

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2026,  
Volumen 10, Número 1.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v10i1](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1)

## **PROPUESTA DE ÍNDICE DE PÉRDIDA DE ALIMENTOS PARA LA CENTRAL DE ABASTOS DE SALTILLO, COAHUILA**

**FOOD LOSS INDEX PROPOSAL FOR WHOLESALE  
MARKET IN SALTILLO, COAHUILA**

**Roberto Constancio Torres Ramírez**

Centro de Estudios e Investigaciones Interdisciplinarias  
Universidad autónoma de Coahuila

**Victor Daniel Boone Villa**

Centro de Estudios e Investigaciones Interdisciplinarias  
Universidad autónoma de Coahuila

**Janeth Margarita Ventura Sobrevilla**

Escuela de Ciencias de la Salud  
Universidad Autónoma de Coahuila

**Efraín Viesca Villanueva**

Facultad de Ciencias Químicas  
Universidad Autónoma de Coahuila

**Genaro Aguilar Gutiérrez**

Escuela Superior de Economía  
Instituto Politécnico Nacional de México

## Propuesta de Índice de Pérdida de Alimentos para la Central de Abastos de Saltillo, Coahuila

**Roberto Constancio Torres Ramírez<sup>1</sup>**

[roberto.torres@uadec.edu.mx](mailto:roberto.torres@uadec.edu.mx)

<https://orcid.org/0009-0002-3738-2324>

Centro de Estudios e Investigaciones  
Interdisciplinarias  
Universidad autónoma de Coahuila  
México

**Victor Daniel Boone Villa**

[danielboone@uadec.edu.mx](mailto:danielboone@uadec.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-4220-7926>

Centro de Estudios e Investigaciones  
Interdisciplinarias  
Universidad autónoma de Coahuila  
México

**Janeth Margarita Ventura Sobrevilla**

[janethventura@uadec.edu.mx](mailto:janethventura@uadec.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0001-6304-5749>

Escuela de Ciencias de la Salud  
Universidad Autónoma de Coahuila  
México

**Efraín Viesca Villanueva**

[eviesca@uadec.edu.mx](mailto:eviesca@uadec.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0001-6830-5335>

Facultad de Ciencias Químicas  
Universidad Autónoma de Coahuila  
México

**Genaro Aguilar Gutiérrez**

[genaroaguilargtz@gmail.com](mailto:genaroaguilargtz@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-1629-734X>

Escuela Superior de Economía  
Instituto Politécnico Nacional de México  
México

### RESUMEN

La Pérdida de Alimentos (PA) constituye un desafío importante que afecta la seguridad alimentaria, sustentabilidad ambiental y eficiencia económica. La PA se presenta a lo largo de la cadena de suministros alimentaria y es importante identificar los eslabones críticos, en México, la ausencia de indicadores regionales sobre el comportamiento de la PA, dificulta dimensionar el fenómeno y la generación de políticas públicas que permitan mitigarlo. El presente estudio propone un modelo para determinar un Índice de Pérdida de Alimentos (IPA) en los rubros de frutas y verduras para la Central de Abastos (CEDA) de Saltillo, Coahuila. El modelo se basa en el índice de precios y cotizaciones de Laspyeres y en la adecuación de factores que influyen la PA ponderados mediante el proceso de análisis jerárquico (AHP). Los resultados muestran que tanto los factores climáticos como la infraestructura son los que mayor impacto tienen, el valor calculado del IPA se tradujo a impactos, ambientales, económicos y nutricionales (vitamina C, fibrá dietética y kcal). El modelo propuesto puede ser replicado en otros mercados mayoristas, pudiendo aportar además una base para el establecimiento de políticas públicas basadas en evidencias.

**Palabras clave:** pérdida de alimentos, índice laspeyres, sostenibilidad alimentaria, centrales de abasto

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [roberto.torres@uadec.edu.mx](mailto:roberto.torres@uadec.edu.mx)Autor

## Food loss Index Proposal for Wholesale Market in Saltillo, Coahuila

### ABSTRACT

Food loss (FL) represents an important challenge that affects food security, environmental sustainability and economic efficiency. In Mexico's particular case, the lack of regional indicators regarding the FL phenomenon's behaviour, limits the understanding of its magnitude as well as the proposal of public policies that promotes its mitigation. The present study proposes a model to determine a Food Loss Index (FLI) in fruit and vegetables categories at Saltillo's wholesale market (CEDA). The model is based on Laspyeres prices and quotations index, with the addition of factors weighted through the Analytic Hierarchy Process (AHP). Results show that climatic and infrastructural factors exert the most significant impact, whereas the calculated value for the FLI was translated into environmental, economic and nutritional impacts, nearly 18 tons of FL, representing 20,402 kg CO<sub>2</sub>e greenhouse gases (GHG) emissions and an economic loss equivalent to more than \$481,000 MXN. The proposed model can be replicated by incorporating additional products and/or factors, and applied to other wholesale markets, thereby promoting the establishment of evidence-based public policies.

**Keywords:** food loss, laspyeres index, food sustainability, wholesale markets

*Artículo recibido 07 diciembre 2025  
Aceptado para publicación: 15 enero 2026*



## INTRODUCCIÓN

La Pérdida de Alimentos (PA) se ha convertido en uno de los principales desafíos para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad global. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) estima que cerca de un tercio de los alimentos producidos a nivel mundial se pierden o desperdician en alguna etapa de la cadena de suministro. Este fenómeno no solo implica una ineficiencia en el uso de recursos naturales (como tierra, agua y energía) sino que también representa pérdidas económicas millonarias y una significativa contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), lo cual agrava los efectos del cambio climático (FAO, 2019; FAO, 2011; Zhu et al., 2023; Economou et al., 2024).

A nivel social, la PA representa una contradicción inaceptable frente al persistente problema del hambre y la inseguridad alimentaria en diversas regiones del mundo (FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO, 2023).

En el plano internacional, se han desarrollado diversas iniciativas orientadas a visualizar y reducir el fenómeno de PA.

La Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC) ha desarrollado diversas acciones orientadas a la reducción de la pérdida y desperdicio de alimentos (PDA) en el marco de su Plan para la Seguridad Alimentaria, Nutrición y Erradicación del Hambre (PSANH). Desde su aprobación en 2015, dicho plan fue concebido como una herramienta estratégica destinada a fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe.

Una de las más influyentes es el Protocolo de Pérdida y Desperdicio de Alimentos (PDA) (Food Loss & Waste Protocol, FLW Protocol), liderado por el World Resources Institute (WRI) en colaboración con la FAO y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Este protocolo fue publicado originalmente en 2016 bajo el título Food Loss and Waste Accounting and Reporting Standard, con el propósito de establecer lineamientos globales que permitan a gobiernos, empresas y organizaciones medir y reportar de manera más transparente las pérdidas y desperdicios de alimentos (World Resources Institute, 2016).

Posteriormente, en abril de 2021, se publicó la versión 1.1 del estándar, que introdujo actualizaciones en el tratamiento de subproductos y biocombustibles, reforzando así la claridad y aplicabilidad del



protocolo en distintos sectores (Food Loss & Waste Protocol Steering Committee, 2021).

Al mismo tiempo, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2021), menciona que, aunque el plan para la seguridad alimentaria, nutrición y erradicación del hambre (PSANH) ha permitido avanzar en la coordinación regional, aún se observan limitaciones estructurales, tales como la ausencia de líneas base claras, la falta de mecanismos estandarizados de medición y el escaso seguimiento de los compromisos asumidos por los países miembros.

De manera complementaria, la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) publicó en 2021 la Guía práctica sobre cómo y por qué medir la PDA, versión 2.0, orientada a la aplicación de metodologías de cuantificación en América del Norte, con un enfoque en la armonización de métricas y la comparabilidad de resultados entre países (Commission for Environmental Cooperation, 2021).

El informe, Objetivos del Desarrollo Sostenible 12.3 sobre PDA es un documento que reporta el progreso de la iniciativa Champions 12.3 al año 2023 y documenta los avances y desafíos hacia el cumplimiento de la Meta 12.3 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que busca reducir a la mitad el desperdicio de alimentos per cápita para el año 2030. En este contexto, la medición y reporte transparente de la PA se consideran herramientas fundamentales para la gobernanza global del desperdicio alimentario (Champions 12.3, 2023).

En 2023 se inicia un proceso de actualización del PSANH, con apoyo técnico de la FAO, con el propósito de adecuarlo a los nuevos desafíos regionales y alinearlos con la Agenda 2030. En enero de 2024 fue validado hacia 2030, el cual incorpora metas ampliadas orientadas a la erradicación del hambre, la nutrición sostenible y la gestión eficiente de los recursos alimentarios (FAO, 2024). No obstante, a pesar de los avances institucionales promovidos por la CELAC, la implementación efectiva de políticas integradas para reducir la PDA continúa enfrentando importantes desafíos técnicos y de gobernanza.

En paralelo, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) presentaron la Estrategia Nacional Preliminar para la Reducción de la PDA y el Reciclaje de Materiales Orgánicos en el 2024, cuyo propósito es fortalecer el marco institucional y operativo en torno a la economía circular, la reducción del desperdicio y el aprovechamiento sostenible de los recursos (EPA & USDA, 2024).



Informes recientes del WRI (2024) amplían la comprensión global sobre la magnitud de la PDA, destacando los vacíos de información existentes y la necesidad de fortalecer los sistemas nacionales de medición y monitoreo. Estas iniciativas consolidan un marco internacional robusto que respalda la transparencia y comparabilidad en la medición de la PDA, avanzando significativamente respecto al marco inicial propuesto en 2016.

En este contexto y a lo largo de la cadena de suministros de alimentos, existen varios eslabones que son clave en el fenómeno de las PDA. Uno de los más relevantes lo constituyen las centrales de abasto, ya que se ubican en un punto crítico donde concluye la PA asociada a productores, transportistas y mayoristas, y comienza el desperdicio en la etapa de consumo.

Con lo anterior, puede afirmarse que las centrales de abasto (CEDA) funcionan como el vínculo estructural entre la pérdida y el desperdicio de alimentos a lo largo de la cadena de suministros de alimentos (Arvanitoyannis & Tzimas, 2023; Sánchez-Rodríguez & García-Alcaraz, 2024). La CEDA Saltillo se configura como un escenario clave para el análisis de la PA, esto, debido a que abastece a gran parte de la población de la región sureste del estado de Coahuila, concentrando la distribución de frutas y verduras de alta rotación.

A pesar de que en el ámbito internacional existen métodos para la cuantificación de las PA, es necesario adaptarse al contexto en el que se realizará el levantamiento de los datos (Commission for Environmental Cooperation, 2022), La CEDA Saltillo no cuenta con antecedentes de estudios previos sobre el tema de la PA, la falta de instrumentos formales de medición para la CEDA Saltillo, provoca que las PA sean asumidas por los comerciantes como un aspecto inevitable del negocio generando tres problemas principales (FAO, 2020):

**Económico:** los comerciantes pierden ingresos de manera sistemática al no comercializar los productos en condiciones óptimas, sin contar con registros que les permitan calcular la magnitud real de dichas pérdidas.

**Ambiental:** los alimentos desechados implican un desperdicio de recursos naturales invertidos a través de la cadena de suministros alimentaria, además de ocasionar la liberación de GEI al descomponerse, contribuyendo a incrementar la huella de carbono del sector agrícola.



**Nutricional:** los productos perdidos contienen nutrientes valiosos (vitaminas, fibra y calorías) que dejan de estar disponibles para la población, afectando de manera indirecta la seguridad alimentaria regional. La ausencia de un índice de pérdida de alimentos (IPA) para la CEDA Saltillo, dificulta cuantificar y visibilizar la magnitud de estos impactos. Sin un indicador, las pérdidas permanecen invisibles o son muy difíciles de evidenciar, por lo que no pueden gestionarse de forma adecuada, perpetuando la ineficiencia en la cadena de suministros (Xue et al., 2017; FAO, 2019).

