

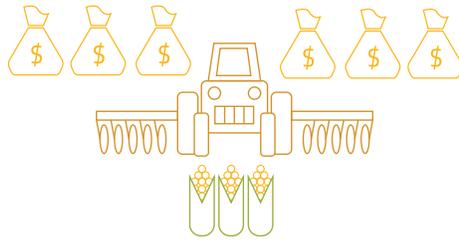
SEGURIDAD ALIMENTARIA Y AGRICULTURA

La agricultura y la ganadería cubren más de un tercio de la superficie terrestre del mundo y eclipsan todos los demás usos de la tierra. La intensificación, impulsada por un sistema alimentario lucrativo pero en gran medida ineficiente, ha incrementado la producción. Sin embargo, también ha alterado los paisajes culturales con un pasado milenario y ha acelerado la degradación de la tierra y el suelo, la escasez de agua y la contaminación. La expansión agrícola está precipitando la pérdida de especies y hábitats naturales. A pesar de los aumentos en la producción de alimentos, ahora experimentamos una inseguridad alimentaria generalizada en lo que debería ser un mundo de abundancia.

Ya existen alternativas probadas y rentables para minimizar estos impactos. En general, la agricultura debe integrarse mejor con otros sectores de uso de la tierra. La producción de alimentos precisa unos enfoques multifuncionales y reconocer que la tierra proporciona muchos otros servicios vitales. Algunos elementos claves incluyen el aumento de la productividad y los valores nutricionales de una determinada superficie de tierra, la reducción de impactos aguas abajo o externos sobre el medio ambiente, la promoción de más producción local y menos dietas que impliquen un uso intensivo de tierra y, por último, la reducción del desperdicio de alimentos.

Figura 7.1:
Presiones contrapuestas
sobre las tierras agrícolas

1. Malas prácticas de gestión



Durante las pasadas décadas, las prácticas de gestión agrícola de los países desarrollados han dado prioridad a la producción por encima de la sostenibilidad y la resiliencia

3. Cambios en la dieta

La producción de ganado precisa un 45% de los cereales de todo el mundo, que supone el uso de un 25% de toda la superficie de la tierra



La reducción del consumo medio de carne de 100 g a 90 g por persona y día supondría un impacto importante tanto en la salud humana como en la mitigación del cambio climático

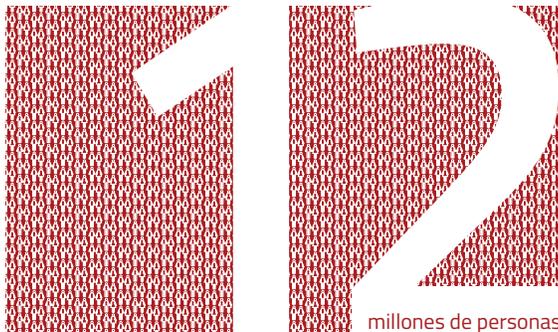


Pero representa sólo el 17% de la ingesta humana de energía



5. Acaparamiento de tierras

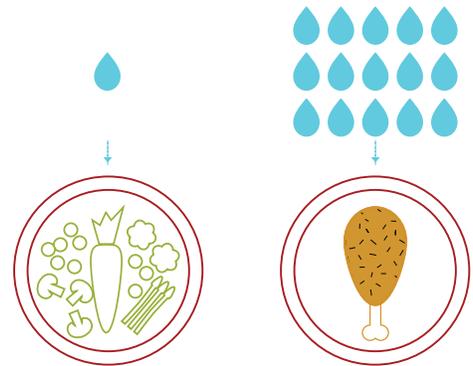
Ha conducido a la pérdida de ingresos en los hogares de



2. Demanda y desperdicio de alimentos

Una dieta basada en vegetales precisa ~1 m³ diario de agua

Una dieta basada en carne precisa ~15 m³ diarios de agua



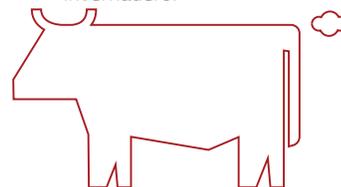
4. Competencia entre usos de la tierra



Los ecosistemas naturales se están convirtiendo en zonas para otros usos de la tierra



Responsabilidad del sector ganadero en cuanto a las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero:



6. Cambio climático

INTRODUCCIÓN

El mayor uso que se da a la tierra es la agricultura: cubre más de un tercio de la superficie terrestre del mundo, sin incluir Groenlandia y la Antártida. Gran parte de las mejores tierras ya están cultivadas y la mayoría de las que aún quedan libres son demasiado altas, empinadas, someras, secas o frías como para producir alimentos.¹ La cantidad y calidad de la tierra disponible para producir alimentos está sometida a la presión que ejercen consumidores, productores y gobiernos con sus decisiones y demandas. Las presiones más significativas sobre los recursos de tierra utilizados para la producción de alimentos incluyen:

- 1. Malas prácticas de gestión** que generan rendimientos bajos, sobre todo debido a deficiencias en el uso de recursos relacionadas con el riego, los fertilizantes, la ganadería, la selección de cultivos, etc.
- 2. Rápido incremento de la demanda y del desperdicio de** alimentos debido al crecimiento demográfico, los ingresos más altos y la globalización.²
- 3. Los cambios en la dieta** promueven aún más la expansión agrícola ya que los consumidores demandan cada vez más alimentos cuya producción exige mucha tierra, especialmente los alimentos procesados y la carne.³
- 4. Los usos contrapuestos de la tierra** reducen la superficie disponible para la producción de alimentos,⁴ incluidos los relacionados con los servicios de la biodiversidad y los ecosistemas, la urbanización,⁵ las infraestructuras, el turismo, la energía, los biocombustibles⁶ y otros cultivos no alimentarios.
- 5. La apropiación de tierras** y el comercio virtual de recursos naturales menoscaban la seguridad alimentaria y nutricional, así como los derechos de los pequeños propietarios en comunidades pobres y vulnerables a la tenencia de tierras y los recursos.
- 6. El cambio climático**, que se prevé que reduzca los rendimientos de los cultivos en muchos países, lo que provocará una mayor inseguridad alimentaria.⁷

Estas y otras presiones están agotando un recurso limitado que se precipita a sus límites. La escasez de tierras es ya motivo de gran preocupación⁸ y existe un creciente consenso de que no debemos tocar los bosques y pastizales que nos quedan para así conservar su biodiversidad, reservas de carbono y otros servicios ecosistémicos básicos. Algunos hablan de un «trilema» formado por alimentos, energía y medio ambiente: los alimentos y la energía compiten por la tierra, dañando aún más al medio ambiente.⁹ La maximización de la productividad de la tierra sin menoscabar los servicios ecosistémicos asociados, a menudo denominada «intensificación sostenible», es uno de los mayores desafíos del ^{siglo} XXI.

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 2 aspira a «*poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible*», y el ODS 2.4 a «*garantizar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo*».

En 1996, la Cumbre Mundial sobre la Alimentación estableció que: «*La seguridad alimentaria existe cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfagan sus necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana*».¹⁰ Lo que también supone que el suministro de alimentos es sostenible a largo plazo y que la agricultura no menoscaba la prestación de servicios ecosistémicos ni sobrepasa los límites ecológicos.



© Neil Palmer (CIAT).

Figura 7.2: Presiones contrapuestas sobre los recursos de la tierra



1. Malas prácticas de gestión

En las últimas décadas, las prácticas de gestión agrícola en los países desarrollados han priorizado la productividad a corto plazo por encima de la resiliencia y la sostenibilidad a largo plazo. La «revolución verde» de la década de 1970 fomentó variedades de cultivos de alto rendimiento, como el arroz, que se basaban en un mayor número de insumos, principalmente fertilizantes y pesticidas químicos. Aunque se ha conseguido un aumento de la producción de alimentos muy necesario, también se ha generado una acumulación de problemas a largo plazo relacionados con la salud del suelo, la salud humana, el aumento de plagas y enfermedades en los cultivos, la contaminación externa y la pérdida de diversidad genética. Al mismo tiempo, en algunas partes del mundo que no han adoptado prácticas modernas la agricultura sigue siendo ineficiente y, además, puede obstaculizar la sostenibilidad a largo plazo del sistema de producción de alimentos.

La agricultura itinerante o de tala y quema depende del desmonte y la quema de bosques o pastizales para crear espacios para los cultivos. Tras unos años de cultivo, la productividad del suelo baja y la presión de la maleza aumenta, lo que lleva a los agricultores a desmontar otras superficies. La agricultura itinerante puede ser sostenible si solo un pequeño porcentaje del paisaje (inferior al 5 por ciento) se desmonta y, después de un periodo dado, se abandona. Sin embargo, a medida que el número de agricultores sube y el espacio va escaseando, los ciclos son cada vez más frecuentes. Lo que puede llevar a una degradación más o menos definitiva de la tierra y a una frecuente transformación de los bosques en monte bajo o pastizales de baja productividad.¹¹ Del mismo modo, una carga ganadera que supera la capacidad de carga de la tierra da lugar al sobrepastoreo y reduce la productividad de los pastizales.¹²

Aunque es difícil generalizar, parece que en las últimas décadas la agricultura en general se ha vuelto más productiva pero menos sostenible¹³ y ahora supera los límites del planeta en cuanto a agentes estresantes, como los niveles de nitrógeno en el ecosistema.¹⁴ Las malas prácticas de gestión no suelen estar motivadas por la ignorancia o la irresponsabilidad sino por presiones políticas, económicas y demográficas que no dejan mucha opción a los agricultores.

2. Demanda y desperdicio de alimentos

Cada vez hay más incertidumbres sobre la seguridad alimentaria, ya que es muy probable que en unos pocos años la demanda mundial de alimentos supere la oferta. Hoy por hoy, el mundo cuenta con tierras agrícolas más que suficientes para alimentar a su población. Sin embargo, ciertas cuestiones económicas y de distribución provocan que un gran número de personas siga sufriendo hambre y desnutrición. Si dichas cuestiones se mantienen en un futuro cercano, es probable que la demanda supere nuestra capacidad de aumentar la producción neta.¹⁵ Hay quienes sugieren que el mundo puede alimentar a 10 000 millones de personas con la actual área de tierras agrícolas.¹⁶ Otros argumentan que, incluso si el aumento anual de los rendimientos de los principales cultivos sigue las últimas tendencias, la producción de alimentos no alcanzará el incremento del 70 por ciento que se estima necesario para alimentar a 9 000 millones de personas en 2050.^{17,18,19} Además, debido al creciente consumo de proteínas animales, se prevé que la demanda de carne y de forraje para ganado basados en cultivos (especialmente cereales y soja) suba en casi un 50 por ciento para 2050.²⁰

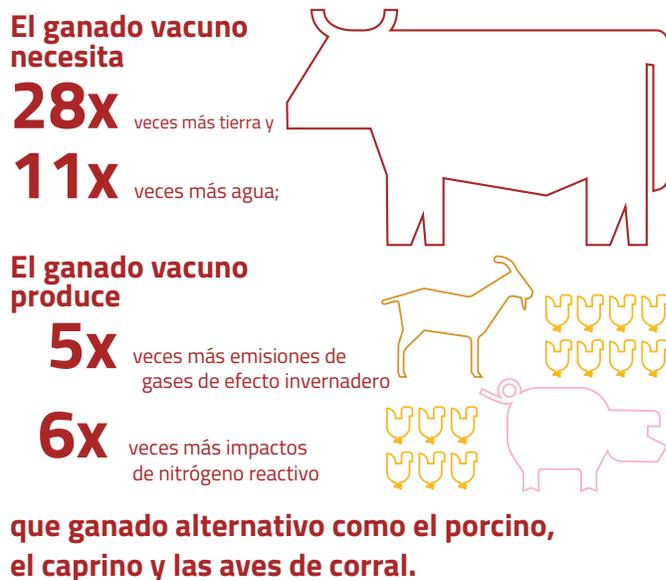


Figura 7.3: El caso de la carne de vacuno

Una razón por la que el mundo se enfrenta a presiones tan graves sobre los recursos de tierras son las alarmantes deficiencias en nuestra forma de producir y consumir alimentos. Se estima que un tercio de todos los alimentos producidos se desperdicia: el equivalente a 1,3 Gt de alimentos comestibles al año que se cultivan en 1400 millones de hectáreas de tierra (una superficie mayor que la de China). Esos desperdicios anuales de alimentos también incluyen el desperdicio de 250 km³ de agua y el derroche de 750 000 millones de dólares (el equivalente al PIB de Suiza), con una huella de carbono acumulada de 3,3 Gt anuales de CO₂ equivalente, lo que convierte al despilfarro de alimentos en el tercer mayor emisor después de Estados Unidos y China.²¹

La eliminación de los desperdicios de alimentos reduciría la necesidad prevista de aumentar la eficiencia de la producción de alimentos en un 60 por ciento para satisfacer las demandas previstas para 2050.²² Otros estudios han calculado pérdidas aún mayores y hablan del desperdicio de hasta la mitad de todos los alimentos producidos.²³ Los puntos conflictivos de desperdicio de alimentos incluyen las partes industrializadas de Asia, donde principalmente se desperdician cereales, frutas y verduras; Europa, frutas y hortalizas; y América Latina, frutas. Además, las regiones con una renta alta desperdician más de dos tercios de la carne que se produce.²⁴

Los impulsores del desperdicio de alimentos varían: en los países pobres, el principal factor es la falta de capacidad para almacenar y transportar alimentos en las primeras etapas del proceso, mientras que en los países ricos las causas más importantes son las decisiones por razones de marketing de los comercios minoristas, el despilfarro por parte de los consumidores y las deficiencias de la producción en masa hacia el final de la cadena de suministro de alimentos. En 2005, se estimó que entre el 25 y el 50 por ciento del valor económico total de

los alimentos se perdía en las etapas de transporte y almacenamiento debido a una reducción de la calidad.²⁵

La combinación de la falta de transporte refrigerado, las malas carreteras y las inclemencias del tiempo generan grandes cantidades de desperdicios de alimentos en muchos países tropicales. Por otro lado, el almacenamiento deficiente es un importante factor que contribuye al deterioro en muchos países de la antigua Unión Soviética, como Ucrania.²⁶ En China, alrededor del 8 por ciento del grano se pierde en la etapa de almacenamiento, el 2,6 por ciento en la elaboración y el 3 por ciento en la distribución; un total combinado anual de 35 millones de toneladas.²⁷ En muchos países desarrollados, los desperdicios de alimentos por parte de comercios y consumidores se ven exacerbados por el rechazo de las frutas y hortalizas deformadas o manchadas, pero perfectamente comestibles, las fechas de consumo preferentemente cortas y las ofertas de muchos productos que fomentan la sobrecompra. En los Estados Unidos, cada año se desperdician unos 70 millones de toneladas de alimentos comestibles.²⁸ Con casi 1000 millones de personas consideradas obesas, algunos piensan que hoy en día el consumo excesivo de alimentos también es una forma de desperdiciar comida.²⁹

3. Cambios en la dieta

La escasez de tierras y la inseguridad alimentaria se agravan debido a la creciente demanda de carne y otros alimentos de uso intensivo de la tierra, como los alimentos procesados con soja y aceite de palma, que son una manera ineficaz y poco saludable de atender las necesidades nutricionales humanas. El consumo mundial de carne prácticamente se ha duplicado desde la década de 1960³⁰ y su producción exige alrededor de cinco veces más tierra por unidad de valor nutricional que su equivalente en vegetales.³¹ En el último medio siglo, la producción de productos de origen animal ha protagonizado el cambio, la expansión y la intensificación del uso de las tierras agrícolas.³² Existen desproporciones similares con respecto al uso del agua: el uso medio de agua para el maíz, el trigo y el arroz descascarillado es de 900, 1300 y 3000 m³ por tonelada, respectivamente, mientras que para el pollo, el cerdo y la carne de vacuno es de 3900, 4900 y 15 500 m³ por tonelada.³³

La ineficiencia en el uso de recursos y la huella ambiental de la producción ganadera son dos factores menos preocupantes si los animales pastan siempre, o muy a menudo, en zonas de vegetación natural no aptas para la producción de cultivos. En muchos casos, el ganado ayuda a mantener el hábitat semi-natural y aporta valiosas proteínas.³⁴ Los costes en cuanto a pérdida de biodiversidad y de servicios ecosistémicos aumentan enormemente si los bosques se desmontan para crear pastizales, como es el caso de muchos de los nuevos pastizales de América Latina.³⁵ Si el ganado vive en lugares cerrados o en cercados y su alimentación se basa en piensos cultivados en otros lugares, la cantidad de tierra necesaria es incluso mayor. Si bien la producción de ganadería industrial puede ser una forma económicamente eficiente de producir grandes cantidades de productos de origen animal, es una manera

Cuadro 7.1: El caso de la carne de vacuno

De todo el ganado que se cría, la carne de vacuno es de lejos la más costosa en términos de ineficiencia e impactos en el uso de la tierra y contaminación, puesto que precisa muchos más recursos que otros tipos de ganado. En promedio, la carne de vacuno requiere 28 veces más tierra y 11 veces más agua de regadío; produce cinco veces más emisiones de gases de efecto invernadero y seis veces los impactos de nitrógeno reactivo que el ganado alternativo como los cerdos y las aves de corral.⁴² No hay mucho que discutir de que reducir el consumo de carne de vacuno tendría un impacto positivo inmediato tanto en materia de seguridad alimentaria como de emisiones de gases de efecto invernadero.⁴³

La ineficiencia en la producción de carne de vacuno también genera cambios directos en el uso de la tierra. En Queensland, Australia, los desmontes y quemas forestales principalmente para habilitar pastos para el ganado vacuno promediaban entre 300,000–700,000 hectáreas por año en la década de 1990,⁴⁴ hasta que en el año 2006 se prohibió realizar más desmontes. La prohibición redujo notablemente las pérdidas de bosques, pero se flexibilizó en 2013 por la oposición de los grupos ganaderos. Aparte de la pérdida de vegetación natural, el reinicio de los desmontes continúa reduciendo dramáticamente los servicios ecosistémicos en la región. Por ejemplo, el escurrimiento superficial ha aumentado un 40% debido a la deforestación. Según el último análisis de datos de satélite (2015–16) realizado por el Sistema de Inventario Nacional Australiano, la transformación de bosques primarios y maduros para otros usos de la tierra se ha reducido en un 90% desde los niveles registrados en 1990 y ahora se sitúa en unas 56.000 hectáreas. El grado de desmonte del bosque primario ha sido relativamente constante en los últimos años (independientemente de los cambios normativos). La mayor parte de la tala forestal –alrededor del 85% en 2015– está referida a nuevos desmontes (bosque secundario) de tierras previamente despejadas. Actualmente, la regeneración de los bosques secundarios está superando la actividad de re-tala –en 2015, en términos netos, hubo un incremento neto de 225,000 hectáreas de bosques secundarios en tierras previamente despejadas para pastoreo. Aunque más del 40% del terreno de cultivo de Queensland está dedicado a la producción de alimento para ganado, todavía se requiere forraje adicional importado.⁴⁵

muy ineficiente de convertir la energía solar en alimentos densos en nutrientes para los seres humanos.

Cuando se combinan la cantidad de tierra utilizada para el pastoreo y los cultivos forrajeros, la producción pecuaria representa alrededor del 70 por ciento de las tierras agrícolas³⁶ y es quizás el factor principal de la pérdida de biodiversidad y de la reducción de los servicios de los ecosistemas. El uso de cultivos tradicionalmente consumidos solo por seres humanos para alimentar al

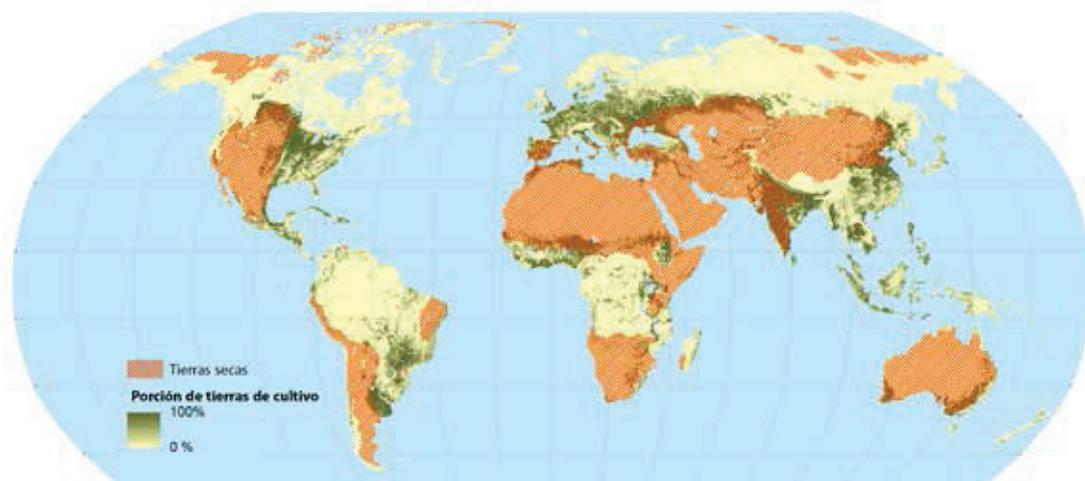
ganado, como cereales y legumbres, aumenta directamente los precios al consumidor, mina la seguridad de los alimentos locales y propicia indirectamente el cambio del uso de la tierra.³⁷

El mercado mundial de productos de origen animal está en auge. Entre 1967 y 2007, la producción de cerdo aumentó en un 294 por ciento, la de huevos en un 353 por ciento y la de carne de aves en un 711 por ciento, mientras que los costes relativos de estos productos disminuyeron en el mismo período.³⁸ Las predicciones respecto al África subsahariana indican que se triplicará el consumo de leche en 2050, particularmente en África oriental, y que el consumo de carne de aves de corral, de cerdo y huevos puede multiplicarse por seis en África occidental y por cuatro en África meridional y oriental.³⁹ Junto con los cambios de dieta asociados a mayores ingresos, los cultivos de piensos baratos (especialmente de soja) han sido un factor enorme que contribuye al aumento de la producción de carne. Hoy en día, la mayoría de cerdos y aves de corral se mantienen en interiores y dependen únicamente de una alimentación rica en proteínas y productos farmacéuticos para mejorar su crecimiento,⁴⁰ lo que aumenta las preocupaciones por la sostenibilidad, el medio ambiente y el bienestar animal. En la actualidad, el 36 por ciento de las calorías producidas por los cultivos del mundo se desvían a la alimentación animal, y solo el 12 por ciento de esas calorías contribuyen en última instancia a la dieta humana como carne y otros productos animales. Este hecho implica que casi una tercera parte del valor total de los alimentos de la producción mundial de cultivos se pierde al «procesarla» en sistemas ganaderos ineficientes.⁴¹

