

Alcances y limitaciones del uso de tecnología digital en la agricultura mexicana

Scope and limitations of digital technology in mexican agriculture

Lorena Casanova-Pérez*

Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense (México)

Verónica Rosales-Martínez

Cátedras CONACyT, Colegio de Postgraduados Campus Campeche (México)

Florencia García-Alonso

Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense (México)

Emigdio De la Cruz-De la Cruz

Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense (México)

Recibido: 12 de octubre de 2021

Aceptado: 03 de mayo de 2023

Publicado: 09 de abril de 2025

Resumen

El uso progresivo de la tecnología digital ha comenzado a reconfigurar la agricultura, al ser ésta un recurso en la búsqueda de una agricultura más eficiente y sostenible. Este manuscrito dilucida sobre el alcance y las limitaciones del uso de tecnología digital en la agricultura mexicana, particularmente entre los pequeños productores. Se realizó una revisión bibliográfica a través de palabras clave en plataformas de consulta de fuentes científicas y en sitios web. 74% de las fuentes consultadas corresponden al periodo 2015-2021, la información obtenida fue sistematizada y analizada numérica y temáticamente. Aunque información sobre número de productores o superficie que están usando actualmente esta tecnología no fue considerada en el análisis puesto que no se tuvo acceso a ella. Los resultados indican que el acceso a este tipo de tecnología ha sido diferenciado entre los productores agrícolas con mayores recursos versus los de menos recursos (pequeños productores) generando una brecha digital que actualmente es necesario reducir, sobre todo ahora cuando los

*Email: lorena.casanova@uthh.edu.mx



pequeños productores se enfrentan a condiciones productivas con mayor incertidumbre económica (mercados) y ambiental (cambio climático). Algunas experiencias del uso de la tecnología digital por pequeños productores permiten conocer su potencialidad, convertido en un recurso potencial en la búsqueda de una agricultura más eficiente y sostenible generadoras de condiciones de posibilidad para un desarrollo y empoderamiento socio productivo que conduzcan a un desarrollo agrícola; pero también considerar en el impacto que podría tener en limitar la socialización del conocimiento entre e intergeneracional y el fomento de una actitud individualista.

Palabras clave: cambio climático, prácticas de manejo, inclusión, pequeños productores, sostenibilidad.

Abstract

The progressive use of digital technology has begun to reconfigure agriculture, as it is a resource in the search for a more efficient and sustainable agriculture. This manuscript elucidates the scope and limitations of the use of digital technology in Mexican agriculture, particularly among small producers. A bibliographic review was conducted using keywords on scientific source search platforms and websites.. 74% of the sources consulted correspond to the period 2015-2021, the information obtained was systematized and analyzed numerically and thematically. Although information on the number of producers or area that are currently using this technology was not considered in the analysis since there was no access to it. The results indicate that access to this type of technology has been differentiated between agricultural producers with greater resources versus those with fewer resources (small producers), generating a digital gap that currently needs to be reduced, especially now when small producers face productive conditions with greater economic (markets) and environmental (climate change) uncertainty. Some experiences of the use of digital technology by small producers allow us to know its potential, converted into a potential resource in the search for a more efficient and sustainable agriculture that generates conditions of possibility for socio-productive development and empowerment that lead to agricultural development; but also consider the impact that it could have in limiting the socialization of knowledge intra e and inter generations and the promotion of an individualistic attitude.

Keywords: climate change, management practices, inclusion, small producers, sustainability.

Introducción

El uso de tecnología digital en los últimos años ha comenzado a reconfigurar la agricultura, esta expresión es también conocida como cyberagricultura, *e-agriculture*, agricultura digital o *cellular agriculture*, y está permitiendo innovar dicha actividad productiva y con ello, impulsar el desarrollo en algunas zonas rurales del mundo (Behera *et al.*, 2015; Petkovic, 2019). Así, en esta década, el uso de tecnología digital se ha convertido en un recurso potencial en la búsqueda de una agricultura más eficiente y sostenible, que brinde información valiosa a los agricultores para tomar decisiones más assertivas, siendo para algunos una cuarta revolución de este sector productivo, por lo que también la han denominado Agricultura 4.0 (Hernández y Uribe, 2019; Trendov *et al.*, 2019; Petkovic, 2019).

Alrededor del mundo, han sido los productores con una capacidad económica mayor los primeros en incorporar el uso de esta tecnología digital a sus actividades, así surge, la agricultura y la ganadería de precisión (Wolfert *et al.*, 2017; Eastwood *et al.*, 2021). La primera, un sistema de producción que utiliza la información generada desde satélites, sensores, u obtenida a través de imágenes con el fin de analizar datos en tiempo real de las condiciones geográficas, atmosféricas, de temperatura y humedad del suelo y de condiciones propias en el desarrollo de los cultivos, es decir, considera la variabilidad espacio temporal (INCyTU, 2018; Hernández y Uribe, 2019; Patiño y Rovira, 2021). En cuanto a la ganadería de precisión, esta involucra, por ejemplo, la identificación electrónica de las unidades animales, el reconocimiento del estado de salud de los mismos, pudiendo establecer acciones de manera remota. Ambos sistemas permiten un uso óptimo y eficaz de los recursos involucrados (Wolfert *et al.*, 2017; Eastwood *et al.*, 2021).

No obstante estos avances, la actividad agrícola requiere urgentemente la adopción generalizada de tecnología digital para hacer frente ante retos nuevos que afectarán particularmente a los productores de menos recursos, todo esto derivado de un entorno socio ambiental complejo, como las condiciones de incertidumbre mayor en cuanto a la producción de los alimentos en un contexto de sequías recurrentes, el aumento del costo de insumos agrícolas, la carencia de infraestructura (O'Brien y Leichenko, 2000; Hernández y Uribe, 2019) y la necesidad de trabajar colectivamente en objetivos comunes como la adaptación y la mitigación de la agricultura ante el cambio climático o los efectos en este sector productivo post pandemia del Covid-19 (Mhuntali *et al.*, 2018; Beduschi *et al.*, 2021).

En consecuencia, el presente manuscrito dilucida sobre el alcance y limitaciones del uso de tecnología digital en la agricultura, particularmente entre los pequeños productores mexicanos, cuyas necesidades giran en torno a la búsqueda de estrategias nuevas de cultivo, semillas mejor adaptadas, la obtención de precios justos para su cosecha, el acceso a créditos preferenciales o incentivos por parte del gobierno, el uso de información meteorológica para el diseño de estrategias de adaptación ante la variabilidad de la temperatura y precipitación, así como, el manejo óptimo de la fertilización, control y prevención de plagas y enfermedades. Situación que hace urgente la discusión sobre desafíos y limitaciones específicos del uso de esta tecnología para promover el desarrollo agrícola de las zonas más marginadas en México (FAO, 2015; Hernández y Uribe, 2019; Trendov *et al.*, 2019). Sobre todo, cuando la mayor parte del equipamiento y asistencia en la tecnología digital aplicada a la agricultura está sucediendo en países desarrollado y en México, su acceso aún resulta costoso (Beduschi *et al.*, 2021).

1. Diseño metodológico

A partir de la definición del objetivo de la investigación, se inició la búsqueda de fuentes bibliográficas. Dicha búsqueda involucró la consulta de artículos, informes técnicos, capítulos de libros, artículos en periódicos de circulación nacional e internacional, sitios web institucionales y de *startups*, estas últimas definidas como empresas cuyos productos y servicios están basados en innovaciones tecnológicas, en este caso, incluidas las de carácter digital aplicadas en la agricultura (Escartín *et al.*, 2020).

La estrategia elegida para identificar las fuentes bibliográficas en la red requirió el uso de una combinación de palabras claves (*e*-agricultura, agricultura digital, *cellular agriculture*, *smart agriculture*, tecnología digital, innovación digital, inclusión digital, digitalización en la agricultura, aplicaciones en la agricultura, tecnologías de la información y comunicación, agenda digital, México, pequeños productores), conjunto de palabras denominadas “ecuaciones de búsqueda” (Gómez-Luna *et al.*, 2014). Lo anterior requirió el uso de sitios como *Science Direct*, *Ebsco*, *Scielo*, *Dialnet* y *Redalyc*.

