



Sustainable agri-food system in Mexico to promote healthy and nutritious eating †

[Sistema agroalimentario sostenible en México para promover una alimentación saludable y nutritiva]

Horacio Reyes-Gómez¹, Enrique Genaro Martínez-González^{1*},
Jorge Aguilar-Ávila¹ and Norman Aguilar-Gallegos²

¹*Centro Académico y de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Apdo. Post. Núm. 90, Carretera Federal México-Texcoco km. 38.5, Universidad Autónoma Chapingo. C.P. 56235, México.*

Email: h.reyes@ciestaam.edu.mx, enriquemartinez@ciestaam.edu.mx,
jaguilar@ciestaam.edu.mx

²*Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Panamericana. Álvaro del Portillo No. 49, Ciudad Granja. C.P. 45010. Zapopan, Jalisco, México.*

Email: naguilarg@up.edu.mx

*Corresponding author

SUMMARY

Background. Developing operational methodological frameworks for the study of Sustainable Agri-food Systems is a challenge. **Objective.** To identify the impact of the Mexican National Agri-food System on public health. **Methodology.** Data from international, national, and government sources were consulted, apparent consumption was estimated, and indicators of population health and water footprint were used to conduct a correlational study using a Sustainable Agri-food System approach. **Results.** The limited number of plant and animal species that underpin the current National Agri-food System is associated to the increase in noncommunicable diseases such as overweight and obesity in adults, children, and adolescents. The low average monthly income of vulnerable groups exacerbates existing health problems, as they are unable to access healthy and nutritious food. Insufficient physical activity amplifies the health conditions identified. **Implications.** It is essential to conduct specific studies at the species level, because generalized analyses at the national level can obscure the demonstrated impact that the consumption of specific species within the National Agri-Food System has on the environment, society, health, and the economy. **Conclusions.** The availability of Healthy and Sustainable Food Guidelines, along with water footprint indicators for different food products, should improve the food, nutritional, and environmental conditions of the National Agri-food System, by promoting responsible production and consumption, through the adoption of more efficient technologies to reduce the water footprint and support the transition towards Sustainable Agri-food Systems.

Key words: Agricultural policies; food industry; sustainable land use; diet; sugar consumption.

RESUMEN

Antecedentes. Contar con marcos metodológicos operativos para el estudio de los Sistemas Agroalimentarios Sostenibles representa un desafío. **Objetivo.** Identificar el efecto del Sistema Agroalimentario Nacional mexicano sobre la salud de la población. **Metodología.** Se consultaron fuentes de datos oficiales internacionales, nacionales y gubernamentales, se estimó el consumo aparente, se utilizaron indicadores de salud de la población y de la Huella Hídrica, para realizar un estudio correlacional utilizando un enfoque de Sistema Agroalimentario Sostenible. **Resultados.** El bajo número de especies vegetales y animales en las que se sostiene el Sistema Agroalimentario Nacional actual, se asocia con el aumento de enfermedades no transmisibles como el sobrepeso y la obesidad en adultos, niños y adolescentes. El bajo ingreso promedio trimestral de grupos vulnerables acrecenta las condiciones de salud identificadas al no poder acceder a una alimentación sana y nutritiva. La actividad física insuficiente, amplifica las condiciones de salud identificadas. **Implicaciones.** Es indispensable realizar estudios específicos a nivel de especie, debido a que los análisis generalizados a nivel nacional pueden enmascarar el efecto demostrado que tienen sobre el medioambiente, la sociedad, la salud y la economía, el consumo de especies específicas del Sistema Agroalimentario

† Submitted August 21, 2025 – Accepted September 25, 2025. <http://doi.org/10.56369/tsaes.6554>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = H. Reyes-Gómez: <https://orcid.org/0000-0002-0877-6925>; E.G. Martínez-González: <https://orcid.org/0000-0001-9312-5002>; J. Aguilar-Ávila: <https://orcid.org/0000-0002-6129-7050>; N. Aguilar-Gallegos: <https://orcid.org/0000-0002-4788-3360>

Nacional. **Conclusiones.** La disponibilidad de Guías Alimentarias Saludables y Sostenibles, así como los indicadores de la Huella Hídrica por especie, deberían mejorar las condiciones alimentarias, nutricionales y ambientales del Sistema Agroalimentario Nacional, al promover la producción y el consumo responsable, a través de la adopción de tecnologías más eficientes para reducir la Huella Hídrica y promover la transición hacia Sistemas Agroalimentarios Sostenibles.

Palabras clave: Políticas Agrícolas; industria alimentaria; uso sostenible del suelo; dieta; consumo de azúcar.

INTRODUCCIÓN

El Sistema Alimentario Global (SAG) está compuesto por Sistemas Alimentarios Nacionales (SAN) y Sistemas Alimentarios Locales (SAL), los tres Sistemas Alimentarios (SA) están interconectados (Ruggeri Laderchi *et al.*, 2024). En los tres niveles mencionados, se identifican dos posturas frecuentes en la literatura respecto a la disponibilidad y consumo de alimentos. La primera es que hay alimentos suficientes para alimentar a todos los humanos en la tierra, pero están mal distribuidos (Tóth y Zachár, 2021). La segunda postura, sostiene que además de ser insuficientes, actualmente no existen los Sistemas Agroalimentarios Sostenibles (SAS) (Hennchen y Schäfer, 2022), debido a que los SA han ocasionado graves problemas sociales, que sumados al aumento de la población (González-Abraham *et al.*, 2023) han limitado el acceso a una dieta saludable, nutritiva y sostenible (Cervantes *et al.*, 2022); lo que ha derivado en problemas públicos como el sobrepeso, la obesidad (Shamah-Levy *et al.*, 2022), la mala nutrición (García-Bernardo, 2023) y un aumento de enfermedades no transmisibles como la diabetes tipo 2 y algunos tipos de cánceres (Castellanos-Gutiérrez *et al.*, 2021).

Los SA se componen de actores y actividades involucradas en las cadenas de suministro, de las actitudes, acciones y niveles de relacionamiento de estos actores, y del entorno o contexto en el que las instituciones y políticas públicas (PP) se involucran con los procesos internos y externos al SA, lo que ha derivado en diversidad de resultados e impactos generalizados (Von-Bertalanffy, 1997; Saviolidis *et al.*, 2020; David-Benz *et al.*, 2022). Los SAS además de estar integrados por los elementos de un SA, buscan contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional para toda la población, sin poner en peligro las bases económicas, sociales, culturales y ecológicas para generar seguridad alimentaria y nutricional para las generaciones actuales y futuras (Von Braun *et al.*, 2021; Canfield, Anderson y McMichael, 2022).

Es analíticamente difícil separar las actividades alimentarias y no alimentarias de los SA, debido a que un sólo producto o especie puede tener usos tanto alimentarios como no alimentarios (Ruggeri Laderchi *et al.*, 2024). Por lo anterior, en esta investigación cuando se habla de los SA, se refiere a los Sistemas Agroalimentarios, centrando la atención en los productos y subproductos, vegetales y animales,

obtenidos en los sistemas agrícolas y pecuarios (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2023b; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2025), utilizados en forma de productos mínimamente procesados y de mayor consumo, a través de los que la población mexicana actual, satisface sus necesidades alimentarias (Torres y Rojas, 2024; Torres Ramírez *et al.*, 2025).

Por lo descrito, para el caso de México, al ser una economía abierta, llegó a mostrar hasta antes de la pandemia por el COVID-19, un Índice de Apertura Comercial (IAC) superior al 72.0%, de acuerdo con datos de (Banco de México (BANXICO), 2025). Actualmente mantiene 12 Tratados de Libre Comercio (TLC), con acceso preferencial a 46 países, llegando a ser considerada como una “potencia” en el sector automotriz (autopartes) y en el sector agroalimentario (Salazar-Echeagaray *et al.*, 2024), demostrando de esta manera su influencia en los SAG, pero también ha mostrado efectos sobre su propio SAN, debido a esta apertura comercial global.

Para el caso del sector agroalimentario, la interacción del SAN mexicano con el SAG, se ha caracterizado por importar diversidad de especies vegetales y animales como el maíz, trigo, sorgo, carne de aves, bovino y porcino (FAO, 2025), así como productos procesados y ultraprocesados (Torres y Rojas, 2024) para satisfacer su consumo interno. Por el lado de las exportaciones, envía diversidad de frutas, hortalizas e incluso carnes, a distintas naciones (COMTRADE, 2025).

Además de ser insostenible (Reyes-Gómez, 2024), los resultados del SAN mexicano actual, de acuerdo con un análisis realizado con cifras del World Health Observatory (WHO, 2025), se expresan en aspectos como 73.0% de adultos con sobrepeso, 17.6% de los niños y adolescentes entre 5 a 19 años con algún nivel de obesidad; esta situación se agrava aún más, si se considera la insuficiencia de actividades físicas de los adultos mayores de 18 años, estimada en 27.9%. Otras variables que han contribuido con la situación descrita, son los gustos y preferencias de los consumidores, el ingreso, la ubicación (rural o urbana) y las cuestiones culturales características de la república mexicana (García-Bernardo, 2023; INEGI, 2023; Roggema, Krstikj y Flores, 2024).

