

Implantación de prácticas de producción de alimentos respetuosas con la naturaleza

Visión general

A nivel mundial, casi la mitad ([7,4 gigatoneladas de CO₂eq](#)) de todas las emisiones generadas por los sistemas alimentarios se producen en las explotaciones agrícolas, incluidas las derivadas del uso de fertilizantes sintéticos y la reducción de la materia orgánica del suelo. Un cambio hacia una [producción de alimentos respetuosa con la naturaleza](#), que utilice los recursos naturales de forma regenerativa, agroecológica, no destructiva y que no agote los recursos naturales, no sólo puede aportar beneficios para la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo, sino también mejorar la biodiversidad, la seguridad alimentaria y la salud y el bienestar de las generaciones actuales y futuras. La producción de alimentos respetuosa con la naturaleza pretende mantener y mejorar los procesos y funciones ecológicos a través de la producción de alimentos. Esto incluye procesos como la polinización, la regulación del clima, [el ciclo de los nutrientes](#), la retención de agua, la regeneración del suelo, el almacenamiento de carbono y la [fijación de nitrógeno](#).

Implantación de medidas concretas

La producción de alimentos respetuosa con la naturaleza implica un cambio en las prácticas agrícolas de las explotaciones y en las prácticas de gestión del paisaje. Estos cambios podrían incluir, entre otros:

A nivel de explotación:

Rediseñar la explotación para mejorar la salud del suelo y los animales, potenciar la diversificación y el reciclaje, optimizar el uso de insumos en la explotación, reducir la dependencia de insumos externos y aumentar las sinergias en las explotaciones y entre paisajes:

- Aplicar prácticas que reduzcan o eliminen la necesidad de insumos costosos, escasos o perjudiciales para el medio ambiente (como fertilizantes sintéticos), por ejemplo, reduciendo la dosis de fertilizante de urea y algas verdeazuladas. Esto [reduce las emisiones de gases de efecto invernadero](#) en comparación con la dosis recomendada de aplicación de nitrógeno.
- Aplicar enfoques de gestión integrada de la fertilidad del suelo y de gestión integrada de plagas y enfermedades que sean seguros para las plantas, los animales, las personas y el medio ambiente.
- Reducir el uso de insumos convencionales que tienen un impacto negativo en el medio ambiente y promover el uso de la biota coexistente (como el microbioma de las plantas o el control natural de plagas) para mejorar la absorción de nutrientes por las plantas, la

tolerancia al estrés y las defensas contra plagas y enfermedades.

- Aplicar prácticas que puedan aumentar la biodiversidad al tiempo que mejoran la producción de alimentos, entre ellas:
 - La agroforestería o introducción de más árboles en las explotaciones, en los límites de los campos o cerca de las zonas acuáticas. La selección de árboles debe tener valor para las comunidades locales y adaptarse a las necesidades y conocimientos de la zona.
 - Promover el uso de especies que apoyen los servicios ecosistémicos, como las flores en los límites de los campos para atraer a los polinizadores, proporcionar cobertura y contribuir a mejorar la calidad del suelo y prevenir la erosión. Promover el uso de especies para gestionar plagas y enfermedades (p. ej., enfoques push-pull).
 - Promover esquemas elaborados de rotación de cultivos y cultivos intercalados para aumentar los rendimientos nutricionales y mejorar la calidad del suelo, imitando la diversidad y aumentando la riqueza de la biodiversidad del suelo.
 - Potenciar la diversidad intraespecífica para reducir los riesgos climáticos, por ejemplo, mediante el fomento de determinadas poblaciones de animales o la utilización de distintas variedades de cultivos y plantas en diferentes parcelas de la explotación.
 - Promover [sistemas de policultivo muy diversos](#).
 - Diversificar las poblaciones animales para impulsar la producción de biofertilizantes y las opciones de reciclaje (pescado, pollo o ganado). Gestionar los animales con una variedad de piensos y forrajes, en función de las características y necesidades de carbono del suelo.
 - Mejorar el ciclo de los nutrientes, la gestión natural de plagas, la conservación del agua, el acolchado, el uso de abonos (verdes), la rotación de cultivos, los cultivos de cobertura y complementarios, la diversificación de cultivos, el equilibrio, la recuperación y la reutilización de nutrientes, y la inclusión de elementos paisajísticos como setos y franjas florales.
 - Minimizar la [alteración del suelo](#) y el laboreo.
 - Reducir la densidad ganadera e introducir el pastoreo controlado y en libertad.
- Reducir el uso de equipos basados en combustibles fósiles. Véase [Pasarse a la energía limpia en las explotaciones agrarias](#) para más información.
- A nivel de paisaje:
- Integrar la producción y la conservación en la gestión de los componentes paisajísticos de los sistemas agrarios (desde setos, parcelas arboladas y claros en los bosques,