De acuerdo con von Braun et al (2023), la medición y análisis de los datos debe servir no solamente para reportar volúmenes de pérdidas; sino para identificar causas y servir como soporte en la toma de las decisiones de los actores involucrados en determinada etapa de la cadena de suministros de alimentos, ello implica que se cuente con datos tanto cuantitativos como cualitativos que reflejen la interacción entre los procesos productivos y comerciales.

Lo anterior implica que al seleccionar una etapa en la cadena de suministros, se deben utilizar técnicas de recolección y análisis de datos que involucren ambos enfoques (cuantitativo y cualitativo), además que los resultados se documenten, presenten y visibilicen de manera sistemática y transparente, para con ello facilitar la planificación de intervenciones y políticas eficientes.

Ante esta situación, se plantea la necesidad de diseñar y aplicar un IPA en la CEDA Saltillo, que permita identificar los factores críticos que generan pérdidas, medir de forma objetiva su magnitud y traducir estos valores en impactos económicos, ambientales y nutricionales.

## **METODOLOGÍA**

### **Enfoque y diseño del estudio**

Para este estudio se optó por un enfoque mixto, cualitativo en donde en una primer etapa se seleccionaron los factores que a criterio de los comerciantes se consideran como los de mayor impacto para la generación de PA y cuantitativo utilizando el proceso AHP que considera las opiniones personales de un panel de expertos (FAO, 2023; Gómez-Limón & Picazo-Tadeo, 2022). El diseño fue no experimental y observacional con dos componentes, transversal donde se aplicó una entrevista los comerciantes y longitudinal para el registro diario (30 días) de la PA.

Teniendo un alcance exploratorio y descriptivo debido a la limitación de no contar con indicadores previos sobre la PA contando con dos etapas, transversal donde se realizó una semiestructurada y



longitudinal para la recolección de los datos de pérdida.

### **Contexto población y muestreo**

El estudio se llevó a cabo en la central de abastos (CEDA) de Saltillo, Coahuila, ubicada al oriente de la ciudad en un área aproximada de 55,438 m<sup>2</sup> (ilustración 1), en ella existen 45 locales o bodegas dedicados a la comercialización de frutas y/o verduras, quienes conformaron la población del presente estudio.

De los 45 comerciantes aceptaron participar 40 de forma voluntaria. La muestra fue no probabilística por conveniencia, dado que la disponibilidad de los locatarios depende de sus actividades operativas diarias.

### **Criterios de Inclusión**

- Ser comerciante activo de frutas y/o verduras.
- Participación voluntaria.
- Disponibilidad durante el periodo de estudio.
- Ser el responsable/propietario del establecimiento.

### **Criterios de Exclusión**

- Comercios cerrados o sin actividad operacional.
- Locatarios que no aceptaron participar en el estudio.
- Participantes que no completaron la encuesta.

### **Consideraciones éticas**

El estudio se condujo bajo los principios éticos de la investigación social. Se obtuvo consentimiento informado verbal, los participantes fueron informados del propósito del estudio y su participación fue voluntaria y anónima. No se recopilaban datos sensibles. Los participantes pudieron retirarse del proceso en cualquier momento sin consecuencia alguna.

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La recolección de información se realizó mediante dos técnicas principales:

1. Encuesta estructurada: instrumento de 18 preguntas diseñado para identificar la percepción de los comerciantes sobre la pérdida de alimentos, los factores que la generan y las acciones implementadas para reducirla. La encuesta se aplicó de manera presencial.



2. Observación directa: registro diario de pérdidas (kg) durante 30 días consecutivos en colaboración con los locatarios. Esta técnica permitió generar un archivo de datos empírico para calcular el Índice de Pérdida de Alimentos (IPA).

Además, se llevaron a cabo reuniones individuales y grupales con locatarios de mayor experiencia para integrar el panel de expertos para ejecutar el proceso AHP.

### **Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)**

Para la ponderación de los factores que influyen en la PA se utilizó el AHP desarrollado por Saaty (1980), permitiendo transformar las comparaciones cuantitativas en pesos cuantitativos ( $\omega_i$ ) para cada uno de los factores identificados como los de mayor influencia en la PA.

El panel de expertos compararon, por medio de pares, los factores y se les adjudicó un valor de influencia con respecto a su contraparte, estos valores se encuentran en la escala definida por Saaty (2008) que consta de 9 valores. Posteriormente se calculó el vector de valores propios para obtener los pesos relativos ( $\omega$ ) conjuntamente con la razón de consistencia, seleccionando solo aquellas matrices que cumplieron con la restricción de  $CR \leq 0.10$  (Figura 1).

El proceso fue guiado siguiendo las recomendaciones metodológicas para estudios aplicados en sistemas agroalimentarios (FAO, 2023; Gómez-Limón & Picazo-Tadeo, 2022).

### **Procesamiento de datos**

Los productos seleccionados fueron ocho, manzana golden, plátano tabasco, naranja, aguacate, papa, cebolla blanca, chile jalapeño y tomate guaje. La selección se derivó de las respuestas proporcionadas por los locatarios a las dos primeras preguntas del cuestionario.

La recopilación, organización, limpieza y estructuración de los datos se realizó siguiendo los lineamientos descritos para ciencia de datos propuestos por Han et al (2022). Se generaron estadísticas descriptivas para evaluar el comportamiento de la PA de cada producto durante el periodo de observación.

### **Generación y cálculo del IPA**

Para la generación del modelo se utilizó como base el propuesto por Laspyeres para conocer el índice de precios y cotizaciones (Mustafa, 2021; Mendoza et al., 2023) que mide el cambio relativo de una variable con respecto al tiempo.

El modelo se adaptó para que a cada valor de pérdida se le ponderara con su correspondiente factor, previamente obtenido por el proceso AHP, posteriormente se se calculo el valor del IPA.

Puesto que no se contó con un valor para el periodo base, como lo establece Laspyeres puro, se optó por utilizar la expresión ajustada para el índice (Ecuación 1), donde la pérdida observada  $P_{it}$  de cada producto se ponderó de acuerdo con la importancia relativa de cada factor (AHP), después se acumuló cada  $P_{it}$  y promedió con el número de productos.

$$L_{\text{sin base}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( P_{it} \cdot \sum_{j=1}^k (F_{ij} \cdot w_j) \right) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$L_{\text{sin base}}$  → Índice de pérdidas ajustadas en el periodo  $t$ , sin periodo base.