De acuerdo con los planteamientos desarrollados, el objetivo de esta investigación fue estudiar el Sistema Agroalimentario Nacional (SAN) en México, para identificar su efecto sobre la salud de la población, para proveer evidencia y orientar la toma de decisiones informadas, para el logro de tres de los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) con los que México está comprometido: producción y consumo responsable (12), salud y bienestar (3) y agua limpia y saneamiento (6).

La hipótesis de trabajo indica que existe una relación positiva entre los problemas de salud de la población mexicana con el consumo aparente (CA) del reducido número de especies vegetales y animales disponibles con los que se sostiene el SAN mexicano actual, lo que resulta en un alto porcentaje de la población con problemas de sobrepeso, obesidad, malnutrición y aumento de glucosa en la sangre.

El artículo está estructurado en cuatro secciones: la primera sección, después de la introducción, presenta los materiales y métodos utilizados, el origen de la información y las variables consideradas. Después se presentan los resultados y una discusión desarrollada a partir de las variables analizadas. La penúltima sección describe la prospectiva y los retos del SAN mexicano actual, finalmente, se presentan las conclusiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se originó a partir de los resultados del Censo Agropecuario 2022 (CA2022), donde se identificaron 31 especies vegetales de atención prioritaria, 15 especies vegetales de atención secundaria y siete principales especies pecuarias, de interés nacional, de acuerdo con el aporte al valor de la producción (INEGI, 2023b). Los datos del CA2022 se capturaron entre el 19 de septiembre y el 30 de noviembre del 2022 (INEGI, 2023a).

De acuerdo con los datos obtenidos del CA2022, algunas especies vegetales se descartaron del estudio, por considerar que no contribuyen directamente con la alimentación, como en el caso del algodón. El segundo filtro para incluir a las especies reportadas en el CA2022, fue la disponibilidad de información histórica específica de la especie vegetal o animal. Se incluyeron al estudio 27 especies vegetales y animales de interés prioritario.

Posterior al segundo filtro, se consultaron diversas secciones de la página de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

(FAO, 2025) y de la página de COMTRADE (2025). De ambas páginas se obtuvieron datos relacionados con la producción nacional, exportaciones e importaciones de cada especie incluida en el estudio. Con la información obtenida, se estimó el Consumo Aparente (CA) por especie, de acuerdo con las descripciones de Montiel-Batalla *et al.* (2024). Con esta información, se utilizó el Software Power Bi de Microsoft Corporation para elaborar gráficos de Sankey.

Durante las estimaciones del CA se identificaron tres productos y subproductos de origen animal (leche, huevo y vísceras), que, por su volumen de consumo en la población mexicana, se integraron al estudio. Finalmente, se agregaron en la investigación 27 especies vegetales y animales, tres productos y subproductos (huevo, leche y vísceras), que, por el volumen de consumo en toneladas, son los más representativos del SAN mexicano.

Con las cifras del CA estimado, se calculó el volumen de la Huella Hídrica (HH) por especie para el año 2022, por considerarse como uno de los indicadores de sostenibilidad más restrictivos para alcanzar la sostenibilidad en los SA. De acuerdo con Hoekstra *et al.* (2011), la HH es un indicador del impacto ambiental, representa la cantidad de agua utilizada para producir un bien o producto, medida a lo largo de la cadena de suministro, e incluye la HH verde (lluvia absorbida por el suelo), la HH azul (agua superficial o subterránea) y la HH gris (las cargas de contaminantes).

Para identificar a que rubros de la alimentación dirigen el gasto los hogares en México, se incluyeron datos oficiales del año 2022, provenientes de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023).

Para completar el estudio, se obtuvieron datos sobre la salud de la población mexicana del Observatorio de Salud Global (World Health Observatory (WHO), 2025). Los indicadores sobre la salud de la población mexicana, se correlacionaron con el CA estimado por cada una de las especies. Para realizar las correlaciones, se utilizó el software IBM SPSS Statistics, versión 27.0.

Contar con diferentes fuentes de información permitió aplicar diversas herramientas metodológicas de análisis del SAN mexicano, estas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Fuentes de información y herramienta analítica utilizada.

Fuente	Información/Variables	Metodología aplicada o herramienta analítica
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2023b)	Especies de atención prioritaria e importancia nacional: 22 especies vegetales 5 especies animales	
COMTRADE, 2025; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2025)	Histórico de datos de las especies productos y subproductos: PN: Producción Nacional M: Importaciones X: Exportaciones 3 productos y subproductos	Consumo Aparente (CA) (Montiel-Batalla <i>et al.</i> , 2024): $CA = PN + M - X$ Gráficos de Sankey Correlaciones de Pearson
INEGI (2023)	Ingreso promedio trimestral por decil de población	Tablas sintéticas
Diversas fuentes documentales	Gasto por rubro de alimentación Huella Hídrica (litros por kilogramo producido)	Huella Hídrica Total (HHT) 2022 por especie: $HHT = HH(L/Kg) * CA(t)$ HH: Huella hídrica por kilo CA: Consumo aparente en toneladas
World Health Observatory (WHO), 2025)	Indicadores de salud: Bajo peso Sobrepeso Obesidad Actividad Física Insuficiente Aumento de glucosa en la sangre	Tablas sintéticas Correlaciones de Pearson Tablas sintéticas

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con las variables descritas en la Tabla 1, en esta sección primero se presenta la influencia de las exportaciones e importaciones en la situación actual del SAN mexicano, después el ingreso y el destino del gasto de los hogares por rubro agroalimentario, seguido del CA con su HH como indicador de sostenibilidad del SA, finalmente se presentan las correlaciones entre el CA con los indicadores de salud de la población mexicana.

Exportaciones e importaciones

En la Figura 1 se muestran las 14 principales especies vegetales y animales que México envía a diversos SA internacionales. Se observa que las exportaciones agropecuarias mexicanas en 2023 se concentraron en naciones como Estados Unidos, Canadá y Japón. Los principales productos exportados son diversas especies

de hortalizas y frutales, pero también destacan por el volumen exportado, productos a base de cebada como la cerveza y malta. El ganado vacuno, es la única especie animal con presencia en los mercados de exportación desde México, en el año analizado.

El escenario mostrado en la Figura 1 se ha mantenido desde que México iniciara su proceso de internacionalización con la firma y entrada en vigor en 1994 del entonces Tratado de Libre comercio con América del Norte (TLCAN), actualmente T-MEC, posterior a esa fecha, se ha identificado la necesidad de contar con instrumentos de Política Pública (PP) para diversificar los mercados agroalimentarios y con ellos mejorar los SAN (Ruggeri Laderchi *et al.*, 2024; Salazar-Echeagaray *et al.*, 2024), sin embargo, aunque son temas de relevancia nacional por su efecto en la economía, la competitividad y la innovación de las empresas, los mercados de exportación en México, hoy han pasado a ser parte de una atención secundaria en

las agendas de gobierno (México-Presidencia, 2019; 2025; DOF, 2020).

En términos generales, el comercio internacional ha transformado los SA nacionales y mundiales, al redistribuir la producción y aumentar la variedad de alimentos disponibles, pero es necesario que los países cuenten con planes estratégicos para aprovechar estas oportunidades (Espinoza-Vaca *et al.*, 2025), de lo contrario, los beneficios económicos pueden no ser

suficientes al ser comparados con los impactos ambientales, sociales y de salud de las poblaciones (Shamah-Levy *et al.*, 2022; Torres y Rojas, 2024).

La interacción de los SAG con los SAN genera interdependencia, en este contexto, en la Figura 2 se observan los productos y subproductos vegetales y animales importados por México en 2023 para satisfacer su demanda interna, esta demanda se representa por el Consumo Aparente (CA).

