



Uso de las tecnologías de la información y la comunicación como estrategia para reducir el desperdicio de frutas y verduras

The use of information and communication technologies as a strategy to reduce fruit and vegetable waste

Héctor Simón Muñoz-López¹, Rocío Margarita Uresti-Marín², Juan Francisco Castañón-Rodríguez^{2*}

RESUMEN

El desperdicio de frutas, verduras y otros alimentos es un problema mundial, que puede disminuir con la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), en todos los escenarios de los sistemas alimentarios. El propósito de este trabajo fue identificar las TIC que se han propuesto e implementado en el comercio electrónico, en diferentes cadenas alimentarias, como estrategia para reducir el desperdicio de frutas y verduras. Entre las tecnologías revisadas se encuentran: internet de las cosas (IoT), sensores RFID, *crowdsourcing*, aplicaciones móviles (APP), plataformas web y tecnología de computación en la nube. Las herramientas tecnológicas arrojan información de valor para su análisis y aplicación, por las partes interesadas, para tomar las mejores decisiones y contribuir de mejor manera a la reducción del desperdicio de alimentos y dar respuesta a acciones oportunas, que favorezcan la seguridad alimentaria y nutricional y el cuidado al medio ambiente. Las TIC pueden orientar a los diferentes actores involucrados en los sistemas alimentarios sostenibles. También es factible implementarlas en el comercio electrónico en México, obteniendo beneficios económicos, sociales y medioambientales.

PALABRAS CLAVE: desperdicio de frutas y verduras, comercio electrónico, tecnologías de la información y la comunicación (TIC), herramientas tecnológicas, sistemas alimentarios sostenibles.

ABSTRACT

The waste of fruits, vegetables and other foods is a global problem, which can be reduced with the use of Information and Communication Technologies (ICTs) in all scenarios of food systems. The purpose of this work was to identify how some ICTs that have been proposed and implemented in electronic commerce intervene in different food chains where they have been applied as strategies to reduce the waste of fruits and vegetables. Features of some technologies are shown: Internet of Things (IoT), RFID sensors, *crowdsourcing*, mobile applications (APPs), web platforms and cloud computing technology. Technological tools provide valuable information for analysis and applications by stakeholders to make the best decisions and better contribute to reducing food waste and responding to timely actions that promote food and nutritional security and caring for the environment. ICTs can serve as guidelines for the different actors involved in sustainable food systems. They can also be implemented in electronic commerce in Mexico, in a way of obtaining economic, social and environmental benefits.

KEYWORDS: waste of fruits and vegetables, electronic commerce, information and communication technologies (ICTs), technological tools, sustainable food systems.

*Correspondencia: jfcastanon@docentes.uat.edu.mx / Fecha de recepción: 21 de enero de 2021 / Fecha de aceptación: 13 de mayo de 2021 / Fecha de publicación: 27 de julio de 2021.

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro de Excelencia, Gestión y Transferencia del Conocimiento, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. ²Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano, Centro Universitario, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C. P. 87149.

INTRODUCCIÓN

El desperdicio de alimentos se define como el descarte o uso alternativo de alimentos que son seguros y nutritivos para el consumo humano, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés: Food and Agriculture Organization); y es un problema de afectación mundial. Se estima que un tercio de los alimentos producidos para el consumo humano se pierden o se desperdician, en toda la cadena de suministro, desde la producción agrícola inicial (pérdida) hasta el consumo final en los hogares (desperdicio), lo que equivale a aproximadamente 1 300 millones de T/a (FAO, 2019).

En la Unión Europea se estiman pérdidas y desperdicios de 88 millones de T/a de comida (Peira y col., 2018); mientras que en Latinoamérica se pierden o desperdician 127 millones de T/a de alimentos (223 kg por habitante). En Estados Unidos de América la cifra ronda los 126 millones de T/a de alimentos, y se considera que los consumidores tiran a la basura más de 38 millones de T/a de alimentos, un problema que ha escalado a la par del hambre creciente en el continente (El Comercio, 2019). Los alimentos producidos que no son utilizados para el consumo humano son también un despilfarro de recursos (Göbel y col., 2015). Las cadenas de suministro están contribuyendo significativamente en las emisiones de carbono a gran escala (Singh y col., 2015).

En América Latina y el Caribe, el 6 % de las pérdidas mundiales de alimentos suceden cada año, la región pierde y/o desperdicia alrededor de 15 % de sus alimentos disponibles. Se destaca que los países con mayor cantidad de comida desperdiciada son Argentina, Brasil, México y Colombia, cuantificando alrededor de 348 000 T de alimentos al día en toda América Latina (FAO, 2019).

En México, un estudio del Banco Mundial (Agencia EFE, 2017), estimó que se desperdician 20.4 millones de T/a de alimentos, lo que representa un 34 % de su producción de comida, en

la que se incluyen productos de origen animal, como la carne de res, cerdo, camarón y leche, mientras que, entre los alimentos de origen vegetal sobresalen aguacate, tomate, papa y mango. En contraste a este hecho, hay familias que permanecen en pobreza extrema, con problemas económicos para alcanzar una adecuada alimentación. Se considera que, si no se perdieran o desecharán esos alimentos, podrían ayudar a atender a 7.4 millones de mexicanos que se encuentran en deficiencia alimentaria. El Banco Mundial estima que es necesario establecer estrategias que contribuyan a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) 2030, que incluyen reducir la pobreza extrema. Por tanto, el problema del desperdicio de los diferentes grupos de alimentos, sobre todo el de frutas y verduras, continúa siendo un reto para garantizar su disponibilidad, acceso, utilización y estabilidad, por lo que es necesario abordarlo desde diferentes enfoques y la utilización de diversas herramientas como son las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

Las TIC son herramientas que pueden ayudar a reducir el desperdicio o pérdida de alimentos, ya que incluyen recursos y programas que permiten procesar, administrar y compartir información a través de diferentes soportes tecnológicos, como computadoras, teléfonos móviles, televisores, reproductores portátiles de audio y video e incluso consolas de videojuegos, por lo que contribuyen a ofrecer servicios en diversos ámbitos (Espacioteca, 2017: 1). Según Cabero (1998), las TIC involucran tres grandes entornos: informática, microelectrónica y telecomunicaciones; su gran ventaja es que lo hacen de forma interactiva e interconectadas, dando oportunidad a nuevas realidades comunicativas.

El objetivo del presente trabajo fue analizar el uso de diferentes tecnologías de la información y comunicación (TIC) en el comercio electrónico de frutas y verduras y en el escenario de su cadena de suministro, donde han sido implementadas como una estrategia para reducir su desperdicio.

Causas del desperdicio de frutas y verduras

Los productos que viajan kilómetros hacia los mercados lo hacen usualmente a través de transporte sin refrigeración (Balaji y Arshinder, 2016; Porat y col., 2018). Aunado a lo anterior, los negocios, cuyo giro es la venta de frutas y verduras, por lo general no cuentan con espacios y equipos de almacenamiento refrigerado, lo que ocasiona una reducción del tiempo de vida de los productos (Balaji y Arshinder, 2016).

Diferentes fuentes coinciden que el almacenaje incorrecto en los negocios genera desperdicio de frutas y verduras (Cicatiello y col., 2016; Porat y col., 2018). Además, autores como Garrone y col. (2014); Balaji y Arshinder (2016); Cicatiello y col. (2016), concuerdan en sus investigaciones, que los empaques dañados son otra causa importante de esta problemática. Los estándares de calidad inadecuados son otro factor de desperdicio de frutas y verduras debido a una pobre percepción de calidad del consumidor, con relación a color, tamaño, forma y sabor (Cicatiello y col., 2016 y Porat y col., 2018). Aunado a ello, productos de buena calidad y aptos para consumo son descartados al momento de la elección de compra por tener detalles estéticos, como manchas y deformaciones (Cicatiello y col., 2016).

