pienso para producir una misma cantidad de carne de cerdo. Progresos similares o incluso superiores se han conseguido en la producción aviar. En el caso de la producción de carne también son importantes factores tales como la edad o peso al sacrificio y el sexo de los animales. Un mayor ritmo de crecimiento no solo determina una mayor eficiencia alimentaria, sino que, además, el animal alcance el peso al sacrificio en un menor tiempo, reduciéndose, por tanto, la cantidad de alimento necesaria para mantener a los animales. Pero, además, el IC aumenta (es peor) cuanto mayor es la edad y el peso del animal, debido, en gran medida, a que cada kilo de ganancia ponderal contiene más grasa y menos proteína. En pollos o en cerdos, se estima que el IC aumenta unas 5 centésimas por cada semana que se extienda el periodo de engorde. En vacuno, el aumento en el IC llega a ser de hasta una déci-

25 Flachowsky, G. (2002). Efficiency of energy and nutrient use in the production of edible protein of animal origin. *Journal of Applied Animal Research* 22: 1-24. DOI:10.1080/09712119.2002.9706374

ma por semana. Por este motivo, en términos exclusivamente de eficiencia alimentaria, podría pensarse que es más efectivo producir carne a partir de animales más jóvenes que prolongar el engorde para obtener la carne a partir de animales más maduros. En general el IC es también menor en machos que en hembras, porque cuando se comparan en las mismas condiciones, el ritmo de crecimiento es mayor y el contenido graso de la ganancia diaria de peso es menor en los machos que en las hembras.

El IC más significativo a nivel de coste de producción es el que se calcula globalmente en la granja, teniendo en cuenta no solo el resultado obtenido en la propia fase de producción (durante el engorde, la lactación o la puesta), sino el que se estima a partir del consumo total de pienso durante todo el ciclo productivo. Por ejemplo, en el caso de vacas lecheras hay que incluir los periodos de recría hasta que se inicia la actividad reproductora y se produce el primer parto y los de secado. En el caso de animales de carne, además del consumo de pienso del propio animal durante el crecimiento, habría que incluir el de los reproductores (fundamentalmente el de las madres) para la obtención de crías que se destinarán al engorde. Por este motivo, hay parámetros productivos que, aunque no directamente relacionados con el consumo de pienso del animal en producción o con su propio rendimiento productivo, tienen una influencia significativa sobre el IC global de la granja. La duración de la vida productiva de los animales reproductores, de aves de puesta o de hembras productoras de leche es un factor importante, de forma que el IC global es mejor cuanto mayor es el número de camadas o de lactaciones en las cerdas madre o vacas lecheras o cuanto mayor es la duración del periodo de puesta en las gallinas, es decir, cuanto mayor sea la edad al desvieje. Observando únicamente las cifras, también se puede apreciar que el IC global es mejor si estos animales inician su actividad reproductora a una edad más temprana, acortando los periodos de cría y recría. En el caso de las especies más prolíficas (cerdos, pequeños rumiantes), el IC también mejora cuanto mayor es el número de crías en cada camada. En porcino, mayores tamaños de camada y una menor duración de los ciclos productivos determina una mayor producción anual de lechones. Sin embargo, cuando se analizan todos los factores conjuntamente ya pueden distinguirse algunos efectos contrapuestos. Por ejemplo, si se inicia antes la actividad reproductora puede mejorarse el IC, pero también es posible que la vida productiva del animal se acorte y su rendimiento productivo a lo largo de esa vida sea peor, lo que tendría justamente el efecto inverso. Prolongar la vida productiva del animal reduce las tasas de reposición y mejora el IC global de la granja,

pero la selección genética para disponer de animales de muy alta producción ha determinado, en muchos casos, que esos animales estén sometidos a un esfuerzo metabólico y fisiológico que termina acortando su vida productiva. Son ejemplos evidentes las cerdas madres hiperprolíficas de estirpes muy magras, el mejor rendimiento derivado de obtener camadas más numerosas o de producir crías capaces de un mayor desarrollo muscular se ve contrarrestado con una duración más corta de su vida productiva, que terminan habiendo parido un menor número de camadas. En el caso de las vacas lecheras, la mayor capacidad de producción de leche durante lactaciones mucho más largas se compensa con un menor número de lactaciones a lo largo de su corta vida productiva.

Entre los factores ambientales que tienen un efecto sustancial sobre la eficiencia productiva y alimentaria de los animales de granja hay que mencionar las condiciones de higiene y manejo de la granja y la propia alimentación. Una higiene deficiente o un manejo inadecuado determinan un peor estado de salud de los animales. Es importante destacar que antes de que se manifieste ningún signo de enfermedad, lo primero que se observa es una merma del rendimiento productivo, los animales que no están sanos, producen menos, son mucho menos eficientes. Los animales enfermos no producen, y la mortalidad afecta de forma muy importante al IC global de la granja. En el caso de los animales de engorde, el impacto de la mortalidad es mayor cuanto mayor es el peso del animal que muere. Los programas sanitarios, las medidas de bioseguridad, la densidad de animales, las instalaciones y las condiciones ambientales (temperatura, humedad, ventilación) son importantes para el bienestar y el rendimiento productivo de los animales.

Son numerosos los aspectos relacionados con la alimentación que influyen de forma significativa en la eficiencia productiva de los animales. Lo primero que debe decirse es que cualquier deficiencia nutricional determina un menor rendimiento productivo del animal y, en el caso de que déficit llegue a ser muy limitante, puede ocasionar un proceso carencial que afecte a su estado de salud. Para evitar este riesgo, ha sido una práctica habitual alimentar a los animales en exceso, aportando más de lo que el animal realmente necesita. La respuesta del animal al aporte de energía o de un nutriente específico se ajusta a la ley de los rendimientos decrecientes, apreciándose una disminución marginal en la intensidad de la respuesta, de forma que el incremento en el rendimiento productivo ocasionado por el aporte de una unidad de nutriente es cada vez menor. Hasta alcanzar una asíntota, a

partir de ese nivel, cualquier aporte adicional de nutriente no da lugar a un aumento de la productividad. Cuando el precio de dicho nutriente es asequible, su utilización en exceso no ha sido un problema, aunque no aumente la producción, se evita el riesgo de una posible deficiencia. Pero lo que no se retiene en el producto es eliminado del organismo, cuestión que se abordará en un apartado posterior cuando se analicen las emisiones procedentes de la producción animal.

De los factores alimentarios que afectan a la eficiencia, quizá el más importante es el tipo de alimento. El IC es siempre mejor cuando el animal consume alimentos concentrados; lo cual es lógico, ya que estos alimentos se caracterizan por un mayor contenido en energía y nutrientes. Es decir, el animal puede cubrir sus necesidades nutricionales y recibir todos los nutrientes que requiere con una menor cantidad de alimento. Cabe destacar aquellos alimentos con una mayor concentración energética o los que presentan un mayor contenido en aminoácidos esenciales con los que es posible reducir considerablemente los IC. Además de aportar más nutrientes suelen ser más digestibles, y también es mayor la eficiencia con la que se utilizan los nutrientes absorbidos en el metabolismo celular. En contraste, los alimentos menos concentrados se caracterizan por un mayor contenido en fibra y un menor contenido proteico y, además, suelen ser menos digestibles. En este grupo de alimentos se incluyen casi todos los forrajes. Su inclusión en las raciones de los animales ha ido disminuyendo paulatinamente a medida que se intensifican los sistemas de producción y que el objetivo es conseguir una mayor productividad, entre otros motivos porque con ellos los IC son siempre peores. Para satisfacer las necesidades nutricionales de los animales se necesita una mayor cantidad de alimento, y al ser menor su digestibilidad el animal produce una mayor cantidad de deyecciones. Si bien estos datos son una realidad, no debería olvidarse que los alimentos concentrados son una pequeña parte de la planta (habitualmente el grano o la semilla) donde se acumulan sustancias de reserva que son las que aportan nutrientes al animal que las consume. El resto de la planta (fundamentalmente de su parte aérea) son tejidos con un mayor desarrollo de la pared celular vegetal, en la que está presente la celulosa y los otros componentes de la fibra. Si se utiliza como alimento para los animales el IC será peor; pero si se prescinde de su uso como pasto para el animal se estará desperdiciando una ingente cantidad de biomasa vegetal. Merece la pena recordar en este punto que la celulosa es la molécula orgánica más abundante de la biomasa en el planeta Tierra. También es preciso enfatizar el hecho de que la fracción fibrosa de los pastos

solo puede ser digerida en los animales herbívoros en los que hay procesos de digestión aloenzimática llevada a cabo por los microorganismos que colonizan el rumen (solo en los rumiantes) o el intestino grueso (en todos los herbívoros). En el resto de los animales no herbívoros, que sólo disponen de sus propias enzimas digestivas, el aprovechamiento de la fibra en el tracto gastro-intestinal es muy limitada, en muchos casos prácticamente insignificante. Tal y como se mencionó anteriormente, el IC es peor en los rumiantes que en los cerdos o en las aves. Los dos principales motivos que explican esta diferencia son el tipo de alimentos que consumen unos y otros y el tipo de procesos digestivos. Los rumiantes consumen alimentos menos concentrados y con un mayor contenido en fibra y los principales procesos de hidrólisis y degradación de las moléculas del alimento ocurren en el rumen mediante la digestión microbiana. Los microorganismos hidrolizan los componentes del alimento para obtener sus propios nutrientes, y así crecer y multiplicarse para mantener las poblaciones microbianas. El rumiante obtiene beneficios incuestionables de este proceso, entre ellos la capacidad de poder digerir la fibra, pero también se ve afectado por pérdidas inevitables que reducen la eficiencia final del proceso. Sin embargo, decir sin más que los rumiantes son mucho menos eficientes es una afirmación demasiado simplista que precisa de alguna matización. En general es cierto que la eficiencia alimentaria es menor que en otros animales (cerdos o aves), pero también es cierto que deben ser considerados más eficientes en la utilización de alimentos ricos en fibra, el rumiante puede digerirlos en cierta medida y obtener nutrientes y, al contrario, la cantidad de energía que los cerdos y las aves pueden obtener a partir de esos mismos alimentos es despreciable. En este caso especial, los rumiantes son mucho más eficientes.

Otro aspecto importante en relación con la influencia de la alimentación sobre la productividad es la utilización de sustancias mejoradoras de la producción (o promotores del crecimiento). Aunque no siempre administradas con el alimento, estos compuestos han sido convencionalmente considerados como aditivos. Los datos disponibles a lo largo de decenios demuestran que es posible mejorar la eficiencia y el rendimiento productivo recurriendo a estos productos. Ello justificó el uso en el pasado de antibióticos y hormonas (ya comentado anteriormente) y la autorización en el momento presente del uso de otras sustancias denominadas aditivos zootécnicos en la legislación europea. Dentro de este grupo se encontraría una vasta diversidad de productos, entre los que se puede mencionar a las enzimas, los probióticos, prebióticos, postbióticos y simbióticos, algunos ácidos orgánicos o los extractos de origen

vegetal (fitobióticos). La oferta es ciertamente amplia y variada. Todos ellos se usan con el propósito de “influir positivamente en la productividad de los animales sanos o en el medio ambiente”²⁶ y, en mayor o menor medida, con estos aditivos es posible lograr una cierta mejora en los rendimientos productivos o en el IC de los animales. Especialmente eficaces fueron en su momento los antibióticos y las hormonas, hasta el punto de que el sector productivo fue siempre muy reacio a su prohibición y aún hoy, después de un largo tiempo desde su retirada, continua la búsqueda de alternativas que los sustituyan. En el caso de los aditivos utilizados actualmente en los piensos, su eficacia debe ser demostrada para poder ser incluidos en el registro de aditivos autorizados en la UE. También es preciso evaluar la seguridad de su uso, en términos de inocuidad para el animal, para el consumidor o el manipulador y para el medio ambiente. Con estos avales, los aditivos autorizados son más seguros que los utilizados en el pasado, pero es posible afirmar que con ellos no se ha conseguido alcanzar las mejoras en los rendimientos productivos que llegaron a conseguirse con hormonas y antibióticos. Es preciso destacar que hay una relación inversa entre la mejora conseguida con los aditivos y las condiciones higio-sanitarias, ambientales y de manejo y alimentación en las granjas. Es decir, cuanto más deficientes son las condiciones en las granjas, más eficaz es el uso de los aditivos zootécnicos. En granjas con buenas condiciones (obviamente esto también supone un coste) los mismos aditivos apenas tienen ningún efecto sobre la productividad. Es un objetivo prioritario de la UE que no se utilicen los aditivos para subsanar otras deficiencias estructurales de las granjas.

Y este último comentario nos lleva a una reflexión final en relación con la productividad en los sistemas ganaderos. Una lectura poco analítica de los datos puede llevar a conclusiones tales como es mejor producir alimentos solo a partir de las especies más eficientes, o solo con animales muy seleccionados para alcanzar los niveles de producción más altos posibles, o utilizando solo alimentos concentrados o recurriendo a aditivos con los que mejorar el rendimiento productivo de los animales. Estas afirmaciones tienen más sentido si el objetivo de la producción animal es exclusivamente económico y, de algún modo, es lo que ha sucedido durante el último dodecalustro tras la revolución verde, determinando la evolución de la ganadería es este periodo. Es muy probable que, en el momento presente, la rentabilidad y la

26 Reglamento (Ce) No 1831/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2003 sobre los aditivos en la alimentación animal

productividad continúen siendo el factor más decisivo. Pero a medida que aumenta el conocimiento de cuáles son las consecuencias de sistemas orientados únicamente al crecimiento económico surgen más interrogantes sobre si es posible una alternativa que contribuya a un desarrollo más sostenible.

¿Cuál es el impacto del desarrollo de la producción animal sobre el planeta?

Toda actividad humana tiene un cierto impacto ambiental, aunque podría decirse que durante milenios dicho efecto no llegó a alterar de forma significativa a un medio natural con capacidad suficiente para soportar la magnitud y extensión de las perturbaciones que pudieron provocarse por la intervención humana (colonización, construcción, devastación). Sin embargo, el crecimiento demográfico explosivo que se produjo en el siglo XX y la intensificación de la actividad humana en los países más desarrollados tras la segunda guerra mundial basada en un uso masivo de la energía fósil ha desembocado en la crisis climática (o cambio climático) actual llegando a suponer una seria amenaza para la biosfera, tanto para los soportes naturales de la vida en el planeta (la tierra, el agua y la atmósfera), como para los seres vivos (incluida la propia especie humana). El calentamiento global, el deterioro de la corteza terrestre, en especial del suelo que soporta la biosfera alterándose la cobertura vegetal, la contaminación del agua y del aire o la modificación de los flujos biogeoquímicos (ciclos del fósforo y el nitrógeno) son fenómenos que se producen a un ritmo cada vez mayor; es lo que se ha llamado “la gran aceleración”. Es muy probable que estos fenómenos estén provocando otros, tales como intensas sequías que terminan con la desertificación en algunos lugares del planeta, la pérdida de masas de hielo o glaciares, la acidificación y el ascenso del nivel de mares y océanos o la manifestación de anomalías climáticas (inundaciones, olas de frío o de calor) que no hacen más que retroalimentar y acelerar el deterioro ambiental. Son muchos los indicios que sugieren que se pueden estar rebasando algunos de los límites biofísicos del planeta, superando su capacidad de respuesta para amortiguar las perturbaciones y haciendo que el daño llegue a ser irreversible y con una pérdida irrecuperable de muchos de los atributos de la biosfera que la definen como medio de vida. De hecho, ya es manifiesta una pérdida significativa de la biodiversidad y la desaparición de numerosas especies vegetales y animales (la “sexta extinción” de la vida en la Tierra). Se ha in-

troducido el término Antropoceno²⁷ para designar a una época geológica del período Cuaternario en la historia terrestre, que correspondería al momento actual debido al extraordinario impacto global de las actividades humanas sobre los ecosistemas terrestres, el clima y el planeta.

La obtención de alimento también afecta a la naturaleza, porque, como todo ser vivo el hombre necesita un aporte continuo de energía para no morir y, como organismo heterótrofo, lo obtiene a partir de otros seres vivos. En la prehistoria el hombre no fue más que un eslabón de la cadena trófica, obteniendo alimento a partir de plantas y animales mediante la recolección y la caza o la pesca. La evolución permitió el desarrollo de capacidades que lo hizo más competente que las otras especies, pero esa ventaja no llegó a afectar de forma significativa los flujos y ciclos de la naturaleza. Tras la revolución del Neolítico el hombre consiguió dirigir a su favor y acelerar el flujo de materia y energía en la cadena trófica mediante el cultivo de plantas y la cría de animales. Se modificaron algunos ecosistemas naturales y fueron apareciendo los agroecosistemas. Aunque la Tierra fue evolucionando poco a poco hacia un espacio diseñado por y para el hombre, la intensidad y el ritmo de los cambios no parecieron afectar de forma significativa al medio ambiente. Sin embargo, han bastado unos pocos decenios tras el inicio de la revolución verde para que haya un cuestionamiento ampliamente extendido de los actuales sistemas de producción animal que se debe, en gran medida, a la preocupación por el impacto de la ganadería sobre el medio ambiente. Es inevitable que la actividad agraria tenga un efecto sobre el ambiente, ya que su vinculación con el medio natural es evidente. Los recursos que son necesarios para producir alimentos se obtienen directamente de la naturaleza, la intensidad con la que se usen dichos recursos determina en gran medida el impacto final sobre el medio. Es importante el llamado efecto rebote, que describe cómo cuando mejora la eficiencia de utilización de un recurso no disminuye la extracción de dicho recurso, sino que aumenta su utilización con el fin incrementar aún más la cantidad total de producto obtenido. Además, con la agricultura y la ganadería no solo se obtienen productos útiles al hombre, también se generan productos de desecho que son devueltos a la naturaleza y, en muchos casos, pueden tener efectos adversos sobre el medio. Uno de los indicadores de impacto ambiental más utilizados recientemente es la huella ecológica, que expresa la cantidad total de recurso que

27 Zalasiewicz, J., Williams, M., Smith, A., Barry, T. L., Coe, A. L., Bown, P. R., ... Stone, P. (2008). Are we now living in the Anthropocene? *GSA Today* 18: 4-8. <https://doi.org/10.1130/gsat01802a.1>

es necesaria para obtener la cantidad de producto que demanda o consume el hombre y para absorber los residuos que genera. Hasta el momento presente el hombre ha usado a la naturaleza según un patrón lineal basado en “extraer, producir y consumir” los recursos naturales y finalmente “tirar” los restos. De esta forma, la huella ecológica ha sido cada vez mayor y ya se ha estimado que, si se toma como referencia la demanda y el consumo en un país con un grado medio de desarrollo, no sería suficiente con los recursos disponibles en el planeta para satisfacer las necesidades de la población humana. Para conseguir abastecer la demanda de los países más ricos harían falta varios planetas (si todo el mundo tuviese el nivel de vida de España ya sería necesario que la capacidad productiva de la Tierra fuese 2,5 veces mayor que su potencial estimado), algo que solo es posible porque hay otros muchos países que tienen que vivir con mucho menos. Ahora bien, los recursos no son inagotables y la población humana sigue creciendo, por lo que parece inevitable un cambio en el modelo de aprovechamiento de dichos recursos. En este punto, y antes de empezar a analizar los distintos impactos de la producción animal sobre el ambiente, es oportuno indicar que los efectos de la ganadería sobre el planeta no son siempre, ni necesariamente, nocivos. La cría de animales también puede aportar algunos efectos ambientales favorables, un aspecto que suele ignorarse cuando solo se pretende exaltar los aspectos más negativos. Así, determinadas formas de ganadería (sistemas integrados agrosilvopastorales) pueden contribuir al mantenimiento y la conservación de algunos agroecosistemas y de su biodiversidad, a la utilización de recursos naturales en zonas que no son susceptibles de ningún otro aprovechamiento (tierra pastable), al mantenimiento de la cubierta vegetal y de la fertilidad del suelo, evitando la erosión y favoreciendo la captación de carbono, al control de una proliferación descontrolada de una vegetación de sotobosque que favorece la incidencia e intensidad de incendios forestales. Estos beneficios, denominados servicios ecosistémicos, hacen del mundo rural un lugar más atractivo y una fuente de riqueza, fijando población en zonas no urbanas. El hombre se ha beneficiado de estos servicios durante milenios, pero también es cierto que no todas las formas de ganadería tienen efectos favorables sobre el medio ambiente.

El primer recurso necesario en la agricultura y la ganadería es la tierra, ya que las plantas y los animales necesitan ocupar un terreno para alimentarse y desarrollarse. Si, como ya se ha mencionado, la población humana va a aumentar un 25 % en los próximos 30 años, será necesario dedicar una mayor superficie del planeta para acoger a todas las personas, lo que significa espa-

cio para viviendas, urbanización, infraestructuras. Obviamente, también se necesitará un incremento similar en la superficie de terreno para la producción de alimentos para todos. Ahora bien, el planeta tiene unas dimensiones finitas, no puede expandirse y ya no son demasiadas las zonas que van quedando disponibles para ser ocupadas en el futuro. Ya se puede observar cierta presión sobre algunos espacios naturales. Sin embargo, aunque pueda haber quien vea estos espacios como no productivos, todo parece indicar que su existencia es imprescindible para el mantenimiento de unas condiciones ambientales que son las que han permitido el desarrollo de la vida en la Tierra. Diariamente asistimos a la deforestación de bosques o selvas para aumentar la superficie terrestre que pueda ser ocupada o utilizada por el hombre, pero son muchos los indicios que señalan que los efectos de la pérdida de masa forestal sobre el clima y los recursos naturales son impredecibles y podrían ser devastadores. Una parte importante de la superficie terrestre es destinada al cultivo de plantas, es lo que se llama la superficie arable o cultivable. Aunque a lo largo del tiempo se ha conseguido extender gradualmente dicha superficie, hay limitaciones climáticas, edáficas y orográficas que determinan que no toda la superficie de la tierra puede ser utilizada para el cultivo. De hecho, la FAO estima que sólo algo más de una décima parte de la superficie terrestre es arable. En España, la tierra cultivable es de un 25 % del total, a la que habría que sumar un 10 % ocupado por los llamados cultivos permanentes (olivar, viñedo, frutales). Esto ya supone una restricción física importante a la cantidad de tierra que puede destinarse a la producción de alimentos de origen vegetal. Una parte importante de la cosecha de dicha tierra cultivable se destina a la alimentación de los animales. A medida que aumenta la presión por el uso de la tierra y por los alimentos que se obtienen del cultivo agrícola (granos y semillas) hay una mayor incertidumbre sobre si se están empleando eficientemente dichos recursos al usarlos como alimento para el ganado, cuando sería mucho más eficiente obtener productos para el consumo directo por los humanos. Transformar granos y semillas en productos de origen animal supone que el flujo de materia y energía debe atravesar un eslabón adicional de la cadena alimentaria, y en cada paso intermedio de dicha cadena apenas se recupera un 10 % de la materia o de la energía que se consume. Este coeficiente de transformación es especialmente bajo cuando se produce carne, por cada unidad de energía que se obtiene en la carne podrían haberse obtenido hasta diez unidades de esa misma energía si el hombre hubiese consumido directamente los granos o las semillas que utilizó para alimentar al animal. Dicho de otro modo, la

huella ecológica de la producción ganadera en términos de superficie productiva de tierra necesaria para la obtención de una unidad de producto es muy superior a la de la producción agrícola. Teóricamente, si no se destinase tierra cultivable para obtener alimento para los animales se podría obtener una cantidad mucho mayor de alimentos de origen vegetal para sustentar a la población humana presente y futura. Obviamente, a expensas de reducir o renunciar al consumo de alimentos de origen animal, toda la especie humana tendría que ser vegetariana. Sin embargo, hasta el momento presente todas las tendencias de consumo indican que, bien al contrario, la demanda de alimentos de origen animal aumenta continuamente, no solo porque haya más personas, también porque el consumo de carne o leche es mayor cuanto mayor es el nivel de renta de la población. Pero hay un límite y en algún momento tiene que producirse un cambio en las dinámicas, el crecimiento indefinido en la producción y el consumo solo es posible a expensas del planeta que, si se agota, dejará de producir y el consumo se reducirá inevitablemente cuando no se pueda producir más. En este debate sobre el uso de la tierra y de los cultivos agrícolas es habitual hacer hincapié en lo ineficiente que puede llegar a ser la producción animal, ignorando que puede haber también otra forma de analizar la cuestión. Es importante recordar que, junto con una superficie limitada de tierra arable o cultivable, en la tierra hay enormes extensiones de terrenos que, por sus limitaciones climáticas o edáficas, no son aptos para el cultivo agrícola, pero pueden producir una cantidad nada despreciable de biomasa vegetal. Excluyendo las masas forestales, hasta una cuarta parte de la superficie terrestre total del planeta asienta lo que la FAO ha denominado tierra pastable, es decir, no aprovechable mediante cultivo agrícola pero disponible para obtener alimento para los animales. En casi todos los casos se trata de superficies de pastos herbáceos o arbustivos cuyo único aprovechamiento posible es el pastoreo (utilización directa, a diente) por los animales. En este caso, salvo que estos terrenos sean urbanizados o convertidos (si la tecnología del futuro lo permite) en masas forestales o en tierra cultivable, el hombre no puede obtener nada de ellos si no es mediante la producción animal. Ni que decir tiene que, si se valora únicamente la eficiencia neta, los índices de conversión son muy bajos, son recursos alimenticios que solo pueden utilizar los herbívoros y, aun así, con una eficiencia muy baja. Se necesita mucha tierra y mucha cantidad de biomasa vegetal para obtener una determinada cantidad de producto de origen animal. Pero es eso o nada, es una eficiencia baja o una eficiencia nula. En realidad, en términos relativos, también puede apreciarse como una enorme

eficiencia, obtener proteína animal de calidad a partir de un recurso sin aprovechamiento alternativo. Podríamos plantearnos la pregunta de si en una situación de limitación de recursos es sostenible prescindir de algo potencialmente útil y que no plantea una competencia, ya que el hombre no puede consumirlo directamente como alimento. Desde una concepción más conservacionista, puede plantearse que no haya ningún tipo de intervención humana para que dichas superficies evolucionen a etapas de sucesión ecológica más avanzadas y queden como reservas naturales. Pero dadas las limitaciones ambientales no siempre es posible la evolución a comunidades boscosas o selváticas densas, y el crecimiento incontrolado de la vegetación puede desencadenar más inconvenientes que efectos beneficiosos. En los últimos lustros hay incendios de masas forestales cada vez más virulentos y difíciles de controlar. Las estadísticas parecen indicar que el número total de incendios es menor que en el pasado, pero su intensidad y sus efectos devastadores son muchos mayores. La proliferación incontrolada de vegetación y de maleza favorece el inicio y la propagación del fuego. Y esto ha sucedido en muchas partes del planeta. Se han abandonado tierras pastables porque su uso mediante el pastoreo supone una baja eficiencia biológica con una escasa rentabilidad económica, a veces sustentándose en el argumento de los efectos adversos de los animales sobre el ambiente. Por ejemplo, ha sido muy extendida la idea de que el ramoneo por las cabras esquilmaba la vegetación y era muy dañino para los pastos. También se ha argumentado que la utilización de los pastos por el ganado termina con la erosión del suelo y la desertificación, algo que ha podido suceder en situaciones de sobrepastoreo con un consumo desmesurado de los recursos pastables. Sin embargo, si se ajusta racionalmente la carga ganadera a la disponibilidad del pasto no solo no hay deterioro de la cubierta vegetal, sino que esta se puede ver favorecida. Es la llamada paradoja pastoral, que define el hecho de que muchas especies herbáceas se ven beneficiadas si son consumidas por los herbívoros en su justa medida. Por todo ello, no debería de haber dudas de que el mantenimiento de los pastizales, pastos arbustivos y de montaña puede ser una forma racional de gestión integral del territorio de zonas desfavorecidas con condiciones de medio difíciles. El beneficio de este aprovechamiento no es solo la obtención de alimentos de origen animal, el control de la vegetación como herramienta para la prevención de incendios forestales puede ser un efecto positivo de la ganadería sobre el medio ambiente, y renunciar a ello es desperdiciar un recurso natural. Otra cuestión es su coste, ya que quizá haya que valorar si la utilización de tierra pastable aporta una renta invisible, en

forma del ahorro que supone el precio que hay que pagar por no aprovecharla. Por ejemplo, para la extinción de los incendios o para los pagos compensatorios por sus consecuencias devastadoras. Y no sólo en términos monetarios, habría que valorar también los efectos ambientales, tanto positivos como negativos, del aprovechamiento o del abandono de estas tierras pastables.