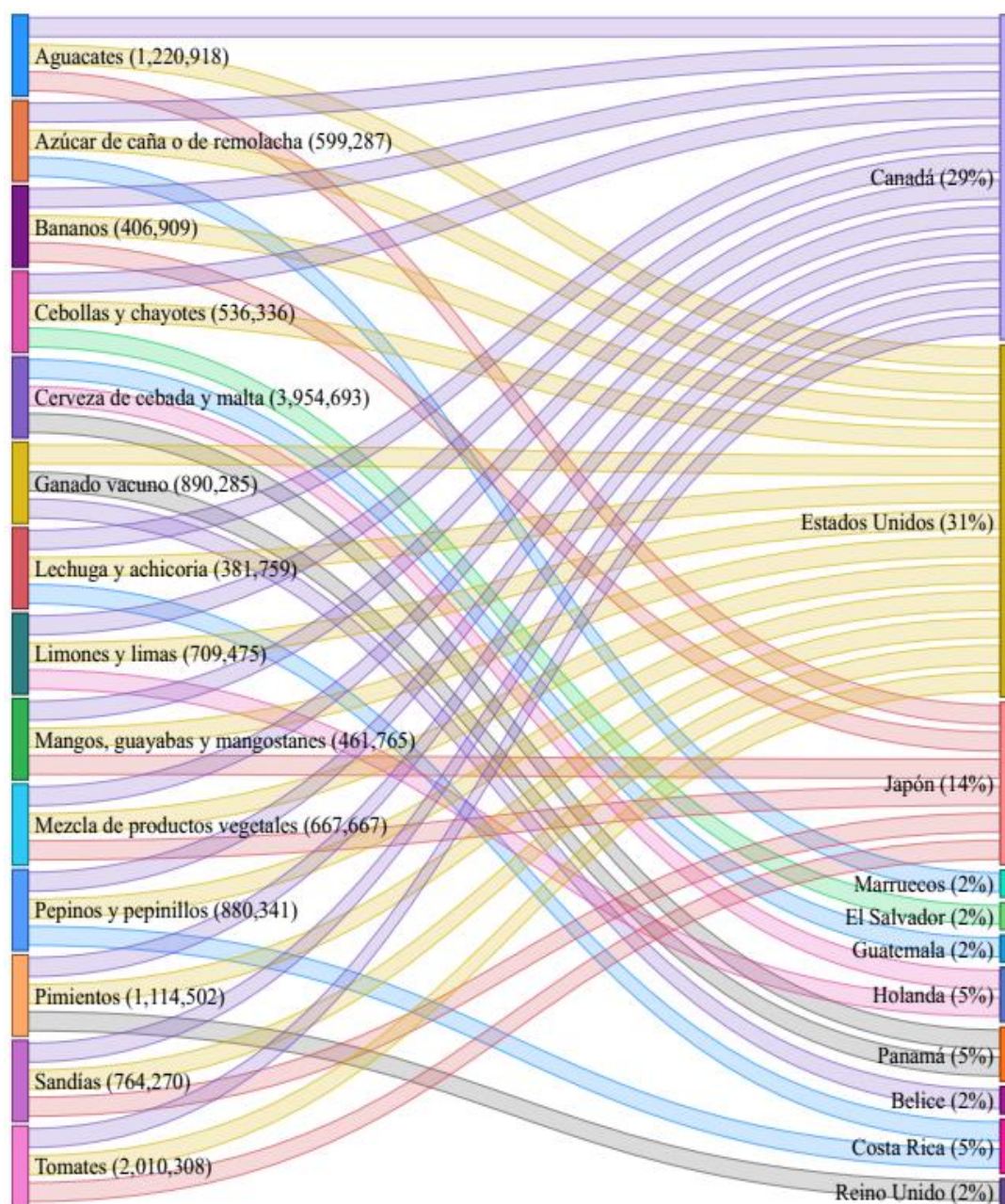


Figura 1. Principales productos agroalimentarios exportados por México en 2023. Fuente: elaboración propia con datos de COMTRADE (2025) y FAO (2025). Nota. La cifra entre paréntesis después de cada producto representa la cantidad en toneladas exportadas.

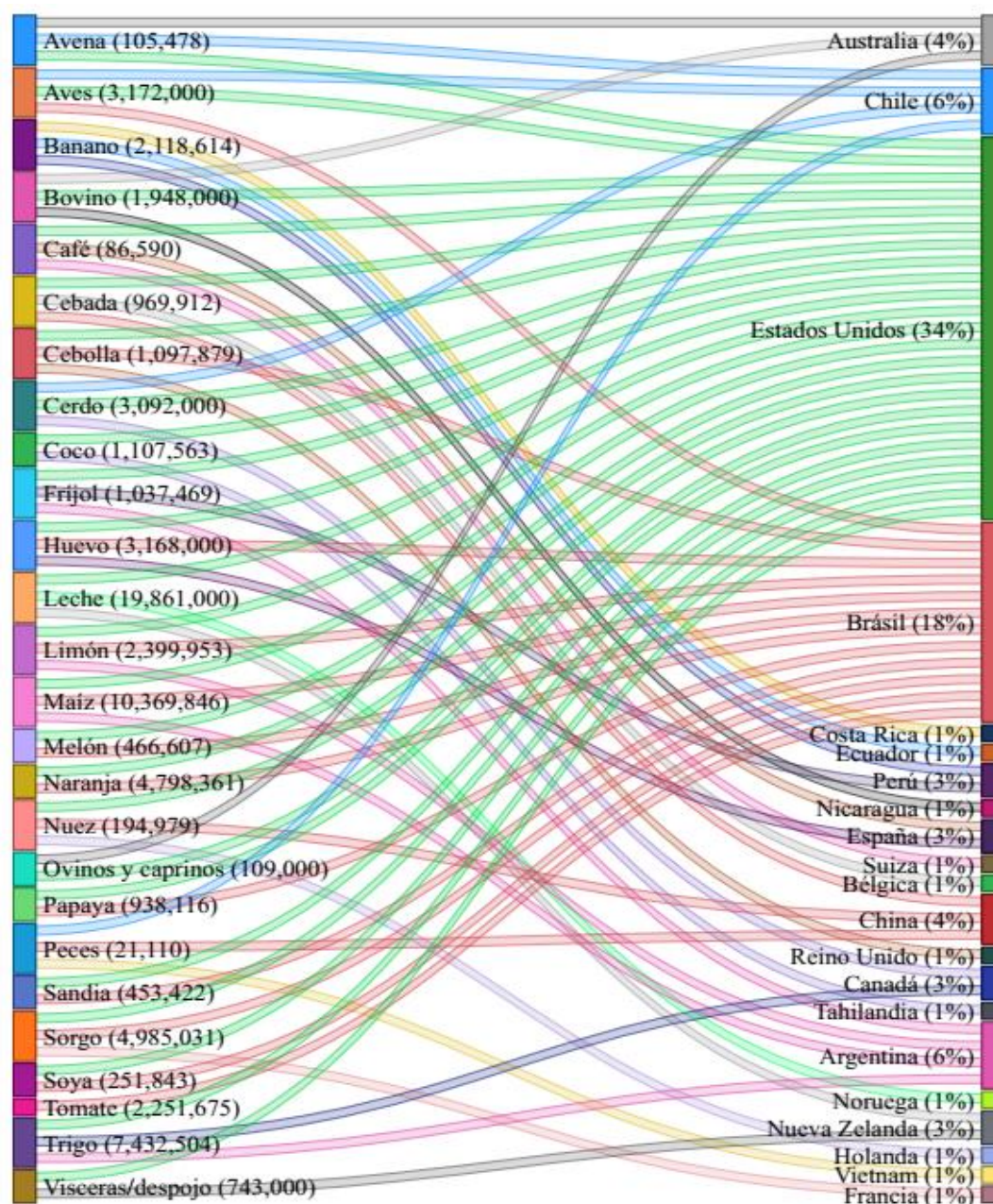


Figura 2. Principales productos agroalimentarios importados por México en 2023. Fuente: elaboración propia con datos de COMTRADE (2025) y FAO (2025). Nota. La cifra entre paréntesis después de cada producto representa el consumo aparente en toneladas estimadas para México en 2023.

En 2023 México concentró la importación de productos y subproductos agrícolas y pecuarios en naciones como Estados Unidos, Brasil, Argentina y Chile. Se importó principalmente maíz, trigo y sorgo, especies consideradas como parte de la alimentación básica nacional. De forma adicional, también importó diversos tipos de carnes de cerdo, pollo, bovino, así como algunos productos de origen animal como la leche, huevo y vísceras comestibles (ver Figura 2).

En un contexto de economías abiertas, ninguna nación es autosuficiente en la producción de alimentos. En

México a pesar de que sus Políticas Públicas (PP) actuales están orientadas a lograr la autosuficiencia alimentaria de forma sostenible en cultivos básicos (México-Presidencia, 2025), los datos y fuentes utilizados para construir la Figura 2 permitieron identificar que esto no se ha logrado. Torres-Torres y Rojas-Martínez (2021) identificaron que, en 2020, México dependía en un 45% de las compras externas de alimentos, los granos básicos representaron el 31% del consumo interno y la compra de carne y cerdo se incrementó en un 16.7% y un 11.8%.

Por lo descrito, las PP en materia alimentaria, además de estar orientadas a recuperar la autosuficiencia en la producción de granos básicos, deben garantizar el acceso a los alimentos, a través de mejoras en el ingreso de la población (Torres-Torres y Rojas-Martínez, 2022), un tema que se aborda enseguida.

Ingreso gasto de los hogares en México por rubro alimentario

En la Tabla 2 se observa el promedio de ingreso trimestral por deciles en los hogares mexicanos (lado izquierdo de la tabla), también se observa el gasto promedio en porcentaje, por rubro de alimentos (lado derecho de la tabla). De acuerdo con el ingreso, los datos corresponden al ingreso-gasto de un hogar típico ubicado en el decil V.

Respecto al ingreso promedio trimestral, de acuerdo con la información de la Tabla 2, se observa una alta desigualdad, al comparar los deciles I y X, se obtiene una diferencia de 14.9 veces el ingreso del decil X respecto al I. A su vez, en el gasto en porcentaje (%) por rubro de alimentos, solamente tres categorías: i) alimentos bebidas y tabaco, ii) alimentos y bebidas consumidas dentro y fuera del hogar y iii) carnes, concentran el 71.3% del gasto total en alimentos.