hasta cursos de agua, estanques u otras características del entorno productivo favorables a la biodiversidad) que puedan proporcionar hábitats para especies específicas y mejorar la conectividad. Debe prestarse especial atención a las cuencas hidrográficas y a los depósitos de agua donde se recoge el agua de lluvia. La idoneidad de las medidas varía en función de los tipos de paisaje y de las necesidades locales y de las explotaciones.

- Facilitar la cría de plantas y animales, los intercambios comunitarios de semillas y las ferias de alimentos para aumentar la diversidad de variedades, razas y alimentos tradicionales en el paisaje.
- Fomentar el uso de cultivos, razas y variedades autóctonos adaptados a las condiciones climáticas locales y desarrollar mercados para dichos cultivos, razas y variedades eliminando los obstáculos a su comercialización. El uso de variedades tradicionales y el apoyo a la agrobiodiversidad pueden servir como banco de germoplasma vivo, continuando el proceso de adaptación y aumentando así la resiliencia ante futuros retos, incluido el cambio climático.
- Fomentar el uso de fertilizantes orgánicos ya disponibles en el paisaje, por ejemplo, obteniendo estiércol de ganado de los vecinos para fomentar la resiliencia del paisaje y reducir la dependencia de los sistemas alimentarios de insumos externos.
- Desarrollar oportunidades para la venta directa y nuevas redes alimentarias alternativas, desde los mercados de agricultores hasta la agricultura apoyada por la comunidad y las organizaciones de productores inclusivas, así como enfoques inclusivos de la cadena de valor, y otros acuerdos de comercialización directa para fortalecer la resiliencia alimentaria y la biodiversidad a nivel de paisaje. Esto podría implicar la adopción de enfoques territoriales y el impulso de la inversión responsable en infraestructuras, servicios, logística y tecnologías, con especial atención a beneficiar a las poblaciones en las que la pobreza multidimensional está muy extendida. Véase [Mejorar el acceso físico y económico a los alimentos](#).
- Reconocer la interconexión de los ecosistemas terrestres y acuáticos y garantizar que las intervenciones agrícolas no provoquen la degradación de los ecosistemas acuáticos (p. ej., mediante la alteración de los regímenes hidrológicos), cercanos o lejanos. Es importante que se tengan en cuenta los resultados relacionados con los flujos derivados de los cambios en la cubierta terrestre y en la gestión del suelo (p. ej., los impactos en la recarga de las aguas subterráneas, los flujos de base y los flujos de inundación).

Establecer medidas de gobernanza

El éxito de la transición a prácticas de producción de alimentos respetuosas con la naturaleza en las explotaciones agrícolas y los paisajes exige unas condiciones normativas y financieras favorables:

- Derechos de tenencia y de recursos claros y seguros, especialmente para los pequeños agricultores, las mujeres, los pueblos indígenas y las comunidades locales.

