

DEL CAMPO AL PLATO: INGENIERÍA Y SOSTENIBILIDAD EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Ellen Guadalupe Piscil-Macuil ^a, César Ramírez-Márquez ^{b*}, José María Ponce-Ortega ^b

^a Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Heroica Puebla de Zaragoza, Pue., 72000, México.

^b Departamento de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, 58060, México. cesar.ramirez@umich.mx

Resumen

En el contexto de un planeta presionado por el crecimiento poblacional y la sobreexplotación de recursos, el sistema alimentario se posiciona como uno de los sectores con mayor impacto ambiental y, a la vez, como uno de los más vulnerables al cambio climático. La producción de alimentos demanda enormes cantidades de agua, energía y materias primas, genera altos volúmenes de residuos y es responsable de una proporción significativa de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Frente a este panorama, la ingeniería alimentaria y ambiental ofrece soluciones innovadoras para transformar los procesos productivos, mejorar la eficiencia y minimizar el impacto ecológico. No obstante, la transición hacia una industria verdaderamente sostenible no depende únicamente de la tecnología. También requiere cambios culturales, consumidores informados y políticas integrales. El artículo plantea una visión sistémica que conecta el campo, la fábrica y el hogar, promoviendo una transformación colectiva hacia una alimentación más justa, saludable y respetuosa con el planeta.

Palabras clave: Alimentos; Sostenibilidad; Recursos; Industria; Producción.

FROM FARM TO FORK: ENGINEERING AND SUSTAINABILITY IN THE FOOD INDUSTRY

Abstract

In the context of a planet under pressure from population growth and resource overexploitation, the food system stands out as one of the sectors with the greatest environmental impact and, at the same time, as one of the most vulnerable to climate change. Food production demands vast amounts of water, energy, and raw materials, generates high volumes of waste, and is responsible for a significant share of global greenhouse gas emissions. In light of this scenario, food and environmental engineering offer innovative solutions to transform production processes, improve efficiency, and minimize ecological impact. However, the transition toward a truly sustainable industry does not rely on technology alone. It also requires cultural change, informed consumers, and comprehensive public policies. This article proposes a systemic vision that connects the farm, the factory, and the home, promoting a collective transformation toward fairer, healthier, and more environmentally respectful food systems.

Keywords: Food; Sustainability; Resources; Industry; Production.

1. Introducción

La creciente demanda de productos alimenticios, impulsada por la necesidad de satisfacer los requerimientos calóricos de una población mundial en constante crecimiento, ha intensificado significativamente los problemas ambientales. En 2024, la población de México se estimó en 129.71 millones de habitantes y, de acuerdo con las proyecciones demográficas más recientes, se prevé que esta cifra supere los 140 millones para el año 2070 (Consejo Nacional de Población, 2024; Statista, 2025). Este aumento poblacional no solo implica una mayor demanda de alimentos, sino también un incremento en el consumo de recursos naturales.

Según datos del INEGI (2025), tan solo en el año 2022 se registraron 24.8 millones de cabezas de ganado bovino en el país. Considerando que producir un kilogramo de carne de res requiere en promedio alrededor de 15,000 litros de agua, y que la producción nacional anual de carne bovina es del orden de 2.1 millones de toneladas, puede estimarse que el volumen de agua asociado a este sector en México alcanza aproximadamente 31.5×10^{12} litros por año (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2024). Esta magnitud permite dimensionar la presión

hídrica vinculada a la ganadería bovina y la urgencia de transitar hacia esquemas productivos más eficientes y sostenibles.

Como consecuencia, la producción de alimentos no solo se ha convertido en una de las principales causas del cambio climático, sino también en uno de los sectores más afectados por sus efectos (Bambridge, 2025). No solo se trata de producir más comida, sino de hacerlo de forma segura, eficiente y respetuosa con el medio ambiente. En este contexto, la industria alimentaria juega un papel importante, pues es la encargada de transformar los productos del campo en los alimentos que consumimos a diario (Méndez y col., 2008; Knoerzer, 2016). Sin embargo, esta transformación implica también un consumo masivo de recursos naturales, lo que genera altos impactos ambientales.