En el contexto de la competencia del animal por recursos susceptibles de consumo directo por el hombre, es necesario referirse a la ingente cantidad de biomasa vegetal procedente de las cosechas que no sirve como alimento para los humanos. Un ejemplo ilustrativo sería el cereal, solo se consume una parte del grano, pero el resto de la parte aérea (hojas, tallos, cascarillas) solo puede servir como alimento para herbívoros estrictos, entre los que no se encuentra el hombre. Esto mismo sucede con casi todos los cultivos agrícolas; en la mayoría de los casos es mayor la biomasa que se descarta que la que se utiliza. La producción de legumbres, frutas, raíces o tubérculos, la obtención de aceite a partir de oleaginosas, o la transformación agroindustrial de los productos de cosecha en otros de consumo genera cantidades extraordinarias de subproductos que el hombre no utiliza como alimento. Por no hablar de los excedentes o de los destríos que por su aspecto o por motivos de seguridad no se consideran aptos para el consumo humano. Toda esta enorme cantidad de biomasa se puede utilizar para obtener fertilizantes y biocombustibles o para extraer algunos compuestos funcionales de utilidad farmacológica o terapéutica, pero es indudable que una alternativa provechosa sería su utilización en la alimentación animal. Y podría considerarse un uso sostenible, porque de otro modo la eliminación de esta materia vegetal sería un despilfarro, con un enorme coste económico y con un impacto ambiental nada satisfactorio. De nuevo cabe preguntarse si es sostenible desperdiciar toda esta biomasa cuya producción es inevitable al obtener alimentos de origen vegetal o negar que los animales pueden tener también un impacto positivo sobre el medio ambiente facilitando su aprovechamiento.

Una de las alternativas para ampliar los espacios terrestres que puedan utilizarse para la producción animal es una mayor utilización del medio acuático. Como nota anecdótica podría mencionarse que, en la disputa permanente de los Países Bajos por ganar terreno al agua, en ese país ya hay granjas de ganado vacuno lechero asentadas sobre el mar, en las que no solo se aloja y ordeña a las vacas, sino que, además, se utilizan las deyecciones

para producir algas que se utilizan como alimento forrajero en las raciones. En realidad, no es eso lo importante al hablar de producción animal en el medio acuático, en este caso lo realmente relevante es la cría de especies (peces, moluscos, crustáceos) acuícolas. A medida que se constató la limitación de los caladeros marinos para la obtención de pescado, se inició el desarrollo de la acuicultura. En tan solo 40 años se ha pasado de ser una producción minoritaria a que, en la actualidad, la mitad del pescado que se consume en el mundo se obtiene mediante el cultivo de especies acuícolas. El desarrollo ha sido espectacular y en muy poco tiempo. En cualquier caso, cabe mencionar que, aunque la acuicultura requiera menos superficie que la producción de animales terrestres, también hay una demanda importante de tierra para la producción de piensos. Por otro lado, a medida que la producción acuícola se ha intensificado, ha terminado colonizando espacios terrestres, de forma que algunas granjas muy tecnificadas y con un control absoluto de las condiciones ambientales para la cría de estas especies han terminado instalándose en tierra firme, en algunos casos en lugares muy alejados del medio natural en el que normalmente se encuentran estos animales.

Además del factor tierra, también se le achaca a la ganadería el suponer un consumo desmedido de otros recursos, tales como el agua o los combustibles fósiles. Las granjas necesitan tres aportes fundamentales de agua: el agua de bebida, la necesaria para la producción de los alimentos para el ganado y la que se usa para el lavado e higiene de las instalaciones y el equipamiento. Para el cálculo de la huella hídrica para obtener un producto animal hay que sumar a esos tres componentes el agua necesaria para la elaboración y transformación del producto (agua usada en mataderos o lecherías, en industrias agroalimentarias, etc.) hasta llegar al consumidor final. En la granja, más de un 90 % del agua requerida es la necesaria para la producción de piensos y forrajes para los animales. La cantidad de agua necesaria para obtener un kilo de carne es hasta 10 veces mayor que la que se precisa para producir un kilo de cereales y legumbres, algo que es lógico ya que para producir un kilo de carne se necesitan varios kilos de pienso. Aunque hay una relación directamente proporcional entre la cantidad total de producto que se obtiene y la de agua que se requiere, la cantidad de agua necesaria por unidad de producto obtenido es menor cuanto menor es el índice de conversión, es decir, cuanto menor es la cantidad de alimentos que necesitamos para obtener un kilo de carne o de leche. De este modo, la cría de las especies menos eficientes (rumiantes, herbívoros) tendría una mayor huella hídrica que la de los cerdos y las aves, destacando la que deriva de la producción de ga-

nado vacuno, tanto de leche como de carne. También hay una huella hídrica superior cuando la alimentación animal se basa en una mayor utilización de forrajes, porque el índice de conversión es mejor cuando los animales consumen alimentos concentrados y porque los cultivos forrajeros tienen un mayor requerimiento hídrico que la producción de cereales o semillas. Sin embargo, hay que analizar con rigor estos valores. La huella hídrica suele clasificarse en tres tipos según la procedencia del agua: la huella verde (la humedad que procede de la atmósfera en forma de precipitaciones y que se almacena en el suelo en capas superficiales al alcance de las plantas), la azul (agua que procede de fuentes naturales o artificiales y se aporta con el riego mediante infraestructuras o instalaciones operadas por el hombre) y la gris (agua para la gestión de purines y desechos ganaderos o derivada en los procesos de producción que es necesario diluir para disminuir la concentración de contaminantes). El componente mayoritario es siempre el agua verde, en los cultivos de secano apenas hay componente de agua azul y cuanto menor es el uso de fertilizantes y fitosanitarios menor es la cantidad de agua gris requerida. Es fácil entender que la producción intensiva de forrajes requiere un aporte elevado de agua, mientras que en pastos más extensivos la huella hídrica es mucho menor y constituida casi exclusivamente por agua verde. Si el consumo de agua se expresa sin más connotaciones como huella hídrica, la alimentación de rumiantes con pastos supone, aparentemente, un enorme consumo de agua. Pero, si se tiene en cuenta que casi toda el agua que se necesita procede de la atmósfera y que no hay necesidad de agua azul o gris, también puede concluirse que es una forma eficiente de aprovechar dicho aporte hídrico, es utilizado por las plantas para su crecimiento y el pastoreo es, quizá, la mejor forma de utilización de la biomasa resultante. La huella hídrica de la ganadería española supera con creces los 50 km³ anuales, aumentando de forma continua año tras año, si bien una parte importante de la huella hídrica se imputa a los países de los que se importa soja y cereales para los piensos y no siempre se computa en el cálculo de la huella hídrica final. De forma similar a lo comentado para el factor tierra o la competencia por los alimentos, se podría reducir la huella hídrica de la alimentación si se sustituye el consumo de carne o leche por el de alimentos de origen vegetal, pero la demanda de uno y otro tipo de alimentos no parece indicar que esa sea la tendencia actual.

Con la agricultura y la ganadería el hombre es el consumidor final de la energía que tiene su origen en la radiación solar y fluye a través de la cadena trófica. Para acelerar y mejorar la eficiencia en el flujo de energía, la

intensificación ha supuesto que el hombre interviene aportando energía fósil al sistema. El consumo de combustibles fósiles en los sistemas intensivos de producción animal supone la extracción de recursos naturales y su uso en casi todas las etapas de producción devolviendo al medio los productos de desecho de la combustión. Los animales de trabajo empleados en el pasado para las labores agrícolas y las operaciones en la granja han sido sustituidos por maquinaria y equipamiento cada vez más sofisticado con el que pueden realizarse con precisión casi todas las tareas con un menor requerimiento de mano de obra. Maquinaria agrícola, sistemas automatizados de alimentación, pastores o cercados eléctricos, incubadoras artificiales, robots de ordeño, y un sinnúmero de herramientas disponibles para hacer más fácil el trabajo del productor, a expensas del consumo de energía fósil. En los sistemas más intensivos, el control preciso de las condiciones ambientales supone un enorme coste de electricidad o de combustibles derivados del petróleo para el mantenimiento de la temperatura (calefacción o refrigeración), humedad, ventilación o iluminación artificial en las naves donde se alojan los animales. Uno de los principales consumos de energía fósil se destina a la producción de alimento para el ganado, ya que la producción y el transporte de fertilizantes, fitosanitarios o semillas tiene un coste energético importante. El consumo medio de los fertilizantes, especialmente los nitrogenados, representa más del 60 % del total de energía utilizada en el cultivo. La síntesis química de estos fertilizantes nitrogenados supone uno de los mayores consumos de energía fósil por el hombre. La fabricación de piensos o el procesado de granos y semillas para mejorar su utilización digestiva también son procesos que requieren de un aporte de energía. Otros insumos de energía fósil son la necesaria para secar cosechas (deshidratación de la alfalfa), transportar insumos y producciones hacia y desde la granja, la electricidad, y la construcción y mantenimiento de edificios e infraestructuras. La mejora en la eficiencia de producción ha justificado el uso intensivo de los combustibles mientras su coste y disponibilidad lo han permitido. Muy probablemente su uso continuará en el futuro, no parece tener mucho sentido dar pasos atrás en cuanto a la mecanización y tecnificación en el campo y en la granja. Sin embargo, al igual que sucede en todas las otras facetas de la vida, la tendencia es hacia la reducción en el consumo de energía fósil sustituyéndola paulatinamente por energías renovables, y racionalizar el uso de la energía para hacerlo compatible con su impacto medioambiental.

La otra cara de los efectos de la ganadería sobre el ambiente es la de la generación de desechos que son devueltos al medio. La naturaleza dispone

de mecanismos de homeostasis y resiliencia para responder a las perturbaciones, en este caso la entrada de elementos que pueden dañar o alterar algunos de los elementos. Cuando el volumen de desechos vertido por los animales, en cantidad y por unidad de espacio y tiempo, no es muy grande, la naturaleza tiene capacidad para absorber el efecto que pueda provocar esos residuos que, al final, queda diluido y no provoca un cambio significativo en los componentes biótico o abiótico de los ecosistemas. El problema surge cuando se genera una cantidad de desechos, o en una escala temporal o espacial reducida, tal que se superan los límites de respuesta de los ecosistemas. Se necesitaría un periodo lo suficientemente prolongado para una adaptación al cambio; el problema es que antes de que esto ocurra ya se puede haber producido la llegada de más elementos de desecho. A partir de ese punto, se produce la contaminación del medio, se alteran las condiciones ambientales y se afecta a los otros seres vivos que comparten ese entorno. La ganadería intensiva ha permitido un aumento extraordinario de la producción de alimentos de origen animal, pero, al mismo tiempo, ha supuesto la generación y acumulación de una enorme cantidad de residuos que ha terminado provocando un impacto ambiental significativo.

Al mencionar los residuos generados por los animales, lo primero en lo que se piensa es en las deyecciones (heces y orina), asociadas a olores desagradables, a la presencia de insectos, a la transmisión de gérmenes y parásitos o a la propagación de enfermedades. Sin embargo, en los sistemas ganaderos tradicionales, las deyecciones depositadas por los animales durante el pastoreo o el estiércol obtenido a partir de ellas en los establos constituyó durante siglos el principal fertilizante orgánico para la agricultura. La integración entre la actividad agrícola y la ganadera favorecía el uso racional de las deyecciones de los animales en la propia explotación, la tierra podía absorber todo el volumen de estiércol generado, contribuyendo a mantener la fertilidad de pastos y cultivos. Sin embargo, con la intensificación decayó este aprovechamiento circular de los recursos. Los fertilizantes químicos eran de manejo más sencillo, de aplicación más precisa y más eficientes para mejorar la productividad de los cultivos, así que se optó por su uso masivo, relegando las deyecciones animales a un segundo plano. La predominancia de la ganadería no ligada a la tierra determinó que el estiércol y los purines se acumulasen en la granja esperando a que alguien ajeno a la explotación estuviese interesado en su adquisición, asumiendo los costes de su retirada y transporte, en algunos casos hasta lugares distantes de la propia granja. Deshacerse de las deyecciones llega a ser un problema, y la acumulación de

grandes cantidades en balsas y estercoleros de enormes dimensiones termina provocando un indeseable impacto ambiental. La gestión de estiércol y purines en granjas supone un coste adicional que no existía en las ganaderías más tradicionales. Y lo mismo sucede con la aplicación de purines en las tierras de cultivo, generan olores y un impacto ambiental desagradable y requiere de equipamiento especial, además del coste de su transporte y del consumo de energía fósil. Por otra parte, la presencia de compuestos xenobióticos (por ejemplo, pesticidas, fármacos o antibióticos) eliminados en las heces y la orina no solo condiciona el uso de las deyecciones como fertilizante orgánico, sino que, además, puede convertirlas en un foco de elementos contaminantes. Lo que en su día fue considerado un producto valioso, en la actualidad es un obstáculo y un coste adicional.

En relación con la contaminación ambiental generada por las deyecciones animales merecen especial atención las excreciones de nitrógeno y de fósforo. En realidad, la polución originada por ambos elementos atribuible a la producción animal no se restringe solo a su excreción en heces y orina, también es importante la provocada por el uso de fertilizantes en pastos y cultivos para la obtención de forrajes y piensos para los animales. La eficiencia de utilización de ambos elementos por las plantas es limitada y solo una pequeña parte de lo que se aplica al terreno es finalmente recuperada en la materia que se usa como alimento para el ganado. En el caso del nitrógeno, la lixiviación lo arrastra fuera de la rizosfera limitando su absorción por la raíz y lo lleva hasta los acuíferos freáticos. Las concentraciones de nitratos en las aguas pueden alcanzar niveles de riesgo para el medio ambiente y para las plantas y animales expuestos. El acúmulo de nitratos en las plantas también puede llegar a ser tóxico para los animales o las personas que las consuman. En el caso del fósforo el problema es casi el contrario. Su limitada movilidad hace que se acumule en el suelo durante largos periodos de tiempo. Con aplicaciones sucesivas de fertilizantes fosfatados solo se consigue un efecto acumulativo aumentando las concentraciones de este elemento hasta niveles que pueden afectar a los organismos edáficos, en especial a la microbiota del suelo.

Ya en el animal, habitualmente tanto el nitrógeno como el fósforo son suministrados en exceso en las raciones para evitar posibles carencias que limiten la producción. En el caso del nitrógeno, para asegurar el aporte de todos los aminoácidos esenciales en cantidad suficiente se ha recurrido a formular piensos con un exceso de proteína. De este modo se garantizaba

que ningún aminoácido podía ser limitante. Sin embargo, mientras que se aportaba la cantidad mínima de algunos aminoácidos para cubrir las necesidades del animal, se estaba suministrando un exceso de otros aminoácidos. Al no ser utilizados para la síntesis proteica, los aminoácidos en exceso son degradados y el nitrógeno resultante eliminado con la orina en forma de amoníaco (peces), urea (mamíferos) o ácido úrico (aves). En el caso de los rumiantes, un exceso de proteína degradable en el rumen genera una liberación de amoníaco que no puede ser utilizado para la síntesis de proteína microbiana y que también termina siendo eliminado en forma de urea por la orina. A esta excreción habría que añadir el nitrógeno contenido en las heces procedente de la digestión incompleta de las proteínas en el intestino o de origen endógeno (microorganismos del intestino grueso, células descamadas). Con el fósforo ocurre algo diferente. En las plantas la mayor parte de este elemento se encuentra en forma de fitatos que no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas, por lo que se trata de un elemento de muy baja disponibilidad para el animal (solo se absorbe una fracción muy limitada de lo que se ingiere). Para asegurar un aporte suficiente se recurre a sales inorgánicas de las que el fósforo se extrae y se absorbe con facilidad. A pesar de su coste, se aporta fósforo en exceso y la cantidad total ingerida por el animal es mucho menor que la que finalmente se absorbe, de forma que el excedente se elimina con las heces. En la actualidad hay numerosas investigaciones para mejorar la disponibilidad del fósforo de origen vegetal, centradas sobre todo en el uso de fitasas exógenas, enzimas que hidrolizan los fitatos y mejoran la disponibilidad del fósforo. En la UE ya hay registradas algunas fitasas que se usan como aditivos de los piensos, aunque con una eficiencia limitada. En cualquier caso, el nitrógeno y el fósforo excretado con las heces y la orina llegan a constituir un problema de contaminación ambiental cuando se generan cantidades colosales de deyecciones que se acumulan en balsas y estercoleros o se aplican de forma indiscriminada en los cultivos. Los efluentes de los estercoleros o el óxido de nitrógeno gaseoso que se emite por las fermentaciones anaeróbicas que tienen lugar en la materia orgánica en descomposición son elementos muy contaminantes. El óxido de nitrógeno es uno de los principales gases de efecto invernadero. Cuando los estiércoles y purines se usan como fertilizantes, el nitrógeno y el fósforo en exceso contaminan y acidifican los suelos agrícolas y terminan siendo arrastrados a los acuíferos del subsuelo y a las aguas continentales, alcanzando concentraciones que favorecen la eutroficación o llegan a ser tóxicas para algunos seres vivos. Un caso aparte es la acuicultura en estructuras abiertas

en el mar o en aguas continentales en las que el pienso se distribuye directamente sobre el agua. Son piensos ricos en proteína y fósforo, una fracción importante de estos nutrientes no es consumida o utilizada por los peces, y termina depositándose en el fondo o disolviéndose en las aguas, hasta alcanzar niveles que pueden considerarse con un alto potencial contaminante.

Un efecto ambiental de la producción animal del que cada vez se habla más es la huella de carbono, que hace referencia a la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos, directa o indirectamente, por un individuo, una comunidad o un determinado sector productivo. La reducción de la huella de carbono o descarbonización es un objetivo prioritario para poder detener el progresivo calentamiento global del planeta (aumento de la temperatura media de la Tierra que se ha observado en los últimos cien años). La 21ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21) adoptó el Acuerdo de París²⁸ que establece el marco global de lucha contra el cambio climático a partir de 2020. El objetivo fundamental de dicho acuerdo es el de evitar que el incremento de la temperatura media global supere los 2 °C respecto a los niveles preindustriales, reconociendo la necesidad de reducir las emisiones de GEI, como principales causantes del calentamiento y el cambio climático, hasta conseguir una situación de neutralidad de carbono en la segunda mitad del siglo XXI. Entre otras medidas, la mayoría de las agencias internacionales y de los gobiernos de los países consideran que es importante reducir la emisión de GEI procedentes de la agricultura y, en particular, de la ganadería, que se genera, fundamentalmente, en dos procesos. Por una parte, de las fermentaciones que ocurren durante el almacenamiento y la maduración del estiércol o durante la descomposición de la materia orgánica y la humificación en el horizonte superficial del suelo cuando el estiércol se utiliza como fertilizante. Por otra parte, se generan gases en los procesos de fermentación que ocurren en el aparato digestivo de los animales, sobre todo en el de los herbívoros. En ambos casos se libera CO₂ y metano; a partir del estiércol y los fertilizantes nitrogenados también se emite óxido de nitrógeno. Los tres gases absorben la radiación infrarroja en la atmósfera y el incremento de sus concentraciones debido a factores humanos genera un efecto invernadero “ampliado”. El potencial de calentamiento global se expresa en unidades de CO₂ equivalente (CO₂e), con un valor de 25 para el metano (una unidad de

28 United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). *El Acuerdo de París*. <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>

metano es equivalente a 25 unidades de CO₂) y de 298 para el N₂O. Dicho potencial se modifica con el transcurso de los años y la permanencia del gas en la atmósfera, que varía de 5 a 200 años para el CO₂, siendo de unos 12 años de media para el metano y de unos 110 años para el N₂O. Centrándonos en los gases generados por fermentación en el aparato digestivo, es de especial relevancia la emisión que procede de la fermentación del alimento en el rumen. Es un hecho sobradamente conocido, pero que ha adquirido una enorme relevancia en los últimos 20 años por su impacto ambiental. Hasta entonces, la producción de metano por los rumiantes era objeto de estudio sobre todo por los expertos en nutrición animal, conscientes de que, dado su calor específico, al producirse se desvía parte de la energía consumida con el alimento y que, por tanto, no es utilizada por el animal. Por término medio se estima que la producción de metano supone un 8 % de la energía total ingerida con el alimento por un rumiante. Por este motivo, la posibilidad de disminuir la producción de metano ha sido objeto de estudio desde hace decenios con el propósito de aumentar la eficiencia de utilización de la energía del alimento. Mucho más recientemente (desde hace apenas un cuarto de siglo) empezaron a divulgarse y hacerse populares cifras tales como que una vaca produce diariamente cientos de litros de gas metano que se liberan a la atmósfera provocando el efecto invernadero. A partir de entonces se ha magnificado y trivializado este hecho hasta el absurdo, llegando a atribuir a los rumiantes todos los males que tienen que ver con el calentamiento global y el cambio climático. Algunos de los titulares publicados en los medios de comunicación en relación con este tema han estado muy cerca del límite del ridículo por ignorancia o del bulo interesado. Podrían utilizarse como ejemplos de malas prácticas del periodismo, que no informan de la realidad y solo contribuyen a confundir y alarmar a la población. Por este motivo he decidido no aportar cifras o datos en esta lección y centrarme en un análisis de los factores que afectan a la producción de metano por los rumiantes y a sus consecuencias medioambientales. Tal y como ya se ha mencionado, es irrefutable que en el rumen se libera una cantidad importante de gas metano. En realidad, no es el rumiante el que produce el metano, son algunos de los microorganismos que se encuentran en el rumen los que lo producen. El rumen (al igual que el suelo, por ejemplo) es un complejo ecosistema microbiano, con múltiples interacciones entre microorganismos muy distintos. Por ejemplo, es frecuente que los productos finales del metabolismo de unos microorganismos sean utilizados como nutrientes por otros en multitud de redes tróficas que se establecen entre la microbiota. En los procesos de

digestión microbiana mediante fermentación anaeróbica se genera una gran cantidad de gases tales como el CO_2 y el H_2 . Estos gases pueden ser utilizados por arqueas autótrofas que los utilizan para obtener la energía que necesitan sintetizando metano como producto final de este proceso metabólico. El metano se acumula en la cámara de fermentación y es finalmente liberado mediante el eructo. Teniendo en cuenta este proceso es fácil comprender que no solo los rumiantes producen metano; este será un gas de fermentación producido en el aparato digestivo de cualquier animal en el que los procesos de digestión microbiana sean importantes. Ciertamente, la emisión de metano es comparativamente mayor en los rumiantes, pero se puede observar en todos los herbívoros que dependen de esa fermentación microbiana para poder digerir la fibra. Incluyendo animales tales como las termitas que se alimentan de madera y tienen que digerir su pared celular para obtener nutrientes; la emisión de metano de los hormigueros de termitas no es nada despreciable. También se genera metano en otros procesos de fermentación microbiana, como la que ocurre en los procesos de descomposición de la materia orgánica en el suelo o en los humedales en los que se cultiva el arroz.

