

Reducción de la pérdida de alimentos tras la cosecha en los niveles de almacenamiento, transporte y transformación

Visión general

[La pérdida de alimentos](#) se define generalmente como la disminución de la calidad o cantidad de alimentos resultante de las decisiones y acciones de los actores de la cadena de suministro alimentario, sin incluir a los minoristas de alimentos ni a los consumidores. La pérdida de alimentos después de la cosecha se refiere a la pérdida de alimentos a lo largo de la cadena de suministro de alimentos desde la cosecha hasta (pero sin incluir) las etapas de venta al por menor y consumo. La trazabilidad y la falta de datos, así como la falta de claridad sobre dónde se producen las pérdidas de alimentos, suponen un reto importante para abordar el problema.

Las estimaciones en torno a la pérdida de alimentos varían mucho; la FAO calcula que [13.8 %](#) de los alimentos producidos en el mundo se pierde desde la explotación hasta la venta al por menor. Se calcula que la pérdida y el desperdicio de alimentos cuestan 2.600 millones de dólares al año y representan un billón de pérdidas económicas anuales. Minimizar la pérdida mundial de alimentos tras la cosecha es importante para [mitigación y adaptación al cambio climático](#) así como para cuestiones de desarrollo global relacionadas, como la inseguridad alimentaria y la pobreza.

Implantación de medidas concretas

Las medidas para atajar la pérdida de alimentos tras la cosecha van desde soluciones tecnológicas específicas para el almacenamiento, el transporte y la transformación hasta intervenciones políticas sectoriales. Pueden incluir:

- Medidas de almacenamiento, como:
 - Inversión en instalaciones de almacenamiento frigorífico. Se calcula que [526 millones de toneladas](#) de alimentos perecederos se echaron a perder en 2017 en todo el mundo por falta de refrigeración.
 - Promoción de tecnologías de almacenamiento como [almacenamiento hermético](#) (es decir, sistemas de almacenamiento sellados, impermeables y herméticos como [silos metálicos](#)).
 - Inversión en [sistemas de recepción en almacén](#) donde los alimentos de las explotaciones se llevan a zonas de almacenamiento modernas y centralizadas.
 - Establecimiento de [centros de agregación](#) para almacenar y conservar alimentos a múltiples niveles de temperatura.

- Promoción de [abrazaderas de almacenamiento en el campo](#) una alternativa de almacenamiento de bajo coste para cultivos como patatas, nabos, remolacha azucarera y otros. La abrazadera es un montón compacto, montículo o pila de material y se forma excavando una depresión rectangular poco profunda en el campo para crear la base de la aglomeración y se puede utilizar paja o heno viejo para cubrir la parte superior protegiéndola de la erosión de la lluvia.
- Medidas de distribución y transporte, entre ellas
 - Promoción de buenas prácticas y tecnologías de envasado mediante:
 - Establecimiento de normas nacionales para el envasado de alimentos y aplicación adecuada de las normas.
 - Sensibilizar sobre las técnicas/ tecnologías de embalaje más eficaces y promover el desarrollo de las habilidades necesarias para poner en práctica estos comportamientos y tecnologías.
 - Proporcionar recursos financieros (p. ej., subvenciones) a los agentes de la cadena de suministro que podrían beneficiarse de la aplicación de estas prácticas/tecnologías.
 - Promoción de [materiales de transporte](#) que puedan transportar con seguridad los cultivos a mercados lejanos, como sacos de fibra natural y sintética y cajas de plástico moldeado. Esto es especialmente importante en el caso de cultivos muy perecederos (p. ej., cultivos con alto contenido de humedad).
- Medidas de tratamiento y manipulación, por ejemplo:
 - Promoción de métodos/ tecnologías de procesado que puedan prolongar la vida útil de los productos, como el secado, el ahumado, la salazón, la fermentación, el encurtido, el enlatado y la irradiación de alimentos.
 - Promoción de tecnologías de [cadena seca](#) que secan los productos antes de su almacenamiento y mantienen la sequedad de las semillas mediante envases herméticos.
 - Promoción de [prácticas adecuadas de manipulación](#) a lo largo de la cadena de suministro que puedan reducir la contaminación de los productos.
- Medidas transversales, por ejemplo:
 - Utilización de [materiales de cambio de fase \(PCM\)](#) para mantener los productos dentro de un intervalo de temperatura deseado y conservar así la calidad de los productos a medida que avanzan por la cadena de suministro. Los PCM van desde materiales más naturales y/u orgánicos, como la gelatina, hasta materiales más sintéticos, como el poliestireno. Los PCM pueden reducir las emisiones asociadas a las cadenas de frío al aumentar la eficiencia energética del almacenamiento (véase [Reducción de las emisiones procedentes del](#)