La producción ganadera también es una de las causas principales del cambio climático, que produce alrededor de 7,1 Gt de CO₂-eq al año, o alrededor del 14,5 por ciento de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero. La producción y el procesamiento de piensos, junto con la fermentación entérica generada por rumiantes (liberación de metano), son las dos principales fuentes de emisiones; la producción de carne de vacuno y leche de vaca aporta el 41 y el 20 por ciento de las emisiones del sector, respectivamente.⁴⁶ En la simulación de los efectos de los aumentos previstos en la producción ganadera se encontró que para 2050 las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la producción de carne, leche y huevos podrían aumentar un 39 por ciento.⁴⁷ Actualmente, el consumo medio mundial de carne es de 100 gramos por persona y día; incluso reducirlo a 90 gramos por persona y día tendría un efecto significativo tanto en la salud humana como en las emisiones de GEI.⁴⁸

En las últimas cinco décadas, las dietas humanas han tendido a un mayor consumo de alimentos procesados, que son bajos en nutrientes esenciales y contienen un alto porcentaje de azúcares refinados, aceites, sal y grasas.⁴⁹ Los factores comunes que llevan a esta situación son los alimentos más procesados, el acceso a los alimentos más baratos y el marketing agresivo de algunos de los alimentos más insanos.⁵⁰ Los principales puntos de venta de alimentos basan sus ganancias en la venta de grandes cantidades de alimentos ricos en grasa y alto contenido en proteínas que,

Figura 7.4: Los cultivos globales (area sombreada en verde) ocupan aproximadamente el 14% del terreno de la Tierra que no está cubierto de hielo⁶³



si se consumen con frecuencia, conducen a la obesidad,⁵¹ un problema que actualmente afecta a prácticamente todos los países del mundo.⁵² Sobre la base de los recientes cambios alimentarios anuales promedio y la contribución del aceite de palma y habas de soja a la producción y el consumo de aceite vegetal, este hecho llevará a la conversión de otras ~0,5 a 1,3 millones de hectáreas en plantaciones de palma aceitera y de ~5,0 a 9,3 millones de hectáreas en plantaciones de habas de soja en 2050.⁵³ Gran parte de esta expansión ocurrirá a expensas de los bosques tropicales, a menos que se apliquen normas estrictas de uso de la tierra e iniciativas de mercado para evitar la deforestación.⁵⁴

Existen costes significativos asociados a la expansión de las plantaciones de palma aceitera en los bosques tropicales de Indonesia. Esto a veces conlleva el drenaje de las turberas, que en consecuencia pueden incendiarse. Los riesgos para la salud derivados de la contaminación del aire son graves, especialmente en niños y personas mayores. Según el Banco Mundial, la interrupción de la actividad económica en 2015 costó a la economía indonesia unos 16 000 millones de dólares, más que el valor anual nacional añadido por el aceite de palma.⁵⁵ El drenaje de turbas genera una huella de carbono enorme: la reducción del nivel de agua en el sistema de praderas de turba de los Países Bajos es comparable a las emisiones medias de 2 millones de automóviles.⁵⁶

4. Usos competitivos de la tierra

La demanda de alimentos (que incluye más carne y alimentos procesados), el desarrollo urbano y de infraestructuras y los biocombustibles tendrán un efecto creciente en la disponibilidad total de la tierra. La superficie terrestre no cubierta de hielo se estima en 13 200 millones de hectáreas, de las cuales el 12 por ciento (1600 millones de hectáreas) actualmente se destina a la plantación de cultivos agrícolas, el 28 por ciento (3700 millones de ha) se encuentra bajo cubierta forestal y el 35 por ciento (4600 millones de hectáreas) está compuesto por pastizales y ecosistemas de bosques, gran parte de los cuales se usa para el pastoreo y equivale a por lo menos el doble de la tierra de cultivo.⁵⁷

El área global de tierra cultivada ha aumentado casi un 12 por ciento en las últimas décadas,⁵⁸ o 159 millones de hectáreas desde 1961, muchas de las cuales han sido convertidas a partir de ecosistemas naturales.⁵⁹ Las tierras de cultivo ocupan alrededor del 14 por ciento de la superficie total del planeta no cubierta de hielo, mientras que los pastos ocupan alrededor del 26 por ciento.⁶⁰ Alrededor del 44 por ciento del suelo agrícola del mundo se encuentra en tierras secas, principalmente en África y Asia, y suministra alrededor del 60 por ciento de la producción mundial de alimentos.⁶¹ La mayor parte de las tierras agrícolas nuevas provienen de la destrucción de bosques naturales; de 2010 a 2015, la superficie de los bosques tropicales disminuyó en 5,5 millones de hectáreas al año.⁶²

Las previsiones indican que será necesario convertir más tierras para satisfacer la demanda mundial de alimentos.⁶⁴ La futura expansión de las tierras de cultivo no se distribuirá de manera uniforme. Según una estimación, para 2050, el 55 por ciento de la expansión prevista ocurrirá en África y Oriente Medio, el 30 por ciento en América Latina y solo el 4 por ciento en Europa.⁶⁵ Los usos competitivos de la tierra con frecuencia suponen compensaciones entre las necesidades de producción (es decir, los servicios de abastecimiento) y las necesidades de la biodiversidad, los habitantes de bosques nativos y los servicios de apoyo y regulación que proporcionan los hábitats naturales.

La producción de alimentos es un factor crucial, particularmente de la pérdida de bosques tropicales,⁶⁶ donde los bosques eran la fuente primaria de tierras agrícolas nuevas a lo largo de los años ochenta y noventa,⁶⁷ y en la actualidad continúan convirtiéndose a pastos⁶⁸ y tierras de cultivo nuevas. Un análisis de los 11 frentes de deforestación más importantes halló que la agricultura era el motor principal de cambio, y habitualmente el mayor, en el uso de la tierra.⁶⁹ Además, el tipo de agricultura está cambiando de la agricultura campesina a pequeña escala a la ganadería y las plantaciones de monocultivo a gran escala.⁷⁰ La superficie plantada de habas de soja⁷¹ y

Cuadro 7.2: La rápida expansión del cultivo de soja

La soja o soya (*Glycine max*) es una leguminosa anual que se cultiva por su grano comestible. Durante las últimas décadas, la soja ha experimentado una expansión superior a la de cualquier otro cultivo mundial, lo que ha generado la transformación de bosques y otros importantes ecosistemas naturales. La soja es muy atractiva para la industria alimentaria ya que produce más proteínas por hectárea que cualquier otro cultivo importante⁹⁵ y se ha convertido en una pieza clave del suministro mundial de alimentos especialmente, en la producción de alimentos para ganado. En efecto, tres cuartas partes de la cosecha mundial se utiliza para pienso, principalmente para aves de corral y cerdos, especialmente en China.⁹⁶ La soja también se está convirtiendo en una fuente cada vez más importante de biocombustibles.⁹⁷

En los últimos 50 años, el área plantada con soja se ha multiplicado por diez, a más de 1 millón de kilómetros²: superficie total de Francia, Alemania, Bélgica y los Países Bajos juntos. Se espera que en 2016/17 se produzcan alrededor de 328 millones de

toneladas,⁹⁸ con la mayor parte de la producción procedente de Brasil, Estados Unidos, Argentina, China, India y Paraguay.⁹⁹ Como resultado de este auge global, millones de hectáreas de bosques, pastizales y sabana se han transformado directa o indirectamente.¹⁰⁰ El mayor crecimiento se ha registrado en Sudamérica, donde el área de tierra dedicada a la soja se incrementó de 17 millones de hectáreas en 1990 a 46 millones en 2010, principalmente en detrimento de los ecosistemas naturales. La transformación no siempre es directa; el terreno que primero se despeja para pastos para el ganado se utiliza después para plantar soja.¹⁰¹ Los cambios del uso del suelo también generan un notable malestar social. La producción de soja se ha relacionado con la expulsión y desplazamiento de comunidades indígenas en Argentina¹⁰² y Paraguay.¹⁰³ Y el auge está lejos de terminar: se estima que la producción de soja continuará creciendo, casi duplicándose para el año 2050,¹⁰⁴ esto sin contar su potencial para una mayor expansión debido a la demanda de biocombustibles.

palma aceitera⁷² ha aumentado radicalmente y los biocombustibles están comenzando a intensificar la competencia por las tierras escasas.⁷³ El crecimiento de la población urbana se correlaciona más estrechamente con la deforestación que el crecimiento de la población rural, lo cual señala el papel crucial que las demandas urbanas de alimentos y fibras tienen en el cambio de uso de la tierra para la agricultura.⁷⁴

La deforestación en América del Sur es impulsada principalmente por la agricultura comercial⁷⁵ y la ganadería a gran escala,⁷⁶ predominantemente bovina;⁷⁷ esta tendencia se ve alimentada por los precios bajos de los piensos,⁷⁸ dado que muchas granjas plantan hierbas exóticas africanas.⁷⁹ La expansión de la agricultura de plantación también es importante, especialmente para el pienso⁸⁰ y los biocombustibles,⁸¹ como la soja,⁸² el aceite de palma⁸³ y otros cultivos⁸⁴ cuya producción a menudo se relaciona con reasentamientos subvencionados.⁸⁵ También está ocurriendo un cambio indirecto en el uso de la tierra,⁸⁶ por ejemplo, cuando las habas de sojas sustituyen al pasto,⁸⁷ lo que fuerza a ganaderos a desplazarse a áreas de bosque nuevas.⁸⁸ En África, la agricultura campesina y la tala de árboles para leña y producción de carbón vegetal siguen siendo los agentes predominantes del cambio, como en la cuenca del Congo,⁸⁹ donde se estima que el 90 por ciento de la madera recolectada es para combustible.⁹⁰ En el sur de África, el 80 por ciento de la agricultura es de pequeña escala,⁹¹ incluidos el reasentamiento en las zonas rurales de Angola después de los conflictos⁹² y el aumento de la producción de tabaco en Malawi.⁹³ También está habiendo un crecimiento en los cultivos de plantaciones y biocombustibles para el mercado de exportación, especialmente en Mozambique.⁹⁴

En Asia, la agricultura de plantación, a menudo precedida por la tala, es el principal impulsor de cambio en el uso de la tierra, aunque existen grandes diferencias regionales. La conversión para palma aceitera es la mayor causa de deforestación en toda Indonesia,¹⁰⁵ donde algunas áreas aún están en expansión,¹⁰⁶ y las plantaciones de caucho también aumentan.¹⁰⁷ La conversión de bosques primarios y secundarios para cultivos alimentarios y no alimentarios, que incluyen azúcar, arroz, caucho,¹⁰⁸

Figura 7.5: La nueva competencia por la tierra, interacciones y observaciones: Adaptado de¹³⁴





© CIMMYT / P. Lowe

y biocombustibles¹⁰⁹, cada vez es más frecuente en la cuenca del Mekong. Los cambios políticos en Myanmar alimentan rápidamente el cambio en el uso de la tierra,¹¹⁰ donde más de 2 millones de hectáreas de bosques se destinan a la conversión a la agricultura.¹¹¹ Por el contrario, mientras las plantaciones emergen en Papúa Nueva Guinea,¹¹² la agricultura a pequeña escala sigue siendo el principal impulsor de cambio en el uso de la tierra.

La expansión de las tierras agrícolas en muchos países en desarrollo solo ha llevado a aumentos marginales en la producción ganadera. Los sistemas ganaderos en estas situaciones suelen ser de bajos ingresos y relativamente ineficientes y la productividad a menudo se reduce aún más por la degradación de la tierra y del suelo.¹¹³

Los retos asociados con los combustibles fósiles, que incluyen tanto su naturaleza finita como su papel central en el cambio climático, han estimulado la búsqueda de fuentes alternativas de energía. Los bosques naturales y las plantaciones de madera suministran biomasa que se puede procesar para su uso en estufas domésticas, plantas combinadas de calor y electricidad, así como materia prima para combustibles líquidos;¹¹⁴ se estima que el potencial de procesamiento de residuos y tala es de 2400 millones m³ al año a nivel mundial.¹¹⁵ Los cultivos, como la soja y el aceite de palma, se transforman cada vez más en combustibles, lo cual reduce su disponibilidad como

alimentos. Las calorías de los cultivos utilizados para la producción de biocombustibles aumentaron del 1 al 4 por ciento entre 2000 y 2010.¹¹⁶ En Argentina, la producción de biodiesel de soja alcanzó los 2,7 millones de toneladas en 2016, un 50 por ciento más que el año anterior. Argentina espera reanudar las exportaciones de soja a Europa después de una sentencia judicial que puso fin a los derechos antidumping,¹¹⁷ y se prevé que el aceite de soja suministrará alrededor del 10 por ciento de la producción de biocombustibles de la Unión Europea para 2020.¹¹⁸

Los defensores de las alternativas energéticas de origen vegetal afirman que si se pudiera aumentar aún más la eficiencia de los sistemas alimentarios, sería posible una producción sustancial de biocombustibles sin afectar a la seguridad alimentaria.¹¹⁹ Esta afirmación se basa en el supuesto de que los cultivos de biocombustibles se cultivarán principalmente en tierras degradadas, en tierras no aptas para la agricultura y en tierras facilitadas por la intensificación de la producción ganadera y, por tanto, «se liberaría» la tierra.¹²⁰ Sin embargo, en la práctica, hoy en día la mayoría de los cultivos de biocombustibles se cultivan en suelos fértiles, generalmente con graves impactos sociales y ambientales negativos, que amenazan con bloquear algunas de las mejores tierras agrícolas para la producción de energía.¹²¹ Otras preocupaciones se centran en la cantidad de bosque natural desbrozado para los biocombustibles,¹²² que

incluye el cambio indirecto del uso de la tierra;¹²³ la pérdida de biodiversidad;¹²⁴ los efectos a largo plazo de las plantaciones de árboles en los suelos y la hidrología;¹²⁵ los efectos de la intensificación de la producción agrícola mediante el uso de agroquímicos;¹²⁶ las consecuencias sociales de un aumento rápido de los biocombustibles¹²⁷ y el potencial aumento de la desigualdad;¹²⁸ así como el efecto sobre el equilibrio global del carbono.

Aunque en teoría un sistema de energía de biocombustible de alta eficacia podría ayudar a reducir las emisiones de dióxido de carbono, el desbroce de la vegetación natural puede dar lugar a un pulso de carbono que puede tardar décadas en recuperarse. Por ejemplo, se necesitarían unos 420 años de producción de biocombustibles para reemplazar el carbono perdido por el desbroce de los bosques de turberas,¹²⁹ lo cual agravaría los efectos sobre la biodiversidad y el clima.¹³⁰ Un cambio sustancial en los biocombustibles fácilmente podría tener consecuencias climáticas negativas a causa del cambio de uso de la tierra y la intensificación agrícola.¹³¹ La expansión de los biocombustibles en los ecosistemas tropicales productivos siempre conducirá a emisiones netas de carbono durante décadas o siglos, mientras que el aumento de la producción de biocombustibles en tierras agrícolas degradadas o abandonadas podría ofrecer una reducción neta casi inmediata de las emisiones de carbono.¹³² Están empezando a emerger directrices sobre prácticas sostenibles de producción,¹³³ si bien la cuestión de cuánta tierra se puede utilizar de manera sostenible para los biocombustibles sigue siendo polémica y cada vez se reconocen más los negativos efectos potenciales.

5. Acaparamiento de tierras y comercio de tierras virtuales

A medida que la tierra se agota, los pequeños agricultores pobres suelen salir perdiendo, ya que otros actores más poderosos obtienen el control sobre una mayor proporción de la tierra que queda. Los «acaparadores de tierras» son un fenómeno creciente en América Central y del Sur, África y Asia sudoriental. El término hace referencia a la adquisición, por intereses externos, de los derechos de recolección de madera o el establecimiento de granjas comerciales, plantaciones o explotaciones ganaderas a gran escala en tierras donde la tenencia ha sido históricamente comunal o consuetudinaria.¹³⁵ No se conoce el tamaño exacto y el número de apropiaciones de tierras globales, ya que muchas transacciones se realizan sin aviso público y contra la voluntad de la población local.¹³⁶ Las apropiaciones de tierras aumentan las tensiones y el potencial de conflicto en las comunidades y entre los grupos afectados y los gobiernos que facilitan el proceso.¹³⁷

Aumenta la preocupación por los efectos de estas adquisiciones a gran escala en la seguridad alimentaria, la hidrología, el cambio en el uso de la tierra,¹³⁸ lo que incluye la deforestación,¹³⁹ y las pérdidas

en oportunidades de empleo rural.¹⁴⁰ Aunque las apropiaciones de tierras aún representan una pequeña proporción del total de tierras agrícolas, tienden a controlar las tierras más productivas, que normalmente cuentan con la infraestructura y las conexiones de transporte más avanzadas.¹⁴¹ En el capítulo 5 se incluye un análisis más completo del acaparamiento de tierras y la seguridad de la tenencia.

Cuando un gobierno lleva a cabo grandes programas de reasentamiento o desplaza a comunidades para proyectos de desarrollo, los resultados pueden ser los mismos que un acaparamiento de tierras. En los pastizales de Mongolia Interior y Tíbet, los gobiernos han reasentado activamente a los pastores y poblaciones rurales en ciudades u otras zonas rurales para liberar tierras que se han destinado a proyectos de desarrollo, citando a menudo el pastoreo excesivo como una razón, con resultados mixtos en términos de bienestar.¹⁴² El proyecto de la presa de las Tres Gargantas en China, terminado en 2012, inundó 600 km² de tierra y desplazó a unos 1,3 millones de personas, que se trasladaron a otras zonas rurales y centros urbanos en la misma región, así como a otras provincias de China.¹⁴³

Alrededor de una quinta parte de la superficie de los cultivos mundiales, y su uso asociado, genera productos agrícolas que se consumen en el extranjero. La demanda de exportación es uno de los principales impulsores de la expansión de tierras de cultivo.¹⁴⁴ La separación física de la producción y el consumo tiene implicaciones tanto para los países exportadores como para los importadores. Las cargas ambientales asociadas a la producción de alimentos se desplazan desproporcionadamente a las regiones productoras de exportación, lo que socava su seguridad alimentaria a largo plazo, mientras que las naciones importadoras a su vez dependen progresivamente de los recursos terrestres extranjeros, como el suelo y el agua.

«Tierra virtual» es un término utilizado para caracterizar los aspectos subyacentes del comercio internacional de productos alimenticios que compensan la falta de tierra productiva en el país importador, es decir, el área de tierra y los recursos necesarios para el cultivo de los alimentos importados.¹⁴⁵ El comercio en tierras virtuales ofrece a quienes tienen gran poder económico la capacidad de explotar los recursos de tierras de otros países para producir sus importaciones de alimentos y biocombustibles, un fenómeno que ha alimentado aún más el acaparamiento de tierras. Al igual que con otros aspectos de la globalización, el crecimiento de este tipo de comercio implica que el equilibrio de poder puede cambiar radicalmente en relativamente poco tiempo. En 1986, la importación de tierras virtuales de China fue de 4,4 millones de hectáreas, pero en 2009 había aumentado a 28,9 millones de hectáreas, principalmente de América del Norte y del Sur.¹⁴⁶ Del mismo modo, la Unión Europea requiere un 43 por ciento más de tierras agrícolas que las disponibles en la propia UE para satisfacer sus necesidades alimentarias.¹⁴⁷

Como resultado del cambio climático la agricultura presenta grandes desafíos y al mismo tiempo, es también una fuente importante de gases de efecto invernadero que están causando dicho cambio climático.

6. Cambio climático

Como resultado del cambio climático, la agricultura presenta grandes desafíos y, al mismo tiempo, es también una fuente importante de gases de efecto invernadero que causan dicho cambio climático.¹⁴⁸ Este hecho incorpora dos factores complicados a las predicciones sobre la seguridad alimentaria: 1) los cambios a largo plazo en el clima promedio están trasladando gradualmente las áreas óptimas para que los cultivos específicos se desarrollen, y 2) un aumento de fenómenos climáticos extremos está reduciendo la seguridad alimentaria a causa de lluvias o cambios de temperatura¹⁴⁹ y el aumento de enfermedades de las plantas,¹⁵⁰ enfermedades del ganado¹⁵¹ y ataques de plagas.¹⁵²

La mayoría de las predicciones indican que el cambio climático reducirá la seguridad alimentaria¹⁵³ y aumentará el número de personas malnutridas en el futuro.¹⁵⁴ El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) encuentra más efectos negativos que positivos, y pronostica riesgos graves para la seguridad alimentaria, especialmente en los trópicos, donde las temperaturas promedio tienden a aumentar 3–4 °C. Como resultado, los precios de los alimentos aumentarán vertiginosamente y las malas hierbas se volverán más problemáticas, pues el aumento de los niveles de dióxido de carbono reducirá la eficacia de algunos herbicidas.¹⁵⁵

Por otra parte, el IPCC concluye que: «En escenarios de altos niveles de calentamiento, que conducen a incrementos de la temperatura media local de 3–4 °C o más, los modelos que se basan en los sistemas agrícolas actuales apuntan a grandes efectos negativos sobre la productividad agrícola y riesgos sustanciales para la producción de alimentos y seguridad mundial (confianza media). Dichos riesgos serán mayores para los países tropicales, dados los mayores efectos en estas regiones, que van más allá de la capacidad de adaptación prevista, y mayores tasas de pobreza en comparación con las regiones templadas».