En total se identificaron 119 artículos, a partir de la cual se realizó una revisión inicial de los títulos, resúmenes y palabras claves; se eligieron únicamente 72 fuentes de las cuales, 74% fueron publicadas durante 2015-2021. A continuación, se diseñó un cuadro resumen en Excel que permitió la clasificación de las fuentes elegidas con base en: autor(es), año de publicación, tipo de publicación, título, palabras clave, área de estudio, objeto de estudio, enfoque abordado, planteamientos centrales. A esta información fue base para la realización de una meta síntesis, la cual es definida como la síntesis de hallazgos cuantitativos y cualitativos cuyo propósito es examinar un grupo de fuentes bibliográficas para comprender su interpretación o entendimiento sobre un fenómeno de investigación (Carrillo-González, Gómez-Ramírez y Vargas-Rosero, 2007). Por último, se realizó un cuantitativo (obtención de proporciones) mientras que el análisis cualitativo fue de carácter temático (Díaz, 2018).

2. Resultados y Discusión

En análisis cuantitativo de las fuentes bibliográficas consultadas identificó que estas abordaban los siguientes temas: 25% agricultura (producción y comercialización), 30% inclusión digital, 8% cambio climático, 5% Innovación y 5% uso de *big data*. Las fuentes consultadas consistieron en: 45% artículos, 30% informes técnicos, 12% sitios webs, 8% capítulos de libro y 5% libros. Estas fuentes aluden a Latinoamérica (64%), Europa (12%), Estados Unidos y Canadá (11%), Asia (8%) y África (6%). Del total de fuentes, 52% fueron publicaciones en inglés y 48% en español; 36% de las fuentes era producto de autoría o coautoría, 13% de organismos multinacionales (FAO, BM, CEPAL, ITU, BID), 4% del Gobierno de México, y 4% generados por organizaciones no gubernamentales.

De la proporción de fuentes dedicadas a la agricultura, el 60% era sobre agricultura de precisión, particularmente a mostrar los beneficios del uso de las innovaciones digitales, particularmente aquellas dedicadas a actividades de alto valor comercial. Lo anterior permite inferir que se trata de productores con mayores recursos y que contar con dicha tecnología les permite mejorar sus procesos de producción.

Afortunadamente, los temas en relación a lo que hacen los pequeños productores y/o sus organizaciones son menores también ocupó un lugar preponderante, lo que significa que existe una gran preocupación por incorporar a estos productores al uso de esta tecnología, la cual eventualmente les ayudaría a producir en condiciones de menor vulnerabilidad.

Respecto al análisis cualitativo, se generó información útil para dilucidar sobre varios temas que se exponen a continuación.

3. Tecnología digital: uso actual en la agricultura

El uso de tecnología digital en la agricultura tiene sus antecedentes en los años 80 del siglo pasado, cuando surge la robótica de servicio con el fin de sustituir la mano de obra en diversas labores, particularmente, en aquellas prácticas que involucraban riesgos o resolvían limitaciones físicas para realizarlas (Siva balan, 2016; FAO, 2019). En este periodo, la robótica agrícola fue usada principalmente para la extracción de leche en explotaciones bovinas de carácter intensivo (Wolfert *et al.*, 2017; Eastwood *et al.*, 2021) y en el manejo de invernaderos (con el fin de controlar variables como: temperatura, humedad, fertilización y riego), siendo el propósito final hacer más eficaces y eficientes los procesos de producción (INCyTU, 2018; IFR, 2020). Es así como, inicialmente, el uso de esta tecnología digital está predominantemente relacionado a la agricultura y la ganadería de precisión (Behera *et al.* 2015; IFR, 2020; Eastwood *et al.*, 2021).

Posteriormente, otro uso de la tecnología digital en la agricultura fue el relacionado al uso de maquinaria agrícola con funcionamiento autónomo, esto fue posible gracias a la incorporación de tecnologías de geoposicionamiento (CEPAL-FAO, 2021). Lo anterior permitió operar tractores a distancia basándose en unos sistemas de mapas con los límites del campo y un software de planificación. Entre las ventajas de utilizar maquinaria agrícola autónoma sobresalen, la reducción de la superficie traslapada, el incremento de la velocidad de trabajo, disminución de la mano de obra, compactación menor del suelo y la posibilidad de trabajar en condiciones de visibilidad reducida (Somers y Stapleton, 2012; CEPAL-FAO, 2021).

Actualmente, el uso de drones está en auge entre los grandes agricultores. Estos son dispositivos manejados a control remoto, utilizados para diversas tareas como la aplicación de agroquímicos en áreas específicas (Pino, 2019; Beduschi *et al.*, 2021). Estos drones cuentan, por ejemplo, con cámaras multi-espectrales y sensores térmicos para tomar imágenes sobre las cuales se puede identificar zonas de baja densidad del cultivo y/o zonas con presencia de malezas, así como determinada temperatura del cultivo, índice de clorofila, con la posibilidad incluso de identificar deficiencias nutricionales (Hovhannisyan, Efendyan y Vardanyan, 2018; CEPAL-FAO, 2021).

Con el uso de drones, los agricultores también pueden identificar y cuantificar zonas problemáticas por estrés hídrico e identificar la presencia de plagas y/o enfermedades. Así, los drones, pueden brindar al productor información confiable y en poco tiempo, con un costo relativamente bajo por hectárea (Palmer, 2012; Huuskonen y Oksanen, 2018; Mogili y Deepack, 2018). En los últimos años, robots con un funcionamiento mejor derivado del uso de la inteligencia artificial están siendo utilizados por algunos productores en la realización de actividades no estandarizadas como la recolección de frutas para una cosecha selectiva, así como en la detección temprana de plagas y enfermedades (Patiño y Rovira, 2021; Rijswij *et al.*, 2021).

Por último, es importante considerar también todas las posibilidades generadas por tecnologías como *Brockchain* o *Distributed ledger*, usadas para el control de todo el proceso de producción, agrotransformación y comercialización de la cosecha o productores derivados de la ganadería (Mosquera, 2020).

Asimismo, la aportación de la *Big Data* particularmente en los procesos de comercialización o también llamado mercado inteligente, segmentación del mercado, *target* mercado (mercado objetivo), posicionamiento del mercado, tal como lo han manejado en países como China (Liu, 2021). La cuestión es como recopilar datos de calidad y realizar de manera estricta análisis diagnósticos y predictivos como lo han comenzado a realizar en la agricultura en India (Kellenger *et al.*, 2020).

4. Uso de la tecnología digital: una estrategia útil para el desarrollo de capacidades

La tecnología digital aplicada al quehacer agrícola también puede convertirse en un medio para adquirir conocimientos nuevos, desarrollar capacidades y reconstruir el tejido social (Ortega, 2010). Este planteamiento estaría, por un lado, reduciendo la brecha digital en las zonas rurales agrícolas y por el otro, apostando a una forma nueva de hacer extensionismo (Beduschi *et al.*, 2021). Esto es, porque ésta brinda instrumentos para aplicar y gestionar información y favorecer el diálogo (Mora *et al.*, 2012), por lo tanto, es clave para un extensionismo agrícola nuevo capaz de rebasar la distancia y el tiempo, con una erogación menor, favoreciendo así, el desarrollo de capacidades individuales y colectivas particularmente en zonas rurales históricamente marginadas (Mhuntali *et al.*, 2018).

Para que esto suceda, esta tecnología digital deber ser vista como una oportunidad para la creación de un marco comunicacional que apoye la toma de decisiones y acciones colectivas. Esto es posible, siempre y cuando, se construyan ambientes de comunicación favorables para el crecimiento de conocimiento y poder, particularmente en grupos sociales menos favorecidos, como los pequeños productores agrícolas (Díaz-Bordenave, 2004; Beduschi *et al.*, 2021).