$n$  → Número total de alimentos considerados.

$k$  → Número total de factores que afectan la pérdida de cada alimento.

$P_{it}$  → Pérdida observada del alimento  $i$  en el periodo  $t$ .

$F_{ij}$  → Valor del factor  $j$  que afecta la pérdida del alimento  $i$ .

$w_j$  → Peso del factor  $j$ , obtenido mediante AHP.

### **Conversiones para impactos ambientales, nutricionales y económicos**

Lo último que se realizó como parte del proceso fue realizar las conversiones para los mfactores ya mencionados, para la conversión para GEI se usó como base la fórmula (Ecuación 2) y los valores para cada factor de emisión (EF) establecidos por la FAO (2021), se generaronn dos valores, uno para emisiones bajas y otro para emisione altas, estos valores aluden al grado de tecnología utilizada para reducir el impacto ambiental.

$$GEI = L_i \times EF_i \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde :

$L_i$  → Total (kg) de producto perdido

$EF_i$  → Factor de Emisión  $\text{kgCO}_2\text{e}$

Los valores de EF para las emisiones bajas y altas son 0.6 y 1.10  $\left(\frac{\text{KgCO}_2\text{e}}{\text{kg}}\right)$  respectivamente.



Para la estimación del impacto nutricional se utilizaron tres criterios principales que son la pérdida de vitamina C (mg), la pérdida energética (kcal) y la pérdida de fibra dietética (g). Para calcular cada uno de estos factores se realizó una multiplicación semejante a la conversión de las emisiones de GIE, teniendo la siguiente fórmula de referencia (Ecuación.3):

$$\text{Nutr}_k = L_i \times n_{i,k} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$L_i$  → Total (kg ) de producto perdido

$n_{i,k}$  → densidad del nutriente de interés por kg (kcal/kg, g/kg, mg/kg), la tabla 1 muestra los valores de ingesta diaria recomendada (IDR) para cada nutriente seleccionado de acuerdo con el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (2019).

Para el caso del impacto económico, se obtuvo un valor promedio de los precios para cada producto (tabla 2) actualizados al 10 de septiembre de 2025, los precios se asignan por local y son a consideración de quien los comercializa. Es importante mencionar que este valor es muy variante debido a factores que no se consideraron en este estudio como son las variaciones por temporadas, medidas políticas o económicas o algunos otros factores desconocidos, teniendo que la expresión que representa el equivalente de pérdida es (Ecuación 4):

$$\text{Valor} = L_i \times p_i \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

*Valor* → Representa el valor en pesos mexicanos (MXN).

$p_i$  → Precio del producto i.

### **Limitaciones del estudio**

Para realizar el presente estudio se tuvieron ciertas limitaciones que es importante considerar, al ser un estudio de un mes, no se tiene la perspectiva completa del comportamiento de la PA durante todo el año, en donde factores como la estacionalidad puede ser que influya en precios y montos de pérdida; otro elemento a considerar es que se depende mucho de las estimaciones hechas por los comerciantes, lo que puede introducir sesgos asociados a la subjetividad de las estimaciones y por último, no contar con datos previos, propicia que no se cuente con una base para comparar y conocer así el comportamiento de la PA.



## RESULTADOS

El valor calculado para el IPA fue de 7,756.46 kg ajustados, ello representa el promedio ponderado de las pérdidas. Existen diferencias importantes entre los dos grupos, frutas y verduras, siendo las verduras las que presentaron mayor volumen de pérdidas con 14,261.26 kg contra 4,295.53 kg por parte de las frutas, el total bruto de las pérdidas ascendió a 18,556.79 kg.

Para el caso particular de las frutas los valores obtenidos fueron los siguientes.

- Manzana golden, presentó un total de pérdida de 10,017.93 kg, con una variación moderada del comportamiento de la pérdida diaria (Figura 2).
- Naranja con una pérdida estimada de 186 kg, presentando estabilidad baja dispersión (Figura 3).
- Plátano tabasco, con una estimación de 1,900.38 kg, con alta variabilidad durante el periodo de recolección de datos (Figura 4).
- Aguacate hass, con 1,191.22 kg de pérdida estimada, presentando una asimetría positiva y alta dispersión (Figura 5).

En el caso de las verduras u hortalizas los valores encontrados fueron los siguientes.

- Tomate guaje, con un valor estimado de 2,622.44 kg con una dispersión moderada y un sesgo positivo (Figura 6).
- Cebolla blanca, con un total de 2,356.81 kg estimados, presentando dispersión moderada y asimetría negativa (Figura 7).
- Papa Blanca, con un valor estimado en los 4,536.91 kg, uno de los productos con más monto de pérdida, presentando una dispersión considerable entre los días (Figura 8).
- Chile jalapeño, siendo el producto que presentó mayor pérdida estimada con 4,745.09 kg, con variabilidad significativa entre días con una asimetría negativa (Figura 9).

En el comportamiento estadístico de todos los productos se observó una curtosis negativa, lo que indica una mayor dispersión con respecto a la distribución normal (Doane & Seward, 2024). Se observó menor variabilidad para las frutas comparadas con las verduras/hortalizas que presentaron patrones más amplios y heterogéneos, coherentes con la sensibilidad a factores como el almacenamiento y la manipulación.

El impacto ambiental calculado registra que se generaron entre 11,134.08 kg CO<sub>2</sub>e y 20,402.46 kg CO<sub>2</sub>e para emisiones bajas y emisiones altas respectivamente de acuerdo con los factores (0.6 para emisión baja y 1.10 para emisión alta) de conversión de la FAO (2021). Poniendo en contexto estos valores, se puede decir que tales emisiones equivalen al impacto anual de 6 a 10 automoviles compactos (EPA, 2020), evidenciando la magnitud de la PA desde una perspectiva ambiental.

Los valores obtenidos para le impacto nutricional (Tabla 1) indican un desaprovechamiento de nutrientes importante con un potencial significativo para cubrir las necesidades nutricionales de población vulnerable (FAO, 2019), se encontraron las siguientes equivalencias.