[almacenamiento, las cadenas de frío, el transporte y la transformación de alimentos](#)) y las operaciones de distribución, así como reduciendo la pérdida de alimentos.

- Fomento de las tecnologías de seguimiento y rastreo de alimentos para reducir la ineficacia de la cadena de suministro y mejorar el conocimiento de dónde se producen las pérdidas de alimentos a lo largo de la misma. [Las medidas](#) para construir cadenas de valor más eficientes e inteligentes incluyen: integración vertical; ampliación de la contratación de minoristas y mayoristas; [sistemas informáticos de modelización y seguimiento](#) que optimicen la programación y las rutas de transporte; y métodos de financiación para reducir las limitaciones de información y los cuellos de botella.
- Crear incentivos para que las empresas midan la pérdida y el desperdicio de alimentos y apliquen [políticas de pérdida y desperdicio de alimentos](#) por ejemplo, a través de casos de éxito que demuestren posibles ahorros de costes, la presentación de informes por parte de las empresas y su divulgación a los inversores, o la supervisión por parte de terceros.
- Impulsar las inversiones responsables en cadenas de valor inclusivas, incluidas la transformación y la distribución, a nivel local, regional, nacional e internacional, para promover cadenas de valor alimentarias sostenibles y resilientes y reducir las desigualdades. Debe hacerse especial hincapié en las zonas con prevalencia de pobreza multidimensional con el objetivo de respetar, promover y supervisar los derechos laborales y mitigar los abusos, la explotación sexual y el acoso.
- Medidas políticas más amplias, por ejemplo:
 - Adopción de objetivos jurídicamente vinculantes de reducción de pérdidas y desperdicio [de alimentos](#).
 - Adopción de una [estrategia nacional para reducir la pérdida de alimentos](#) incluyendo programas, políticas, prácticas, incentivos y/o medidas relacionadas para influir en las acciones de agricultores, empresas, consumidores y órganos políticos.

Establecer medidas de gobernanza

La aplicación eficaz de las medidas contra la pérdida de alimentos tras la cosecha debe guiarse e incentivarse mediante reformas de la gobernanza y las políticas nacionales. Las siguientes medidas de gobernanza pueden servir para facilitar el despliegue de medidas de reducción de la pérdida de alimentos:

- Abordar los precios demasiado bajos de los productos agrícolas, ya que los precios bajos contribuyen a una elevada dinámica de pérdida de alimentos en las explotaciones o cerca de ellas. La pérdida de alimentos podría reducirse parcialmente mediante la aplicación de sistemas de precios justos y remuneradores.
- Evaluar si las normas de calidad aumentan las pérdidas de alimentos debido a la

clasificación. Las normas de calidad deben adecuarse a la producción local, y los mercados de alimentos imperfectos deben apoyarse siempre que sea posible.