- Medio ambiente limpio y normas de bienestar animal.
- Normas, políticas y programas de salud, protección laboral y seguridad de los trabajadores para proteger a los trabajadores del sector alimentario.
- Acceso mejorado y equitativo a los recursos, mercados de insumos, productos y servicios financieros o apoyo gubernamental para los pequeños agricultores, las mujeres, los pueblos indígenas, las comunidades locales, los jóvenes y otros grupos desfavorecidos.
- Inversión responsable en el desarrollo de habilidades, tutoría, educación e incubación de empresas y programas de formación profesional, en particular para los grupos que se enfrentan a desigualdades, incluidos los Pueblos Indígenas, las comunidades locales, las mujeres y los jóvenes.
- Apoyo a la acción local y comunitaria (reforzada).
- Gestión, planificación y toma de decisiones colaborativas e integradoras.
- Sensibilización y educación sobre prácticas de producción de alimentos respetuosas con la naturaleza.
- Inversión responsable y mejoras en la logística, los servicios, las tecnologías, las cadenas de suministro y las infraestructuras físicas (por ejemplo, carreteras, infraestructuras de regadío, instalaciones para el acopio, la transformación y el almacenamiento, y sistemas de información y comunicación), especialmente en las zonas rurales, para mejorar la conectividad y facilitar el acceso de los productores rurales a los mercados. Debe prestarse especial atención a beneficiar a las poblaciones en las que existe pobreza multidimensional.
- Un marco normativo adecuado para las semillas, así como para otros insumos agrícolas. Los sistemas de semillas campesinos deben ser reconocidos como un elemento importante de la producción de alimentos respetuosos con la biodiversidad y resilientes.
- Esfuerzos públicos y privados para crear un mercado de consumidores de alimentos respetuosos con la naturaleza (por ejemplo, actividades educativas y de sensibilización dirigidas a los consumidores, etiquetas de productos fácilmente reconocibles y marcas de productos adecuadas). Para más información, véase [Aumento de la demanda de dietas sanas y sostenibles](#), [Introducción de directrices dietéticas basadas en los sistemas alimentarios](#) y [Integración de dietas sanas y sostenibles en la contratación pública](#).
- [Reforma de las subvenciones](#) dando prioridad y reorientando los flujos de financiación pública para apoyar una producción agrícola respetuosa con la naturaleza.

Herramientas y sistemas MRV para hacer un seguimiento de los

progresos:

Instrumento para la evaluación del rendimiento de la producción agroecológica (TAPE)

Esta herramienta de la FAO apoya los procesos de transición agroecológica a diferentes escalas y en diferentes lugares proponiendo un diagnóstico de los resultados a lo largo del tiempo, identificando las áreas de fortalezas/ debilidades y los factores favorables/ desfavorables.

Instrumento de criterios agroecológicos a nivel de explotación (F-ACT)

Una herramienta digital de toma de decisiones que permite a los agricultores identificar formas de hacer que sus explotaciones sean más eficientes, resilientes, equitativas y, en última instancia, agroecológicas y respetuosas con la naturaleza.

Herramienta de planificación y gestión de riesgos climáticos para programas de desarrollo en sistemas agroalimentarios (CRISP)

Herramienta interactiva de apoyo a la integración de las opciones de adaptación al clima en los sistemas agrícolas.

Servicios Climáticos Integrados Participativos para la Agricultura (PICSA)

Un enfoque participativo de asesoramiento agrícola y servicios climáticos que capacita a los pequeños agricultores para tomar mejores decisiones en respuesta a los retos agrícolas individuales.

Guía de actuación para impulsar una producción alimentaria respetuosa con la naturaleza

Guía de la Convención de las Naciones Unidas sobre Lucha contra la Desertificación

Plan de acción de la FAO para la integración de la biodiversidad en los sectores agrícolas

Basado en el Marco de acción sobre biodiversidad para la alimentación y la agricultura, el Plan de acción se fundamenta en los principios de gobernanza eficaz, enfoque basado en el conocimiento, asociaciones, inclusión, igualdad de género y empoderamiento de la mujer.

Índice de Agrobiodiversidad - Alianza Biodiversidad Internacional (CIAT)

Recopilación de datos sobre biodiversidad en los ámbitos de la nutrición, la agricultura y los recursos genéticos. Además de medir el estado de la agrobiodiversidad, el Índice identifica acciones, oportunidades y riesgos para un mayor uso y conservación de la agrobiodiversidad.

Módulo sobre producción de cultivos climáticamente inteligentes

La FAO ofrece un libro de consulta en línea sobre agricultura climáticamente inteligente que contiene un módulo sobre producción de cultivos climáticamente inteligentes

La Universidad de Wageningen (Wageningen University & Research) también está desarrollando una herramienta de gestión agrícola para medir las compensaciones y el rendimiento de las explotaciones.

Beneficios de la mitigación del cambio climático

- Captura de carbono en el suelo: se consigue mediante la aplicación de la agroecología, la agroforestería, la diversificación de cultivos, la agricultura climáticamente inteligente, la agricultura de conservación, los sistemas integrados de cultivo y ganadería, la mejora de la gestión de los cultivos y/o la agricultura ecológica.
- Reducción de las emisiones de GEI procedentes de la agricultura: se consigue mediante la aplicación de la diversificación de cultivos, la agricultura climáticamente inteligente, la agricultura de conservación (gran potencial de mitigación en zonas secas), los sistemas de rotación de cultivos y pastos, la mejora de la gestión de los cultivos, los sistemas de cultivos intercalados y la agricultura de precisión.
- Las actividades de agricultura urbana reducen la huella de carbono alimentaria al evitar las emisiones del transporte de alimentos a larga distancia.
- Mejorar la eficiencia de la maquinaria agrícola en términos de productividad y tiempo de funcionamiento, y reducir el uso de combustibles fósiles, también puede reducir las emisiones de GEI.

