

# Implantación de sistemas integrados de gestión de tierras de cultivo y ganado

## Visión general

[Los sistemas integrados de producción agrícola](#) son [sistemas mixtos](#) en los que los subproductos de un componente del sistema sirven como recursos para otro componente. En [sistemas agropecuarios integrados](#) (ICLS), la producción agrícola y ganadera se apoyan y dependen mutuamente la una de la otra. Los ICLS son distintos de los sistemas especializados, en los que los cultivos y la producción ganadera están disociados y dependen de insumos externos. [Los ICLS cierran el círculo de los ciclos de nutrientes y energía](#). Por ejemplo, el ganado transforma los residuos y subproductos vegetales en proteínas comestibles de alta calidad y estiércol, que se utiliza como abono orgánico, sustituyendo la dependencia de los fertilizantes minerales. Reacoplar los sistemas agrícolas y ganaderos a escala de explotación y/o territorial puede ayudar a [reducir las externalidades medioambientales asociadas a la agricultura comercial convencional](#) (p. ej., las emisiones de GEI derivadas de la producción de fertilizantes minerales) y [aumentar la resiliencia de los pequeños agricultores](#) (p. ej., diversificando los ingresos y la dieta). Como los sistemas integrados son diversos, a nivel de paisaje, también pueden desarrollarse en una serie de hábitats y mejorar la biodiversidad agrícola.

## Implantación de medidas concretas

Gestionar los ICLS a escala de las explotaciones, [la FAO](#) sugiere a los agricultores que se centren en las siguientes medidas:

### 1. Mejorar el la economía circular y reducir las pérdidas de nutrientes:

- Utilizar estiércol animal y purines para la fertilización orgánica de cultivos y árboles, reduciendo la dependencia de fertilizantes de origen externo. Tener en cuenta que la cantidad y el momento de aplicación del estiércol deben planificarse cuidadosamente para evitar efectos perjudiciales sobre el medio ambiente y las aguas subterráneas (véase [Reducir las emisiones del ganado mediante prácticas de gestión sostenibles](#)).
- Alimentar al ganado utilizando residuos de cultivos (p. ej., malas hierbas, paja, rastrojos, rebrote verde de cultivos o grano caído) y subproductos del procesado de cultivos (p. ej., salvado, melazas o pulpas). Hay que tener en cuenta que es importante equilibrar el uso de los residuos de cultivos para la alimentación animal y para cubrir el suelo.
- Cubrir el suelo con «cultivos intermedios», que son cultivos secundarios que crecen en el intervalo de tiempo entre dos cultivos principales o que se plantan entre las hileras de un cultivo principal. Los cultivos de captura pueden retener recursos potencialmente lixiviados (p. ej., nutrientes y agua), evitar la erosión, mejorar la fertilidad del suelo y también utilizarse como pienso o mantillo.

- Tener en cuenta todas las demandas del sistema de explotación, incluidas las necesidades de alimentación animal. En lugar de seleccionar variedades de cultivo sólo por su mayor rendimiento, utilizar variedades que tengan, por ejemplo, paja de mejor calidad, más paja o mayores [tasas de crecimiento](#) (es decir, el rebrote del cultivo tras la cosecha).

## 2. Mejorar los patrones de cultivo:

- Aplicar una gestión integrada del pastoreo, que implique la rotación de cultivos anuales y pastos y, cuando sea posible, dejar la tierra en barbecho para ayudar a restaurar la fertilidad del suelo.
- Usar tierras de labor. Una tierra de labor es un campo en el que los cultivos se alternan con hierba para pastos o leguminosas. La combinación de cultivos rotativos y fertilización orgánica mediante el ganado acelera la restauración de la fertilidad del suelo.
- Integrar cultivos asociados para mejorar la calidad del suelo y el rendimiento. Por ejemplo, una combinación de cultivos asociados podría consistir en gramíneas forrajeras tropicales combinadas con cultivos comerciales como el café, los cítricos o la soja.
- Integrar cultivos intercalados de cereales y leguminosas en las rotaciones de cultivos, que proporcionan rendimientos de cereales básicos y forraje de alta calidad para el ganado (por ejemplo, alfalfa o caupí con avena).
- Implantar mosaicos paisajísticos en los que se reserven distintas zonas para diferentes fines, incluidos cultivos para consumo humano, cultivos forrajeros y praderas. La combinación de terrenos herbáceos y de cultivo es «[una base esencial](#)» de los sistemas integrados de cultivo y ganadería.
- Integrar una mayor variedad de cultivos, animales y plantas que puedan ofrecer oportunidades de mercado transformadoras a los agricultores.