La fecha de caducidad también causa desperdicio (Garrone y col., 2014). Por su parte, el estudio de Bilska y col. (2018), en Polonia, reportó a las frutas y verduras dentro de los grupos de productos con mayor participación porcentual en la estructura de residuos, a través de una evaluación en base a su valor financiero, valor calórico y peso. Mientras tanto, Scholz y col. (2015) destacaron que, de 1 500 T de desperdicio durante 3 años, en supermercados, las frutas y verduras contribuyeron con un 85 % de dicha masa. A diferencia de otros autores, Balaji y Arshinder (2016) identificaron otros factores, como la gestión de la demanda, falta de capacitación en el manejo, apilado de productos, la gran cantidad de intermediarios y por supuesto la falta del uso de las TIC.

En la cadena de suministro de frutas y verduras existen diferentes actores (Figura 1), por lo que las causas por las que se pierden o desperdician se considera multifactorial. La eficiente producción, distribución y consumo de este tipo de alimentos depende de la adecuada participación de agricultores, transportistas, almacenistas, distribuidores, operadores de producción, comerciantes y consumidores, por mencionar algunos. Todos ellos involucrados en las distintas etapas del sistema productivo que permite llevar el alimento desde los campos agrícolas, las centrales de abasto e industrias, hasta los hogares y restaurantes. Se ha determinado que en estos dos últimos ocurre un desperdicio considerable, ya que el consumidor contribuye en gran medida a ello (Cicatiello y col., 2016 y Porat y col., 2018).

La sustentabilidad de esta cadena productiva requiere la cooperación y coordinación entre los diversos sectores involucrados, alineados a las necesidades de los consumidores. Tiene gran importancia una eficiente rapidez, flexibilidad, precisión y transparencia en el manejo del recurso, para evitar su deterioro.

Una pobre o inadecuada infraestructura y logística para el almacenamiento, transporte y distribución, combinada con habilidades insuficientes de los actores involucrados, en cuanto al manejo apropiado de los mismos, pueden provocar pérdidas económicas que, a su vez, contribuyen a la subsecuente reducción del valor de mercado del producto, reducción en la disponibilidad para satisfacer las necesidades de la población y aumento del costo en el mercado.

Optimizar la eficiencia en las diferentes etapas involucradas en el sistema alimentario, para que sea más sostenible, mediante el uso del comercio electrónico y las TIC favorecerá el manejo, comercialización y consumo adecuado, con la consecuente disminución de desperdicios.

Uso del comercio electrónico y las tecnologías para la comercialización de productos frescos
El comercio electrónico ha tenido un impacto



■ **Figura 1.** Etapas, lugares y actores involucrados en el sistema alimentario sostenible de frutas y verduras.
 Figure 1. Stages, places and actors involved in the sustainable food system of fruits and vegetables.

tangible en la forma en que se llevan a cabo los negocios y la estructura de los mercados. El desarrollo del comercio electrónico en el sec-

tor agronegocios mostró que Polonia se encuentra en una etapa temprana y al mismo tiempo en un proceso de cambio evolucionario

(Strzebicki, 2015). El estudio de Berg y Henriksen (2020), muestra que las compras de comestibles en línea es una práctica habilitada para múltiples recursos, generada por múltiples necesidades e ideologías en los hogares. Las razones para preferir las compras en línea incluyeron argumentos como, que era difícil realizar compras con niños pequeños, aparte de la dificultad para acarrear cosas pesadas, ir de compras era aburrido, sin sentido, y consumía mucho tiempo que puede ser aprovechado para realizar otro tipo de actividades que consideran más relevantes; mientras que comprar en línea permite llevar a cabo una selección y planificación más detallada de los alimentos que realmente se consumirán, de acuerdo con sus hábitos alimenticios, además de que resultaba ser más económico al no tener el impulso de comprar cosas que no se necesitaban y significaba menos actividades de desgaste físico durante el día.

Al utilizar los datos del escáner de comestibles, proporcionados por una cadena de supermercados que vende tanto en línea y de forma tradicional, se observó que la introducción del comercio electrónico conduce a un aumento en el comportamiento de compra masiva y almacenamiento por parte de los clientes, dado que los artículos a granel y con descuento se venden a un precio más bajo por unidad (Pozzi, 2013). Esto destaca una nueva dimensión, en la que comprar en línea puede ser beneficioso para los consumidores, siendo de vital importancia mantener en condiciones adecuadas de almacenamiento dichos productos, para evitar que se generen desperdicios que se verá reflejado en las cuestiones económicas. Adicionalmente, la reducción en el costo de almacenamiento, provocada por la introducción del comercio electrónico, genera ahorros significativos a las empresas.

Wen y col. (2018) presentaron un sistema de comercio electrónico inteligente, basado en el conocimiento para vender productos agrícolas, con la posibilidad de pronosticar ventas y análisis financieros. También provee soluciones factibles o acciones provenientes de resul-

tados de razonamiento basado en reglas. Además, cuenta con un base de datos que integra un sistema inteligente, una base de reglas y un modelo base para crear una herramienta que los administradores pueden usar para tratar problemas de decisiones vía internet. Adicionalmente, cuenta con un mapa electrónico, combinado con un sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés: global positioning system) para realizar las entregas a los clientes.

Al abrir nuevos canales de ventas, como la venta en línea por medio del comercio electrónico, se requiere un aumento en campañas de comunicación de la identidad de la marca, los valores y cultura de la marca, con la intención de ganar conciencia en el mercado, término mejor conocido como campaña de marca, además comunicar los nuevos canales de ventas por medio de redes sociales y la web (Russo, 2016). Esto es importante, ya que Canavari y col. (2010) encontraron que, para lograr una adopción del comercio electrónico en las redes agroalimentarias se requiere principalmente de la generación de confianza de los compradores en las transacciones, lo que depende de diversos factores y de la forma de comunicarlas.

Una de las estrategias relacionadas con la reducción de los desperdicios de frutas y verduras, es el uso de plataformas tecnológicas, que agilicen el proceso de venta de las mismas, siendo el comercio electrónico una herramienta que permite concretar transacciones de venta y compra de productos o servicios por medio de internet, ya que el Internet se ha convertido en uno de los mayores canales para que los consumidores compren productos frescos (Gestiopolis, 2017). He y col. (2019) propusieron un modelo de preventa en línea de productos, para ayudar a reducir las cuotas de pérdidas de circulación, siendo este un problema significativo al que se enfrentan las tiendas físicas tradicionales al vender los productos frescos. El estudio identificó estrategias de precios en los mercados, como la de la reducción y penetración de precios para tiendas

en físico, Para tiendas en línea, se detectó la estrategia de precios contingentes y de adaptación de precios. Las estrategias de precios contribuyen al posicionamiento de los productos ya que ayudan a centrarse en la segmentación de los consumidores.

Además de plataformas web, también han surgido aplicaciones móviles (APP, por sus siglas en inglés: application or application program), con diferentes formatos de distribución alternativa de alimentos. Su finalidad tiene que ver con la disminución del desperdicio de alimentos y la generación de un impacto social positivo. En el estudio realizado por Michelini y col. (2017) se realizó un análisis de conglomerados jerárquico, basado en el intercambio de alimentos, agrupando la muestra de 52 casos en tres diferentes categorías: “compartir por dinero”, “compartir por caridad” y “compartir para la comunidad”. El agrupamiento de compartir por dinero es el más apegado a esta investigación, así que, en el estudio se identificaron diferentes plataformas relacionadas con la venta de productos en línea. Estas aplicaciones operan solamete en línea y son caracterizadas por ser con fines de lucro, además utilizan sistemas de geolocalización, lo que evidenció los efectos de las nuevas formas de compartir sobre la desigualdad social en la adquisición de alimentos y la disponibilidad de herramientas tecnológicas.

De acuerdo con el Centro Global de Mercado Electrónico, la utilidad del comercio electrónico es que permite llevar a cabo la transacción o intercambio de información entre las diferentes partes que interactúan, mediante el uso de las TIC, en lugar de hacerlo por intercambio o contacto físico directo (Sánchez-Torres y col., 2017). Este uso de las tecnologías como medio con fines comerciales, dentro de los negocios, permite la flexibilidad y eficiencia en sus operaciones, lo que reduce tiempos de entrega, espacios físicos y costos (Cultura colectiva, 2014). Por otro lado, la infraestructura adecuada de comercio electrónico ha evolucionado en las redes de suministro de alimentos. Diferentes tipos de plataformas de comercio

electrónico respaldan transacciones a lo largo de toda la cadena agroalimentaria, y están especializadas en apoyar las relaciones comerciales existentes, en una etapa específica de la cadena agroalimentaria, particularmente adaptados a los requisitos de sus participantes (Cannavari y col., 2010).