Analizando lo que ocurre en los rumiantes, el volumen total de metano que emite un animal depende de la cantidad y el tipo de alimento que consume. Cuanto mayor es la cantidad de alimento ingerido mayor es la emisión de metano. Por otro lado, se genera más metano en el rumen cuando el animal consume alimentos con un mayor contenido en fibra. Por ello, cuando los animales consumen raciones con una mayor proporción de forraje la producción de metano es mayor que si consumen una misma cantidad de alimento, pero con una mayor proporción de alimentos concentrados. Aunque pueden aceptarse como ciertas estas pautas generales, dependiendo de si las emisiones de metano se expresan por cabeza de ganado, por unidad de materia seca de alimento ingerido por el animal o por unidad de producto (por kilo de leche o carne) se pueden llegar a resultados contradictorios, llevando a conclusiones en uno u otro sentido. Por ejemplo, cuanto mayor es el nivel de producción del animal (vaca lechera de alta productividad) mayor es la cantidad de alimento que debe consumir y cabe esperar una mayor producción de metano por animal. Sin embargo, es muy probable que para conseguir ese elevado nivel de producción sea necesario utilizar raciones con una mayor proporción de concentrados y un menor contenido en fibra, por lo que muy probablemente la producción de metano por kilo de materia seca ingerida sea menor que en una vaca que produce menos leche y es alimentada con más forraje. Al aumentar el nivel de producción podemos conseguir

obtener la misma cantidad de leche con un menor número de vacas, por lo que si expresamos la emisión de metano por kilo de leche ordeñada obtendríamos un valor estimado sensiblemente menor que con un menor nivel de producción. Un estudio llevado a cabo en EE. UU. es muy esclarecedor en sus estimaciones de la huella de carbono por el ganado vacuno lechero en 1944 y en 2007, considerando los datos de cabaña ganadera (25,6 y 9,2 millones de vacas, respectivamente), su potencial productivo y los métodos de alimentación y cría. Se ha estimado que mientras que, en esos 60 años, la producción total de leche en EE. UU. aumentó un 59 % (debido a que de cada vaca se ordeña un 343 % más de leche), al disminuir el número de vacas el consumo total de pienso se ha reducido un 77 % y el de agua un 65 % y la huella de carbono habría disminuido hasta un 63 %²⁹. El metano no deja de ser energía que procede del alimento y que no es utilizada por el animal, por eso, en términos relativos su emisión es menor cuanto mayor sea la eficiencia alimentaria. También por eso se ha propuesto el uso de aditivos para reducir la metanogénesis, sustancias que afectarían a la microbiota del rumen y disminuirían la síntesis metabólica de metano. Se sabe que algunos antibióticos pueden provocar este efecto, pero su uso como aditivo en los piensos no es una opción. Existe en la actualidad una considerable investigación abierta para buscar nuevos aditivos inhibidores de la formación de metano en el rumen, con un efecto favorable sobre el medio ambiente. Hay resultados prometedores para algunas de las sustancias que han sido probadas hasta el momento, pero cabe decir que los resultados indican que la reducción que puede conseguirse es inferior a lo esperado y que los efectos no son persistentes; con el tiempo hay una adaptación de la microbiota y el aditivo deja de tener el efecto deseado.

Quizá sea un galimatías, pero si los datos no se analizan con rigor y una visión crítica, las conclusiones pueden ser muy sesgadas. Y a partir de aquí es necesario tomar decisiones. La producción de metano por los rumiantes (por los herbívoros) es inevitable. Si se considera que su coste ambiental es inasumible habrá que tomar medidas, pero sería importante también ser consciente y asumir las consecuencias. La medida más radical es renunciar o reducir drásticamente la producción de rumiantes (especialmente de ganado vacuno). Se reduciría la emisión de metano, pero habría que prescindir no solo de la carne de estos animales, sino también de la leche que se obtiene

²⁹ Capper, J.L., Cady, R.A., Bauman, D.E. (2009). The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. *Journal of Animal Science* 87: 2160–2167. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1781>

fundamentalmente de los rumiantes. Y no solo eso, aunque los animales no produzcan seguirían emitiendo metano, ¿se puede prescindir también de todos los rumiantes domésticos o silvestres? También se puede reducir la emisión aumentando la eficiencia de utilización del alimento. Esto ya se está observando en la actualidad si se compara lo que está sucediendo en la Europa Occidental con lo que ocurre en algunos países con una producción animal más emergente. En Europa, la cría de vacas lecheras de alto potencial genético en granjas intensivas y usando raciones con un menor contenido en forrajes ha permitido obtener la misma producción de leche de un modo más eficiente y reduciendo la cabaña ganadera, por lo que la emisión de metano de estos animales tiende a disminuir. En los otros países la demanda de la población por la carne y la leche es creciente y aún no disponen de sistemas tan eficientes, por lo que se observa un aumento significativo en la emisión de metano. En cualquier caso, en este análisis saldrían favorecidos los sistemas más intensivos de producción animal, siempre y cuando la intensificación vaya acompañada de una disminución en la cabaña ganadera. Por el contrario, los sistemas extensivos estarían penalizados, ya que producir la misma cantidad de carne o leche de vacuno que se consume en la actualidad (sin considerar el previsible aumento de la demanda en los próximos años) con un mayor número de animales en sistemas extensivos supondría un aumento extraordinario de las emisiones. De nuevo cabe preguntarse si esta es la estrategia que va a hacer más sostenible el desarrollo de la producción animal. El cálculo de las emisiones de GEI a partir de la ganadería no debería restringirse únicamente al volumen de gas producido por el animal, habría que tener en cuenta también las derivadas de la gestión de los purines, el consumo de energía fósil, la intensificación agrícola para producir piensos o los cambios de uso del suelo. También sería necesario contabilizar el metano que es oxidado o el carbono que es capturado por los pastos y o fijado en el suelo, ya que la capacidad de los agroecosistemas para reducir la concentración atmosférica de CO₂ sería mayor en sistemas agrosilvopastorales que en los sistemas más intensivos de producción animal. En cualquier caso, lo que no parece tener sentido es demonizar a los rumiantes atribuyéndoles una contribución sobredimensionada a la emisión de GEI y al calentamiento global del planeta. Es posible que sea una forma de desviar la atención de los efectos de otras actividades humanas mucho más contaminantes, pero en las que hay un mayor interés estratégico o económico. El mensaje ha calado en la sociedad creando un falso mito de la contribución de las vacas al cambio climático y no es extraño oír que son ellas las responsables de los desastres

climáticos (sequías o inundaciones) que se creen relacionados con el calentamiento global. Son muchos menos los que piensan renunciar a los viajes en avión o en automóvil, a pesar de la emisión de GEI que pueda suponer el consumo de carburantes. Sin embargo, aunque en ambos casos hay una emisión de GEI, cada vez es más evidente que la huella de carbono de ambos procesos no es directamente comparable. La combustión de un carburante libera CO_2 a la atmósfera a partir de un carbono que se ha acumulado en el subsuelo a lo largo de millones de años. Una vez liberado, el CO_2 se suma al ya existente y permanece en la atmósfera durante siglos. Sin embargo, se puede considerar que la emisión de CO_2 y metano procedente de las fermentaciones microbianas en el rumen es solo uno de los flujos del ciclo natural del carbono. El animal ingiere y digiere las moléculas contenidas en un alimento y de las que forma parte el carbono que, tras los procesos de fermentación microbiana, termina en forma de metano y CO_2 . El metano no permanece en la atmósfera durante un largo periodo de tiempo y al cabo de unos 12 años se oxida convirtiéndose en CO_2 . En condiciones en las que no hubiera un proceso acumulativo de CO_2 en la atmósfera podría considerarse que el carbono procedente de la fermentación ruminal tiene un efecto similar, climáticamente neutro, al que procede de la respiración celular en los seres vivos, ya que sería utilizado por las plantas para sintetizar nuevas moléculas orgánicas mediante la fotosíntesis. De este modo, el ciclo natural del carbono se cierra cuando el animal consume esa planta, digiere la molécula orgánica y una parte del carbono es liberada de nuevo a la atmósfera en forma de metano o CO_2 . El cultivo agrícola o la defoliación de la hierba por el pastoreo intensifican el crecimiento vegetal y, por tanto, la fotosíntesis y la fijación de carbono en las plantas. De no existir otras fuentes antropogénicas de GEI, el CO_2 procedente de los animales apenas se acumularía en la atmósfera y su efecto sobre el calentamiento global sería insignificante, tal y como ha sucedido a lo largo de milenios. Aunque empiezan a publicarse estudios y resultados que demuestran que todas estas cuestiones deben tenerse en cuenta en los inventarios de emisiones de GEI para estimar la huella de carbono, es importante que no haya lugar para la ambigüedad con respecto a la contribución de la ganadería y, más en concreto, de los rumiantes. Suponen una emisión de GEI que hay que contextualizar para advertir que su influencia sobre el calentamiento global del planeta es mucho menor de lo que se le ha atribuido durante los últimos 20 años.

Como consecuencia de todos los efectos sobre los componentes biofísicos (suelo, agua, aire) de los ecosistemas, también hay un impacto sobre los seres

vivos que los ocupan. La deforestación y el desbroce son necesarios para la implantación de cultivos o de pastos en áreas de bosque o matorral. El monocultivo intensivo y el uso de semillas certificadas, fertilizantes y pesticidas tienen la finalidad de proteger y favorecer la capacidad competitiva de las especies y variedades de plantas que se pretende cosechar, para así aumentar la productividad. El resultado es que aquellas especies que han estado presentes en dicho espacio, a pesar de su mayor adaptación a las condiciones ambientales adquirida a lo largo del tiempo, se ven desfavorecidas y desaparecen. La selección impuesta por las prácticas agrícolas no solo elimina a las plantas adventicias, también afecta a animales invertebrados o vertebrados que habitaban inicialmente el ecosistema natural, estableciendo relaciones ecológicas con las plantas y entre ellos, en multitud de redes tróficas. También afecta al complejo ecosistema del suelo, compuesto por un gran número de seres pluricelulares y de especies microbianas. El equilibrio ecológico alcanzado a lo largo de muchos años se rompe y el cambio provoca la desaparición de especies y la pérdida de biodiversidad. Paradójicamente, al mismo tiempo que las especies nativas no pueden adaptarse a las fluctuaciones de medio físico, puede producirse la llegada de especies invasoras foráneas. La extinción de especies es en sí misma una pérdida irrecuperable para la vida en el planeta. Aunque es inevitable que algunas especies desaparezcan por la propia selección natural y la evolución, también es indudable que la explotación masiva de los recursos naturales y, más en concreto, la intensificación de la producción agraria ha acelerado de forma significativa el proceso, al añadir una presión de selección artificial impuesta por el hombre. La pérdida de biodiversidad acarrea efectos indirectos que se manifiestan a lo largo del tiempo. Una vez alterado el equilibrio hay cambios en las condiciones ambientales y en las relaciones entre los seres vivos. Puede haber cambios en la microbiota del suelo que afectan a su fertilidad o pueden desaparecer insectos que eran esenciales para la polinización de las plantas. Las condiciones que hacían un terreno inicialmente apto para el cultivo pueden degradarse paulatinamente y evolucionar hacia un terreno más pobre y menos productivo. Pero no siempre es sencillo compatibilizar la preservación de la producción ganadera con la conservación de la biodiversidad o de las especies silvestres. La reiterada controversia entre conservacionistas y ganaderos sobre la protección del lobo o el control de sus poblaciones es un ejemplo evidente.

En otro orden de cosas, todos los seres vivos alojan en su organismo una compleja microbiota establecida tras largos procesos de adaptación mutua.

Así, los ecosistemas naturales actúan como reservorios de microorganismos que tienden a mantenerse dentro de los límites del ecosistema natural mientras este se mantenga en equilibrio. Sin embargo, la pérdida de nicho ecológico para algunas especies de animales puede inducir a que algunos de los microorganismos tengan que buscar un nuevo hospedador. La emergencia de algunas enfermedades zoonóticas está relacionada con el deterioro ambiental, porque se ha roto el equilibrio biológico entre los huéspedes, el factor humano, los reservorios y los animales domésticos. Este proceso puede estar detrás de algunas enfermedades infecciosas emergentes y está recibiendo una mayor atención tras la reciente pandemia. La ganadería supone, inevitablemente, un riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas para el hombre. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado que hasta un 75 % de las nuevas enfermedades infecciosas detectadas en los últimos años las “causaron microorganismos patógenos procedentes de los animales y de los productos de origen animal”. El contacto directo con los animales es la principal vía de transmisión de las zoonosis. Algunos relacionan la ganadería intensiva con una mayor incidencia de zoonosis, debido a la elevada concentración de animales que facilita la transmisión de los patógenos. Sin embargo, los programas de sanidad animal, las vacunaciones y las medidas de bioseguridad deben considerarse efectivos en el control de infecciones en las colectividades y en la prevención de las zoonosis. En el caso de la ganadería extensiva, el mayor problema es que el control y la prevención de algunas enfermedades infecciosas (por ejemplo, la tuberculosis) plantea numerosas complicaciones debido a la presencia de los animales silvestres que se mantienen como reservorios de los agentes patógenos. El papel de los veterinarios en este campo, sea cual sea el tipo de ganadería, es indiscutible y un argumento más en favor de los programas unificados denominados “una salud” (de inglés *one health*)³⁰, un enfoque concebido para lograr mejores resultados de salud pública mediante la integración de los profesionales de la medicina, la veterinaria y las ciencias ambientales y de los alimentos para abordar conjuntamente los riesgos sanitarios y ambientales originados en la interfaz animal-hombre-medio ambiente, tales como las zoonosis emergentes, las resistencias a los antimicrobianos o las enfermedades transmitidas por los alimentos. Los programas de conservación de la biodiversidad, de preservación de los espacios naturales o de protección de la flora y fauna amenazadas y el enfoque de “una salud” (ampliado a *one health, one welfare*,

30 One Health European Joint Programme (2018) *Creating a sustainable European One Health framework*. www.onehealthjep.eu

one environment, one society) son objetivos de investigación e implementación en la UE.

La actividad humana ha tenido un enorme impacto sobre el planeta, especialmente desde la segunda mitad del siglo XX. La producción de alimentos no ha sido ajena a este proceso. Se puede cuestionar si su contribución ha sido más o menos relevante o en qué medida es evitable, pero tanto la agricultura como la ganadería usan recursos naturales y afectan a las condiciones ambientales de uno u otro modo. A medida que se dispone de más información, hay indicios suficientes para asumir que el impacto sobre el planeta está provocando cambios importantes, tales como el calentamiento global, el deshielo en glaciares y círculos polares, la subida del nivel del mar, la contaminación del suelo, las aguas y el aire, la escasez y el desabastecimiento de agua dulce, la pérdida de biodiversidad o la aparición de fenómenos climáticos anómalos (grandes tormentas, inundaciones, sequías persistentes) que están afectando a la vida en la tierra y que pueden tener un efecto a medio plazo difícil de predecir. Todos estos fenómenos están teniendo ya importantes repercusiones económicas, y un efecto sobre la salud de las personas, con fallecimientos por olas de frío o calor, muertes registradas en catástrofes por fenómenos climáticos extremos, mayor propagación de algunas enfermedades infecciosas o transmitidas por mosquitos o hambrunas por la pérdida de cosechas y de suelo agrícola³¹. Junto con la desigualdad territorial, los efectos del cambio climático están detrás de muchas de las migraciones desde los países más pobres en busca de oportunidades en las regiones con mayores niveles de renta. Paradójicamente, son los países más desarrollados los que han tenido un mayor impacto sobre el clima en los últimos 70 años, y los efectos se han manifestado con mayor intensidad en los países con menor nivel de desarrollo, más vulnerables y afectados por el cambio climático. Se considera que, aunque podemos no estar muy lejos de un punto de no retorno, todavía hay tiempo para evitar que el proceso sea irreversible. En cualquier caso, es importante entender que la agricultura y la ganadería son especialmente sensibles al cambio climático. Ya se observan algunas tendencias de pérdida de fertilidad y desertificación en algunas áreas o el cultivo de especies en zonas que antes no eran aptas para el crecimiento de esas plantas. Sin duda, los cambios en las condiciones ambientales van a

31 Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Beagley, J., Belesova, K., ... Costello, A. (2021). The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises. *The Lancet* 397(10269): 129–170. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32290-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32290-X)

ser determinantes de la sostenibilidad de los sistemas de producción agraria en el futuro.

La estrategia europea “de la granja a la mesa”³² tiene como meta conseguir una producción agrícola y ganadera más eficiente con un impacto ambiental neutro o positivo. Algunas de las propuestas para proteger el medio ambiente y preservar la biodiversidad son reducir el uso de pesticidas o de fertilizantes químicos en la agricultura, mitigar en lo posible las emisiones de GEI o evitar el aporte excesivo de nutrientes en la alimentación de los animales, con el fin de evitar sus efectos contaminantes. También será necesario adoptar medidas para una gestión más eficiente y racional de los recursos naturales. La consecución de estas aspiraciones tendría un efecto beneficioso evidente sobre el medio ambiente, el reto es conseguir una transición que haga compatible dichos objetivos con la producción de alimento para todos, mediante sistemas eficientes y competitivos con un rendimiento económico justo para todos los componentes de la cadena alimentaria.

¿Hay sistemas ganaderos más o menos sostenibles?

Valorar de forma holística todos los aspectos que definen conceptualmente la sostenibilidad para intentar dar una respuesta a si la producción animal es o no sostenible puede considerarse una tarea prácticamente inabordable. Lo que puede considerarse sostenible a partir de un criterio, puede no serlo según otro criterio. Por ello, puede ser interesante analizar cómo los distintos sistemas de producción animal cumplen en mayor o menor medida con los criterios de sostenibilidad anteriormente expuestos.

Los sistemas de producción agraria se clasifican en dos grandes tipos (intensivos y extensivos) atendiendo, fundamentalmente, al rendimiento que se llega a obtener por cada unidad de producción, en el caso de la producción animal por cada cabeza de ganado. Es una simplificación, ya que aumentar el rendimiento por unidad productiva significa reforzar el uso de todos los recursos, en particular de la energía fósil, apartar al animal del medio natural y situarlo en un medio con condiciones ambientales controladas para

32 Comisión Europea (2020). Estrategia «de la granja a la mesa» para un sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medio ambiente (documento COM(2020) 381 final). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0381&from=EN>

que pueda expresar todo su potencial genético y aplicar los principios de la economía de escala, produciendo una mayor cantidad para que el coste de obtención de cada unidad de producto sea menor. No siempre hay una discriminación neta entre lo intensivo y lo extensivo, en realidad se puede observar un gradiente desde empresas ganaderas ultraintensivas hasta granjas familiares muy básicas en las que la actividad pecuaria es un medio de subsistencia. Con un propósito más bien pedagógico, el análisis se enfocará en los dos tipos genéricos de sistemas.

Los sistemas intensivos son el principal modo de producción de alimentos de origen animal desde la segunda mitad del siglo XX, pero son también los que han sido más cuestionados en los últimos años, sobre todo por su impacto ambiental y la forma en que se crían los animales. Se puede ilustrar con un ejemplo real, analizando brevemente un caso relativamente cercano para visualizar el crecimiento e impacto de la producción ganadera intensiva. Hace unos cuatro años se divulgó en todos los medios de comunicación una noticia que informaba del inicio de los trámites para instalar una granja de ganado vacuno lechero en la localidad soriana de Noviercas, a los pies del Moncayo. El verdadero impacto de la noticia es que se proyecta la construcción de una granja de un tamaño extraordinario, “la más grande de toda Europa y la quinta más grande de todo el mundo” se ha dicho, extendiéndose en una superficie total similar a la del parque del retiro de Madrid o algo más del doble de la de la Ciudad del Vaticano, con dos establos con capacidad para criar y mantener a unas 23.500 vacas lecheras de alta producción. En estos cuatro años no se ha resuelto definitivamente si la granja recibirá todos los permisos necesarios para su instalación debido, fundamentalmente, a la enorme controversia que ha suscitado este asunto. Se pueden aportar algunas cifras para ilustrar la cuestión. Una macrogranja de este tamaño sería equivalente (es decir, podría remplazar) a unas 335 granjas de tamaño medio en España. Para no abrumar con los miles de toneladas de leche que podrían producirse, baste decir que sería suficiente para abastecer el consumo de leche fresca de vaca de toda la población de Castilla y León y aún quedaría suficiente para toda la Comunidad de La Rioja. Si tenemos en cuenta el consumo de leche fresca de vaca de toda España, serían suficientes 16 granjas como la proyectada para abastecer a todo el consumo nacional. No es preciso aportar muchas más cifras, no es difícil imaginar el intenso tráfico de vehículos de gran capacidad para el transporte de alimentos o la recogida de la leche, el consumo de agua, energía y combustibles o la ingente cantidad de residuos generados que deben ser eliminados o retirados cada día. Las balsas para

acumular las deyecciones y los residuos líquidos ocuparían una superficie similar a la de 12 campos de fútbol, con una profundidad similar a la de un garaje subterráneo de dos plantas. Cualquiera puede hacerse una idea. Y todo ello en un pueblo de poco más de 150 habitantes. Para algunos este tipo de granjas representa el futuro y el progreso, el paradigma de la producción más eficiente de alimentos, el medio para incentivar la economía y el empleo y así evitar la despoblación en las zonas rurales. Para otros es, en realidad, todo lo contrario. Muchos de esos efectos serían demasiado localizados y cortoplacistas, es posible que la economía se activase en un espacio muy reducido pero el efecto en cadena sobre cientos de explotaciones en toda la región sería demoledor. Aunque cualquier previsión siempre estaría sujeta a cierta incertidumbre, si se puede anticipar que algunos efectos sociales y ambientales a más largo plazo podrían ser llegar a ser devastadores.

Hasta hace unos pocos lustros no parecía haber muchas dudas sobre la idoneidad de los sistemas ganaderos intensivos como la mejor forma de producir alimentos de origen animal. En términos de eficiencia son los que permiten obtener una mayor cantidad de producto por unidad de recurso invertido. Cada animal produce mucho más, necesitamos menos animales para obtener la misma cantidad de producto. Y también se necesita una menor cantidad de pienso (cereales, semillas) para obtener una determinada cantidad de carne o de leche. Por lo tanto, se necesitaría menos tierra para el cultivo agrícola de los ingredientes de los piensos. Por unidad final de producto habría que consumir menos fertilizante, menos semillas, menos productos fitosanitarios. Sumando todo, el coste de producción de un kilo de carne o de leche se reduce considerablemente a medida que se intensifica la producción. En principio todo son ventajas tanto desde un punto de vista económico como (aparentemente) ambiental. A quienes denuncian que la ganadería contribuye de forma significativa a las emisiones de GEI habría que recordarles que para obtener una cantidad determinada de producto la única forma de reducir dichas emisiones es consiguiéndolo con un menor número de animales, es decir, intensificando la producción. Desde el punto de vista social la ganadería intensiva también aporta varios beneficios incuestionables. Es gracias a este modelo de producción que, en los países con un mayor nivel de desarrollo, hay suficiente cantidad de proteína animal para abastecer a la mayoría de la población, y a un precio que puede ser asumido con un nivel medio o bajo de renta. Pudiendo comprar carne o leche a un menor precio es posible consumir una mayor cantidad y/o aumentar la renta disponible al tener que destinar menos ingresos a la alimentación. El

alto nivel de tecnificación en las granjas facilita las condiciones en las que se realizan las labores y la mayor organización del trabajo permite que los que realizan su actividad en estas empresas (propietarios o asalariados) puedan mejorar su disponibilidad de tiempo, en términos de duración de la jornada laboral o de tiempo libre (festivos o vacaciones).

Reconociendo todos estos méritos, no debe ignorarse que para obtener todos esos beneficios también es necesario pagar una tasa. Y son esos efectos, menos positivos, los que han generado las dudas sobre si es sostenible mantener o amplificar el nivel de intensificación en la producción animal. En términos absolutos, para conseguir aumentar el volumen de producción y mejorar la eficiencia es necesario incrementar paralelamente la cantidad de recursos que hay que utilizar. Las empresas ganaderas se orientan preferentemente hacia aquellas actividades más rentables, con un mayor margen de beneficio. Así que es preferible criar a las especies más eficientes y utilizar para su alimentación únicamente aquellas materias que permitan mejorar los índices de conversión. Al final, los piensos se formulan con alimentos más concentrados, cereales y semillas, que es preciso cultivar de forma intensiva, teniendo que utilizar más productos agroquímicos. Se puede argumentar que es necesario para producir suficiente cantidad de alimento para abastecer la demanda. Pero, en una economía de mercado no es tan simple establecer cuál es la demanda, y si se produce más todo es cuestión de que aumente el consumo, de convencer al consumidor para que elija un determinado producto o de buscar otros mercados a través de la exportación. Así, queda justificado producir más y el fin justifica los medios, si se reduce el coste y el impacto por unidad de producto obtenido, parece no haber límites para una mayor producción. A nivel empresarial, el éxito de la intensificación también se basa en desplazar del mercado a otras formas de producción para ampliar su nicho de negocio. La reducción de los costes de producción ha favorecido a los sistemas intensivos en esta competencia, ya que con determinados niveles de renta la preferencia del consumidor se orienta hacia el producto más barato. La necesidad de reducir costes hace que sean sistemas muy sensibles a las variaciones de precios de los insumos, en especial de los ingredientes de los piensos. Las subidas de precios de los cereales o de la soja que se observan de vez en cuando desencadenan cambios casi inmediatos en la forma de producir, se reformulan las raciones y los piensos y se reducen o se amplían los periodos de cría o de engorde. Si las crisis se prolongan en el tiempo, algunas granjas terminan cerrando, otras tienen que cambiar su actividad productiva. En cualquier caso, una mayor

producción implica un mayor impacto ambiental en términos absolutos, tal y como se ha observado en Europa y América del Norte en la segunda mitad del siglo XX y como se observa en la actualidad en países emergentes (China, India, Irán, Brasil) en los que aumenta de forma acelerada la demanda de alimentos de origen animal (al disponer de mayor renta disponible) y se intensifican los sistemas de producción agraria. El impacto ambiental por unidad de producto que se obtiene es menor, pero los sistemas intensivos tienen su razón de ser en producir más, mucho más, y es inevitable que el sumatorio total dé como resultado un efecto de gran magnitud y concentrado en el tiempo. Hay mayor contaminación edáfica, acuática y atmosférica generada por un mayor consumo de energía fósil y un mayor uso de fertilizantes, herbicidas o plaguicidas para cultivar pastos para los animales, hay un mayor número de deyecciones o de residuos procedentes de las granjas, hay un mayor volumen de emisiones gaseosas procedentes de la ganadería. Cuando estos efectos se concentran en el espacio y en el tiempo, el medio natural no tiene capacidad de adaptación y respuesta, y se produce un deterioro gradual del ambiente. Por otro lado, se obtiene una mayor cantidad de producto y a un menor coste, pero surgen dudas sobre la calidad del producto. No es infrecuente que haya crisis sanitarias asociadas a alimentos de origen animal obtenidos sin cumplir con unas normas mínimas de seguridad para conseguir abaratar los costes y el precio de venta al público. No debe olvidarse que los países con una producción animal intensiva más emergente son los más reacios a prescindir del uso de aditivos (antibióticos, hormonas) no considerados inocuos para la salud humana en otros países en los que la producción animal intensiva ya está más asentada. Otro argumento vertido desde posiciones contrarias a la ganadería intensiva hace referencia al modo en que se crían los animales, sometidos a situaciones de estrés y exigidos a alcanzar su límite fisiológico para poder producir más, en unas condiciones ambientales controladas radicalmente distintas de las que son características de su medio natural. En cuanto a las implicaciones sociales, convertir un modo de producción tradicionalmente ligado a la tierra en una actividad casi industrial, concentrada en núcleos o polígonos (“agroparques”) sin vinculación al territorio no es más que un factor adicional que contribuye a la despoblación rural y al abandono de las zonas más desfavorecidas. También el fin de un modo de vida tradicional, en la que los ganaderos criaban animales en granjas familiares como su medio para ganarse el sustento, cada vez en una posición menos ventajosa para poder competir con las grandes

corporaciones que, al poder producir a un menor coste, controlan y dominan el mercado.