El desafío actual es: ¿cómo garantizar alimentos seguros sin comprometer la sostenibilidad del planeta? En años recientes, las investigaciones para el desarrollo tecnológico se han orientado a encontrar soluciones para sustituir o mejorar procesos industriales que históricamente han sido devastadores para los ecosistemas. Esta búsqueda se vuelve relevante, ya que ha intentado unir esfuerzos para promover una cultura alimentaria más sostenible, que

procure más producción con menos destrucción.

En este contexto, la ingeniería emerge como una aliada clave en la transformación del sistema agroalimentario. Desde la aplicación de tecnologías limpias hasta el rediseño de procesos productivos más eficientes, la ingeniería alimentaria, química y ambiental ha comenzado a intervenir decididamente en las fases más críticas del ciclo de producción y consumo. Tecnologías emergentes como la fermentación optimizada mediante algoritmos de aprendizaje automático, la irradiación de alimentos, la reutilización de subproductos agroindustriales y la deshidratación mediante métodos de bajo consumo energético están siendo incorporadas en plantas procesadoras de alimentos con el objetivo de minimizar el uso de agua, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y limitar la generación de residuos (Clairand y col., 2020; Wang y col., 2025).

Asimismo, el concepto de sostenibilidad no puede desligarse de la trazabilidad y la seguridad alimentaria. La digitalización y el uso de gemelos digitales, sensores inteligentes e inteligencia artificial han permitido controlar, modelar y optimizar los procesos en tiempo real, lo que no solo

mejora la calidad del producto final, sino que también permite reducir pérdidas durante la cadena de suministro. Esto es especialmente importante en países con infraestructuras limitadas, donde los desperdicios por fallos logísticos y deficiencias en conservación representan un porcentaje alarmante de la producción total.

La ingeniería también desempeña un papel clave en la formulación de alimentos funcionales, nutritivos y sostenibles. A través del diseño de matrices alimenticias enriquecidas con proteínas vegetales, fibras o probióticos, es posible responder a las nuevas demandas nutricionales de una población cada vez más consciente de su salud y del impacto ecológico de sus decisiones alimentarias (Kaur y col., 2022). El desarrollo de sustitutos cárnicos a base de legumbres o algas, por ejemplo, no solo ofrece opciones más saludables y accesibles, sino que también contribuye a disminuir la presión ambiental asociada con la ganadería intensiva.

Sin embargo, no todo avance tecnológico garantiza una solución directa. Existe el riesgo de caer en el llamado *greenwashing* (estrategia de marketing o comunicación que utilizan algunas empresas, instituciones o productos para aparentar ser sostenibles, ecológicos o responsables con el medio

ambiente, sin serlo realmente o exagerando sus verdaderos logros ambientales) si los desarrollos no son acompañados de evaluaciones rigurosas y criterios integrales de sostenibilidad (ver **Figura 1**). Por ello, metodologías como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), la huella hídrica y la huella de carbono han cobrado relevancia como herramientas para medir y comparar el verdadero impacto de las distintas alternativas tecnológicas implementadas. La sostenibilidad en la industria alimentaria no puede evaluarse únicamente en términos de eficiencia energética o reducción de emisiones; también debe considerar aspectos sociales como el acceso equitativo a los alimentos, el respeto por las tradiciones alimentarias locales y la soberanía alimentaria de las comunidades (García y Villegas, 2025).

El enfoque de “del campo al plato” no puede limitarse a una metáfora del trayecto físico de los alimentos. Se trata más bien de una visión sistémica que comprende la interdependencia entre productores, transformadores, distribuidores, consumidores y el entorno natural. La transición hacia un sistema alimentario sostenible demanda una colaboración activa entre ingenieros, científicos, agricultores, legisladores y

ciudadanos. Solo mediante una convergencia entre conocimiento técnico, compromiso ético y responsabilidad colectiva será posible avanzar hacia un modelo agroalimentario resiliente, equitativo y verdaderamente regenerativo (ver **Figura 2**).



Figura 1. *Greenwashing*, también conocido como ecoblanqueo o lavado verde.



Figura 2. El enfoque “del campo al plato” como sistema integral.

2. ¿Qué es la ingeniería alimentaria?