## 3. Utilizar el ganado para el suministro de energía: Cambiar las fuentes de combustible insostenibles (madera, carbón vegetal, queroseno o petróleo) por biogás o tortas de estiércol para alimentar las actividades domésticas (cocina y alumbrado) o rurales-industriales (molinos o bombas de agua).

## 4. Establecer [sistemas sostenibles de Agricultura-Acuicultura Integrada](#) (SAI) (por ejemplo, sistemas de cultivo de arroz-pescado) para ofrecer a los pequeños productores de las zonas rurales una mayor diversificación de ingresos y nutrición. Véanse [Implantación de sistemas sostenibles de gestión de la acuicultura](#).

## Establecer medidas de gobernanza

Los sistemas ICLS se enfrentan a barreras que limitan su adopción. [Para apoyar la transición de los agricultores en](#) a sistemas ICLS, los gobiernos pueden

- Apoyar a las comunidades locales, los pequeños agricultores, los movimientos sociales y los grupos marginados que buscan la autosuficiencia y/o promueven movimientos holísticos y agroecológicos, que incluyen la reducción de la dependencia de insumos externos. Adoptar una gestión de la tierra y una gobernanza equitativas y participativas para lograr un ICLS a más largo plazo a escala de paisaje.
- Aumentar las inversiones en investigación sobre tecnologías de producción ganadera sostenible y gestión adaptada a las condiciones locales.
- Apoyar oportunidades de mercado transformadoras y equitativas a partir de la integración de rotaciones de cultivos que produzcan cosechas comercializables adicionales.
- Facilitar el acceso a la financiación, especialmente para reducir el riesgo de las inversiones iniciales, ya que la falta de acceso a la financiación es uno de los principales obstáculos para la adopción de los ICLS.
- Proporcionar subvenciones para recompensar las prácticas sostenibles, como la diversificación de cultivos. [Algunos ejemplos](#) son la subvención de la Política Agrícola Común (PAC) europea para mantener praderas y zonas seminaturales; el programa ABC de Brasil, que subvencionaba préstamos para la adopción de ICLS; y las políticas de Nueva Zelanda para mejorar la gestión de nutrientes.
- Proporcionar educación, formación y capacitación adecuadas para que los productores agrícolas y los agentes de difusión reconozcan los beneficios de los ICLS para la seguridad alimentaria.
- Garantizar unos derechos claros de tenencia y sobre los recursos, especialmente para los pequeños agricultores, las mujeres, los pueblos indígenas y las comunidades locales. Es más probable que los gestores de tierras y los agricultores inviertan en medidas de gestión del suelo si sus derechos sobre la tierra son suficientes y seguros.
- Mejorar el acceso equitativo a recursos como los mercados de insumos, productos y servicios financieros, o el apoyo gubernamental a los pequeños agricultores, las mujeres, los pueblos indígenas, las comunidades locales, los jóvenes y otros grupos desfavorecidos.
- Invertir en la expansión del empleo agrícola rural decente, el empleo no agrícola y las oportunidades de subsistencia, especialmente para las mujeres y los jóvenes, invirtiendo en la iniciativa empresarial, las pequeñas y medianas empresas, los pequeños agricultores y las explotaciones familiares para garantizar oportunidades de ingresos equitativas, inclusivas y decentes.

## Herramientas y sistemas MRV para hacer un seguimiento de los progresos

## **GLEAM-i**

Una herramienta de código abierto para calcular las emisiones de GEI de la producción ganadera.

## **EX-Ante Carbon-balance (EX-ACT)**

Una herramienta para estimar y seguir los resultados de las intervenciones agrícolas sobre las emisiones de GEI.

## **La herramienta EX-Ante Carbon-balance**

Para cadenas de valor (EX-ACT VC) es una herramienta para calcular las emisiones de GEI a lo largo de las cadenas de valor agroalimentarias.

## **Libro de consulta de la FAO sobre agricultura climáticamente inteligente**

La FAO ofrece un libro de consulta en línea sobre agricultura climáticamente inteligente, de código abierto, que contiene un módulo sobre sistemas de producción integrados e inteligentes desde el punto de vista climático.