- [Reformar las políticas agrícolas](#) (p. ej., introducir medidas o subvenciones basadas en el mercado) para permitir el diseño y la aplicación de tecnologías mejoradas de almacenamiento, transformación y transporte de alimentos.
 - Por ejemplo, las políticas que apoyan la I+D y los modelos empresariales innovadores pueden desbloquear inversiones en métodos de [cadenas de frío](#) más eficientes desde el punto de vista energético.
- Sensibilizar y formar a los agentes de la cadena de suministro sobre las mejores tecnologías disponibles para reducir la pérdida de alimentos, y sobre cómo pueden aplicarse los programas de subvenciones disponibles para reducir los obstáculos a la adopción de estas nuevas tecnologías.
- Mejorar las infraestructuras de [transporte](#) (carreteras, puentes, etc.) que permitan un transporte y una distribución eficaces de los productos.
- Incentivar la producción, importación y uso de soluciones de transporte que ofrezcan explícitamente soluciones de reducción de residuos alimentarios, como la refrigeración. Además, mejorar la inversión responsable en logística, tecnologías, servicios y cadenas de suministro adoptando enfoques territoriales y reforzando la conectividad y el comercio de los mercados locales, regionales, nacionales e internacionales.
- Reunir a profesionales de todo el mundo para compartir conocimientos e intercambiar buenas prácticas sobre estrategias de reducción de la pérdida de alimentos tras la cosecha. Esto podría facilitarse mediante [conferencias mundiales](#) coorganizadas por las instituciones mundiales pertinentes (FAO, PNUMA, FIDA, PMA, etc.) y apoyadas por los gobiernos nacionales. Podrían constituir una plataforma clave para la creación de capacidades que permitan alcanzar los objetivos mundiales en materia de pérdida de alimentos (p. ej., mediante el desarrollo de un mecanismo facilitador para el ODS 12.3 y otros ODS relacionados con la pérdida de alimentos).

Herramientas y sistemas MRV para hacer un seguimiento de los progresos

Aplicación de la FAO sobre la pérdida de alimentos (FLAPP)

Una aplicación de código abierto que utiliza la investigación científica y los datos de origen popular de los agricultores para medir rápidamente la pérdida de alimentos. Proporciona información accesible sobre la pérdida de alimentos (por ejemplo, avisos en vídeo) para agricultores, asociaciones de productores, empresas y cooperativas, que puede servir de base para la toma de decisiones.

Herramienta mundial para la pérdida de explotaciones agrícolas

Ayuda a los agricultores de todo el mundo a medir los excedentes de alimentos y la pérdida

de alimentos tras la cosecha, con el fin de coordinarse con los compradores para utilizar una mayor parte de los alimentos cultivados.

Bases de datos e informes nacionales sobre pérdidas de alimentos

Bases de datos e informes nacionales sobre pérdida de alimentos, como los elaborados por el Programa Waste & Resources Action Programme (WRAP) del Reino Unido.

Hoja de captura de datos del WRAP

Por ejemplo, la hoja de captura de datos del WRAP ofrece orientación específica para cada sector sobre los métodos de cuantificación de la pérdida de alimentos. Está destinado al uso común de las empresas alimentarias del Reino Unido, pero puede aplicarse en todo el mundo.

Índice de pérdida de alimentos (FLI) de la FAO

La metodología del Índice de Pérdida de Alimentos (FLI por sus siglas en inglés) de la FAO mide y supervisa el progreso en el Objetivo 12.3 de los ODS, proporcionando información importante sobre las tendencias de pérdida de alimentos y dirigiendo las intervenciones hacia donde tendrán el mayor impacto.

Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI)

Metodología de pérdida de alimentos del Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) para medir las cantidades de alimentos perdidos a lo largo de la cadena de valor, así como las reducciones en la calidad de los alimentos.

Plataforma técnica de la FAO

La Plataforma Técnica de la FAO para la Medición y Reducción de la Pérdida y el Desperdicio de Alimentos incluye diversas publicaciones (estudios de caso, informes, documentos de debate) que abordan la pérdida de alimentos.

Metodología de la FAO

Metodología de la FAO para realizar estudios de casos de análisis de pérdidas de alimentos. La metodología se centra en revelar y analizar las causas multidimensionales de las pérdidas en determinadas cadenas de suministro de alimentos, identificar los puntos críticos de pérdidas y recomendar soluciones y estrategias viables para reducirlas. Hay disponible una introducción a la metodología a través de un curso de aprendizaje digital.

Protocolo sobre pérdida y desperdicio de alimentos

El Protocolo sobre Pérdida y Desperdicio de Alimentos (Protocolo FLW) proporciona herramientas para medir la pérdida y el desperdicio de alimentos, incluida la Calculadora del Valor FLW y la Norma FLW. La norma FLW permite a una amplia gama de actores (empresas, países, otras organizaciones) medir cuánta pérdida/residuos de alimentos se generan e identificar dónde se producen, lo que permite realizar esfuerzos específicos de reducción de la pérdida/residuos de alimentos.