La ingeniería alimentaria es una disciplina relativamente joven, pero con una evolución vertiginosa desde sus orígenes. Su historia moderna comenzó en el siglo XIX con un avance fundamental: el desarrollo del proceso

de appertización por Nicolas Appert (Garrido y García, 2025). Este método de conservación, basado en aplicar calor a los alimentos dentro de frascos herméticos de vidrio, representó una solución innovadora a un problema ancestral: cómo mantener los alimentos seguros durante periodos prolongados sin alterar demasiado sus propiedades sensoriales (**Figura 3**). Este avance marcó el inicio de una transformación profunda en la forma en que los seres humanos producen, procesan y almacenan sus alimentos (Knoerzer, 2016).

A partir de ese momento, la ingeniería alimentaria comenzó a consolidarse como un campo especializado, combinando los principios de la química, la microbiología, la física y la ingeniería de procesos. Su propósito esencial es diseñar, controlar y mejorar tecnologías que permitan obtener productos alimenticios inocuos, nutritivos, estables, atractivos y sostenibles (Ingeniería de Alimentos, Calidad y Competitividad En Sistemas de la Pequeña Industria Alimentaria, 2008). Es decir, alimentos que no solo cumplan con los requisitos sanitarios y de calidad, sino que también sean agradables al paladar, accesibles para el consumidor y responsables desde el punto de vista ambiental y económico.

Esta rama de la ingeniería se ocupa de toda la cadena de transformación, desde la recepción de materias primas hasta el envasado final. Para ello, se enfoca en desarrollar operaciones unitarias eficientes que controlen variables clave como temperatura, presión, tiempo, pH y composición química. Además, busca minimizar pérdidas energéticas, reducir el consumo de agua y aprovechar los subproductos generados en el proceso industrial (Knoerzer, 2016). Uno de sus objetivos fundamentales hoy en día es contribuir a una industria alimentaria que sea al mismo tiempo productiva, innovadora y ambientalmente viable.



Figura 3. Frascos herméticos de vidrio.

Los procesos involucrados en la industria alimentaria se dividen en varias categorías fundamentales. Una de las más relevantes es la conservación de alimentos, que abarca técnicas orientadas a inhibir o eliminar microorganismos que puedan alterar el producto o representar un riesgo para la salud.

Estas técnicas incluyen desde métodos tradicionales como el salado y el ahumado, hasta tecnologías modernas como la pasteurización, esterilización, congelación rápida y atmósferas modificadas.

Otra categoría esencial es la transformación mecánica y fisicoquímica, donde se aplican operaciones como la molienda, homogenización, emulsificación, secado, prensado, extracción o filtración (Knoerzer, 2016). Estas técnicas permiten modificar la textura, concentración o composición de los ingredientes, lo que resulta indispensable en la producción de alimentos funcionales, formulaciones especiales o productos con valor agregado.

Más allá del desarrollo técnico, la ingeniería alimentaria también desempeña un papel crucial en la innovación y mejora continua de productos. A través de investigación aplicada, modelado computacional y validación experimental, esta disciplina colabora activamente en la creación de alimentos más saludables, con menos aditivos con potencial dañino, mejor perfil nutricional y menor impacto ambiental. En un mundo donde la demanda alimentaria crece de forma exponencial, la ingeniería alimentaria se consolida como una herramienta indispensable para garantizar la seguridad

alimentaria, promover la sostenibilidad y responder a las nuevas exigencias de los consumidores del siglo XXI.

3. Del campo a la fábrica

Los alimentos que llegan a nuestro plato no lo hacen de forma directa ni sencilla. Detrás de cada producto procesado que consumimos hay una extensa red de procesos industriales que se encargan de conservar, transformar y asegurar su inocuidad y calidad nutricional. Esta compleja cadena de producción y procesamiento es coordinada por la industria alimentaria, la cual actúa como puente entre el campo y la mesa.

Uno de los conceptos más relevantes dentro de este recorrido es la trazabilidad, que se define como la capacidad de seguir el rastro de un alimento a lo largo de todas las etapas de producción, procesamiento y distribución. Esta práctica no solo permite conocer el origen de cada producto, sino también los procedimientos a los que fue sometido, los agentes involucrados y las condiciones de transporte y almacenamiento. De esta manera, se convierte en una herramienta fundamental para garantizar la seguridad alimentaria, la transparencia en el etiquetado y la gestión eficiente ante cualquier riesgo sanitario. Según la Corporación de Radio y

Televisión Española (Pérez-Amat, 2011), la trazabilidad “permite reconstruir con precisión el historial de un alimento desde su origen hasta su destino”, siendo la única vía para identificar causas en caso de contaminación, adulteración o problemas de calidad.