Es probable que el cambio climático tenga efectos variables en los rendimientos de regadíos y que los del sur de Asia experimenten reducciones especialmente grandes. Según una predicción, la disponibilidad de calorías en 2050 podría disminuir respecto de 2000 en todo el mundo en desarrollo, por lo que la malnutrición infantil aumentaría un 20 por ciento.¹⁵⁶ Sin embargo, las predicciones sobre la agricultura y el clima son difíciles: los efectos en los sistemas alimentarios serán complejos, variarán geográfica y temporalmente, y estarán fuertemente influenciados por las condiciones socioeconómicas. La mayoría de los estudios se centran en la disponibilidad, mientras que los problemas relacionados con la estabilidad de la oferta, la distribución y el acceso pueden verse afectados por los cambios climáticos.¹⁵⁷ Es probable que los productores y consumidores de bajos ingresos sean los más afectados debido a la falta de recursos para invertir en medidas de adaptación y diversificación para afrontar los aumentos de precios.¹⁵⁸

Cuadro 7.3: Impactos de la gestión del suelo en las comunidades marinas

La Gran Barrera de Coral, frente a la costa de Queensland, Australia, es el arrecife de coral más grande del mundo, declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, y una atracción turística de enorme valor económico. Investigaciones realizadas, han estimado que la contribución económica agregada del Arrecife aportó durante el 2012 a la economía Australiana, USD 4,400 millones, lo que implicó casi 69,000 empleados trabajando a tiempo completo. Alrededor del 90% de la actividad económica directa provino del turismo.¹⁸⁴ Sin embargo, en las últimas dos décadas los corales vivos del arrecife han disminuido casi un 50%. La contaminación agrícola es un factor clave, incluyendo el exceso de nitrógeno y fósforo que llega a partes costeras del arrecife,¹⁸⁵ los sedimentos en suspensión por la erosión de zonas ganaderas, y los herbicidas.¹⁸⁶ A esto hay que sumar el hecho de que estamos ante una de las tasas de deforestación más altas del mundo debido a la tala forestal para la habilitación de zonas de pasto, otro importante factor que contribuye a la contaminación con sedimentos.¹⁸⁷ Estos problemas están cada vez más presentes en todo el mundo. En el Golfo de México, una «zona muerta» creada por el exceso de escorrentía agrícola cubría 13,080 km² en 2014.¹⁸⁸ Se han identificado alrededor de 30 puntos de acceso a espacio muerto, principalmente en Europa y Asia, siendo las más significativas las de Mississippi, Ganges, Mekong, Po, Río de las Perlas, Volga, Rin y Danubio.¹⁸⁹

Los gases de efecto invernadero se liberan en casi todas las etapas del ciclo agrícola. Según el informe del IPCC de 2014, los sectores de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU) son responsables de poco menos de una cuarta parte de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, que en gran parte se deben la deforestación, las emisiones pecuarias y la gestión del suelo y los nutrientes (evidencia sólida, alto acuerdo).¹⁵⁹ Las emisiones de AFOLU se han duplicado en los últimos cincuenta años y podrían aumentar otro 30 por ciento para 2050.¹⁶⁰ La producción agrícola y ganadera recientemente ha superado el cambio de uso de la tierra y la deforestación en cuanto al nivel de las emisiones de gases de efecto invernadero, que ahora representan el 11,2 por ciento del total.¹⁶¹ Los efectos del cambio climático de la expansión de las tierras de cultivo en los ecosistemas naturales varían notablemente en todo el mundo. Por cada unidad de terreno desbrozada, los trópicos pierden casi el doble de carbono y producen menos de la mitad del rendimiento anual de las cosechas que las regiones templadas, lo que incrementa la necesidad de aumentar los rendimientos de las tierras de cultivo actuales en lugar de desbrozar áreas nuevas.¹⁶² Un análisis reciente ha estimado que el sector ganadero es responsable del 39 por ciento de las emisiones antropogénicas de metano y del 65 por ciento de las emisiones antropogénicas de óxido nitroso.¹⁶³ Los AFOLU también son sumideros



de carbono que pueden aumentar su capacidad de retención mediante la conservación, restauración y prácticas sostenibles de gestión de tierras que aumentan las reservas de carbono orgánico.¹⁶⁴

ASPECTOS DEL SISTEMA ALIMENTARIO MODERNO

Hasta la fecha, los esfuerzos para afrontar una inminente crisis de tierras se han centrado en la intensificación: producir más alimentos por hectárea de tierra mediante el aumento de los rendimientos, las frecuencias de cultivo y la intensificación de la producción ganadera mediante alimentación complementaria, programas de cría y alojamiento interior controlado.¹⁶⁵ La «revolución verde»¹⁶⁶ promovió variedades mejoradas de cultivos con la ayuda de fertilizantes químicos y una gama de pesticidas y herbicidas; un resultado no planificado fue la consolidación de una unidad agrícola y monocultivos industriales más grandes.

En general, estos cambios han aumentado la productividad neta, han bajado los precios de los alimentos y han ayudado a reducir la desnutrición infantil en los países pobres desde los años sesenta.¹⁶⁷ Los aumentos han sido mayores en los cultivos más comunes (por ejemplo, cereales, oleaginosas, frutas y hortalizas), con incrementos que se estiman en un 47 por ciento entre 1985 y 2005 gracias a variedades de mayor rendimiento, menos malas cosechas y cultivos anuales múltiples. La producción agrícola promedio mundial aumentó un 28 por ciento en los 174 cultivos relevantes que se evaluaron.¹⁶⁸ Las tierras de cultivo solo aumentaron un 2,4 por ciento en el mismo período,¹⁶⁹ lo que implica una mayor producción por hectárea. Más a fondo, la agricultura se fue centralizando

cada vez más y había un pequeño grupo de corporaciones multinacionales que controlaban prácticamente todos los aspectos de la producción de alimentos: desde las semillas, los materiales genéticos, la maquinaria y los agroquímicos hasta la producción agrícola y el transporte, el procesamiento y la comercialización de alimentos. Las distancias en el transporte de alimentos han aumentado radicalmente al igual que los insumos y la energía utilizados en la agricultura.

El impulso en la producción y los beneficios se ha igualado con una acumulación constante de efectos secundarios y un número creciente de «necesitados» que están abandonados y continúan sufriendo desnutrición. Las desventajas de la agricultura moderna se reconocen desde hace medio siglo, cuando Rachel Carson escribió sobre el efecto de los pesticidas en el medio ambiente,¹⁷⁰ y Susan George identificó los efectos secundarios involuntarios de la «revolución verde»,¹⁷¹ que incluían:

- contaminación por productos agroquímicos como fertilizantes de nitrato y fosfato, herbicidas y pesticidas;
- irrigación y salinización que conducen a la degradación de la tierra y del suelo;
- enfermedades de cultivos, plagas invasoras y enfermedades, así como pérdida de diversidad genética que afectan a la seguridad alimentaria;
- la degradación del suelo y la tierra en una zona en crecimiento del planeta;
- kilometraje de alimentos y la distancia creciente en el transporte de alimentos;
- salud humana y nutrición con la hambruna y la obesidad como desafíos inversos;
- selección de cosechas y cultivos modificados genéticamente

1. Contaminación por agroquímicos

Los métodos modernos de producción de alimentos se basan en la capacidad de añadir suficientes nutrientes, principalmente nitrato, fosfato y potasio (que suelen denominarse como NPK) al suelo para fomentar el crecimiento de las plantas y aumentar los rendimientos. Los tres conllevan una serie de impactos ambientales negativos, algunos de los cuales todavía no se comprenden plenamente.

Aunque los fertilizantes han conseguido incrementar los rendimientos de los cultivos, la ineficiencia en su aplicación da lugar a un importante daño en el medio ambiente global, generando contaminación del aire y el agua, daños al ecosistema y riesgos para la salud humana:¹⁷³ se estima que en algunos casos se abusa del uso de fertilizantes en un 30–60%.¹⁷⁴ La lixiviación de las zonas agrícolas acarrea nitratos y fosfatos que contaminan la superficie y las provisiones de aguas subterráneas; el exceso de nutrientes promueve el rápido crecimiento de algas y, cuando mueren, hay una pérdida de oxígeno debido a la descomposición de la materia vegetal. Este proceso, llamado eutrofización, mata peces y otras especies acuáticas. Hace tiempo que las floraciones de algas representan un serio problema ambiental en lagos y ríos, y cada vez más en aguas marinas donde crean zonas muertas, es decir, agua sin oxígeno resultante de un enriquecimiento excesivo de nitrógeno y fósforo. El número de casos denunciados de zonas costeras muertas se ha duplicado en cada una de las cuatro últimas décadas; actualmente hay más de 500 identificadas.¹⁷⁵ El óxido nítrico es un gas de efecto invernadero cada vez más importante cuyas emisiones provienen principalmente de la agricultura.¹⁷⁶ El nitrógeno excesivo presente en aire y agua se ha relacionado con trastornos respiratorios, enfermedades cardíacas y varios tipos de cáncer.¹⁷⁷ Los niveles elevados de nitrato en el agua y los vegetales¹⁷⁸ también pueden ser un factor contribuyente¹⁷⁹ al aumento del riesgo de metahemoglobinemia (síndrome del bebé azul) tanto en regiones agrícolas templadas como tropicales¹⁸⁰.

El uso mundial de fertilizantes sigue acelerándose rápidamente y es probable que supere los 200 millones de toneladas al año para 2018, aproximadamente un 25% más que en 2008.¹⁸¹ El nitrógeno reactivo añadido a la biosfera por la acción humana ya supera el generado por los procesos naturales.¹⁸² Siendo aún relativamente bajo en África, el uso de fertilizantes nitrogenados está aumentando en todas partes; el este y el sudeste asiático juntos concentran el 60% del uso total.¹⁸³

La estrecha base genética de los monocultivos crea condiciones ideales para el desarrollo de especies no deseadas, exponiendo la agricultura a ataques de una multitud de invertebrados, plagas y enfermedades fúngicas que la mayoría de los agricultores controlan usando pesticidas. El uso de pesticidas está extendiéndose rápidamente; su valor en 2015 se estimó en 65.300

millones de dólares y se prevé que continúe creciendo aproximadamente un 6% al año hasta 2020.

¿Sabías que los agricultores de trigo británicos suelen tratar cada cosecha durante el ciclo de crecimiento con cuatro fungicidas, tres herbicidas, un insecticida y un producto químico para controlar los moluscos? Compran semillas previamente recubiertas con productos químicos contra insectos. Rocían la tierra con el herbicida antes y después de la plantación. Emplean reguladores químicos de crecimiento que alteran el equilibrio de las hormonas de la planta para controlar la altura y la fuerza del tallo del grano. Pulverizan para evitar pulgones y moho. Y luego, justo antes de la cosecha, suelen rociar nuevamente con el herbicida glifosato para secar el cultivo, ahorrándose los costos de energía del secado mecánico.¹⁷²

Cada vez existen más evidencias de que se han subestimado las repercusiones ambientales negativas de los pesticidas, particularmente en los trópicos.¹⁹⁰ Existe una gran preocupación por la disminución de las poblaciones de insectos a nivel mundial (es decir, no sólo de las especies plaga), incluidos los impactos catastróficos para las abejas melíferas y los polinizadores silvestres, con las consecuentes repercusiones económicas.¹⁹¹ Dos informes recientes han resumido más de mil estudios independientes revisados por expertos. Ambos concluyen que los neonicotinoides y otros insecticidas sistémicos tienen graves impactos negativos en los polinizadores y otros invertebrados terrestres y acuáticos, anfibios y aves, además de causar daños significativos al funcionamiento y servicios del ecosistema.^{192,193} La significativa pérdida de biodiversidad¹⁹⁴ se está vinculando con el uso creciente de insecticidas,¹⁹⁵ fungicidas¹⁹⁶ y herbicidas,¹⁹⁷ a menudo en combinación con otros aspectos de la agricultura moderna. Las especies ni siquiera están a salvo en las áreas protegidas porque muchos pesticidas se propagan más allá del lugar donde se han aplicado.¹⁹⁸ Estas observaciones nos ayudan a explicar por qué la biodiversidad sigue disminuyendo en los paisajes agrícolas, incluso en Europa, donde la pérdida de hábitat y la presión de la caza furtiva se han reducido y donde se ha invertido en programas destinados a aumentar la vida silvestre en los paisajes agrícolas.¹⁹⁹ Muchos de estos efectos, incluido el impacto de las mezclas de pesticidas en la salud humana, se han estudiado muy poco.²⁰⁰ Sin embargo, es probable que acarreen unos costes elevados en cuanto a su impacto tanto en la salud humana como en los servicios de los ecosistemas.²⁰¹ Por ejemplo, se estima que el valor económico total de la polinización en todo el mundo asciende a 165.000 millones de dólares anuales.²⁰² En algunas partes de China los agricultores polinizan las plantas manualmente debido a la desaparición de insectos polinizadores.²⁰³

Los métodos modernos de agricultura también dependen mucho de los herbicidas para controlar las malas hierbas. La ingeniería genética se está aplicando cada vez más para que los cultivos toleren mejor los herbicidas. Actualmente, estos cultivos genéticamente

Cuadro 7.4: Estimaciones de las pérdidas económicas causadas por la degradación de la tierra²²⁹

Las estimaciones de los costos globales de la degradación de la tierra presentan grandes variaciones.²³⁰ Los métodos de valoración difieren mucho, yendo desde enfoques simplistas que utilizan datos de uso y cobertura de la tierra como indicador de los servicios ecosistémicos a métodos que integran una gama de variables espaciales que son validadas comparándolas con datos primarios para obtener modelos de servicios ecosistémicos y funciones de mayor valor.

A nivel mundial, los costos anuales estimados de degradación de la tierra oscilan de 18.000 millones²³¹ a 20 mil millones de dólares.²³² Según la Iniciativa Economía de la Degradación de la Tierra («ELD», por sus siglas en inglés), la pérdida de servicios ecosistémicos generada por la degradación de la tierra cuesta entre 6,3 y 10,6 mil millones de dólares al año, equivalente al 10–17% del PIB mundial.²³³ Estos costos se distribuyen de manera desigual, con impactos negativos que afectan principalmente a las comunidades locales y a la población rural pobre. El costo global anual de la degradación de la tierra generada por el cambio en el uso de la tierra y la reducción de la productividad de las tierras de cultivo y los pastos se ha estimado en más o menos USD 300.000 millones de dólares; la mayoría de los costos los cubren quienes se benefician de los servicios ecosistémicos, es decir, los agricultores.²³⁴

La Iniciativa «ELD» estimó el valor futuro de los servicios ecosistémicos²³⁵ considerando diferentes escenarios futuros.²³⁶ Tanto un futuro dominado por la economía neoliberal de libre mercado como uno con altos niveles de proteccionismo conducen a pérdidas dramáticas del valor de los servicios ecosistémicos estimadas en 36,4 y 51,6 mil millones de dólares al año, respectivamente. En condiciones de crecimiento económico continuo, pero en base a suposiciones sobre la necesidad de intervención gubernamental y unas políticas territoriales efectivas, se registraba un aumento relativamente pequeño del valor de los servicios ecosistémicos de 3,2 mil millones de dólares por año. Por último, al amparo de futuras políticas transformadoras que superan los límites del crecimiento convencional del PIB y se centran en el bienestar ambiental y social así como en la sostenibilidad, el valor aumentó en 39,2 mil millones de dólares por año. Estos resultados sugieren la necesidad de fomentar acciones políticas adecuadas para mantener el valor socioeconómico de la tierra.²³⁷

Ciertos estudios nacionales reflejan los resultados globales al estimar los altos costos de la degradación. Por ejemplo, en Tanzania y Malawi los costos anuales de la degradación suponen, respectivamente, 2500 y 300 millones de dólares, aproximadamente el 15 y 10% de su PIB. Por su parte, en Asia Central los costos anuales de la degradación en Kazajistán, Kirguistán, Tayikistán, Turkmenistán y Uzbekistán se estiman en 6000 millones de dólares.²³⁸

modificados (GM) y resistentes a los herbicidas representan el 56% del uso total de glifosato,²⁰⁴ y el aumento de la tolerancia a los herbicidas significa que probablemente los agricultores aumenten la cantidad aplicada.²⁰⁵ Herbicidas como el glifosato y la atrazina están sometidos a un control continuo en cuanto a sus efectos en la salud y el medio ambiente, y la prohibición del glifosato está siendo objeto de debate en la Unión Europea. En los países en desarrollo, el bajo nivel de alfabetización, la pobreza y las condiciones imperantes de uso de pesticidas continúan suponiendo grandes riesgos para los agricultores, los trabajadores, sus familias, los consumidores y el medio ambiente. Desde 2006, los organismos de las Naciones Unidas han identificado la necesidad de que las partes interesadas adopten medidas para reducir los riesgos asociados con el uso de Plaguicidas Altamente Peligrosos, incluidas las eliminaciones graduales.²⁰⁶ Los responsables políticos a menudo suponen que los niveles actuales o incluso mayores de uso de plaguicidas son esenciales para garantizar la seguridad alimentaria. El último informe del Relator Especial de

las Naciones Unidas sobre el derecho a la alimentación cuestiona esta suposición y resalta la necesidad de un tratado mundial que rija el uso de pesticidas.²⁰⁷

Los efectos secundarios perjudiciales del uso de pesticidas también conllevan un coste económico importante que suele ignorarse. Por ejemplo, ONU Medio Ambiente estima que entre 2005 y 2020 el costo acumulado de enfermedades y lesiones relacionadas con los pesticidas en la agricultura a pequeña escala en el África Subsahariana podría alcanzar los 90.000 millones de dólares si no se toman medidas para controlar los pesticidas peligrosos y las malas prácticas.²⁰⁸

2. Riego y salinización

La salinización implica la acumulación en el suelo de sales solubles en agua, lo que tiene un impacto negativo en la salud y la productividad de la tierra. La mayoría de los países presentan suelos afectados por la salinización, aunque son más comunes en tierras secas. La salinización dificulta la germinación y finalmente merma la capacidad del suelo para ofrecer apoyo al crecimiento de la planta.

Las pérdidas agrícolas ocasionadas por la salinización no están bien documentadas, pero se calcula que al menos el 20% de las tierras de regadío están afectadas por este proceso, aunque algunas estimaciones establecen un porcentaje mucho mayor.²⁰⁹ Los investigadores sugieren que





Figura 7.6: El triple efecto de pérdida de diversidad, nuevas enfermedades emergentes en cultivos y ganado, y cambio climático

la mitad de la tierra cultivable podrá verse afectada para el año 2050.²¹⁰ Se estima que la salinización afecta a 2,7 millones de hectáreas de campos de arrozales del mundo.²¹³

Aparte de su impacto directo en la producción agrícola y la seguridad alimentaria, la salinización también afecta a los acuíferos subterráneos. Cuando la cantidad de agua que llega a los acuíferos es mayor que el flujo de salida, la capa freática aumenta y transporta sales a la superficie del suelo,²¹⁴ lo que merma la futura capacidad de riego y pone en peligro los suministros de agua potable doméstica.²¹⁵ La salinidad es difícil de revertir y a menudo suele dar lugar a una degradación de la tierra a largo plazo. Como las áreas irrigadas se encuentran entre las tierras más productivas, los llamados graneros, la salinización está perjudicando la seguridad alimentaria y el suministro de agua a nivel global (véase también el Capítulo 8).

3. Enfermedades de los cultivos, enfermedades y plagas invasoras, y pérdida de diversidad genética

Las enfermedades de los cultivos han sido un problema para los agricultores a lo largo de la historia. Hoy en día, el aumento del movimiento de cultivos por todo el mundo crea problemas adicionales, generando la propagación de plagas y enfermedades no nativas así como la creación de nuevos retos para aumentar la producción de alimentos. Al mismo tiempo, el cambio climático está generando nuevas dificultades para muchas especies, mientras que la reducción significativa de la diversidad genética dentro de los cultivos está reduciendo su capacidad de adaptarse a las presiones emergentes.

El desarrollo de variedades de cultivos de alto rendimiento y la creciente intensificación de la ganadería basada en poblaciones genéticas seleccionadas han reducido drásticamente la diversidad. Se estima que en el último siglo se ha perdido alrededor del 75% de la diversidad genética de los cultivos al sustituir variedades tradicionales por variedades de cultivos uniformes.²¹⁶ Si bien estas últimas suelen ser más productivas, su variación genética más estrecha dificulta la adaptación. Un estudio ha puesto de manifiesto que el 97% de las variedades de cultivos que figuran en los antiguos registros del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, han desaparecido.²¹⁷ De manera similar, en Alemania se ha perdido cerca del 90% de la diversidad histórica de cultivos, mientras que en el sur de Italia ha desaparecido aproximadamente el 75% de las variedades de cultivos.²¹⁸ Además, muchos parientes silvestres de cultivos, importantes recursos genéticos para la reproducción, también están disminuyendo o se encuentran amenazados,²¹⁹ y alrededor del 70% de importantes especies de parientes silvestres de cultivos necesitan protección.²²⁰ Dichas pérdidas reducen las posibilidades de los productores de ayudar a los cultivos a adaptarse a un clima cambiante, dan lugar a la aparición de nuevas enfermedades y facilitan

Colapso de la diversidad de cultivos y ganado



la propagación de especies invasoras que limitan la producción.

A pesar del creciente uso de plaguicidas, las plagas y las enfermedades siguen haciendo mella en los cultivos de todo el mundo. En promedio, el 35% de los rendimientos de los cultivos se pierde por las plagas antes de la cosecha,²²¹ aunque hay quienes argumentan que estas pérdidas se duplicarían si no se emplearan pesticidas.²²² También se observa que las nuevas enfermedades infecciosas generadas por hongos presentan cada vez más riesgos para la seguridad alimentaria²²³ dado que las actividades humanas están intensificando la dispersión de hongos.²²⁴ La globalización y el transporte a larga distancia de productos alimenticios han aumentado la propagación de especies invasoras. Sin la presencia de depredadores naturales, a veces las especies no autóctonas pueden prosperar y causar grandes daños a los cultivos y el ganado. Solo en los Estados Unidos, las pérdidas de cultivos y bosques causadas por insectos y patógenos invasores se han estimado en casi 40.000 millones de dólares al año.²²⁵ Un estudio reciente de 1,300 patógenos y plagas de insectos en 124 países ha evaluado los riesgos futuros y se concluyó que el África Subsahariana es el más vulnerable a los ataques, debido principalmente a la falta de recursos para controlar tales situaciones, mientras que los Estados Unidos y China son los países que parecen sufrir más pérdidas en términos económicos.²²⁶

Mientras tanto, el cambio climático agravará aún más todos estos problemas, por ejemplo, ayudando a los agentes patógenos a extenderse a nuevas áreas, aumentando el número de generaciones por temporada y alterando los mecanismos de defensa de las plantas.²²⁷

4. Degradación de la tierra y pérdida de suelo

La UNCCD (CNULD) define la degradación de la tierra como la reducción o pérdida de productividad biológica o económica en tierras de cultivo de secano, tierras de cultivo de regadío, o cordilleras, pastos y bosques debido a los usos de la tierra o a un proceso o combinación de procesos, entre ellos, procesos generados por las actividades humanas y modelos de asentamiento, tales como:

El desarrollo de variedades de cultivos de alto rendimiento y la creciente intensificación de la cría de ganado basada en poblaciones genéticas seleccionadas han reducido drásticamente la diversidad.