En este sentido, promover la tecnología digital en la agricultura permitiría que todos los involucrados tengan acceso a información valiosa pero también, que puedan comunicarse en tiempo real y/o de forma asincrónica, favoreciéndose el trabajo colaborativo en el contexto local, dando voz a sectores sociales invisibilizados para su participación en la agenda política regional y nacional (Díaz-Bordenave, 2004; Mora *et al.*, 2012; Ionita *et al.*, 2015; Rijswij *et al.*, 202).

Así, la propuesta del uso de tecnología digital se plantea como un medio potencial para dinamizar la agricultura, que debe considerar y rebasar esta linealidad y verticalidad que favorece la exclusión de una parte de los actores agrícolas (Mora *et al.* 2012). De tal modo que los productores tengan acceso en tiempo y forma de información valiosa para la toma de decisiones respecto a condiciones meteorológicas, comportamiento de oferta y demanda de insumos y productos cosechados, el acceso a servicios gubernamentales (apoyos, créditos, asesoría, capacitación, etc.) (Somers y Stapleton, 2012; Thornton *et al.*, 2018; Hernández y Uribe, 2019). Con lo anterior, los agricultores pueden mejorar la eficiencia de sus prácticas de manejo y sus recursos escasos; en consecuencia, aumentar la rentabilidad y resiliencia de sus unidades de producción ante la incertidumbre del mercado y del clima (FAO, 2015; Westermann *et al.*, 2018; Casanova-Pérez *et al.*, 2019).

En otras palabras, la tecnología digital puede ser la base para el funcionamiento de un modelo de extensionismo que permita de manera recíproca, la transferencia de conocimientos, asimismo, la revalorización/recuperación de los saberes tradicionales. De esta manera, se superarían los conceptos y las prácticas unidireccionales comúnmente ejercidas en los proyectos y programas de extensión agrícola (BM, 2012; Kernecker, Busse y Knierim, 2021).

Así, se estaría pasando de un modelo vertical de extensionismo a un modelo recursivo con alto énfasis en el diálogo con la capacidad de incorporar /recuperar saberes y conocimientos nuevos (Mora *et al.*, 2012). Por tanto, se crearían condiciones para desarrollar las capacidades de los productores más innovadores, particularmente con la cooperación de investigadores adscritos a diferentes centros de investigación, tal como lo plantea Cardoso, Boudreau y Carvalho (2019) y Rijswij *et al.* (2021). De este modo, el conocimiento y las experiencias compartidas se convertirían en recursos sociales valiosos para el desarrollo agrícola regional (González *et al.*, 2015; Rijswij *et al.*, 2021).

Un proceso de aprendizaje social que, a su vez, conduciría a la acción colectiva para el logro de objetivos comunes (Cardoso *et al.*, 2019), en el cual la tecnología digital proporcionaría los medios catalizadores para la transformación social, al permitir la emergencia de la reciprocidad y la solidaridad como recursos sociales ante situaciones problemáticas complejas. Esto permitiría recuperar o fomentar las formas de trabajo basadas en relaciones solidarias con base en la confianza social, proceso al cual subyacen vínculos familiares, de amistad, arraigo a un territorio e identidad (Ortega, 2010).

Un planteamiento que facilitaría una relación simétrica entre los diferentes actores participantes en la actividad agrícola, quienes podrían cumplir con la obligación moral de dar, recibir y devolver saberes y conocimientos (Marañón y López, 2013). En este sentido, Somers y Stapelton (2012) coinciden en que los flujos de información compartidos, y el conocimiento tradicional sobre los recursos/bienes comunes y el territorio, son recursos invaluables para las sociedades agrícolas locales, los cuales pueden ser disponibles a través de esta tecnología (Ali y Kumar, 2011; BM, 2012; Munthali *et al.*, 2018).

En el caso de agricultores con recursos escasos y poca escolaridad, estudios han demostrado que cuando estos cuentan con acceso a información pueden tomar decisiones de manejo más adecuadas; hecho que repercute, tanto en la cantidad y la calidad de sus cosechas y en la crianza de su ganado, como en los ingresos y el autoabasto familiar. Este acceso a la información puede ser más rápido y eficiente a través de opciones que brinda la tecnología digital (Daum, 2018; Munthali *et al.*, 2018), lo cual permite afrontar retos como la adaptación ante el cambio climático, para cuya adaptación se requiere el rescate e innovación de técnicas agrícolas ancestrales y /o la adopción de técnicas nuevas.

Adicionalmente, las herramientas que brinda la tecnología digital pueden ser usadas también para recuperar el acervo cultural de cada sociedad agrícola, reflejo de su cosmovisión, particularmente de sus prácticas agrícolas ancestrales, sus recursos fitogenéticos y del conocimiento milenario asociado a ambos. Esta memoria colectiva puede ser parte sustantiva de la solución de problemas individuales y colectivos en sus diversas manifestaciones (Mora *et al.*, 2012; Jiménez, Rendón, Toledo y Aranda, 2016).

Ejemplo de cómo el uso de la tecnología digital está resolviendo los problemas de la agricultura en las regiones más vulnerables del mundo, se expone en los reportes de la FAO en su trabajo en países africanos, en donde ha implementado cuatro aplicaciones de acceso libre: a) *Weather and Crop Calendar* (pronóstico meteorológico y su relación con el calendario agrícola); b) *Cure and Feed your Livestock* (brinda información sobre el control de enfermedades y estrategias para su alimentación); c) *Agrimarket place* (proporciona acceso a información sobre proveedores de insumos y potenciales compradores de las cosechas) y d) *e-Nutrifood* (orienta que producir, consumir y como conservar los alimentos). La información obtenida resulta valiosa para tomar decisiones e implementar acciones para los productores más vulnerables (FAO, 2019).

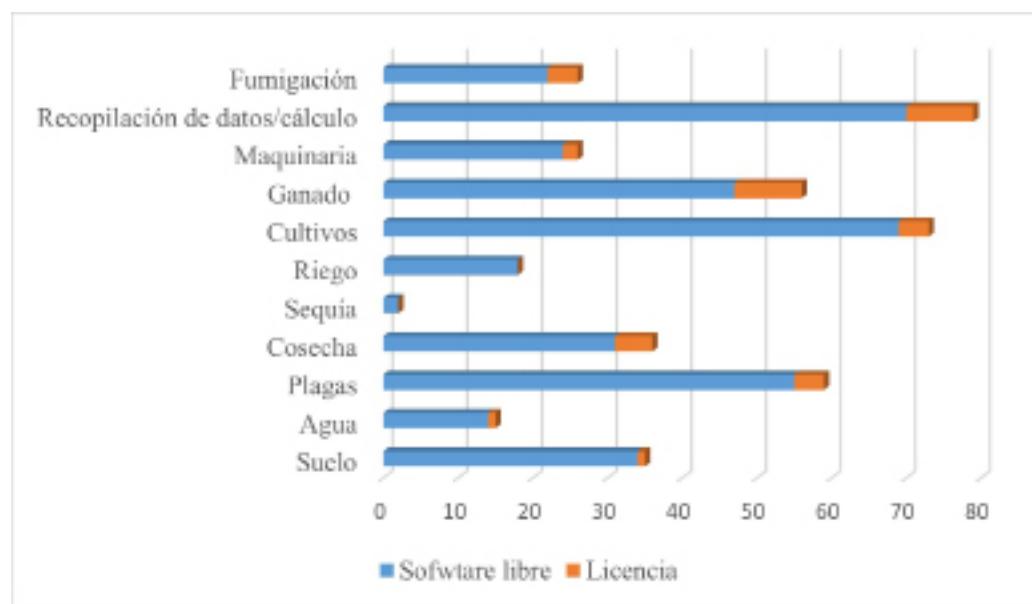
Entre las aplicaciones utilizadas para la detección temprana de plagas están el Sistema de seguimiento y alerta temprana para el gusano cogollero (FAMEWS por sus siglas inglés), a través de la cual los productores envían información, la cual es procesada por la aplicación y transferida a una base global donde se generan informes en tiempo real sobre los niveles de infestación y acciones a implementar, esta aplicación se encuentra en 29 idiomas (FAO, 2021).