El trayecto de un alimento inicia con la producción primaria, es decir, el cultivo de vegetales o la crianza de animales. Estas actividades se desarrollan principalmente en sistemas de campo abierto, aunque en algunos casos pueden realizarse bajo esquemas tecnificados como invernaderos o sistemas intensivos de producción. En cualquiera de estos contextos, factores como el clima, el tipo de suelo, el manejo del agua, el uso de fertilizantes o antibióticos y las prácticas agrícolas o ganaderas determinan en gran medida la calidad inicial del producto. Una vez recolectados, los alimentos son trasladados a las plantas de procesamiento, donde continúan las etapas del sistema agroalimentario.

De acuerdo con Fellows (2009), en estas instalaciones los alimentos atraviesan diferentes fases, entre las que destacan:

Selección y clasificación, donde se separan por tamaño, madurez o condiciones de

calidad e inocuidad, considerando la posible presencia de daños, enfermedades o deterioro.

Procesos de conservación, como el enfriamiento, la congelación, el uso de atmósferas modificadas, o tratamientos térmicos que evitan la proliferación microbiana.

Transformación, que implica la modificación física o química del alimento (por ejemplo, moler granos para hacer harina o fermentar leche para producir yogur).

Empacado, utilizando materiales que protejan al producto y prolonguen su vida útil, sin comprometer su seguridad o funcionalidad

Almacenamiento, el cual implica una práctica para garantizar la seguridad, inocuidad y disponibilidad de los alimentos, lo cual contribuye a evitar el desperdicio (Tech, 2023).

Distribución, que incluye transporte refrigerado, logística eficiente y control de condiciones ambientales hasta el punto de venta.

Cada una de estas etapas requiere insumos significativos, especialmente energía, agua y materias auxiliares. De hecho, la industria alimentaria se encuentra entre los sectores

que más recursos naturales consumen a nivel global. Greenpeace (2021) nos dice en su resumen ejecutivo que, en México, esta situación se replica a gran escala: desde el procesamiento del maíz para tortillas hasta la exportación de aguacates, moras o productos cárnicos, gran parte de los alimentos pasan por sistemas altamente tecnificados que tienen una huella ecológica considerable.

Por ello, pensar en la sostenibilidad de esta industria implica mirar la cadena completa, identificando los puntos críticos donde se puede intervenir para reducir el impacto ambiental sin comprometer la seguridad, el sabor ni la calidad nutricional de los alimentos. En este sentido, se han promovido diversas estrategias, como la reutilización de subproductos, la integración de energías renovables, el diseño de plantas con bajo consumo hídrico y la adopción de tecnologías limpias en las operaciones clave.

Por ejemplo, muchas empresas han comenzado a implementar sistemas de cogeneración para aprovechar el calor residual y reducir el consumo energético, o han incorporado sistemas de tratamiento de aguas residuales para reutilizar el agua en procesos no críticos. Asimismo, el rediseño de envases a partir de materiales compostables o reciclables ha adquirido

relevancia ante la creciente preocupación por el uso excesivo de plásticos en la industria alimentaria.

Desde una perspectiva de ingeniería, cada etapa del proceso puede ser optimizada mediante herramientas como el ACV, que permite cuantificar el impacto ambiental asociado a cada insumo y operación. Esta herramienta es esencial para comparar alternativas tecnológicas y tomar decisiones basadas en datos reales, no en percepciones.

Además, la sostenibilidad no puede desligarse de la equidad social. Procesar alimentos de forma más eficiente también implica garantizar mejores condiciones para los trabajadores agrícolas, apoyar a los pequeños productores en el acceso a tecnología y fortalecer los circuitos cortos de comercialización, donde el alimento recorra menos kilómetros, conserve su frescura y beneficie a las economías locales.

El enfoque de “del campo a la fábrica” requiere entonces una visión sistémica, donde cada decisión técnica se conecte con sus implicaciones ambientales, sociales y económicas. Avanzar hacia una industria alimentaria sostenible no significa abandonar el desarrollo tecnológico, sino integrarlo con criterios éticos, ecológicos y territoriales. La

trazabilidad, los procesos eficientes y el uso inteligente de recursos son piezas clave para lograrlo.