Tabla 7.1: Personas que viven en tierras agrícolas degradadas (DAL, por sus siglas en inglés):
Adaptado de²⁴⁷

	Porcentaje correspondiente a la población rural en «DAL» en el año 2000	Cambio de 2000 a 2010 de la población rural en «DAL».	Porcentaje correspondiente a la población rural en «DAL» remotas	Cambio de 2000 a 2010 de la población rural en «DAL» remotas
Países desarrollados	17,9%	-2,8%	0,8%	-1,8%
Países en desarrollo	32,4%	+13,3%	5,5%	+13,8%
Asia Oriental y el Pacífico	50,8%	+8,4%	9,0 %	+6,8%
Europa y Asia Central	38,5%	+1,0%	3,6%	+4,4%
América Latina y el Caribe	13,0%	+18,4%	1,9%	+17,1%
Oriente Medio y África del Norte	22,3%	+14,3 %	2,8%	+5,9%
Asia del Sur	26,2%	+17,8%	2,5%	+18,9%
África Subsahariana	20,6	+37,8%	5,8 %	+39,3%
El mundo	34,0%	12,4%	5,0%	+13,6%

Hoy en día, los consumidores de los países ricos esperan poder comprar fruta, como tomates y fresas, durante todo el año, con la aparente paradoja de que los productos transportados cientos de millas son a menudo más baratos que los cultivados localmente.

- erosión del suelo causada por el viento y / o el agua;
- deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas o económicas del suelo; y
- pérdida a largo plazo de la flora natural.²²⁸

Puede referirse a una pérdida temporal o permanente de la capacidad productiva, una pérdida o cambio en la cobertura vegetal, una pérdida de nutrientes del suelo o de biodiversidad, o una mayor vulnerabilidad a los riesgos ambientales y de desastre. Como hemos visto en el Capítulo 4, está aumentando el número de zonas que sufren una disminución continua de la productividad de la tierra, lo que afecta a la producción y seguridad de los alimentos. Aunque las estimaciones globales de los costos de la degradación de la tierra varían mucho, todas muestran valores altos.

La degradación de la tierra se debe principalmente a las fuerzas socioeconómicas que ponen a las personas en situaciones vulnerables e inciertas, obligándolas a explotar excesivamente la tierra,²³⁹ acortando así las temporadas en que dejan los campos en barbecho o eliminando los barbechos por completo. La privatización de la tierra puede restringir la actividad de los pastores²⁴⁰ a áreas más pequeñas donde tienen que tener más animales en pastos que sufren una degradación²⁴¹ y se ven obligados a comprar forraje o llevar el ganado a pastar a zonas que pueden generar conflictos con otros usuarios del terreno.²⁴² Estos impactos se pueden observar en África, llas altiplanicies andinas²⁴³ y Mongolia, donde los cambios demográficos han llevado a la concentración de pastores cerca de las poblaciones y el consiguiente sobrepastoreo en la parte central y occidental del país.²⁴⁴ Cambios similares están aumentando la degradación de la tierra en el norte de Vietnam.²⁴⁵

En general, la degradación de la tierra significa una menor producción de alimentos, lo que tiene un impacto directo en la salud y bienestar de las comunidades locales y vecinas. El aumento de la población rural en las tierras agrícolas afectadas por la degradación

es considerado un obstáculo importante para las estrategias de reducción de la pobreza.²⁴⁶

5. Millas de alimentos

Los residuos y las deficiencias de nuestro sistema alimentario aumentan aún más cuando se tiene en cuenta el transporte. Los alimentos han sido transportados desde que se abrieron las rutas comerciales, pero en el pasado el transporte de larga distancia se limitaba a unos alimentos de alto valor que podían conservarse durante mucho tiempo, como las especias que llegaban a Europa por las famosas rutas que cruzaban Asia Central.²⁴⁸ Para la mayoría de la gente, la comida era predominantemente local y de temporada: frutas y verduras cuando maduraban, ganado sacrificado los días festivos, cereales y tubérculos cuidadosamente almacenados, y el excedente envasado o fermentado para su debida conservación.²⁴⁹ Con la llegada de buques de carga refrigerada y, más recientemente, de flete aéreo barato, el factor económico del transporte de alimentos por todo el mundo cambió radicalmente. Hoy en día, los consumidores de los países ricos esperan poder comprar fruta, como tomates y fresas, durante todo el año, con la aparente paradoja de que los productos transportados cientos de millas son a menudo más baratos que los cultivados localmente.

El concepto de «millas de alimentos» fue creado para describir y cuantificar este fenómeno, ahora esencial en la base comercial de la agroindustria. De forma resumida, las millas de alimentos se refieren a la distancia que recorre la comida desde el productor hasta llegar al consumidor;²⁵⁰ en el caso de los alimentos procesados, esta cifra puede ser la suma del transporte de múltiples ingredientes.

A menudo, las millas de alimentos se han utilizado como una alternativa para entender la huella de carbono de los alimentos, aunque puede ser demasiado simplista: trabajos de investigación en los Estados Unidos han demostrado que aunque la comida se transporta a distancias considerables (en promedio de

Una de cada nueve personas en el mundo sigue sufriendo desnutrición crónica y aproximadamente el mismo número es considerada seriamente obesa.

1.640 kilómetros para la entrega y 6.760 kilómetros para la cadena de suministro del ciclo de vida), el 83% de las emisiones promedio de CO₂ relacionadas con los alimentos de un hogar se genera en la fase de producción. El transporte representa solo el 11% de las emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida de los alimentos y la entrega final del productor en los puntos de venta solo el 4%.²⁵¹ El sistema centralizado de distribución de las principales cadenas de supermercados que dominan la comercialización al por menor implica que el grueso del transporte está realmente en el país de venta, incluso para las mercancías importadas. Un estudio realizado por el gobierno británico ha puesto de manifiesto que el transporte de alimentos alcanzó los 30.000 millones de kilómetros en 2002, de los cuales un 82% se recorrió en el Reino Unido. El estudio calculó que las emisiones globales de gases de efecto invernadero de los tomates y las fresas de España, las aves de corral de Brasil y el cordero de Nueva Zelanda eran inferiores al equivalente producido en el Reino Unido, incluso a pesar del transporte de larga distancia. En general, es probable que el balance de carbono de los alimentos esté influenciado en gran medida por una combinación de rendimiento, almacenamiento refrigerado y distancia de transporte.²⁵² En el Reino Unido, las investigaciones realizadas en 2005 revelaron que los alimentos y productos agrícolas representaban el 28% de las mercancías transportadas por carretera, imponiendo unos costes externos estimados de 2.940 millones de dólares al año.²⁵³

Así, aunque sin duda el transporte de alimentos tiene repercusiones importantes, abordar la cuestión de las millas de alimentos sigue siendo un tema complejo. Para quienes están preocupados por reducir su huella, no se trata simplemente de no comprar alimentos importados sino de analizar toda la estructura de la industria alimentaria en los países más desarrollados.

6. Salud humana y nutrición

Una de cada nueve personas del mundo sigue sufriendo desnutrición crónica y aproximadamente el mismo número es considerada obesa. Estas deficiencias alimentarias están causando una crisis de salud mundial que amenaza con colapsar los servicios médicos, debilitar las economías, acortar vidas y reducir el bienestar general del ser humano.

Si bien el porcentaje de personas con desnutrición crónica en los países en desarrollo ha disminuido del 34% registrado a mediados de la década de 1970 al 15% actual, unos 788 millones de personas continúan sufriendo desnutrición crónica. Se espera que en la próxima década el total sea inferior a los 650 millones, aunque el porcentaje que representa el África Subsahariana en ese total aumentará.²⁵⁴ Regiones como América Latina han hecho grandes progresos, mientras que otras partes del mundo todavía no logran aliviar el hambre generalizada y la malnutrición en sus países. La desnutrición es más alta en el sur de Asia (India, Pakistán y Bangladesh), mientras que el progreso es más lento en el África Subsahariana, donde una de cada cuatro personas sigue pasando hambre.²⁵⁵

Hay dos tipos principales de malnutrición: la desnutrición proteico-energética, que conduce a la emaciación y el crecimiento reducido, lo que comúnmente se denomina «hambre mundial»; y la deficiencia de micronutrientes,²⁵⁶ que puede conducir a problemas de salud como anemia, retraso del crecimiento y deterioro cognitivo.

El hambre afecta más severamente a los más jóvenes.²⁵⁷ En 2013, se consideró que el 15% de los niños menores de cinco años del mundo estaban desnutridos, aunque esta cifra alcanzaba el 22% en el África Subsahariana y el 32,5% en el sur de Asia.²⁵⁸ De los 6,9 millones de niños menores de cinco años que murieron en 2011, un tercio se atribuyó a la malnutrición subyacente, principalmente en estas dos regiones. Esto no significa que más de dos millones de niños murieran literalmente de hambre, aunque muchos lo hicieron. El hambre debilita la resistencia a enfermedades e infecciones. La diarrea crónica a menudo coincide con las deficiencias de micronutrientes, de modo que la falta de acceso al agua limpia junto con la falta de alimentos crea un círculo vicioso de malnutrición e infecciones que conducen a la muerte prematura.²⁵⁹

Las principales causas del hambre son la pobreza (por mucho, la más importante a nivel mundial),²⁶⁰ el impacto de los sistemas económicos desiguales y los conflictos.²⁶¹ El problema clave es que casi mil millones de personas no tienen ingresos suficientes para comprar cantidades adecuadas de alimentos nutritivos o tierra donde producir o recolectar alimentos. Las poblaciones en rápido crecimiento también están forzando los sistemas de producción de alimentos aunque, como ya se ha mencionado, todavía se producen suficientes alimentos a nivel mundial para alimentar a todos adecuadamente.

Al mismo tiempo, el número de personas con sobrepeso está aumentando dramáticamente. En 1995, se reconoció que el sobrepeso era un problema mayor que la desnutrición, incluso en muchos países en desarrollo y, tras una consulta sobre obesidad realizada por la Organización Mundial de la Salud en 1997, se reconoció por primera vez su rol fundamental en la escalada de problemas médicos y gastos sanitarios.²⁶² En 2014, más de 1.900 millones de personas mayores de 18 años tenían sobrepeso (39% de la población mundial) y 600 millones (13%) eran obesos, incluidos 41 millones de niños menores de cinco años con sobrepeso u obesidad. La mayor parte de la población mundial vive en países donde el sobrepeso es un mayor causante de muertes que en aquellas que están bajo su peso.²⁶³

7. Selección de cultivos y cultivos genéticamente modificados

La selección de cultivos ha sido una característica de la agricultura desde tiempos prehistóricos. De hecho, la idea de identificar las características de los cultivos deseados y mejorarlas mediante una reproducción selectiva es uno de los principales escalones de la evolución de la civilización.²⁶⁴ Más recientemente, las sofisticadas técnicas de selección han dado lugar a variedades de



© A. Yaqub / CIMMYT.

alto rendimiento que dependen de aplicaciones más pesadas de agroquímicos, lo que conduce a aumentos de productividad en cultivos importantes, pero también a una serie de impactos perjudiciales para la salud humana y ambiental. El equilibrio entre la producción de alimentos y la degradación de la tierra es objeto de largos debates políticos así como de muchas leyes y políticas.²⁶⁵

Los organismos genéticamente modificados (OGM) son aquellos cuyo material genético ha sido modificado usando una variedad de técnicas de ingeniería llevadas a cabo en un laboratorio. Un tipo específico de OGM es un organismo transgénico que ha sido alterado mediante la adición de material genético de un organismo no relacionado. El uso de OGMs, y particularmente de organismos transgénicos, sigue siendo muy polémico; los países y regiones han respondido de formas muy diferentes. La Unión Europea insiste en que todos los

productos alimenticios que contengan OGMs deben estar debidamente etiquetados, algo que no ocurre en los Estados Unidos,²⁶⁶ donde la industria alimentaria empresarial se opone enérgicamente al etiquetado. Algunos detractores destacan cuestiones de seguridad relacionadas con la posibilidad de que las alteraciones genéticas tengan consecuencias imprevistas, mientras que otros se oponen por motivos éticos o religiosos. Algunos expresan su inquietud sobre cómo se ha utilizado la modificación genética; por ejemplo, la soja y algunos otros cultivos se han modificado para aumentar su resistencia a los herbicidas, potenciando aplicaciones más pesadas en los cultivos y, por lo tanto, generando una mayor contaminación ambiental.

Al hacer que los cultivos sean resistentes a las plagas e inmunes a los efectos de los herbicidas, la promesa de la modificación genética es aumentar la productividad de los cultivos y alimentar a la creciente población mundial, al tiempo que se utilizan menos pesticidas. Sin embargo, algunos extensos estudios, incluidas las investigaciones realizadas por la propia industria de OGMs, revelan que la modificación genética en los Estados Unidos y Canadá no ha acelerado el aumento de los rendimientos de los cultivos (en comparación con Europa Occidental) ni ha conducido a una reducción global del uso de pesticidas químicos.²⁶⁷ Un informe reciente ha concluido que «había poca evidencia» de que la introducción de cultivos genéticamente modificados en los Estados Unidos

Cuadro 7.5: Cultivo tradicional para tolerancia a la sequía – Años por delante de los esfuerzos de modificación genética (GM, por sus siglas en inglés).

La ingeniería genética va a la zaga del cultivo convencional en los esfuerzos para crear un maíz resistente a la sequía. La necesidad de contar con cultivos más resistentes es especialmente apremiante en África, donde la sequía puede reducir los rendimientos del maíz hasta en un 25%. El Proyecto Maíz Tolerante a la Sequía para África, que arrancó en 2006 con USD 33 millones de dólares, ha desarrollado 153 nuevas variedades para mejorar los rendimientos en 13 países. En pruebas de campo, estas variedades igualan o superan los rendimientos de las semillas comerciales cuando las precipitaciones son adecuadas y producen hasta un 30% más en condiciones de sequía. Los mayores rendimientos del maíz tolerante a la sequía podrían ayudar a reducir hasta en un 9% el número de personas que viven en la pobreza en esos 13 países.²⁶⁹ Solo en Zimbabwe, ese efecto alcanzaría a más de medio millón de personas. Desde su lanzamiento en 2010, el proyecto ha desarrollado 21 variedades cultivadas convencionalmente en pruebas de campo que produjeron hasta 1 tonelada más por hectárea en suelos pobres en nitrógeno que las variedades disponibles en el mercado. Los investigadores del proyecto afirman que se tardará 10 años como mínimo para desarrollar una variedad modificada genéticamente similar.²⁷⁰

CONCLUSIÓN: TRANSFORMANDO NUESTROS SISTEMAS ALIMENTARIOS

Es obvio que algo no funciona en nuestra forma de producir, comercializar y consumir alimentos. Mil millones de personas no tienen lo suficiente para comer, mientras que otros mil millones sufren sobrepeso.

Nuestras prácticas agrícolas actuales utilizan grandes cantidades de recursos de agua y energía que son escasos, y agravan el cambio climático que precisamente amenaza todo el sistema alimentario.

Tiramos al menos un tercio de la comida y cada año, tierras agrícolas insustituibles se degradan o se pierden por una mala gestión. Se están destruyendo nuestros menudantes ecosistemas en pro de la agricultura y la industria alimentaria sigue actuando como si los recursos de tierras fueran inagotables. En muchos lugares la contaminación que genera la agricultura está alcanzando niveles críticos pero, a pesar de ello, la mayoría de los estudios de investigación se centran en encontrar formas de utilizar más agroquímicos en vez de menos. Nuestras prácticas agrícolas actuales utilizan grandes cantidades de unos recursos de agua y energía limitados, y agravan el cambio climático que precisamente amenaza todo el sistema alimentario.

La mayoría de los agricultores tienen un interés genuino por la salud y productividad a largo plazo de sus tierras. El hecho de que muchos se vean atrapados en una espiral de gestión insostenible genera mucha angustia. Los agricultores están atrapados entre las demandas de un sistema alimentario que los exprime económicamente, un público que exige alimentos baratos y los múltiples usos contradictorios de las tierras. Así, no es de extrañar que en muchos países los agricultores se encuentren entre los grupos con un riesgo más alto de suicidio.²⁷¹ Hace tiempo que necesitamos una transformación radical de todo nuestro sistema alimentario. Esta transición hacia unos sistemas alimentarios netos positivos depende del desarrollo e implementación de una agenda proactiva.²⁷²

Un plan de diez puntos que abarque la gestión de las tierras y la seguridad humana y se base en derechos, incentivos y responsabilidades

En el futuro, habrá que alimentar a más gente. La seguridad alimentaria está amenazada y no hay una única solución al problema. Sin embargo, el mundo tendrá que trabajar y hacer un esfuerzo conjunto para abordar los problemas de escasez, degradación, desigualdad y residuos. Serán esenciales diez pasos claves; éstos se enumeran a continuación y se desarrollarán más adelante con mayor detalle. Algunos de ellos ya están en marcha y necesitan el respaldo de las políticas nacionales y las decisiones de los consumidores; otros requieren un replanteamiento radical de nuestra manera de enfocar todo el sistema alimentario, desde la producción y la distribución hasta el consumo. Hasta ahora, la respuesta se ha centrado principalmente en la intensificación, lo que ha impulsado la producción de alimentos pero también ha generado una amplia gama de efectos secundarios, entre ellos: contaminación, salinización, degradación de la tierra, plagas, enfermedades, especies invasoras y pérdida de la variabilidad genética y el potencial evolutivo.

Estos diez pasos nos acercarán a un enfoque multifuncional de la producción de alimentos que hace hincapié en la salud humana, los servicios ecosistémicos, la eficiencia de los recursos y, sobre todo, la sostenibilidad para las generaciones futuras.

1. Reducir la diferencia entre el rendimiento real y el potencial en todos los entornos
2. Usar la tierra, el agua, los nutrientes y pesticidas de manera más eficiente
3. Reducir los impactos externos de la producción tanto alimentaria como no alimentaria
4. Dejar de ampliar la frontera agropecuaria
5. Pasar a consumir dietas con una mayor presencia de alimentos integrales y vegetales
6. Sensibilizar sobre la salud, la sostenibilidad y la responsabilidad
7. Recompensar las prácticas de manejo sostenible de la tierra
8. Reducir el desperdicio de comida y las pérdidas posteriores a la cosecha
9. Mejorar la seguridad de la tenencia de la tierra, el acceso a alimentos nutritivos y la equidad de género
10. Implementar enfoques integrados de manejo del paisaje

1. Reducir la distancia entre el rendimiento real y potencial en todos los entornos

La idea de que contamos con suficiente comida para alimentar a la población mundial hasta finales del siglo XXI suele basarse en el supuesto de que es posible seguir aumentando los rendimientos de los cultivos. Sin embargo, muchos expertos se mantienen escépticos y consideran que muchas de las predicciones sobre el aumento de los rendimientos son excesivamente optimistas.²⁷³

La brecha de rendimiento se refiere a la diferencia entre los rendimientos reales de los cultivos y los rendimientos potenciales en un lugar teniendo en cuenta las prácticas y tecnologías agrícolas existentes. Es mucho más fácil impulsar la producción de cultivos con una gran brecha de rendimiento que aumentar la producción en granjas que ya ofrecen un alto rendimiento. Sin embargo, gran parte de la investigación y extensión agrícola sigue centrándose en este último factor. Dirigiendo la atención a cerrar las brechas de rendimiento, sin incurrir en unos costos ambientales y de recursos excesivos, se generarían ganancias más inmediatas y rentables en la producción de alimentos en gran parte del mundo en desarrollo. Si 16 cultivos importantes de alimentos o forraje logran acercarse al 95% de su rendimiento potencial,

se incrementaría la producción en 2.300 millones de toneladas o, en términos porcentuales, se conseguiría un aumento del 58%. Incluso si los rendimientos alcanzaran solo el 75% de su potencial, la producción mundial aumentaría en 1.100 millones de toneladas.²⁷⁴

La variabilidad del rendimiento de los cultivos depende principalmente de los niveles de nutrientes, la disponibilidad de agua y el clima. Es posible lograr un gran aumento de la producción, del 45 al 70% para la mayoría de los cultivos, principalmente con un mayor acceso a los nutrientes, y en algunos casos al agua, junto con una reducción de los desequilibrios y deficiencias de los nutrientes. Las investigaciones sugieren que hay grandes oportunidades para reducir el uso excesivo de nutrientes y, al mismo tiempo, dejar margen para aumentar la producción de cereales importantes (por ejemplo, maíz, trigo y arroz) en aproximadamente un 30%.²⁷⁵

Los responsables de cerrar las brechas de rendimiento no son tanto los científicos e investigadores, sino los extensionistas, los gobiernos, las organizaciones agrícolas, la industria alimentaria y la sociedad civil, con capacidad de compartir conocimientos y experiencias, facilitar recursos y proporcionar una infraestructura comercial. También son responsables los propios agricultores y productores.

Incluso si los rendimientos alcanzan solo el 75% de su potencial, la producción mundial aumentaría en 1100 millones de toneladas.



© CIMMYT / P. Lowe

2. Usar la tierra, el agua, los nutrientes y pesticidas de manera más eficiente

La inseguridad alimentaria puede reducirse simplemente eliminando gran parte de la pérdida y el desperdicio del sistema, por ejemplo: desarrollando capacidades entre los productores de alimentos, estableciendo compromisos para mejorar la gestión y protección, e introduciendo tecnologías mejoradas. Estos esfuerzos, por supuesto, deben contar con el respaldo de políticas de incentivos y una reducción de los subsidios que son nocivos y que fomentan el uso de agua y agroquímicos.

Actualmente, muchos agricultores utilizan pesticidas de manera ineficiente,²⁷⁷ sin entender los efectos secundarios,²⁷⁸ quedando así atrapados en un ciclo creciente de uso²⁷⁹ de productos que a veces pueden incluso estar prohibidos.²⁸⁰ Además, gran parte del equipo utilizado para aplicar pesticidas sigue siendo muy rudimentario, lo que da lugar tanto a un flujo de gotas excesivamente pequeñas o a una pérdida de producto por la generación de gotas de mayor tamaño.²⁸¹

Las tecnologías mejoradas y los procedimientos de aplicación inteligente pueden reducir drásticamente los volúmenes de pesticidas²⁸² y, por lo tanto, los impactos externos y cargas tóxicas. Existen opciones técnicas mejoradas, pero su uso sigue siendo muy limitado,²⁸³ los vacíos legales en muchos países fomentan su uso indebido.²⁸⁴ La mejora de la eficiencia también precisará una mayor inversión en la investigación. En muchos países se ha reducido la financiación pública para la investigación con el argumento de que las empresas de plaguicidas deberían pagarla. Sin embargo, obviamente dichas empresas no tienen grandes incentivos para invertir en sistemas que reducirían sus ventas.