Además de la disponibilidad de especies vegetales y animales que el SA nacional ofrece a la sociedad (Ver Figuras 1 y 2), el tipo de alimentos y el gasto destinado

a su consumo mostrados en la Tabla 2 es multifactorial. Al respecto, Jaime-Martínez, Centeno-Parra y Ruiz-Vargas (2025) identificaron que, si el hogar es urbano, el jefe de hogar es hombre, existen menores de edad en el hogar y el quintil de ingresos, aumentan el consumo de bebidas azucaradas dentro del hogar. Además, los estilos de vida más agitados como los oficinistas, universitarios o la vida urbana, son potenciadores para el consumo de alimentos “hipercalóricos”, lo que minimiza el consumo de alimentos más saludables como frutas y vegetales, que de acuerdo con la Tabla 2, los hogares destinan apenas el 4.5% del gasto en ambas categorías.

Por otra parte, la prevalencia del consumo de alimentos procesados, ultraprocesados y comida rápida dentro y fuera del hogar, están conduciendo al establecimiento de un “SA híbrido” en los hogares mexicanos, la oferta de ese tipo de alimentos representó en 2020 cerca del 50% de la producción total de alimentos en el SA mexicano (Torres y Rojas, 2024) superando así a los alimentos mínimamente procesados que actualmente interactúan con el SAN mexicano (ver Figuras 1 y 2). Esta condición globalizada de los SAN actuales con la industria procesadora de alimentos, probablemente conduzca a la “Walmartización” de todos los SA en un futuro cercano (García-Bernardo, 2023; Roggema, Krstikj y Flores, 2024), que sumado a la desigualdad de los ingresos mostrada en la Tabla 2, completarán la fractura dietaria del SAN mexicano actual.

Tabla 2. Promedio de ingreso (pesos) y gasto (porcentaje) por cada uno de los principales rubros de alimentos de los hogares en México en 2022.

Ingreso Promedio Trimestral		Gastos en alimentos, bebidas y tabaco		
Decil	Ingreso	Rubro	Cantidad (pesos)	%
I	13,411	Alimentos, bebidas y tabaco	15,099	35.8
II	22,421	Alimentos y bebidas consumidas dentro del hogar	12,031	28.5
III	29,201	Carnes	2,801	6.6
IV	35,947	Cereales	2,079	4.9
V	43,341	Otros alimentos diversos	1,641	3.9
VI	51,924	Verduras, legumbres, leguminosas y semillas	1,345	3.2
VII	62,412	Leche y sus derivados	1,069	2.5
VIII	76,736	Bebidas alcohólicas y no alcohólicas	1,022	2.4
IX	100,866	Frutas	548	1.3
X	200,698	Huevo	514	1.2
		Pescados y mariscos	269	0.6
		Aceites y grasas	201	0.5
		Tubérculos	198	0.5
		Café, té y chocolate	122	0.3
		Azúcar y mieles	112	0.3
		Especias y aderezos	110	0.3
		Alimentos y bebidas consumidas fuera del hogar	2,957	7.0
		Tabaco	71	0.2

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2023).

La situación actual del SAN mexicano se traduce en un aumento de factores de riesgo para la salud, como la obesidad, la diabetes, enfermedades cardiovasculares, así como algunos tipos de cáncer (Li *et al.*, 2023). Finalmente, en las condiciones actualmente identificadas, se reducen las posibilidades de que el SA mexicano cumpla con dos de los ODS con los que México está comprometido, en específico con los objetivos 3 y 12, relacionados con la salud, bienestar de la población, producción y consumo responsable (ONU, 2024).

Efecto del SAN actual en la salud de la población mexicana

Para identificar la relación entre las especies vegetales, animales, productos y subproductos disponibles en el SAN mexicano (medidos por el CA), se realizaron correlaciones de Pearson con indicadores de salud de la población mexicana y los 30 productos y subproductos representativos del SAN, los resultados se muestran en la Figura 3.

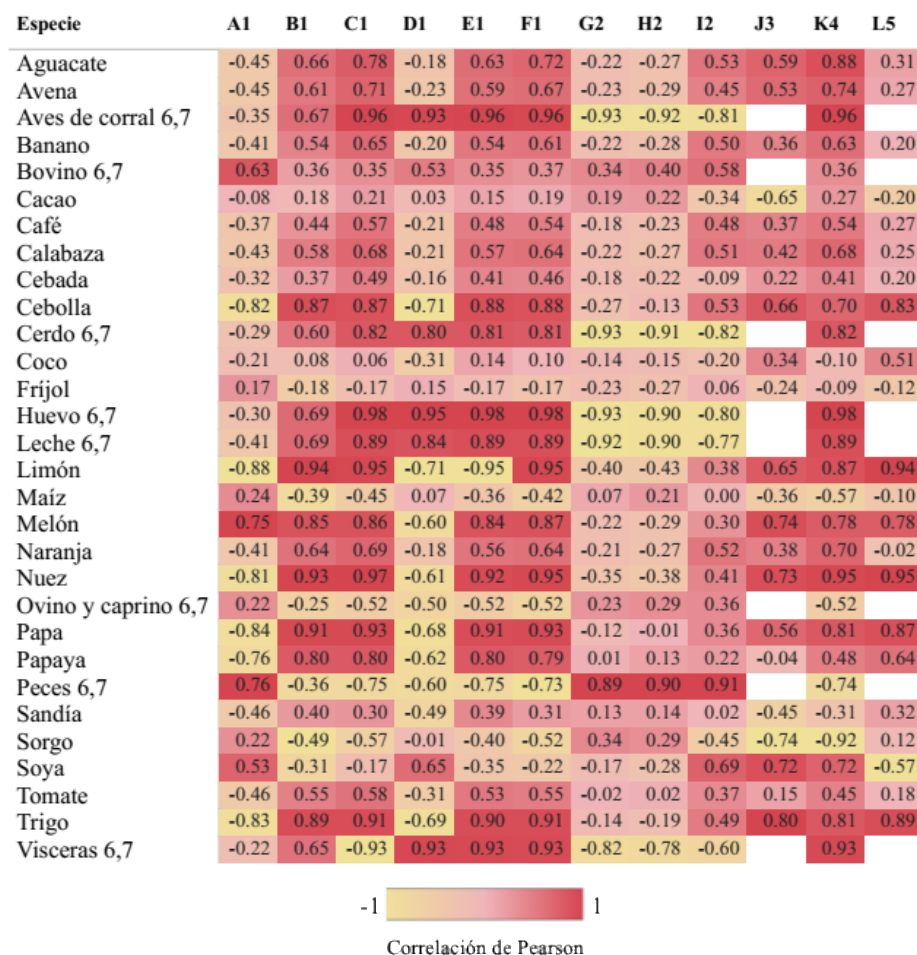


Figura 3. Correlación de Pearson entre indicadores de salud y el consumo aparente de las 30 principales especies vegetales y animales del sector agroalimentario mexicano. Notas: A1, B1, C1, D1, E1, F1. Las correlaciones estuvieron conformadas con datos para el periodo (1990 – 2022). G2, H2, I2. Las correlaciones estuvieron conformadas con datos para el periodo (2000 – 2019). J3. Las correlaciones estuvieron conformadas con datos para el periodo (2000 – 2020). K4. Las correlaciones estuvieron conformadas con datos para el periodo (2000 – 2022). L5. Las correlaciones estuvieron conformadas con datos para el periodo (1990 – 2014). Para las especies con los numerales 6,7: 6. Las correlaciones estuvieron conformadas con datos para el periodo (2010 – 2022). 7. Las correlaciones estuvieron conformadas con datos para el periodo (2010 – 2019). Espacios vacíos (en blanco). Datos insuficientes para realizar las estimaciones con variables pareadas. A1: Bajo peso entre adultos; B1: Sobrepeso entre adultos; C1: Obesidad entre adultos; D1: Delgadez 5-19 años; E1: sobrepeso 5-19 años; F1: obesidad 5-19 años; G2: Mujeres y niños de 6 - 59 meses; H2: mujeres embarazadas entre 15 – 49 años; I2: mujeres no embarazadas entre 15 – 49 años; J3: bajo peso al nacer; K3: actividad física insuficiente entre adultos de 18 años en adelante; L5: aumento de glucosa en la sangre. Fuente: elaboración propia a partir de las especies prioritarias identificadas para México de acuerdo con el CA2022 del INEGI (2023b) y con los datos e indicadores reportados por la FAO (2025) y el WHO (2025).

Para interpretar la información mostrada en la Figura 3, es necesario tener presente algunas consideraciones. La información se “lee” de izquierda a derecha (horizontal), o de arriba hacia abajo (vertical). Es decir, primero se identifica la especie, después se identifica el o los indicadores de salud en cada categoría (de A1 a L5) con los que se desea identificar la correlación o asociación. La correlación de Pearson va de -1 a 1, de acuerdo con la clasificación de Davis mencionada por Santoyo-Cortés, Ramírez-Moreno y Suvedi (2002): i) asociación muy fuerte (0.7 o más); ii) asociación significativa (0.5 a 0.69); iii) asociación moderada (0.3 a 0.49); iv) asociación baja (0.1 a 0.29); v) asociación irrelevante (0.01 a 0.09).