- 1,382,810 mg de vitamina C.
- 71,450g de fibra dietética.
- 846,858.4 kcal

Tomando como ejemplo la vitamina C, se puede decir que el monto total de pérdida equivale a cubrir las necesidades de más de 23,000 adultos en un día según un IDR de 60 mg (INCMNSZ, 2019).

El valor obtenido para las pérdidas económicas (Tabla 2) durante el periodo de observacion fue de \$ 481,757.10 MXN que proyectado a un periodo anual bajo el supuesto de una operación de condiciones constantes el monto asciende a casi seis millones de MXN.

De acuerdo con los datos más recientes publicados por Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Boletín Indicador 416/25, julio de 2025), la Línea de Pobreza Extrema por Ingresos (LPEI) para cubrir la canasta alimentaria en el ámbito urbano es de \$2,453.34 pesos mensuales por persona. Esto equivale a cubrir las necesidades básicas de más de 196 personas en un mes.

## **DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos indican una marcada diferencia entre las frutas y verduras con respecto a los volúmenes. Variabilidad y sensibilidad poscosecha. Las verduras son las que mayor variabilidad y sensibilidad presentaron, siendo los más destacadaso el tomate guaje, la papa y el chile jalapeño, lo que concuerda con estudios realizados para hortalizas en america latina en donde, la temperatura, el manejo y la manipulación son los factortes que más inciden en la PA de estos productos (dos Santos et al, 2020).

La magnitud de las emisiones sugiere que las pérdidas en mercados mayoristas no solo representan un problema alimentario, sino también una fuente significativa de GEI, lo que refuerza la necesidad de

integrar estrategias de mitigación en cadenas cortas de suministro. La pérdida nutricional identificada evidencia un desaprovechamiento de recursos con impacto directo en la seguridad alimentaria regional, especialmente en contextos con brechas de acceso.

El impacto económico confirma que reducir pérdidas implica no solo un beneficio ambiental, sino un aumento directo en la eficiencia y rentabilidad del sistema agroalimentario.

Con la integración del índice de Laspyeres más la adición de AHP conjuntamente con las conversiones a impactos nutricionales, ambientales y económicos, que no se tiene evidencia de que se haya documentado anteriormente para mercados mexicanos, así como la generación de un índice para la CEDA Saltillo por primera vez, se permite tener además de una base para el cálculo del IPA en Saltillo, Coahuila contar con un modelo que se puede replicar en otras entidades del país.

Los resultados presentados permiten también, la promoción de prácticas para optimizar el manejo y cuidado de los productos, la implementación de sistemas de monitoreo continuos sobre el comportamiento de la PA, además de la promoción de propuestas de políticas públicas, enfocadas a la reducción de la PA y al mejor aprovechamiento de los productos que ya no son comercializables, basadas en evidencia real del comportamiento del fenómeno. La continuación del estudio sobre la PA en los mercados mayoristas es de gran importancia para la mitigación, tal es el caso de integrar un estudio del comportamiento estacional, propuesta de técnicas de estimación menos subjetivas y confiables, realizar comparaciones del IPA entre diversas entidades, Evaluar intervenciones piloto y su impacto en la reducción de la PA.

**Ilustración 1** Vista aérea de la CEDA Saltillo, fuente Google Earthaciones



**Tablas 1,** Ingesta diaria recomendada (IDR), extracto INCMNSZ (2019)

Nutriente	México (INCMNSZ / NOM-043)	Observaciones
Vitamina C	60 mg/día (adultos, ambos sexos)	México usa un valor más conservador comparado con la FAO.
Fibra dietética	25–30 g/día (adulto promedio)	Coincide con las recomendaciones internacionales;
Energía (Kcal)	2000–2500 kcal/día	Valores similares a los internacionales

**Tabla 2,** Precios promedio CEDA Saltillo al 10 de septiembre de 2025, Elaboración propia

Producto	Precio promedio (MXN/kg)
Manzana Golden	45.31
Naranja	27.53
Plátano Tabasco	24.23
Aguacate Hass	66.92
Tomate guaje	17.86
Cebolla blanca	17.43
Papa blanca	25.83
Chile jalapeño	21

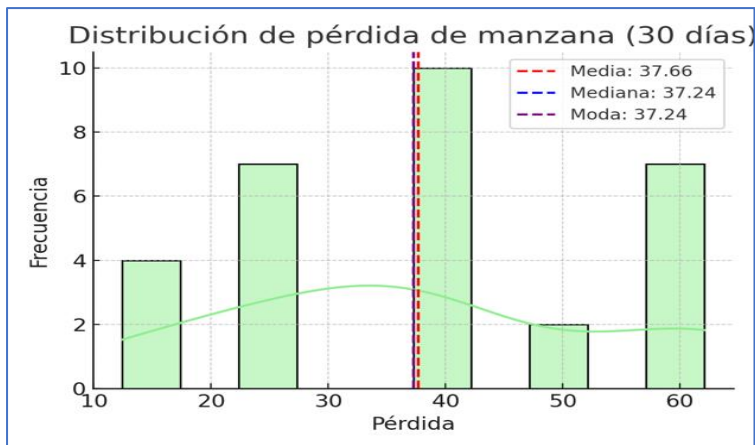
**Figura 1** Valores estimados para factores según locatarios CR = 0.058

	Cuál prefiere A - AHP priorities - o B?	Igual	¿Cuánto más?
1	<input checked="" type="radio"/> Infraestructura <input type="radio"/> Transporte	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
2	<input type="radio"/> Infraestructura <input checked="" type="radio"/> Factores Climáticos	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input checked="" type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
3	<input checked="" type="radio"/> Infraestructura <input type="radio"/> Estiba	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input checked="" type="radio"/> 9
4	<input checked="" type="radio"/> Infraestructura <input type="radio"/> Manipulación	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input checked="" type="radio"/> 9
5	<input type="radio"/> Transporte <input checked="" type="radio"/> Factores Climáticos	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
6	<input checked="" type="radio"/> Transporte <input type="radio"/> Estiba	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input checked="" type="radio"/> 9
7	<input checked="" type="radio"/> Transporte <input type="radio"/> Manipulación	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input checked="" type="radio"/> 9
8	<input checked="" type="radio"/> Factores Climáticos <input type="radio"/> Estiba	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input checked="" type="radio"/> 9
9	<input checked="" type="radio"/> Factores Climáticos <input type="radio"/> Manipulación	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input checked="" type="radio"/> 9
10	<input checked="" type="radio"/> Estiba <input type="radio"/> Manipulación	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
CR = 5.8% OK			