Existen opciones similares para reducir los insumos de fertilizantes y el uso de agua, especialmente mediante planes nacionales o regionales integrados.²⁸⁵

Las pruebas de nutrientes en suelos y cultivos, un mayor control del momento propicio de aplicación (identificando las condiciones meteorológicas adecuadas), los fertilizantes de liberación lenta y controlada, el uso de inhibidores de la ureasa y la nitrificación para disminuir las pérdidas de nitrógeno, y la aplicación dirigida más que al voleo, son medidas que pueden reducir los desechos de fertilizantes.²⁸⁶ Existe una serie de técnicas de gestión conocidas para conservar el agua, como la agricultura de conservación, el uso de estiércol y compost, franjas vegetales para controlar la escorrentía, la agrosilvicultura, la recolección de agua, la rehabilitación de zanjas y las terrazas.²⁸⁷

El concepto de «intensificación sostenible» está ganando terreno. Se define como todo esfuerzo para «intensificar» la producción de alimentos que vaya acompañado de un enfoque coordinado para hacerla «sostenible», es decir, minimizar las presiones en la tierra y el medio ambiente. Ahora millones de fincas utilizan los enfoques de manejo integrado de plagas: la investigación demuestra que se pueden lograr mayores

Cuadro 7.6: Cerrando la brecha de rendimiento en Brasil

En el caso de Brasil, un país rico en carbono terrestre y biodiversidad, se prevé que la producción agrícola aumente significativamente durante los próximos 40 años. Un estudio reciente ha presentado la primera estimación de la capacidad de carga de 115 millones de hectáreas de pastizales cultivados en Brasil, por el cual los investigadores analizaron si un uso más sostenible de estas tierras de producción podría cubrir el aumento previsto de la demanda de carne, cultivos, madera y biocombustibles. Concluyeron que la productividad actual está al 32-34% de su potencial y que una intensificación sostenible para elevar dicha productividad al 49-52% proporcionaría un suministro adecuado de estos bienes hasta al menos el año 2040, sin que ello implique una mayor degradación de tierras o ecosistemas y con notables beneficios para el almacenamiento de carbono.²⁷⁶

rendimientos con reducciones del uso de pesticidas así como²⁸⁸ una mayor diversidad intraespecífica de cultivos para el manejo de plagas.²⁸⁹ También sugiere que una agricultura eficiente no requiere la adopción de monocultivos de gran escala.²⁹⁰ Los sistemas agrícolas de pequeña escala, con mucha mano de obra y bajos insumos suelen generar mayores rendimientos que los sistemas convencionales.²⁹¹ Los enfoques de extensión como las Escuelas de Campo de Agricultores, la promoción de la educación, el co-aprendizaje y el aprendizaje empírico pueden ayudar a reducir el uso inútil e innecesario de pesticidas.²⁹² Sin embargo, se invierte mucho menos en investigar sistemas de bajos insumos, y este enfoque continúa siendo infravalorado.

3. Reducir los impactos externos de la producción tanto alimentaria como no alimentaria

Los efectos secundarios del actual sistema alimentario amenazan con socavar los mismos procesos que pretende mantener debido a la emisión de gases de efecto invernadero y la degradación del potencial biológico y económico de la tierra. Los esfuerzos para mitigar los impactos externos de la producción de alimentos deben centrarse en establecer prácticas de manejo que garanticen un suministro más eficaz de los agroquímicos para evitar que se propaguen por el entorno, así como el desarrollo y aplicación de alternativas más seguras y eficaces. Los esfuerzos para cerrar la brecha de rendimiento (paso 1) solo producirán un beneficio neto si al mismo tiempo se reducen los impactos externos, es decir: intensificación sostenible.

Un análisis de 85 proyectos en 24 países estimó que la mitad de todos los plaguicidas utilizados son innecesarios.²⁹³ Los agricultores suelen guiarse por el asesoramiento que les ofrecen las empresas

Existen una serie de técnicas de gestión conocidas para conservar el agua, como la agricultura de conservación, el uso de estiércol y compost, franjas vegetales para controlar la escorrentía, la agrosilvicultura, la recolección de agua, la rehabilitación de zanjas y las terrazas.

Cuadro 7.7: Agricultura de precisión

La agricultura ha sido una de las últimas industrias en adoptar un enfoque empresarial orientado a la información y en tiempo real. La agricultura de precisión utiliza una sofisticada tecnología de monitoreo que evalúa variables como las condiciones meteorológicas y del suelo y, combinada con herramientas de modelado, para ayudar a los productores a ajustar las operaciones agrícolas como respuesta a la variabilidad entre campos.²⁹⁶ La introducción de un asesoramiento objetivo en tiempo real a lo largo del ciclo de cultivo ayuda a los productores a optimizar las opciones sobre qué, cuándo y dónde plantar, así como qué aplicar a la planta y al suelo. Ayuda a aumentar la eficiencia de la producción al tiempo que se reduce la degradación in situ del suelo y los impactos ambientales externos. La agricultura de precisión se basa en la capacidad de captar, interpretar y evaluar los beneficios económicos y ambientales de determinadas acciones de gestión.²⁹⁷

agroquímicas o sus agentes.²⁹⁴ En 2014, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos concluyó que la aplicación de revestimientos de semillas de neonicotinoides a la soja ofrecían «un beneficio limitado o nulo», sin embargo, su uso generalizado suponía un costo para los agricultores de 176 millones de dólares al año.²⁹⁵ Se podría tomar la iniciativa de reducir el uso de agroquímicos y las pérdidas utilizando la tecnología actual, elaborando también una lista detallada de las necesidades y condiciones de los cultivos, como en la agricultura de precisión. El asesoramiento claro e

imparcial y el apoyo a los agricultores es un paso básico en este proceso.

A corto plazo, los esfuerzos por reducir la contaminación externa deben centrarse donde puedan generarse mayores beneficios o donde los impactos sean más severos. China, India y Estados Unidos, juntos, representan el 65% del uso excesivo de nitrógeno y fósforo a nivel mundial. Si se concentran los esfuerzos en mejorar la eficiencia de los fertilizantes para un pequeño número de cultivos y países, se podría reducir potencialmente la contaminación global por nitrógeno y fósforo, lográndose mejoras de eficiencia al modificar el momento de aplicación, la ubicación y el tipo de fertilizante utilizado.²⁹⁸

Un impacto externo crítico son las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la agricultura. En algunos casos, es posible que sea difícil reducir las sin realizar grandes cambios en los sistemas de producción, como la reducción de las emisiones de los rumiantes. En otros sistemas de producción de alimentos, la introducción de unos pequeños cambios en las prácticas puede marcar la diferencia, por ejemplo: usando diferentes especies o variedades de cultivos, sembrando en diferentes épocas del año y prestando atención a los pronósticos del tiempo.²⁹⁹ La selección de especies, junto con la debida gestión del agua, el suelo y la gestión de rastrojos, pueden reducir las emisiones de la producción de arroz.³⁰⁰ Las formas regenerativas de la agricultura, que utilizan procesos naturales para ayudar a crear suelos, retener el agua, capturar el carbono y aumentar la biodiversidad, son objeto de una atención creciente.

Tabla 7.2: Elementos de la agricultura de precisión

Categorías	Asesoramiento Ofrecido	Descripción
Cultivos	Selección de variedades	Selección de variedades de semillas
	Mejores épocas de siembra	Momento y condiciones adecuadas para plantar
	Densidad de siembra variable	Siembra basada en la variabilidad entre campos
Uso de fertilizantes	Dosis de fertilizante variable	Aplicación de nutrientes basada en la variabilidad entre campos
	Mapas del terreno	Mapas del terreno para favorecer una aplicación precisa
	Dosis de aplicación variable	Aplicación de químicos basada en la variabilidad entre campos
	Asesoramiento en materia de sostenibilidad	Pasos hacia la optimización sostenible de los recursos
Manejo de plagas y enfermedades	Diagnóstico de enfermedades	Evaluación predictiva o diagnóstica
	Escala de problema de plagas	Modelos predictivos y de diagnóstico
	Asesoramiento sobre protocolos	Escalabilidad para diagnósticos por imágenes; algoritmos basados en modelos
Salud de los cultivos	Índices IVDN / EVI	Imágenes de satélites/drones utilizando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada («IVDN,» por sus siglas en inglés), y el Índice de Vegetación Mejorado («EVI,» por sus siglas en inglés) para evaluar las condiciones de campo.
	Alertas meteorológicas/de campo	Modelos predictivos basados en una planificación agronómica con base climática
	Control de los nutrientes del suelo	Mapeo de los nutrientes del terreno basado en algoritmos
	Mapeo de la biomasa	Monitoreo en campo de la materia orgánica

Cuadro 7.8: Agricultura orgánica y sistemas integrados de producción

Son varios los tipos de agricultura que pueden tener cabida a la hora de alimentar al mundo según la disponibilidad de la tierra, el grado de autosuficiencia de los sistemas agrícolas en términos de insumos críticos en las cadenas de valor, tales como los nutrientes y otros recursos, la escala de la producción de alimentos, y el comercio deseado y factible de los productos agrícolas.³⁰¹ Los alimentos de cultivo orgánico, bebidas, suplementos, cosméticos y otros bienes están experimentando un fuerte crecimiento en los países desarrollados y entre las clases medias emergentes del mundo en desarrollo. Los beneficios percibidos tanto para el medio ambiente como para la salud humana (nutricionales) son los principales impulsores del crecimiento de este mercado. Más de una cuarta parte de las tierras agrícolas orgánicas del mundo y más de 1,9 millones de productores orgánicos a nivel mundial, es decir, el 86%, se encuentran en países en desarrollo o en mercados emergentes, particularmente en India (650,000), Uganda (189,610) y México (169,703).³⁰² La agricultura orgánica está definida y verificada por una serie de normas nacionales y globales.

Aborda muchos de los factores causantes de la degradación de la tierra y sus impactos externos al eliminar el uso de fertilizantes químicos y la mayoría de los pesticidas, ayudando a crear materia orgánica en el suelo y poner en práctica métodos de conservación del agua. En el mundo ya hay más de 43 millones de hectáreas de producción orgánica, y otros 35 millones de hectáreas de áreas

naturales o seminaturales utilizadas para la recolección de productos «silvestres» biológicamente certificados, como miel y hierbas.³⁰³ En la mayoría de los casos, los sistemas orgánicos a gran escala producen rendimientos más bajos que los sistemas convencionales, sin embargo, suelen generalmente proteger los servicios ecosistémicos vinculados, y el crecimiento de la demanda ha aumentado constantemente: en 2013, las ventas mundiales alcanzaron los 72 mil millones de dólares y se prevé que dupliquen para 2018.³⁰⁴ Hay pruebas fehacientes de que la agricultura orgánica contribuye a una mayor biodiversidad.³⁰⁵ La agricultura orgánica se centra en aumentar la materia orgánica del suelo, conservar la biodiversidad de las explotaciones agrícolas y usar menos energía.³⁰⁶ Sin embargo, en algunos casos, puede minar los nutrientes del suelo y, a largo plazo, mermar la materia orgánica del mismo.³⁰⁷ Un meta-análisis realizado recientemente muestra que en algunos casos la agricultura orgánica se acerca a los rendimientos de la agricultura convencional, pero en otros casos no.^{308 309} La productividad de la agricultura orgánica se está potenciando aún más gracias a la introducción de una mayor diversidad de cultivos con un manejo integrado de plagas, sustituyendo así plaguicidas por plantas complementarias.³¹⁰ En la actualidad, el papel de la agricultura orgánica está infravalorado cuando se abordan los problemas de seguridad alimentaria, sin embargo ofrece oportunidades significativas para el desarrollo futuro.

4. Detener la expansión de la frontera agrícola

Una mayor expansión de la agricultura en los ecosistemas naturales, principalmente a través de la deforestación y otros cambios en el uso de la tierra, como la conversión de pastizales en cultivos, conlleva unos costos inadmisiblemente altos que se traducen en una pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos, y a menudo, en retornos muy modestos en términos de los alimentos producidos.³¹¹ Cuando la expansión es absolutamente necesaria, ello debería ocurrir en áreas ya degradadas, donde sea poco lo que se pueda recuperar o perder,³¹² o en tierras abandonadas donde los servicios ecosistémicos puedan recuperarse convirtiéndolos en tierras de cultivo. Incluso en estos casos, la selección de los sitios debe realizarse con sumo cuidado. Por ejemplo, muchos pastizales de Imperata en Asia se desarrollaron como resultado de prácticas de quema insostenibles y parecen estar degradados, sin embargo, continúan apoyando la agricultura de subsistencia.³¹³ Planificar y gestionar el cambio en el uso de la tierra requiere un liderazgo e instituciones fuertes, pero también las empresas y los consumidores tienen mucho que aportar; por ejemplo, varios sistemas de certificación estipulan que los productos que cubren, tales como el aceite de palma y la soja, no proceden de plantaciones establecidas en bosques recientemente despejados (ver Paso 6).

5. Cambiar las dietas enteras a más alimentos vegetales.

Introducir cambios en la dieta, especialmente en los países más ricos, podría tener importantes impactos positivos tanto en la salud de las personas como en las condiciones de la tierra. Prácticamente todas las hipótesis sobre la disponibilidad futura de alimentos muestran que reducir el consumo de carne, especialmente la de vacuno, es la forma más rápida y eficaz de aumentar la seguridad alimentaria y reducir las emisiones de carbono y los impactos externos.³¹⁴ Incluso reducir ese consumo ligeramente hasta el nivel recomendado por las autoridades sanitarias³¹⁵ supondría un gran ahorro de tierra y recursos. Por ejemplo, la reasignación de las tierras que actualmente se utilizan para alimentar el ganado en los Estados Unidos y pasar a producir piensos para aves de corral cubriría las necesidades calóricas y proteicas de 120-140 millones de personas más.³¹⁶

Los cambios en las dietas deben abordar la bomba de tiempo que representa la obesidad crónica y sus impactos en el bienestar y esperanza de vida de las personas, los servicios de salud y las economías.³¹⁷ Las malas dietas, muchas de ellas promovidas implícitamente por los grandes minoristas,³¹⁸ ya han minado la salud de mil millones de personas. Las campañas de salud pública se han esforzado por



© jlo-ma

sensibilizar a una generación enganchada a la comida rápida y a una dieta alta en proteínas y grasas. Se precisa una formación sobre salud basada en el estímulo positivo, no en «humillar a la persona obesa»,³¹⁹ hacer más ejercicio,³²⁰ subir los impuestos que gravan la comida poco saludable (en la región, en al menos un 20%)³²¹ y, cuando se estime necesario, marcos legislativos. La aparición de impuestos sobre el azúcar, un impuesto a las gaseosas en México³²² e iniciativas similares muestran que muchos gobiernos cada vez son más conscientes de la magnitud del problema.

Una manera de subrayar las marcadas diferencias es evaluar la productividad agrícola en términos de personas alimentadas por hectárea en vez de toneladas por hectárea. Según la actual mezcla de usos de los cultivos, la producción de alimentos exclusivamente para consumo humano directo tendría el potencial de aumentar la producción de calorías hasta en un 70%, lo suficiente para alimentar a cuatro mil millones de personas, e incluso pequeños cambios en la asignación de cultivos para producir piensos y biocombustibles aumentarían notablemente los alimentos disponibles en el mundo.³²³ Un cambio hacia el consumo de alimentos menos procesados

y menos carne a la larga nos conducirá a prácticas más sostenibles en la producción de alimentos.

6. Sensibilizar sobre la salud, la sostenibilidad y la responsabilidad

La experiencia demuestra que muchas personas están preparadas para tomar decisiones saludables y éticas sobre los alimentos cuando se les facilita información precisa y oportuna. Tanto los programas obligatorios como los voluntarios tienen un rol que desempeñar. Los programas obligatorios de etiquetado ecológico conducidos por el gobierno que ofrecen datos sobre información nutricional, contenido calórico, consejos dietéticos y riesgos para la salud pueden persuadir a muchos consumidores, como se ha comprobado, por ejemplo, con los controles de la publicidad sobre cigarrillos.

Al mismo tiempo, el aumento de los programas voluntarios de certificación de productos supone un apoyo para los consumidores dispuestos a elegir e invertir en productos que minimicen la degradación ambiental y sus emisiones de carbono. El rápido crecimiento en las dos últimas décadas de los programas de comercio real y certificación ambiental proporcionan la base para una producción más sostenible, ya que existen sistemas y normas de buena gestión para garantizar que quienes participan en dichos programas cumplan sus compromisos. La tabla 7.3 presenta algunos de los programas más destacados.

7. Recompensar las prácticas de manejo sostenible de la tierra

La agricultura representa el mayor uso de la tierra del planeta y las tierras agrícolas son escasas. En el futuro, las tierras de cultivo deberán administrarse de una forma mucho más consciente a fin de ofrecer una amplia gama de servicios ecosistémicos, no solo comida, fibras y combustibles.³³⁵ La agricultura requiere transformarse de ser una fuente del cambio climático a un sumidero de carbono. Muchos de los pasos que llevan a una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero son los mismos que los ya identificados: menos fertilizantes a base de nitrógeno, menor consumo de energía fósil, mejor manejo de residuos, aumento de la materia orgánica del suelo, restauración ecológica y mejoras en el riego.³³⁶ Los suelos agrícolas deben ser conservados, tanto en aras de la productividad como para evitar impactos posteriores. Los polinizadores, que se enfrentan a amenazas extremas en algunas áreas, precisan unos enfoques de conservación especializados.³³⁷ En algunos casos, esta forma de gestión más holística ha estado en vigor durante décadas o siglos; en otros, precisará un cambio radical en las actitudes.

También implicará un cambio en la forma de trabajar y hacer negocios de los agricultores. Si se espera que las granjas ofrezcan múltiples beneficios, deben pagar algo por ellos, por ejemplo, una mayor diversificación puede significar que una mayor proporción de los ingresos agrícolas provenga de fuentes de financiación innovadoras, como los esquemas de Pago por Servicios Ecosistémicos («PES,» por sus siglas en inglés).

El diseño de un giro hacia recompensas para los administradores de tierras basado en múltiples funciones y servicios precisará acciones a todos los niveles: subsidios e incentivos a nivel local, nacional y, algunas veces, internacional; plataformas equitativas para las partes interesadas que vinculen a empresas, autoridades locales, extensionistas agrícolas y ONGs con proveedores de ecosistemas takes como administradores de tierras, agricultores individuales o cooperativas; sistemas de valoración para garantizar precios justos y mecanismos financieros para la recaudación y el desembolso de compensaciones financieras y de otra índole. Aunque cada vez se cuenta con más experiencia, aún queda mucho por aprender.

8. Reducir el desperdicio de comida y las pérdidas posteriores a la cosecha

Dado que un tercio de los alimentos producidos nunca llega al estómago de los consumidores, a primera vista la reducción de desperdicios parecería ser una victoria fácil en términos de seguridad alimentaria y nutricional. Sin embargo, en la práctica no es tan fácil ya que una cultura de residuos se ha asentado en la estructura de nuestros sistemas alimentarios mediante políticas adquisitivas y comerciales, normativas alimentarias, y la economía de la distribución y el comercio minorista. Esto supondrá un cambio en las normas sobre fechas de caducidad y la actitud de los consumidores hacia las frutas y hortalizas deformes, una importante campaña pública de reeducación sobre nuestra

Cuadro 7.9: Pago por Servicios Ecosistémicos (PSE)

En teoría, es posible cobrar cuotas de usuario a las personas y empresas que se benefician de los servicios ecosistémicos con el objeto de ayudar a compensar los posibles beneficios a los que renuncian quienes gestionan los ecosistemas generadores de dichos servicios. Los sistemas PSE (también denominados PSA: Pago por Servicios Ambientales) pueden brindar una forma importante de apoyo a los agricultores y administradores de tierras que ofrecen estos servicios,³³⁸ por ejemplo, protegiendo los bosques para mantener la calidad del agua o reduciendo los niveles de adquisición y existencias en las zonas montañosas para fomentar el crecimiento de la vegetación y así reducir el riesgo de inundaciones. Aproximadamente el 80% del millón y medio de habitantes de Quito recibe agua potable de dos áreas protegidas: la Reserva Ecológica Antisana (120.000 ha) y el Parque Nacional Cayambe-Coca (403,103 ha). El gobierno está trabajando con una ONG local y las comunidades agrícolas para proteger las cuencas, introduciendo una aplicación más estricta de la protección en las cuencas superiores así como medidas para mejorar o proteger las funciones hidrológicas y los pozos de agua, prevenir la erosión y estabilizar las riveras y laderas.³³⁹ Actualmente, los sistemas de PSE adecuados para los agricultores se centran en la captura de carbono, la conservación forestal, la protección de cuencas hidrográficas y la reducción del riesgo de desastres; los pagos pueden realizarse en efectivo o en especie, tales como equipos, colmenas, etc.³⁴⁰ El valor de los servicios ecosistémicos de la agricultura es enorme; el desafío consiste en encontrar formas política y socialmente aceptables de garantizar que los agricultores que protegen estos valores reciban una compensación adecuada.³⁴¹

cultura de residuos y lo que constituye un alimento aceptable o recomendable y, por último, cambios en la estructura de una industria alimentaria basada en el movimiento constante y a gran escala de los productos alimenticios.