Sistema Africano de Información sobre Pérdidas Postcosecha (APHLIS)

El Sistema Africano de Información sobre Pérdidas Postcosecha (APHLIS) es un esfuerzo internacional para recopilar, analizar y difundir datos sobre las pérdidas poscosecha de cereales en el África subsahariana. El algoritmo de la calculadora APHLIS combina datos sobre pérdidas postcosecha procedentes de la investigación académica con observaciones contextuales de expertos locales.

Herramienta de evaluación rápida de pérdidas (RLAT) de GIZ

La Herramienta de Evaluación Rápida de Pérdidas (RLAT) de GIZ proporciona una metodología para evaluar los puntos críticos de pérdida de alimentos. Se ha utilizado para evaluar la pérdida de alimentos en múltiples cadenas de valor alimentarias, incluido el arroz blanco en Nigeria.

Análisis del ciclo de vida (ACV)

Los análisis del ciclo de vida (ACV) pueden servir para valorar el impacto medioambiental de las cadenas agroalimentarias, incluida la pérdida de alimentos.

Herramienta Ex-Ante de Balance de Carbono para Cadenas de Valor (EX-ACT VC)

La herramienta Ex-Ante de Balance de Carbono para Cadenas de Valor (EX-ACT VC) es un método para medir las cantidades de alimentos perdidos a lo largo de toda la cadena de valor, estandarizando las pérdidas en cada nivel de la cadena de valor y agregando todos los niveles para calcular una estimación global de los alimentos que no llegan al comercio minorista.

Beneficios de la mitigación del cambio climático

El uso de tecnologías mejoradas de almacenamiento de alimentos para reducir la pérdida/desperdicio de alimentos evita las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los alimentos que irían a parar a los vertederos, así como de la menor necesidad de producir alimentos:

- A nivel mundial, [entre el 8 % y el 10 % de las emisiones de gases de efecto invernadero](#) están asociadas a la pérdida y el desperdicio de alimentos.

- Una reducción de las pérdidas de alimentos podría dar lugar a una disminución significativa del cambio de uso de la tierra, lo que reduciría las emisiones asociadas a la producción primaria (es decir, las emisiones generadas a través del cambio de uso de la tierra).
- Para más información sobre medidas para reducir las emisiones de la cadena de suministro, véase [Reducción de las emisiones procedentes del almacenamiento, las cadenas de frío, el transporte y la transformación de alimentos](#).

Otros beneficios medioambientales

- Reducción del cambio de uso de la tierra: la presión para convertir los ecosistemas naturales para la agricultura se reduce, ya que las pérdidas posteriores a la cosecha podrían traducirse en una mayor disponibilidad de alimentos para la venta y el consumo y en una mejora de los ingresos y el bienestar económico de los hogares y las empresas.
- Reducción de la contaminación atmosférica: los residuos alimentarios se desvían de los vertederos, donde pueden quemarse.

Beneficios de la adaptación

- Mejora de la seguridad y la calidad de los alimentos.
- Menor presión sobre recursos naturales como [la tierra y el agua](#). Los alimentos perdidos y desperdiciados consumen [la cuarta parte del agua utilizada anualmente en la agricultura y el tamaño de las tierras de cultivo utilizadas para producir la cantidad total de alimentos perdidos o desperdiciados equivale en tamaño al de China](#).
- La mejora de la tecnología de almacenamiento puede reducir la pérdida de alimentos tras la cosecha y aumentar la seguridad alimentaria [el suministro de grano y la seguridad alimentaria](#) sin desperdiciar otros recursos como tierra, mano de obra, agua y otros insumos.
- Mejora de los ingresos y los medios de subsistencia de los pequeños agricultores: El acceso a tecnologías de almacenamiento asequibles y eficaces puede motivar a los agricultores a almacenar sus granos durante más tiempo y obtener precios más altos en lugar de vender justo después de la cosecha, cuando la oferta de granos es mayor. Esto también puede ayudar a reducir la exposición de los agricultores a los riesgos de precios.

Otros beneficios del desarrollo sostenible

- ODS 1 (Fin de la pobreza): mejorando los ingresos procedentes de la producción de alimentos.
- ODS 2 (Hambre cero): mejorando la disponibilidad de alimentos.