Las medidas destinadas a reducir la dependencia de la aplicación de fertilizantes sintéticos y las medidas para una gestión mejorada o integrada de los nutrientes de los cultivos, incluida la eficiencia en el uso de nutrientes (p. ej., la aplicación optimizada de fertilizantes, el uso de fertilizantes de liberación lenta o controlada, los cultivos intercalados, la reducción del laboreo, el uso de cultivos de cobertura y la aplicación de biofertilizantes) reducen significativamente las emisiones de N₂O. Los biofertilizantes y la fertilización ecológica también pueden lograr grandes reducciones de las emisiones de CH₄.

Otros beneficios medioambientales

- Aire más limpio gracias a la reducción del uso de fertilizantes sintéticos.
- Mejora de la calidad del agua gracias a la reducción de la escorrentía superficial y de la lixiviación de nutrientes en las aguas subterráneas.
- Reducción de la contaminación del suelo.

- Contribución a la restauración del ciclo del agua.

Beneficios de la adaptación

La aplicación de medidas para la producción de cultivos respetuosa con la naturaleza contribuye a que la producción agrícola sea más resiliente al cambio climático.

- Efectos positivos para el suelo: mejora del ciclo de nutrientes; conservación y restauración del suelo; reducción de la erosión del suelo; mejora de la fertilidad, calidad, estructura y salud del suelo; y mejora de la biodiversidad del suelo.
- Efectos positivos para el agua: utilización eficaz del agua; mayor infiltración y retención del agua en el suelo; y regeneración de los manantiales.
- Mayor resistencia a plagas y enfermedades.
- Mayor resistencia frente a condiciones meteorológicas y climáticas extremas, especialmente el calor y la sequía. La agricultura de conservación, en particular, aumenta la resiliencia de los sistemas agrícolas al estrés climático, sobre todo en las regiones secas, y mejora la resiliencia de las comunidades al estrés climático, como la sequía.
- Aumento de la prestación de servicios ecosistémicos.
- La agricultura urbana aumenta la resiliencia climática de las zonas urbanas al reducir el llamado [efecto isla de calor](#) (es decir, temperaturas significativamente más altas en las zonas urbanas densas en comparación con las zonas residenciales suburbanas o rurales) y previniendo las inundaciones gracias a una mayor infiltración de agua.

Otros beneficios del desarrollo sostenible

- ODS 1 (Fin de la pobreza) y ODS 2 (Hambre cero): Beneficios para los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria. Posible aumento de la productividad agrícola que conduzca a un aumento (o mantenimiento) de la producción de cultivos; aumento de los ingresos familiares; mejora de la seguridad alimentaria; acceso equitativo a alimentos sanos, nutritivos y diversificados, y mejora de los medios de vida rurales; capacitación de los pequeños agricultores; mayor disponibilidad de tiempo para la producción adicional de ganado y hortalizas; y prácticas de alimentación de lactantes y niños pequeños.
- ODS 5 (Igualdad de género) y ODS 10 (Reducción de las desigualdades).
- ODS 6 (Agua limpia y saneamiento): reducción del consumo y la contaminación del agua; protección de las cuencas hidrográficas; y mejora de la calidad del agua.
- ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles): Beneficios para las ciudades y

comunidades procedentes de la agricultura urbana; mejora de la autosuficiencia alimentaria de las ciudades; mejora de la seguridad alimentaria urbana; y mejora de la biodiversidad urbana.

- ODS 12 (Producción y consumo responsables): Beneficios para la reducción de residuos; mejora de la eficiencia en el uso de nutrientes, agua y otros insumos; reducción de la pérdida de insumos de producción; y promoción de sistemas alimentarios locales.
- ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres): reducción de la contaminación por fertilizantes y pesticidas; aumento de la actividad microbiana, la fertilidad y la calidad del suelo; aumento de la diversidad de genes, especies y ecosistemas en las explotaciones agrícolas; mejora de la conservación de la biodiversidad; protección de los ecosistemas (p. ej., bosques); reducción/ prevención de la degradación de la tierra; reducción/ prevención de la desertificación; reducción potencial del uso de la tierra; y fortalecimiento de los servicios ecosistémicos.