Las fortalezas de los sistemas intensivos de producción animal parecen garantizar su viabilidad al menos durante los próximos lustros, si bien también parece necesaria una adaptación para ser más compatibles con los objetivos de sostenibilidad ambiental. En los países con menor nivel de desarrollo no parece haber en el presente una alternativa para producir suficiente cantidad de alimento de origen animal accesible para la mayoría de la población, y las previsiones a más corto plazo indican una tendencia creciente. Sin embargo, en los países más desarrollados es cada vez más difícil asumir un aumento ilimitado de la producción, incluso aunque se intente justificar como una oportunidad de provisión y transferencia a otras regiones más necesitadas. Para el futuro más inmediato, las previsiones apuntan a un descenso en el número de animales y de granjas; pero mejorando la eficiencia y la productividad para mantener el suministro de carne, leche, huevos o pescado y, al mismo tiempo, mantener la rentabilidad económica y reducir el impacto ambiental de este tipo de producción más intensiva. Para conseguirlo, se intuye que jugará un papel trascendental la llamada ganadería de precisión con un mayor nivel de tecnificación y digitalización en las granjas y un aporte de recursos más ajustado para la obtención de una unidad de producto. El tiempo dictará sentencia y en el futuro se podrá valorar si una mayor intensificación es la forma de asegurar la sostenibilidad de la ganadería intensiva o tan solo una huida hacia adelante, hacia una extinción paulatina e inevitable tal y como profetizan algunos.

Los sistemas ganaderos extensivos han sido el principal medio de producción animal a lo largo de la historia, hasta el surgimiento de los sistemas intensivos. Aunque desplazados por el auge de la ganadería intensiva en los últimos 50 años, la ganadería extensiva se mantiene en muchas zonas rurales, y es la principal forma de cría de los animales en muchos de los países con un menor nivel de desarrollo en los que el sector agrario es aún la principal fuente de riqueza y el que contribuye en mayor medida a su PIB. La ganadería extensiva se caracteriza por una mayor integración del animal en el medio, es una ganadería ligada a la tierra, con un aprovechamiento más racional de los recursos naturales y un menor uso de la energía fósil. No se trata de producir mucho más, se trata de producir lo que se pueda gestionando de forma racional los recursos disponibles, pero sin tener que aumentar el aporte de recursos externos a los del propio sistema. El fundamento es que si

se consigue producir aprovechando únicamente los recursos naturales casi todo lo que se obtiene es con un mayor margen de beneficio por el mayor diferencial entre el producto y el insumo (que supone un menor gasto). Obviamente, la limitación es que la cantidad total de producto que se puede obtener es significativamente menor.

Un ejemplo cercano e ilustrativo de las características de un sistema ganadero extensivo con el que hacer valoraciones sobre la sostenibilidad es la dehesa ibérica. Se trata de un ecosistema agrario propio de climas mediterráneos y peculiar de la península ibérica, que tiene su origen en el cercado de grandes extensiones de terreno y el aclarado del bosque mediterráneo para criar al ganado, que se mantiene precisamente gracias al aprovechamiento agrícola y ganadero de sus recursos naturales. Se asienta en zonas con unas condiciones edáficas (suelos poco fértiles) y climáticas (con marcada estacionalidad y escasez de agua durante largos periodos de tiempo) limitantes para el crecimiento vegetal. La vegetación de la dehesa se caracteriza por la presencia de arbolado disperso, siendo representativas las especies del género *Quercus* (encina, alcornoque, quejigo), y por pastizales con un estrato herbáceo bien desarrollado constituido mayoritariamente por especies anuales que se agostan cuando escasea el agua (desde finales de la primavera hasta la llegada de las lluvias otoñales). En los terrenos más pobres también pueden proliferar las plantas arbustivas y los matorrales, sobre todo cuando el pastoreo es insuficiente y el ganado no realiza el desbroce. En los suelos más fértiles es posible la implantación de algunos cultivos poco exigentes, fundamentalmente de herbáceas forrajeras para obtener pasto para el ganado. La biodiversidad vegetal favorece la ocupación de la dehesa por una fauna silvestre que incluye una ingente variedad de especies de invertebrados, reptiles, anfibios, aves y mamíferos y, además, permite el aprovechamiento de pastos, frutos (bellota) y ramones mediante la ganadería extensiva. El cerdo ibérico es el ganado emblemático de la dehesa, pero son igualmente importantes los rebaños de ovino (fundamentalmente merino) y las vacadas de razas autóctonas más rústicas y adaptadas a las condiciones ambientales de estos territorios. Aunque en menor medida, también se cría ganado caprino y équidos y, en algunos casos, especies cinegéticas (cérvidos o conejos). Se trata, por tanto, de un sistema agrosilvopastoral con una gestión integrada de la producción agrícola, pecuaria y forestal para conseguir el aprovechamiento más conveniente de todos los recursos naturales disponibles. Probablemente, la producción más conocida de las dehesas es la de alimentos de origen animal diferenciados y de alta calidad nutricional

y gastronómica, tales como la carne de cerdo ibérico de bellota, la carne de vacuno y ovino o los quesos elaborados con leche de oveja, muchos de ellos con denominaciones de origen o marchamos de calidad especial. No obstante, la integración de varias actividades agrarias permite diversificar la producción y obtener otros aprovechamientos forestales (corcho y madera), cinegéticos, apícolas (miel y todos los productos de las colmenas) o micológicos (setas y hongos silvestres, trufas). Más recientemente, se ha producido una progresión importante del turismo rural en las dehesas, como una forma de aprovechamiento recreativo de las múltiples opciones de ocio y paisaje que ofrece el entorno.

Esta descripción de la dehesa ya aporta numerosas pistas sobre en qué medida puede considerarse, en teoría, un sistema sostenible de producción de alimentos de origen animal. La dehesa es representativa de una producción ganadera muy ligada a la tierra, en la que crecen los pastos a partir de los que se alimenta el ganado que, a su vez, contribuye a mantener la cubierta vegetal del terreno mediante el pastoreo y a aportar fertilidad al suelo con sus deyecciones. La presencia de diferentes estratos de vegetación, incluido el arbolado sin llegar a constituir un bosque, contribuye de forma importante a mantener una enorme biodiversidad tanto de la flora como de la fauna, así como a la fijación neta de CO_2 . Es un ecosistema que se mantiene en un equilibrio relativamente inestable, cualquier cambio puede afectar a la secuencia ecológica. El abandono de la actividad ganadera puede favorecer la proliferación de matorral y sotobosque aumentando de forma significativa el riesgo de incendios forestales. Pero también es posible que, en los terrenos más pobres, el sobrepastoreo ocasione la pérdida de la cubierta herbácea como primer paso hacia la desertización. Los beneficios ambientales son indudables, aunque siempre se puede decir que para obtener una unidad de producto (un kilo de carne o de queso) se necesita una enorme superficie de tierra, o un mayor número de animales que deben ser alimentados durante largos periodos de tiempo en los que su nivel de producción es muy bajo si se tiene únicamente en cuenta la cantidad de pasto o pienso necesaria para obtener el producto final como medida de la eficiencia. Otra consecuencia es que, en el caso de los rumiantes, las emisiones de gases procedentes de la fermentación entérica son mayores, al tener que mantener más animales (y durante más tiempo) que son alimentados con pastos y forrajes más fibrosos. Pero globalmente el balance del impacto medioambiental debería ser considerado positivo. Aunque hay efectos más o menos favorables, el impacto negativo se produce a un ritmo que puede ser absorbido por el medio

ambiente con capacidad para responder y recuperarse de dicha influencia, mientras que los efectos beneficiosos contribuyen a conservar el ecosistema y evitar su deterioro. Uno de los principales inconvenientes es la dificultad de controlar la propagación de agentes infecciosos en los animales y en las plantas. La mayor incidencia de la tuberculosis por el contacto entre los animales domésticos y los silvestres y la diseminación de la seca que afecta al arbolado son enfermedades que ponen en peligro la viabilidad de la dehesa, más expuesta a estos accidentes que otras formas de producción ganadera. Las aportaciones económicas, sociales y culturales de la dehesa también son significativas. Es un ejemplo evidente de una actividad productiva cuyo desarrollo puede atraer y fijar población en el mundo rural, aunque para ello es necesario mejorar las condiciones laborales y la calidad de vida de quienes encuentren en esta actividad su fuente de ingresos. A partir de la actividad ganadera en las dehesas puede obtenerse un producto alimenticio de calidad, si bien es cierto que en cantidad limitada y a un precio que no puede considerarse asequible para la mayoría de la población. La demanda de estos productos solo es posible a partir de determinados niveles de renta, un aspecto que no puede valorarse como socialmente justo. El régimen de propiedad y empleo en la dehesa tampoco han sido ejemplos de justicia social, al tratarse tradicionalmente de latifundios en manos de unos pocos terratenientes que empleaban a multitud de personas, unos como aparceros otros como jornaleros temporales, para realizar todas las labores de campo en condiciones laborales muy precarias. Por ese motivo, en la segunda mitad del siglo XX se produjo una emigración masiva de quienes vivían o trabajaban en las dehesas, provocando la despoblación de las comunidades que se asentaban en ellas. Consecuentemente, se ha observado un cambio significativo en los factores productivos, se ha invertido en mecanización y tecnología para poder realizar todas las tareas con menor mano de obra, mejorando las condiciones laborales de los empleados. No se han observado, sin embargo, mejoras en el régimen de tenencia de la tierra, que sigue en manos de unos pocos debido, fundamentalmente, a la revalorización de su precio. Si acaso se han observado algunos cambios en los propietarios, algunos de los que habían recibido las dehesas en herencia de generación en generación han vendido a inversores sin vinculación con el medio rural, buscando una oportunidad de negocio. En cualquier caso, el acceso a la tierra es ciertamente costoso e inaccesible para la mayoría de los agricultores o ganaderos jóvenes que quisieran dedicarse a esta actividad agraria. Con todo, el mayor factor limitante para las dehesas es su baja rentabilidad

económica, el precio en el mercado de los productos obtenidos en la dehesa apenas cubre los costes de producción. Y eso a pesar de que la producción se basa en una máxima utilización de los recursos disponibles con una mínima adquisición de insumos externos. Además, estos productos, a pesar de su indudable calidad, no pueden competir con los que se obtienen a partir de una cría más intensiva del ganado, porque son más caros y solo son demandados por el sector de la población que dispone de un mayor nivel de renta. No obstante, es esencial tener en cuenta que los bienes y servicios que la dehesa puede aportar al conjunto de la sociedad no se limitan a esos alimentos de calidad, aunque no sea posible incorporar esa renta invisible al precio final del producto. Y no solo porque el mercado no valore suficientemente esa renta; también porque a partir de un cierto punto un aumento en el precio del producto no compensa la caída de la demanda que provoca una disminución de las ventas. En el pasado la rentabilidad era posible por el bajo coste de la mano de obra, eran muchos los dispuestos a trabajar por salarios muy bajos. En la actualidad, la economía de la dehesa depende de las subvenciones agrarias, con las que los pequeños propietarios consiguen seguir adelante y los grandes acrecientan sus plusvalías. La dehesa es un sistema complejo y las políticas de ayudas públicas, en particular la PAC, no siempre han sabido comprenderla para orientar su desarrollo hacia una mayor sostenibilidad social, económica y ambiental. En el momento presente la dehesa se percibe como un paradigma de sostenibilidad ambiental por su alto valor ecológico. Así ha sido reconocido al formar parte muchas de ellas de la Red Natura 2000 de áreas de conservación de la biodiversidad de la UE o al ser consideradas algunas de ellas como Reserva de la Biosfera de la UNESCO. Es un ecosistema peculiar y único en el mundo y como tal hay propuestas para conseguir que sea reconocido como patrimonio de la humanidad. Pero también es un ejemplo de que no basta con la excelencia en un único pilar de la sostenibilidad. La baja rentabilidad ha llevado a muchas dehesas a buscar una solución en la intensificación, recurriendo a cultivos agrícolas con la aplicación de fertilizantes y agroquímicos, un mayor consumo de energía fósil o un aumento de las cargas ganaderas. El resultado es el abandono de los terrenos más pobres que evolucionan hacia la matorralización y el exceso de carga ganadera en los mejores pastos que son esquilados por el sobrepastoreo, al mismo tiempo que se perjudica el renuevo de la arboleda o algunos terrenos se erosionan por el pisoteo continuo. Recursos que en lugar de solucionar el problema lo agravan, una vez que se malogran los atributos que hacen de la dehesa un sistema productivo de especial interés.

Una forma de producción animal extensiva que merece un comentario aparte y despierta un creciente interés es la ganadería ecológica. En el contexto actual puede percibirse como un sistema de producción relativamente reciente e incipiente. En realidad, es la forma de producción de alimentos a lo largo de la historia, desde el Neolítico hasta bien entrado el siglo XX. Porque hay que destacar que la definición de producción ecológica no obedece a criterios técnicos o científicos, es simplemente un término legal. Una ganadería es ecológica si cumple ciertos requisitos establecidos en la legislación de la UE y, en España, de cada Comunidad Autónoma al tener transferidas estas competencias. La ganadería ecológica se basa en el principio de la complementariedad entre las actividades agrícola y ganadera en los agroecosistemas lo que supone una mayor integración de los animales en el medio físico en el que se crían. Es una ganadería ligada a la tierra, con terrenos de pasto o cultivo para la producción de los alimentos para los animales mediante la máxima utilización de los recursos naturales disponibles. Además, se rige por disposiciones estrictas relativas a la alimentación, el bienestar animal y al cuidado veterinario.

En las ganaderías ecológicas el alojamiento en estabulación permanente debe restringirse al mínimo posible (en ningún caso con animales atados o en plaza fija), dependiendo de las condiciones climáticas de la zona y, en todo caso, permitiendo la libertad de movimiento de los animales en espacios al aire libre o en zonas de ejercicio. Si los animales se crían en grupo debe determinarse el número de animales y el tamaño de los lotes según la edad y las necesidades de comportamiento de los animales. También debe disponerse de suficiente terreno para el pastoreo sin exceder una determinada carga ganadera por hectárea para evitar el sobrepastoreo y la erosión, facilitando el acceso a los pastos siempre que sea posible. Además de la disponibilidad de recursos pastables, el número de animales que puede criarse en una granja está limitado por la cantidad total de deyecciones que se puede generar, sin poder exceder una cierta cantidad de nitrógeno por cada hectárea de la superficie agrícola utilizada y año. Los estercoleros deben diseñarse adecuadamente para evitar la contaminación de las aguas por vertido directo o por escorrentía y filtración en el suelo. Solo se pueden criar animales procedentes de la propia granja o de otras ganaderías ecológicas (salvo en los periodos iniciales de reconversión) y preferentemente de razas rústicas más adaptadas al medio y más resistentes a las enfermedades. Los cuidados veterinarios deben priorizar la prevención y, si se precisan tratamientos, debe darse preferencia a los tratamientos de fitoterapia y homeopatía, no pu-

diendo utilizarse fármacos que dejen residuos en el producto. Está prohibido el uso de sustancias para promover el crecimiento, controlar la reproducción o mejorar el rendimiento productivo. El transporte y las prácticas de manejo deben realizarse respetando el bienestar animal, provocando el mínimo estrés posible, no estando permitidas operaciones de manejo agresivas para el animal.

La alimentación debe ser con piensos y pastos ecológicos, preferentemente producidos en la propia granja, para cubrir las necesidades nutricionales de los animales y garantizar la calidad del producto final obtenido. Es un objetivo prioritario la máxima utilización de los pastos y forrajes, según estén disponibles a lo largo del año, estableciéndose un máximo en la proporción de alimentos concentrados en la ración. Los piensos deben ser elaborados con materias primas procedentes de la agricultura ecológica que en ningún caso pueden proceder de semillas o plantas modificadas genéticamente ni de productos obtenidos de ellas. En los cultivos para la producción de pastos y piensos no pueden emplearse productos de síntesis química, para mantener o mejorar la fertilidad y la actividad biológica del suelo solo pueden utilizarse abonos orgánicos y algunos minerales (de roca) y la lucha contra las malas hierbas debe basarse en medidas de prevención (rotaciones de cultivo) o medidas físicas de control, no estando permitidos los herbicidas.

En Europa, la producción ecológica ha sido bien acogida por el consumidor, de forma que en la última década se ha observado un incremento considerable tanto de la superficie de terreno destinada a la agricultura ecológica como de la cantidad de alimentos ecológicos producida, disponible en el mercado y adquirida por el consumidor final. Se estima que en 2020 la producción agrícola ecológica representó un 10 % del total de superficie cultivada en España, siendo el país de la UE con mayor superficie de cultivo ecológico y el cuarto a nivel mundial. Para abordar el desafío de “convertirnos en una sociedad neutra en carbono, sostenible y resiliente al cambio climático” se propone el objetivo de aumentar el porcentaje de tierra cultivable destinada a la agricultura ecológica a un 25 % en 2030 y hasta un 60 % en 2050³³. La ganadería ecológica crece a un menor ritmo que la agricultura, pero también muestra una tendencia creciente. Los partidarios de esta forma de producción la consideran como la más sostenible, asumiendo que

33 Gobierno de España, Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia (2021). *España 2050: Fundamentos para una Estrategia Nacional de Largo Plazo*. https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia_Espana_2050.pdf

las restricciones legales sobre los alojamientos, la alimentación, el manejo y los cuidados veterinarios son una garantía para minimizar el impacto de la ganadería sobre el bienestar de los animales y el medio ambiente. Incluso se presupone que contribuye a mejorar el estado de bienestar y salud del animal y que puede tener efectos beneficiosos para el mantenimiento de agroecosistemas dependientes del aprovechamiento de la biomasa vegetal por pastoreo. De este modo se aprovechan recursos no susceptibles de otra forma de utilización. Con su mayor integración en el medio natural se contribuye a fijar población en el mundo rural y en zonas desfavorecidas incentivando el consumo local y la bioeconomía circular. También se alega que es una forma de obtener un producto de calidad, con mejores características organolépticas y más saludable, al minimizarse las concentraciones de elementos tóxicos o contaminantes. Pero también hay firmes detractores que manifiestan con vehemencia argumentos en contra de la producción ecológica. En cuanto a los pretendidos beneficios ambientales, se esgrime que no son tales si se tiene en cuenta que para producir un kilo de carne o de leche se necesita una mayor superficie de tierra tanto de cultivo como para la estancia del ganado, así como una mayor cantidad de recursos en forma de agua o de materia vegetal para alimentar a los animales. La eficiencia biológica es sensiblemente inferior, se utilizan alimentos menos concentrados y es preciso criar a un mayor número de animales para obtener una determinada cantidad de producto. Si, además, la alimentación se basa en forrajes y pastos, cabe esperar un mayor volumen de emisiones de gases procedentes de la fermentación entérica. No es extraño leer titulares del tipo “si de verdad quieres salvar al planeta no consumas productos ecológicos”, en un intento de desacreditar el principal beneficio que se atribuye a la producción ecológica. También se cuestiona si someter a los animales a las inclemencias meteorológicas en lugar de facilitarles unas condiciones ambientales óptimas para la producción es una forma de asegurar su bienestar. Los argumentos más contrarios tienen que ver con la cantidad, el coste y la calidad del producto obtenido. Es obvio que, en la actualidad, es imposible producir suficiente cantidad de producto en granjas ecológicas para satisfacer la demanda de la sociedad y alimentar a todas las personas. El coste de producción y el precio de venta al público de los productos ecológicos son mayores que los de los obtenidos en granjas convencionales, no asequibles para los sectores de la población con niveles más bajos de renta. Y no son pocos los que advierten en la supuesta mejor calidad del producto un fraude al no poder ser demostrado científicamente. Algunos datos de composición química de alimentos

ecológicos y convencionales muestran que las diferencias entre ambos no son significativas, por lo que resulta difícil defender que un alimento tenga un mejor valor nutritivo sólo por su origen sin que haya diferencias en los nutrientes que aporta. Se dice que los niveles de contaminantes y sustancias indeseables en los alimentos convencionales están siempre por debajo de los límites legales permitidos y por lo tanto los alimentos ecológicos no suponen una ventaja real, aunque no es menos cierto que no se divulgan cuáles son las concentraciones medidas en uno u otro tipo de alimentos. Una vez más es precisa una valoración global de las ventajas y de las limitaciones de la producción ecológica, evitando quedarse con mensajes superfluos que, muy probablemente, procedan de quienes están compitiendo por una cuota de mercado o ven una amenaza en el aumento del consumo y la aceptación social de los alimentos ecológicos.

¿Una cuarta dimensión para la sostenibilidad de la producción de alimentos?

En sus inicios, el concepto de la sostenibilidad se centró en los tres pilares clásicos (social, económico, ambiental), incluyendo las múltiples derivaciones sobre otros aspectos (ética, protección animal, etc.). Más recientemente, se ha introducido una nueva dimensión de la sostenibilidad que es la que tiene que ver con el consumo de lo que se produce. En todos los modelos económicos el sector productivo intenta influir sobre el consumidor (p. ej., mediante la mercadotecnia o la publicidad) para incentivar la demanda o inducir cambios en los hábitos de consumo. Pero también es inevitable una influencia en el sentido inverso, el sector productivo ha de adaptarse en cierta medida a lo que demanda el consumidor. El productor hace un esfuerzo por adaptarse a las peticiones de la sociedad, no produce lo mismo cuando se demanda un producto de mayor calidad o cuando las compras se orientan a productos más baratos. Este enfoque guarda una relación directa tanto con lo social como con lo económico, pero es incuestionable que termina afectando a la sostenibilidad en su conjunto y, por ello, se ha llegado a considerar el cuarto pilar del desarrollo sostenible.

En el ámbito de la alimentación, este pilar de la sostenibilidad relacionado con el consumo abarca a aspectos tales como la preferencia por uno u otro alimento, la relación entre la ingesta de alimentos y las necesidades nutri-

cionales o el efecto de la dieta (en cantidad y composición) sobre la salud de las personas. En definitiva, con la cantidad y el tipo de alimentos que la sociedad demanda y con el modo en que las personas se alimentan, porque termina afectando al sistema de producción y a que su desarrollo sea más o menos sostenible. Continuando con el juego de la letra “p”, este pilar puede denominarse el “plato” y en el ámbito de la producción animal hace referencia a cómo el consumo de carne, pescado, leche o huevos puede afectar al desarrollo sostenible de los sistemas de producción animal.

En 2010, la FAO publicó un informe en el que se definía el concepto de dieta sostenible como aquella “con un bajo impacto ambiental que contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional y a la vida sana de las generaciones presentes y futuras. Las dietas sostenibles concurren a la protección y respeto de la biodiversidad y los ecosistemas, son culturalmente aceptables, económicamente justas, accesibles, asequibles, nutricionalmente adecuadas, inocuas y saludables, y permiten la optimización de los recursos naturales y humanos.”³⁴ Puede constatarse como, adicionalmente a los aspectos relacionados con las *personas*, la *prosperidad* o el *planeta*, se incluyen criterios que tienen que ver con el *plato*. Para que la producción animal sea sostenible, el consumo de proteína animal (carne, leche, pescado, huevos) debe contribuir a la seguridad nutricional y a la vida sana de las generaciones presentes y futuras, debe ser nutricionalmente adecuado, inocuo y saludable.

¿Cómo puede afectar el consumo de proteína animal a la salud y a la sostenibilidad de la ganadería?

Aunque a lo largo de la historia el hombre ha mostrado una cierta propensión por el consumo de alimentos de origen animal, particularmente de carne, también se advirtió desde los primeros tiempos que no era infrecuente que algunas personas enfermasen tras comer algunos de estos alimentos. Consciente de que la carne no se mantenía comestible durante tanto tiempo como otros alimentos, ya en la prehistoria se empezaron a aplicar el cocinado y las primeras técnicas de conservación para prevenir tales problemas. En este contexto, el hombre comienza a preocuparse desde muy temprano por

³⁴ FAO (2010). Informe final del Simposio científico internacional *Biodiversidad y dietas sostenibles. Unidos contra el hambre*. Naciones Unidas, Roma.

la relación entre el consumo de alimentos y la manifestación de enfermedades, reconociendo empíricamente que algunos alimentos pueden ser nocivos y causar malestar en quien los ingiere. Muchas de las civilizaciones antiguas con una fuerte influencia de las creencias religiosas establecieron preceptos y prohibiciones relacionadas con el consumo de alimentos de origen animal, con mandamientos sobre qué carnes podían ser comidas y cuáles debían ser rechazadas, cómo debían ser sacrificados los animales, qué medidas de higiene eran necesarias o cuáles eran las mejoras formas de preparar y consumir esos alimentos. Algunas de estas prescripciones religiosas han llegado hasta nuestros días, aunque los avances científicos alcanzados desde finales del siglo XIX, sobre todo en el ámbito de la microbiología, han ampliado enormemente nuestro conocimiento de las causas de dichas enfermedades relacionadas con el consumo de alimentos y han permitido establecer medidas para prevenirlas. A finales del siglo XX se popularizó el uso de la expresión seguridad alimentaria (del inglés *food safety*) que hace referencia a la adopción de las medidas necesarias para garantizar que todos los alimentos sean saludables y seguros para el consumo, que no supongan un riesgo para la salud humana. Según la OMS, son más de 200 las enfermedades que se pueden transmitir por los alimentos, padecidas por millones de personas cada año, siendo las de mayor incidencia las causadas por microorganismos patógenos y por contaminantes químicos.