En cuanto a las acciones ante el efecto del cambio climático, existen aplicaciones como *Water Productivity Open-access portal* (WaPOR), cuyo uso está orientado a la eficiencia y eficacia del uso del agua en regiones con estrés hídrico en los sistemas de riego en países de África y Medio Oriente, estrés exacerbado en un contexto de cambio climático. Así, los usuarios de WaPOR calculan la evapotranspiración de los cultivos estimando la relación óptima entre generación de biomasa y rendimiento de los cultivos, con el fin de facilitar a los productores, la toma de decisiones respecto al manejo de su recurso hídrico (FAO, 2020).

Aunque estas aportaciones a la tecnología digital por parte de organismos multinacionales como la FAO son importantes, la mayor parte de la innovación en este sentido no es accesible para los pequeños productores en países como México. Al respecto, una breve revisión arrojó los siguientes datos. De un total de 483 *apps* identificadas en el sitio *Agriculture apps*, el 95% de estas, aunque son de acceso libre, solo están disponibles en Estados Unidos y Canadá (por lo cual están en el idioma inglés) y se usan en los siguientes procesos (Figura 1).

Figura 1

Apps agrícolas y su uso en el manejo de las unidades de producción en Estados Unidos, Canadá, Gran Bretaña e India



Nota. Elaboración propia a partir del sitio *Agriculture Apps*. <https://www.farms.com/agriculture-apps/search>

Si bien estas apps son en su mayoría de acceso libre, solo el 15% son para su uso en el manejo de los cultivos, de este porcentaje, únicamente el 5% se relaciona con el cultivo del maíz. Sin embargo, su uso puede ser una referencia para impulsar el desarrollo de apps similares para productores de nuestro país.

5. La tecnología digital y los retos para su uso en la agricultura mexicana

En México, la tecnología digital aplicada al quehacer agrícola puede convertirse en un medio de adquisición de conocimientos, competencias, desarrollo de capacidades condiciones esenciales en la reducción de la desigualdad y el fortalecimiento de la actividad agrícola, por lo tanto, debe ser un tema central en la agenda del desarrollo agrícola en los próximos años y será fundamental para el logro de los objetivos de desarrollo sostenible (FAO, 2015). Esto es porque su cumplimiento requiere del acceso a conocimientos de diversa índole, a la posibilidad de establecer estrategias de acción colectivas que involucren diferentes actores (redes solidarias), cuyo fin será que el productor mejore su productividad y, sobre todo, maneje un riesgo razonable (Somers y Stapleton, 2012).

Desde las teorías del desarrollo, el uso de la tecnología digital en la agricultura puede ser un medio para coadyuvar el desarrollo endógeno, al promover la economía social basada en principios ya mencionados como la solidaridad y la reciprocidad (Marañón y López, 2013). En consecuencia, el uso eficaz de la tecnología digital en la agricultura juega un papel muy importante en la reducción de las desigualdades, la promoción de la tolerancia, la comprensión y el respeto. Ya que éstas contribuyen a que las personas adquieran nuevos conocimientos y competencias (Ali y Kumar, 2011).

En México, al igual que en otras regiones del mundo, la tecnología digital no está siendo aprovechadas para aumentar la producción, la productividad y el desarrollo de capacidades en las zonas rurales donde la agricultura es la principal actividad económica (Jiménez *et al.*, 2016; Thirion y Valle, 2018). Esto es porque el uso de dicha tecnología requiere dotar a estas áreas de infraestructura y conectividad, promover estrategias para su uso y aceptación en productores con escasa escolaridad, que tienen un promedio de edad mayor a los 60 años y con poca apertura al cambio; y por supuesto, implica el diseño de un marco normativo para su uso (Vázquez-Palacios, 2007; CEPAL, 2021; IICA-BID-Microsoft, 2021).

Un análisis de lo que sucede en América Latina indica que solo el 5% de la agenda digital de los diferentes gobiernos está vinculada al sector agrícola (Patiño y Rovira, 2021). En cuanto a México, este ya cuenta con una agenda digital que tiene sus antecedentes en el sexenio de Vicente Fox (2000-2006). Sin embargo, en esta agenda, la agricultura no ha tenido un papel preponderante (CEPAL, 2021). Datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía indican que nuestro país tiene un índice de desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación de carácter digital de 5.2, lo cual lo ubica en el lugar 18/35 en la región (ITU, 2017).

En cuanto al uso de internet, es necesario mencionar que son los estados de Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Guerrero, Michoacán y Puebla en donde menos del 65% de los hogares cuentan con este servicio. En contraposición, Baja California Norte, Baja California Sur, Nuevo León, Tamaulipas, Campeche y Quintana Roo más del 80% de los hogares cuentan con internet (ENDUTIH, 2021). Asimismo, datos reportados por la ENA [Encuesta Nacional Agrícola] (2019) mencionan que, del total de unidades de producción en el país, únicamente el 37.7% hace uso de la tecnología digital, de este porcentaje el 88.1% corresponde al uso de teléfono celular, mientras que el 7.9% usa internet, de esta proporción, en el 58.8% de los casos, los productores lo usaron para consultar páginas gubernamentales.

Este mismo informe señala que, Veracruz, Chiapas, Puebla, Estado de México, Oaxaca y Guerrero; si bien, concentran más del 50% de las unidades de producción de país, también tienen el uso más bajo de la tecnología digital (ENA, 2019). En contraste, Guanajuato, Sinaloa y Jalisco tienen los cultivos más tecnificados (hortalizas) manejados a través de agricultura de precisión, siendo el tomate uno de los cultivos más importantes (Vilaboa, 2018).

Además, la ENA (2019) en su informe expone también algunas las razones de porqué la población que habita las zonas rurales marginadas y está dedicada al sector agrícola no usa el internet, entre las que destacan: desconocimiento de su uso (60.7%), percepción de que no necesitan internet (14.4%) y necesidad de alfabetizar digitalmente a la población adulta (24.9%). Esta información es valiosa porque debe guiar el diseño e implementación de estrategias futuras en el país para fomentar el uso de dicha tecnología.

Los resultados anteriores coinciden con estudios realizados en otras regiones del mundo, como los hallazgos de Novo-Corti, Varela-Candamio y García-Álvarez (2014), quienes encontraron que la decisión de no usar tecnología digital entre productores agrícolas del noroeste de España se relacionaba con una escolaridad baja, ingresos escasos, carencia de habilidades para su uso y en algunos casos, además de una percepción negativa sobre su uso. En este sentido, Nagel (2012) argumenta que en el uso la tecnología digital influye también, la percepción que tienen los productores sobre estas, en cuanto a si son de poca utilidad en la realización de su quehacer agrícola. Este es uno de los grandes retos del gobierno, sin embargo, para que esto sucede se requiere que especialistas en dicha tecnología y aquellos relacionados con las ciencias agrícolas y sociales trabajen conjuntamente en estrategias que consideren los contextos económicos, sociales y culturales particulares de los productores agrícolas involucrados (Bosch, 2012).

Desde el continuum de realidad agrícola, pequeños productores muestran que es posible cambiar esta percepción y comprender el beneficio de esta tecnología, como ha sucedido con cafeticultores del sector social en el estado de Chiapas, donde una organización no gubernamental desarrolló una aplicación y la difundió entre estos para llevar a cabo la trazabilidad de su proceso de producción de café orgánico, el cual está sustentado por buenas prácticas agrícolas. Esta app fue instalada en los celulares de los productores y/o en otros miembros de la familia. Lo anterior facilita a estos productores cumplir los principios y criterios que exigen algunos estándares internacionales asociados a la comercialización del café a mercados preferenciales (Solidaridad Network, 2022).