- ODS 12 (Producción y consumo responsables), en particular el ODS 12.3 «para 2030, reducir a la mitad el desperdicio de alimentos per cápita en el mundo a nivel de minoristas y consumidores y reducir las pérdidas de alimentos a lo largo de las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha.»
- ODS 13 (Acción por el clima): evitando las emisiones derivadas de la pérdida de alimentos.
- ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico): generar [empleo y oportunidades de ingresos](#) mediante la transformación y la comercialización, así como la reducción de los costes laborales en los países en vías de desarrollo.
- [Beneficios menos directos de los ODS](#) podrían corresponder a:
 - ODS 6 (Agua limpia y saneamiento)
 - ODS 10 (Reducción de las desigualdades)
 - ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles)
 - ODS 14 (Vida submarina)
 - ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres)
- [Los avances en otros ODS](#) podría conducir en última instancia a la reducción de la pérdida/desperdicio de alimentos, incluyendo:
 - ODS 5 (Igualdad de género)
 - ODS 7 (Energía asequible y no contaminante)
 - ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura)
 - ODS 17 (Alianzas para lograr los objetivos)

Principales retos de implantación y posibles externalidades negativas y compensaciones

- Tecnologías como la mejora del envasado pueden requerir [costes adicionales](#) en mano de obra y requieren capacitación para garantizar un uso adecuado. Sin la disponibilidad de soluciones financieras a medida, el acceso a la financiación para implantarlas puede ser un obstáculo.
- Los costes iniciales relativamente elevados para los productores y otros agentes de la cadena de suministro de algunas de las soluciones poscosecha podrían traducirse en precios más altos de los alimentos para los consumidores. Sin embargo, esta presión sobre los precios puede verse contrarrestada por la mejora de la calidad de los alimentos y el aumento de la oferta.

- Algunas intervenciones posteriores a la pérdida de cosechas pueden no ser actualmente [económicamente viables](#) en los países en desarrollo debido al alto grado de estacionalidad de los productos, lo que significa que soluciones como las instalaciones de almacenamiento en frío no se utilizan durante todo el año.
- [Los almacenes frigoríficos](#) utilizan cantidades considerables de energía, por lo que es probable que la ampliación de su uso provoque un aumento de las emisiones, a menos que se alimenten con fuentes de energía limpias.
- [El aumento del uso de envases](#) para reducir las pérdidas de alimentos podría provocar un aumento de las emisiones de GEI asociadas a la producción de materiales de envasado, así como un incremento de los residuos plásticos.
- La reducción de las pérdidas de alimentos en las fases posteriores a la explotación agrícola de las cadenas de suministro puede dar lugar a que los agricultores vean [menor demanda](#) de sus productos y, por tanto, de sus ingresos. Al mismo tiempo, esto puede verse contrarrestado por los precios más altos alcanzados por los productos frescos de mayor calidad.

Medidas para minimizar los retos y abordar posibles externalidades negativas y compensaciones

- Los costes adicionales derivados de la compra y el uso de tecnologías mejoradas podrían compensarse mediante subvenciones o ayudas de gobiernos o instituciones más ricos.
- Invertir en instalaciones frigoríficas y sistemas de almacenamiento alimentados por [energía renovable y/o con un uso más eficiente de la energía](#). Para más información, véase [Reducción de las emisiones procedentes del almacenamiento, las cadenas de frío, el transporte y la transformación de alimentos](#).
- El aumento de los precios de los alimentos como resultado de las intervenciones contra la pérdida de alimentos podría compensarse mediante subvenciones y/o la aplicación de programas sociales dirigidos a los consumidores con bajos ingresos.
- En cuanto a la reducción de los impactos del aumento del uso de envases, [los ACV pueden aplicarse para evaluar todo el sistema envase-producto](#) y evaluar el impacto medioambiental de las intervenciones de envasado. Por ejemplo, en algunos casos puede ser posible sustituir los materiales de envasado/almacenamiento de un solo uso por materiales de envasado/almacenamiento reutilizables.
- El impacto negativo sobre los ingresos de los proveedores de una menor demanda de alimentos debido a la reducción de la pérdida de alimentos podría compensarse mediante ayudas financieras específicas. Además, los programas que animan a los agricultores a cambiar a nuevas cadenas de suministro con productos de mayor valor pueden ayudar a diversificar los ingresos de los agricultores.