Sin embargo, es muy fácil empezar. Existen muchas opciones técnicas, políticas y de estilo de vida para reducir los desechos, incluyendo, el facilitar

Figura 7.7: Pérdidas de alimentos a lo largo de la cadena alimentaria: Rediseñado de³⁴⁵



Tabla 7.3: Programas de certificación voluntaria

Plan de certificación voluntaria	Competencia y antecedentes
Bonsucro Iniciativa para una Mejor Caña de Azúcar	En su labor por fomentar la sostenibilidad del sector de caña de azúcar, Bonsucro cuenta con casi 200 miembros en 27 países. ³²⁴
Alianza para el Clima, la Comunidad y la Biodiversidad («CCBA,» por sus siglas en inglés)	Iniciativa multi-organizacional que promueve actividades de gestión de tierras que mitiguen con credibilidad el cambio climático, incluyendo los proyectos REDD+. ³²⁵
Comercio Equitativo Internacional («FLO,» por sus siglas en inglés)	Establece estándares internacionales para garantizar un comercio que brinde a los agricultores una vida digna con numerosas normas específicas para productores y grupos de comerciantes así como para determinados productos. ³²⁶
Consejo de Administración Forestal («FSC,» por sus siglas en inglés)	Uno de los varios programas de certificación forestal que impone controles sobre la tala de bosques naturales. ³²⁷
Mesa Redonda Internacional para una Carne de Vacuno Sostenible («GRSB,» por sus siglas en inglés)	Promueve la producción responsable de carne de vacuno a través de toda la cadena de suministro. ³²⁸
Iniciativa para Garantizar la Minería Responsable («IRMA,» por sus siglas en inglés)	Desarrollando un programa de certificación para las actividades mineras. ³²⁹
Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica («IFOAM,» por sus siglas en inglés)	Organismo internacional que establece normas generales para la agricultura orgánica con normas nacionales a las que deben ajustarse aquellos vinculados al IFOAM. ³³⁰
ProTerra	Grupo holandés que certifica todos los aspectos de la cadena alimentaria. ³³¹
Mesa Redonda sobre Soja Responsable («RTRS,» por sus siglas en inglés)	Su objetivo es reducir los impactos ambientales de la soja: en la actualidad la RTRS cuenta con 181 miembros y 1.3 millones de toneladas de soja certificada vendida en 2014. ³³²
Mesa Redonda sobre Aceite de Palma Sostenible («RSPO,» por sus siglas en inglés)	Con el objetivo de reducir los impactos ambientales y sociales de la producción de aceite de palma, la RSPO tiene más de 2,000 miembros y más de 3 millones de hectáreas certificadas. ³³³
Red de Agricultura Sostenible (RAS)	Una coalición de organizaciones sin fines de lucro que promueve la sostenibilidad ambiental y social de la agricultura mediante el desarrollo de estándares de buenas prácticas, certificación y capacitación. ³³⁴

la donación y redistribución de alimentos, usando enfriadores evaporativos en lugares donde no hay acceso a la refrigeración, introduciendo bolsas de plástico de cierre hermético o cajas de plástico para cultivos, usando silos metálicos más pequeños, reduciendo la confusión que existe con las etiquetas de la fecha de los alimentos, organizando campañas de sensibilización para los consumidores y reduciendo el tamaño de las porciones en restaurantes y cafeterías. Los gobiernos deben fijar metas de reducción de residuos; si la tasa actual de pérdidas y desperdicios de alimentos pudiera reducirse a la mitad para el año 2050, por ejemplo, produciría aproximadamente el 22% de la brecha entre los alimentos producidos hoy y la demanda proyectada para mediados del siglo.³⁴²

En los países en desarrollo, los desperdicios y pérdidas de alimentos se generan principalmente en las primeras etapas de la cadena de valor de los alimentos y tienen su origen en las limitaciones financieras, gerenciales y técnicas de los métodos de recolección, así como de las instalaciones para distribución, almacenamiento y refrigeración. La cooperación entre los agricultores podría reducir el riesgo de sobreproducción al permitir que los excedentes de cultivos de una granja equilibren la

escasez de cultivos en otra.³⁴³ En los trópicos, las malas instalaciones de almacenamiento y la falta de infraestructura causan pérdidas de alimentos después de la cosecha; para superar este reto se precisará una infraestructura mejorada para carreteras, energía, mercados y, en última instancia, para instalaciones de almacenamiento y de la cadena de refrigeración.³⁴⁴ La falta de instalaciones de procesamiento también da lugar a pérdidas de alimentos debido a la estacionalidad de la producción y el costo de invertir en instalaciones de procesamiento que no se utilizarán el año entero.

9. Mejorar la seguridad de la tenencia de la tierra y la equidad de género

La mayoría de los pasos anteriores son relevantes para todo el sistema alimentario y, de hecho, para todo el planeta. Sin embargo, en el contexto de la seguridad alimentaria, son los más pobres los que más sufren, incluidos los habitantes rurales sin acceso a la tierra y los habitantes de las zonas urbanas pobres para comprar suficiente comida para alimentar a sus familias. Reconocer que tenemos un enorme problema de obesidad no debe eclipsar

el hecho de que casi la misma cantidad de personas están por debajo de su peso apropiado por carecer de suficiente nutrición y, si se verifican las actuales proyecciones, este número es probable que aumente en el futuro. Un sistema alimentario que no logra atender las necesidades de los pobres, sin tierra e impotentes, tampoco logrará garantizar la seguridad alimentaria³⁴⁶ y, observando las tendencias recientes, esa vulnerabilidad tiende a crecer.

Un elemento crítico del éxito es el reconocimiento de los derechos de las mujeres para garantizar la tenencia de la tierra, independientemente de los miembros masculinos de la familia. Tales derechos deben establecerse por ley en los países donde esto aún no sucede, y deben ser difundidos, explicados e implementados en lugares donde los cambios legales no han hecho mucha diferencia en las prácticas cotidianas. Las cuestiones de género van más allá de la mera propiedad e influyen en el tipo de agricultura practicada. En los países donde el trabajo agrícola recae principalmente en los hombros de las mujeres, también se debe fomentar una mayor equidad en las condiciones de trabajo, tanto para aumentar el bienestar general- como para garantizar la máxima eficiencia.

La justicia alimentaria es mucho más que el volumen de alimentos producidos. Las estrategias que buscan desarrollar sistemas alimentarios resilientes necesitan ir más allá de las cuestiones agrícolas tradicionales y tener en cuenta, por ejemplo, los temas de equidad de género y justicia social que determinan el acceso a la tierra y los recursos naturales; adoptar enfoques agroecológicos integrados para producir más alimentos con un menor impacto ambiental; apoyar más sistemas alimentarios organizados a nivel regional; e incorporar en las políticas de producción el acceso a alimentos saludables y culturalmente relevantes.³⁴⁷

La redistribución de la tierra perteneciente a los propietarios ricos de las grandes explotaciones agrícolas a los agricultores, inquilinos o trabajadores agrícolas pobres puede fomentar el crecimiento económico, la reducción de la pobreza y la equidad de género si se gestiona bien y se cuenta con el respaldo de unas políticas firmes y el desarrollo de capacidades. Por ejemplo, la reforma agraria de base comunitaria en Malawi dio lugar a mejoras en las tenencias de tierras, la seguridad de dichas tenencias, la producción de cultivos, la productividad, así como un aumento de los ingresos y la seguridad alimentaria.³⁴⁸

Las reformas agrarias que buscan distribuir tierra a los pobres necesitan acometer la tarea con sumo cuidado de forma que se redistribuya la tierra sin provocar tensiones políticas ni dañar la posición de

los pequeños agricultores existentes. Lo que debe incluir, por ejemplo, factores para mejorar el poder adquisitivo de los pobres, eliminar los incentivos que fomentan la concentración parcelaria y proporcionar suficientes subsidios y servicios de extensión.³⁴⁹

10. Implementar enfoques integrados de manejo del paisaje

Hasta cierto punto, el Paso 10 es la suma de los nueve anteriores. El aumento de las presiones en las tierras agrícolas, la extensión de la degradación y desertificación de la tierra, el aumento de la contaminación, el cambio climático y el crecimiento de las poblaciones humanas significan que el mundo necesita dejar de centrarse en la producción de alimentos para pasar a considerar las tierras agrícolas como parte de un paisaje multifuncional que suministra alimentos pero que también es responsable de una amplia gama de servicios de apoyo, regulación y culturales.

Gestionar la creciente competencia por los productos y servicios de la tierra, su comercio y los intereses de las distintas partes interesadas, implica una planificación del uso de la tierra que asegure una asignación eficiente de la misma, promueva opciones sostenibles de uso de la tierra y ayude a equilibrar la competencia entre los diversos usos. La planificación del uso de la tierra no es una simple valoración de ésta, algo que puede resultar muy atractivo para los desarrolladores urbanísticos y perjudicial para la agricultura; tampoco se trata de una clasificación de la capacidad de la tierra. Una planificación integral del uso de la tierra abarca todos los usos potenciales de la misma, por ejemplo, zonas aptas para la agricultura, la silvicultura, la expansión urbana, la vida silvestre, las tierras de pastoreo y las áreas recreativas. Al modificar la estructura espacial de un paisaje y asignar las actividades de uso del suelo a lugares adecuados del paisaje, es posible mejorar la producción de múltiples servicios y la resiliencia del sistema de tierras.³⁵⁰ De esta manera, los sistemas diseñados responderían mejor a los intereses locales y la demanda de servicios ecosistémicos, serían sostenibles desde el punto de vista tanto local como paisajístico, y quedarían implementados en el contexto de gobernanza local y socioeconómica de la tierra.³⁵¹ Otro aspecto importante de estos cambios sistémicos incluye los aspectos psicológicos y sociales que conllevan el cambio de prácticas que a veces han sido aceptadas durante siglos, que requieren de enfoques colaborativos con una amplia gama de actores interesados,³⁵² incluida la industria.³⁵³



REFERENCIAS

- 1 Foley, J.A. 2011. Sustain the planet? *Scientific American*, November 2011, pp. 60–65.
- 2 FAO. 2009. *How to Feed the World in 2050*. FAO, Rome.
- 3 Rivers Cole, J. and McCoskey, S. 2013. Does global meat consumption follow an environmental Kuznets curve? *Sustainability: Science, Practice, and Policy* **9** (2): 26-36.
- 4 Overseas Development Group. 2006. *Global Impacts of Land Degradation*. Paper for the GEF. ODG, University of East Anglia, Norwich, UK.
- 5 Oxford Economics. 2016. *Future trends and market opportunities in the world's largest 750 cities: How the global urban landscape will look in 2030*. Oxford.
- 6 Harvey, M. and Pilgrim, S. 2010. The new competition for land: food, energy and climate change. *Food Policy* **36** (Supplement 1): S40-S51.
- 7 IFPRI. 2009. *Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation*, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- 8 Lambin, E.F. and Meyfroidt, P. 2011. Global land use change, economic globalisation and the looming land scarcity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **108** (9), pp. 3465-3472.
- 9 Harvey, M. and Pilgrim, S. 2010. Op cit.
- 10 FAO. 2006. *Policy Brief: Food security*. FAO, Rome.
- 11 Celentano, D., Rousseau, G.X., Lex Engel, V., Zelarayán, M., Oliveira, E.C., et al. 2016. Degradation of riparian forest affects soil properties and ecosystem services provision in Eastern Amazon of Brazil. *Land Degradation and Development* **28** (2): 482-493.
- 12 Pulido, M., Schnabel, S., Lavado Contado, J.F., Lozano-Parra, J., and González, F. 2016. The impact of heavy grazing on soil quality and pasture production in rangelands of SW Spain. *Land Degradation and Development*. DOI: 10.1002/ldr.2501.
- 13 DeWitt, C.B. 2009. Unsustainable agriculture and land use: restoring stewardship for biospheric integrity. In: Robert S. White, FRS (ed.) *Crisis in Creation*. London: SPCK publishers, pp.137-156.
- 14 Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin III, F.S., et al. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* **464**: 472-475.
- 15 Ibarrola Rivas, M.J. and Nonhebel, S. 2016. Assessing changes in availability of land and water for food (1960-2050): An analysis linking food demand and available resources. *Outlook on Agriculture* **45** (2), 124-131.
- 16 FAO and World Water Council. 2015. *Towards a water and food secure future: Critical perspectives for policy-makers*. FAO and WWC, Rome and Marseille.
- 17 Ray, D.K., Mueller, N.D., West, P.C., and Foley, J.A. 2013. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS ONE* **8** (6): e66428. doi:10.1371/journal.pone.0066428.
- 18 United Nations. 2009. *World Population Prospects. The 2008 Revision*, United Nations, Department of Economic and Social Affairs Population Division, New York.
- 19 FAO. 2009. Op cit.
- 20 Herrero, M. and Thornton, P.K. 2013. Livestock and global change: Emerging issues for sustainable food systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **110** (52): 20878-20881.
- 21 FAO. 2013. *Food Wastage Footprint: Impacts on natural resources – summary report*. FAO, Rome, pp. 6-7.
- 22 FAO. 2013. *Food Wastage Footprint: Impacts on natural resources – summary report*. FAO, Rome, pp. 6-7.
- 23 Institute of Mechanical Engineers. 2013. *Global Food: Waste not, want not*. IME, London. p. 2; Lundqvist, J., C. de Fraiture and D. Molden (2008). *Saving Water: From Field to Fork – Curbing Losses and Wastage in the Food Chain*, SIWI Policy Brief, SIWI.
- 24 FAO. 2013. Op cit.
- 25 Kader, A.A. 2005. Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce. *Proceedings of the 5th International Postharvest Symposium*, Mencarelli, F. (Eds.) and Tonutti P. *Acta Horticulturae*, 682, ISHS.
- 26 Institute of Mechanical Engineers. 2013. Op cit.
- 27 Liu, G. and Liu, S. 2013. Curb China's rising food wastage. *Nature* **489**: 170.
- 28 Dou, Z., Ferguson, J.D., Galligan, D.T., Kelly, A.M., Finn, S.M. et al. 2016. Assessing US food wastage and opportunities for reduction. *Global Food Security* **8**: 19-26.
- 29 Porter, S.D. and Reay, D.S. 2015. Addressing food supply chain and consumption inefficiencies: potential for climate change mitigation. *Regional Environmental Change* **16** (8): 2279-2290.
- 30 FAO. 2013. 'FAOSTAT' (<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E>) accessed November 11, 2016.

- 31 UNEP. 2009. Towards sustainable production and use of resources: Assessing biofuels, United Nations Environment Programme, Division of Technology Industry and Economics, Paris, France.
- 32 Alexander, P., Rounsevell, M.D.A., Dislich, C., Dodson, J.R., Engström, K., et al. 2015. Drivers for global agricultural land use change: The nexus of diet, population, yield and bioenergy. *Global Environmental Change* **35**: 138-147.
- 33 Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. 2007. Water footprint of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. *Waters Resources Management* **21**: 35-48.
- 34 Reynolds, L. and Nierenberg, D. 2012. Innovations in Sustainable Agriculture: Supporting climate-friendly food production. Worldwatch Report 188. Worldwatch Institute, Washington, DC.
- 35 Geist, H.J. and E.F. Lambin. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* **52**: 143-150.
- 36 FAO. 2006. Livestock's Long Shadow: Environmental issues and options. Rome.
- 37 Garnett, T., Rös, E., and Little, D. 2015. Lean, green, mean, obscene...? What is efficiency? And is it sustainable? Food Climate Research Network, Oxford.
- 38 WWF. 2013. Soy and Biodiversity Loss: Expanding markets, declining ecosystems and what we can do about it. WWF International, Gland, Switzerland.
- 39 Herrero, M., Havlik, P., McIntire, J., Palazzo, A., and Valin, H. 2014. African Livestock Futures: Realizing the Potential of Livestock for Food Security, Poverty Reduction and the Environment in Sub-Saharan Africa. Office of the Special Representative of the UN Secretary General for Food Security and Nutrition and the United Nations System Influenza Coordination (UNSCIC), Geneva, Switzerland.
- 40 Schneider, M. 2011. Feeding China's Pigs: Implications for the Environment, China's Smallholder Farmers and Food Security. Institute for Agriculture and Trade Policy.
- 41 Cassidy, E.S., West, P.C., Gerber, J.S., and Foley, J.A. 2013. Redefining agricultural yields: From tonnes to people nourished per hectare. *Environmental Research Letters* **8**: doi:10.1088/1748-9326/8/3/034015
- 42 Eshel, G., Shepon, A., Makov, T., and Milo, R. 2014. Land, irrigation water, greenhouse gas, and reactive nitrogen burdens of meat, eggs, and dairy production in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **111** (33): 11996-12001.
- 43 Stehfest E., Bouwman, L., van Vuuren, D.P., den Elzen, M.G.J., Eikhout, B., et al. 2009. Climate benefits of changing diet. *Climate Change* **95**: 83-102.
- 44 McAlpine, C.A., Etter, A., Fearnside, P.M., Seabrook, L., and Laurance, W.F. 2009. Increasing world consumption of beef as a driver of regional and global change: A call for policy action based on evidence from Queensland (Australia), Colombia and Brazil. *Global Environmental Change* **19**: 21-33.
- 45 Siriwardena, L., Finlayson, B.L., and McMahon, T.A. 2006. The impact of land use change on catchment hydrology in large catchments: The Comet River, Central Queensland, Australia. *Journal of Hydrology*, **326** (1): 199-214.
- 46 Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., et al. 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- 47 Pelletier, N. and Tyedmers, P. 2010. Forecasting potential global costs of livestock production 2010-2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **107** (43): 18371-18374.
- 48 McMichael, A.J., Powles, J.W., Butler, C.D., and Uauy, R. 2007. Food, livestock production, energy, climate change, and health. *The Lancet* **370**: 1253-1263.
- 49 Monteiro, C.A., Moubarac, J.C., Cannon, G., Ng, S.W., and Popkin, B. 2013. Ultra processed products are becoming dominant in the global food system. *Obesity Reviews* **14** (S2): 21-28.
- 50 Malik, V.S., Willett, W.C., and Hu, F.B. 2013. Global obesity: Trends, risk factors and policy implications. *Nature Reviews Endocrinology* **9**: 13-27.
- 51 Swinburn, B.A., Sacks, G., Hall, K.D., McPherson, K., Finegood, D.T., et al. 2011. The global obesity pandemic: shaped by global drivers and local environments. *Lancet* **378**: 804-814.
- 52 Popkin, B.M. and Slining, M.M. 2013. New dynamics in global obesity facing low- and middle-income countries. *Obesity Reviews* **14** (S2): 11-20.
- 53 Lee, J.S.H., Koh, L.P., and Wilcove, D.S. 2016. Junking tropical forests for junk food? *Frontiers in Ecology and the Environment* **14** (7): 355-356.
- 54 CARLSON, K.M., CURRAN, L.M., ASNER, G.P., PITTMAN, A.M., TRIGG, S.N., ET AL. 2013. CARBON EMISSIONS FROM FOREST CONVERSION BY KALIMANTAN OIL PALM PLANTATIONS. *NATURE CLIMATE CHANGE* **3** (3): 283-287.
- 55 WORLD BANK. 2016. THE COST OF FIRE: AN ECONOMIC ANALYSIS OF INDONESIA'S 2015 FIRE CRISIS. WASHINGTON, DC.
- 56 Schrier-Ujji, A.P., Kroon, P.S., Hendriks, D.M.D., Hensen, A., Huissteden, J. van, et al. 2014. Agricultural peat lands: towards a greenhouse gas sink – a synthesis of a Dutch landscape study. *Biogeosciences* **11**: 4559-4576.
- 57 Hooke R.LeB., Martin-Duque, J.F., and de Pedraza, J. 2012. Land transformation by humans: A review. *GSA Today* **22**: 4-10.
- 58 Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., et al. 2005. Global consequences of land use. *Science* **309**: 570-574.
- 59 FAO. 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London.
- 60 Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Berber, J.S., et al., Solutions for a cultivated planet. *Nature*. **478**: 337-342 (2011).
- 61 Stewart, B., Koohafkan, P., and Ramamoorthy, K. 2006. Dryland agriculture defined and its importance to the world. In: Peterson, G., Unger, U.P., and Payne, P.W. (eds.) *Dryland Agriculture*, 2nd edition, pp. 1-24.
- 62 Keenan, R.J., Reams, G.A., Achard, F., de Freitas, J.V., Grainger, A., et al. 2015. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management* **352**, 9-20.
- 63 Joint Research Centre of the European Commission. 2017. World Atlas of Desertification, 3rd edition. Ispra <http://wad.jrc.ec.europa.eu/>
- 64 Obersteiner, M., Kraxner, F., Mosnier, A., Bocqueho, G., Khabarov, N., and Havlik, P. 2014. Addressing the drivers of deforestation: Exploring synergies between REDD (plus) and forest policy. *Proceedings, XXIV IUFRO World Congress, October 5-11, 2014, Salt Lake City, USA The International Forestry Review* **16** (5): 545.
- 65 Herrero, M., et al. 2014. Op cit.
- 66 Barraclough, S.L. and Gimire, K.B. 2000. Agricultural Expansion and Tropical Deforestation: Poverty, International Trade and Land Use. Earthscan, London.
- 67 Gibbs, H.K., Ruesch, A.S., Achard, F., Clayton, M.K., Holmgren, P., et al. 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **107** (38): 16732-16737.
- 68 Wassenaar, T., Gerber, P., Verburg, P.H., Rosales, M. Ibrahim, M., et al. 2006. Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. *Global Environmental Change* **17** 86-104.
- 69 Taylor, R., Dudley, N., Stolton, S., and Shapiro, A. 2015. Deforestation fronts: 11 places where most forest loss is projected between 2010 and 2030. Paper presented at the XIV World Forestry Congress, Durban, South Africa, September 7-11, 2015.
- 70 Rudel, T., DeFries, R., Asner, G.P., and Laurance, W.F. 2009. Changing drivers of deforestation and new opportunities for conservation. *Conservation Biology* **23** (6): 1396-1405.
- 71 Kruglianskas, I. Undated. Soy production in South America: Key issues and challenges. ProForest, Oxford.
- 72 Pacheco, P. 2012. Soybean and oil palm expansion in South America: A review of main trends and implications. Working Paper 90. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- 73 Danielsen, F., Beukema, H., Burgess, N.D., Parish, F., Bruhl, C.A., et al. 2009. Biofuel plantations on forested lands: Double jeopardy for biodiversity and climate. *Conservation Biology* **23** (2): 348-358.
- 74 DeFries, R.S., Rudel, T., Uriarte, M., and Hansen, M. 2010. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nature Geoscience* **3**: 178-181.
- 75 Hasonuma, N., Herald, M., De Sy, V., De Fries, R.S., Brockhaus, M., et al. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environmental Research Letters* **7** (4): 044009. doi:10.1088/1748-9326/7/4/044009.
- 76 Killeen, T.J., Guerra, A., Calzada, M., Correa, L., Calderon, V., et al. 2008. Total historical land-use change in eastern Bolivia: Who, where, when, and how much? *Ecology and Society* **13** (1): 36. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art36/>
- 77 Wassenaar, T., et al. 2006. Op cit.
- 78 Chomitz, K. 2007. At Loggerheads: Agricultural expansion, poverty reduction and environment in tropical forests. The World Bank, Washington, DC.
- 79 Klink, C. and Machado, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology* **19** (3): 707-713.