Para estos productores, el celular se ha convertido en un dispositivo esencial, y muestra la forma en que estos pueden ser usados por los pequeños productores, en este proceso varios de ellos reciben ayuda de los miembros más jóvenes de la familia (quienes fungen como capacitadores e intermediarios para el uso de esta tecnología digital para los fines que el productor requiera). Esto considerando que, en México, la edad promedio de los agricultores es de 60 años (Vázquez-Palacios, 2007) y que el uso de celulares, en especial de los denominados “inteligentes” puede implicar cierta dificultad para su uso efectivo.

Sin embargo, aplicaciones como la antes mencionada son usadas mayormente por los agricultores cuya producción tiene como fin la exportación o el suministro de materia prima en procesos agroindustriales para los cuales requieren evidenciar su trazabilidad (Nagel, 2012; Jiménez *et al.*, 2016, Ali y Kumar, 2011), como parte de un sistema de control que responde a lo requerido por estándares en el desarrollo de cultivos considerados como *commodities* (GLOBALG.A.P., 2020). Condición que obliga al productor a establecer registros en todas las fases del proceso productivo y de transformación (Nagel,

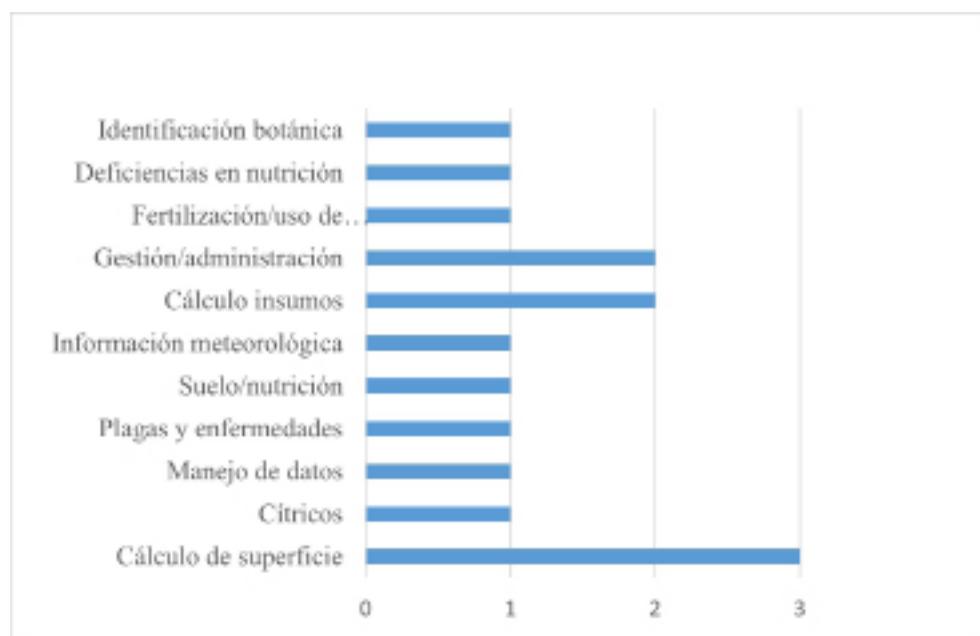
2012; UTZ Certified, 2020). Sin embargo, las acciones encaminadas al fomento de la tecnología digital deben considerar la diversidad de productores en nuestro país (Mhuntali *et al.*, 2018).

Es decir, no se debe de olvidar a aquellos pequeños productores no ligados a los procesos antes mencionados, pero que al igual que estos requieren información técnica o de mercado. De tal modo que puedan tener información generada por las instituciones de asistencia y fomento gubernamentales, así como, de empresas agroindustriales y comercializadoras, las cuales les proveen de insumos o compran su cosecha (FIA, 2008; Nagel y Martínez, 2005). Revertir esta situación requiere considerar factores como el tamaño del área productiva ya que estudios indican que el uso de la tecnología digital está correlacionado positivamente con el tamaño de la superficie productiva (Martínez, 2018) y su productividad, por ende, sus ingresos.

Un ejemplo es el uso de apps de carácter agrícola para México, con base en una búsqueda en la web en 2021, se identificaron apenas 15, un número irrisorio para las necesidades del sector, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 2

Apps disponibles en México (idioma español) clasificadas según su uso



Nota. Elaboración propia a partir de datos de 12 sitios web.

Otros servicios emergentes son el uso y manejo de drones para la agricultura y ganadería, así como de asesoría especializada para el ganado, biofertilización, manejo de suelos usado esta tecnología digital (Tabla 1).

Tabla 1

Lista de empresas que ofrecen diversos servicios basados en la tecnología digital en México

Nombre	Tipo de información	Ubicación
Droneagricola.mx	Servicios de fumigación	Ocotlán, Jalisco
Agras T20	Asesoría técnica, capacitación	Morelos y Ciudad de México
Luxelare Drones	Servicios de captura y procesamiento de imágenes	Los Mochis, Sinaloa
<i>Unmanned Systems Technology International</i>	Servicios/venta drones para la agricultura	Garza, Nuevo León
Precisión Agrícola	Servicios de detección y control de plagas	Puerto Peñasco, Sonora,
Citadelta	Empresa de servicios de análisis espacial	Zapopan, Jalisco
<i>Livestock Analytics</i>	Asesoría para el manejo de ganado	Hermosillo, Sonora
Microendo	Servicios sobre biofertilización de cultivos	Guadalajara, Jalisco
AppAgrícola	Empresa que se dedica al monitoreo y manejo de cultivos	Zapopan, Jalisco
Atlak	Asesoría para la agricultura de precisión	México
Scorpiodrones	Venta de drones, capacitación para uso en agricultura	México
Hobby Tuxtla	Drones para fumigación, aspersión y pulverización	Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Nota. Elaboración propia con base en información en sitios web.

Asimismo, como un punto a favor, es importante mencionar los avances en la recopilación y análisis de datos que están disponibles en plataformas como la del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad (SENASICA), Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Monitor de Sequía (MS), Atlas Nacional de Cambio Climático, Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño (CIIFEN), Sistema de Información Agrícola y Pesquera (SIAP). Todas estas plataformas tienen información valiosa para análisis diagnósticos y prognosis.

Con base en la información anterior, se evidencia la escasa participación de los organismos público en el desarrollo de esta tecnología digital. Lo anterior requiere una gran inversión de recursos financieros y humanos, siendo parte de la agenda política nacional (Rijswij *et al.*, 2021). Esto es porque se requiere el trabajo conjunto de expertos y usuarios, del involucramiento comprometido de quienes toman decisiones (Kernecker, Busse y Knierim, 2021), así como, de la dotación de infraestructura, pero también de las implicaciones socio-éticas, implicaciones éticas, legales y sociales que esto conlleva (Marinoudi, Sørensen, Pearson y Bochtis, 2019; Rijswij *et al.*, 2021; Silveira, Lermen y Amaral, 2021).

En este proceso, es necesario considerar las condiciones que favorecen el uso de la tecnología digital en pequeños productores en México (*UTZ Certified*, 2020; *Solidaridad Network*, 2020). Al respecto, en México existen iniciativas del gobierno federal para masificar el uso de la tecnología digital, particularmente el internet desde el año 2000. La primera de ellas fue la Estrategia Digital Nacional, la cual alineó objetivos, políticas y acciones de actores de la sociedad para extender el uso y aprovechamiento de la tecnología digital en México. El fin era contribuir a través de la tecnología digital al rezago competitivo intersectorial existente en el país y con otros países de la región (Martínez, 2018). Así, en el sexenio 2000-2006 se conformó la Red de Centros Comunitarios Digitales como parte del programa *e-México*; una red que involucró la participación de 7,200 Centros Comunitarios Digitales que, según datos oficiales, se concentraron en Oaxaca, Sonora y Puebla.

Esta experiencia, sin embargo, no fue evaluada y no existe información oficial de las condiciones de operación y sus resultados. Más tarde, la Agenda Digital durante el periodo 2011-2015 planteaba la inclusión digital de los pueblos y comunidades indígenas (Brossard, 2016). Sin embargo, esta propuesta no hacia énfasis en cómo se iba a dar la conectividad, ni como se dotaría de infraestructura para el uso de esta tecnología en las zonas rurales (Nagel, 2012) y tampoco contemplaba la inclusión de los productores agrícolas como parte de su población objetivo. Por lo tanto, se trató de planteamientos que no lograron el objetivo inicialmente indicado.