Aunque hay estudios donde se ha mostrado el impacto del uso del comercio electrónico en la distribución y compra-venta de alimentos tales como el de Baourakis y col. (2002); Zeng y col. (2017); Cristobal-Fransi y col. (2020); Spruit y Almenar (2021), utilizando sistemas y modelos que permiten pronosticar ventas y realizar análisis financieros, aún es necesario que se genere esa concientización y confianza por parte de los actores involucrados en el sistema alimentario de las frutas y verduras, para poder lograr que se utilicen las plataformas digitales de comercio electrónico que respalden, por un lado, las transacciones en toda la cadena productiva y por otro lado, el impacto que tendría en la reducción de desperdicios de frutas y verduras, aprovechando las múltiples ventajas que conlleva la implementación de dichas estrategias de comercialización y el uso de TIC, cuyas características generales de estas tecnologías se detallarán en las siguientes secciones.

Uso de TIC en el manejo y reducción del desperdicio

Las TIC son definidas como diversas herramientas tecnológicas y recursos utilizados para transmitir, almacenar, crear, compartir o intercambiar información. Estas herramientas tecnológicas y recursos incluyen computadoras, el internet (*websites, blogs, email*), tecnologías de transmisión en vivo (radio, televisión y *webcasting*), tecnologías de grabación y transmisión (podcasting, reproductores de audio y video, y almacenamiento en dispositivos) y telefonía (fija o móvil, videoconferencia, satelital) de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) (UNESCO, 2019). Por lo tanto,

a continuación se muestran los aspectos generales de algunas de las TIC que han sido evaluadas para su utilización en la aplicación de sistemas alimentarios y de esta manera contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional: internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés: Internet of Things), tecnología de radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés: radio frequency identification), *crowdsourcing*, aplicaciones móviles, páginas web y tecnología de computación en la nube (CCT, por sus siglas en inglés: cloud computing technology).

Internet de las Cosas (IoT)

El internet de las cosas conocido como IoT, se puede definir como una red de objetos físicos (cosas o things), tales como, vehículos, máquinas, electrodomésticos y otros objetos embebidos con electrónicos, que tienen sensores integrados, *software*, actuadores y otras tecnologías que podrían ser visibles. Esto permite la conectividad e intercambio de datos entre más de 7 000 millones de dispositivos cotidianos del IoT conectados actualmente, los cuales incluyen no solo objetos domésticos cotidianos, sino hasta sofisticadas herramientas industriales y sistemas a través de internet (Oracle México, 2019). Entre los usos más habituales del IoT está la fabricación inteligente, mantenimiento preventivo y predictivo, redes eléctricas inteligentes, ciudades inteligentes, logística conectada e inteligente y por supuesto las cadenas de suministro digitales inteligentes (Oracle México, 2019). Desde 2011, la mayoría de los estudios han sido desarrollados por universidades en China, donde la materia de las aplicaciones del tema de IoT fue en la cadena de suministro alimentario, rastreo de productos alimenticios, seguido por el monitoreo de la calidad y seguridad de alimentos (Bouzembrak y col., 2019). La mayoría de las publicaciones estuvieron relacionadas con comida, carnes, productos congelados y por supuesto frutas y verduras. En los estudios se usaron sensores para monitorear temperatura, humedad y ubicación (Bouzembrak y col., 2019).

El IoT permite que los objetos se detecten o controlen de manera remota a través de la in-

fraestructura de red existente, creando oportunidades para una integración más directa del mundo físico, en sistemas basados en computadoras, y resultando en eficiencia mejoradas, precisión y beneficio económico, además de una intervención humana reducida (Vallandingham y col., 2018). En los últimos años se han visto avances innovadores en sensores inalámbricos y tecnologías de procesamiento de datos, allanando el camino para una infraestructura ciber física de escala global del IoT. Esto incrementó sustancialmente la cantidad de datos generados por la implementación del IoT y sus avances posteriores, como estadísticas avanzadas y aprendizaje automático (machine learning), son denominados bajo el término de “Big Data” (McCarthy y col., 2018).

En la sociedad de la información de la Unión Europea, el uso del IoT en las cadenas de suministro de comida fue mencionado como una de las nuevas áreas promesa, con aplicaciones en agricultura de precisión, producción de comida, procesamiento, almacenaje, distribución, consumo, trazabilidad, visibilidad y desafíos de controlabilidad. Las nuevas tecnologías que son basadas en el IoT se esperan traigan seguridad, más eficiencia y una cadena de alimentación sostenible en el futuro (Bouzembrak y col., 2019). La sustentabilidad del sistema alimentario puede ser mejorada a través del potencial del IoT, perspectiva que puede permitir visualizar, monitorear, controlar, y así optimizar el proceso de la cadena alimentaria por los sistemas de tecnologías de información inteligentes, autónomos y autoadaptativos. Además, las tecnologías de Internet y las TIC contribuyen al desarrollo de nuevos conceptos en la cadena agroalimentaria en la que productores regionales y consumidores están conectados (El-Bilali y Allahyari, 2018). En este sentido, Wen y col. (2018) describen la implementación de sensores en botes de basura y en camiones recolectores de desperdicio en restaurantes, en una ciudad de China. Los camiones están equipados con una báscula y los botes cuentan con sensores para el registro y monitoreo de las cantidades de alimentos desperdiciados que son trasladados diariamente en los camio-

nes. Los camiones también cuentan con cámaras de video vigilancia y están equipados con controladores y dispositivos que permiten su geolocalización en tiempo real.

El IoT puede posibilitar el optimizar las cadenas de distribución, mejorar la trazabilidad y calidad de los alimentos, lo cual, al contribuir a ampliar la vida útil de los alimentos, como las frutas y verduras, tendrá un impacto positivo en la sostenibilidad de este sistema alimentario, ya que al haber millones de dispositivos inteligentes conectados se revoluciona el modo de producir y comercializar alimentos, como el uso de etiquetas de códigos de barras que pudieran localizar los productos alimenticios en cada etapa de la cadena de suministro, lo cual reduciría los tiempos de almacenamiento y tránsito de los productos, además de la utilización de sensores inteligentes que ayudarán a mejorar las cosechas, a una mejor gestión de los recursos hídricos, informar a los consumidores acerca del origen de las frutas y verduras, fecha de cosecha o de producción y hasta la forma en la que se produjo. El uso del IoT facilitará la manipulación, transporte, almacenamiento y comercialización de frutas y verduras y que la información esté disponible para todos los actores involucrados en su cadena de suministro, de forma que pueda tener una mayor aplicación práctica.

Sensores de tecnología de radiofrecuencia (RFID)

La tecnología de radiofrecuencia es una forma de comunicación inalámbrica, donde se utilizan ondas de radio entre un lector y un emisor. Es un método de almacenamiento y recuperación de datos por medio de dispositivos, como tarjetas o *tags* RFID. Se emplea como sistema de identificación, seguimiento y recuperación de datos, sin necesidad de contacto visual, de manera similar a los códigos de barras. Las etiquetas que generan pueden ser usadas en las industrias para la localización de objetos y de esta manera llevar un buen control de inventarios (Universidad Internacional de Valencia, 2019).

La tecnología RFID se utiliza para diversas funciones, como el control de inventario, etiquetado dinámico de productos y ubicación (Tao y col., 2017). Dicha tecnología se aplica también en las cadenas de suministro de alimentos, ya que los chips tienen la capacidad de almacenar datos de los productos y de las condiciones en que son transportados, como la temperatura y la humedad relativa. Provee información en tiempo real, lo que permite a su vez la trazabilidad del producto en los diferentes escenarios de la cadena de suministro (Abad y col., 2009). Se considera una de las principales tecnologías en el campo de la identificación. Su tecnología se basa en la comunicación inalámbrica, particularmente a través de ondas de radio frecuencia, entre una etiqueta anexada a un objeto y un interrogador. Este sistema es más conveniente para identificación de productos, a comparación de otros sistemas, como los códigos de barras, porque no requieren contacto visual y pueden ser colocados dentro de cajas y contenedores, o inyectado dentro de animales y embebido dentro de cualquier objeto, como pasaportes (Bibi y col., 2017).