## **Guía práctica sobre la gestión ecológica del suelo**

La edición 2021 de la guía práctica sobre gestión ecológica del suelo del programa de Investigación y Educación sobre Agricultura Sostenible de la Universidad de Maryland (EE.UU.) contiene un capítulo sobre la integración de cultivos y ganadería.

## **Manual AgSTAR de desarrollo de proyectos de digestión anaeróbica**

Recopila las mejores prácticas de proyectos de digestión anaeróbica y sistemas de biogás que pueden formar parte de sistemas integrados de cultivos y ganadería.

## **Collect Earth Online**

Un sistema gratuito y de código abierto desarrollado por la NASA y USAID y alojado por la FAO para ver e interpretar imágenes de satélite de alta resolución. Los usuarios pueden recopilar información actualizada o realizar evaluaciones relacionadas con la cubierta terrestre, el uso del suelo, la silvicultura y la agricultura.

## **GrassSignal**

Una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para el seguimiento sostenible de las praderas.

## **Piipponen et al. (2022)**

Proporciona datos para estimar la capacidad de carga ganadera de las praderas.

## 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, incluidas las recomendaciones sobre la gestión de cultivos y ganado, en los sistemas agrícolas.

### Beneficios de la mitigación

- La intensidad de las emisiones de [de los sistemas de producción integrados suele ser inferior a la de los sistemas de producción especializados](#). La aplicación de sistemas de producción integrados reduce las emisiones globales de GEI procedentes de la agricultura.
- Los sistemas integrados de cultivo y ganadería podrían [reducir las emisiones de metano entérico hasta un 17 % en los países de la OCDE, un 24 % en África oriental y un 38 % en el sur de Asia](#).
- Los ICLS contribuyen a mitigar el cambio climático de [múltiples maneras](#):
  - El uso de estiércol para la producción de cultivos evita las emisiones de GEI derivadas de la producción, el transporte y la aplicación de fertilizantes sintéticos.
  - La aplicación de estiércol aporta biomasa al suelo, lo que aumenta la materia orgánica y, por tanto, la absorción de carbono.
  - El uso de residuos de cultivos, subproductos y forraje producido localmente para alimentar al ganado evita las emisiones derivadas de la eliminación de residuos y el transporte de los piensos. También puede contribuir a reducir la superficie de tierra necesaria para la producción de cultivos para forraje y, por tanto, evitar las emisiones de GEI relacionadas con el cambio de uso de la tierra, que, según [la FAO](#), es la mayor fuente de emisiones de la producción ganadera mundial, ya que representa el 45 % de las emisiones totales de la producción ganadera (incluidas las emisiones derivadas del cambio de uso de la tierra).
  - Alimentar al ganado, como rumiantes, cerdos y aves de corral, con piensos más digeribles (p. ej., pastos, residuos de cultivos, árboles y arbustos forrajeros) mejora la calidad de la dieta de los animales y reduce las emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica y el estiércol.
  - Alimentar al ganado con residuos y subproductos de cultivos alivia la presión sobre las praderas y aumenta su restauración y calidad, lo que incrementa la capacidad de las praderas para absorber y almacenar carbono.
  - El cultivo de forrajes perennes en lugar de cultivos comerciales anuales aumenta la retención de carbono en el suelo al ampliar la temporada de cultivo, lo que minimiza la alteración del suelo y las emisiones de carbono asociadas.

- En general, las tasas de absorción de carbono en el suelo alcanzan un nivel máximo entre 5 y 20 años después de la adopción de prácticas de gestión integrada. Después de esto, la absorción de carbono continúa pero las tasas de absorción disminuyen hasta que las reservas de carbono orgánico del suelo alcanzan un punto de saturación, que viene determinado principalmente por la textura del suelo y la composición química de la materia orgánica del mismo. Existe un gran potencial para mejorar las reservas de carbono en suelos erosionados y degradados.

## Otros beneficios medioambientales

- Reducción potencial de la contaminación atmosférica, mediante el cambio a fuentes de combustible más limpias.
- Aumento de la infiltración de agua en el suelo, gracias a la mejora de la cubierta del suelo y de su contenido de materia orgánica.