- 80** Macedo, M.N., DeFries, R.S., Morton, D.C., Stickler, C.M., Galford, G.L., et al. 2012. Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **109** (4): 1341-1346.
- 81** Walker, R. 2011. The impact of Brazilian biofuel production on Amazonia. *Annals of the Association of American Geographers* **101**(4): 929-938.
- 82** Brown, J.C., Koeppe, M., Coles, B., and Price, K.P. 2005. Soybean production and conversion of tropical forest in the Brazilian Amazon: The case of Vilhena, Rondonia. *Ambio* **34** (6): 462-469.
- 83** Butler, R.A. and Laurance, W.F. 2009. Is oil palm the next emerging threat to the Amazon? *Tropical Conservation Science* **2**(1): 1-10.
- 84** Zac, M.R., Cabido, M., Cáceres, D., and Díaz, S. 2008. What drives accelerated land cover change in central Argentina? Synergistic consequences of climatic, socioeconomic and technological factors. *Environmental Management* **42**: 181-189.
- 85** Peres, C.A. and Schneider, M. 2011. Subsidized agricultural resettlements as drivers of tropical deforestation. *Biological Conservation* **151** (1): 65-68.
- 86** Arima, E.Y., Richards, P., Walker, R., and Caldas, M.M. 2011. Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters* **6**: 7pp.
- 87** Morton, D.C., DeFries, R.S., Shimabukuro, Y.E., Anderson, L.O., Arai, E., et al. 2006. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **103**: 14637-14641.
- 88** Soares Domingues, M. and Bermann, C. 2012. The arc of deforestation in the Amazon: The livestock to soy. *Ecology and Society* **15** (2).
- 89** Lambin, E.F. and H.J. Geist. 2003. Regional differences in tropical deforestation. *Environment* **45** (6): 22-36.
- 90** Marien, J.-N. 2009. Peri-urban forests and wood energy: What are the perspectives for Central Africa? In: de Wasseige, C., Devers, D., de Marcken, P., Eba'a, R., Nasi, R., et al. (eds.) *The Forests of the Congo Basin—State of the Forest 2008*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- 91** Bond, I., Chambwera, M., Jones, B., Chundama, M., and Nhantumbo, I. 2010. REDD+ in dryland forests: Issues and prospects for pro-poor REDD in the Miombo woodlands of southern Africa. *Natural Resource Issues No. 21*. IIED, London.
- 92** Cabral, A.I.R., Vasconcelos, M.J., Oom, D., and Sardinha, R. 2010. Spatial dynamics and quantification of deforestation in the central-plateau woodlands of Angola (1990-2009). *Applied Geography* **31**: 1185-1193.
- 93** Geist, H., Otanez, M., and Kapito, J. 2008. The tobacco industry in Malawi: A globalized driver of local land change. In: Millington, A. (ed.) *Land Change Science in the Tropics: Changing Agricultural Landscapes*, Springer.
- 94** Von Maltitz, G. and Setzkorn, K. 2012. Potential impacts of biofuels on deforestation in Southern Africa. *Journal of Sustainable Forestry* **31**: 80-97.
- 95** Boucher, D., Elias, P., Lininger, K., May-Tobin, C., Roquemore, S., et al. 2011. *What's Driving Tropical Deforestation Today?* Union of Concerned Scientists, Washington, DC.
- 96** Schneider, M. 2011. Feeding China's pigs: Implications for the environment, China's smallholder farmers and food security. Institute for Agriculture and Trade Policy. Accessed October 11, 2013.
- 97** Hart Energy. 2013. Global biofuels outlook to 2025. globalbiofuelscenter.com/spotlight.aspx?ID=32#KeyFindings, accessed February 27, 2013.
- 98** <http://www.platts.com/latest-news/agriculture/london/global-soybean-demand-to-exceed-production-in-26442275>, accessed January 4, 2017.
- 99** USDA (United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service). 2013.
- 100** WWF. 2013. Op cit.
- 101** Pacheco, P. 2012. Soybean and Oil Palm Expansion in South America: A review of main trends and implications. Working Paper 90. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- 102** Kruglianskas, I. Undated. Soy production in South America: Key issues and challenges. ProForest, Oxford.
- 103** Hobbs, J. 2012. Paraguay's destructive soy boom. *New York Times* July 2, 2012. http://www.nytimes.com/2012/07/03/opinion/paraguays-destructive-soy-boom.html?_r=0 accessed October 12, 2013.
- 104** Bruinsma, J. 2009. The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? Paper presented at the FAO Expert Meeting on «How to Feed the World in 2050.» FAO, Rome.
- 105** CARLSON, K.M., CURRAN, L.M., RATNASARI, D., PITTMAN, A.M., SOARES-FILHO, B.S., ET AL. 2012. COMMITTED CARBON EMISSIONS, DEFORESTATION, AND COMMUNITY LAND CONVERSION FROM OIL PALM PLANTATION EXPANSION IN WEST KALIMANTAN, INDONESIA. *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES* **109**: 7559-7564.
- 106** Environmental Protection Agency. 2012. Notice of data availability concerning renewable fuels produced from palm oil under the RFS Program, Federal Register **77**, 18, 4300-4318.
- 107** van Beukering, P.J.H., Cesar, H.S.J., and Janssen, M.A. 2003. Economic valuation of the Leuser National Park on Sumatra, Indonesia. *Ecological Economics* **44**, 4: 62.
- 108** Baumüller, H. 2008. Prospects and Drivers for Agricultural Change in the Mekong Region: The case of sugar, rice and rubber, WWF Greater Mekong Programme, Vientiane.
- 109** Yang, J., Huang, J., Qui, H., Rozelle, S., and Sombilla, M.A. 2009. Biofuels and the Greater Mekong subregion: Assessing the impact on prices, production and trade. *Applied Energy* **86**: 537-546.
- 110** Webb, E.L., Jachowski, N.R.A., Phelps, J., Friess, D.A., Than M.M., et al. 2014. Deforestation in the Ayeyarwady Delta and the conservation implications of an internationally-engaged Myanmar. *Global Environmental Change* **24**: 321-333.
- 111** Woods, K. 2013. Timber trade flows and actors in Myanmar. *Forest Trends*, Washington, DC
- 112** Koh, L.P. and Wilcove, D.S. 2008. Oil palm: Disinformation enables deforestation, *Trends in Ecology and Evolution* **24**: 2: 67-68.
- 113** Herrero, M., Havlík, P., McIntire, J.M., Palazzo, A., and Valin, H. 2014. African Livestock Futures: Realizing the Potential of Livestock for Food Security, Poverty Reduction and the Environment in Sub-Saharan Africa. Office of the Special Representative of the UN Secretary General for Food Security and Nutrition and the United Nations System Influenza Coordination (UNSIC), Geneva, Switzerland.
- 114** FAO. 2008. *Forests and Energy: Key issues*. FAO Forestry Paper 154. FAO, Rome.
- 115** Smeets, E.M.W. and Faaji, A.P.C. 2007. Bioenergy potential from forestry in 2050: An assessment of the drivers that determine the potentials. *Climatic Change* **81**: 353-390.
- 116** Cassidy, E.S., et al. 2013. Op cit.
- 117** Sapp, M. 2016. Argentine biodiesel production to hot record 2.7 million tons in 2016. *Biofuels Digest* December 28, 2016. <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/12/28/argentine-biodiesel-production-to-hit-record-2-7-million-tons-in-2016/> accessed January 4, 2017.
- 118** Laborde, D. 2011. Assessing the Land Use Change Consequences of European Biofuel Policies. International Food Policy Institute for the ATLISS Consortium, Washington, DC.
- 119** Johnston, M., Licker, R., Foley, J., Holloway, T., Mueller, N.D., et al. 2011. Closing the gap: Global potential for increasing biofuel production through agricultural intensification. *Environmental Research Letters* **6** (3): 034028.
- 120** Woods, J., Lynd, L.R., Laser, M., Batistella, M., Victoria, D. de C., et al. 2015. Land and bioenergy. In Souza, G.M., Victoria, R.L., Joly, C.A., and Verdade, L.M. (eds.), *Bioenergy and Sustainability: Bridging the gaps*. Paris: Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). pp. 259-300.
- 121** Nyantakyi-Frimpong, H. 2013. Biofuels, land grabbing and food security in Africa. *African Geographical Review* **32** (2): 190-192.
- 122** von Maltitz, G. and Setzkorn, K. 2012. Potential impacts of biofuels on deforestation in Southern Africa. *Journal of Sustainable Forestry* **31** (1-2): 80-97.
- 123** Lahl, U. 2011. An Analysis of iLUC and Biofuels: Regional quantification of climate-relevant land use change and options for combating it. BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH, Oytten, Germany.
- 124** Webb, A. and Coates, D. 2012. Biofuels and Biodiversity. Technical Series No. 65. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.
- 125** Fingerman, K.R., Berndes, G., Orr, S., Richter, B.D., and Vugteveen, P. 2011. Impact assessment at the bioenergy-water nexus. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* **5**: 375-386.
- 126** Altieri, M. The ecological impacts of large-scale agrofuel monoculture production systems in the Americas. *Bulletin of Science, Technology and Society* **29** (3): 236-244.
- 127** Global Forest Coalition. 2010. *Wood-Based Energy: The green lie*. Asuncion, Paraguay.
- 128** Dauvergne, P. and Neville, K.J. 2010. Forests, food, and fuel in the tropics: The uneven social and ecological consequences of the emerging political economy of biofuels, *Journal of Peasant Studies* **37** (4): 631-660.
- 129** Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S., and Hawthorne, P. 2008. Land clearing and the biofuel carbon debt, *Science* **319**: 1235-1238.

- 130** Danielsen, F., et al. 2009. Op cit.
- 131** Melillo, J.M., Gurgel, A.C., Kicklighter, D.W., Reilly, J.M., Cronin, T.W., et al. 2009. Unintended environmental consequences of a global biofuels program. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. Report number 168. MIT, Cambridge, MA, USA.
- 132** Gibbs, H.K., et al. 2008. Op cit.
- 133** Keam, S. and McCormick, N. 2008. Implementing Sustainable Bioenergy Production: A compilation of tools and approaches. IUCN, Gland, Switzerland.
- 134** Harvey, M. and Pilgrim, S. 2011. The new competition for land: Food, energy, and climate change. *Food Policy* **36**: 540-551.
- 135** Cotula, L., Vermeulen, S., Mathieu, P., and Toulmin, C. 2011. Agricultural investment and international land deals: Evidence from a multi-country study in Africa. *Food Security* **3** (1): 99-113.
- 136** Galat, J.G. 2013. The collapsing platform for pastoralism: Land sales and land loss in Kajiado County, Kenya. *Nomadic Peoples* **17** (2): 20-39.
- 137** Peters, P.E. 2013. Conflicts over land and threats to customary tenure in Africa. *African Affairs* **112** (449): 543-562.
- 138** Rulli, M.C., Savioli, A., and D'Odorico, P. 2013. Global land and water grabbing. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **110** (3): 892-897.
- 139** Rudel, T. 2015. Land-use change: Deforestation by land grabbers. *Nature Geoscience* **8**: 752-753.
- 140** Li, T.M. 2011. Centering labor in the land grab debate. *Journal of Peasant Studies* **38** (2): 281-298.
- 141** Cotula, L., Oya, C., Codjoe, E.A., Eid, A., Kakraba-Ampeh, M., et al. 2014. Testing claims about large land deals in Africa: Findings from a multi-country study. *The Journal of Development Studies* **50** (7): 905-925.
- 142** Foggini, J.M. 2008. Depopulating the Tibetan grasslands. *Mountain Research and Development* **28** (1): 26-31.
- 143** Xi, J. 2016. Land degradation and population relocation in Northern China. *Social Science & Medicine* **157**: 79-86.
- 144** MacDonald, G.K., Brauman, K.A., Sun, S., Carlson, K.M., Cassidy, E.S., et al. 2015. Rethinking agricultural trade relationships in an era of globalization. *BioScience* **65** (3): 275-289.
- 145** Würtenberger, L., Koellner, T., and Binder, C.R. 2006. Virtual land use and agricultural trade: Estimating environmental and socio-economic impacts. *Ecological Economics* **57**: 679-697.
- 146** Qiang, W., Liu, A., Cheng, S., Kastner, T., and Xie, G. 2013. Agricultural trade and virtual land use: The case of China's crop trade. *Land Use Policy* **33**: 141-150.
- 147** De Schutter, L. and Lutter, S. 2016. The True cost of Consumption. Friends of the Earth Europe, Brussels, Belgium.
- 148** Kang, M.S. and Banga, S.S. 2013. Global agriculture and climate change. *Journal of Crop Improvement* **27** (6): 667-692.
- 149** Gregory, P.J., Ingram, J.S.I., and Brklacich, M. Climate change and food security. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **360**: 2139-2148.
- 150** Garrett, K.A., Dendy, S.P., Frank, E.F., Rouse, M.N., and Travers, S.E. 2006. Climate change effects on plant disease: Genomes to ecosystems. *Annual Review of Environment and Resources* **44**: 489-509.
- 151** Grace, D., Bett, B., Lindahl, J., and Robinson, T. 2015. Climate and livestock disease: Assessing the vulnerability of agricultural systems to livestock pests under climate change scenarios. CCAFS Working Paper no. 116. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security, Copenhagen, Denmark.
- 152** Jaramillo, J., Muchugu, E., Vega, F.E., Davis, A., Borgmeister, C., et al. 2011. Some like it hot: The influence and implications of climate change on coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) and coffee production in East Africa. *PLoS One* **6** (9): e24528. doi:10.1371/journal.pone.0024528.
- 153** Wheeler, T. and von Braun, J. 2013. Climate change impacts on global food security. *Science* **341**: 508-513.
- 154** Dawson, T.P., Perryman, A.N., and Osborne, T. 2014. Modelling impacts of climate change on global food security. *Climatic Change* **134** (3): 429-440.
- 155** IPCC, 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 156** Nelson, G.C., Rosegrant, M.W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., et al. 2009. Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- 157** Schmidhuber, J. and Tubiello, F.N. 2007. Global food security under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104** (50): 19703-19708.
- 158** Vermeulen, S.J., Campbell, B.M., and Ingram, J.S.I. 2012. Climate change and food systems. *Annual Review of Environment and Resources* **37**: 195-222.
- 159** Smith P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., et al. 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 160** Tubiello, F.N., Salvatore, M., Córdar Golec, R.D., Ferrara, A., Rossi, S., et al. 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks: 1990-2011 Analysis. FAO, Rome.
- 161** Tubiello, F.N., Salvatore, M., Ferrara, A.F., House, J., Federici, S., et al. 2015. The contribution of agriculture, forestry and other land use activities to global warming, 1990-2012. *Global Change Biology* **21** (7): 2655-2660.
- 162** West, P.C., Gibbs, H.K., Monfreda, C., Wagner, J., Barford, C.C., et al. 2010. Trading carbon for food: Global comparison of carbon stocks vs. crop yield on agricultural lands. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **107** (46): 19645-19648.
- 163** Bailey, R., Froggatt, A., and Wellesley, L. 2014. Livestock: Climate change's forgotten sector. Global public opinion on meat and dairy consumption. Chatham House, the Royal Institute of International Affairs, London.
- 164** Bernoux, M. and Paustian, K. 2014. Climate change mitigation. In: Banwart, S.A., Noellemeier, E. and Milne, E. (eds.), *Soil Carbon: Science, Management and Policy for Multiple Benefits* (pp. 119-131). CABI, Oxfordshire.
- 165** Davis, K. F., Gephart, J. A., Emery, K. A., Leach, A. M., Galloway, J. N., et al. 2016. Meeting future food demand with current agricultural resources. *Global Environmental Change* **39**: 125-132.
- 166** Brown, L.R. 1972. *Seeds of Change: The Green Revolution and Development in the 1970s*. Praeger Publishing, Santa Barbara, California.
- 167** Evenson, R.E. and Gollin, D. 2003. Assessing the impact of the green revolution, 1960 to 2000. *Science* **300** (5620): 758-762.
- 168** Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>
- 169** Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., et al. 2011. Op cit.
- 170** Carson, R. 1962. *Silent Spring*. Houghton Mifflin, Boston.
- 171** George, S. 1976. *How the Other Half Dies: The real reasons for world hunger*. Penguin, Harmondsworth, Middlesex, UK.
- 172** <https://secure.fera.defra.gov.uk/pusstats/surveys/documents/arable2014v2.pdf>
- 173** UNEP. 2014. Op cit.
- 174** Ju X-T, Xing G-X, Chen X-P, Zhang S-L, Zhang L-J, Liu, X-J, Cui, Z-L, Yin, B., Christie, P., Zhu, Z-L., and Zhang, F-S. 2009. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **106**: 3041-3046. doi: 10.1073/pnas.0813417106 PMID: 19223587.
- 175** UNEP. 2014. Op cit.
- 176** Reay, D.S., Davidson, E.A., Smith, K.A.S., Smith, P., Melillo, J.M., et al. 2012. Global agriculture and nitrous oxide emissions. *Nature Climate Change* **2**: 410-416.
- 177** Townsend, A.R., Howarth, R.W., Bazzaz, F.A., Booth, M.S., Cleveland, C.C., et al. 2003. Human health effects of a changing global nitrogen cycle. *Frontiers in Ecology* **1** (5):240-246.
- 178** Martínez, A., Sanchez-Valverde, F., Gil, F., Clerigué, N., Aznal, E., et al. 2013. Methemoglobinemia induced by vegetable intake in infants in northern Spain. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition* **56** (5): 573-577.
- 179** Lorna Fewtrell, L. 2004. Drinking-water nitrate, methemoglobinemia, and global burden of disease: A discussion. *Environmental Health Perspectives* **112** (14): 1371-1374.
- 180** Conway, G.R. and Pretty, J.N. 1988. Fertilizer risks in the developing countries. *Nature* **334**: 207-208.
- 181** FAO. 2015. *World Fertilizer Trends and Outlooks to 2018*. FAO, Rome.
- 182** UNEP. 2014. *UNEP Year Book 2014: Emerging issues in our global environment*. United Nations Environment Programme, Nairobi, pp. 6-11.
- 183** FAO. 2015. Op cit.

- 184** Deloitte Access Economics. 2013. Economic contribution of the Great Barrier Reef. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville.
- 185** Thornburn, P.J., Wilkinson, S.N., and Silburn, D.M. 2013. Water quality in agricultural lands draining to the Great Barrier Reef: A review of causes, management and priorities. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **180**: 4-20.
- 186** Brodie, J.E., Kroon, F.J., Schaffelke, B., Wolanski, E.C., Lewis, S.E., et al. 2012. Terrestrial pollutant runoff from the Great Barrier Reef: An update of issues, priorities and management responses. *Marine Pollution Bulletin* **65** (4-9): 81-100.
- 187** Joo, M., Raymond, M.A., McNeil, V.H., Huggins, R., Turner, R.D., et al. 2012. Estimates of sediment and nutrient loads in 10 major catchments draining to the Great Barrier Reef during 2006-2009. *Marine Pollution Bulletin* **65** (4): 150-166.
- 188** Porter, P.A., Mitchell, R.B., and Moore, K.J. 2015. Reducing hypoxia in the Gulf of Mexico: Reimagining a more resilient agricultural landscape in the Mississippi River watershed. *Water, Air and Soil Pollution* **70** (3): 63A-68A.
- 189** Halpern, B.S., Ebert, C.M., Kappel, C.V., Madin, E.M.P., Michel, F., et al. 2009. Global priority areas for incorporating land-sea connections in marine conservation. *Conservation Letters* **2**: 189-196.
- 190** Costantini, D. 2015. Land-use changes and agriculture in the tropics: Pesticides as an overlooked threat to wildlife. *Biodiversity Conservation* DOI 10.1007/s10531-015-0878-8.
- 191** Goulson, D., Nicholls, E., Botias, C., and Rotheray, E.L. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides and lack of flowers. *Science*, **347** (6229), DOI: 10.1126/science.1255957.
- 192** Chagnon, M., Kreuzweiser, D., Mitchell, E.A.D., Morrissey, C.A., Noome, D.A., et al. 2015. Risks of large-scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. *Environmental Science and Pollution Research* **22** (1): 119-134.
- 193** European Academies Science Advisory Council. 2015. Ecosystem services, agriculture and neonicotinoids. EASAC Policy report 26.
- 194** Mason, R., Tennekes, H., Sánchez-Bayo, F., and Jepsen, P.U. 2013. Immune suppression by neonicotinoid insecticides at the root of global wildlife declines. *Journal of Environmental Immunology and Toxicology* **1** (1): 3-12.
- 195** Luzardo, O.P., Ruiz-Suárez, N., Valerón, P.F., Camacho, M., Zumbado, M., et al. 2014. Methodology for the identification of 117 pesticides commonly involved in the poisoning of wildlife using GC-MS-MS and LC-MS-MS. *Journal of Analytical Toxicology* **38** (3): 155-163.
- 196** Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W.W., and Emmerson, M. 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology* **11**: 97-105.
- 197** Chiron, F., Chargé, R., Julliard, R., Jiguet, F., and Muratet, A. 2014. Pesticide doses, landscape structure and their relative effects on farmland birds. *Agriculture, Ecosystems and the Environment*, **185**, 153-160.
- 198** Martín-López, B., García-Llorente, M., Palomo, I., and Montes, C. 2011. The conservation against development paradigm in protected areas: Valuation of ecosystem services in the Doñana social-ecological system (southwestern Spain). *Ecological Economics* **70**: 1481-1491.
- 199** Donald, P.F., Sanderson, F.J., Burfield, I.J., and van Bommel, F.P.J. 2006. Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1999-2000. *Agriculture, Ecosystems and the Environment* **116** (3-4): 189-196.
- 200** Hernández, A.F., Parrón, T., Tsatsakis, A.M., Requena, M., Alarcón, R., et al. 2013. Toxic effects of pesticides mixtures at a molecular level: Their relevance to human health. *Toxicology* **307**: 136-145.
- 201** Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany-London* **114** (8): 1571-1596.
- 202** Gallai, N., Salles, J.M., Settele, J., and Vaissière, B.E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* **68**: 810-821.
- 203** Partap, U. and Ya, T. 2012. The human pollinators of fruit crops in Maoxian County, Sichuan, China: A case study of the failure of pollination services and farmers' adaptation strategies. *Mountain Research and Development* **32** (2): 176-186.
- 204** Benbrooke, C.M. 2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environmental Sciences in Europe* **28** (3): DOI: 10.1186/s12302-016-0070-0.
- 205** Tanentzap, A.J., Lamb, A., Walker, S., and Farmer, A. 2015. Resolving conflicts between agriculture and the natural environment. *PLoS Biology* **13** (9): e1002242.
- 206** <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/code/hhp/en/>
- 207** Human Rights Council. 2017. Report of the Special Rapporteur on the Right to Food. A/HRC/34/48 <http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/1701059.pdf>
- 208** UNEP 2012. Synthesis Report for Decision-Makers – Global Chemical Outlook: Towards Sound Management of Chemicals. Nairobi.
- 209** Pitman, M.G. and Lächli, A. 2002. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: Lächli, A. and Lüttge, U. (eds.) *Salinity: Environment – Plants – Molecules*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 3-20.
- 210** Butcher, K., Wick, A.F., DeSutter, T., Chatterjee, A., and Harmon, J. 2016. Soil salinity: A threat to global food security. *Agronomy Journal* **108**: 2189-2200.
- 211** Rengasamy, P. 2006. World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany* **57** (5): 1017-1023.
- 212** Merz, S.K., Rowley, T., and Powell, J. 2006. Evaluation of salinity outcomes of regional investment. Report to the Department of the Environment and Heritage and Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, April 2006. Available from: <http://nrnline.nrm.gov.au/downloads/mql:452/PDF>.
- 213** Haefele, S.M., Nelson, A., and Hijmans, R.J. 2014. Soil quality and constraints in global rice production. *Geoderma* **235**: 250-259.
- 214** Clay, D.E., Clay, S.A., Reitsma, K.D., Dunn, B.H., Smart, A.J., et al. 2014. Does the conversion of grassland to row crop production in semi-arid areas threaten global food supplies? *Global Food Security* **3**: 22-30.
- 215** Green, R., Timms, W., Rengasamy, P., Arshad, M., and Cresswell, R. 2016. Soil and aquifer salinization: toward an integrated approach for salinity management of groundwater. In: Jakeman, A.J., Barreteau, O., Hunt, R.J., Rinaudo, J.D., and Ross, A. (eds.) *Integrated Groundwater Management: Concepts, Approaches and Challenges*. Springer, Switzerland.
- 216** FAO. 1998. Crop Genetic Resource. In: *Special: Biodiversity for Food and Agriculture*, FAO, Rome.
- 217** Fowler, C. and Mooney, P. 1990. *The Threatened Gene – Food, Politics, and the Loss of Genetic Diversity*, The Lutworth Press, Cambridge, UK.
- 218** Hammer, K., Gladis, T., and Diederichsen, A. 2002. In situ and on-farm management of plant genetic resources. *European Journal of Agronomy* **19**: 509-517.
- 219** Meilleur, B.A. and Hodgkin, T. 2004. In situ conservation of crop wild relatives: Status and trends. *Biodiversity and Conservation* **13**: 663-684.
- 220** Castañeda-Álvarez, N.P., Khoury, C.K., Achicanoy, H.A., Bernau, V., Dempewolf, H., et al. 2016. Global conservation priorities for crop wild relatives. *Nature Plants* **2**: 16022.
- 221** Oerke, E.C. 2005. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science* **144**: 31-43.
- 222** Popp, J., Pető, K., and Nagy, J. 2013. Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy and Sustainable Development* **33**: 243-255.
- 223** IOM (Institute of Medicine). 2011. *Fungal Diseases: An Emerging Threat to Human, Animal, and Plant Health*. The National Academies Press, Washington, DC.
- 224** Fisher, M.C., Henk, D.A., Briggs, C.J., Brownstein, J.S., Madoff, L.C., et al. 2012. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature* **484** (7393): doi:10.1038/nature10947.
- 225** Pimentel, D., Zuniga, R., and Morrison, D. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* **52** (3): 273-288.
- 226** Paini, D.R., Sheppard, A.W., Cook, D.C., de Barro, P.J., Worner, S.P., et al. 2016. Global threat to agriculture from invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **113** (27): 7575-7579.
- 227** DeLucia, E.H., Nobby, P.D., Zavala, J.A., and Berenbaum, M.R. 2012. Climate Change: Resetting Plant-Insect Interactions. *Plant Physiology* **160**: 1677-1685.
- 228** UNCCD. 1994. Final text of the Convention, Article 1 (f). <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-eng.pdf>
- 229** Favretto, N., Dallimer, M., Johnson, I., Kubiszewski, I., Etter, H., et al. 2016. ELI: The economics of land policy, planning and practice. *Global Land Outlook (GLO) Working Paper Series*, UNCCD, Bonn, Germany.
- 230** Schägner, J.P., Brander, L., Maes, J., Hartje, V. 2013. Mapping ecosystem services' values: Current practice and future prospects. *Ecosystem Services* **4**: 33-46.
- 231** Basson, G. 2009. Sedimentation and Sustainable use of reservoirs and river systems. International Commission on Large Dams (ICOLD) Bull. Available at <http://www.icold-cigb.org/userfiles/files/CIRCULAR/CL1793Annex.pdf>
- 232** Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S., Kubiszewski, I., Farber, S., and Turner, R.K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* **26**: 152-158.