La tecnología RFID está relacionada actualmente con el concepto de trazabilidad que se refiere a la habilidad de localizar productos para su gestión, control y aspectos de seguridad. En la Unión Europea, la trazabilidad se define como la localización de cualquier producto, alimento, animales para producción de alimentos o sustancias, que serán usadas para consumo a través de todas las etapas de producción, procesamiento y distribución. Está estrictamente regulada e identifica desde su origen, hasta el destino final, a los productos alimenticios, debiendo ser correctamente etiquetados (Bibi y col., 2017).

Baig y col. (2019a) destacaron el uso de herramientas analíticas de medición y seguimiento de residuos. El rango de herramientas va desde escritos en papel, escalas, hojas de cálculo, aplicaciones, *software* sofisticado de seguimiento y análisis, y consultores contratados para el análisis. El seguimiento y medición de los re-

siduos genera gran valor a través de toda la cadena de alimentos incluyendo las granjas, almacenaje de comida, distribución y procesamiento, ventas al por menor y restaurantes. La RFID permite asignar de forma automática precio a productos lácteos, carnes, frutas y verduras recién cortados de acuerdo su fecha de expiración y al mismo tiempo promueve la venta de productos con fecha cercana de expiración reduciendo su precio en lugar de desecharlos (Porat y col., 2018). Este procedimiento es parte de la trazabilidad de los alimentos, desde la producción primaria hasta el lugar de consumo. La digitalización de la información que genera el uso de etiquetas RFID permite visualizar si ocurre un problema de interrupción de la cadena alimentaria, en tiempo real, lo que permite controlar la calidad y frescura de los alimentos y la automatización de procesos. Tales etiquetas también pueden avisar si los productos están próximos a caducar, para acelerar su venta mediante ofertas o si debieran ser reemplazados en anaquel, debido a la expiración de su fecha de consumo preferente. También facilita el tener control sobre las condiciones de las cámaras de almacenamiento, como la humedad, temperatura o grado de maduración. Es factible programar las etiquetas para que emitan alertas cuando dichas variables superen los límites permitidos para cada fruta y verdura, contribuyendo a una gestión en la reducción notable de mermas, lo que impactaría en la reducción de la huella de los residuos de frutas y verduras, y a su vez el fomento de un futuro más prometedor y sostenible en el sistema alimentario.

Crowdsourcing

Esta técnica es una nueva herramienta que se genera, principalmente en internet, para obtener ideas, contenido, y contribuciones de un gran grupo de personas o público en general, especialmente de la comunidad en línea, en lugar de los empleados y proveedores tradicionales, sobre aspectos relacionados con la calidad, aceptación y comercialización de los productos (Soon y Saguy, 2017). El *crowdsourcing* está muy disperso en numerosas aplica-

ciones de comida (ejemplo: tecnología, proyectos de emprendimiento, financiación de nuevas empresas y desarrollo de productos innovadores). Destaca como ejemplo la empresa McDonald's, quienes crearon una campaña de *crowdsourcing* donde se convocaba a los consumidores a crear una línea de hamburguesas, específicamente nuevos sándwiches con los ingredientes que ellos creían convenientes y les podrían proporcionar un nombre a cada una de sus creaciones, que posteriormente se comercializaron en los restaurantes de Reino Unido por tiempo limitado (Rockcontent, 2019). Y en Estados Unidos, la empresa PepsiCo utilizó también una campaña de *crowdsourcing* para impulsar la innovación de productos y renovar el entusiasmo de sus consumidores con su marca de papas fritas Lay (Digital Initiative, 2018).

Futuros usos del *crowdsourcing* en la vida útil y rotación en el inventario de alimentos tienen que ver con la utilización de datos que arrojan los sensores de tiempo y temperatura durante la distribución de alimentos. Soon y Saguy (2017), revelaron que la utilización futura para monitorear los sensores de temperatura ofrece los siguientes beneficios: comunicación con el fabricante o base de datos pública que ofrece el conocimiento exacto de las condiciones de las cadenas de distribución calculando la calidad, e identificando las posibles condiciones de abuso. Reducción del desperdicio cambiando la terminología de etiquetado en los productos con relación a la fecha de caducidad; identificar y alertar a los consumidores finales de el no consumo de productos que han sufrido una pérdida de calidad en el proceso de distribución y expandir el sistema y su utilización para otros propósitos, permitiendo una comunicación de dos vías entre almacenes, tiendas y cadenas de vendedores y consumidores.

Debido a que el *crowdsourcing* facilita la interacción de personas conocedoras de un tema, se puede lograr un trabajo colaborativo en el cual todos los actores que participen en el sistema alimentario de las frutas y verduras,

hagan sus aportaciones, ideas y contribuciones, y de esta manera proponer una planeación estratégica, que permitan mejores soluciones en un menor tiempo, esfuerzo y optimizando los recursos. Se ha utilizado en la aplicación de encuestas para recibir propuestas de nuevos productos. También, se puede lograr que los participantes de una cadena alimentaria expongan sus problemáticas y restricciones, en cuanto a su producción, almacenamiento, distribución, procesamiento, comercialización, venta; así al recibir los comentarios, los usuarios puedan establecer un plan que permita hacer los ajustes necesarios para eficientizar el sistema alimentario de las frutas y verduras y tomar decisiones inteligentes por medio de ideas innovadoras utilizando dicha tecnología.

Aplicaciones móviles y plataformas web

Las aplicaciones móviles o APP emergieron en los noventa, pero ganaron mucha popularidad con el lanzamiento de la primera generación del iPhone de la empresa Apple, Inc. Actualmente las APP son usadas como métodos estratégicos para alcanzar y mantener clientes por diferentes ramas de negocios. Los dispositivos móviles son considerados como equipos portátiles y personales para sus usuarios, y que a la vez cuentan con conexión a internet. Las APP corren sobre estos dispositivos que también son conocidos como teléfonos inteligentes (*smartphones*) y pueden ser definidas como una aplicación de *software* que es ejecutada en una plataforma móvil (Jabangwe y col., 2018).

Existen varias empresas que han contribuido al diseño y programación de APP, utilizando diferentes sistemas operativos, por ejemplo: Google creó la plataforma Android, cuyas aplicaciones al ser aprobadas son enviadas a Play Store; en tanto que, Apple, Inc. desarrolló la plataforma iOS (antes iPhone OS), y las aplicaciones son validadas y publicadas en AppStore. Una vez que se publican los usuarios tienen la posibilidad de descargarlas e instalarlas en sus dispositivos móviles. La utilización de las APP dentro de la cadena de suministro y venta de alimentos, reduce los tiempos de exhibición de los productos en los negocios, mediante una

comercialización en línea y a su vez guarda información relativa a la venta del producto y sus características en servidores remotos (Nosrati y col., 2012).

Michellini y col. (2017) comentaron que una alternativa para evitar el desperdicio de alimentos está en la distribución a través de los bancos de alimentos, los supermercados sociales y el uso de aplicaciones digitales, esquemas que pueden reducir el problema y generar impactos sociales positivos. En este sentido, mediante un análisis de clúster jerárquico, basado en 52 plataformas digitales, catalogadas en 3 modelos, uno de ellos llamado “compartir por dinero”, se ubicaron algunas aplicaciones móviles, como MyFoody, plataforma italiana que permite a productores y distribuidores ofrecer a la venta en tiempo real productos cercanos a su fecha de vencimiento, que son ofertados con descuento, para prevenir que sean descartados o tirados. Leloca es otra aplicación que es operada en las áreas de Nueva York, enfocada a los restaurantes, donde ayuda a reducir las cantidades de desperdicio de productos frescos. La plataforma permite generar descuentos a los clientes del 30 % al 50 % y para ser obtenidos tienen que reclamarse durante los primeros 45 min (Baig y col., 2019b).