4. ¿Qué tan sostenible es la industria alimentaria?

El consumo actual de agua, energía y materias primas requerido por la industria alimentaria alcanza niveles extraordinariamente altos. Por ejemplo, la producción de una sola barra de chocolate de 100 gramos requiere aproximadamente 1,700 litros de agua (Water Footprint Network, 2023). Si se considera que en 2023 se produjeron más de 8 millones de toneladas métricas de chocolate a nivel global (Statista, 2024), la cantidad de agua utilizada para satisfacer esta demanda asciende a billones de litros por año. Esta cifra permite dimensionar la magnitud de las necesidades hídricas y energéticas que la industria alimentaria exige diariamente, así como el daño colateral potencial derivado de la sobreexplotación de los recursos naturales sin medidas sostenibles.

Además, la producción global de alimentos es responsable de aproximadamente el 26 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial, siendo la agricultura y el cambio de uso de suelo los principales contribuyentes (Poore & Nemecek, 2018).

Aunque con menor participación relativa, el transporte de alimentos también representa un impacto considerable, al contribuir con cerca del 6 % de las emisiones totales asociadas al sistema alimentario global, particularmente en productos que requieren cadenas de frío complejas o largos traslados antes de llegar al consumidor (Our World in Data, 2023).

A este escenario se suma la creciente demanda de productos ultraprocesados, lo cual ha fomentado el uso masivo de empaques plásticos no reciclables. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2021), cerca del 36 % de los plásticos producidos en el mundo están destinados al empaquetado, y más de la mitad de estos se utilizan en alimentos y bebidas. De ellos, se estima que más del 70 % no se recicla, generando una carga ambiental persistente que puede tardar hasta 500 años en degradarse.

Esta problemática se ve agravada por el desperdicio alimentario, ya que se calcula que anualmente se pierden o desperdician cerca de 1,300 millones de toneladas de alimentos, lo que equivale a casi un tercio del total de alimentos producidos a nivel mundial (FAO, 2020).

Así, el ciclo de vida de un alimento no concluye en su consumo, sino que continúa en la etapa postconsumo, donde el manejo inadecuado de residuos orgánicos y empaques representa un reto considerable. Por tanto, la sostenibilidad de la industria alimentaria requiere repensar no solo los procesos productivos, sino también el aprovechamiento de residuos y el rediseño de materiales de empaque con criterios ambientales.

5. Innovaciones que marcan la diferencia

Frente al panorama ambiental descrito, han surgido diversas innovaciones orientadas a reducir el impacto ecológico de la industria alimentaria. Estas soluciones se agrupan en tres grandes áreas: el desarrollo de tecnologías verdes, la producción de alimentos alternativos y la optimización de procesos mediante ingeniería avanzada.

Una de las innovaciones más destacadas en la última década ha sido el desarrollo de bioplásticos elaborados a partir de materias primas renovables como el almidón de maíz, la caña de azúcar o las algas. Estos materiales, bajo ciertas condiciones, son biodegradables, lo que los convierte en una alternativa viable frente a los plásticos tradicionales derivados

del petróleo (European Bioplastics, 2024) (ver **Figura 4**).

Paralelamente, muchas plantas procesadoras han comenzado a implementar sistemas de reutilización de subproductos, tales como cáscaras de frutas, bagazos o huesos animales, para la generación de biogás, harinas para consumo animal o ingredientes funcionales con valor agregado (FAO, 2023).



Figura 4. Residuos de envases y utensilios plásticos de un solo uso, representativos del impacto ambiental asociado al empaque en la industria alimentaria y la necesidad de alternativas biodegradables.

En el ámbito de los alimentos alternativos, destacan los avances en proteínas vegetales y fermentación de precisión. Esta última consiste en modificar genéticamente microorganismos para producir compuestos específicos, como caseína, albúmina o hemoglobina vegetal, los cuales se emplean en la elaboración de quesos veganos, sustitutos de carne y otros productos con alto

valor nutricional (Kovačević y col., 2024). Asimismo, el cultivo de insectos comestibles, como grillos o gusanos de harina, ha sido promovido como una fuente de proteína con baja huella hídrica y de carbono, aunque aún enfrenta barreras de aceptación cultural en diversas regiones del mundo.