## Beneficios de la adaptación

Véase la *producción de cultivos respetuosos con la naturaleza*, la *producción ganadera sostenible*, la *agroforestería*, la *gestión del carbono del suelo* y la *mejora de la gestión de praderas y pastizales* destacan otros beneficios de algunas técnicas que también se utilizan en los sistemas integrados de cultivos y ganadería. A continuación se enumeran algunos de los principales beneficios de la adaptación al ICLS:

- Resiliencia y gestión de riesgos: aumento de la resiliencia de la producción en las explotaciones ante fenómenos climáticos y económicos adversos. Mayor flexibilidad de los sistemas de producción para hacer frente a posibles amenazas y crisis socioeconómicas y provocadas por el cambio climático, ya que los productores disponen de una gama más amplia de estrategias de gestión de riesgos y opciones de respuesta.
- Suelo: reducción de la erosión del suelo y mejora de la fertilización del suelo, la productividad del suelo y el [ciclo de nutrientes](#).
- Protección contra condiciones climáticas extremas y plagas: mejor control de plagas y enfermedades, mejor control de las malas hierbas y protección contra el estrés relacionado con el clima.
- Medios de subsistencia: mejora de la productividad de las explotaciones, lo que se traduce en una diversificación y un aumento de los ingresos agrícolas.
- Agua: mayor infiltración de agua en el suelo.

## Otros beneficios del desarrollo sostenible

- ODS 1 (Fin de la pobreza) y ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico): Los ICLS aumentan la rentabilidad de las explotaciones al reducir los costes de explotación asociados a los insumos, la contaminación y los residuos. Al mismo tiempo, los sistemas integrados aumentan la productividad y los ingresos de las explotaciones, así como la resiliencia económica de los medios de vida. Por ejemplo, en la [producción de soja](#), la productividad de los sistemas integrados supera con creces la de los sistemas especializados. Todos estos factores reducen la pobreza y promueven un crecimiento económico sostenible en los hogares.
- ODS 2 (Hambre cero) y ODS 3 (Salud y bienestar): Los ICLS mejoran la seguridad alimentaria y la nutrición y promueven la salud y el bienestar aumentando la diversidad de la dieta y sus consiguientes beneficios para la salud.
- ODS 2 (Hambre cero) y ODS 12 (Producción y consumo responsables): Los ICLS promueven la agricultura sostenible y garantizan modelos de producción sostenibles. La intensificación de los ciclos de nutrientes, agua y energía en las explotaciones minimiza el impacto ambiental de la producción. La mejora de la eficiencia de los ciclos del carbono y el nitrógeno contribuye a la intensificación y diversificación sostenibles de la producción.
- ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres): Los ICLS protegen y promueven el uso sostenible de los ecosistemas terrestres mediante:
  - Aumento de la diversidad del paisaje y del hábitat, lo que beneficia a las cadenas alimentarias dentro de los ecosistemas y aumenta las interacciones entre grupos de organismos.
  - Mayor conservación de la biodiversidad agrícola en las explotaciones.
  - Diversificación y aumento de los servicios ecosistémicos, incluida la preservación de la calidad del agua.
  - Disminución de la contaminación ambiental derivada de la producción ganadera en comparación con la [producción en establos de engorde](#).
  - Mejora de la salud animal al evitar el parasitismo y las enfermedades contagiosas y mejorar la calidad de la dieta.
  - Aumento de la dispersión de semillas, la diversidad de plantas y la provisión de hábitats, especialmente para los polinizadores, mediante la integración de pastos y cultivos.

## Principales retos de implantación y posibles externalidades negativas y compensaciones

- La implantación de sistemas de producción integrados requiere conocimientos sustanciales, acceso a apoyo técnico (p. ej., servicios de difusión) e inversiones

iniciales potencialmente elevadas (p. ej., los costes de los equipos necesarios para la producción de energía a partir de subproductos agrícolas).