Los alimentos de origen de origen animal pueden contaminarse a nivel de granja, en los mataderos, durante el procesado en las industrias o durante la preparación y cocinado en los hogares o en los puntos de restauración. Si no se detecta y se detiene su transmisión, estas enfermedades afectarán a un mayor número de personas si se originan en los primeros eslabones de la cadena alimentaria; a millares si la contaminación se produce en la granja o a unos pocos individuos si es en el hogar. La mayoría de las zoonosis alimentarias transmitidas a través del consumo de alimentos de origen animal son las infecciones bacterianas por *Campylobacter*, *Salmonella*, *Listeria*, *Yersinia* o *Escherichia coli* patogénico, o las intoxicaciones por toxinas producidas por *Clostridium* spp., *Bacillus* spp. o *Staphylococcus* spp. Otras zoonosis alimentarias importantes son las producidas por parásitos (triquinosis, anisakiasis, toxoplasmosis), micotoxinas (metabolitos secundarios producidos por hongos que son tóxicos para los animales), virus (norovirus, virus de la hepatitis A) o priones (encefalitis espongiforme bovina o enfermedad de Creutzfeldt-Jakob). En la actualidad también ha cobrado relevancia la presencia de compuestos químicos en la carne, la leche o el pescado. Cabe mencionar aquí

a los metales pesados (mercurio, cadmio, plomo), el arsénico, las dioxinas, los furanos, los bifenilos policlorados (PCB) análogos a la dioxina, los pesticidas o los medicamentos y fármacos (antibióticos). En este sentido, cobra cada vez más importancia la contaminación química de piensos y forrajes que, al ser consumidos por el animal, transfieren estos compuestos al animal, donde se absorben y se acumulan en los tejidos animales o son eliminados con la leche, llegando a alcanzar concentraciones que pueden llegar a ser tóxicas para el consumidor. Sirva como ejemplo la crisis por las dioxinas en carne de pollo que se produjo en Europa a principios de este siglo. En la UE se registra anualmente una incidencia no despreciable de infecciones e intoxicaciones alimentarias, aunque la aplicación de estrictas medidas de higiene, control e inspección de los alimentos, los avances tecnológicos para su conservación y procesado y la trazabilidad de los alimentos de la granja a la mesa han permitido reducir año tras año el número de casos. No obstante, no es infrecuente que, de tanto en tanto, surjan algunas crisis alimentarias, tales como la de las “vacas locas” (encefalitis espongiforme bovina) o la más reciente de la listeriosis en productos cárnicos elaborados, que provocan una enorme inquietud en el consumidor y desencadenan un efecto directo sobre los mercados y los núcleos de producción. En cualquier caso, se considera que las medidas adoptadas en la UE son suficientes para el control de las zoonosis alimentarias dentro de unos límites admisibles de salud pública.

Es a partir de la segunda mitad siglo XX cuando surgen nuevas dudas acerca de la relación entre el consumo de alimentos de origen animal y la salud humana. Al disponerse de una mayor oferta de este tipo de alimentos y a un precio más asequible, se incrementó de forma notoria su demanda y consumo, al percibirlos como más nutritivos (los niños crecen más si beben más leche), más saludables (con una mejor alimentación es mayor la esperanza de vida) y más apetecibles y sabrosos (muy probablemente por la grasa que contienen). No pasó demasiado tiempo hasta empezar a constatar los primeros indicios de una posible relación entre el consumo de alimentos de origen animal y un mayor número de personas con sobrepeso o una mayor incidencia de las enfermedades cardiovasculares. Inicialmente no se consideró una evidencia suficiente para atribuir a estos alimentos dichos efectos, ya que concurrían otros cambios en el estilo de vida (sedentarismo) y en los hábitos de consumo que también parecían relacionados con ambos procesos. Los alimentos de origen animal se caracterizan por una elevada concentración energética debido a su alto contenido en grasa. Por este motivo, basta consumir una cantidad moderada de los mismos para obtener

una gran cantidad de energía. El consumo a voluntad de estos alimentos puede dar lugar a una sobrada ingestión calórica, superior a las necesidades energéticas, especialmente cuando no se realiza una cierta actividad física. A medida que se realiza un menor trabajo corporal las necesidades en energía de un individuo adulto son menores y, si no ajusta la ingestión de energía, el exceso se destina a la síntesis de grasa en el tejido adiposo, lo que provoca un aumento de peso y cambios de la composición corporal con aumento de la masa grasa. Además del contenido en grasa, es importante la composición lipídica de la grasa animal ya que, en general, es más saturada, es decir, en comparación con otros tipos de grasa contiene una mayor proporción de ácidos grasos saturados en los triglicéridos. El consumo de carne, leche o huevos con alto contenido en grasas saturadas parece estar relacionado con un aumento de los niveles de lipoproteínas de baja densidad (el colesterol "malo") en el plasma sanguíneo. Estos lípidos se acumulan en la pared interna de las arterias en forma de ateromas que estrechan la luz de los vasos y pueden llegar a obstruirlos provocando un infarto en el órgano que irrigan. De este modo, se ha observado una correlación significativa entre la ingesta diaria de grasas de origen animal y la prevalencia de casos de infarto de miocardio o de accidentes cerebrovasculares. No puede concluirse que haya una evidente relación causa efecto al concurrir otros factores de riesgo que generan efectos confundidos, pero la relación estadística entre ambas variables parece ser más fiable a medida que se dispone de más datos. Los estudios epidemiológicos más recientes parecen corroborar que en aquellas regiones o comunidades donde el consumo de carne, leche o huevos es mayor, también hay un mayor número de personas que padecen algunas enfermedades metabólicas crónicas, tales como la diabetes, la artritis gotosa (hiperuricemia) o el llamado síndrome metabólico (conjunto de signos clínicos entre los que se incluyen hiperglucemia, hipercolesterinemia, hiperlipemia, hipertensión arterial o engrasamiento abdominal) o una mayor probabilidad de sufrir algunas enfermedades cardiovasculares. En realidad, no parece que la causa de tales afecciones pueda ser la composición o alguna propiedad nociva de los alimentos de origen animal, siendo más bien una consecuencia de la obesidad y del aumento de la proporción de grasa corporal. Ambas complicaciones tienen que ver más con la ingesta calórica diaria que con el consumo de alimentos de origen animal en sí mismo, si bien es cierto que si estos alimentos se consumen en exceso es mayor la probabilidad de ingerir más energía de la que se necesita, reteniéndose el exceso de energía en los depósitos de tejido adiposo, sobre todo en los de la cavidad abdominal, con el consiguiente aumento de peso y del índice adiposo-muscular corporal. En

cuanto a su composición lipídica, las grasas animales son, en general, más saturadas que las vegetales, pero es importante saber que se puede modificar el contenido y la composición de la grasa de la carne o de la leche mediante cambios en la alimentación de los animales. La grasa de la carne de animales criados en granjas intensivas y alimentados con piensos muy energéticos es más saturada que la de animales criados en sistemas más extensivos. Sirva como ejemplo la diferencia en la composición del tocino y la grasa infiltrada de las canales de cerdo ibérico de bellota en comparación con las de cerdos obtenidas en sistemas de producción intensiva. Así pues, es posible producir alimentos de origen animal más saludables mediante cambios en las raciones o la inclusión de ciertos ingredientes en los piensos, aceptando que estos ajustes en la alimentación de los animales de abasto suponen un mayor coste para el productor y un mayor precio para el consumidor. En cualquier caso, la relación entre la alimentación animal y la calidad nutricional de los productos de origen animal es indudable. Investigar la posibilidad de producir alimentos más inocuos y saludables mejorando la alimentación de los animales es un reto para el futuro y una oportunidad para hacer más sostenible la producción de proteína animal.

Habría que mencionar también otros posibles efectos del consumo de alimentos animales sobre la salud humana, tales como las intolerancias (p. ej., a la lactosa) o las alergias alimentarias (p. ej., a la carne, al pescado o al marisco), aunque es preciso destacar que este tipo de problemas no es exclusivo de los alimentos de origen animal y que su prevalencia no llega a justificar que dichos alimentos puedan ser considerados un riesgo de salud pública para la población general.

Si a lo largo de la historia han sido numerosas los debates sobre si el consumo de alimentos de origen animal es más o menos saludable para las personas, en octubre de 2015 la Agencia Internacional de la OMS para la Investigación del Cáncer (con siglas IARC) publicó un informe en el que se concluía que la carne roja (de vacuno, cerdo, ovino, caprino o caballo) podía ser clasificada como “*probablemente cancerígena para los seres humanos*” (grupo 2A: hay pruebas suficientes de que puede causar cáncer a los humanos, pero actualmente no son concluyentes) y la carne procesada como “*cancerígena para los humanos*” (grupo 1: hay pruebas suficientes que confirman que puede causar cáncer a los humanos)³⁵. La conclusión del informe fue que “cada

35 IARC Working Group (2015). *Red Meat and Processed Meat*. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 114. International Agency for Research on Cancer, Lyon.

porción de 50 gramos de carne procesada consumida diariamente aumenta el riesgo de cáncer colorrectal en un 18 % [...] Para un individuo, el riesgo de desarrollar cáncer colorrectal por el consumo de carne procesada sigue siendo pequeño, pero este riesgo aumenta con la cantidad de carne consumida". El problema está en la cantidad que se consume, ya que al cocinar la carne se generan compuestos sospechosos de ser cancerígenos, tales como aminas aromáticas heterocíclicas o hidrocarburos aromáticos policíclicos. Éstos también se encuentran en otros alimentos o en la contaminación atmosférica. Sin embargo, el informe reconoce que aún se desconoce cómo el riesgo de padecer cáncer aumenta al tomar carne roja o procesada. Días después de la publicación del informe, la OMS divulgó la recomendación de moderar el consumo de este tipo de carnes con la finalidad de reducir el riesgo de cáncer. Sin entrar en la controversia sobre si las conclusiones están debidamente fundamentadas o no a partir de los datos disponibles, es obvio que declaraciones de este tipo provocan cierta alarma social y tienen un efecto inmediato sobre el consumo de estos alimentos.

En 2019, la comisión EAT-Lancet (una fundación global sin ánimo de lucro autodenominada como una plataforma científica global para la transformación del sistema alimentario) publicó en la revista científica *The Lancet* el informe *Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems* (Dietas saludables a partir de sistemas alimentarios sostenibles)³⁶ que ha tenido una enorme repercusión mediática. El informe de la comisión se centra en la recomendación de cambiar las dietas para lograr la “salud planetaria” para los diez mil millones de personas que habitarán la Tierra en el 2050, partiendo de la idea de que los alimentos son la palanca más potente para optimizar la salud humana y la sostenibilidad medioambiental en el planeta. La “salud planetaria” se define como “la salud de la civilización humana y el estado de los sistemas naturales de los que depende”, y puede conseguirse mediante un sistema alimentario global y sostenible que no exceda los límites del medio ambiente al producir los alimentos, ni los de la salud humana al consumirlos. Se trata de conseguir una situación de ganancia segura (*win-win* o todos ganan) con patrones dietéticos saludables y sistemas de producción de alimentos sostenibles, con los que puedan alcanzarse los ODS y los acuerdos medioambientales de la cumbre de París. Una dieta saludable debería favorecer un estado de bienestar físico, mental y social y no simplemente la ausencia de enfermedad. La conclusión

36 Comisión EAT-Lancet. (2019). *Nuestros alimentos en el Antropoceno: Dietas saludables a partir de sistemas alimentarios sostenibles*. EAT-Lancet Commission Summary Report en español, 32 pp.

del informe es que estas dietas deben aportar una ingesta calórica óptima y estar constituidas, principalmente, por alimentos de origen vegetal, con pequeñas cantidades de alimentos de origen animal, con grasas insaturadas en lugar de saturadas, y cantidades limitadas de harinas refinadas, alimentos altamente procesados y azúcares añadidos. Según el análisis de los expertos de la comisión, globalmente las dietas que se consumen en el mundo exceden los límites de lo que es saludable para las personas en el consumo de raíces y tubérculos con un alto contenido en almidón y azúcares, en carnes rojas (vacuno, cerdo y ovino) y en huevos. En los países más desarrollados es donde se manifiesta el consumo “excesivo” de alimentos de origen animal; en este caso no solo de carne y huevos, también de carne de ave y de lácteos. Por otra parte, el informe analiza en qué medida los sistemas actuales de producción de alimentos pueden superar los límites medioambientales en lo relativo a seis variables: emisiones de GEI, uso de la tierra de cultivo, uso del agua, aplicación de nitrógeno y de fósforo y pérdida de biodiversidad. Según el informe, a partir de las proyecciones estimadas, en 2050 se superarían ampliamente los límites ambientales de las seis variables evaluadas. Para no llegar a un impacto tan desmedido es indispensable reducir la pérdida y desperdicio de alimentos y mejorar las prácticas de producción de los alimentos a partir de sistemas más sostenibles, reduciendo los periodos improductivos, racionalizando el uso de fertilizantes, mejorando la eficiencia de la fertilización y el riego o implementando medidas para reducir las emisiones de GEI y favorecer la captación de carbono por los cultivos agrícolas. Además, introducir cambios en la dieta para que sea más saludable puede contribuir a reducir la demanda de los alimentos cuya producción tiene un mayor impacto ambiental. En lo relativo a los alimentos de origen animal, en particular a la carne, el informe de la comisión EAT-Lancet es especialmente crítico con sus efectos sobre la salud humana y su impacto sobre el medio ambiente. Muy probablemente ambos efectos, sobre todo los referidos al impacto de su producción sobre el medio ambiente, han sido sobredimensionados, quizás contemplando la peor perspectiva de las situaciones posibles. En cualquier caso, merece la pena valorar la propuesta de “dieta planetaria” del informe y sus implicaciones, ya que dicha publicación ha tenido una amplia difusión habiendo sido divulgada en la mayoría de los medios de comunicación. Quizás lo más llamativo es la recomendación de reducir el consumo anual de carnes rojas hasta un máximo de 5,2 kg por persona (la mitad de vacuno y ovino y la otra mitad de carne de cerdo), y la de ave hasta 10,6 kg por persona. Estas cifras contrastan con el consumo medio estimado por la OCDE en 2020

y previsto para el final de la década, ya que estos valores superan con creces los valores propuestos para una dieta saludable, especialmente en los países desarrollados, pero también en la media de los países menos desarrollados.

Tabla 2. Consumo anual de carne (kg) per cápita en los países más o menos desarrollado en 2020 y previsiones para el final de la década³⁷.

Año	<i>Países desarrollados</i>		<i>Países en desarrollo</i>	
	2020	2029	2020	2029
Población humana (x 10 ⁶)	1.432	1.459	6.332	6.983
Rumiantes	16,1	16,3	6,3	6,4
Cerdo	22,5	22,5	8,0	9,5
Ave	30,9	32,1	11,3	11,5
Total	69,5	70,9	25,6	27,4

Cabe destacar, no obstante, las inmensas desigualdades entre países (incluso dentro de cada grupo). En algunos países, tales como Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda o Argentina, el consumo anual de carne supera los 100 kg por habitante. En el otro extremo, en muchos de los países más pobres del mundo (Etiopía, Ruanda, Nigeria) cada persona no llega a consumir (de media) los 10 kg de carne al año. En la mayoría de los países de Europa occidental el consumo se sitúa entre 80 y 90 kg de carne por persona y año. Aunque las diferencias entre lo que el informe EAT-Lancet considera el objetivo de una dieta saludable y el consumo actual para la leche o los huevos son de menor magnitud que las mencionadas para la carne, la conclusión sería similar: los humanos estamos comiendo demasiada cantidad de alimentos de origen animal lo que, según dicho informe, no es bueno ni para nuestra salud ni para la del planeta, debido al impacto ambiental que supone tener que producir tal cantidad de alimento. Según estos datos la sostenibilidad de la producción animal pasa por una reducción significativa del consumo y, por tanto, de la cantidad de alimento que se produce.

En torno a la idea de limitar el consumo de alimentos de origen animal se están haciendo cada vez más populares las múltiples variantes de dietas vegetarianas alternativas a la tradicional dieta “omni” (como así se refieren a ella algunos colectivos veganos), sobre todo en los países más desarrollados.

³⁷ OECD/FAO (2020). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2020-2029*. OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/a0848ac0-es>.

En los casos más radicales, a partir del convencimiento de que siendo posible sobrevivir y estar sano sin comer carne, pescado, productos lácteos o huevos, y de que se debería prescindir de dicho consumo para no causar daños innecesarios a los animales (la llamada ética de comer carne), son cada vez más los seguidores de las dietas y el estilo de vida vegano. En el otro lado del espectro estarían dietas como la paleo, que propone que nuestro organismo está más adaptado a lo que consumían nuestros ancestros prehistóricos, por lo que sería recomendable comer aun una mayor cantidad de carne. En una posición intermedia se sitúan los flexitarianos, con una dieta básicamente vegetariana, pero que consumen ocasionalmente carne o alimentos de origen animal cuando se presenta la ocasión. Existe, asimismo, la opción del locavorismo que propone el consumo de cercanía y de temporada evitando el transporte de alimentos de un extremo a otro del planeta. No dejan de ser elecciones personales. Ahora bien, al usar explicaciones innecesarias para justificar una u otra opción es cuando se escuchan algunas incoherencias. Cuando se intenta consumir solo alimentos de producción local es casi inevitable introducir en la dieta algunos de origen animal, ya que la estacionalidad (más acusada cuanto más lejos del ecuador) limita la disponibilidad de los de origen vegetal, que deben ser importados de lugares distantes cuando no se producen en la zona. Cuando se consumen dietas vegetarianas, se necesita comer un mayor volumen de alimento para obtener la misma cantidad de nutrientes, así que hay que producir, procesar y envasar una mayor cantidad de materia prima y, aunque se evita el impacto ambiental que tendría la ganadería, hay también un impacto derivado de la conservación y del transporte de mercancías desde los lugares de producción. En el caso de las dietas con alimentos de origen animal es habitual olvidarse de que las raciones requeridas para cubrir las necesidades nutricionales son más pequeñas y la falta de sensación de saciedad hace que se ingiera energía y nutrientes en exceso. Por último, es cuando menos curioso que cuando surgen estos debates, el foco se centra exclusivamente en el origen de los alimentos, y se dejen de lado cuestiones tales como el procesado. Casi todas las dietas incluyen alimentos procesados y precocinados, que tienen que incorporar multitud de compuestos químicos en forma de aditivos. Son pocos los que se preocupan por esta forma de consumir alimentos que ofrece una mayor comodidad en los modos de vida modernos, a pesar de que también tiene sus implicaciones sobre el medio ambiente o la salud del consumidor. Apenas hay debates sobre esta cuestión, quizás porque los principales beneficiados de ese consumo sean las grandes empresas de la alimentación.

El informe EAT-Lancet hace especial referencia a un aspecto que está lastrando la sostenibilidad de los sistemas de producción y que es el enorme desperdicio de alimentos, característico de la sociedad de consumo en los países más desarrollados. En 2020, el Ministerio de Agricultura publicó que cada español tiró a la basura una media de 31 kilos/litros de comida y bebida. Los desechos de comida se producen en más de tres cuartas partes de los hogares. En mayo de 2021, el Ministerio presentó la campaña “Aquí no se tira nada” intentando fomentar un consumo responsable en la población española. Entre lo que se desperdicia en los hogares y otras pérdidas de alimentos se estima que hasta un tercio de lo que se produce no es finalmente consumido. Para muchos alimentos se produce por encima de la demanda, dando lugar a excedentes que deben preservarse mediante técnicas de larga conservación (congelación, deshidratación) o intentan venderse a través de las exportaciones aprovechando la globalización de los mercados. Además, no todo lo que se produce se pone a la venta, por considerarlo de menor valor para el consumo (destríos de la pesca o de canales o huevos), aunque en muchos casos son defectos de tamaño, forma o color que los pueden hacer menos atractivos para el consumidor, pero que no plantean ningún problema ni sanitario ni nutricional. Otra parte se desecha o se descarta durante el procesado (recortes de despique, sueros de lechería) o el transporte. En el caso de los alimentos de origen animal, su corta vida útil determina que se puedan producir pérdidas importantes en todos los procesos de la cadena (elaboración, transporte, conservación) desde que se obtienen hasta que se consumen. Aunque es inevitable que se generen ciertos restos al obtener el producto principal, es prioritario mejorar la eficiencia de estos procesos para reducir al máximo las pérdidas y los residuos de transformación. Finalmente, también se retiran residuos en los mercados o en los hogares, de lo que no se vende, se pasa de caducidad o que finalmente no se puede o no es fácil aprovechar o se deja de utilizar por descuido, porque se ha comprado demasiado o por cualquier otra eventualidad de la vida moderna. A pesar de todas las pérdidas citadas, en la sociedad de consumo la demanda de alimentos tiene un componente gastronómico y hedonista importante, lo que hace que se transporten alimentos desde lugares muy distantes, sin importar el aumento de precio, la inevitable pérdida de una parte de alimentos que son predecesores o las repercusiones ambientales o económicas que dicho transporte pueda ocasionar. Son numerosas las campañas para incentivar el consumo de los productos nacionales o locales, que también tienen el propósito de proteger a los productores de importaciones masivas de alimentos más ba-

ratos procedentes de países donde los costes de producción son menores. En total es una cantidad ingente de alimento que se produce y no se consume, un derroche que no debería producirse en ningún caso. Si, además, en el caso de los alimentos de origen animal, se está consumiendo mucho más de lo que sería saludable según los datos médicos y epidemiológicos disponibles, parece evidente que el producir más sin más no es la solución, ni siquiera con el argumento ya demasiado desgastado de que en 2050 la población mundial aumentará un 25 % sobre la actual, o que a medida que aumenta el nivel de renta aumentará la demanda de carne, leche o huevos. Probablemente en una economía de mercado no se pueda limitar la libertad de que alguien produzca y ponga a la venta lo que estime oportuno, y que sea la demanda la que determine el volumen de producción que será rentable. La misión primordial de los alimentos es la de nutrir a las personas, y no deberían ser simples bienes de los que se puede obtener una rentabilidad y con los que incluso se puede especular. En un sector tan estratégico como el de alimentación, no estaría de más ajustar la producción a las necesidades reales de las personas y del planeta. Quizás habría que relajar la presión sobre el componente económico e incentivar una producción más enfocada hacia lo social y lo ambiental. En este contexto cobran relevancia algunas de las estrategias propuestas en el informe EAT-Lancet, tales como reorientar las prioridades agrícolas pasando de producir grandes cantidades de alimentos a producir alimentos de mejor calidad o más saludables o reducir al menos a la mitad la pérdida y desperdicio de alimentos.

Cabe mencionar que el más que probable consumo excesivo de proteína animal y el desperdicio de una cantidad enorme de los alimentos que se producen son problemas de los países donde hay mayor abundancia, no afecta a todas las regiones del mundo por igual. Las significativas diferencias territoriales en los niveles de renta y en la alimentación de la población hacen que, en la actualidad, convivan en la Tierra miles de millones que padecen sobrepeso y obesidad con otros (al menos) 800 millones de personas que están subalimentadas. En este último caso la ingesta calórica y de nutrientes esenciales no es suficiente para satisfacer las necesidades de los individuos y, al no consumirse ciertos alimentos, se manifiestan deficiencias nutricionales que terminan provocando ciertos procesos carenciales. Es imposible no conmoverse por las muertes que ocasiona el hambre o las derivadas por la malnutrición al tener muy disminuidas las defensas inmunitarias y aumentar la propensión a padecer otras enfermedades. Paradójicamente, muchos de los que tienen más también están malnutridos. En este caso por algunos excesos,

consumos de sal, azúcar y grasa muy superiores a lo que es saludablemente recomendable. Es habitual que en estos casos haya un consumo de alimentos de origen animal muy por encima de la media. Con frecuencia se argumenta que es necesario aumentar la producción de alimentos, en particular de los de origen animal, porque en 30 años la población del planeta aumentará y habrá dificultades para alimentarlos a todos. En el momento presente, globalmente ya se produce más de lo que se consume, el problema no es cómo producir más, la cuestión es cómo distribuir de una forma socialmente justa lo que se produce. Se asume que este componente de la sostenibilidad está satisfecho en el momento que se aporta algo que las personas necesitan, pero el grado de cumplimiento de la sostenibilidad social es manifiestamente mejorable. Mientras tanto, tras la segunda década del siglo XXI persiste la llamada sindemia de la obesidad, la malnutrición y el cambio climático, al concurrir globalmente las tres pandemias, con interacciones multilaterales y compartiendo muchos de los agentes causales y de las consecuencias sobre las personas, la prosperidad y el planeta. La humanidad es ingeniosa para encontrar palabras nuevas, pero no lo es tanto cuando se trata de resolver un problema que se percibe como ajeno y poco rentable.

¿Se puede disponer de alternativas a la proteína animal como alimento para las personas?

Si bien es cierto que la producción de proteína animal tiene un impacto social, económico y ambiental, y que su consumo afecta a la salud de las personas, también podría decirse que, en muchas ocasiones, dichos efectos han sido descritos de un modo sesgado, cuando no interesado, para cuestionar la sostenibilidad de la obtención de alimentos de origen animal. En cualquier caso, algunos de estos mensajes han calado en la sociedad actual y son numerosos los intentos de explorar nuevas alternativas para diversificar la oferta y, si no prescindir de los alimentos de origen animal, al menos paliar los posibles efectos adversos de su producción y consumo.