Al continuar con la Figura 3, tanto en el análisis horizontal como en el análisis vertical, se debe considerar el signo de la asociación. De acuerdo con la dirección de la asociación, el CA de especies como el maíz, sorgo y peces, al mostrar signo negativo, indicarían que su consumo tiene una relación negativa con los indicadores de salud, lo que representaría una situación favorable, desde el punto de vista de la salud de consumidores.

De acuerdo con las descripciones previas y con los resultados mostrados en la Figura 3, en un análisis horizontal, se observa que solamente el CA de cebada, coco, frijol, maíz y sandía, no mostraron ningún nivel de asociación significativo con alguno de los indicadores de salud considerados. El cacao, mostró una asociación significativa con los indicadores de salud de bajo peso al nacer (J3). El resto de especies mostraron algún nivel de asociación significativa o superior, con dos o más indicadores de salud. Un análisis vertical muestra que los indicadores de sobrepeso y obesidad en adultos (B1 y C1), niños y adolescentes (E1 y F1) y los malos hábitos representados por la actividad física insuficiente en adultos de 18 años en adelante (K4), son los que mostraron un número mayor de relaciones significativas con las 30 especies vegetales y animales del SAN mexicano.

Adicional a los resultados de la Figura 3, se ha encontrado que el 95% del consumo de carne de ovino en México es en forma de “barbacoa”, un platillo típico de la región centro del país, cuyo consumo es marcado por días festivos y fines de semana (Islas-Moreno *et al.*, 2020). El precio de la carne de ovino supera al de otras carnes como el de bovino, caprino, porcinos y pollo, por lo que su consumo *per cápita* es de 567 g/persona/año, por lo que satisfacer la demanda de consumidores en México, ha estado ligado a las importaciones desde 1970 (Bobadilla-Soto, Ochoa-Ambríz y Perea-Peña, 2021; Torres y Rojas, 2021), lo que coincide con las cifras mostradas en la Figura 2.

El precio es uno de los principales causantes del bajo consumo *per cápita* de carne de ovino, lo que probablemente está ocasionando la poca asociación significativa del CA con los indicadores de salud mostrados en la Figura 3. En contraste, los deciles de la población con ingresos menores, optan por consumir carnes más accesibles como la de bovino, cerdo y pollo; los deciles de la población con ingresos menores, representan a la clase obrera o trabajadora, estimada en 61.4 millones de personas en 2024, quienes finalmente son los que deciden las principales tendencias hacia el consumo de granos básicos, carnes, vegetales y productos procesados y en los que para el caso específico de México, el 53.1% de los hombres y el 63.5% de mujeres con un empleo, consideran que su ingreso es insuficiente, lo que representa una limitante para acceder a una dieta sana y nutritiva (García-Bernardo, 2023; Florez-Vaquiro y Hincapié-Aldana, 2025; Gobierno-México, 2025).

Promover una dieta sana y nutritiva se beneficia de la situación anteriormente descrita sobre los granos básicos y vegetales, debido a que cultivos de interés nacional como el frijol y maíz no mostraron una asociación significativa con los indicadores de salud de la población, lo que permite alinearlos con los intereses en las agendas de gobierno actuales donde se especifica que el país buscará lograr ser autosuficiente (México-Presidencia, 2025). A pesar de esta condición favorable, las Guías Alimentarias Saludables y Sostenibles (GASS) muestran un bajo cumplimiento de las recomendaciones en el consumo de frutas, verduras, leguminosas, nueces y semillas en la población mexicana, sobre todo en estratos de la población con los ingresos más bajos (Martínez-Tapia *et al.*, 2025).

En suma, México cuenta con la suficiente tierra y disponibilidad de recursos naturales para que su SAN actual pueda ofrecer una dieta saludable y nutritiva a su población (Ibarrola-Rivas *et al.*, 2022), tanto en sus zonas rurales como urbanas (FAO, 2019). Las GASS para orientar los patrones alimentarios por país ya están disponibles (Kim *et al.*, 2020), e incluso las cantidades diarias necesarias por grupos de alimentos y por especie (Martínez-Tapia *et al.*, 2025).

Para garantizar el acceso y cumplimiento sugerido en las GASS, aún queda pendiente mejorar el ingreso de los grupos más vulnerables de la población, probablemente a través del aumento del salario mínimo para promover un mayor poder adquisitivo, hasta lograr que sea 2.5 veces el valor de la canasta básica (México-Presidencia, 2025), y sobre todo, consolidar el entendimiento con los tomadores de decisiones, que promover SAS no se logra solamente a través de intervenciones para solucionar los problemas ambientales derivados de las actividades agroalimentarias (Pasquier-Merino, 2022). Como se

mostró, otras dimensiones relacionadas con la globalización, el comercio internacional, variables económicas, sociales y de salud, son igual de necesarias para considerar cuando se promueve la transición hacia SAS para lograr una dieta saludable y nutritiva.

La Huella Hídrica (HH) del Sistema Agroalimentario Nacional (SAN)

Las GASS son un instrumento para orientar la toma de decisiones informadas en los consumidores, sin embargo, aún prevalece el desafío para lograr la producción y proveeduría de los alimentos de forma sostenible en el SAN mexicano. Bajo este escenario,

en la Tabla 3, se muestra la HH implicada en el CA de cada especie considerada en el estudio.

De acuerdo con la información de la Tabla 3, se observa que la Leche, Maíz y Trigo son las especies con el mayor CA en el SAN mexicano actual. Por el contrario, cuando el comparativo es por el volumen de la HH total implicada en el CA, se observa que la carne de Vaca, Leche y Cerdo son los de mayor valor de la HH. En un análisis generalizado, algunas especies de importancia en el mercado de exportación como el Aguacate, Cebada y Limones, son desplazados hasta los lugares 16, 17 y 18 respecto a la HH total de las 30 especies estudiadas; mientras que especies de prioridad nacional como el Trigo, Maíz y Frijol, se ubican en los lugares 5, 6 y 14.

Tabla 3. Indicadores de sostenibilidad de las 30 especies seleccionadas.

Especie	Consumo aparente ¹	Pérdidas ¹	Huella Hídrica (L/kg)	Huella Hídrica Total ²
Leche	19,861,000	1,226,000	1,020	20,258
Maíz	10,369,847	1,166,000	1,220	12,651
Trigo	7,432,504	40,000	1,827	13,579
Sorgo	4,985,032	246,000	670	3,340
Naranja	4,798,362	449,000	560	2,687
Aves de Corral	3,172,000	-	4,330	13,735
Huevo	3,168,000	279,000	3,300	10,454
Cerdo	3,092,000	-	6,000	18,552
Limón	2,399,954	261,000	486	1,166
Tomate	2,251,675	298,000	214	482
Banano	2,118,615	217,000	790	1,674
Papa	1,988,753	140,000	290	577
Vaca	1,948,000	-	15,400	29,999
Aguacate	1,487,795	-	1,012	1,506
Coco	1,107,563	84,000	2,687	2,976
Cebolla	1,097,879	125,000	394	433
Fríjol	1,037,469	50,000	1,596	1,656
Cebada	969,913	45,000	1,420	1,377
Papaya	938,117	-	460	432
Visceras	743,000	44,000	-	-
Cacao	496,477	1,000	20,000	9,930
Melón	466,608	-	127	59
Sandía	453,423	-	281	127
Soya	251,843	185,000	2,145	540
Calabaza	210,500	-	336	71
Nuez	194,979	17,000	15,300	2,983
Ovina y Caprina	109,000	-	10,400	1,134
Avena	105,478	3,000	1,242	131
Café	86,590	9,000	18,900	1,637
Peces	21,110	-	3,848	81

¹Las cifras son en toneladas.

²Las cifras son en millones de litros y no considera la huella hídrica de las pérdidas.

- Cifra no disponible.

Fuente. elaboración propia con datos de (Mekonnen y Hoekstra, 2010; Ríos-Flores y Navarrete-Molina, 2017; Ríos-Flores *et al.*, 2017; Arenas-Jiménez, Correa-Torres y Pineda-Vargas, 2020; Botello-Aguillón *et al.*, 2024; Ortiz-Paniagua y Ruiz-Sevilla, 2024; FAO, 2025; Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2025; Water footprint network, 2025).

La mayor HH para producir un kilogramo de especie o producto en el SAN actual la ocuparon el Cacao, Café y la Carne de Vaca, mientras que las Sandías, Tomate y Melón ocuparon los tres últimos lugares, respecto a los 30 productos mostrados en la Tabla 3. En todos los casos el valor de HH total se incrementaría si se consideran las toneladas perdidas. En la situación actual, la Leche, Maíz y Naranjas son las especies que presentaron las mayores pérdidas registradas; este escenario de pérdidas es típico, si se toma en cuenta que también son los principales productos consumidos en el SAN mexicano actual.