Costes de implementación

- La inversión inicial y los costes anuales de funcionamiento de las instalaciones de almacenamiento frigorífico suelen ser elevados, lo que las hace menos accesibles para los países en desarrollo debido a [barreras de acceso a la financiación](#). Los agentes locales del sector privado podrían aportar fondos considerables para la inversión, y se les podría animar activamente a invertir y apoyar modelos empresariales sostenibles.
- [Los silos metálicos](#) pueden tener un coste inicial elevado, lo que supone un obstáculo para su adopción por parte de los pequeños agricultores. Los silos comunitarios podrían ser una alternativa económica, ya que el coste por unidad de grano disminuye al aumentar el tamaño de los silos. El coste de mantenimiento de los silos es muy bajo, lo que puede compensar en cierta medida el elevado coste inicial.

La intervención en la práctica

- La Agencia Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ) apoyó una amplia gama de tecnologías de reducción de la pérdida de alimentos dentro de sus Centros de Innovación Verde. En Vietnam, por ejemplo, la introducción del almacenamiento en frío y el tratamiento con agua caliente (HWT) para los mangos ha dado lugar a una reducción global de las pérdidas postcosecha del 84%, pasando del 30% de pérdidas a menos del 5%. Además, ha aumentado la vida útil de los mangos de 7 a 21 días.
- [Uganda](#) desarrolló una estrategia nacional para reducir las pérdidas poscosecha en las cadenas de suministro de cereales como parte de la más amplia [Estrategia nacional ugandesa contra el desperdicio de alimentos](#). El desarrollo de la estrategia se basó en la metodología de análisis de pérdidas de alimentos de la FAO [de la FAO](#) así como en consultas con múltiples partes interesadas. Las cuestiones estratégicas clave y las soluciones viables para reducir las pérdidas poscosecha de cereales en Uganda pueden aplicarse a otros contextos nacionales en África.
- El Programa de Cooperación Técnica de la FAO ha [introducido](#) mejores materiales de envasado a granel, como cajas reutilizables, así como orientaciones para mejorar las prácticas de gestión poscosecha con el fin de reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de suministro de productos frescos en varios países del sur de Asia. La intervención redujo significativamente las pérdidas de alimentos y generó beneficios económicos y una mejora general del bienestar de agricultores, minoristas y consumidores. También supuso beneficios medioambientales gracias a la sustitución de las bolsas de plástico de un solo uso para el transporte por cajas reutilizables.
- La FAO fue pionera en una técnica para ahumar y secar pescado, la [Técnica FAO-Thiaroye \(FTT\)](#). Esta técnica puede utilizarse independientemente de las condiciones climáticas y aumenta la gama de especies que pueden procesarse, reforzando la resistencia de los procesadores de pescado a la variabilidad climática. Puede dar lugar a una [eliminación casi completa](#) de las pérdidas de alimentos en la fase de procesado, mejorando al mismo tiempo la calidad y seguridad de los productos. Por ejemplo, en Costa de Marfil, se calcula que la técnica ahorrará [1,7 millones de USD](#) anuales gracias a la reducción de las pérdidas de productos pesqueros ahumados.