- El escaso acceso a los mercados, los seguros y el crédito socava la viabilidad económica de los ICLS.
- Los sistemas de incentivos financieros favorecen los sistemas de producción especializados (p. ej., mediante la subvención de insumos o la falta de subvenciones para los sistemas de producción integrados).
- Los ICLS pueden ser [vulnerables a las perturbaciones](#) porque la mezcla de flujos de recursos entre los componentes del sistema hace que los sistemas sean internamente más complejos e interdependientes. Los ICLS son más vulnerables a las perturbaciones si los componentes individuales del sistema son muy sensibles a los cambios ecológicos.
- [Las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes del ganado y las emisiones de N<sub>2</sub>O procedentes de cultivos y pastos pueden neutralizar los beneficios del almacenamiento de carbono orgánico en el suelo](#) pero los efectos exactos no están claros y requieren más investigación.
- Es necesario encontrar un equilibrio entre el uso de residuos agrícolas para alimentar al ganado y la mejora de la salud del suelo. Dependiendo de la ubicación y del nivel de degradación, es posible que las partes cultivables de los sistemas de explotación necesiten retener los residuos de los cultivos para mejorar la salud del suelo y, por lo tanto, no podrán reducir la presión del pastoreo sobre las praderas ni alimentar el abastecimiento externo.
- Los beneficios medioambientales de los ecosistemas de praderas pueden verse mermados a medida que aumenta la intensificación de la producción ganadera. El aumento de la producción ganadera entraña el riesgo de sobrepastoreo y compactación del suelo por pisoteo.
- La productividad de los componentes individuales del sistema en los ICLS puede ser inferior a la de los sistemas de producción especializados, aunque la productividad global de los sistemas integrados supere con creces a la de estos. Por ejemplo, el rendimiento medio de la soja y la producción de biomasa aérea de los cultivos de cobertura son [inferiores en los sistemas integrados que en los sistemas especializados de producción de soja](#), pero la producción adicional de forraje y ganado aumenta la producción total del sistema.

## Medidas para minimizar los retos y las posibles externalidades y compensaciones negativas

- Adecuada provisión y adopción de insumos, suministros, tecnologías y prácticas de gestión apropiados para cada componente del sistema.

- Capacitación de los productores y de los agentes de difusión agraria en materia de gestión del estiércol, producción y optimización de abonos orgánicos y compost, y cultivos de captura y cobertura.
- Fortalecer las instituciones locales inclusivas y equitativas.
- Establecer organizaciones de productores inclusivas y equitativas.
- Integración de los sistemas de producción integrada en los planes de estudio de los centros de enseñanza agraria.
- Evaluación del riesgo financiero y plan de financiación en fase de planificación.
- Provisión de líneas de crédito específicas y/o apoyo financiero o incentivos, incluido el pago por servicios medioambientales.
- Selección adecuada de especies agrícolas y razas de ganadería
- [El pastoreo rotativo](#), a diferencia del pastoreo continuo, permite que la vegetación se recupere entre los episodios de pastoreo.
- Alimentar a los animales en el interior con heno o forraje ensilado puede ayudar a equilibrar la utilización de las praderas y la capacidad de carga medioambiental.
- Los planes de gestión para [controlar la densidad del rebaño y el tiempo de pastoreo evitan la compactación del suelo y el sobrepastoreo debido a la producción ganadera](#) y optimizan la rotación de la vegetación y el ganado.
- El sobrepastoreo durante determinados periodos de la estación, como los largos periodos secos en los que las praderas pueden ser vulnerables a daños duraderos, puede gestionarse mediante métodos de pastoreo cero, en los que los pastores mantienen a sus animales en establos y «cortan y acarrean» biomasa para alimentarlos. Aunque esto no es recomendable durante largos periodos de tiempo, puede garantizar que no se produzca sobrepastoreo durante los periodos críticos de la temporada.
- [La FAO](#) recomienda adoptar una perspectiva holística de los sistemas integrados de cultivos y ganadería en los que los distintos componentes del sistema actúen como una sola entidad. Por lo tanto, el objetivo debe ser lograr un alto rendimiento para la combinación de los componentes en lugar de lograr un alto rendimiento para un solo componente.

## Costes de implementación

- [La investigación](#) realizada en Mato Grosso, Brasil, entre 2005 y 2012 muestra que los ICLS requieren una inversión inicial de 863 USD/ha. Esta cifra es superior a los costes de inversión iniciales de los sistemas ganaderos especializados tradicionales (174 USD/ha) o de la producción especializada de soja o maíz (766 USD/ha). En el caso de

los ICLS que incluyen ganado vacuno y soja o maíz, los costes operativos de una explotación típica oscilan entre 110-283 USD/ha y los costes de los insumos entre 80-181 USD/ha. Esto es menor que los costes operativos y de insumos de las explotaciones especializadas en soja y maíz (costes operativos y de insumos totales de 860-1484 USD/ha), pero superior a los de las explotaciones especializadas en ganado vacuno. specialized cattle farms.