Fuente: elaboración propia con el software libre AHP-OS <https://bpmsg.com/ahp/>

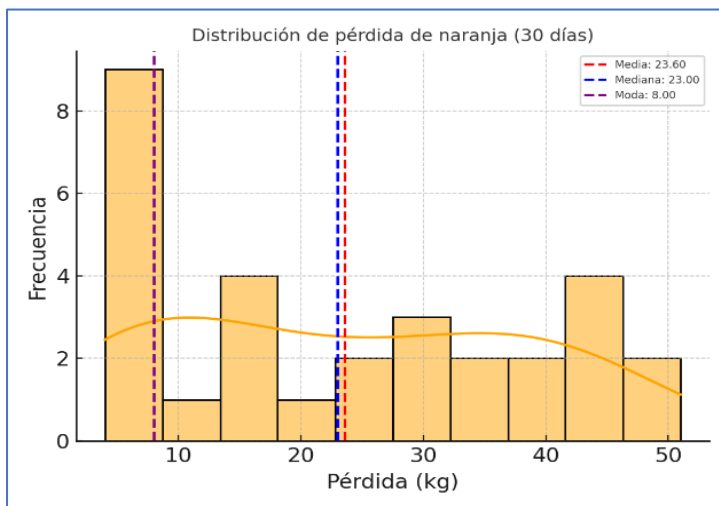


**Figura 1,** Histograma para la manzana



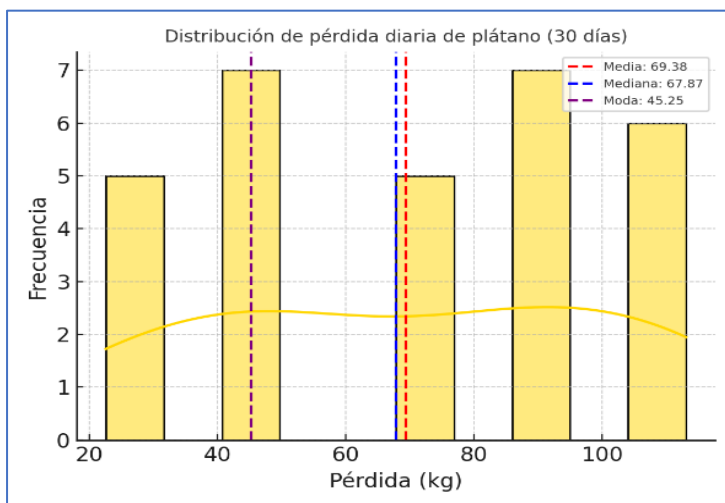
Elaboración propia

**Figura 2,** Histograma para la pérdida de la naranja



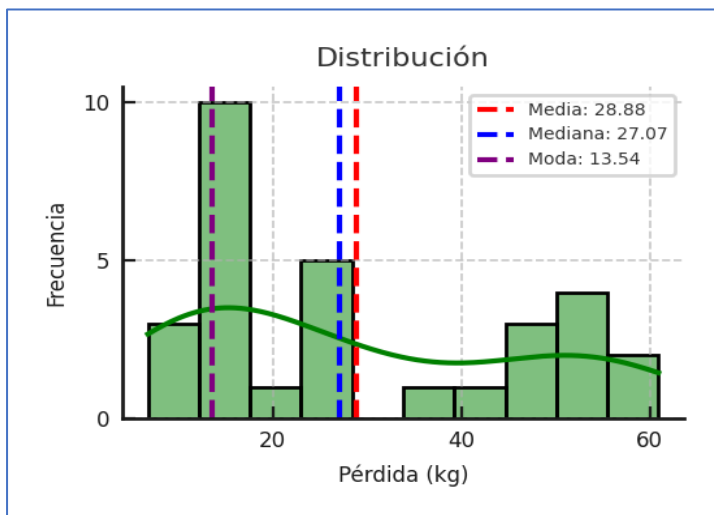
Elaboración propia

**Figura 3,** Histograma para la pérdida del plátano



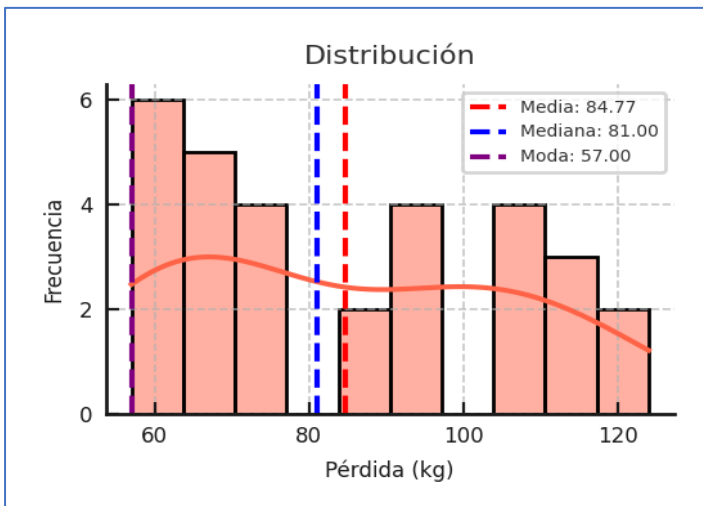
Elaboración propia

**Figura 4,** Histograma para la pérdida del aguacate



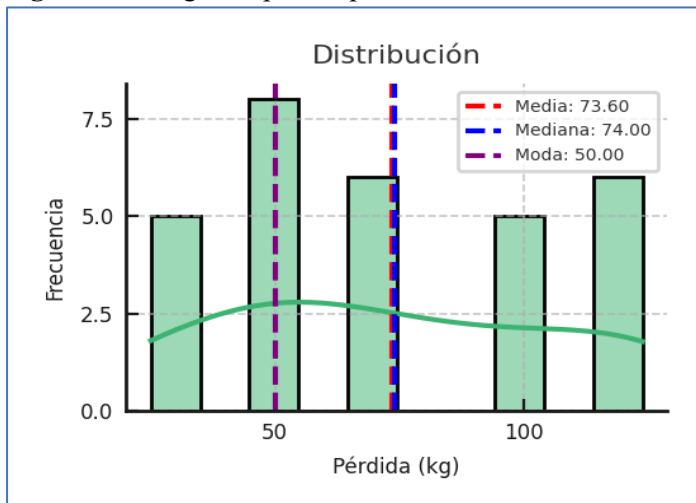
Elaboración propia

**Figura 5,** Histograma para la pérdida del tomate



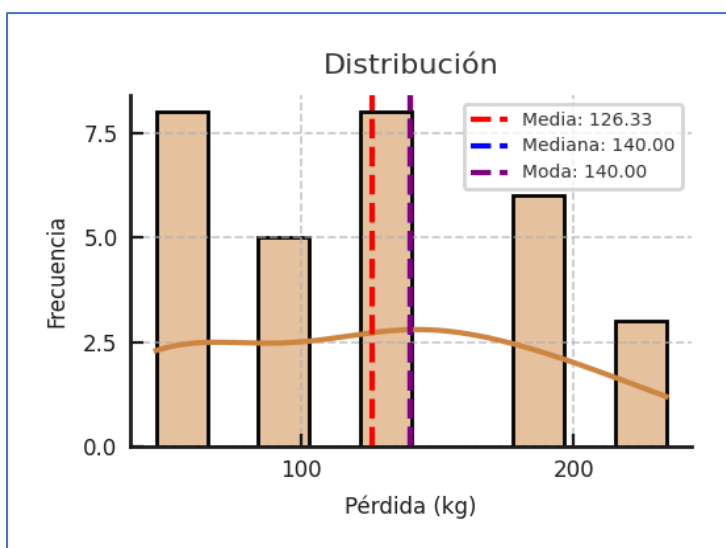
Elaboración propia

**Figura 6,** histograma para la pérdida de la cebolla



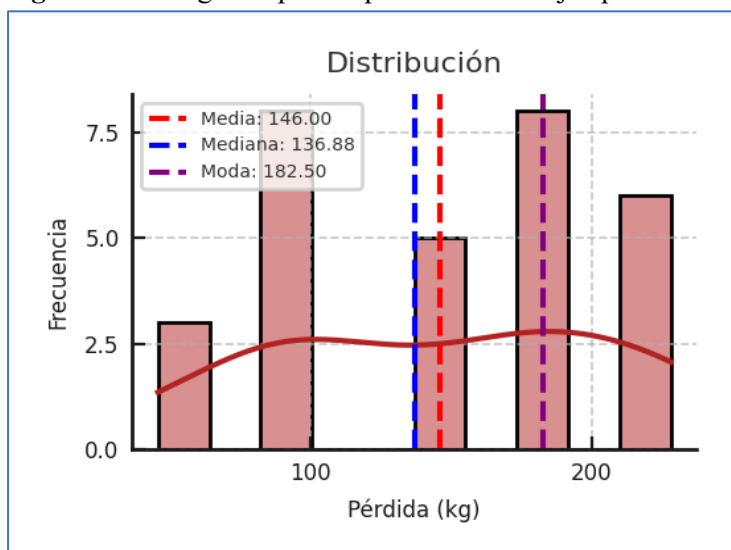
Elaboración propia

**Figura 7,** Histograma para la pérdida de la papa



Elaboración propia

**Figura 8.** Histograma para la pérdida de chile jalapeño



Elaboración propia

## CONCLUSIONES

El Índice de Pérdida de Alimentos (IPA) desarrollado en este estudio demuestra ser una herramienta metodológicamente sólida para la priorización, cuantificación y monitoreo de la pérdida alimentaria en mercados mayoristas, al integrar información empírica, ponderación multicriterio y equivalencias de impacto. Su carácter objetivo y replicable permite superar enfoques descriptivos aislados y avanzar hacia esquemas de medición comparables y orientados a la toma de decisiones.