Desde el enfoque ingenieril, se han desarrollado tecnologías orientadas a reducir el desperdicio energético, como intercambiadores de calor de alta eficiencia, sistemas de secado por microondas o infrarrojo, y modelos predictivos basados en inteligencia artificial, los cuales optimizan los tiempos de procesamiento y reducen el consumo de insumos (Clairand y col., 2020). Estas innovaciones no solo incrementan la eficiencia operativa, sino que también mejoran la capacidad de adaptación ante condiciones cambiantes, como las derivadas del cambio climático.

Finalmente, el uso de herramientas como el ACV, la huella hídrica y la huella de carbono en la toma de decisiones industriales ha transformado profundamente la forma en que se diseñan, evalúan y mejoran los procesos alimentarios. Estos instrumentos permiten cuantificar con precisión el impacto ambiental de cada etapa del ciclo de vida de

un alimento y seleccionar alternativas más sostenibles (Notarnicola y col., 2017).

Un análisis más detallado del estudio global de Poore y Nemecek (2018) permite dimensionar con mayor precisión la magnitud del impacto ambiental asociado a distintos alimentos. Los autores reportan que el sistema alimentario global genera aproximadamente 13.7 gigatoneladas de CO₂ equivalente por año, lo que representa el 26% de las emisiones antropogénicas totales. Además, los productos de origen animal ocupan cerca del 83% de la tierra agrícola mundial y contribuyen con entre 56% y 58% de las emisiones del sistema alimentario, pese a aportar únicamente el 37 % de la proteína y el 18 % de las calorías globales.

En términos comparativos, las emisiones promedio de la carne de res superan los 60 kg de CO_{2eq} por kilogramo de producto, mientras que las leguminosas se sitúan por debajo de 5 kg de CO_{2eq} por kilogramo. Esta diferencia estructural evidencia que la sostenibilidad del sistema alimentario no depende únicamente de mejoras tecnológicas, sino también de la composición productiva y dietética a escala global (ver **Tabla 1**).

Tabla 1. Comparación de emisiones y uso de tierra en distintos alimentos (datos globales promedio) (Poore y Nemecek, 2018).

Producto	Emisiones GEI (kg CO ₂ eq/kg producto)	Uso de tierra (m ² año/kg)	Participación relativa en el sistema alimentario
Carne de res	~60	~326	Alta contribución a GEI y uso de tierra
Cordero	~24	~185	Impacto elevado
Cerdo	~7	~17	Impacto intermedio
Pollo	~6	~13	Menor que rumiantes
Leche	~3	~9	Moderado
Leguminosas	<5	~3	Bajo impacto
Tofu	~3	~2	Bajo impacto

6. El papel del consumidor

Si bien gran parte de la transición hacia un sistema alimentario sostenible recae en las políticas públicas, los marcos regulatorios y las transformaciones tecnológicas impulsadas por la industria, el papel del consumidor es igualmente decisivo. Cada decisión de compra tiene un impacto directo en el medio ambiente, la economía local y la salud pública, lo que convierte al acto de consumir en una herramienta de transformación con gran potencial.

Una de las acciones más eficaces que los consumidores pueden emprender es leer e interpretar correctamente el etiquetado de los productos. Informarse sobre el origen de los ingredientes, el contenido nutricional, los métodos de producción y el tipo de empaque permite tomar decisiones más conscientes y

responsables. De acuerdo con la FAO (2023), un consumidor informado puede reducir hasta en un 30 % su huella ambiental simplemente modificando sus hábitos alimentarios, priorizando productos de origen local, de temporada y con menor procesamiento industrial.

Reducir el consumo de alimentos ultraprocesados representa otra medida clave para promover una alimentación más saludable y ambientalmente sostenible. Este tipo de productos no solo requieren mayores cantidades de energía, agua y materiales para su elaboración, sino que también generan mayores volúmenes de residuos, especialmente plásticos no reciclables. Además, suelen contener ingredientes que no solo afectan negativamente la salud humana, sino que cuya producción intensiva impacta severamente los ecosistemas (Seferidi y col., 2020).