En México se destina alrededor del 80% del total de agua dulce disponible para la producción de alimentos, por lo que gestionar este recurso para promover un SAS y reducir la HH, implica un trabajo colaborativo de la sociedad, productores y gobierno (Medina Orozco y Barrales Martínez, 2025). Desde el punto de vista de los productores, se ha identificado a la falta de infraestructura de riego más eficiente dentro y fuera de las unidades de producción, como una de las principales limitantes para transitar hacia SAS (Reyes-Gómez, 2024).

Las agendas de gobierno actuales proponen contribuir al desarrollo sostenible a través de la tecnificación de más de 200,000 hectáreas de riego, en las que se incluye manejarlas bajo un enfoque agroecológico. Para reducir las pérdidas en toda la cadena de suministro, además de aumentar el valor agregado, se plantea inversiones en puertos, carreteras y principales vías de acceso, con la finalidad de lograr que el 50% de la proveeduría y el consumo nacional sean de productos hechos en México en sus sectores prioritarios, por lo que las compras públicas serán una herramienta impulsora del desarrollo (México-Presidencia, 2025).

Contar con indicadores medibles como los discutidos en esta sección, permite orientar la toma de decisiones informadas en materia de alimentación, para lograr el cumplimiento del ODS 12 y 6, en específico con las metas para reducir a la mitad la pérdida y desperdicio de alimentos, así como en la gestión del uso eficiente de recursos hídricos en todos los sectores, a través de la adopción de tecnologías innovadoras para asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez (ONU, 2024). Estas acciones se deben complementar con PP orientadas no solo a incentivar la producción, también a generar instrumentos para educar a la sociedad en temas para reducir la pérdida y desperdicio de alimentos, una condición en la que la falta de cifras oficiales nacionales, dificultan la creación de instrumentos de intervención (Torres Ramírez *et al.*, 2025).

Limitaciones, prospectivas y retos

La investigación consideró durante los análisis sobre el SAN mexicano, aquellos productos alimentarios provenientes de las actividades agrícolas y pecuarias a nivel nacional, lo que permitió hacer generalizaciones a nivel país. Para complementar este tipo de análisis, por la cantidad de especies y alimentos que representan al SA, es necesario considerar en próximos estudios aquellos productos procesados, ultraprocesados e “hipercalóricos” (Torres y Rojas, 2024), así como el consumo de alimentos específicos altos en azúcares por su marcado efecto en la salud de la población (Li *et al.*, 2023; Gerónimo-Antonio y Flores-Espindola, 2025). Además, debido a la dificultad para separar las actividades alimentarias y no alimentarias en los SA (Ruggeri Laderchi *et al.*, 2024), es necesario incluir otro tipo de alimentos que contribuyen a lograr la sostenibilidad del SA, como el consumo de insectos (Omuse *et al.*, 2024).

De acuerdo con la información, análisis y discusión de este documento, lo más probable es que el SAN mexicano, se consolide bajo un régimen alimentario “híbrido”, basado en alimentos procesados y ultraprocesados provenientes de la agroindustria, y cada vez menos por productos más naturales, más saludables, mínimamente procesados e incluso nutraceuticos, un tema ya visualizado por otras investigaciones (Torres y Rojas, 2024). Por lo expuesto, el aumento de enfermedades no transmisibles como el sobrepeso, la obesidad y la diabetes, potenciadas por los malos hábitos poblacionales, serán una constante que tendrán que enfrentar los tomadores de decisiones junto con los diferentes grupos de la sociedad.

Si bien las GASS han contribuido en lograr avances significativos para orientar una alimentación más sana, nutritiva y sostenible en México desde 1960, primero como Normas Alimentarias y en la actualidad en forma de guías, algunos de los retos actuales que debe enfrentar son: la actualización constante de estas GASS considerando la producción y distribución saludable de los ecosistemas, crear GASS específicas para grupos especiales reclasificando los alimentos, incluir el respeto de la cultura alimentaria y protegiendo la diversidad territorial (Castro Juárez y Morales Pérez, 2025), algo que parece alinearse con las agendas de gobierno actuales (México-Presidencia, 2025) y a la nueva Ley General de Alimentación Adecuada y Sostenible (LGAAS) vigente para México desde el 18 de abril de 2024.

A nivel internacional, uno de los principales retos, es lograr que los tomadores de decisiones reconozcan e integren las contribuciones de la ciencia sobre los SA para promover el cumplimiento de los ODS. Para el caso específico de los países de América Latina y el

Caribe (ALC), estas contribuciones ofrecen evidencias y propuestas para disminuir la heterogeneidad y desigualdad de los SA, promover la sostenibilidad y resiliencia climática, fomentar la cooperación regional y fortalecer los escenarios de gobernanza actuales (Wiebe y Gotor, 2025). Además, respecto a las PP nacionales por cada país, el reto es lograr que se destine el equivalente al 1% del Producto Interno Bruto (PIB), para promover la ciencia, la innovación y la transformación de los SA (Von Braun *et al.*, 2021), con ese presupuesto, se puede esclarecer hasta qué punto, la reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos afectaría los ingresos agrícolas por la disminución de la demanda, y si las compensaciones ambientales como la reducción de gases de efecto invernadero y la reducción de uso del suelo, superan la pérdida de los ingresos agrícolas (Nenert *et al.*, 2025).

CONCLUSIONES

A pesar de la diversidad alimentaria con la que México cuenta, el reducido número de especies alimentarias vegetales y animales de interés nacional, es una de las limitantes para salir de la condición actual en que se encuentra el SAN. Para mejorar esta condición, es necesario que los tomadores de decisiones consideren otros elementos para impulsar la producción y el consumo responsable de las diferentes especies que ofrece el SA actual, no sólo por el valor que la especie animal o vegetal proporciona a la producción nacional. Otros criterios disponibles son el precio por acceder a esos alimentos, el ingreso de los consumidores, su relación con las enfermedades no transmisibles y la HH total que representa cada especie al compararla con el SA en su conjunto.

Se identificaron asociaciones positivas y negativas de las especies que ofrece el SAN mexicano actual con los indicadores de salud de la población. Es rescatable mencionar que el CA de especies como el Maíz, Sorgo y Peces, se asocia de forma negativa con los problemas de salud actuales, por lo que promover su producción y consumo responsable, debe ser un elemento clave a considerar en las propuestas de PP actuales y por los tomadores de decisiones.

El sobrepeso y la obesidad en adultos, niños y adolescentes fueron las condiciones de salud que mostraron un mayor número de asociaciones positivas con el CA de las especies vegetales y animales evaluadas, los malos hábitos poblacionales representados por la actividad física insuficiente entre adultos de 18 años en adelante, reafirman la condición identificada.

Respecto al indicador de sostenibilidad del SA representado por la HH de cada especie, aunque la Leche, Maíz y Sorgo fueron las especies de mayor CA en SA actual, el total de la HH con mayor valor lo

representó el CA de Carne de Vaca, la Leche y la Carne de Cerdo. Este hallazgo implica la necesidad de promover una tecnificación mayor de las UP por el lado de los empresarios, y contar con la infraestructura de riego adecuada y suficiente fuera de las UP, lo que implica mayor inversión pública en infraestructura de riego para conducir el recurso desde los centros de origen hasta las UP. Además, por el lado de los consumidores, es necesario crear instrumentos de intervención orientados a educar a la población en temas relacionados con la reducción de pérdidas y desperdicios, una condición en la que la ausencia de cifras oficiales, ha limitado los avances.

No existe evidencia actual que nos permita demostrar la existencia de un SAS para lograr una alimentación sana y nutritiva en México. Todo lo que se puede decir es que la información disponible, las GASS, el marco normativo y las leyes nacionales alineadas a los objetivos internacionales ya existen, y sumado a indicadores basados en evidencia como los mostrados en esta investigación, deben ser suficientes para orientar los esfuerzos colaborativos de los diferentes grupos de la sociedad, empresarios y tomadores de decisiones para impulsar el logro de los tres ODS inicialmente planteados.

Finalmente, el análisis correlacional del SAN mexicano en su conjunto, permitió demostrar la situación actual del SA con la salud de la población, pero los análisis generalizados a nivel nacional pueden ocultar el efecto demostrado que tienen sobre el medioambiente, la sociedad, la salud y la economía, la promoción, producción y consumo de especies animales y vegetales específicas, por lo que esta es una línea de investigación abierta para el estudio de especies de importancia nacional e internacional del amplio SA.

Acknowledgements

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo para la presente investigación, a través del programa Estancias postdoctorales por México (EPM) 2025-2027.

Funding. Funded by Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI)-Mexico, through “Programa Estancias postdoctorales por México (EPM) 2025-2027” scholarship to the first author.

Conflict of interest statement. Nothing to declare

Compliance with ethical standards. Does not apply.

Data availability. Upon reasonable request to the first author h.reyes@ciestaam.edu.mx

Author Contribution Statement (CRediT). **H. Reyes-Gómez** – Study design and conceptualization, database creation, data analysis, writing, and editing; **E. G. Martínez-González** – Study design, data analysis, writing, and editing; **J. Aguilar-Ávila** – Methodological review, writing, revision, and editing; **N. Aguilar-Gallegos** – Methodological review, writing, revision, and editing.