Referencias

1. African Union Commission. (2018). *Post-Harvest Loss Management Strategy*. Retrieved from <https://faolex.fao.org/docs/pdf/au222439.pdf>
2. Alkaabneh, F. M., Lee, J., Gómez, M. I., & Gao, H. O. (2021). A systems approach to carbon policy for fruit supply chains: Carbon tax, technology innovation, or land sparing? *Science of The Total Environment*, 767, 144211
3. Ambuko, J., Karithi, E., Hutchinson, M., & Willis, O. (2018). Modified Atmosphere Packaging Enhances the Effectiveness of Coolbot™ Cold Storage to Preserve Postharvest Quality of Mango Fruits. *Journal of Food Research*, 7, 7
4. APHLIS – The African Postharvest Losses Information System. (n.d.). Retrieved February 8, 2024, from <https://www.aphlis.net/en>
5. Bai, B., Zhao, K., & Li, X. (2019). Application research of nano-storage materials in cold chain logistics of e-commerce fresh agricultural products. *Results in Physics*, 13, 102049
6. BENNETT, B., BUZBY, J. C., & HODGES, R. J. (2011). Postharvest losses and waste in developed and less developed countries: opportunities to improve resource use. *The Journal of Agricultural Science*, 149(S1), 37–45
7. Bessou, C. (2017). How to Assess the Environmental Impacts of an Agri-Chain? In *Sustainable Development and Tropical Agri-chains* (pp. 237–255). Retrieved February 7, 2024, from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-024-1016-7_19
8. Bryce, E. (2023, March 24). Comprehensive analysis of food waste serves up revelations. Retrieved February 8, 2024, from <https://www.anthropocenemagazine.org/2023/03/loss-and-waste-generates-half-of-all-food-related-emissions-worldwide/>
9. Delgado, L., Schuster, M., & Torero, M. (2017, July 25). Reality of Food Losses: A New Measurement Methodology [MPRA Paper]. Retrieved February 8, 2024, from <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/80378/>
10. FAO. (2016). *Food Loss Analysis: Causes and Solutions Case studies in the Small-scale Agriculture and Fisheries Subsectors*. Retrieved from <https://www.fao.org/3/az568e/az568e.pdf>
11. FAO. (2018). *SDG 12.3.1: Global Food Loss Index*. Retrieved from <https://www.fao.org/3/CA2640EN/ca2640en.pdf>
12. FAO. (2019). *The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction*. Retrieved from <https://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf>
13. FAO. (n.d.). *Food wastage footprint & Climate Change*. Retrieved February 8, 2023, from <https://www.fao.org/3/bb144e/bb144e.pdf>
14. FAO (2014). *Food wastage footprint: Full-cost accounting*. Retrieved on June 25, 2024

from <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6a266c4f-8493-471c-ab49-30f2e51eec8c/content>.

15. Farmers and growers. (n.d.). *WRAP*. Retrieved February 8, 2024, from <https://wrap.org.uk/taking-action/food-drink/sectors/farmers-growers>
16. FLW Value Calculator. (n.d.). *Food Loss and Waste Protocol*. Retrieved February 7, 2024, from <https://www.flwprotocol.org/why-measure/food-loss-and-waste-value-calculator/>
17. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). Technical Platform on the Measurement and Reduction of Food Loss and Waste. Retrieved February 7, 2024, from <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/resources/publications/en>
18. Food Irradiation. (2022, October 13). *Center for Disease Control and Prevention*. Retrieved February 8, 2024, from <https://www.cdc.gov/foodsafety/communication/food-irradiation.html>
19. Food Loss & Waste Protocol. (2022, September 20). *World Resources Institute*. Retrieved February 8, 2024, from <https://www.wri.org/initiatives/food-loss-waste-protocol>
20. Food loss analysis case study methodology. (n.d.). *FAO elearning Academy*. Retrieved February 8, 2024, from <https://elearning.fao.org/course/view.php?id=374>
21. Food loss and waste data capture sheet. (n.d.). *WRAP*. Retrieved February 8, 2024, from <https://wrap.org.uk/resources/tool/food-loss-and-waste-data-capture-sheet>
22. GIZ. (2015). *Rapid Loss Appraisal Tool (RLAT) - RLAT in practice: A toolbox for maize*. Retrieved from https://wocatpedia.net/images/5/55/GIZ_RLAT_toolbox.pdf
23. Haass, R., Dittmer, P., Veigt, M., & Lütjen, M. (2015). Reducing food losses and carbon emission by using autonomous control – A simulation study of the intelligent container. *International Journal of Production Economics*, 164, 400–408
24. 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>.
25. 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>
26. IRRI. (2010). *Storage: How to use the IRRI Super bag*. Retrieved from https://www.knowledgebank.irri.org/images/docs/fs_how_to_use_the_super_bag.pdf
27. Kiaya, V. (2014). *Technical paper on Post-Harvest Losses*. Retrieved from

https://www.actioncontrelafaim.org/wp-content/uploads/2018/01/technical_paper_phl_.pdf