Lo que más se ha observado en el país desde la esfera gubernamental son esfuerzos un tanto desarticuladas, que aun así resultan relevantes como los realizados por la que fue la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), institución que introdujo tres aplicaciones móviles para los agricultores: SAGARPA Apoyos, SAGARPA Produce y SAGARPA Mercados. El objetivo de dichas aplicaciones fue conectar a los agricultores con los compradores, ayudarlos con el manejo de sus cultivos y proporcionar información sobre los programas de apoyo de la institución en cuestión (SADER, 2020).

Otra iniciativa fue la de MasAgro, una base de datos creada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y SAGARPA en 2010 como parte del sexenio de Felipe Calderón y que tuvo como fin aumentar la disponibilidad de información, desarrollar capacidades y transferir tecnologías a pequeños y media productores. Sin embargo, su estrategia de diseño y operación fue de carácter unidireccional y vertical, ya que no consideraron estrategias para conocer las prioridades de los potenciales beneficiarios. Una propuesta alternativa fue la implementada en Chile, con el desarrollo de la plataforma “Platicar” y el proyecto “Yo agricultor”, con la participación de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), organismo que propició una comunicación más horizontal entre los involucrados (FIA, 2008; Brossard, 2016).

En México, al inicio de este sexenio (2018-2024), el Gobierno Federal planteó el desarrollo del programa “Internet para Todos” implementado por la CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos (Gobierno de México, 2019). Una empresa subsidiaria de la Comisión Federal de Electricidad que fue creada por decreto el 2 de agosto de 2019, y que, para diciembre de ese mismo año, reportaba un total de 450 puntos de conectividad ya instalados de un total de 10 mil a instalarse en todo el país en el mediano plazo (El Financiero, 2019). Otro proyecto gubernamental para la inclusión digital de los agricultores mexicanos, particularmente los de bajos recursos, es el llevado a cabo con el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola de la Organización de Naciones Unidas, organismo que otorgó en 2022, 2.2 millones de dólares para diseñar 12 *startups* para beneficiar la producción agrícola (AgTech) y proveer servicios financieros (FinTech) a agricultores de varios países incluido México (Meza, 2022).

Lo anterior forma parte de la Estrategia Digital Nacional plasmada en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2024, lo cual tiene el potencial de beneficiar particularmente a quienes habitan en zonas marginadas, excluidas social y económicamente. Esto significa potenciar el aprovechamiento de las computadoras y los celulares ya existentes en los hogares rurales, pero sin acceso a internet. Los resultados deberán ser evaluados en los próximos años.

Por último, es importante considerar que, los productores con mayores recursos tienen o tendrán mayor acceso a estos recursos, particularmente aquellos que implican costos elevados como maquinaria robótica y uso de drones, tecnología que para los pequeños productores será difícil adquirirla y adoptarla. Este tipo de productores tendrán en definitiva una calidad mejor de datos que les da la oportunidad de diseñar y establecer mejores estrategias, incluida la de evitar el riesgo de pérdida de información.

En el caso de los pequeños productores, sin embargo, el acceder a tecnología digital relativamente más barata como el uso de apps, un celular e internet, pueden permitirle contar con información asociada a insumos más baratos, precios mejores en su cosecha, información climática, establecer redes digitales de apoyo solidario en las cuales puedan vender, comprar, compartir e intercambiar (trueque). Para que esto sucede es necesario que el gobierno apoye al pequeño productor a financiar dichos recursos, además que su diseño deberá considerar sus características: reducida escolaridad, limitado internet, por lo cual deberán ser intuitivas y fáciles de usar.

6. Conclusión

En México y en otros países, el uso de tecnología digital ha permitido a los productores agrícolas hacer un uso racional de los recursos naturales, base de la producción agrícola, maximizar ganancias, reducir costos y tener un menor impacto ambiental. En nuestro país, ha sido los productores con mayores recursos quienes han hecho uso de ellas desde hace ya varias décadas. Sin embargo, la adopción por parte de los pequeños productores mexicanos aún sigue siendo un gran reto, ya que requiere considerar recursos necesarios (contar con infraestructura, desarrollo de software, adquisición de dispositivos, internet y capacitación para su uso y adopción). Las pocas experiencias que existen en este sentido, permiten tener una idea de que el uso de la tecnología digital por parte de los pequeños productores puede reconfigurar la actividad agrícola en las áreas más marginales, es decir que estas se conviertan en herramientas generadoras de condiciones de posibilidad para un desarrollo y empoderamiento socio productivo que conduzcan a un desarrollo agrícola.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense y al Colegio de Post-graduados Campus Campeche por las facilidades para desarrollar este trabajo de colaboración interinstitucional.

Declaratoria de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- Ali, J., y Kumar, S. (2011). Information and communication technologies (ICTs) and farmers' decision-making across the agricultural supply chain. *International Journal of Information Management*, 31(2), 149–159. <http://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2010.07.008>.
- Beduschi, L., Martínez, H., Quezada J., Ramírez, E., Rodríguez A., Rodrigues M., Sotomayor, O., y Wander, P. (2021). La agricultura digital en América Latina y la II necesidad de agendas sectoriales por país. En *Digitalización y cambio tecnológico en las mypimes agrícolas y agroindustriales en América Latina* (9-16). Impresiones Unidas.
- Behera, B.S., Das, T.K., Jishnu, K.J., Behera, R. A., Behera, A. C., y Jena, S. (2015). E-governance mediated agriculture for sustainable life in India. *Procedia Computer Science*, 48, 623–629. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2015.04.144>

- BID Lab (2020). *Mapa de innovación AgTech en América Latina y el Caribe*.
- BM [Banco Mundial] (2012). *Teléfonos Móviles y Aplicaciones marcan la diferencia en la vida de los agricultores pobres*. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2012/02/23/mobile-phones-and-apps-making-a-difference-in-the-Lives-of-poor-farmers>
- Bosh, M. (2012). Un futuro regional en construcción. *Newsletter* 18: 1-2. <https://www.cepal.org/socinfo/noticias/paginas/3/44733/newsletter18.pdf>
- Brossard, J. (2016). Hacia un modelo de inclusión digital rural Una mirada sobre América Latina y el caso de Chile. *Nueva Sociedad*, 262, 97-107. https://nuso.org/media/articles/downloads/6.TC_Brossard_262.pdf
- Cardoso, A., Boudreau, M.-C., y Carvalho, J. Á. (2019). Organizing collective action: Does information and communication technology matter? *Information and Organization*, 100256. <http://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2019.100256>.
- Casanova-Pérez, L. Martínez-Dávila, J.P., García-Alonso, F., De la Cruz-De la Cruz, E. (2019). Communication of climate change and generation of adaptive capacities among farmers in the sub-humid tropics. *Remexca*, 10(7), 1627-1639. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i7.1795>
- Carrillo-González G.M, Gómez-Ramírez J., y Vargas-Rosero E. (2007). La Metasíntesis: Una metodología de Investigación. *Revista de Salud Pública* 9(4): 609-617 <https://www.redalyc.org/articulo oa?id=42219060014>
- CEPAL [Comisión Económica para América Latina y el Caribe] (2020). *Universalizar el acceso a las tecnologías digitales para enfrentar los efectos del COVID-19*. Informe Especial Nro 7 Covid-19, Santiago.
- Cruz, S., y Aedo, M. (2021). Agricultura digital en El Salvador, VII Guatemala, Honduras y México. En *Digitalización y cambio tecnológico en las mypimes agrícolas y agroindustriales en América Latina* (123-163). Impresiones Unidas.
- Daum, T. (2018). *ICT Applications in Agriculture*. Elsevier. Dunnett, A., Shirasath, P.B., Aggarwal, P.K., et al., 2018. Multi-objective land use allocation modelling for prioritizing climate-smart agricultural interventions. *Ecological Modelling*, 381, 23–35. <http://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.04.008>
- Díaz-Bordenave, J. (2004) “De la información agrícola a la comunicación para el cambio social. En Cimadevilla, G; Carniglia, E. *Comunicación, ruralidad y desarrollo. Mitos, paradigmas y dispositivos para el cambio*. Ediciones INTA. Recuperado de 31 de mayo de 2020, de <https://geninternet.files.wordpress.com/2016/04/bordenave.pdf>
- Díaz C. (2018). Investigación cualitativa y análisis de contenido temático. Orientación intelectual de revista Universum. *Revista de Información y Documentación* 28(1): 119-142 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6680164>
- Eastwood, C. R., Edwards, J. P., & Turner, J. A. (2021). Review: Anticipating alternative trajectories for responsible Agriculture 4.0 innovation in livestock systems. *Animal*, 100296. <http://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100296>