## La intervención en la práctica

- Entre 2011 y 2014, el Programa Mitigación del Cambio Climático en la Agricultura de la FAO (MICCA, por sus siglas en inglés), que fue diseñado por la FAO con el apoyo financiero del Gobierno de Finlandia para investigar y ampliar la agricultura climáticamente inteligente, implementó un [proyecto piloto sobre sistemas integrados de cultivo, ganadería y arboricultura en Kaptumo \(Kenia\)](#). El proyecto tenía como objetivo reducir el balance global de GEI de los sistemas de producción ganadera de la zona y fue realizado por la Asociación Empresarial de Productores de Lácteos de Kaptumo (DFBA) en el marco del Programa de Desarrollo de Producción de Lácteos de África Oriental (EADD). A través de un innovador enfoque de difusión de agricultor a agricultor, unos 4700 pequeños agricultores recibieron formación sobre la mejora de la producción y conservación de forraje en las explotaciones, la mejora de la gestión del estiércol y el pastoreo, y la concienciación y capacidad de afrontamiento del cambio climático. También se concedieron préstamos a los agricultores para facilitar la aplicación de prácticas como la recogida de estiércol, el compostaje, el desbroce de matorrales, el acolchado o la siembra puntual y por franjas con leguminosas. Los agricultores participantes informaron de un mayor rendimiento, un aumento de los ingresos agrícolas y una mayor disponibilidad de alimentos.

## Referencias/ Bibliografía

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. Aguilar, J., Archer, D., Hendrickson, J., Kronberg, S., Liebig, M., Nichols, K., et al. (2013). Diversification and ecosystem services for conservation agriculture: Outcomes from pastures and integrated crop–livestock systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 28(2), 129–144.
3. Chen, R. F. F., Garrett, R. D., Kamoi, M. Y. T., Latorraca, D., Michetti, M., Rodrigues, R. de A. R., et al. (2020). Assessing the economic viability of integrated crop?livestock systems in Mato Grosso, Brazil. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 35(6), 631–642.
4. Climate Smart Agriculture Sourcebook. (n.d.). Retrieved February 6, 2024, from <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module->

5. Cruz Colazo, J., de Dios Herrero, J., Sager, R., Guzmán, M. L., & Zaman, M. (2022). Contribution of Integrated Crop Livestock Systems to Climate Smart Agriculture in Argentina. *Land*, 11(11), 2060.
6. FAO. (2001). *Mixed crop-livestock farming: A review of traditional technologies based on literature and field experience*. Retrieved from <https://www.fao.org/3/Y0501E/Y0501E00.htm>.
7. FAO. (2016). *Planning, implementing, and evaluating Climate-Smart Agriculture in Smallholder Farming Systems The experience of the MICCA pilot projects in Kenya and the United Republic of Tanzania*. Retrieved from <https://www.fao.org/3/i5805e/i5805e.pdf>.
8. Franzluebbbers, A. J., Lemaire, G., de Faccio Carvalho, P. C., Sulc, R. M., & Dedieu, B. (2014). Toward agricultural sustainability through integrated crop-livestock systems: Environmental outcomes. *Integrated Crop-Livestock System Impacts on Environmental Processes*, 190, 1–3.
9. Garrett, R., Ryschawy, J., Bell, L., Cortner, O., Ferreira, J., Garik, A. V., et al. (2020). Drivers of decoupling and recoupling of crop and livestock systems at farm and territorial scales. *Ecology and Society*, 25(1). Retrieved February 7, 2024, from <https://www.ecologyandsociety.org/vol25/iss1/art24/>.
10. 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>.
11. Ignowski, L., Belton, B., Ali, H. *et al.* (2023). Integrated aquatic and terrestrial food production enhances micronutrient and economic productivity for nutrition-sensitive food systems. *Nature Food* 4, 866–873
12. Integrated Crop-Livestock Systems (ICLS). (n.d.). Retrieved February 7, 2024, from <https://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/spi/scpi-home/managing-ecosystems/integrated-crop-livestock-systems/en/>
13. Lemaire, G., Franzluebbbers, A., Carvalho, P. C. de F., & Dedieu, B. (2014). Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Integrated Crop-Livestock System Impacts on Environmental Processes*, 190, 4–8.
14. Mazzafera, P., Favarin, J. L., & Andrade, S. A. L. D. (2021). Intercropping systems in sustainable agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 634361.
15. 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.

16. Poffenbarger, H., Artz, G., Dahlke, G., Edwards, W., Hanna, M., Russell, J., et al. (2017). An economic analysis of integrated crop-livestock systems in Iowa, U.S.A. *Agricultural Systems*, 157, 51–69.
17. Thornton, P. K., & Herrero, M. (2015). Adapting to climate change in the mixed crop and livestock farming systems in sub-Saharan Africa. *Nature Climate Change*, 5(9), 830–836.