Too Good to Go es otra aplicación que permite a los restaurantes ofrecer comidas para llevar a precios reducidos. Esta aplicación, desde su lanzamiento en el año 2015 hasta mediados de 2018 ha servido para rescatar 4 millones de comidas por medio de sus usuarios (Baig y col., 2019b). OLIO, aplicación fundada por Tessa Cook y Saasha Celestial-One, en el año 2015, acorde su sitio web “es una aplicación gratuita que conecta a vecinos y negocios locales para que sus excedentes de comida puedan ser compartidos y no desperdiciados, pudiendo ser comida cercana a su fecha de vencimiento en tiendas locales, vegetales, pan de pastelerías o alimentos del refrigerador, al salir de viaje o cambiarse de domicilio” (Harvey y col., 2020). Muth y col. (2019), identificaron diferentes intervenciones tecnológicas de re-

cuperación de frutas y verduras. En la parte de ventas al por menor y restaurantes, mencionan el uso de aplicaciones para celulares que notifican a destinatarios sobre el exceso de comida disponible. La oferta de productos abarca donaciones de comida no vendida, productos con grados estéticos bajos o productos dañados, ofertas de productos preparados y excedentes de alimentos procesados con bajo precio a minoristas.

En general, las tecnologías de la información, como los teléfonos móviles, acortan las distancias entre los diferentes actores de la cadena alimentaria relacionados con la producción, procesamiento, transporte y comercialización de alimentos (El-Bilali y Allahyari, 2018). Algunas de las herramientas que se han utilizado para contribuir a reducir los desperdicios de alimentos son Tesco FareShare FoodCloud en el Reino Unido, que permite a los supermercados enviar alertas a diferentes organizaciones para el rescate de alimentos aún comestibles. Otras soluciones como Winnow y LeanPath son herramientas que proveen apoyo para medir y monitorear la cantidad de alimentos que no se aprovechan en cocinas (Porat y col., 2018). Las anteriores a pesar de que no son herramientas estrictamente apegadas a la parte de ventas, son buenas prácticas que pueden ser replicadas. Otras APP mencionadas por Ágora (2016) que están enfocadas en abordar la problemática asociada al despilfarro de alimentos, son ZeroMermas, Expire, FoodLoop, FlashFood, LoveFood Hate Waste (p. 1).

Foodtank (2015) menciona 23 aplicaciones que están disponibles para ayudar a que consumidores, productores, defensores y activistas puedan tener acceso a alimentos sanos, que contribuyan a llevar una vida más sostenible y saludable, y a reducir el que no se aprovechen de manera adecuada. Las aplicaciones relacionadas con la cadena de suministro de frutas y verduras son Locavore (HevvaCorp.), Buscar fruta (Neighborhood Fruit), Farmstand, Seasons (What Is It Production Ltd.), NRDC Eat Local, ¿Qué es fresco? (Simplicidad móvil) y

En Temporada (Light Year Software, LLC) por citar algunas.

El desperdicio de alimentos es un problema que afecta tanto a los sectores implicados directamente en el sistema alimentario, como a la población en general. Por ello, el interés de aprovechar las TIC, específicamente de las aplicaciones móviles, como las que se han mencionado anteriormente, como estrategias para la reducción del desperdicio de alimentos de manera exitosa. Estas aplicaciones se han usado en las etapas de comercialización y consumo, para gestionar de forma correcta el aprovechamiento de los alimentos (en su manipulación, preparación, compra) y a reducir mermas. También se usan para atender los excedentes de alimentos o productos con fecha de caducidad próxima o aquellos que, por ser considerados no estéticos, puedan ser llevados a comunidades necesitadas y así contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional. Por lo que, el reto latente, al menos en México, sería la adquisición de dispositivos móviles por ciertos actores principalmente en la producción primaria de las frutas y verduras y con la consecuente limitación de conectividad que contribuiría a no aprovechar dichas aplicaciones y sus consecuentes ventajas en la reducción de la problemática asociada con un uso y manejo inadecuado de estos alimentos.

Tecnologías de computación en la nube (cloud computing technology) (CCT)

Las tecnologías de computación basadas en la nube son utilizadas para integrar segmentos separados de una industria en particular, usando recursos mínimos. CCT permite hacer la información visible en todos los segmentos de una industria desplegando su modelo de entrega de servicios en formato de *software* como servicio, plataforma como servicio e infraestructura como servicio (Singh y col., 2015).

“La CCT es un tipo de arquitectura informática que se define como una tecnología que permite ofrecer servicios de computación a través de internet, totalmente en línea, en el que los usuarios ya no tienen la necesidad de instalar

ningún programa en la computadora, debido a que lo ejecutará directamente desde internet, desde un proveedor de servicios que le permitiría, entre otras cosas, optimizar, aligerar y ahorrar gran cantidad de espacio en su disco duro” (ECURED, 2019). Entre las características principales del modelo de computación en la nube, de acuerdo con Pedroso (2013), destacan el servicio a demanda, en el cual no hay necesidad de ningún tipo de interacción entre el proveedor del servicio y los usuarios; los recursos compartidos: donde el proveedor libera en forma dinámica los servicios físicos y virtuales dependiendo de la demanda de los consumidores, la independencia de la ubicación, los sistemas escalables, y el pago por uso.

Singh y col. (2015) proponen un sistema integrado mediante el uso de CCT, donde todas las partes involucradas en la cadena de suministro de carnes puedan minimizar y medir la emisión de carbono dentro de gastos razonables e infraestructura. El enfoque integrado de mapear toda la cadena de suministro de carne, por una simple nube mejorará la coordinación entre las partes involucradas. Esta propuesta utilizada en la cadena productiva de carnes, puede ser implementada también en el sistema alimentario de las frutas y verduras, pues es una opción viable para subsanar la contradicción existente entre el uso de la tecnología actual y el cuidado al medio ambiente, lo que hace más sostenible su utilización. Realizar el mapeo de todos los eslabones de la cadena alimentaria permitiría mayor rentabilidad en cada una de las etapas, mediante el aumento de la eficiencia operativa, ahorro en tiempo y dinero.

Análisis de la intervención de las TIC en la reducción de desperdicios de frutas y verduras

Las TIC son una herramienta que puede ser aplicada durante la cadena de suministro de alimentos y de esta manera aminorar desperdicios de frutas y verduras, lo cual favorecería positivamente en reducir la inseguridad alimentaria debido a su gran expansión y rápido crecimiento. El tiempo de vida de productos frescos, como frutas y verduras, es deter-

minante para su venta y consumo. Los consumidores al momento de la elección de compra del producto valoran que estén frescos, de buen color y de buena forma. El uso de tecnologías de vanguardia puede ser aprovechado para asegurar la calidad de los productos desde la cosecha hasta el consumidor final y a la vez evitar su inadecuada utilización.

En la Tabla 1, se muestran ejemplos de qué manera las TIC pueden contribuir a la reducción de desperdicios de alimentos dentro de las etapas del sistema alimentario sostenible: producción primaria, almacenamiento y distribución, procesamiento y comercialización y consumo. Se resaltan algunas contribuciones, como el uso de sensores, planteamiento de objetivos de trazabilidad, monitoreo, rastreo y geolocalización, que permiten lograr mayor eficiencia y aprovechamiento de los recursos durante todas las etapas, además de que ofrecen alternativas de consumo mediante la generación de alertas, descuentos y donaciones que contribuyen a la sostenibilidad de la cadena de suministro. Es importante considerar que el 54 % de las pérdidas de alimentos ocurre en la producción primaria (cosecha, postcosecha y procesamiento) y el 46 % del desperdicio ocurre en el procesamiento, distribución y consumo (Interempresas, 2019), lo cual puede revertirse conforme se vayan adaptando estas TIC en acciones preventivas. Destacan sus contribuciones en el monitoreo, trazabilidad, venta, compra, donaciones y control de alimentos, mediante el uso de tales tecnologías, cuya aplicación práctica varía de acuerdo al grado de crecimiento de los países, ya que, por ejemplo según lo que menciona Cienciamx (2018) “en países desarrollados de Europa, así como Estados Unidos, Japón, China o Australia, el mayor desperdicio de alimentos se da en la distribución y, particularmente en el consumidor, debido a que este último compra más de lo que puede comer; mientras que en naciones con ingresos bajos, la pérdida se presenta en todos los eslabones de la cadena, ante la falta de infraestructura, tecnologías obsoletas y carencia de recursos para invertir en la producción” (p. 1).