La primera alternativa que se podría mencionar es la producción de fuentes de proteína animal poco convencionales hasta el momento presente. En esta opción se incluye la producción y el consumo de insectos y productos derivados. Son numerosos los informes de la FAO y otras organizaciones internacionales que lo consideran un alimento del futuro, con un acreditado

valor nutricional (fundamentalmente debido a la composición en aminoácidos de su proteína) y sin muchos de los inconvenientes que se atribuyen a la producción de animales vertebrados. El consumo de insectos, la entomofagia, es muy común en algunas regiones de Asia, África y Latinoamérica; no así en los países europeos o en América del Norte. La composición de los productos alimenticios obtenidos a partir de los insectos se caracteriza por un elevado contenido proteico (hasta un 50 %), si bien se ha sugerido que dicho valor podría ser una sobreestimación por la presencia de quitina, un componente nitrogenado importante del exoesqueleto de los insectos. El contenido lipídico es variable (se han determinado valores entre un 10 y un 40 %) y rico en ácidos grasos insaturados (superior al 60 %), especialmente en los ácidos oleico, linoleico y α -linolénico, con concentraciones en fosfolípidos superiores a las de otros alimentos. Esta composición química no solo indica que su valor nutricional es notable, sino que, además, se trataría de un alimento cuyo consumo sería potencialmente saludable para las personas. La cría de los insectos requiere menos tierra y recursos que la de otros animales, y los nutrientes que necesitan se encuentran en materias que no son consumidas por los humanos, no habría una competencia por los mismos alimentos y se podrían utilizar recursos que, de otro modo, no son susceptibles de un mejor aprovechamiento por el hombre. También se presupone que el impacto medioambiental de la cría de insectos será menor que el de la de otras especies ganaderas. El mayor inconveniente de esta fuente de proteína animal es la aversión que provoca su consumo en la mayoría de los países europeos y norteamericanos. Curiosamente, los insectos pertenecen al filo más numeroso y diverso del reino animal, al de los artrópodos, en el que también se incluyen los crustáceos, algunos de los cuales son mariscos muy cotizados en muchas mesas. Sin embargo, los insectos han sido tradicionalmente asociados con plagas y transmisión de enfermedades, y con su mayor proliferación en ambientes con un menor nivel de higiene, donde se acumulan excrementos y desperdicios orgánicos. El 1 de enero de 2018 entró en vigor el reglamento europeo relativo a los “nuevos alimentos”³⁸ que estipula que todos los productos obtenidos a partir de insectos deben ser considerados nuevos alimentos en la UE al no haber sido utilizados para el consumo humano con anterioridad a 1997 y no disponerse de un historial de uso alimentario seguro en la Unión. Previamente, en 2015, la EFSA había publicado un dictamen evaluando los riesgos de la utilización de los insectos

38 Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2015 relativo a los nuevos alimentos

tos en la alimentación humana o animal.³⁹ La presencia y concentración de contaminantes biológicos y químicos en alimentos y piensos que contienen insectos o productos derivados depende de los métodos de producción, el sustrato utilizado para alimentar a los insectos, la especie de insecto, la fase del ciclo de vida en la que se cosechan los insectos (huevo, larva, pupa, adulto) y los métodos utilizados para el procesamiento posterior. En la mayoría de los casos, el riesgo del consumo de productos derivados de los insectos es comparable al del consumo de cualquier otro alimento de origen animal. La autorización para su consumo, o para su uso en los piensos, requiere la demostración de la inocuidad del producto, ya que no es descartable que pueda desencadenar alguna alergia alimentaria como consecuencia de reacciones de hipersensibilidad a las proteínas de los insectos. En enero de 2021 la EFSA publicó la primera evaluación de productos alimenticios procedentes de un insecto (larva del gusano de la harina)⁴⁰, concluyendo que, con la información disponible, el producto es seguro para su consumo. Aunque no se descarta la posibilidad de alergias alimentarias, el riesgo no se estima mayor que el que pueden padecer algunas personas por el consumo de otros alimentos tales como el marisco. Sin duda la mayor dificultad para expandir su consumo entre la población es la reticencia de la mayoría de las personas no habituadas a este tipo de alimentos (neofobia). La introducción de estos productos en la dieta europea requerirá de tiempo para convencer al consumidor potencial. No obstante, merece la pena mencionar que la primera imagen cuando se piensa en un insecto como alimento es la de un bicho que puede parecer repelente servido en un plato. Sin embargo, son otras muchas las formas de presentación del producto para que, a pesar de tener su origen en los insectos, su presencia resulte imperceptible para el consumidor. Por ejemplo, el uso de larvas del gusano de la harina se propone en forma polvo molido o de proteína extraída para su inclusión en alimentos procesados (galletas, pasta, preparados de legumbres) o en suplementos proteicos (p. ej., para deportistas). Otra opción es que el producto que se oferte pueda ser atractivo para incentivar su consumo, en forma de aperitivos fritos o salteados (chips). Aunque es muy probable que en no mucho tiempo estos productos sean habituales en las estanterías de los supermercados, no creo que

39 EFSA Scientific Committee (2015). Scientific Opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal* 2015; 13 (10):4257, 60 pp. doi:10.2903/j.efsa.2015.4257

40 EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (2021). Scientific Opinion on the safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal* 2021;19(1):6343, 29 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343>

puedan considerarse una alternativa real a los alimentos de origen animal convencionales en nuestro entorno geográfico y en este preciso momento.

Otra de estas alternativas es la paradójicamente llamada “carne vegetal”, que no es otra cosa que la elaboración de alimentos procesados a partir de ingredientes de origen vegetal intentando simular a los alimentos de origen animal más demandados por el consumidor. Aunque en la actualidad es la “carne vegetal” la que recibe más atención en los medios, la introducción de este tipo de productos en el mercado de la alimentación se inició con las “leches vegetales”, obtenidas casi de cualquier grano, fruto o semilla (soja, avena, arroz, alpiste, almendra, avellana y una lista casi interminable). Aunque “blanco y en botella”, los legisladores, quizá pensando más en el productor que en el propio consumidor, decidieron que no podían etiquetarse como “leche” (aunque sigue siendo la expresión más popular entre quienes las consumen) y son denominadas bebidas vegetales. Simulan muchas de las características organolépticas de la leche (especialmente su color y aspecto como fluido) y son suplementadas con aquellos nutrientes de los que carecen y que hacen de la leche de los mamíferos un alimento diferenciado. Así, se les añaden aceites para aumentar su contenido energético o calcio para que el aporte de este mineral sea similar al que se obtiene con la leche. El vegetarianismo y el veganismo han impulsado la inclusión en la dieta de alimentos vegetales hasta hace muy poco tiempo desconocidos para la gran mayoría de la población, con los que es posible aumentar el aporte de proteína alimenticia. Y ciertamente su demanda se ha incrementado considerablemente en los últimos años. No es difícil encontrar en muchos mercados legumbres (azukis, soja negra, mungo, caupí), brotes y germinados (alfalfa, fenogreco, rabanitos), granos y semillas (quinua, amaranto, chía, alforfón, otros pseudocereales) o algas (kombu, nori, wakame) que pueden aportar proteína suficiente como para poder reducir o prescindir del consumo de alimentos de origen animal. Incluso muchos de ellos han sido calificados como “superalimentos” al aportar supuestos beneficios para la salud que no es posible conseguir con otros alimentos. En un intento de incrementar aún más el aporte de proteína a partir de estos alimentos, se han obtenido productos ricos en proteínas extraídas de las plantas, tales como la soja texturizada, el tofu de soja, el seitán de gluten de trigo o el tempeh procedente de la fermentación controlada de alguna legumbre (soja, garbanzo, guisante). La aparición de nuevos productos análogos de la carne animal obtenidos a partir de proteína vegetal, algal o fúngica es continua (quorn de hongos, heura de soja o el leggie de arroz y algarroba de firma española

y puesto en el mercado en 2021), impulsada por inversores que ven en esta línea una buena oportunidad de negocio. Aunque objeto de todo tipo de chascarrillos, es indudable que poco a poco se están consiguiendo productos con unas características organolépticas (aspecto, textura, sabor, aroma, color) y nutricionales que les hacen cada vez más atractivos para el consumidor. En la actualidad hay oferta de sucedáneos veganos de huevo (elaborados con harinas y proteínas vegetales y con todo tipo de aditivos tecnológicos y sensoriales) y es cada vez mayor la oferta de hamburguesas, salchichas e incluso “filetes” o “carne picada” sin carne. Muchos de estos productos han sido mejorados considerablemente para aumentar la aceptación por el consumidor, hasta hacerle creer que podía estar comiendo carne, aunque no fuese obtenida de un animal. El aspecto macroscópico llega a simular a los productos cárnicos, se añade todo tipo de aditivos sensoriales para disimular el olor y el sabor, se usan colorantes naturales (jugo de remolacha) para aparentar la presencia de sangre y los avances en tecnologías tales como la impresión 3D han conseguido formas y texturas para que el comensal no eche de menos a la pieza de carne en el plato. Tal y como se hizo con las bebidas vegetales, nutricionalmente se han suplementado con aquello de lo que eran más deficientes (aminoácidos, vitaminas o minerales). Su consumo se inicia por cierta curiosidad, pero hay indicadores que sugieren que podría consolidarse en un futuro cercano. La apuesta de numerosos inversores por este tipo de productos y su promoción por algunas de las personas más influyentes en el universo gastronómico han hecho que el sector cárnico empiece a percibir una cierta amenaza. Es significativo el hecho de que las principales empresas cárnicas ya han exigido a las autoridades europeas que, de igual modo que se procedió en su día con el uso de la palabra leche, se prohíba comercializar estos productos utilizando términos tales como carne, hamburguesas, salchichas o embutidos, argumentando que deberían reservarse exclusivamente para los productos que sean de origen animal, con el “propósito desinteresado de no confundir al consumidor”.

Junto con la carne no animal, otra opción emergente es la de la carne celular. Hace casi un siglo, Winston Churchill aventuró que “en el futuro no sería necesario criar un pollo entero para comer solo la pechuga o las alas; podrían producirse estas partes por separado en un medio adecuado”. En la última década del siglo XX, el investigador y empresario holandés Willem van Eelen comenzó a estudiar la posibilidad de aplicar técnicas de clonación y de ingeniería de tejidos para cultivar células en el laboratorio implantándolas en un medio con el que se aportan las condiciones y los nu-

trientes adecuados para el crecimiento y la multiplicación celular. El cultivo de células y tejidos *ex vivo* ya era una técnica consolidada en los ensayos farmacológicos y en las investigaciones biomédicas, la idea era aplicarla a la obtención de productos alimenticios de origen animal. En 2103, en el *Food Valley* neerlandés, los discípulos de van Eelen informaron que habían conseguido obtener la primera hamburguesa de carne cultivada, pesaba algo más de 100 g y había costado unos 300 000 euros. La noticia se publicó en todos los medios, sugiriendo que era el modo de producir carne en el futuro. Es la llamada carne artificial, celular, cultivada, de laboratorio o *in vitro*. En su producción, el animal sólo se utiliza para obtener unas pocas células musculares mediante una biopsia con las que sembrar los cultivos. A partir de ese momento las células se multiplican en condiciones controladas hasta obtener una masa de tejido compuesto por fibras similares a las del músculo del que proceden las células iniciadoras. Hasta ahora solo se han obtenido células musculares en forma de aglomerados tisulares con los que puede conseguirse un sucedáneo de carne picada, pero el objetivo es poder llegar a obtener músculo estructurado, algo que es mucho más complejo. En la carne cultivada solo hay fibras musculares, pero el músculo como órgano no está constituido solo por miocitos, se integran, además, otros tejidos (conjuntivo, adiposo, sangre) con un nivel de organización estructural más complejo que la mera yuxtaposición de todas las células. Muchas de las características de la carne (textura, color, sabor, aroma) se deben a esa estructura compleja del músculo. Y la carne como alimento es algo más que un músculo. Por ese motivo, a la masa tisular obtenida en el laboratorio se le añaden aditivos (aromas, saborizantes) y texturizantes, y la imagen visual de un bistec o de un entrecot se pueden conseguir mediante impresión en 3D. En cualquier caso, ya hay varias empresas intentando desarrollar la tecnología para llevar la carne cultivada a los mercados y a la mesa del consumidor, anunciando que, hoy en día, ya puede obtenerse carne cultivada de vacuno, de cerdo y de pollo. En diciembre de 2020, la carne de laboratorio fue autorizada como alimento para el consumo humano en Singapur.

Una vez obtenida la carne cultivada no se hizo esperar la posibilidad de aplicar las mismas técnicas para producir pescado cultivado mediante el cultivo en el laboratorio de células musculares de peces, la llamada acuicultura celular. Al igual que con la carne, se ha llegado a producir tan solo una masa amorfa de células musculares, porque conseguir un filete de pescado con piel, sangre, grasa y tejido conjuntivo no es aún posible. No obstante, la posibilidad de producir pescado y marisco sin tener que criar o capturar

peces o crustáceos ha despertado un enorme interés. Esta nueva forma de producir un alimento, hasta ahora obtenido a partir de animales acuáticos, podría contribuir a reducir la sobrepesca y evitar el deterioro de los ecosistemas marinos y de aguas continentales, proporcionando un producto sin elementos contaminantes o tóxicos (mercurio, partículas de plástico) y sin parásitos (el tan indeseado anisakis). De este modo se ha conseguido una masa tisular de salmón, aunque con limitaciones para ser utilizada como alimento ya que se deshace al ser cocinado a altas temperaturas. Más recientemente, una empresa asegura haber conseguido obtener medallones de una especie de jurel (de cola amarilla) que pueden cocinarse al vapor, fritos o marinados. La carne y el pescado cultivados han hecho su aparición y ya se promocionan como una alternativa de futuro. Una multinacional de comida rápida ya ha anunciado que en breve ofertará en su menú frituras de pollo con pechuga obtenida por este procedimiento. Pero es obvio que no cabe esperar una producción a gran escala de forma inmediata, y que el coste de producción es todavía demasiado elevado para ser considerada una alternativa realista en la actualidad.

Si la llamada agricultura (ganadería) celular supone un cambio radical en la forma de obtener carne o pescado, no lo es menos el siguiente escalón del progreso, que sería la agricultura (ganadería) molecular. El hombre consume alimentos de origen animal para obtener nutrientes con los que cubrir sus necesidades metabólicas. Esos nutrientes son o forman parte de las moléculas contenidas en los alimentos. Si se conoce cuáles son las moléculas que forman parte de la composición de los alimentos y que aportan los nutrientes, la pregunta sería relativamente simple, ¿por qué no producir sólo esas moléculas? En 2019, el laboratorio de ideas RethinkX publicó el informe "*Rethinking Food and Agriculture 2020-2030. The Second Domestication of Plants and Animals, the Disruption of the Cow, and the Collapse of Industrial Livestock Farming*"⁴¹. El documento expone que, gracias a la biotecnología, será posible obtener casi cualquier molécula o compuesto químico, mediante la aplicación de las técnicas de fermentación de precisión y de modificación genética (transgénesis) de los microorganismos. La idea surge de la observación de procesos que se producen de forma natural en el tracto digestivo de los animales. La microbiota del rumen utiliza los nutrientes contenidos en el alimento que ingiere el animal y mediante procesos de fermentación

41 Tubb, C., Seba, T. (2021). Rethinking Food and Agriculture 2020-2030: The second domestication of plants and animals, the disruption of the cow, and the collapse of industrial livestock farming. *Industrial Biotechnology* 17: 57-72. <http://doi.org/10.1089/ind.2021.29240.ctu>

microbiana los transforma. Entre otros procesos, se sintetiza proteína microbiana que posteriormente es utilizada por el animal como un aporte de aminoácidos tras los procesos de digestión y absorción en el intestino delgado. A diferencia de los seres vivos superiores, los microorganismos tienen la capacidad de poder sintetizar casi cualquier aminoácido a partir de una cadena carbonada y una fuente de nitrógeno (amoníaco). Además, con los avances tecnológicos para la edición genética y la transgénesis, es factible introducir genes y modular su expresión para conseguir organismos recombinantes capaces de sintetizar casi cualquier proteína. El fundamento que se pretende aplicar para obtener carne o leche con esta tecnología es relativamente sencillo de entender. Debe obtenerse toda la información para una caracterización química lo más completa posible del producto. En términos de proteína, identificar todos los péptidos y polipéptidos que pueden encontrarse en la carne o en la leche y cuantificar su contenido. También es necesario disponer de información sobre cuáles son las células donde se sintetizan dichas proteínas y cuáles son los genes que regulan su síntesis. El paso siguiente sería la transferencia de dichos genes a microorganismos receptores y compatibles (fundamentalmente bacterias, levaduras y hongos) que, además, puedan ser cultivados en biorreactores (quimiostatos) o en grandes tanques de fermentación a escala industrial. Habría que aportar las condiciones óptimas para el crecimiento y proliferación de esos microorganismos y para que sinteticen la molécula para la que han sido programados y, finalmente, recuperar, aislar y concentrar la proteína a partir del medio de cultivo. La idea no parece muy complicada, y estas técnicas ya han sido aplicadas para la obtención de aminoácidos (lisina, metionina, triptófano), vitaminas (del grupo B) o algunas proteínas (colágeno, inmunoglobulinas, enzimas, insulina, hormona del crecimiento). También se está utilizando esta tecnología para obtener proteína microbiana que pueda ser utilizada como ingrediente en los piensos (sobre todo de peces) en sustitución de los concentrados proteicos convencionales (soja o semillas de leguminosas).

En el caso de un alimento para consumo humano (carne, leche), la primera complejidad es que no están compuestos de una única molécula y es necesario conseguir todas las que forman parte de su composición. Una vez que esto sea posible, en el caso de alimentos líquidos o en polvo (leche, huevo) el proceso finalizaría combinando todas las moléculas obtenidas por fermentación en la proporción adecuada y componiendo la mezcla final o la solución en agua que simule al producto animal. En el caso de la carne o el pescado la cuestión se complica al tener que conseguir un producto con

una textura determinada. En estos casos, hasta ahora la fermentación se está utilizando más bien como un complemento de los cultivos celulares, bien para obtener los nutrientes o compuestos necesarios para la multiplicación y el crecimiento celular *in vitro*, o bien para obtener moléculas que se pueden añadir a la masa tisular para mejorar la apariencia o las características organolépticas del producto de laboratorio. Por ejemplo, se ha utilizado para obtener colágeno o el grupo prostético hemo, que pueden añadirse a la masa obtenida por cultivo celular para aportar la textura y el color con los que puede conseguirse un mejor sucedáneo de la carne. Un aspecto interesante es que, en teoría, puede conseguirse una composición idéntica a la del producto (leche o huevo) que pretende obtenerse; pero también podría formularse una composición a la carta ya que, como dicho producto se constituye a partir de cada uno de los ingredientes, en la elaboración se puede decidir excluir algún componente del que se sabe que puede no ser beneficioso para la salud, o incluir un complemento alimenticio con ciertas propiedades funcionales que, aunque no presente de forma natural en ese alimento, pueda haberse obtenido por fermentación y ser incorporado al producto final.

Aunque los procesos metabólicos microbianos son, aparentemente, más simples y versátiles que los que ocurren en las células animales o vegetales, no debe olvidarse que, como cualquier ser vivo, es preciso que estos organismos unicelulares dispongan de energía y nutrientes para poder realizar las reacciones bioquímicas a partir de las que se obtiene el producto. Una empresa biotecnológica ha divulgado que ya ha logrado una fermentación industrial controlada con microorganismos autótrofos, capaces de sintetizar proteína a partir de dióxido de carbono e hidrógeno o agua, utilizando el amoníaco como la fuente de nitrógeno, hasta el punto de que se promociona como *air protein* (“proteína del aire”) y asegura que en el futuro será posible conseguir carne a partir del aire. Dicho así, sin más, sería una forma de producir proteína animal muy ventajosa, se obtendría un alimento de calidad para el consumo humano, utilizando recursos “renovables” y sin emisiones de gases. Al consumir CO₂ se podría incluso reducir la huella de carbono en la atmósfera. Ciertamente la biotecnología ha permitido alcanzar logros considerados quiméricos hace solo unos lustros y es difícil aventurar sus límites; pero habrá que verlo. De acuerdo con lo que se sabe en el presente, la mayoría de los microorganismos necesitan el aporte de materia orgánica para obtener energía, y casi todos los procesos de fermentación generan gases como metabolitos finales. Sirva como ejemplo las arqueas metanogénicas, solo necesitan CO₂ e H₂ para obtener energía, pero generan metano

como producto final. Por otra parte, la fermentación es un proceso industrial que se ha utilizado extensivamente en el pasado, sin ir más lejos, para la producción de antibióticos. Es de sobra conocido que estos procesos generan un volumen importante de residuos una vez que las reacciones de fermentación se han consumado y se ha agotado el medio de cultivo. Baste recordar que el uso de antibióticos como promotores del crecimiento tuvo su origen en la inclusión de estos residuos en los piensos de los animales en un intento de encontrar para ellos un aprovechamiento ventajoso, ya que su retirada de las plantas de fermentación suponía un problema económico y ambiental.

Para obtener un alimento rico en proteína animal, durante milenios se ha utilizado a todo el animal. El primer gran salto cualitativo fue pasar de capturar (caza y pesca) al animal a criarlo (ganadería) para facilitar la obtención de alimento. En este mismo momento se propone que no es necesario disponer del animal entero para obtener solo una parte comestible, argumentando que la humanidad dispone de la tecnología necesaria para producir únicamente esa parte. Se pueden cultivar sólo las células en las que se encuentra la proteína de la carne (producción celular) y ya se plantea si no sería más práctico producir directamente sólo la proteína (producción molecular). Producir proteína animal sin necesidad de un animal ya es considerado por muchos un cambio disruptivo de magnitud comparable a la del Neolítico cuando se inició la agricultura y la ganadería. No se trata de una evolución mejorando lo que ya se tiene (eso es lo que se ha venido realizando durante los últimos diez mil años), es una verdadera disrupción, un salto cualitativo que supone una nueva forma de producir y de consumir. Se habla de un nuevo proceso de domesticación, hace milenios se domesticó a los animales, en el siglo XXI se domesticará a los microorganismos para conseguir de ellos lo que la humanidad necesita. De ser así, supondría un cambio radical en la producción de alimentos tal y como se ha llevado a cabo en los últimos diez milenios, con consecuencias casi inimaginables para la humanidad.

La producción celular y molecular de proteína animal recibe en la actualidad una enorme atención mediática. En línea con el informe RethinkX, se presentan como las alternativas de futuro, la forma de terminar con todos los “males” que ha traído consigo la ganadería, especialmente en los últimos decenios. Terminará con el uso excesivo de recursos naturales para la cría de los animales y con el enorme impacto que supone para el medio ambiente. Se podrá producir en cualquier lugar, la producción no depende de que las condiciones ambientales sean más o menos favorables, así que se

puede terminar con las desigualdades geográficas; todas las regiones, más o menos favorecidas, podrán disponer de medios para producir proteína animal independientemente de su territorio o de su clima. Y se terminará con el dilema ético del consumo de carne, incluso aquellas personas con un mayor instinto carnívoro no tendrán que renunciar al consumo de carne; ahora bien, para conseguir su filete en el plato, no será necesario explotar o sacrificar a un animal. Todo son ventajas, todo son ganancias sobre el sistema convencional de producción animal. De hecho, el informe RethinkX augura un futuro nada prometedor para la producción convencional, previendo un colapso total de la ganadería en la década a iniciar en 2030 que supondrá la desaparición de la mayoría de las granjas. Sin embargo, los modelos de predicción se basan en hacer más visibles los presuntos perjuicios del modo de producción tradicional, sin un autoanálisis o evaluación de los inconvenientes que puedan estar asociados a los nuevos modelos productivos. Es de sobra conocido que detrás de estas iniciativas están algunas de las personas y empresas más poderosas e influyentes del mundo y no invertirían su dinero sin una cuidadosa previsión de riesgos. Es muy probable que no haya interés alguno en que el consumidor potencial conozca cuáles son las limitaciones o los posibles perjuicios del nuevo sistema de producción. Por ejemplo, se insiste en que esta nueva producción animal estará al alcance de cualquiera, las plantas de fermentación podrán instalarse en cualquier región del mundo, sin limitaciones por unas condiciones edáficas o climáticas más o menos favorables. Pero todo parece indicar que la tecnología está en manos de unos pocos y, aunque sea haciendo alguna conjetura, no es demasiado arriesgado augurar que muy probablemente esta industria será monopolizada por los de siempre. Es llamativo que algunos de los holdings americanos más poderosos de la industria cárnica están cambiando sus eslóganes, ya no se presentan como productores de carne, sino como productores de proteína. También es curioso encontrar publicaciones en las que se valora si estas nuevas plantas de producción no deberían localizarse en los centros más tecnológicos, con presencia en lugares tales como *Silicon Valley*. La historia reciente nos dice que estas industrias solo llegan a países menos desarrollados cuando lo que se necesita es mano de obra barata para reducir costes de producción, pero la propiedad intelectual y tecnológica y el beneficio empresarial no se desplazan con las fábricas de producción.