Los resultados evidencian que la pérdida de alimentos en la CEDA Saltillo no constituye únicamente un problema de eficiencia logística, sino un fenómeno con implicaciones ambientales, económicas y sociales relevantes, al traducirse en emisiones significativas de GEI y pérdidas económicas evitables. Asimismo, el desaprovechamiento de nutrientes esenciales representa un costo social indirecto que incide negativamente en el acceso potencial a dietas saludables para la población local.

Los valores estimados de pérdida alimentaria pueden interpretarse como factores de presión sobre la seguridad y soberanía alimentarias regionales, particularmente en los municipios de Saltillo, Arteaga, Ramos Arizpe y Derramadero, cuya provisión depende en gran medida del funcionamiento de la CEDA. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de incorporar la medición de pérdidas como un componente estratégico de la planificación alimentaria territorial.

La reducción efectiva de la pérdida de alimentos requiere intervenciones diferenciadas por tipo de producto, así como el diseño de políticas públicas integrales alineadas con el subindicador 12.3.1.a de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, orientadas a disminuir la pérdida en las etapas intermedias de la cadena de suministro.

No obstante, el estudio abre nuevas líneas de investigación, entre ellas la incorporación de análisis estacionales, la comparación entre distintos mercados mayoristas, la evaluación de infraestructura logística y la medición del impacto de intervenciones específicas. Abordar estas dimensiones permitirá ampliar y fortalecer el alcance del IPA como herramienta para la gestión sostenible de los sistemas agroalimentarios.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

Arvanitoyannis, I. S., & Tzimas, G. (2023). Urban food loss and waste in the EU: Balance, environmental impacts and policies. *Sustainability*, 15(16), 12289.