■ **Tabla 1. Contribuciones de las tecnologías de la información y la comunicación en las etapas de los sistemas alimentarios para la reducción de desperdicios de alimentos.**
 Table 1. Contributions of information and communication technologies in the stages of food systems for the reduction of food wastes.

Etapa del sistema alimentario	Contribución en el desperdicio de alimentos	Tecnologías de la información y la comunicación utilizadas
Producción primaria	Trazabilidad y calidad de los alimentos mediante dispositivos inteligentes.	IoT, RFID
	Etiquetado dinámico de productos.	RFID
	Provisión de recursos para la obtención de alimentos.	CCT
Almacenamiento y distribución	Rastreo de productos alimenticios.	IoT
	Geolocalización en tiempo real mediante el monitoreo de traslados.	
	Utilización de sensores para monitoreo de temperatura, humedad y ubicación.	IoT, RFID, <i>Crowdsourcing</i>
	Control de inventarios.	RFID
	Rescate de alimentos aún comestibles mediante alertas.	APP y plataformas web
Procesamiento y comercialización	Monitoreo de calidad y seguridad de los alimentos en las líneas de producción.	IoT
	Asignación de precios de forma automática.	RFID
	Desarrollo e innovación en nuevos productos alimenticios.	<i>Crowdsourcing</i>
	Información sobre las ventas de productos en tiempo real y ofrecimiento de ofertas.	APP y plataformas web
	Ofrecimiento de productos para llevar a precios reducidos.	
	Conexión de negocios locales para la comercialización de excedentes.	
	Mapeo de la emisión de carbono en el procesamiento de alimentos.	CCT
Consumo	Sensores en botes de basura y camiones recolectores en restaurantes.	IoT
	Gestión de mermas y alertas sobre el consumo de los alimentos, antes de su fecha de caducidad.	RFID
	Identificación y alertas a los consumidores finales para evitar el desperdicio.	<i>Crowdsourcing</i>

Continúa...

	Generar descuentos a los clientes para reducir el desperdicio de alimentos frescos.	APP y plataformas web
	Donaciones de alimentos con grados estéticos bajos.	
	Monitoreo de desperdicio en cocinas y restaurantes.	

México como país en vías de convertirse en un país avanzado, presenta en ocasiones, tecnologías obsoletas o estas TIC no tienen un alcance para todos los actores involucrados en la producción de alimentos. Aunado a que el impulso y desarrollo de las TIC se ha aplicado fundamentalmente en el sector frutícola, durante la etapa de postcosecha, en el diseño, planteamiento o en la realización de tecnologías y aplicaciones para riego, uso de sensores para el monitoreo de parámetros agronómicos, agricultura de precisión, además de la trazabilidad y gestión de rutas más sostenibles y de logística en el transporte y distribución (Interempresas, 2020).

A nivel mundial, se han propuesto ciertas iniciativas enfocadas en acabar con el desperdicio de alimentos destinados al aprovechamiento humano (FAO, 2019). En México, las asociaciones de Bancos de Alimentos de México (BAMX), Alimentos para Todos y Banco de Alimentos Carita, tratan de erradicar el hambre y la desnutrición, a través de la recaudación de alimentos y la Cruzada Nacional contra el Hambre (Cienciamx, 2018). El objetivo principal es buscar estrategias que ayuden a minimizar las pérdidas postcosecha y de alimentos durante su almacenamiento, transporte, distribución y comercialización; se han propuesto proyectos enfocados en optimizar la cadena alimentaria de frutas, desde la recolección al punto de venta, mediante la digitalización y aplicación de TIC, con el fin de mantener la calidad inicial y reducir las pérdidas, tales como el Proyecto TICS4FRUIT: “Diseño de TICS para optimizar cadena postcosecha y distribución de fruta”, en el cual se analizan fuentes de datos externas como internas; el análisis de datos con tecnologías Big

Data, desarrollo de etiquetas inteligentes y diferentes APP y la definición y diseño de procesos logísticos (Interempresas, 2020). Tomra Food trabaja en colaboración con agricultores, procesadores y comercios ofreciendo soluciones de clasificación basada en sensores, que determinan los estándares de calidad, lo que facilita la venta de frutas y verduras como productos de menor calidad, pero aún aptos para su consumo (Interempresas, 2019).

Una de las tecnologías identificadas es el uso de sensores RFID o tecnología de radiofrecuencia que permite el monitoreo de los productos durante su traslado por la cadena de suministro. Los sensores tienen la capacidad de almacenar datos sensibles de los productos como la humedad, temperatura y ubicación en la transportación, que a su vez pueden ser enviados hacia centros de monitoreo. En consecuencia, los sensores generadores de datos forman parte del IoT, tecnología que según Bouzembrak y col. (2019) es una de las nuevas áreas promesa en el sector alimentario, con aplicación en la agricultura de precisión, producción de comida, procesamiento, almacenaje, distribución, consumo, trazabilidad, visibilidad y desafíos de controlabilidad. La información generada en las diferentes tecnologías mencionadas puede servir de base para la operación de otras herramientas como el *crowdsourcing*, que según Soon y Saguy (2017) permite la participación de diferentes agentes (almacenes, tiendas, consumidores) con la finalidad de dar respuesta a problemáticas mediante soluciones definidas de manera conjunta.

En lo que respecta a aplicaciones móviles y plataformas web, tales como MyFoody, LeLoca, Too Good to go y Olio, ayudan a reducir el

desperdicio de alimentos y al mismo tiempo generan beneficios para sus usuarios. Sus funciones principales van desde la venta con descuento de productos con fecha próxima de caducidad, reservado de mesas en restaurantes, para el consumo de platillos con descuento y conectar personas que compartan alimentos de buena calidad a otras personas con necesidades alimentarias. Por último, está la CCT, que ofrece sus servicios en internet (nube) y que pueden ser utilizados de apoyo en actividades de producción, procesamiento y ventas.

Es importante la implementación de tecnologías en las diferentes etapas de la cadena de suministro para lograr el cumplimiento de los objetivos incluidos en la agenda 2030, sobre el desarrollo sostenible aprobado por la Organización de las Naciones Unidas de acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2015). Actualmente, el índice de inseguridad alimentaria en el mundo es de 17.2 % de la población. Se estima que 1 300 millones de personas han experimentado inseguridad alimentaria en niveles moderados. Sin embargo, la cifra asciende a 26.4 % de la población mundial, esto es alrededor de 2 000 millones de personas, al considerar inseguridad alimentaria en niveles moderados y graves.

En México, de acuerdo con Aguirre y col. (2017), el 70 % de los hogares cuentan con algún grado de inseguridad alimentaria, de los cuales el 42.6 % presentan inseguridad alimentaria leve, 17.7 % moderada y 10.5 % severa. Mundo-Rosas y col. (2018), señalan que 7 de cada 10 hogares en México presentan inseguridad alimentaria, que se ve reflejada en problemas de nutrición, tales como la baja talla en preescolares, diabetes, hipertensión, sobrepeso y obesidad en mujeres en edad reproductiva y la mala calidad de la dieta. Estos problemas de salud pública podrían verse aminorados mediante el aprovechamiento, disponibilidad y manejo adecuado de los alimentos.

La disminución de residuos, principalmente durante la comercialización y consumo, puede

contribuir a la reducción de contaminantes, que dejan una enorme huella de carbono, equivalente a 3 300 millones de T de dióxido de carbono y la generación de 193 millones de T de gases de efecto invernadero, asociados a los 715 millones de T de frutas y verduras que se desperdician anualmente a nivel mundial (Ganar-ganar, 2019); además de la huella hídrica, ya que el agua que se utiliza para producir alimentos que terminan en la basura es de 40 000 millones de m³, equivalente a 2.4 años de consumo de agua de todos los mexicanos.