Por otro lado, optar por alimentos locales y producidos a pequeña escala ayuda a disminuir las emisiones asociadas al transporte de larga distancia, conocidas como “kilómetros alimentarios” o food miles. Esta elección no solo contribuye a la mitigación del cambio climático, sino que también fortalece las economías regionales, favorece

el comercio justo y garantiza mayor frescura y trazabilidad en los alimentos.

No obstante, surge una interrogante crítica: ¿es suficiente con implementar nuevas tecnologías o es indispensable un cambio cultural? La respuesta apunta a la necesidad de ambos elementos como factores complementarios y mutuamente dependientes. La ingeniería y la innovación tecnológica pueden ofrecer soluciones que optimicen el uso de recursos, minimicen impactos ambientales y mejoren la eficiencia de los procesos productivos. Sin embargo, si estas soluciones no van acompañadas de un cambio profundo en la cultura de consumo, su efectividad se ve limitada.

En este contexto, la educación ambiental, la conciencia crítica en el consumo, y el fortalecimiento de valores como la solidaridad, la corresponsabilidad y el respeto por el entorno son indispensables para consolidar un sistema alimentario verdaderamente sostenible. La sostenibilidad, en última instancia, no es solo una cuestión técnica, sino también ética y cultural.

7. Conclusiones

La sostenibilidad en la industria alimentaria no puede abordarse únicamente desde la perspectiva tecnológica. Si bien las

innovaciones en procesos, materiales y sistemas inteligentes representan avances fundamentales, su verdadero impacto depende de su integración con una cultura del consumo responsable y un marco ético que considere el bienestar colectivo y el equilibrio ambiental. El desarrollo de tecnologías verdes, la valorización de subproductos y el uso de herramientas como el análisis de ciclo de vida son pilares esenciales para transitar hacia un modelo productivo más eficiente y respetuoso. Sin embargo, sin una ciudadanía informada y comprometida, estas soluciones corren el riesgo de ser subutilizadas o, peor aún, empleadas con fines de *greenwashing*.

El consumo es un acto político, económico y ambiental. Las decisiones individuales sobre lo que comemos, cómo lo elegimos y de dónde proviene tienen efectos concretos sobre los ecosistemas, las economías locales y la salud pública. Promover la trazabilidad, reducir el desperdicio, valorar los productos de proximidad y rechazar prácticas extractivistas son pasos imprescindibles en esta transformación. Asimismo, es necesario garantizar que los beneficios de la innovación tecnológica lleguen también a los pequeños productores, las comunidades rurales y los territorios históricamente marginados,

asegurando que la transición alimentaria no profundice desigualdades existentes.

En definitiva, la sostenibilidad alimentaria no es una meta aislada, sino un proceso continuo que demanda corresponsabilidad entre sectores. Requiere diálogo entre ingenieros, científicos, consumidores, agricultores y legisladores; pero, sobre todo, exige un compromiso ético con las generaciones futuras y con los límites biofísicos del planeta. Transformar la manera en que producimos, distribuimos y consumimos alimentos es uno de los mayores desafíos del siglo XXI, pero también una de las oportunidades más potentes para construir un futuro justo, resiliente y regenerativo.

Referencias bibliográficas

Bambridge-Sutton, A. (2025). Rising temperatures threaten global milk supply. *FoodNavigator.com*.

https://www.foodnavigator.com/Article/2025/07/09/milk-yields-vulnerable-to-climate-change/?utm_source=copyright&utm_medium=OnSite&utm_campaign=copyright

Clairand, J.-M., Briceño-León, M., Escrivá-Escrivá, G., y Pantaleo, A. M. (2020). Review of energy efficiency technologies in the food industry: Trends, barriers, and opportunities. *IEEE Access*, 8, 48015-48029.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2979077>

Consejo Nacional de Población. (2024). *La situación demográfica de México 2024*. <https://www.gob.mx/conapo/documentos/la-situacion-demografica-de-mexico-2024>

European Bioplastics. (2024). *Market data update 2023/2024*. <https://www.european-bioplastics.org/>

Fellows, P. J. (2009). *Food processing technology: Principles and practice*. Woodhead Publishing.