<https://doi.org/10.3390/su151612289>

Champions 12.3. (2023, septiembre). Objetivo de Desarrollo Sostenible 12.3 sobre pérdida y desperdicio de alimentos: Informe de progreso 2023. Champions 12.3.

<https://champions123.org/sites/default/files/2023-10/2023%20Champions%20Progress%20Report.pdf>



Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). Plan para la Seguridad Alimentaria, Nutrición y Erradicación del Hambre de la CELAC 2025: una herramienta para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. CEPAL.

<https://dds.cepal.org/redesoc/publicacion?id=4385>

Comisión para la Cooperación Ambiental. (2021). Guía práctica sobre cómo y por qué medir la pérdida y el desperdicio de alimentos. Versión 2.0. CCA.

<https://www.cec.org/files/documents/publications/11869-why-and-how-measure-food-loss-and-waste-practical-guide-version-20-en.pdf>

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (11 de marzo de 2025). Líneas de pobreza por ingresos: actualización febrero 2025.

[https://www.coneval.org.mx/Medicion/Documents/Lineas\\_de\\_Pobreza\\_por\\_Ingresos/Lineas\\_de\\_Pobreza\\_por\\_Ingresos\\_feb\\_2025.pdf](https://www.coneval.org.mx/Medicion/Documents/Lineas_de_Pobreza_por_Ingresos/Lineas_de_Pobreza_por_Ingresos_feb_2025.pdf)

dos Santos, S. F., Cardoso, R. de C. V., Borges, Í. M. P., Almeida, A. C. E., Andrade, E. S., Ferreira, I. O., & Ramos, L. D. C. (2020). Post-harvest losses of fruits and vegetables in supply centers in Salvador, Brazil: Analysis of determinants, volumes and reduction strategies. *Waste Management, 101*, 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.007>

Economou, F., Chatziparaskeva, G., Papamichael, I., Loizia, P., Voukkali, I., Navarro-Pedreño, J., Klontza, E., Lekkas, D. F., & Naddeo, V. (2024). The concept of food waste and food loss prevention and measuring tools. *Waste Management & Research, 42*(8), 651–669.

<https://doi.org/10.1177/0734242X241237187>

Environmental Protection Agency (EPA) & United States Department of Agriculture (USDA). (2024). Estrategia Nacional Preliminar para la Reducción de la Pérdida y el Desperdicio de Alimentos y el Reciclaje de Materiales Orgánicos. [https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-12/draft\\_national\\_strategy\\_for\\_reducing\\_food\\_loss\\_and\\_waste\\_and\\_recycling-organics.pdf](https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-12/draft_national_strategy_for_reducing_food_loss_and_waste_and_recycling-organics.pdf)

FAO. (2019). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2019: Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca6030es>



- Food Loss & Waste Protocol Steering Committee. (2021, abril). Actualizaciones del Estándar FLW (versión 1.1). <https://flwprotocol.org/updates-to-the-flw-standard-v1-1-published-april-2021/>
- Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. (2019). Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios mexicanos (4.<sup>a</sup> ed.). Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.
- Leal, J. E. (2020). AHP-express: A simplified version of the analytical hierarchy process method. *MethodsX*, 7, 100748. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.11.021>
- Mendoza-Velázquez, A., Guzmán-Rodríguez, M., Lara-Arévalo, J., & Drewnowski, A. (2023). The Nutrient Rich Food Price Index: a nutrition-relevant adaptation of the Laspeyres price index to track the cost of affordable nutrient density. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1107573. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1107573>
- Mustafa, S. (2021). The FAO Food Price Index: An international food price metric [PDF]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [https://www.foodindustry.com/files/FAO\\_FFPI\\_2021\\_Presentation.pdf](https://www.foodindustry.com/files/FAO_FFPI_2021_Presentation.pdf)
- Olabode, O., Kumar, N., & De, D. (2025). Food loss and waste management in the retail food supply chain: Methods and framework to achieve environmental sustainability. *Journal of Environmental Management*, 387, 125718. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125718>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2024, 18 de enero). FAO apoya la actualización del Plan de Seguridad Alimentaria, Nutrición y Erradicación del Hambre de la CELAC hacia 2030. Naciones Unidas. <https://caribbean.un.org/en/259474-fao-gives-technical-support-update-celac-food-and-nutrition-security-plan-towards-2030>
- PlantUML. (2025). PlantUML: herramienta de generación de diagramas UML a partir de texto. Versión 1.2025.00 [Software]. <https://plantuml.com>
- Sánchez-Rodríguez, C. J., & García-Alcaraz, J. L. (2024). A sustainable logistics approach for reducing food loss and waste in cold chain systems. *Logistics*, 5(4), 77. <https://doi.org/10.3390/logistics5040077>
- von Braun, J., Afsana, K., Fresco, L. O., & Steiner, R. (2023). Reduction of food loss and waste: The challenges and conclusions for actions. En J. von Braun, K. Afsana, L. O. Fresco & R. Steiner



(Eds.), Science and innovations for food systems transformation (pp. ...—...). Springer.

[https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5_31)

World Resources Institute (WRI). (2016). Estándar para la contabilización y el reporte de pérdida y desperdicio de alimentos (Food Loss and Waste Accounting and Reporting Standard). World Resources Institute.

[https://flwprotocol.org/wp-](https://flwprotocol.org/wp-content/uploads/2017/05/FLW_Standard_final_2016.pdf?utm_source=chatgpt.com)

[content/uploads/2017/05/FLW\\_Standard\\_final\\_2016.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://flwprotocol.org/wp-content/uploads/2017/05/FLW_Standard_final_2016.pdf?utm_source=chatgpt.com)

World Resources Institute (WRI). (2024, noviembre). ¿Cuánta comida desperdicia realmente el mundo?

Lo que sabemos y lo que no sabemos. WRI. <https://www.wri.org/insights/how-much-food-does-the-world-waste>

Zhu, J., Luo, Z., Sun, T., Li, W., Wang, X., Fei, X., Tong, H., & Yin, K. (2023). Cradle-to-grave emissions from food loss and waste represent half of total greenhouse gas emissions from food systems. *Nature Food*, 4, 247–256. <https://doi.org/10.1038/s43016-023-00710-3>