REFERENCES

- Arenas-Jiménez, C.F., Correa-Torres, S.N. and Pineda-Vargas, S.M., 2020. *Estimation of water footprints in agricultural production from Tahiti lime in La Angula Basin, Santander, Colombia*. [online] Available at: <https://revistas.uaa.mx/index.php/investycien/article/view/2939/2790> [Accessed 31 March 2025].
- Banco de México (BANXICO), 2025. *Sistema de información económica*. [online] Balanza comercial. Available at: <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/> [Accessed 24 March 2025].
- Bobadilla-Soto, E.E., Ochoa-Ambriz, F. and Perea-Peña, M., 2021. Dinámica de la producción y consumo de carne ovina en México 1970 a 2019. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), pp.963–982. <https://doi.org/10.15517/AM.V32I3.44473>
- Botello-Aguillón, C., Alcalá, R.V., Sangerman-Jarquín, D.M., Ortiz, J.H., García, F.G.G. and Romero, F.S., 2024. Estimación de la huella hídrica agrícola del DR 011, alto río Lerma. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(6), pp.1–13. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i6.3319>
- Von Braun, J., Afsana, K., Fresco, L.O. and Hassan, M., 2021. *Science and innovations for food systems transformation and summit actions*. [online] Available at: https://sc-fss2021.org/wp-content/uploads/2021/09/ScGroup_Reader_UNFSS2021.pdf [Accessed 20 May 2025].
- Canfield, M., Anderson, M.D. and McMichael, P., 2022. Cumbre de Sistemas Alimentarios de la ONU 2021: Desmantelando la democracia y restableciendo el control corporativo de los sistemas alimentarios. *Magna Scientia UCEVA*, 2(1), pp.129–148. <https://doi.org/10.54502/msuceva.v2n1a13>
- Castellanos-Gutiérrez, A., Sánchez-Pimienta, T.G., Batis, C., Willett, W. and Rivera, J.A., 2021. Toward a healthy and sustainable diet in Mexico: Where are we and how can we move forward? *American Journal of Clinical Nutrition*, 113(5), pp.1177–1184. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa411>
- Castro Juárez, J.C. and Morales Pérez, L., 2025. Evaluación de las guías de orientación alimentaria en México, nuevos paradigmas y retos por enfrentar. *Salud y administración*, [online] 12(34), pp.35–45. Available at: <https://revista.unsis.edu.mx/index.php/saludyadmon/article/view/332/264> [Accessed 15 May 2025].
- Cervantes, G., Thow, A.M., Gómez-Oliver, L., Durán-Arenas, L. and Pérez-Ferrer, C., 2022. What Opportunities Exist for Making the Food Supply Nutrition Friendly? A Policy Space Analysis in Mexico. *International Journal of Health Policy and Management*, [online] 11(11), pp.2451–2463. <https://doi.org/10.34172/ijhpm.2021.164>
- COMTRADE, 2025. *Free access to detailed global trade data*. [online] Trade data. Available at: <https://comtradeplus.un.org/> [Accessed 24 March 2025].
- David-Benz, H., Sirdey, N., Deshons, A., Orbell, C. and Herlant, P., 2022. *Marco conceptual y metodológico para evaluaciones nacionales y territoriales - Catalizar la transformación sostenible e inclusiva de nuestros sistemas alimentarios*. Roma, Montpellier, Bruxelles. <https://doi.org/10.4060/cb8603es>
- DOF, 2020. *Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural 2020-2024*. Available at: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5595549&fecha=25/06/2020#gsc.tab=0
- Espinoza-Vaca, J.S., Cruz-Morales, C.M., Artieda-Rojas, J.R. and Lascano-Muñoz, M.K., 2025. La economía agrícola y su relación con el comercio internacional. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, [online] 7(2), pp.224–231. Available at: <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/1429/1911> [Accessed 5 May 2025].
- FAO, 2019. *El sistema alimentario en México - Oportunidades para el campo mexicano en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible*.

- [online] Ciudad. Available at: <http://www.wipo.int/amc/en/>
- Florez-Vaquiro, N. and Hincapié-Aldana, L.A., 2025. Labor precarity and youth: Labor markets in Argentina, Brazil, Colombia, and Mexico. *Iconos*, (81), pp.13–32. <https://doi.org/10.17141/iconos.81.2025.6233>
- García-Bernardo, R., 2023. Desarrollo desigual y combinado y fractura dietaria en el sistema agroalimentario del siglo XXI. *Argumentos Revista de Crítica Social*, [online] (28), pp.46–78. Available at: <http://publicaciones.sociales.uba.ar/argumentos/Nº28|Octubrede2023>
- Gerónimo-Antonio, V.M. and Flores-Espindola, N., 2025. Factores sociodemográficos y económicos asociados al consumo de bebidas azucaradas en México. *Problemas del Desarrollo*, 56(221), pp.3–28. <https://doi.org/10.22201/ieec.20078951e.2025.221.70280>
- Gobierno-México, 2025. *Data México*. México.
- González-Abraham, C., Flores-Santana, C., Rodríguez-Ramírez, S., Olguín-Álvarez, M., Flores-Martínez, A., Torres Rojo, J.M., Bocco Verdinelli, G., Fernández Calleros, C.A. and McCord, G.C., 2023. Long-term pathways analysis to assess the feasibility of sustainable land-use and food systems in Mexico. *Sustainability Science*, [online] 18(1), pp.469–484. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01243-7>
- Hennchen, B. and Schäfer, M., 2022. Do sustainable food system innovations foster inclusiveness and social cohesion? A comparative study. *Frontiers in Sustainability*, pp.1–19. <https://doi.org/10.3389/frsus.2022.921169>.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M., 2011. *The water footprint assessment manual: setting the global standard*. [online] London. Available at: <https://ayhoekstra.nl/pubs/Hoekstra-et-al-2011-TheWaterFootprintAssessmentManual.pdf> [Accessed 6 January 2025].
- Ibarrola-Rivas, M.J., Unar-Munguia, M., Kastner, T. and Nonhebel, S., 2022. Does Mexico have the agricultural land resources to feed its population with a healthy and sustainable diet? *Sustainable Production and Consumption*, 34, pp.371–384. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.09.015>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (INEGI), 2023. *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2022 (ENIGH)*. [online] Available at: <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nacional/2022/> [Accessed 30 March 2025].
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2023a. *Censo agropecuario 2022: metodología*. [online] Available at: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463914044> [Accessed 24 April 2025].
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2023b. *Censo agropecuario 2022: resultados definitivos*. [online] Available at: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ca/2022/doc/ca2022_rdnal.pdf [Accessed 24 April 2025].
- Islas-Moreno, A., Barrera-Perales, O.T., Aguilar-Avila, J. and Muñoz-Rodríguez, M., 2020. *Análisis financiero y económico en la elaboración y venta de un platillo tradicional: el caso de la barbacoa de ovino en México*. [online] *Custos e @gronegocio*, 16, pp. 100–119.
- Jaime-Martínez, L.A., Centeno-Parra, L.P. and Ruiz-Vargas, N.V., 2025. Perfil de estilo de vida y nivel de estrés en estudiantes universitarios de ciencias de la salud. *Rev. Salud y Bienestar Social*, [online] 9(1), p.2025. Available at: <https://revistasaludybienestarsocial.uady.mx/Salud/article/view/189/104> [Accessed 8 May 2025].
- Kim, B.F., Santo, R.E., Scatterday, A.P., Fry, J.P., Synk, C.M., Cebren, S.R., Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., de Pee, S., Bloem, M.W., Neff, R.A. and Nachman, K.E., 2020. Country-specific dietary shifts to mitigate climate and water crises. *Global Environmental Change*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.05.010>
- Li, B., Yan, N., Jiang, H., Cui, M., Wu, M., Wang, L., Mi, B., Li, Z., Shi, J., Fan, Y., Azalati, M.M., Li, C., Chen, F., Ma, M., Wang, D. and Ma, L., 2023. Consumption of sugar sweetened beverages, artificially sweetened beverages and fruit juices and risk of type 2 diabetes, hypertension, cardiovascular disease, and mortality: A meta-analysis. *Frontiers in*