Food and Agriculture Organization. (2008). *Ingeniería de alimentos, calidad y competitividad en sistemas de la pequeña industria alimentaria*. <https://www.fao.org/4/y5788s/y5788s00.htm>

Food and Agriculture Organization. (2020). *The state of food and agriculture 2020: Overcoming water challenges in agriculture*. <https://www.fao.org/3/cb1447en/cb1447en.pdf>

Food and Agriculture Organization. (2023). *Consumer awareness and food labelling*. <https://www.fao.org/home/en/>

García, F. A. M., y Villegas, J. R. E. (2025). *Prácticas proambientales para la*

sostenibilidad: Impulsando un futuro más verde a través de iniciativas globales y locales. *Journal of Behavior and Feeding*, 5(9), 28-38.

Garrido, D. V., y García, V. A. (2025). *Biotecnología alimentaria*. Aula Magna Proyecto Clave McGraw Hill.

Greenpeace. (2021). *El consumo en México y sus impactos en el cambio climático: ¿Cómo avanzar hacia el consumo responsable?* <https://www.greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless/2021/02/7c531789-greenpeace-iteso-resumen-ejecutivo-030221.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2025). *Estadística a propósito del Día Nacional de la Ganadería*. <https://www.inegi.org.mx/default.html>

Kaur, L., Mao, B., Beniwal, A. S., Abhilasha, N., Kaur, R., Chian, F. M., & Singh, J. (2022). Alternative proteins vs animal proteins: The influence of structure and processing on their gastro-small intestinal digestion. *Trends in Food Science & Technology*, 122, 275-286. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.021>

Knoerzer, K. (2016). *Food process engineering*. Elsevier.

Kovačević, J., Bechtold, T., & Pham, T. (2024). Plant-based proteins and their modification and processing for vegan cheese production. *Macromol*, 4(1), 23-41. <https://doi.org/10.3390/macromol4010002>

Méndez, C. D., Benito, C. G., Bartrina, J. A., Hernández, J. C., Álvarez, M. G., Arnaiz, M. G., y Patterson, M. Á. M. (2008). *Alimentación, consumo y salud*. Fundación “la Caixa”.

Notarnicola, B., Tassielli, G., Renzulli, P. A., Castellani, V., & Sala, S. (2017). Environmental impacts of food consumption in Europe. *Journal of Cleaner Production*, 140, 753-765. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.080>

Our World in Data. (2023). *Environmental impacts of food production*. <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>

Pérez-Amat, E. (2011). Paso a paso: Del campo al plato con seguridad. *RTVE.es*. <https://www.rtve.es/noticias/20110531/paso-a-paso-del-campo-plato/435875.shtml>

Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*,

360(6392), 987-992.
<https://doi.org/10.1126/science.aag0216>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2021). *De la contaminación a la solución: Una evaluación mundial de la basura marina y la contaminación por plásticos*.
<https://www.unep.org/es>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2024). *Conoce la huella hídrica de los cultivos y los alimentos*.
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/conoce-la-huella-hidrica-de-los-cultivos-y-los-alimentos>

Seferidi, P., Scrinis, G., Huybrechts, I., Woods, J., Vineis, P., & Millett, C. (2020). The neglected environmental impacts of ultra-processed foods. *The Lancet Planetary Health*, 4(10), e437-e438.
[https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30177-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30177-7)

Statista. (2024). *Global chocolate production volume from 2012 to 2023*.
<https://www.statista.com/statistics/1030025/south-korea-kepco-operating-profit/>

Statista. (2025). *México: Evolución del número de habitantes 2010-2024*.
<https://es.statista.com/estadisticas/572384/evolucion-del-numero-de-habitantes-totales-en-mexico/>

Tech, R. T. F. (2023). La importancia del almacenamiento de los alimentos para cuidar la inocuidad. *The Food Tech*.
<https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/la-importancia-del-almacenamiento-de-los-alimentos-para-cuidar-la-inocuidad/>

Wang, Z., Zeng, D., Zhu, Y., Zhou, M., Kondo, A., Hasunuma, T., & Zhao, X. (2025). Fermentation design and process optimization strategy based on machine learning. *BioDesign Research*, 100002.
<https://doi.org/10.1016/j.bidere.2025.100002>

Water Footprint Network. (2023). *Product gallery: Chocolate*.
<https://www.waterfootprint.org/resources/interactive-tools/product-gallery/>