28. Kumar, D., & Kalita, P. (2017). Reducing Postharvest Losses during Storage of Grain Crops to Strengthen Food Security in Developing Countries. *Foods*, 6(1), 8
29. Meng, B., Zhang, X., Hua, W., Liu, L., & Ma, K. (2022). Development and application of phase change material in fresh e-commerce cold chain logistics: A review. *Journal of Energy Storage*, 55, 105373
30. National Strategy for Food Waste Reduction. (n.d.). *Federal Ministry of Food and Agriculture*. Retrieved February 7, 2024, from <https://www.bmel.de/EN/topics/food-and-nutrition/food-waste/national-strategy-for-food-waste-reduction.html>
31. Nicastro, R., & Carillo, P. (2021). Food Loss and Waste Prevention Strategies from Farm to Fork. *Sustainability*, 13(10), 5443
32. ReFED Insights Engine. (n.d.). Retrieved February 8, 2024, from <https://insights.refed.com/>
33. Republic of Uganda. (n.d.). *Uganda Vision 2040*. Retrieved from <https://faolex.fao.org/docs/pdf/uga155949.pdf>
34. SAVE FOOD INITIATIVE: Our mission and objectives. (n.d.). Retrieved February 8, 2024, from https://www.save-food.org/en/Save_Food_Initiative/Mission
35. SAVE FOOD: Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction. (n.d.). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Retrieved February 8, 2024, from <https://www.fao.org/save-food/news-and-multimedia/events/detail-events/en/c/271382/>
36. Sheahan, M., & Barrett, C. B. (2017). Review: Food loss and waste in Sub-Saharan Africa. *Food Policy*, 70, 1–12.
37. The EX-Ante Carbon-balance Tool for value chains (EX-ACT VC). (n.d.). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Retrieved February 8, 2024, from <https://www.fao.org/in-action/epic/ex-act-tool/suite-of-tools/ex-act-vc/en/>
38. The FLW Standard. (n.d.). *Food Loss and Waste Protocol*. Retrieved February 8, 2024, from <https://flwprotocol.org/flw-standard/>
39. Venus, V., Asare-Kyei, D. K., Tijsskens, L. M. M., Weir, M. J. C., de Bie, C. A. J. M., Ouedraogo, S., et al. (2013). Development and validation of a model to estimate postharvest losses during transport of tomatoes in West Africa. *Computers and Electronics in Agriculture*, 92, 32–47
40. von Braun, J., Sorondo, M. S., & Steiner, R. (2023). Reduction of Food Loss and Waste: The Challenges and Conclusions for Actions. In *Science and Innovations for Food Systems Transformation* (pp. 569–578). Retrieved February 7, 2024, from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-15703-5_31

41. Wageningen Food & Biobased Research. (2021). *Roadmap Post-Harvest Loss Reduction in Selected Vietnamese Value Chains - Phase 1*. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/548408>
42. Wageningen Food & Biobased Research. (2022). *Roadmap Post-Harvest Loss Reduction in Selected Vietnamese Value Chains*. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/577022>
43. Williams, H., Wikström, F., Otterbring, T., Löfgren, M., & Gustafsson, A. (2012). Reasons for household food waste with special attention to packaging. *Journal of Cleaner Production*, 24, 141–148
44. World Bank. (2020). *Addressing Food Loss and Waste: A Global Problem with Local Solutions*. Retrieved from <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/674c11d6-79eb-5905-8822-fcd9663eabb4/content>
45. WWF UK. (2021). *Driven to waste: The Global Impact of Food Loss and Waste on Farms*. Retrieved from https://files.worldwildlife.org/wwfmsprod/files/Publication/file/6yoepbekgh_wwf_uk_driven_to_waste_the_global_impact_of_food_loss_and_waste_on_farms.pdf
46. Yilmaz, I. C., & Yilmaz, D. (2020). Optimal capacity for sustainable refrigerated storage buildings. *Case Studies in Thermal Engineering*, 22, 100751
47. Yusuf, B. (2011). Design, development and techniques for controlling grains post-harvest losses with metal silo for small and medium scale farmers. *African Journal of Biotechnology*. Retrieved February 8, 2024, from https://www.academia.edu/96675082/Design_development_and_techniques_for_controlling_grains_post_harvest_losses_with_metal_silo_for_small_and_medium_scale_farmers
48. Zhu, J., Luo, Z., Sun, T., Li, W., Zhou, W., Wang, X., et al. (2023). Cradle-to-grave emissions from food loss and waste represent half of total greenhouse gas emissions from food systems. *Nature Food*, 4(3), 247–256