- Nutrition*, pp.1–10.
<https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1019534>
- Martínez-Tapia, B., Rodríguez-Ramírez, S., Valenzuela-Bravo, D.G., Medina-Zacarías, M.C., Gaona-Pineda, E.B., Arango-Angarita, A., Hernández-Carapia, N. and Shamah-Levy, T., 2025. Cumplimiento de recomendaciones para una alimentación saludable y sostenible, Ensanut 2020-2023. *Salud Pública de México*, [online] pp.1–10. <https://doi.org/10.21149/16060>
- Medina Orozco, L.E. and Barrales Martínez, A.D., 2025. Análisis de la huella hídrica para estimar la sustentabilidad. In: CENIT, ed. *Justicia en su tinta. Relaciones transdisciplinarias*, 1st ed. [online] p.61.
- Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y., 2010. *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*. [online] Available at: https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/59481249/Report47_WaterFootprintCrops_Vol1.pdf [Accessed 1 April 2025].
- México-Presidencia, 2019. *Plan Nacional de Desarrollo: 2019-2024. Presidencia de la Republica*, Available at: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599andfecha=12/07/2019#gsc.tab=0 [Accessed 5 May 2025].
- México-Presidencia, 2025. *Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030*. Available at: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/981072/PND_2025-2030_v250226_14.pdf [Accessed 13 May 2025].
- Montiel-Batalla, B.M., Achiquen-Millan, J., Galicia-Juárez, M., Muñoz-Madrid, A.R. and Ail-Catzim, C.E., 2024. Consumo de dátil en México, una aproximación a las preferencias del mercado bajacaliforniano. In: R. Torres Ramos, A. Mendoza Gomez, M.T. Beleño Cabarcas and A.M. Vazquez Espinosa, Eds. *Producción agrícola sustentable: estrategias biotecnológicas para el fortalecimiento de la seguridad alimentaria*. Tomo IV Economía Agrícola. Baja California: Astra Ediciones. pp.107–114.
- Nenert, C., González González, D., Giner, C., Gay, S.H. and Elasri, A., 2025. The potential effects of reducing food loss and waste: Impacts on the triple challenge and cost-benefits analysis. 222nd ed. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers. [online] <https://doi.org/10.1787/bd2aedc6-en>
- Omuse, E.R., Tonnang, H.E.Z., Yusuf, A.A., Machekano, H., Egonyu, J.P., Kimathi, E., Mohamed, S.F., Kassie, M., Subramanian, S., Onditi, J., Mwangi, S., Ekesi, S. and Niassy, S., 2024. The global atlas of edible insects: analysis of diversity and commonality contributing to food systems and sustainability. *Scientific Reports*, [online] 14(1), pp.1–17. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55603-7>
- ONU, 2024. *Sustainable Development Goals*. [online] Available at: <https://agenda2030.mx/index.html?lang=en#/home> [Accessed 8 May 2025].
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2025. *Balances de alimentos*. [online] Descargar datos. Available at: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/FBS> [Accessed 24 March 2025].
- Ortiz-Paniagua, C.F. and Ruiz-Sevilla, G., 2024. Hidden costs of water retained for avocado production in Mexico. *Revista Iberoamericana Ambiente and Sustentabilidad*, [online] 7, pp.1–18. <https://doi.org/10.46380/rias.v7.e384>
- Pasquier-Merino, A.G., 2022. Sustainable food, consensus, and debates: a study on university campuses in Mexico City. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 23(8), pp.337–353. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-03-2022-0096>
- Reyes-Gómez, H., Martínez-González, E. G., Aguilar-Ávila, J., and Aguilar-Gallegos, N. 2024. Sistemas agroalimentarios sostenibles: el caso de la cadena de valor del aguacate en México. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana De Economía*, 55(217), 29–60. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2024.217.70098>
- Ríos-Flores, J.L., Jacinto-Soto, R., Torres-Moreno, M.A. and Torres-Moreno, M., 2017. *Huella hídrica del cultivo de cebolla producida en el DR005, Delicias, Chihuahua*. [online] Available at: https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Economía%20y%20Agronomía%20T-I/HCEA_TI_2.pdf [Accessed 31 March 2025].

- Rios-Flores, J.L. and Navarrete-Molina, C., 2017. *Huella hídrica y productividad económica del agua en Nogal Pecanero (Carya illinoensis) al sur oeste de Coahuila, México*. [online] Available at: <https://ojs.ual.es/ojs/index.php/eea/article/view/2503> [Accessed 1 April 2025].
- Roggema, R., Krstikj, A. and Flores, B., 2024. Spatial Barriers to Transforming toward a Healthy Food System in the Noreste of Mexico. *Nutrients*, 16(1259), pp.1–22. <https://doi.org/10.3390/nu16091259>.
- Ruggeri Laderchi, C., Lotze-Campen, H., DeClerck, F., Bodirsky, B.L., Collignon, Q., Crawford, M.S., Dietz, S., Fesenfeld, L., Hunecke, C., Leip, D., Lord, S., Lowder, S., Nagenborg, S., Pilditch, T., Popp, A., Wedl, I., Branca, F., Fan, S., Fanzo, J., Ghosh, J., Harriss- White, B., Ishii, N., Kyte, R., Mathai, W., Chomba, S., Nordhagen, S., Nugent, R., Swinnen, J., Torero, M., Laborde Debouquet, D., Karfakis, P., Voegelé, J., Sethi, G., Winters, P., Edenhofer, O., Kanbur, R. and Songwe, V., 2024. *The Economics of the Food System Transformation*. [online] Available at: https://foodsystemeconomics.org/wp-content/uploads/FSEC-Global_Policy_Report.pdf [Accessed 21 April 2025].
- Salazar-Echeagaray, T.I., Salazar-Echeagaray, J.E., Olguín-Martínez, C.M. and Ultreras-Rodríguez, A., 2024. *Balanza comercial de México, antes y después de la firma de los Tratados de Libre Comercio*. [online] Available at: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/21888/1/REXTN-OPYP22-06-Salazar.pdf> [Accessed 29 April 2025].
- Santoyo-Cortés, H., Ramírez-Moreno, P. and Suvedi, M., 2002. *Manual para la evaluación de programas de desarrollo rural*. Available at: <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/ecfbcf97-3ff8-47e3-8ffe-1804e22c9f72/content> [Accessed 12 May 2025].
- Saviolidis, N.M., Olafsdottir, G., Nicolau, M., Samoggia, A., Huber, E., Brimont, L., Gorton, M., von Berlepsch, D., Sigurdardottir, H., Del Prete, M., Fedato, C., Aubert, P.M. and Bogason, S.G., 2020. Stakeholder perceptions of policy tools in support of sustainable food consumption in Europe: Policy implications. *Sustainability*, 12(17), pp.7161. <https://doi.org/10.3390/su12177161>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2025. *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. [online] Cierre de la producción agrícola. Available at: https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/ [Accessed 31 March 2025].
- Shamah-Levy, T., Cuevas-Nasu, L., Gaona-Pineda, E.B., Valenzuela-Bravo, D.G., Méndez Gómez-Humarán, I. and Ávila-Arcos, M.A., 2022. Childhood obesity in Mexico: Influencing factors and prevention strategies. *Frontiers in Public Health*, pp.949893 <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.949893>
- Torres, F. and Rojas, A., 2024. Alimentos ultraprocesados y comida rápida: hacia la configuración de un patrón alimentario híbrido. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 55(217), pp.3–28.
- Torres Ramírez, R.C., Boone Villa, V.D., Ventura Sobrevilla, J.M. and Viesca Villanueva, E., 2025. Estado actual de las pérdidas y desperdicio de los alimentos en México. *Revista Internacional de Salud, Bienestar y Sociedad*, [online] 11(1), pp.21–32. <https://doi.org/10.18848/2474-5219/CGP/v11i01/21-32>.
- Torres, T.F. and Rojas, M.A., 2021. *Seguridad alimentaria: factores económicos y desigualdades regionales en México*. Primera ed. Ciudad de México. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/iiiec.9786073042710e.2021>
- Torres-Torres, F. and Rojas-Martínez, A., 2021. El desarrollo económico reciente de México. In: *Seguridad alimentaria: factores económicos y desigualdades regionales en México*, 1st ed. pp.15–52. <https://doi.org/10.22201/iiiec.9786073042710e.2021>
- Torres-Torres, F. and Rojas-Martínez, A., 2022. Food security at the crossroads of regional inequalities in Mexico. *Investigaciones Regionales*, 2022(53), pp.91–115. <https://doi.org/10.38191/iirr-jorr.22.012>
- Tóth, G. and Zachár, J., 2021. Towards food justice the global-economic material balance analysis of hunger, food security and waste. *Agronomy*,

- 11(7), pp.1324.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11071324>
- Von-Bertalanffy, L., 1997. *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. First ed. [online] *Fondo de Cultura Económica*. México: El Colegio de México.
<https://doi.org/10.2307/j.ctv51307z.7>
- Von Braun, J., Afsana, K., Fresco, L.O. and Hassan, M., 2021. *Science and innovations for food systems transformation and summit actions*. [online] Available at: https://sc-fss2021.org/wp-content/uploads/2021/09/ScGroup_Reader_UNFSS2021.pdf [Accessed 20 May 2025].
- Water footprint network, 2025. *What is a water footprint?* [online] Product Gallery. Available at: <https://www.waterfootprint.org/resources/interactive-tools/product-gallery/> [Accessed 31 March 2025].
- Wiebe, K. and Gotor, E., 2025. *What do we know about the future of food systems?* [online] Available at: <https://hdl.handle.net/10568/175019> [Accessed 12 August 2025].
- World Health Observatory (WHO), 2025. *The Global Health Observatory*. [online] Explore a world of health data. Available at: <https://www.who.int/data/gho/data/indicators> [Accessed 24 March 2025].