- El Financiero. (2020). CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos tiene 450 puntos de conectividad instalados. 9 de diciembre 2020. Recuperado de <https://elfinanciero.com.mx/economia/ven-federalismo-fiscal-obsoleto-piden-reforma-integral-con-incentivos-para-estados>
- ENA. (2019). Encuesta Nacional Agropecuaria. INEGI. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/>
- ENDUTIH (2021)]. *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares*. INEGI. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2021/>
- Escartín, D., Marimon, A., Rius, A., Vilaseca X., y Vives A. (2020). Startup: Concepto y ciclo de vida. *Revista de Contabilidad y Dirección*. 10:13-21 https://accid.org/wp-content/uploads/2021/08/RCD30_Startups_cast-Startup-Concepto-y-ciclo-de-vida.pdf
- FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación]. (2015). *El uso de la tecnología de la información en la agricultura de las economías del Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC) y más allá. Foro Global sobre Seguridad Alimentaria*. Recuperado el 11 de febrero de 2020, de https://drive.google.com/drive/folders/1OKizaQPbHbQt8CF_nvZMviL9K2NGoWE7
- FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación]. (2020). *WaPOR, remote sensing for water productivity*. Recuperado el 19 de abril de 2020, de <http://www.fao.org/in-action/remote-sensing-for-water-productivity/en/>.
- FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación]. (2021). *Acción global para el control del gusano cogollero del maíz*. Aplicación móvil FAMEWS. <http://www.fao.org/fall-armyworm-faw-monitoring/famews-mobile-app/es/>
- FIA [Fundación para la Innovación Agraria]. (2008). *Programa de Tecnologías de información y comunicación aplicadas en el mundo rural*. FIA: Santiago de Chile. Recuperado de 21 de mayo de 2020, de http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/1916/Tecnologias_de_informacion_y_comunicacion_TICs_aplicadas_en_el_mundo_rural.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gobierno de México. (2019). *Internet para todos*. <https://www.gob.mx/internetparatodos>. Consultado 25 de junio de 2020.
- Gómez-Luna, E., Fernando-Navas D., Aponte-Mayor, G., y Betancourt-Buitrago, L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de la información de temas científicos a través de su estructuración y sistematización. *Dyna* 81(184):150.163. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49630405022.pdf>
- González, P.A., Rendón, R., Sangerman, D. M., Cruz, J.G., y Díaz, J. (2015). Extensionismo agrícola en el uso de tecnologías de la información y comunicación (TIC) en Chiapas y Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(1), 175-186. <http://doi.org/10.29312/remexca.v6i1.748>
- Hernández, D., y Uribe, C. P. (2019). *TIC para la investigación desarrollo e innovación para el sector agropecuario* 139 p. Colombia: Agrosaval Editorial. Recuperado el 27 de abril de 2020, de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34294>

- Hovhannisyan, T., Efendyan, P., y Vardanyan, M. (2018). Creation of a digital model of fields with application of DJI phantom 3 drone and the opportunities of its utilization in agriculture. *Annals of Agrarian Science*, 16(2), 177–180. <http://doi.org/10.1016/j.aasci.2018.03.006>.
- Huuskonen, J., y Oksanen, T. (2018). Soil sampling with drones and augmented reality in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 154, 25–35. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.039>.
- IICA – BID – Microsoft (2020). *Conectividad rural en América latina y El Caribe. Un puente al desarrollo sostenible en tiempos de pandemia*.
- IFR [International Federation of Robotics]. (2020). *Source and Methods. International Federation of Robotics*. Recuperado el 21 de junio de 2020, de https://ifr.org/downloads/press2018/WR%20Industrial%20Robots%202019_Chapter_1.pdf.
- INCyTU.2018. Agricultura de precisión. Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión, Nota INCyTU. Número 015 https://www.foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_18-015.pdf
- Ionita, A., Visan, M., Niculescu, C., y Popa, A. (2020). Smart Collaborative Platform for eLearning with Application in Spatial Enabled Society. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 2097–2107. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.676>
- ITU [International Telecommunication Union]. (2017). ICT Development Index 2017. Obtenido de <https://www.itu.int/net4/ITUD/idi/2017/> index.html
- Farming and Agriculture apps. (2020). Agriculture apps. <https://www.farms.com/agriculture-apps/search>
- GLOBALG.A.P. (2020). AGRIMEX. Software de última generación. <https://www.agri.mx/mexico>
- Jiménez, J.M., Rendón, R., Toledo, J.U., y Aranda, G. (2016). Las tecnologías de la información y comunicación como fuente de conocimientos en el sector rural. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15, 3063-3074. <http://doi.org/10.29312/remexca.v0i15.426>
- Kellengere Shankarnarayan, V., & Ramakrishna, H. (2020). Paradigm change in Indian agricultural practices using Big Data: Challenges and opportunities from field to plate. *Information Processing in Agriculture*. <http://doi.org/10.1016/j.inpa.2020.01.001>
- Kernecker, M., Busse, M., & Knierim A. (2021). Exploring actors, their constellations, and roles in digital agricultural innovations. *Agricultural Systems*, 186, 102952. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102952>
- Liu Xiao-Yua (2021). Agricultural products intelligent marketing technology innovation in big data era, *Procedia Computer Science*, 183: 648-654, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.02.110>.
- Marañón, B., y López, D. (2013). Una propuesta teórico-metodológica crítica para el análisis de las experiencias populares colectivas de trabajo e ingresos. Hacia una alternativa societal basada en la reciprocidad pp 8-25. Recuperado el 15 de enero de 2020, de <http://ru.iiec.unam.mx/2469/2/EconomiaSolidariaTexto.pdf>