Principales retos de implantación y posibles externalidades negativas y compensaciones

- La aplicación de prácticas sostenibles de producción de cultivos puede requerir una tenencia segura de la tierra, un acceso equitativo a los recursos y a los servicios de asesoramiento agrícola, suficientes incentivos financieros públicos y privados, conocimientos, experiencia práctica, suficientes recursos laborales y/o elevadas inversiones iniciales.
- Mejora de la gestión de los nutrientes de los cultivos: la accesibilidad de los insumos o prácticas adecuados es muy variable según la región.
- Los cultivos intercalados requieren una selección adecuada de las especies para evitar la competencia por los recursos (p. ej., agua y nutrientes).
- Datos intensivos para medir los avances hacia los resultados deseados.
- Agroecología y agricultura climáticamente inteligente: obstáculos para la adopción y el uso de (bio)tecnologías modernas e innovadoras.
- [Agroforestería](#) riesgo de especies invasoras, alelopatía (es decir, liberación por una planta de una sustancia química que restringe la germinación o el crecimiento de otra planta), competencia por los recursos, competencia entre árboles y cultivos o aumento de las enfermedades de las plantas. Para más información, véase [Implantación de prácticas agroforestales](#).
- Diversificación de cultivos: mayor carga de trabajo (asociada a mayores costes y posibles dificultades para acceder a los mercados).

Medidas para afrontar los retos y las externalidades negativas y compensaciones

- Apoyo para acceder y utilizar los insumos, suministros, tecnologías o prácticas de gestión necesarios para una producción respetuosa con la naturaleza, con especial énfasis en el apoyo a las comunidades de bajos ingresos y marginadas.
- Desarrollo de capacidades sobre producción respetuosa con la naturaleza para productores y agentes de extensión agraria.
- Incorporación de sistemas y técnicas de producción respetuosos con la naturaleza en la educación agrícola.
- Mecanismos adecuados de apoyo financiero a los productores, incluidas líneas de crédito específicas, con especial énfasis en el apoyo a las comunidades marginadas y de bajos ingresos.
- Sistemas de pago por servicios ecosistémicos (PES).
- Plataformas de desarrollo para capturar los grandes datos necesarios para supervisar y evaluar los avances en los sistemas positivos para la naturaleza.
- Uso de semillas apropiadas/ mejoradas para obtener altos rendimientos criadas para condiciones naturales positivas específicas.
- Desarrollo de vías de transición sólidas y convincentes para minimizar las pérdidas durante la transición.
- Orientación sobre la selección adecuada de especies agrícolas y ganaderas y de razas para evitar reducciones significativas del rendimiento.
- Mecanismos financieros para compensar las reducciones de rendimiento y las reducciones de ingresos asociadas (p. ej., subvenciones, exenciones fiscales y pagos por servicios ecosistémicos (PES)).
- Capacitación y formación de los productores para maximizar los conocimientos y minimizar el riesgo de externalidades negativas.
- Mejora del acceso equitativo a los mercados de productos respetuosos con la naturaleza.
- Para más información, véase [Absorción de carbono en el suelo y mejora de la salud del suelo en los sistemas de cultivo](#), [Implantación de sistemas integrados de gestión de tierras de cultivo y ganado](#) y [Implantación de prácticas agroforestales](#).

Costes de implementación

- Según el [IPCC](#) los costes medios de inversión inicial en prácticas de gestión sostenible de la tierra, incluida la producción de cultivos sostenible, ascienden a 500 USD por hectárea.