Con todo, la principal limitación para el desarrollo de los sistemas de producción mediante cultivo celular y fermentación es el coste. Se estima que en el año 2000 la producción de un kilo de carne cultivada era de un millón

de dólares, de unos cientos de miles en 2010 y se asegura que en 2020 ya es posible producirla por apenas cien dólares el kilo. Se han publicado varios análisis de ciclo de vida que sugieren que en un plazo de tan solo diez años podrían resolverse las cuestiones tecnológicas que limitan el desarrollo de este modo de producción y que sería entonces cuando el precio del producto obtenido podría ser incluso inferior al del que se obtiene con la cría de los animales. El informe RethinkX asegura que en la década de los años 30 será entre 5 y 10 veces más barata que la carne convencional. Aunque su elevado coste es el principal obstáculo para el desarrollo de la producción de carne y pescado cultivados, hay otros inconvenientes que no deberían ignorarse. El primero de ellos es la aceptación por parte del consumidor. Aunque presentados como casi idénticos a la carne y el pescado obtenidos de los animales, lo cierto es que será necesario un cambio de mentalidad y de hábitos para que el consumidor los acepte como un alimento apetecible y llegue a optar por ellos como sustitutivos de los que han utilizado como alimento durante milenios, obtenido de la naturaleza y no en un recipiente de vidrio. Por otra parte, el cultivo celular *in vitro* es algo mucho más complejo que mezclar unas pocas células con un caldo de nutrientes y esperar a que aparezca una masa tisular. La obtención de una cantidad suficiente de producto exigirá, muy probablemente, que sea necesario usar sustancias tales como hormonas, factores de crecimiento o compuestos antimicrobianos (para evitar contaminaciones con microorganismos) de los que podrían quedar residuos en el producto final. Será necesario evaluar si estos residuos pueden suponer un riesgo para la salud del consumidor. Tampoco se deberían olvidar los principios elementales de la química y la termodinámica, aquellos que nos recuerdan que ni la materia ni la energía se crean o se destruyen, solo se transforman. Con la producción *ex vivo* de alimentos de origen animal se puede cambiar el transformador y llegar a poder prescindir de los animales, pero es obvio que será necesario aportar reactivos y energía y se generarán productos de desecho. La escasa información de la que se dispone sobre estas alternativas potenciales para la producción de alimentos sugiere que podría evitar muchos de los problemas generados por la ganadería (superficie de tierra de cultivo, impacto ambiental, ineficiencia), pero aún no se dispone de dato alguno sobre cuáles serían los impactos económicos o ambientales de esta otra forma de transformación, especialmente si en algún momento llega a ser una forma de producción industrial a gran escala para poder satisfacer las necesidades de la humanidad.

Si nos quedamos en el instante presente (año 2021), se puede afirmar que aún no es posible obtener productos que puedan sustituir a la carne, la leche, los huevos o el pescado sin tener que criar animales y en cantidad suficiente para contribuir a la seguridad alimentaria de la población humana. No obstante, se están destinando cuantiosos recursos financieros y de investigación para conseguir que sea una realidad en un futuro no muy lejano, con predicciones muy esperanzadoras a un plazo de tan solo entre 10 y 20 años, estimándose que en 2040 el 40 % de toda la carne consumida podría ser celular o artificial y que en 2030 hasta el 90 % de la proteína láctea se obtendría mediante fermentación. De momento son muchos los que dicen que estarían dispuestos a probar este tipo de alimentos y no tantos los que se reconocen como futuros consumidores habituales. Los promotores de estas nuevas tecnologías de la producción confían en que las nuevas generaciones milénica y centúrica (posmilénica), con un menor hábito de comer lo de siempre, una mayor curiosidad por probarlo todo y un enorme interés por todo lo que sea innovador, se inclinen por este tipo de productos de laboratorio, priorizando aspectos tales como el presumiblemente menor impacto ambiental o el que no sea necesario criar y sacrificar a los animales para obtener leche o carne. Curiosamente, ambas generaciones han sido identificadas conjuntamente como la generación *P* (otra vez la letra “*p*”), de *propósito*. Según algunos sociólogos, se observa que son personas que ya no se limitan a buscar el mejor precio o la apariencia exterior en los productos que demandan y consumen, y están más concienciadas con valores tales como la sostenibilidad, el progreso social, la conservación del medio ambiente o el bienestar animal, más comprometidas con el llamado valor futuro. Tampoco sería la primera vez que se oye decir algo parecido de las generaciones más jóvenes.

En conclusión, ¿es sostenible producir y consumir proteína animal en el siglo XXI?

En la introducción ya se preveía que la cuestión del desarrollo sostenible, tanto en general como en el caso concreto de la producción animal, podía tratarse de un “un problema retorcido”. Esta es una expresión introducida en el ámbito de la planificación, como traducción de la locución inglesa “*wicked problem*”. La traducción más literal de la palabra inglesa *wicked* sería perverso; pero se ha optado por usar el adjetivo retorcido en el sentido de complejo, rebuscado, enrevesado, intrincado o inextricable. Con este térmi-

no se hace referencia a una cuestión que es difícil o imposible de resolver al incluir aspectos y elementos incompletos, contradictorios y cambiantes que, en muchos casos, son difíciles de reconocer. En la mayoría de los casos, las variables que impactan en la resolución de estos problemas no se pueden aislar, son múltiples e interdependientes y se rigen por sistemas relativamente aleatorios, poco determinísticos.

Quizá sería oportuno iniciar este análisis final examinando qué es lo que ha ocurrido con la utilización de las palabras “sostenible” o “sostenibilidad”. Apenas introducidos en el lenguaje especializado hace poco más de 30 años, en la actualidad aparecen a diario en todos los medios de comunicación y en muchas conversaciones. Es raro no leer o escuchar estas palabras varias veces al día en cada periódico o noticiario de radio o televisión. El asunto no es tanto la frecuencia con la que se utilizan ambos vocablos, como el sentido que se les quiere dar en la mayoría de las ocasiones. Casi todo puede ser sostenible y, como la sociedad ha mostrado cierta concienciación a lo que puede significar y lo interpreta como algo deseable, mejor si lo que se ofrece o promociona es sostenible. Porque, citando un reciente titular de prensa, “la sostenibilidad es un valor rentable” y, como tal, más le vale a las empresas mostrarse como inspiradoras, promotoras y valedoras del desarrollo sostenible. Así, pueden ser sostenibles una inversión o una financiación, un crédito, las pensiones de jubilación, un transporte, la comunicación, la industria, el turismo, los viajes, las vacaciones, etc., etc. (la lista sería interminable). En ese uso poco queda de los tres pilares esenciales de la sostenibilidad y de su confluencia como condición necesaria para poder considerar que hay un desarrollo sostenible. También es cierto que, en algunos ámbitos económicos, como podría ser el estrictamente financiero, el componente ambiental no tiene mucha cabida. No obstante, podrían citarse numerosos ejemplos de un uso laxo, casi burlesco, de la palabra sostenible y no me resistiré a mencionar algunos de ellos que pude escuchar durante la preparación de la lección. Es, cuando menos llamativo, que exista una Asociación de Restaurantes Sostenibles en los que “la sostenibilidad forma parte del menú”, especialmente en lo que se refiere a la calidad y el origen del producto. Aunque puede decirse que se demuestran una concienciación y una sensibilidad dignas de mención hacia algunos aspectos de la sostenibilidad (especialmente el ambiental), también es probable que el precio de algunos de los menús no sea “socialmente” asequible para una mayoría. Un anuncio publicitario aseguraba que la compra de un dispositivo electrónico contribuía a la sostenibilidad del planeta ya que la empresa plantaría un árbol por cada unidad vendida. Una de las

“grandes” noticias de la primavera pasada fue la de la superliga europea de fútbol. En el tira y afloja entre las partes interesadas, el 26 de mayo se emitió un comunicado de apenas 300 palabras en el que declaraba que el objetivo de la nueva competición no era otro que el de (cito textualmente) “seguir aumentando el interés por el fútbol y ofrecer a los aficionados el mejor espectáculo posible. Todo ello, en un marco de sostenibilidad y solidaridad”. Habría que preguntarse a qué tipo de sostenibilidad se referían. Analizando documentos más institucionales, en el publicado por el Gobierno de España en mayo de 2021 con el título *“España 2050: Fundamentos para una Estrategia Nacional de Largo Plazo”* se citan la palabras sostenible o sostenibilidad unas 230 veces, aparecen una vez cada dos páginas. Es incuestionable que el desarrollo sostenible debe ser un objetivo prioritario para el presente siglo; ahora cabe preguntarse si la probabilidad de poder alcanzarlo guarda alguna relación con el número de veces que se pronuncie la palabra. Llego a pensar que, tras comprobar cómo se está empleando coloquialmente el término, podría concluir que lo que casi seguro que no es sostenible es esta lección, entre otras cosas porque (afortunadamente) en solo cuestión de unos días habrá una actualización de muchos de los temas que aquí se han expuesto. Con todo ello solo quisiera poner de manifiesto que la banalización o el uso comercial de la expresión solo contribuyen a desvirtuar su significado y lo vacían de contenido, haciendo un flaco favor a la consecución de los objetivos planteados cuando se propuso el uso del término “desarrollo sostenible” para describir una situación y, lo que es más importante, las oportunidades para su resolución. Inicialmente el adjetivo se aplicó a un proceso de cambio (desarrollo), nada es sostenible en sí mismo, lo esencial es conseguir que la transición sea a mejor, es en ese caso cuando se puede hablar de un desarrollo sostenible. Para ello es conveniente que el cambio no se deje atrás ninguno de los componentes (o pilares) de la sostenibilidad; cuando hay una pérdida para las personas, para la prosperidad o para el planeta el desarrollo deja de ser sostenible.

Esta última cuestión nos debe hacer reflexionar sobre muchos de los mensajes que recibimos cada día sobre lo que es o deja de ser sostenible. En relación con el tema que nos ocupa, la producción y el consumo de proteína animal, es habitual que nos intenten convencer de la bondad las diferentes propuestas o alternativas para el futuro a partir de una argumentación parcial y partidista. En la mayoría de los casos sin un análisis objetivo de la propia propuesta, tan solo incidiendo en los aspectos negativos de las otras alternativas. Las debilidades de todos los sistemas de producción animal

hacen que se cuestione si es posible conseguir un desarrollo sostenible. Los sistemas intensivos desarrollados con la revolución verde tienen consecuencias ambientales ciertamente insostenibles. Además, plantean numerosas dudas sobre otras cuestiones, tales como la calidad del producto o la falta de sensibilidad y humanidad en los métodos de cría animal. Pero, tal y como se ha expuesto a lo largo de esta disertación, también aporta beneficios sociales y económicos que no deberían ignorarse. Los sistemas más extensivos son aparentemente más amigables con el ambiente y con los animales, pero también provocan un cierto impacto ambiental y se plantean interrogantes sobre si es posible producir lo suficiente para todos, al menos considerando la demanda actual. En mi opinión, el concepto de sostenibilidad surge no para calificar a los sistemas de más o menos sostenibles, sino para poder analizar la cuestión con conciencia plena, para valorar las amenazas de cada sistema e idear medidas con las que se puedan transformar los inconvenientes en oportunidades de desarrollo con beneficios para todos, minimizando las repercusiones adversas. En ese análisis también es importante revalorizar las posibles fortalezas, si la producción animal aporta un bien al hombre ¿es sensato renunciar a dicho beneficio? La ganadería tiene un impacto inevitable sobre el ambiente. Será ineludible mitigar algunos de estos efectos porque no se puede producir a cualquier precio, pero eso no significa que por ello haya que renunciar a los beneficios sociales o ambientales que puede aportar, en forma de bienes o de servicios ecosistémicos. Las demostraciones que sólo abordan una parte de la cuestión carecen de todo rigor, limitándose a emitir mensajes exagerados en forma de titulares y palabras clave y soslayando cualquier análisis global. Lo más conveniente parece ser eludir una valoración de las consecuencias de una determinada opción más allá de las que son favorables, asumiéndolas como verdades absolutas e irrefutables. En estos casos, el principal argumento suele ser que son los otros los que lo hacen mal, es necesario un cambio solo porque las otras alternativas solo generan adversidades. Hay ejemplos en todos los sentidos y puede ser oportuno mencionar algunos de ellos. La defensa a ultranza de los sistemas de producción intensivos en aras de una mayor eficiencia y prosperidad, como la única forma de conseguir suficiente alimento para todos, sin asumir que, a pesar de producir suficiente, sigue habiendo quien no puede llevar nada a la mesa o considerando que el impacto ambiental de una producción desmedida es solo un efecto colateral. La justificación de la sustitución de la proteína animal por proteína vegetal o por fuentes proteicas alternativas sin valorar sus posibles efectos sobre la salud del consumidor o sobre el medio

ambiente. Solo por ser de origen vegetal no son más saludables para quien las consume y su producción también tiene un cierto impacto ambiental, aunque sea menor que el de la ganadería. El caso del aceite de palma es un ejemplo evidente, su obtención ha provocado un efecto ambiental contraproducente y nada desdeñable, y se trata de una grasa vegetal no demasiado saludable, por mucho que los productos que se elaboran con ella lleven la etiqueta de que “no contiene ingredientes de origen animal”. En otro orden de cosas, cada vez hay una mayor oferta de los llamados productos veganos ultraprocesados (hamburguesas, salchichas, quesos de origen vegetal), cuya elaboración, para parecerse a un tipo de alimentos más atractivo para el consumidor, requiere de tal manipulación y de tales cantidades de energía y productos químicos (aditivos alimentarios) que hacen que se pierdan muchas de las propiedades nutricionales de las materias primas originales o que dicha transformación implique un consumo de recursos y una generación de residuos con un efecto ambiental poco positivo y nada despreciable. La apología de la producción ecológica, sin tener en cuenta que, sin cuestionar sus enormes beneficios potenciales, también tiene limitaciones en cuanto a la cantidad de alimento que se puede obtener, su eficiencia o su impacto ambiental. A pesar de que la producción ecológica sería la principal palanca para impulsar el consumo de producto local de temporada o de cercanía, es cada vez más frecuente encontrar en los supermercados productos con sello ecológico importados de los lugares más distantes, a pesar de que podrían producirse en la misma zona. El veganismo como alternativa para evitar el “sufrimiento” animal, sin caer en la cuenta de que el cese del consumo de alimento de origen animal terminará con el sufrimiento no porque se deje de criar animales, sino porque los animales terminarán desapareciendo. Quizá no tendría que ser así, pero la experiencia demuestra que cuando una especie o una raza de animal deja de ser útil al hombre su destino más probable es la extinción. Y lo mismo cuando se argumenta que es necesario relegar la ganadería por sus efectos medioambientales, al generar cuantiosas emisiones de GEI, sin tener en cuenta que una reducción significativa de las mismas solo será posible disminuyendo el número de animales; de otro modo seguirán liberando gases procedentes de las fermentaciones entéricas, aunque no produzcan carne o leche. Cuando solo se evalúa una cara de la moneda es mucho más fácil extraer conclusiones que si el análisis intenta interpretar toda la información como un todo. Son conclusiones más sencillas y fáciles de entender; pero sesgadas y con un interés económico manifiesto. Los movimientos ecologistas, de producción ecológica o de ve-

ganismo son legítimos, están dotados de indiscutibles argumentos y, muy probablemente, determinarán la evolución de la humanidad en las próximas décadas. Sin embargo, no es menos cierto que en ocasiones se promocionan con mensajes sesgados e incompletos en una forma de fundamentalismo que atiende solo a una parte de la historia y elude una visión holística de lo que es la producción de alimentos y su consumo por el conjunto de la población. El perjuicio real de dicho planteamiento surge cuando se hace un uso comercial de dichas tendencias, porque es entonces cuando las medias verdades se manipulan para llegar a un mayor número de clientes. Si hay quien compre esas ideas es mejor incentivarlas, sin que haya reparos para desacreditar a la posible competencia, con el único propósito de aumentar la demanda y, por tanto, la oportunidad de negocio. Muchos argumentos en contra de la producción animal surgen de este planteamiento; primero el idealismo, después el utilitarismo mercantilista, independientemente de que la primera idea fuera ajena a un interés económico. No es mi intención tomar partido por una u otra postura, sino la de manifestar que lo mejor para todos sería que la información que se haga llegar a los consumidores debería ser veraz, objetiva y contrastada, a pesar de la dificultad que supone el que haya múltiples y contrapuestos intereses económicos de las distintas partes.

Una amenaza real para los sistemas de producción ganadera sería la de ignorar los cuestionamientos que surgen desde los movimientos de conservación ambiental, protección animal o alimentación saludable. Las empresas más poderosas relacionadas con la producción de alimentos de origen animal se asientan en los países más desarrollados, donde la demanda actual (arrastrada por la de los últimos decenios) de dichos productos es muy alta. Incluso si se percibe una tendencia a un ligero descenso en dicha demanda, no hay un temor a un posible colapso del sector a corto plazo. El aumento de la población y el aumento de la demanda en los países emergentes parece garantizar la viabilidad y la rentabilidad del sector durante las próximas décadas. La mayor preocupación es el posible aumento de los costes de producción debido a las exigencias para cumplir con los requerimientos de bienestar animal, para que los sistemas sean más respetuosos con el medio ambiente, para tener que producir sin usar antibióticos o sustancias mejoradoras del rendimiento productivo o para tener que informar con mayor precisión al consumidor sobre qué es y cómo se produce lo que come. Sin embargo, es indiscutible el auge de las corrientes críticas con la producción animal (al menos con los sistemas más intensivos) o que cuestionan el consumo de los alimentos de origen animal, y el número de seguidores va en

aumento. Hay, además, algunos aspectos relacionados con dicho consumo que están cobrando una relevancia cada vez mayor. El primero de ellos es que ya se está produciendo mucho más de lo que se puede consumir, hasta el punto de que tres de cada diez kilos de alimento producido terminan en la basura. Al coste de producción de esa cantidad de alimento desperdiciada, hay que sumar el coste de su eliminación, así como el impacto ambiental que supone la generación de residuos. Sin caer en el radicalismo de la austeridad, el desperdicio de alimentos no es ni ética ni económicamente justificable. Otro aspecto relevante es que, en los países más desarrollados, se consume más carne, leche, huevos o pescado de lo que se necesita, incluso de lo que se considera saludable. Una de las pandemias no infecciosas del siglo XXI es la de la sobrealimentación con efectos cada vez más demostrados sobre la salud, y sobre la calidad y la esperanza de vida. No se trata de dirimir aquí si es mejor el chuletón poco hecho o al punto, o si debe ser de soja texturizada. No pasará nada si de vez en cuando el que así lo desee se da un festín con un chuletón de kilo y medio, y tampoco seremos menos felices si decidimos comer otro tipo de alimentos. Lo importante es que el consumo sea consciente y responsable. Es obvio que a nadie se le debe imponer qué es lo que debe o no debe comer; pero es cuestión de tiempo que haya una mayor concienciación de las personas sobre qué alimentos de origen animal pueden ser más o menos saludables según la cantidad que se consuma. Lo equilibrado mejora la salud, el exceso provoca enfermedad. Si llega ese momento es previsible un descenso del consumo. Sin la osadía de hacer predicciones de futuro más o menos agoreras, creo que sí se pueden plantear algunos interrogantes. Si no es necesario producir tanto para evitar que haya desperdicios, y si parece ser conveniente y más saludable un menor consumo de algunos alimentos, ¿no tiene sentido ajustar la producción a este escenario, aunque ello implique disminuir la cantidad de alimento a obtener y la actividad productiva del sector? Asumo que es un silogismo que va en contra del planteamiento de los sistemas económicos prevalentes en la mayoría de los países, donde no basta con tener suficiente, lo único realmente importante es crecer, de otro modo no hay beneficio. En ese contexto, una reducción gradual de la producción significaría una pérdida de rentabilidad, de sostenibilidad económica. A pesar de ello, en mi opinión es preferible una reorientación del sector que su desaparición. En el primer caso siempre es posible una adaptación a los cambios. Sin embargo, hay suficientes antecedentes que muestran que cuando cesa una actividad de este tipo es mucho más complejo empezar de nuevo y recuperar, si así fuese necesario, los sistemas productivos desmantelados.

Contemplando en su conjunto los pilares de la sostenibilidad, esa podría ser una tendencia de desarrollo sostenible, producir menos, pero con una mayor eficiencia y una gestión más racional de los recursos, obtener alimentos de mejor calidad para una mejor salud del consumidor, reducir el impacto ambiental, asegurar el bienestar de los animales. Una alternativa no exenta de ciertos riesgos, entre los que se podría destacar el que los alimentos de origen animal puedan llegar a ser bienes escasos con un precio asequible solo para una minoría, artículos de lujo solo al alcance de unos pocos.

Si se hace un análisis objetivo y global de la cuestión, no puede decirse que haya una solución definitiva e incuestionable para la sostenibilidad de la producción animal, tal y como sucede con cualquier otro problema retorcido inherente a las innovaciones que se producen con el progreso o el desarrollo. Es un asunto multifactorial, en este caso con hasta cuatro pilares o dimensiones (personas, prosperidad, planeta, plato) y lo ideal sería conciliar todas las cuestiones. Muchas veces, cuando se intenta resolver uno de los componentes, hay un efecto sobre los otros elementos del sistema, y cuando se mejora uno de los pilares (económico) es posible que se pierda algo en otro (ambiental). Cuando se asegura que hay una alternativa que lo resuelve es porque solo se mira al lado que a alguien le interesa y se ignora todo lo demás. Es habitual escuchar que el desarrollo sostenible solo será factible con sistemas intensivos más eficientes, o con sistemas extensivos más tradicionales o sustituyendo el consumo de alimentos de origen animal por el de fuentes alternativas de proteína. En todas las alternativas hay cuestiones que ponen en entredicho su sostenibilidad. Lo más probable es que la respuesta no esté en una sola de las opciones sino, más bien, en todas ellas a la vez y en su conjunto, aprovechando lo mejor que ofrece cada una de ellas. La contradicción real es la de apostar por una única opción; quizá no haya que poner todos los huevos en el mismo cesto y la alternativa óptima sea la de diversificar, aprovechar lo mejor de cada propuesta e integrar las distintas formas de producir alimentos según lo que más convenga a las personas, a las generaciones presentes y a las futuras, sin provocar daños irreparables en el medio del que se obtienen los recursos. Porque las respuestas a este tipo de cuestiones casi nunca se pueden resolver con un sí o con un no, nada es del todo verdadero o falso; en el mejor de los casos se puede llegar a considerar las ventajas y los inconvenientes de cada alternativa, intentando aproximarse a una salida que sea “buena o aceptable” para la mayoría. Tampoco será fácil determinar cuándo se va a poder resolver el asunto o si tras la aplicación de medidas ha sido verdaderamente resuelto, ya que no va a

haber pruebas de que estemos ante una solución definitiva al problema. Las consecuencias de aplicar acciones para intentar resolver una determinada cuestión pueden llevar a desvelar otro conflicto relacionado. Cuando el problema parece resuelto, se producen nuevos efectos y consecuencias que no fueron inicialmente previstos y que, en muchos casos, generarán otro problema retorcido. Es aquí donde será de especial relevancia el papel que adopten los organismos gestores (a nivel local, nacional o internacional) en la toma de decisiones. Se están adoptando numerosas medidas relacionadas con el desarrollo sostenible de la producción animal (p. ej., el Pacto Verde Europeo). Aunque es inevitable que tales medidas tengan un carácter político, cabe esperar que no sean arbitrarias o del todo interesadas y que tengan una fundamentación científica. En cualquier caso, no puede haber garantías en el acierto de las medidas, porque no siempre es posible hacer una previsión de sus consecuencias. Los incentivos de la PAC son un buen ejemplo de esta circunstancia, las ayudas concedidas en el pasado para impulsar o favorecer un determinado tipo de producción han tenido, en algunas ocasiones, un efecto contrario al inicialmente previsto. La rapidez con la que se producen los cambios en la sociedad actual complica enormemente esta situación, no siempre es posible anticiparse para prevenir equivocaciones y secuelas que solo se advierten cuando ya se han manifestado. Además, este tipo de cuestiones suelen complicarse aún más por factores o miedos emocionales que, a veces, dificultan la aplicación de medidas racionales. En este sentido, es fácil comprender que todo lo que afecta a la producción de los alimentos que consumimos es una de las cuestiones que puede provocar una mayor reacción emocional en las personas. A fin de cuentas, tenemos que comer cada día.

También es posible que, en el fondo, las barreras para un desarrollo sostenible de la producción animal no sean más que una consecuencia del sistema económico capitalista que prevalece en la sociedad actual. Un sistema basado en un crecimiento incontrolado, un consumismo hedonista, excesivo y desmedido y unas desigualdades sociales provocadas por el enriquecimiento de unos pocos a expensas de otros muchos. Si es así, habría que retomar la idea de que, en realidad, sí se trata de un problema perverso.

Asumiendo que es utópico pensar que se puede proponer una solución única, duradera y efectiva, hay algunas conclusiones que sí podemos considerar válidas y que deben tenerse en cuenta cuando se pretende afrontar una cuestión de este tipo. Son asuntos que afectan a un gran número de

personas y no puede pensarse que solo unos pocos los pueden resolver. Es preciso contar con el impacto que una actuación en beneficio de unos puede tener sobre los otros. Por ello, sería necesario que hubiera un compromiso colectivo en la resolución de estos problemas que nos afectan a todos. Son cuestiones que requieren un enfoque global y multidisciplinar. Es absurdo pensar que resolviendo una pequeña parte se va a resolver el todo y, en el peor de los casos, podemos encontrarnos con que una solución parcial puede terminar empeorando aún más la situación. Por último, tal y como está sucediendo con uno de los “problemas más perversos” que estamos viviendo en el momento actual (seguro que está en la mente de todos), el progreso en la búsqueda de alternativas a este tipo de cuestiones solo es posible a partir del conocimiento y de la ciencia, siempre que no haya más conflictos de intereses que el de conseguir el bien común.

He dicho.

Bibliografía

Sostenibilidad y desarrollo sostenible: marco conceptual

- Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Gómez Gutiérrez, C. (2016). El desarrollo sostenible: conceptos básicos, alcance y criterios para su evaluación. Página web <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/Cap3.pdf>
- Jacobs, M. (1996). *La economía verde: medio ambiente, desarrollo sostenible y la política del futuro*. Barcelona: Icaria Editorial & FUHEM, D.L.
- Kebreab, E. (2013). *Sustainable animal agriculture*. Wallingford, UK: CAB International.
- López Pardo, I. (2015). Sobre el desarrollo sostenible y la sostenibilidad: conceptualización y crítica. *Revista Barataria*, 20, 111–128. <https://doi.org/10.20932/rbcs.v0i20.16>
- Nilsson, M., Griggs, D., & Visbeck, M. (2016). Map the interactions between sustainable development goals. *Nature*, 534, 320–322.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *The future of food and agriculture. Trends and challenges*. Roma: FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Transformar la alimentación y la agricultura para alcanzar los ODS: 20 acciones interconectadas para guiar a los encargados de adoptar decisiones*. Roma: FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *FAO and the 17 Sustainable Development Goals*. FAO. Página web <http://www.fao.org/3/i4997e/i4997e.pdf>
- Pérez-Escamilla, R. (2017). Food Security and the 2015–2030 Sustainable Development Goals: From Human to Planetary Health. *Current Developments in Nutrition*, 1, e000513. <https://doi.org/10.3945/cdn.117.000513>
- Riechmann, J. (1995). Desarrollo sostenible: la lucha por la interpretación. En: *De la Economía a la Ecología* (pp. 11–36). Valladolid: Trotta.
- Scholten, M.C.Th., de Boer, I.J.M., Gremmen, B., & Lokhorst, C. (2013). Livestock Farming with Care: towards sustainable production of animal-source food. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 66, 3-5. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2013.05.009>.