- Martínez, M. (2018). Acceso y uso de tecnologías de la información y comunicación en México: factores determinantes. Paakat: *Revista de Tecnología y Sociedad*, 8(14), 1-18. <http://doi.org/10.18381/Pk.a8n14.316>
- Meza, E.2022. Tienes una solución tecnológica para ayudar a pequeños productores, este programa te otorga financiamiento. El Economista, publicado el 24 de febrero de 2022. Disponible <https://www.eleconomista.com.mx/el-empresario/Tienes-una-solucion-tecnologica-para-ayudar-a-pequeños-productores-este-programa-te-otorga-financiamiento-20220224-0153.html>
- Mosquera J. (2020). Agrobc: Gestión Descentralizada de Cadenas de Valor Agrícolas Usando Tecnología Blockchain. *Hamut'ay* 7(3):98-105. <http://dx.doi.org/10.21503/hamu.v7i3.2201>
- Munthali, N., Leeuwis, C., van Paassen, A., Lie, R., Asare, R., van Lammeren, R., & Schut, M. (2018). Innovation intermediation in a digital age: Comparing public and private new-ICT platforms for agricultural extension in Ghana. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*. <http://doi.org/10.1016/j.njas.2018.05.001>
- Nagel, J. (2012). Principales barreras para la adopción de las TIC en la agricultura y en las áreas rurales. Documentos de proyectos. ONU-CEPAL 54p. Recuperado el 13 de enero de 2020, de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/4011>
- Nagel, A. J. y Martínez, V. C. (2005). Visión fundada del acceso y uso de nuevas tecnologías de información de los agricultores. Centro para el Desarrollo de Capital Humano (CENDEC). 147 p. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=6541729&pid=S2007-0934201500010001500021&lng=es
- Novo-Corti, I., Varela-Candamio, L., García-Álvarez, y M. T. (2014). Breaking the walls of social exclusion of women rural by means of ICTs: The case of “digital divides” in Galician. *Computers in Human Behavior*, 30, 497–507. <http://doi.org/10.1016/j.chb.2013.06.017>
- Marinoudi, V., Sørensen, C. G., Pearson, S., y Bochtis, D. (2019). Robotics and labour in agriculture. A context consideration. *Biosystems Engineering*, 184, 111–121. <http://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.06.013>
- MasAgro. (2020). ¿Qué es MasAgro? Recuperado el 22 de junio de 2020, de <https://masagro.mx/es/#>
- Mogili, U. R., y Deepak, B. (2018). Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture. *Procedia Computer Science*, 133, 502–509. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.063>.
- Mora, M., Lerdon, J., Torralbo, L., Salazar, J., Boza, S., y Vásquez, R. (2012). Definición de las Brechas en el Uso de las Tic's para la Innovación Productiva en Pymes del Sector Pecuario Chileno J. *Journal of Technology Management & Innovation*, 7 (2), 171-183. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/jotmi/v7n2/art14.pdf>
- Munthali, N., Leeuwis, C., van Paassen, A., Lie, R., Asare, R., Lammeren, R., y Schut, M. (2018). Innovation intermediation in a digital age: Comparing public and private new-ICT platforms for agricultural extension in Ghana. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 86–87, 64–76. <http://doi.org/10.1016/j.njas.2018.05.001>

- O'Brien, K. L. and R. Leichenko, M. (2000). Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization. *Global Environmental Change* 10, 221-232. [http://doi.org/10.1016/S0959-3780\(00\)00021-2](http://doi.org/10.1016/S0959-3780(00)00021-2)
- Ortega, A. (2010). *El sistema CONFIANZA La confianza en el pensamiento de Niklas Luhmann*. Tesis de Maestría en Historia del Pensamiento. Universidad Panamericana. 99 p. México D.F. Recuperada el 15 de marzo de 2020, de <http://biblio.upmx.mx/tesis/123296.pdf>
- Palmer, N. (2012). Las TICs en la agricultura. Conectando a pequeños productores con conocimientos, redes e instituciones. En: *Las TIC y la agricultura en el contexto del 'crecimiento verde'*. FAO- The World Bank. Recuperado el 21 de abril de 2020, de <http://www.fao.org/3/a-aq000s.pdf>
- Patiño A y Rovira S. (2021). Agendas digitales sectoriales en América Latina y el Caribe: estimulando la productividad y la competitividad del sector agrícola y alimentario. En *Digitalización y cambio tecnológico en las mypimes agrícolas y agroindustriales en América Latina* (9-16). Impresiones Unidas.
- Petkovic, D. (2019). *E-Agriculture System by Object-Oriented Approach*. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering. <http://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.11589-9>
- Pino, E. (2019). Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. IDESIA 37: 75-84 <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v37n1/0718-3429-idesia-00402.pdf>
- Rijswijk, K., Klerkx, L., Bacco, M., Bartolini, F., Bulten, E., Debruyne, L., ... Brunori, G. (2021). Digital transformation of agriculture and rural areas: A socio-cyber-physical system framework to support responsibilisation. *Journal of Rural Studies*, 85, 79–90. <http://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.05.003>
- SADER. (2020). *Apps SADER*. Recuperado el 22 de junio de 2020, de <https://www.gob.mx/agricultura/acciones-y-programas/apps-sagarpa-120584>.
- Siva balan, K.C. (2016). Chapter 12. Robotic-Based Agriculture for Rural Renaissance: Drones and Biosensors. *Comprehensive Analytical Chemistry* Volume 74: 363-375 <https://doi.org/10.1016/bs.coac.2016.04.017>
- Silveria D. Franco, Lermen, F. H., Gocalvez, F. (2021). An overview of agriculture 4.0 development: Systematic review of descriptions, technologies, barriers, advantages, and disadvantages. *Computers and Electronics in Agriculture* 189: 106405. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106405>
- SCSglobalservices. (2020). *Certification Standards and Program Documents*. Recuperado el 28 de mayo de 2020, de <https://www.scsglobalservices.com/resources/certification-standards-and-program-documents>
- Schnebelin, É., Labarthe, P., & Touzard, J.-M. (2021). How digitalisation interacts with ecologisation? Perspectives from actors of the French Agricultural Innovation System. *Journal of Rural Studies*, 86, 599–610. <http://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.07.02>
- Somers, S., y Stapleton, L. (2012). *Rethinking e-Agriculture Innovation Using a Human Centred Systems Lens*. *IFAC Proceedings Volumes*, 45(10), 97–102. <http://doi.org/10.3182/20120611-3-ie-4029.00020>.

- Solidaridad Network (2020). Pioneers In Sustainable Coffee. <https://www.solidaridadnetwork.org/supply-chains/coffee>
- Solidaridad (2022). Acompañando a los productores en la adopción de herramientas digitales. En Línea. Disponible en <https://www.solidaridadsouthamerica.org/news/acomp%C3%A1nado-a-los-productores-en-la-adopci%C3%B3n-de-herramientas-digitales/>
- Sotomayor, O., A. Rodríguez, M. Rodrigues y P. Wander (2021). Digitalización del sistema alimentario de América Latina y el Caribe: estado del arte, tendencias y desafíos. En *CIDES, Ciudad del Saber y FAO. 2021. Sistemas Alimentarios en América Latina y el Caribe: Desafíos en un escenario pos-pandemia* (199-222). Panamá.
- Thirion J. M, Valle J.E. (2018). La brecha digital y la importancia de las tecnologías de la información y la comunicación en las economías regionales de México. *Realidad, Datos y Espacio Revista Internacional de Estadística*. Recuperado el 13 de abril de 2020, de https://www.inegi.org.mx/rde/rde_26/RDE25_art04.pdf
- Thornton, P.K., Whitbread, A., Baedeker, T., Cairns, J., Claessens, L., Baethgen, W., Bunn, C., Friedman, M., Giller, K.E., Herrero, M., Howden, M. Kilcline, K., Nangia, V., Ramirez-Villegas, J., Kumar, S., West, p. C., y Keating, B. (2018). A framework for priority-setting in climate smart agriculture research. *Agricultural Systems*, 167, 161–175. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.09.009>
- Trendov, N., Varas, S., y Zeng, M. (2019). *Tecnologías digitales en la agricultura y las zonas rurales documento de orientación*. FAO. <http://www.fao.org/3/ca4887es/ca4887es.pdf>
- UTZ Certified. (2020). *The UTZ standard*. Recuperado el 22 de junio de 2020, de <https://utz.org/what-we-offer/certification/the-standard/>.
- Westermann, O., Förch, W., Thornton, P., Körner, J., Cramer, L., y Campbell, B. (2018). Scaling up agricultural interventions: Case studies of climate-smart agriculture. *Agricultural Systems*, 165: 283–293. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.07.007>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
- Vázquez, E. (2019). La Estrategia Digital Nacional en el nuevo gobierno. Recuperado de <https://ugob.com/la-estrategia-digital-nacional-en-el-nuevo-gobierno/>.
- Vázquez-Palacios, F. (2007). Envejeciendo entre las viejas y nuevas ruralidades. *Intersticios Sociales*, 5, 1-29. Recuperado el 21 de marzo de 2020, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ins/n5/n5a7.pdf>
- Vilaboa I. 2018. Agricultura de precisión, la nueva alternativa sustentable. *Conecta. Tecnológico de Monterrey*. Disponible en <https://conecta.tec.mx/es/noticias/veracruz/educacion/agricultura-de-precision-la-nueva-alternativa-sustentable-opinion>