La intervención en la práctica

- La producción de soja en Brasil incluye [ejemplos de uso de biofertilizantes en la producción de cultivos](#). El biofertilizante se utiliza en el 80 % de las tierras plantadas con soja en Brasil, lo que permite a los microorganismos sustituir a la fertilización química en el suministro de nitrógeno a los cultivos. (Sin embargo, los nutrientes fósforo y potasio siguen siendo suministrados por los fertilizantes químicos). Entre los beneficios del biofertilizante figuran el aumento del rendimiento de la soja, la protección de los ríos y el agua dulce frente a la contaminación, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (aprox. 430 Mt de CO₂eq en comparación con los fertilizantes químicos nitrogenados) y la reducción de los costes anuales en unos 10000 millones de USD, gracias a la disminución de las importaciones de fertilizantes sintéticos. El uso generalizado de biofertilizantes en la producción de soja ha sido posible gracias a la colaboración entre el mundo académico, los organismos reguladores, la industria, los servicios de difusión y las organizaciones de agricultores. Los científicos aportaron la tecnología necesaria, los reguladores crearon el marco normativo necesario y la industria se encargó de su aplicación y comercialización. El uso de biofertilizantes en la producción de soja podría servir de modelo para otros cultivos.
- El Gobierno de la India ha promovido la agricultura climáticamente inteligente desde 2011 a través de la iniciativa Innovaciones Nacionales en Agricultura Resiliente al Clima. Como parte de la iniciativa, el gobierno intenta aumentar el número de [pueblos resilientes al clima](#). Esto incluye la formación de los aldeanos en conservación de la humedad in situ, acolchado con biomasa, reciclado de residuos, recogida y reciclado de agua para riego suplementario o vital, labranza de conservación, cultivos intercalados específicos para cada lugar y agroforestería, entre otras cosas.
- Para promover la diversificación de la producción agrícola, Catholic Relief Services organiza las ferias agrícolas Diversity for Nutrition and Enhanced Resilience ([Ferias DiNERS](#)). Las ferias ofrecen a los agricultores diversas opciones de semillas y otros materiales de siembra para alimentos ricos en nutrientes (p. ej., especies de árboles frutales, legumbres autóctonas, hortalizas y cultivos de cereales) mediante pequeñas muestras y bonos que dan poder de decisión a los agricultores.

Referencias

1. Abagandura, G. O., ?entürklü, S., Singh, N., Kumar, S., Landblom, D. G., & Ringwall, K. (2019). Impacts of crop rotational diversity and grazing under integrated crop-livestock system on soil surface greenhouse gas fluxes. *PLoS ONE*, 14(5). Retrieved February 6, 2024, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6530893/>
2. Agricultural Diversification: Benefits and Barriers for Sustainable Soil Management.

- (n.d.). Retrieved February 6, 2024, from <https://www.frontiersin.org/research-topics/21052/agricultural-diversification-benefits-and-barriers-for-sustainable-soil-management>
3. Al-Kodmany, K. (2018). The Vertical Farm: A Review of Developments and Implications for the Vertical City. *Buildings*, 8(2), 24.
 4. Bogaerts, M., Cirhigiri, L., Robinson, I., Rodkin, M., Hajjar, R., Costa Junior, C., et al. (2017). Climate change mitigation through intensified pasture management: Estimating greenhouse gas emissions on cattle farms in the Brazilian Amazon. *Journal of Cleaner Production*, 162, 1539–1550.
 5. Carvalho, J. L. N., Raucci, G. S., Frazão, L. A., Cerri, C. E. P., Bernoux, M., & Cerri, C. C. (2014). Crop-pasture rotation: A strategy to reduce soil greenhouse gas emissions in the Brazilian Cerrado. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 183, 167–175.
 6. Climate Smart Agriculture Sourcebook. (n.d.). Retrieved February 6, 2024, from <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b1-crops/b1-overview/en/>
 7. Course 5: Reduce Greenhouse Gas Emissions from Agricultural Production (Synthesis). (n.d.). Retrieved February 6, 2024, from <https://research.wri.org/wrr-food/course/reduce-greenhouse-gas-emissions-agricultural-production-synthesis#note-89>
 8. Devkota, K. P., Pasuquin, E., Elmido-Mabilangan, A., Dikitanan, R., Singleton, G. R., Stuart, A. M., et al. (2019). Economic and environmental indicators of sustainable rice cultivation: A comparison across intensive irrigated rice cropping systems in six Asian countries. *Ecological Indicators*, 105, 199–214.
 9. FAO. (2021). *Climate change mitigation options in agrifood systems: Summary of the Working Group III contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Sixth Assessment Report (AR6)*. Retrieved from <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc4943en>.
 10. FAPESP. (.28). Brazilian soybean growers' use of biofertilizer is highlighted by a leading science journal. *AGÊNCIA FAPESP*. Retrieved February 6, 2024, from <https://agencia.fapesp.br/brazilian-soybean-growers-use-of-biofertilizer-is-highlighted-by-a-leading-science-journal/39681>
 11. Finger, R., Swinton, S., El Benni, N., & Walter, A. (2019). Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment. *Annual Review of Resource Economics*, 11.
 12. Hadjikakou, M., Bowles, N., Geyik, O., Conijn, S., Mogollon, J., Bodirsky, B. L., et al. (2023). Mitigating risk of exceeding environmental limits requires ambitious food system interventions. Retrieved February 6, 2024, from <https://eartharxiv.org/repository/view/5231/>.
 13. HLPE (2023). *Reducing inequalities for food security and nutrition*. Rome, CFS HLPE-FSN. Available from <https://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe/insights/news-insights/news->