Se requiere un mejor control en el aprovechamiento de los alimentos y de la suma de acciones por parte de la ciencia, tecnología, gobierno e iniciativas sociales, así como los sectores y actores involucrados en la producción de alimentos, para apoyar en reducir o eliminar el número de personas vulnerables que viven con diferentes grados de inseguridad alimentaria o que viven en situación de hambre (Forbes, 2020).

Es evidente que el uso de las TIC representa una alternativa viable emergente para que, durante toda la cadena productiva, se reduzcan de manera drástica las pérdidas y desperdicios de alimentos, y de esta manera contribuir a la gran lucha contra el hambre y los problemas actuales de malnutrición. Estas acciones ayudarían a la población a que tenga la oportunidad de consumir productos más baratos y en buen estado, a canalizar apoyos alimentarios a poblaciones vulnerables y aumentar la disponibilidad y asequibilidad de alimentos nutritivos que constituyen una dieta saludable. Además, de que su utilización promueve sistemas alimentarios colaborativos y eficientes, para la sensibilización e innovación social, que se vean reflejados en la promoción de mejoras en la forma en que se producen, procesan, distribuyen, compran y consumen los alimentos, y los múltiples beneficios económicos, sociales y ambientales.

CONCLUSIONES

La utilización de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) mostradas en el

presente trabajo pueden contribuir a la sostenibilidad de los sistemas alimentarios, específicamente de las frutas y verduras, cuya comercialización está limitada por su corta vida útil y los múltiples actores involucrados en todo el suministro de estos. La operatividad, implementación y eficiencia del uso de las TIC, dentro del sistema alimentario de frutas y verduras podría tener impacto en la seguridad alimentaria y la nutrición de la población, de la cual el 70.8 % padecen algún grado de inseguridad alimentaria. También impactarían fa-

vorablemente en el medio ambiente, al reducir los contaminantes, que dejan una enorme huella de carbono y la generación de toneladas de gases de efecto invernadero, además del inadecuado aprovechamiento de agua que es utilizada en producir alimentos. Los datos digitalizados en cada etapa puedan ser procesados en conjunto para tener un mejor control en el aprovechamiento de los alimentos. En México, es factible implementar las TIC en el comercio electrónico, para obtener beneficios económicos, sociales y medioambientales.

REFERENCIAS

- Abad, E., Palacio, F., Nuin, M., De-Zarate, A. G., Juarros, A., Gómez, J. M., and Marco, S. (2009). RFID smart tag for traceability and cold chain monitoring of foods: Demonstration in an intercontinental fresh fish logistic chain. *Journal of Food Engineering*. 93(4): 394-399.
- Agencia EFE (2017). Banco Mundial: México despilfarró el 24% de su producción alimentaria. [En línea]. Disponible en: [fe.com/efe/america/mexico/banco-mundial-mexico-despilfarró-el-34-de-su-producción-alimentaria/500005453461427#:~:text=El%20estudio%2C%20presentado%20este%20jueves,generación%20de%20bióxido%20de%20carbono](https://www.efecom.com/america/mexico/banco-mundial-mexico-despilfarró-el-34-de-su-producción-alimentaria/500005453461427#:~:text=El%20estudio%2C%20presentado%20este%20jueves,generación%20de%20bióxido%20de%20carbono). Fecha de consulta: 15 de enero de 2021.
- Ágora (2016). Apps que salvan la comida del desperdicio. [En línea]. Disponible en: <https://www.agorarsc.org/apps-que-salvan-la-comida-del-desperdicio/>. Fecha de consulta: 20 de enero de 2021.
- Aguirre, H. B., García, J. F. T., Vázquez, M. C. H., Alvarado, A. M. y Romero, H. Z. (2017). Panorama general y programas de protección de seguridad alimentaria en México. *Revista Médica Electrónica*. 39: 741-749.
- Baig, M. B., Al-Zahrani, K. H., Schneider, F., Straquadine, G. S., and Mourad, M. (2019b). Food waste posing a serious threat to sustainability in the Kingdom of Saudi Arabia – A systematic review. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 26(7): 1743-1752.
- Baig, M. B., Gorski, I., and Neff, R. A. (2019a). Understanding and addressing waste of food in the Kingdom of Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 26(7): 1633-1648.
- Balaji, M. and Arshinder, K. (2016). Modeling the causes of food wastage in Indian perishable food supply chain. *Resources, Conservation and Recycling*. 114: 153-167.
- Baourakis, G., Kourgiantakis, M., and Migdalas, A. (2002). The impact of e-commerce on agro-food marketing: The case of agricultural cooperatives, firms and consumers in Crete. *British Food Journal*. 104(8): 580-590.
- Berg, J. and Henriksson, M. (2020). In search of the ‘good life’: Understanding online grocery shopping and everyday mobility as social practices. *Journal of Transport Geography*. 83: 102633.
- Bibi, F., Guillaume, C., Gontard, N., and Sorli, B. (2017). A review: RFID technology having sensing aptitudes for food industry and their contribution to tracking and monitoring of food products. *Trends in Food Science & Technology*. 62: 91-103.
- Bilska, B., Piecek, M., Bilska, B., Piecek, M., and Kołozyn-Krajewska, D. (2018). A multifaceted evaluation of food waste in a Polish Supermarket—Case Study. *Sustainability*. 10(9): 3175.
- Bouzembrak, Y., Klüche, M., Gavai, A., and Marvin, H. J. (2019). Internet of Things in food safety: Literature review and a bibliometric analysis. *Trends in Food Science & Technology*. 94: 54-64.
- Cabero, A. J. (1998). Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación: aportaciones a la enseñanza. En J. Cabero (Ed.), *Nuevas tecnologías aplicadas a la educación* (pp. 15-38). Madrid: Síntesis.
- Canavari, M., Fritz, M., Hofstede, G. J., Matopoulos, A., and Vlachopoulou, M. (2010). The role of trust in the transition from traditional to electronic B2B relationships in agri-food chains. *Computers and Electronics in Agriculture*. 70(2): 321-327.
- CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2015). Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. [En línea]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible>. Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2020.
- Cicatiello, C., Franco, S., Pancino, B., and Blasi, E. (2016). The value of food waste: An exploratory study on retailing. *Journal of Retailing and Consumer Services*. 30: 96-104.

Cienciamx (2018). La lucha por abatir el desperdicio de alimentos en México. [En línea]. Disponible en: <http://www.cienciamx.com/index.php/reportajes-especiales/22910-desperdicio-alimentos-iniciativas-mexico>. Fecha de consulta: 20 de enero de 2021.

Cristobal-Fransi, E., Montegut-Salla, Y., Ferrer-Rosell, B., and Daries, N. (2020). Rural comparatives in the digital age: An analysis of the Internet presence and degree of maturity of agri-food cooperatives's-commerce. *Journal of Rural Studies*. 74: 55-66.

Cultura colectiva (2014). La historia del E-commerce. [En línea]. Disponible en: <https://culturacolectiva.com/tecnologia/la-historia-del-e-commerce#:~:text=De%20acuerdo%20al%20Centro%20Global,por%20intercambio%20o%20contacto%20f%C3%ADsico>. Fecha de consulta: 4 de diciembre de 2020.

Digital Initiative (2018). Crowdsourcing your next chip flavor: Lay's "Do us a flavor" campaign. [En línea]. Disponible en: <https://digital.hbs.edu/platform-digit/submission/crowdsourcing-your-next-chip-flavor-lays-do-us-a-flavor-campaign/>. Fecha de consulta: 5 de enero de 2021.

ECURED (2019). Tecnología de nube, Cuba. [En línea]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Tecnolog%C3%ADa_de_nube. Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2019.

El-Bilali, H. and Allahyari, M. S. (2018). Transition towards sustainability in agriculture and food systems: Role of information and communication Technologies. *Information Processing in Agriculture*. 5(4): 456-464.

El Comercio (2019). América bota millones de toneladas de alimentos mientras crece el hambre. [En línea]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/america-desperdicio-toneladas-alimentos-fao.html>. Fecha de consulta. 26 de enero de 2021.

Espacioteca (2017). Las TIC ¿Qué son y para qué sirven? [En línea]. Disponible en: <https://espacioteca.com/2017/03/26/las-tic-que-son-y-para-que-sirven/>. Fecha de consulta: 19 de noviembre de 2019.