- 233** ELD Initiative. 2015. The value of land: Prosperous lands and positive rewards through sustainable land management. Bonn: GLZ.
- 234** Nkonya, E., Anderson, W., Kato, E., Koo, J., Mirzabaev, A., et al. 2015. The global costs of land degradation. In: Nkonya, E., Mirzabaev, A., and von Braun, J. (eds.) *The Economics of Land Degradation and Improvement*: Springer.
- 235** Costanza, R., Kubiszewski, I., Cork, S., Atkins, P.W.N., and Bean, A., et al. 2015. Scenarios for Australia in 2050: A synthesis and proposed survey. *Journal of Future Studies* **19** (3): 49-76.
- 236** Hunt, D.V.L., Lombardi, D.R., Atkinson, S., Barber, A.R.G., Barnes, M., et al. 2012. Scenario archetypes: Converging rather than diverging themes. *Sustainability* **4** (4): 740-772.
- 237** ELD Initiative. 2015. Op cit.
- 238** Kirui, O. and Mirzabaev, A., 2015. Economics of land degradation and improvement in Tanzania and Malawi. In: Nkonya, E., Mirzabaev, A., and von Braun, J. (eds.) *The Economics of Land Degradation and Improvement*: Springer.
- 239** Blaikie, P. 1985. *The Political Economy of Soil Erosion in Developing Countries*. Longman, London.
- 240** Kiage, L.M. 2013. Perspectives on the assumed causes of land degradation in the rangelands of Sub-Saharan Africa. *Progress in Physical Geography* **37** (5): 664-684.
- 241** Goldman, M.J. and Riosmena, F. 2013. Adaptive capacity in Tanzanian Maasailand: Changing strategies to cope with drought in fragmented landscapes. *Global Environmental Change* **23** (3): 588-597.
- 242** Place, F. 2009. Land tenure and agricultural productivity in Africa: A comparative analysis of the economics literature and recent policy strategies and reforms. *World Development* **37** (8): 1326-1336.
- 243** López-I-Gelats, F., Contreras Paco, J.L., Huicas Huayra, R., Siguas Robles, O.D., Quispe Peña, E.C., et al. 2015. Adaptation strategies of Andean pastoralist households to both climate and non-climate changes. *Human Ecology* **43** (2): 267-282.
- 244** Gao, W., Angerer, J.P., Fernandez-Gimenez, M.E., and Reid, R.S. 2015. Is overgrazing a pervasive problem across Mongolia? An examination of livestock forage demand and forage availability from 2000 to 2014. In: *Proceedings of the Trans-disciplinary Research Conference: Building Resilience of Mongolian Rangelands*, June 9-10, 2015. Ulaan Baatar.
- 245** Vu, Q.M. Le, Q.B., Frossard, E., and Viek, P.L.G. 2014. Socio-economic and biophysical determinants of land degradation in Vietnam: An integrated causal analysis at the national level. *Land Use Policy* **36**: 605-617.
- 246** Barbier, E.B. and Hochard, J.P. 2016. Does land degradation increase poverty in developing countries? *PLoS One* **11** (5): 0152973.
- 247** Barbier, E. B., and Hochard, J. P. 2016. Op. cit.
- 248** Cunliffe, B. 2016. *By Steppe, Desert and Ocean: The birth of Eurasia*. Oxford University Press, Oxford.
- 249** Mollison, B. 1993. *The Permaculture Book of Ferment and Human Nutrition*. Tagari Publications, Tyalgum, NSW, Australia.
- 250** Paxton, A. 1994. *The Food Miles Report: The dangers of long-distance food transport*. SAFE Alliance, London, UK.
- 251** Weber, C.L. and Matthews, H.S. 2008. Food miles and the relative climate impacts of food choices in the United States. *Environmental Science and Technology* **42**: 3508-3513.
- 252** DEFRA. 2008. *Comparative Life Cycle Analysis of food commodities procured for UK consumption through a diversity of supply chains*.
- 253** Pretty, J., Ball, A.S., Lang, T., and Morison, J.I.L. 2005. Farm costs and food miles: An assessment of the full cost of the UK weekly food basket. *Food Policy* **30** (1): 1-19.
- 254** OECD/FAO. 2016. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025*, OECD Publishing, Paris.
- 255** FAO, IFAD and WFP. 2015. *The State of Food Insecurity in the World 2015. Strengthening the enabling environment for food security and nutrition*. FAO, Rome.
- 256** World Health Organization. Micronutrient deficiencies. <http://www.who.int/nutrition/topics/micronutrients>
- 257** World Health Organization Comparative Quantification of Health Risks: Childhood and Maternal Undernutrition <http://www.who.int/publications/cra/en/>
- 258** World Bank. 2015. *The Little Data Book 2015*. World Bank Group, Washington, DC. Doi.10.1596/978-1-4648-0550-9
- 259** Bhutta, Z.A. and Salam, R.A. 2012. Global nutrition epidemiology and trends. *Annals of Nutrition and Metabolism* **61** (supplement 1): 19-27.
- 260** World Bank. 2013. *The State of the World's Poor: Where are the Poor and where are they the Poorest?* World Bank, Washington, DC.
- 261** Van Grebmer, K., Bernstein, J., Prasai, N., Yin, S., Yohannes, Y., et al. 2015. *2015 Global Hunger Index: Armed Conflict and the Challenge of Hunger*. International Food Policy Research Institute, Concern Worldwide, Welthungerhilfe and World Peace Foundation, Washington, DC, Bonn and Dublin.
- 262** James, W.P.T. 2008. WHO recognition of the global obesity epidemic. *International Journal of Obesity* **32**: S120-S126.
- 263** World Health Organization. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> accessed November 3, 2016.
- 264** Sauer, C.O. 1952. *Agricultural Origins and Dispersals*. The American Geographical Society, New York.
- 265** Madeley, J. 2002. *Food for All: The need for a new agriculture*. Zed Books, London and New York.
- 266** <https://www.food.gov.uk/science/novel/gm/gm-labelling> accessed February 21, 2017.
- 267** Hakim, D. 2016. Doubts about the promised bounty of genetically modified crops. *New York Times* October 29, 2016. <http://www.nytimes.com/2016/10/30/business/gmo-promise-falls-short.html>
- 268** National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. *Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects*. The National Academies Press, Washington, DC.
- 269** La Rovere, R., Abdoulaye, T., Kostandini, G., Guo, Z., Mwangi, W., et al. 2014. Economic, production, and poverty impacts of investing in maize tolerant to drought in Africa: An ex-ante assessment. *Journal of Developing Areas* **48** (1): 199-225.
- 270** Gilbert, N. 2016. Cross-bred crops get fit faster. *Nature* **513**: 292.
- 271** Fraser, C.E., Smith, K.B., Judd, F., Humphreys, J.S., and Fragar, L.J. 2005. Farming and mental health problems and mental illness. *International Journal of Social Psychiatry* **51** (4).
- 272** New Foresight and Commonland with contributions from The Boston Consulting Group. 2017. *New Horizons for the Transitioning of our Food System: Connecting Ecosystems, Value Chains and Consumers* Discussion paper.
- 273** WRI. 2014. *Creating a Sustainable Food Future*. World Resources Institute, Washington, DC.
- 274** Foley, J.A., et al. 2011. Op cit.
- 275** Mueller, N.D., Gerber, J.S., Johnston, M., Ray, D K., Ramankutty, N., et al. 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*, **490** (7419): 254-257.
- 276** Strassburg, B.B.N., Latawiec, A.E., Barioni, L.G., Nobre, C.A., Da Silva, V.P., et al. 2014. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Global Environmental Change* **28**: 84-97.
- 277** Skevas, T. and Lansink, A.O. 2014. Reducing pesticide use and pesticide impact by productivity growth: The case of Dutch arable farming. *Journal of Agricultural Economics* **65** (1): 191-211.
- 278** Banerjee, I., Tripathi, S.K., Roy, A.S., and Sengupta, P. 2014. Pesticide use pattern among farmers in a rural district of West Bengal, India. *Journal of Natural Science, Biology and Medicine* **5** (2): 313-316.
- 279** Wilson, C. and Tisdell, C. 2001. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. *Ecological Economics* **39**: 449-462.
- 280** Ruiz-Suárez, N., Boada, L.D., Henríquez-Hernández, L.A., González-Moreo, F., Suárez-Pérez, A., et al. 2015. Continued implication of the banned pesticides carbofuran and aldicarb in the poisoning of domestic and wild animals of the Canary Islands (Spain). *Science of the Total Environment* **505**: 1093-1099.
- 281** Al Heidary, M., Douzals, J.P., Sinfort, C., and Vallet, A. 2014. Influence of spray characteristics on potential spray drift of field crop sprayers: A literature review. *Crop Protection* **63**: 1-11.
- 282** Zhao, H., Xie, C., Liu, F., He, X., Zhang, J., et al. 2014. Effects of sprayers and nozzles on spray drift and terminal residues of imidacloprid on wheat. *Crop Protection* **60**: 78-82.
- 283** Matthews, G. 2014. A retrospective: the impact of research on cotton pest control in Central Africa and development of ultra-low volume spraying for small scale farmers between 1958-72. *Outlooks on Pest Management* **25** (1): 25-28.
- 284** Centner, T.J. 2014. Damages from pesticides spray drift under trespass law. *Ecology Law Currents* **41** (1): 1-17.
- 285** de Heer, M., Roozen, F., and Maas, R. 2017. The integrated approach to nitrogen in the Netherlands: A preliminary review from a societal, scientific, juridical and practical perspective. *Journal for Nature Conservation* **35**: 101-111.
- 286** Mosier, A.R., Syers, J.K., and Frenay, J.R. (eds.) 2004. *Agriculture and the Nitrogen Cycle*. Scope 65. Island Press, Covelo, Washington and London.
- 287** WRI. 2014. Op cit.

- 288** Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2015. Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects* **6**: 152-182.
- 289** Bommarco, R., Kleijn, D., and Potts, S.G. 2013. Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution* **28** (4): 230-238.
- 290** Mulumba, J.W., Nankya, R., Adokorach, J., Kiwuka, C., Fadda, C., et al. 2012. A risk-minimizing argument for traditional crop varietal diversity use to reduce pest and disease damage in agricultural ecosystems in Uganda. *Agriculture, Ecosystems and the Environment* **157**: 70-86.
- 291** Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Proceedings of the Royal Society B* **363**: 447-465.
- 292** Waddington, H., Snilstveit, B., Hombados, J., Vojtkova, M., Phillips, D., et al. 2014. Farmer Field Schools for improving farmer outcomes: A systematic review. *Campbell Systematic Reviews* 2016:6.
- 293** Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2014. Op. cit.
- 294** Brooks, A., Candolfi, M., Kimmel, S., Poulsen, V., Cresswell, J., et al. 2015. The Challenge: Pollinator risk assessment – past, present and future. *Environmental Toxicology and Chemistry* **34**: 1454-1456.
- 295** Calculated from EPA 2014. Benefits of neonicotinoid seed treatments to soybean production. United States Environmental Protection Agency.
- 296** Zuckerberg, K.S. 2016. Why Precision Ag Matters: Precision AgVision Conference.
- 297** Fontana, G., Capri, E., Marchis, M., Rossi, V., De Vivo, R., et al. 2011. IPM seen from the perspective of Sustainable Use Directive Objectives. OPERA Research Center. Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italy.
- 298** West, P.C., Gerber, J.S., Engstrom, P.M., Mueller, N.D., Brauman, K.A., et al. 2014. Leverage points for improving global food security and the environment. *Science* **345** (6194): 325-328.
- 299** Howden, S.M., Soussana, J.F., Tubiello, F.N., Chhetri, N., Dunlop, M., et al. 2007. Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104** (50) 19691-19696.
- 300** WRI. 2014. Op. Cit.
- 301** Dobermann, A. 2012. Getting back to the field. *Nature* **485**: 176.
- 302** Willer, H. and Lernoud, J. (eds.) 2016. *The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends 2016*. Research Institute of Organic Agriculture, Frick, and IFOAM-Organics International, Bonn.
- 303** Willer, H. and Lernoud, J. (eds.) 2015. *The World of Organic Agriculture: Statistics and emerging trends 2015*. FiBL-IFOAM Report. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) and IFOAM Organics International, Bonn.
- 304** Reaganold, J.P. and Wachter, J.M. 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants* **2**. DOI: 10.1038/nplants.2015.221.
- 305** Stolton, S., Geier, B., and McNeely, J.A. (eds.) 2000. *The relationship between nature conservation, biodiversity and organic agriculture*. IFOAM, IUCN, and WWF, Tholey-Theley, Germany.
- 306** Gomiero, T., Pimental, D., and Paoletti, M.G. 2011. Environmental impact of different agricultural management practices: Conventional vs. organic agriculture. *Critical Review in Plant Sciences* **30**: 95-124.
- 307** Leifeld, J. 2012. How sustainable is organic farming? *Agriculture, Ecosystems and Analysis* **150**: 121-122.
- 308** Regangold, J.P. 2012. The fruits of organic farming. *Nature* **485**: 176.
- 309** Seufert, V., Ramankutty, N., and Foley, J.A. 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* **485**: 229-234.
- 310** Jarvis, D.I., Hodgkin, T., Brown, A.H.D., Tuxill, J., Lopez Noriega, I., et al. 2016. *Crop Genetic Diversity in the Field and on the Farm: Principles and Applications in Research Practices*. Yale University Press, New Haven, NY.
- 311** Foley, J.A., et al. 2011. Op cit.
- 312** Monteiro de Carvalho, C., Silveira, S., Lèbre la Rovere, E., and Iwama, A.Y. 2015. Deforested and degraded land available for the expansion of palm oil for biodiesel in the state of Pará in the Brazilian Amazon. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **44**: 867-876.
- 313** Fairhurst, T. and McLaughlin, D. 2009. Sustainable Oil Palm Development on Degraded Land in Kalimantan. World Wildlife Fund, Washington, USA.
- 314** Bajželj, B., Richards, K.S., Allwood, J.M., Smith, P., Dennis, J.S., Curmi, E., and Gilligan, C.A. 2014. Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change* **4**: 924-929.
- 315** von Witzke, H., Noleppa, S., and Zhirkova, I. 2011. *Meat Eats Land*. WWF Germany, Berlin.
- 316** Shepon, A., Eshel, G., Noor, E., and Milo, R. 2016. Energy and protein feed-to-food conversion efficiencies in the US and potential food security gains from dietary changes. *Environmental Research Letters* **11**.
- 317** Seidell, J.C. and Halberstadt, J. 2015. The global burden of obesity and the challenge of prevention. *Annals of Nutrition and Metabolism* **66** (Supplement 2): 7-12.
- 318** Nestle, M. 2013. *Food Politics: How the food industry influences nutrition and human health*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles.
- 319** Puhl, R., Peterson, J.L., and Luedicke, J. 2013. Fighting obesity or obese persons? Public perceptions of obesity-related health messages. *Journal of Obesity* **37**: 774-782. doi:10.1038/ijo.2012.156.
- 320** Ladabaum, U., Mannalithara, A., Myer, P.A., and Singh, G. 2014. Obesity, abdominal obesity, physical activity, and caloric intake in US adults: 1988 to 2010. *American Journal of Medicine* **127** (8): 717.
- 321** Encarnação, R., Lloyd-Williams, F., Bromley, H., and Capewell, S. 2016. Obesity prevention strategies: Could food or soda taxes improve health? *Journal of the Royal College of Physicians, Edinburgh* **46**: 32-38.
- 322** Martin, E. and Cattán, N. 2013. Mexico tackles obesity epidemic with tax on junk food. Bloomberg. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2013-10-29/mexico-tackles-obesity-epidemic-with-tax-on-junk-food> accessed January 10, 2017.
- 323** Cassidy, E.S., et al. 2013. Op. cit.
- 325** Swinton, S.M., Lupi, F., Robertson, G.P., and Hamilton, S.K. 2007. Ecosystem services and agriculture. *Cultivating agricultural systems for diverse benefits*. *Ecological Economics* **64** (2): 245-252.
- 326** Padgham, J. 2009. *Agricultural Development under a Changing Climate: Opportunities and challenges for adaptation*. Agriculture and Rural Development and Environment Departments Joint Departmental Discussion Paper Issue 1. The World Bank, Washington, DC.
- 327** Garratt, M.P.D., Coston, D.J., Lappage, M.G., Polce, C., Dean, R., et al. 2014. The identity of crop pollinators helps target conservation for improved ecosystem services. *Biological Conservation* **169**: 128-135.
- 328** Pagiola, S., Bishop, J., and Landell-Mills, N. (eds.) 2002. *Selling Forest Environmental Services: Market-based mechanisms for conservation and development*. Earthscan, London.
- 329** Troya, R. and Curtis, R. 1998. *Water: Together we can care for it!* The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.
- 340** Wunder, S. 2005. *Payment for environmental services: Some nuts and bolts*. CIFOR Occasional Paper number 42. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- 341** Power, A. 2010. Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **365**: 2959-2971.
- 342** Lipinski, B., Hanson, C., Lomax, J., Waite, R., and Searchinger, T. 2013. *Reducing food loss and waste*. Working paper, Instalment 2 of *Creating a Sustainable Food Future*. World Resources Institute, Washington, DC.
- 343** Stuart, T. 2009. *Waste uncovering the global food scandal*. Penguin, London, ISBN: 978-0-14-1-03634-2
- 344** Choudhury, M. L. 2006. Recent developments in reducing postharvest losses in the Asia-Pacific region. In: Rolle, R.S. *Postharvest management of fruit and vegetables in the Asia-Pacific region*, 15-22.
- 345** International Food Policy Research Institute. 2016. *2016 Global Food Policy Report*. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- 346** Pretty, J.N., Morison, J.I.L., and Hine, R.E. 2003. Reducing food poverty by increasing agricultural sustainability in developing countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **95**: 217-234.
- 347** Schipanski, M.E., MacDonald, G.K., Rosenzweig, S., Chappell, M.J., and Bennett, E.M., et al. 2016. Realizing Resilient Food Systems. *BioScience* **66** (7): 600-610.
- 348** Byamugisha, F.F.K. (ed.). 2014. *Agricultural Land Redistribution and Land Administration in Sub-Saharan Africa: Case Studies of Recent Reforms*. The World Bank, Washington, DC.
- 349** Binswanger-Mkhize, H.P., Bourguignon, C., and van den Brink, R. (eds.) 2009. *Agricultural Land Redistribution: Toward Greater Consensus*. The World Bank, Washington, DC.
- 350** Bryan, B.A., Crossman, N.D., King, D., and Meyer, W.S. 2011. Landscape futures analysis: Assessing the impacts of environmental targets under alternative spatial policy options and future scenarios. *Environmental Modelling and Software* **26** (1): 83-91.
- 351** Bryan, B.A., Crossman, N.D., Nolan, M., Li, J., Navarro, J., et al. 2015. Land use efficiency: Anticipating future demand for land-sector greenhouse gas emissions abatement and managing trade-offs with agriculture, water, and biodiversity. *Global Change Biology* **21** (11): 4098-4114.
- 352** Scharmer, O. 2009. *Theory U: Leading from the Future as It Emerges*. Berrett-Koehler Inc., San Francisco.
- 353** Ferwerda, W.H. 2016. *4 returns, 3 zones, 20 years: A Holistic Framework for Ecological Restoration by People and Business for Next Generations*. 2nd edition. Rotterdam School of Management – Erasmus University and IUCN Commission on Ecosystem Management, Gland, Switzerland.