detail/reducing-inequalities-for-food-security-and-nutrition/en.

14. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019). *Climate Change and Land An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCCL-Full-Report-Compiled-191128.pdf>
15. Kantachote, D., Nunkaew, T., Kantha, T., & Chairapat, S. (2016). Biofertilizers from *Rhodopseudomonas palustris* strains to enhance rice yields and reduce methane emissions. *Applied Soil Ecology*, 100, 154–161.
16. Lin, B. B. (2011). Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change. *BioScience*, 61(3), 183–193.
17. Malyan, S. K., Bhatia, A., Kumar, S. S., Fagodiya, R. K., Pugazhendhi, A., & Duc, P. A. (2019). Mitigation of greenhouse gas intensity by supplementing with *Azolla* and moderating the dose of nitrogen fertilizer. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 20, 101266.
18. Medici, M., Marcus Pedersen, S., Carli, G., & Tagliaventi, M. R. (2020). Environmental Benefits of Precision Agriculture Adoption. *ECONOMIA AGRO-ALIMENTARE*, (3), 637–656.
19. Mitsui & Co. Global Strategic Studies Institute. (2023). *Creating a Consumer Market for Nature-Positive Foods — Comprehensive Food Design is Essential*. Retrieved from https://www.mitsui.com/mgssi/en/report/detail/_icsFiles/afieldfile/2023/09/05/2307i_sakai_e.pdf
20. Olmo, R., Wetzels, S. U., Armanhi, J. S. L., Arruda, P., Berg, G., Cernava, T., et al. (2022). Microbiome Research as an Effective Driver of Success Stories in Agrifood Systems – A Selection of Case Studies. *Frontiers in Microbiology*, 13, 834622.
21. Pereira, B. de J., Cecílio Filho, A. B., & La Scala, N. (2022). Greenhouse gas emissions and carbon footprint of collard greens, spinach and chicory production systems in Southeast of Brazil. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1015307.
22. Peterson, C. A., Bell, L. W., Carvalho, P. C. de F., & Gaudin, A. C. M. (2020). Resilience of an Integrated Crop–Livestock System to Climate Change: A Simulation Analysis of Cover Crop Grazing in Southern Brazil. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 604099.
23. Schreinemachers, P., Wu, M., Uddin, Md. N., Ahmad, S., & Hanson, P. (2016). Farmer training in off-season vegetables: Effects on income and pesticide use in Bangladesh. *Food Policy*, 61, 132–140.
24. Springmann, M., & Freund, F. (2022). Options for reforming agricultural subsidies from health, climate, and economic perspectives. *Nature Communications*, 13(1), 82.

25. Tschora, H., & Cherubini, F. (2020). Co-benefits and trade-offs of agroforestry for climate change mitigation and other sustainability goals in West Africa. *Global Ecology and Conservation*, 22, e00919.
26. UNCCD. (n.d.). *Boosting Nature-Positive Food Production: A pathway for safeguarding human and planetary health*. Retrieved from https://catalogue.unccd.int/419_UNCCD_series_AG1_Nature-Positive_final_for_web.pdf
27. Vernooy, R. (2022). Does crop diversification lead to climate-related resilience? Improving the theory through insights on practice. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 46(6), 877–901.
28. Wageningen Centre for Development Innovation, Wageningen University & Research. (2021). *Food-system interventions with climate change and nutrition co-benefits: A literature review*. Retrieved from https://www.ifad.org/documents/38714170/43188972/wageningen_foodsystems.pdf/b163afbd-8e20-ea3d-a7ab-77328ddf6adb?t=1622789088577