FAO, Food and Agriculture Organization (2019). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de Pérdida y desperdicio de alimentos. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/es/>. Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2019.

Foodtank (2015). 23 aplicaciones móviles que cambian el sistema alimentario. [En línea]. Disponible en: <https://foodtank.com/news/2015/01/twenty-three-mobile-apps-changing-the-food-system/>. Fecha de consulta: 20 de abril de 2021.

Forbes (2020). Cada mexicano desperdicia 158 kilos de comida al año. [En línea]. Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/cada-mexicano-desperdicia-158-kilos-de-comida-al-ano/>. Fecha de consulta: 24 de marzo de 2021.

Ganar-ganar (2019). México: Con esto podríamos alimentar a 260 millones. [En línea]. Disponible en: <https://ganar-ganar.mx/2019/06/07/mexico-con-esto-podriamos-alimentar-a-260-millones/>. Fecha de consulta: 24 de marzo de 2020.

Garrone, P., Melacini, M., and Perego, A. (2014). Opening the black box of food waste reduction. *Food Policy*. 46: 129-139.

Gestiopolis (2017). Comercio electrónico. Ideas fundamentales. [En línea]. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/comercio-electronico-ideas-fundamentales/>. Fecha de consulta: 19 de julio de 2021.

Göbel, C., Langen, N., Blumenthal, A., Teitscheid, P., and Ritter, G. (2015). Cutting food (waste through cooperation along the food supply chain. *Sustainability*. 7(2): 1429-1445.

Harvey, J., Smith, A., Goulding, J., and Illodo, I. B. (2020). Food sharing, redistribution, and waste reduction via mobile applications: A social network analysis. *Industrial Marketing Management*. 88: 437-448.

He, B., Gan, X., and Yuan, K. (2019). Entry of online presale of fresh produce: a competitive analysis. *European Journal of Operational Research*. 272(1): 339-351.

Interempresas (2019). Las nuevas tecnologías ayudan a los supermercados a reducir el desperdicio de alimentos. [En línea]. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Alimentaria/Articulos/248282-Las-nuevas-tecnologias-ayudan-a-los-supermercados-a-reducir-el-desperdicio-de-alimentos.html>. Fecha de consulta: 10 de enero de 2021.

Interempresas (2020). Proyecto TICS4FRUIT: 'Diseño de TICS para optimizar la cadena postcosecha y distribución de fruta. [En línea]. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/306710-Proyecto-TICS4FRUIT-Diseno-TICS-para-optimizar-cadena-postcosecha-distribucion-fruta.html>. Fecha de consulta: 15 de enero de 2021.

Jabangwe, R., Edison, H., and Duc, A. N. (2018). Software engineering process models for mobile app development: A systematic literature review. *Journal of Systems and Software*. 145: 98-111.

McCarthy, U., Uysal, I., Badia-Melis, R., Mercier, S., O'Donnell, C., and Ktenioudiaki, A. (2018). Global food security – Issues, challenges and technological solutions. *Trends in Food Science & Technology*. 77: 11-20.

Michellini, L., Principato, L., and Iasevoli, G. (2017). Understanding food sharing models to tackle sustainability challenges. *Ecological Economics*. 145: 205-217.

Mundo-Rosas, V., Vizuet-Vega, N. I., Martínez-Domínguez, J., Morales-Ruán, M., Pérez-Escamilla, R. y Shamah-Levy, T. (2018). Evolución de la inseguridad alimentaria en los hogares mexicanos: 2012-2016. *Salud Pública de México*. 60: 309-318.

Muth, M., Birney, C., Cuéllar, A., Finn, S. M., Freeman, M., Galloway, J., ..., and Zoubek, S. (2019). A systems approach to

assessing environmental and economic effects of food loss and waste interventions in the United States. *Science of the Total Environment*. 685:1240-1254.

Nosrati, M., Karimi, R., and Hasanvand, H. A. (2012). Mobile computing: principles, devices and operating systems. *World Applied Programming*. 2(7): 399-408.

Oracle México (2019). RFID: ¿Qué es Internet of Things (IoT)?, México. [En línea]. Disponible en: [https://www.oracle.com/mx/internet-of-things/what-is-iot/#:~:text=El%20Internet%20of%20Things%20\(IoT,sistemas%20a%20trav%C3%A9s%20de%20Internet](https://www.oracle.com/mx/internet-of-things/what-is-iot/#:~:text=El%20Internet%20of%20Things%20(IoT,sistemas%20a%20trav%C3%A9s%20de%20Internet). Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2019.

Pedroso, R. N. (2013). Nuevo paradigma en la tecnología: computación en la nube. *Serie Científica de la Universidad de Ciencias Informáticas*. 5(5): 62-69.

Peira, G., Bollani, L., Giachino, C., and Bonadonna, A. (2018). The management of unsold food in outdoor market areas: food operators' behaviour and attitudes. *Sustainability*. 10(4): 1180.

Porat, R., Lichter, A., Terry, L. A., Harker, R., and Buzby, J. (2018). Postharvest losses of fruit and vegetables during retail and in consumers' homes: Quantifications, causes, and means of prevention. *Postharvest Biology and Technology*. 139: 135-149.

Pozzi, A. (2013). E-commerce as a stockpiling technology: Implications for consumer savings. *International Journal of Industrial Organization*. 31(6): 677-689.

Rockcontent (2019). Crowdsourcing: qué es y cómo se encaja en el Marketing Digital. [En línea]. Disponible en: <https://rockcontent.com/es/blog/crowdsourcing/>. Fecha de consulta: 28 de enero de 2021.

Russo, E. (2016). Short channels: a brand strategy for the Piana del Sele. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 8: 494-498.

Sánchez-Torres, J. A., Arroyo-Cañada, F. J., Varon-Sandoval, A., and Sánchez-Alzate, J. A. (2017). Differences between e-commerce buyers and non-buyers in Colombia: The moderating effect of educational level and socioeconomic status on electronic purchase intention. *DYNA*, 84(202): 175-189.

Scholz, K., Eriksson, M., and Strid, I. (2015). Carbon footprint of supermarket food waste. *Resources, Conservation and Recycling*. 94: 56-65.

Singh, A., Mishra, N., Ali, S. I., Shukla, N., and Shankar, R. (2015). Cloud computing technology: Reducing carbon footprint in beef supply chain. *International Journal of Production Economics*. 164: 462-471.

Soon, J. M. and Saguy, I. S. (2017). Crowdsourcing: A new conceptual view for food safety and quality. *Trends in Food Science & Technology*. 66: 63-72.

Spruit, D. and Almenar, E. (2021). First market study in e-commerce food packaging: Resources, performance, and

trends. *Food Packaging and Shelf Life*. 29:100698.

Strzębicki, D. (2015). The development of electronic commerce in agribusiness – The polish example. *Procedia Economics and Finance*. 23: 1314-1320.

Tao, F., Fan, T., Lai, K. K., and Li, L. (2017). Impact of RFID technology on inventory control policy. *Journal of the Operational Research Society*. 68(2): 207-220.

UNESCO, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2019). Information and communication technologies (ICT). [En línea]. Disponible en: <http://uis.unesco.org/en/glossary-term/information-and-communication-technologies-ict>. Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2019.

Universidad Internacional de Valencia (2019). RFID: que es y cómo funciona, España. [En línea]. Disponible en: <https://www.universidadviu.com/rfid-que-es/>. Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2019.

Vallandingham, L. R., Yu, Q., Sharma, N., Strandhagen, J. W., and Strandhagen, J. O. (2018). Grocery retail supply chain planning and control: Impact of consumer trends and enabling technologies. *IFAC-PapersOnLine*. 51(11): 612-617.

Wen, Z., Hu, S., De-Clercq, D., Beck, M. B., Zhang, H., Zhang, H., ..., and Liu, J. (2018). Design, implementation, and evaluation of an Internet of Things (IoT) network system for restaurant food waste management. *Waste Management*. 73: 26-38.

Zeng, Y., Jia, F., Wan, L., and Guo, H. (2017). E-commerce in agri-food sector: a systematic literature review. *International Food and Agribusiness Management Review*. 20(4): 439-459.