- Toro Sánchez, F. J. (2007). El desarrollo sostenible: Un concepto de interés para la geografía. *Cuadernos Geográficos*, 40, 149–181. <https://doi.org/10.30827/cuad-geo.v40i0.1168>
- Yuste, V. (2017). Retos y oportunidades de la producción sostenible de alimentos. En *El sector agroalimentario: Proveedor sostenible de alimentos de calidad, saludables e innovadores*. Aranjuez: Universidad Rey Juan Carlos. Página web http://www.qcom.es/v_portal/inc/clicklink.asp?t=3&cod=65675&c=235652&s=795651060

Sostenibilidad social

- Boaitey, A., & Minegishi, K. (2020). Who are farm animal welfare conscious consumers? *British Food Journal*, 122, 3779–3796. <https://doi.org/10.1108/BFJ-08-2019-0634>
- Calvert, C., & Gröling, J. (2013). *Critical perspectives on animals in society*. Exeter: CPAS committee. Página web <https://ore.exeter.ac.uk/repository/bitstream/handle/10871/8582/critical-perspectives-on-animals-in-society-2012-conference-proceedings.pdf>
- Elmadfa, I., & Meyer, A. L. (2017). Animal proteins as important contributors to a healthy human diet. *Annual Review of Animal Biosciences*, 5, 111–131. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022516-022943>
- Garas, L. C., Murray, J. D., & Maga, E. A. (2015). Genetically engineered livestock: ethical use for food and medical models. *Annual Review of Animal Biosciences*, 3, 559–575. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-110739>
- Leroy, F., Hite, A. H., & Gregorini, P. (2020). Livestock in evolving foodscapes and thoughtscales. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, article 105. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00105>
- López, I., Arriaga, A., & Pardo, M. (2018). The social dimension of sustainable development: The everlasting forgotten? *Revista Española de Sociología*, 27, 25–41. <https://doi.org/10.22325/fes/res.2018.2>
- Martínez Rincón, C., & Cisneros Rodríguez, Á. (2002). Influencia de la alimentación en el comportamiento humano a través de la historia. *Offarm*, 21, 80–86. Página web <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13034832>
- Mellor, D. (2016). Updating animal welfare thinking: Moving beyond the “Five Freedoms” towards “A Life Worth Living.” *Animals*, 6, 21. <https://doi.org/10.3390/ani6030021>
- Milton, K. (2003). The critical role played by animal source foods in human (*Homo*) evolution. *The Journal of Nutrition*, 133, 3886S–3892S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.11.3886S>

- Murphy, K. (2012). The social pillar of sustainable development: A literature review and framework for policy analysis. *Sustainability: Science, Practice, and Policy*, 8, 15–29. <https://doi.org/10.1080/15487733.2012.11908081>
- Murphy, S. P., & Allen, L. H. (2003). Nutritional importance of animal source foods. *The Journal of Nutrition*, 133, 3932S-3935S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.11.3932S>
- Otte, J., & Upton, M. (2005). *Poverty and livestock agriculture*. FAO & University of Reading (UK). Página web <http://www.fao.org/3/a-bp333e.pdf>
- Polloni, B., & Catalán, L. (2017). The bioethical dimension of the Sustainable Development Goals (SDGs). *Revista de Bioética y Derecho*, 107–119. Página web <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=78354511009>
- Rossi, J., & Garner, S. A. (2014). Industrial farm animal production: a comprehensive moral critique. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 27, 479–522. <https://doi.org/10.1007/s10806-014-9497-8>
- Ryschawy, J., Disenhaus, C., Bertrand, S., Allaire, G., Aznar, O., Plantureux, S., ... Tichit, M. (2017). Assessing multiple goods and services derived from livestock farming on a nation-wide gradient. *Animal*, 11, 1861–1872. <https://doi.org/10.1017/S1751731117000829>
- Ryschawy, J., Dumont, B., Therond, O., Donnars, C., Hendrickson, J., Benoit, M., & Duru, M. (2019). Review: An integrated graphical tool for analysing impacts and services provided by livestock farming. *Animal*, 13, 1760–1772. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000351>
- Sapkota, A. R., Lefferts, L. Y., McKenzie, S., & Walker, P. (2007). What do we feed to food-production animals? A review of animal feed ingredients and their potential impacts on human health. *Environmental Health Perspectives*, 115, 663–670. <https://doi.org/10.1289/ehp.9760>
- Silbergeld, E. K., Graham, J., & Price, L. B. (2008). Industrial food animal production, antimicrobial resistance, and human health. *Annual Review of Public Health*, 29, 151–169. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090904>
- Tarazona, A. M., Ceballos, M. C., & Broom, D. M. (2019). Human Relationships with Domestic and Other Animals: One Health, One Welfare, One Biology. *Animals*, 10, 43. <https://doi.org/10.3390/ani10010043>
- Weir, C. E. (1976). Overview of the role of animal products in human nutrition. En: *Fat Content and Composition of Animal Products* (pp. 5–23). Washington: National Academy of Sciences.
- Zárate, J. F. (2019). La ética de la alimentación en las sociedades actuales: crítica a la industrialización de los animales. En: *MIRÍADAS. Oportunidades y retos en la bioética contemporánea* (pp. 191–215). Monterrey, México: Tecnológico de Monterrey & Fondo Editorial de Nuevo León.

Sostenibilidad económica

- Animal Task Force & EAAP. (2016). Animal production the Key in a European sustainable circular Bioeconomy. En: *EAAP Annual Meeting*. Belfast: EAAP.
- Britt, J. H., Cushman, R. A., Dechow, C. D., Dobson, H., Humblot, P., Hutjens, M. F., ... Stevenson, J. S. (2018). Invited review: Learning from the future—A vision for dairy farms and cows in 2067. *Journal of Dairy Science*, 101, 3722–3741. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14025>
- FAOSTAT. (2010). Food and agriculture data. Página web <http://www.fao.org/faostat/en/>
- Flachowsky, G. (2002). Efficiency of energy and nutrient use in the production of edible protein of animal origin. *Journal of Applied Animal Research*, 22, 24. <https://doi.org/10.1080/09712119.2002.9706374>
- Greenwood, P. L., Gardner, G. E., & Ferguson, D. M. (2018). Current situation and future prospects for the Australian beef industry — A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31, 992–1006. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0090>
- Harris, D. L. (1998). Livestock improvement: art, science, or industry? *Journal of Animal Science*, 76, 2294–2302. <https://doi.org/10.2527/1998.7692294x>
- Kirkegaard, J. A., Conyers, M. K., Hunt, J. R., Kirkby, C. A., Watt, M., & Rebetzke, G. J. (2014). Sense and nonsense in conservation agriculture: Principles, pragmatism and productivity in Australian mixed farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 187, 133–145. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.011>
- Lebacqz, T., Baret, P. V., & Stilmant, D. (2013). Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 311–327. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0121-x>
- Michaličková, M., Krupová, Z., Krupa, E., & Zavadilová, L. (2016). Economic weights as a tool for sustainable livestock farming. En: *The Agri-Food Value Chain: Challenges for Natural Resources Management and Society* (pp. 137–143). Slovak University of Agriculture in Nitra. <https://doi.org/10.15414/isd2016.s2.05>
- Nastic, L., Markovic, T., & Ivanovic, S. (2017). Economic efficiency of extensive livestock production in the European Union. *Ekonomika Poljoprivrede*, 64, 1219–1230. <https://doi.org/10.5937/ekopolj1703219n>

- Neethirajan, S. (2020). The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 29, 100367. <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2020.100367>
- Patience, J. F., Rossoni-Serão, M. C., & Gutiérrez, N. A. (2015). A review of feed efficiency in swine: biology and application. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6, 33. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0031-2>
- Peyraud, J., & Macleod, M. (2020). *Study on Future of EU livestock: how to contribute to a sustainable agricultural sector?* Página web https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/cmef/farmers-and-farming/future-eu-livestock-how-contribute-sustainable-agricultural-sector_en
- Pulina, G., Milán, M. J., Lavín, M. P., Theodoridis, A., Morin, E., Capote, J., ... Caja, G. (2018). Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *Journal of Dairy Science*, 101, 6715–6729. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14015>
- Spangenberg, J. H. (2005). Economic sustainability of the economy: concepts and indicators. *International Journal of Sustainable Development*, 8, 47-64. <https://doi.org/10.1504/IJSD.2005.007374>
- Tolkamp, B., Wall, E., Roehe, R., Newbold, J., & Zaralis, K. (2010). Review of nutrient efficiency in different breeds of farm livestock. *Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK (Project Number IF0183)*, 1–105.
- Zuidhof, M. J., Schneider, B. L., Carney, V. L., Korver, D. R., & Robinson, F. E. (2014). Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. *Poultry Science*, 93, 2970–2982. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-04291>

Sostenibilidad ambiental

- Arús, P. (2019). La agricultura del futuro: Ciencia y tecnología para el desarrollo agrícola sostenible. *Métode Science Studies Journal*, 24, 65–71. <https://doi.org/10.7203/metode.9.12546>
- Berndt, A., Abdalla, A. L., & Pereira, L. G. R. (2020). Greenhouse gases in animal agriculture: Science supporting practices. *Animal*, 14, 425–426. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001810>
- Broom, D. M., Galindo, F. A., & Murgueitio, E. (2013). Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1771). <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2025>

- Calsamiglia, S. (2012). Contribución del rumiante a la producción de gases de efecto invernadero, 3–14. XXVIII Curso de Especialización FEDNA. Página web http://fundacionfedna.org/sites/default/files/12Cap_I.pdf
- Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. (2014). *Ecosystem services provided by livestock species and breeds, with special consideration to the contributions of small-scale livestock keepers and pastoralists*. Roma: FAO.
- Conant, R. T. (2010). *Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems. A technical report on grassland management and climate change mitigation. Integrated Crop Management (Vol. 9)*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- European Commission. (2018). *Agriculture and environment*. Página web https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/agriculture-environment_en.pdf
- Herrero, M., Gerber, P., Vellinga, T., Garnett, T., Leip, A., Opio, C., ... McAllister, T. A. (2011). Livestock and greenhouse gas emissions: The importance of getting the numbers right. *Animal Feed Science and Technology*, 166–167, 779–782. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.083>
- Herrero, M., Thornton, P. K., Gerber, P., & Reid, R. S. (2009). Livestock, livelihoods and the environment: understanding the trade-offs. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1, 111–120. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2009.10.003>
- Herrero, M., Wirsenius, S., Henderson, B., Rigolot, C., Thornton, P., Havlík, P., ... Gerber, P. (2015). Livestock and the environment: What have we learned in the past decade? *Annual Review of Environment and Resources*, 40, 177–202. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-031113-093503>
- Hilborn, R., Banobi, J., Hall, S. J., Pucylowski, T., & Walsworth, T. E. (2018). The environmental cost of animal source foods. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16, 329–335. <https://doi.org/10.1002/fee.1822>
- Horrigan, L., Lawrence, R. S., & Walker, P. (2002). How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environmental Health Perspectives*, 110, 445–456. <https://doi.org/10.1289/ehp.02110445>
- Leinonen, I. (2019). Achieving environmentally sustainable livestock production. *Sustainability (Switzerland)*, 11. <https://doi.org/10.3390/su11010246>
- Massé, J., Gerber, P. J., Halpern, C., & Baedeker, T. (2020). Review: Climate Finance readiness of the animal protein sector: overview of experience in linking the sector to Climate Finance, and options to address bottlenecks. *Animal*, 14, s491–s499. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001755>
- National Academy of Sciences. (2021). *The Challenge of Feeding the World Sustainably: Summary of the US-UK Scientific Forum on Sustainable Agriculture*. Washington, D.C.: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/26007>

- OCDE. (2019). *Trends and Drivers of Agri-environmental Performance in OECD Countries*. París: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b59b1142-en>
- OCDE. (2021). Agri-environmental indicators database. Página web <http://www.oecd.org/agriculture/topics/agriculture-and-the-environment/>
- Opio, C., Gerber, P., Mottet, A., Falcucci, A., Tempio, G., MacLeod, M., ... Steinfeld, H. (2013). *Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – A global life cycle assessment*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Pieper, M., Michalke, A., & Gaugler, T. (2020). Calculation of external climate costs for food highlights inadequate pricing of animal products. *Nature Communications*, 11, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19474-6>
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>
- Rotz, A. (2020). Environmental sustainability of livestock production. *Meat and Muscle Biology*, 4(2). <https://doi.org/10.22175/mmb.11103>
- UNFCCC. (2020). Greenhouse gas inventory database. Página web https://di.unfccc.int/ghg_profile_annex1

Sostenibilidad de los sistemas ganaderos

- Bellet, C., & Rushton, J. (2019). World food security, globalisation and animal farming: unlocking dominant paradigms of animal health science. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, 38, 383–393. <https://doi.org/10.20506/rst.38.2.2993>
- Doménech, J. (2013). Ganadería ligada a la tierra. *Cuaderno de Campo*, 52, 12–18.
- Dumont, B., & Bernués, A. (2014). Agroecology for producing goods and services in sustainable animal farming systems. *Animal*, 8, 1201–1203. <https://doi.org/10.1017/S1751731114001554>
- Dumont, B., Fortun-Lamothe, L., Jouven, M., Thomas, M., & Tichit, M. (2013). Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal*, 7, 1028–1043. <https://doi.org/10.1017/S1751731112002418>
- Dumont, B., Groot, J. C. J., & Tichit, M. (2018). Review: Make ruminants green again - how can sustainable intensification and agroecology converge for a better future? *Animal*, 12(s2), S210-S219. doi:10.1017/S1751731118001350
- Eisler, M. C., Lee, M. R. F., Tarlton, J. F., & Martin, G. B. (2014). Steps to sustainable livestock. *Nature*, 507(7490), 32–34. <https://doi.org/10.1038/507032a>
- Fardet, A., & Rock, E. (2020). Ultra-processed foods and food system sustainability: what are the links? *Sustainability*, 12, 6280. <https://doi.org/10.3390/su12156280>

- Fundación Entretantos. (2018). *La ganadería extensiva, una actividad esencial para nuestra alimentación*. Valladolid: Fundación Entretantos.
- Gilbert, W., Thomas, L. F., Coyne, L., & Rushton, J. (2021). Review: Mitigating the risks posed by intensification in livestock production: the examples of antimicrobial resistance and zoonoses. *Animal*, 15, 100123. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100123>
- González Pérez, V., & Zreik, C. (n.d.). *Dossier informativo: Ganadería ecológica en España. "Ganadería ecológica: suma biodiversidad y resta incendios."* Valencia: Sociedad Española de Agricultura Ecológica, Sociedad Española de Agroecología. Página web <https://federacioncriadoresmajorera.files.wordpress.com/2014/07/dossier-ganaderc3ada-ecolc3b3gica.pdf>
- Horrillo, A., Gaspar, P., & Escribano, M. (2020). Organic farming as a strategy to reduce carbon footprint in Dehesa agroecosystems: A case study comparing different livestock products. *Animals*, 10, 162. <https://doi.org/10.3390/ani10010162>
- Lovarelli, D., Bacenetti, J., & Guarino, M. (2020). A review on dairy cattle farming: Is precision livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production? *Journal of Cleaner Production*, 262, 121409. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121409>
- Martin, G., Barth, K., Benoit, M., Brock, C., Destruel, M., Dumont, B., ... Primi, R. (2020). Potential of multi-species livestock farming to improve the sustainability of livestock farms: A review. *Agricultural Systems*, 181, 102821. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102821>
- Mench, J. A., Swanson, J. C., & Arnot, C. (2016). The coalition for sustainable egg supply: A unique public-private partnership for conducting research on the sustainability of animal housing systems using a multistakeholder approach. *Journal of Animal Science*, 94, 1296–1308. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9680>
- Mottet, A., Teillard, F., Boettcher, P., Besi, G. De, & Besbes, B. (2018). Review: Domestic herbivores and food security: Current contribution, trends and challenges for a sustainable development. *Animal*, 12(s2), S188–S198. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002215>
- National Academies of Sciences, E., & Medicine. (2019). *Science breakthroughs to advance food and agricultural research by 2030*. Washington, D.C.: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25059>
- Odintsov Vaintrub, M., Levit, H., Chincarini, M., Fusaro, I., Giammarco, M., & Vignola, G. (2021). Review: Precision livestock farming, automats and new technologies: possible applications in extensive dairy sheep farming. *Animal*, 15, 100143. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100143>
- Oltjen, J. W., & Beckett, J. L. (2013). Role of ruminant livestock in sustainable agricultural systems. *Journal of Animal Science*, 1406–1409.

- Rosati, A., Borek, R., & Canali, S. (2021). Agroforestry and organic agriculture. *Agroforestry Systems*, 95, 805–821. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00559-6>
- van Hertem, T., Lague, S., Rooijackers, L., & Vranken, E. (2016). Towards a sustainable meat production with Precision Livestock Farming. *International Journal of Food System Dynamics, Proceedings in System Dynamics and Innovation in Food Networks 2016*, 357–362. <https://doi.org/10.18461/pfsd.2016.1638>
- Van Wageningen, C.P.A., de Haas, Y., Hogeveen, H., van Krimpen, M.M., Meuwissen, M.P.M., van Middelaar, C.E., & Rodenburg, T.B. (2016). Sustainability of livestock production systems; Comparing conventional and organic livestock husbandry- Report 2016-035. Wageningen: Wageningen University & Research. 124 pp.

Sostenibilidad alimentaria

- Bouvard, V., Loomis, D., Guyton, K. Z., Grosse, Y., Ghissassi, F. El, Benbrahim-Tallaa, L., ... Wu, K. (2015). Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *The Lancet Oncology*, 16, 1599–1600. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(15\)00444-1](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(15)00444-1)
- Celi, P., Cowieson, A. J., Fru-Nji, F., Steinert, R. E., Klünter, A. M., & Verlhac, V. (2017). Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: New opportunities for sustainable animal production. *Animal Feed Science and Technology*, 234, 88–100. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.09.012>
- Christudas, S., Devaraj, R. D., & Xu, B. (2020). Different impacts of plant proteins and animal proteins on human health through altering gut microbiota. *Functional Foods in Health and Disease*, 10, 228–241. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v10i5.699>
- Damiani, M., Pastorello, T., Carlesso, A., Tesser, S., & Semenzin, E. (2021). Quantifying environmental implications of surplus food redistribution to reduce food waste. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125813. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125813>
- Drewnowski, A. (2018). Measures and metrics of sustainable diets with a focus on milk, yogurt, and dairy products. *Nutrition Reviews*, 76, 21–28. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux063>
- Drewnowski, A., Finley, J., Hess, J. M., Ingram, J., Miller, G., & Peters, C. (2020). Toward healthy diets from sustainable food systems. *Current Developments in Nutrition*, 4, 1–12. <https://doi.org/10.1093/CDN/NZAA083>
- FAO. (n.d.). Health hazards associated with animal feed. Página web <http://www.fao.org/3/i1379e/i1379e01.pdf>
- FAO, & OMS. (2020). *Dietas saludables sostenibles: principios rectores. Dietas saludables sostenibles*. Roma: FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca6640es>

- Gómez-Donoso, C., Martínez-González, M. A., & Bes-Rastrollo, M. (2020). Disentangling nutrition facts from fiction: Towards healthy and sustainable consumption in industrialized societies. *Mètode Science Studies Journal*, 11, 49–55. <https://doi.org/10.7203/metode.11.16202>
- Gutiérrez, J. B. (2001). Alimentos para la salud. *Arbor*, 168, 1–29. <https://doi.org/10.3989/arbor.2001.i661.820>
- Heredia, N., & García, S. (2018). Animals as sources of food-borne pathogens: A review. *Animal Nutrition*, 4, 250–255. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.04.006>
- Larsen, C. S. (2003). Animal source foods and human health during evolution. *The Journal of Nutrition*, 133, 3893S–3897S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.11.3893S>
- McMichael, A. J., Powles, J. W., Butler, C. D., & Uauy, R. (2007). Food, livestock production, energy, climate change, and health. *Lancet*, 370(9594), 1253–1263. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61256-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61256-2)
- Nestle, M. (1999). Animal vs. plant foods in human diets and health: is the historical record unequivocal? *Proceedings of the Nutrition Society*, 58, 211–218. <https://doi.org/10.1017/s0029665199000300>
- Schönfeldt, H. C., Pretorius, B., & Hall, N. (2013). The impact of animal source food products on human nutrition and health. *South African Journal of Animal Sciences*, 43, 394–412. <https://doi.org/10.4314/sajas.v43i3.11>
- Swinburn, B. A., Kraak, V. I., Allender, S., Atkins, V. J., Baker, P. I., Bogard, J. R., ... Dietz, W. H. (2019). The global syndemic of obesity, undernutrition, and climate change: The Lancet Commission report. *The Lancet*, 393(10173), 791–846. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32822-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32822-8)
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., ... Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)

Alternativas a la proteína animal

- Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Dias, C., Finnigan, J., Moran, D., & Rounsevell, M. D. A. (2017). Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global Food Security*, 15, 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001>
- Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Pinstrup-Andersen, P., Merino, G., Hemre, G. I., & Williams, M. (2015). Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu. *Food Security*, 7, 261–274. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0427-z>
- Benzertiha, A., Kierończyk, B., Rawski, M., Mikołajczak, Z., Urbański, A., Nogowski, L., & Józefiak, D. (2020). Insect fat in animal nutrition – A review. *Annals of Animal Science*, 20, 1217–1240. <https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0076>

- Bessa, L. W., Pieterse, E., Sigge, G., & Hoffman, L. C. (2020). Insects as human food; from farm to fork. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *100*, 5017–5022. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8860>
- Ciani, M., Lippolis, A., Fava, F., Rodolfi, L., Nicolai, A., & Tredici, M. R. (2021). Microbes: Food for the future. *Foods*, *10*, 971. <https://doi.org/10.3390/foods10050971>
- Dagevos, H. (2021). A literature review of consumer research on edible insects: recent evidence and new vistas from 2019 studies. *Journal of Insects as Food and Feed*, *7*, 249–259. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0052>
- Fu, Y., Chen, T., Chen, S. H. Y., Liu, B., Sun, P., Sun, H., & Chen, F. (2021). The potentials and challenges of using microalgae as an ingredient to produce meat analogues. *Trends in Food Science & Technology*, *112*, 188–200. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.050>
- Grossmann, L., & Weiss, J. (2021). Alternative protein sources as technofunctional food ingredients. *Annual Review of Food Science and Technology*, *12*, 93–117. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-062520-093642>
- Hong, T. K., Shin, D. M., Choi, J., Do, J. T., & Han, S. G. (2021). Current issues and technical advances in cultured meat production: A review. *Food Science of Animal Resources*, *41*, 335–372. <https://doi.org/10.5851/KOSFA.2021.E14>
- Ismail, I., Hwang, Y.-H., & Joo, S.-T. (2020). Meat analog as future food: a review. *Journal of Animal Science and Technology*, *62*, 111–120. <https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.2.111>
- Lee, H. J., Yong, H. I., Kim, M., Choi, Y.-S., & Jo, C. (2020). Status of meat alternatives and their potential role in the future meat market — A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *33*, 1533–1543. <https://doi.org/10.5713/ajas.20.0419>
- McClements, D. J., & Grossmann, L. (2021). A brief review of the science behind the design of healthy and sustainable plant-based foods. *NPJ Science of Food*, *5*(1), 17. <https://doi.org/10.1038/s41538-021-00099-y>
- McKee, L. H., & Latner, T. A. (2000). Underutilized sources of dietary fiber: A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, *55*, 285–304. <https://doi.org/10.1023/A:1008144310986>
- Onwezen, M. C., Bouwman, E. P., Reinders, M. J., & Dagevos, H. (2021). A systematic review on consumer acceptance of alternative proteins: Pulses, algae, insects, plant-based meat alternatives, and cultured meat. *Appetite*, *159*, 105058. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.105058>
- Pander, B., Mortimer, Z., Woods, C., McGregor, C., Dempster, A., Thomas, L., ... Krabben, P. (2020). Hydrogen oxidising bacteria for production of single-cell protein and other food and feed ingredients. *Engineering Biology*, *4*, 21–24. <https://doi.org/10.1049/enb.2020.0005>

- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. (2015). Insect-based protein sources and their potential for human consumption: Nutritional composition and processing. *Animal Frontiers*, 5, 20–24. <https://doi.org/10.2527/af.2015-0015>
- Thavamani, A., Sferra, T. J., & Sankararaman, S. (2020). Meet the meat alternatives: the value of alternative protein sources. *Current Nutrition Reports*, 9, 346–355. <https://doi.org/10.1007/s13668-020-00341-1>
- Tubb, C., & Seba, T. (2021). Rethinking food and agriculture 2020-2030: The second domestication of plants and animals, the disruption of the cow, and the collapse of industrial livestock farming. *Industrial Biotechnology*, 17, 57–72. <https://doi.org/10.1089/ind.2021.29240.ctu>
- Watson, E. (2019). By 2030, the US dairy and cattle industry will have collapsed,' predicts Think Tank. Página web https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2019/09/17/By-2030-the-US-dairy-and-cattle-industry-will-have-collapsed-predicts-RethinkX/?utm_source=Newsletter_SponsoredSpecial&utm_medium=email&utm_campaign=Newsletter%2BSponsoredSpecial&c=Jh%2B9P%2FDNbahMZ19sR
- Williams, R. A. (2021). opportunities and challenges for the introduction of new food proteins. *Annual Review of Food Science and Technology*, 12, 75–91. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-061220-012838>

**Lección Inaugural del Curso Académico
2021-2022
Campus de León**



SERVICIO
DE PUBLICACIONES
UNIVERSIDAD DE LEÓN

ISBN: 978-84-18490-33-0



9 788418 490330