

El sector agroalimentario mexicano y las nuevas tecnologías

The Mexican agri-food sector and new technologies



Juan Manuel Vargas-Canales^{1,2}

Fecha de recepción: 31 de marzo, 2022
Fecha de aprobación: 11 de julio, 2022

Vol.8 N° 2 Julio- diciembre 2022

Vargas-Canales, J. (2022). El sector agroalimentario mexicano y las nuevas tecnologías. Revista e-Agronegocios, 8(2). <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/eagronegocios/article/view/6156>

 DOI: <https://doi.org/10.18845/ea.v8i2.6156>

1 Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México.
2 Colegio de Postgraduados, Estado de México, México.
Correo: jm.vargas@ugto.mx
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1918-9395>



Resumen

En el sector agroalimentario en la actualidad se habla de la agricultura 4.0 y 5.0, que consiste en incluir e integrar los últimos desarrollos basados en tecnologías digitales. Sin embargo, para poder adoptarlas se requiere contar con capacidades tecnológicas previas e infraestructura. En ese sentido, el objetivo de esta investigación fue identificar el potencial del sector agroalimentario mexicano para la adopción de las tecnologías digitales en el sector agroalimentario. Para lo anterior, se utilizó el método de investigación documental y la información sobre las variables analizadas se obtuvo de la Encuesta Nacional Agropecuaria 2019.

En cuanto a resultados destaca que las tecnologías informáticas y de comunicación tienen promedio nacional de uso de 37.69 %, el uso de computadora presenta un promedio nacional de 5.57 %, el uso de internet 7.88 %, el uso de teléfono celular un 88.13 %, destaca como la tecnología más difundida y utilizada en el sector. El nivel educativo es muy bajo y aún persiste una gran parte de población que no cuenta con ningún tipo de estudios. Respecto a la disponibilidad de crédito es importante resaltar que las solicitudes son muy bajas y que la mayoría de las solicitudes de crédito realizadas son aprobadas, lo que sugiere que existe una buena disponibilidad.

Los resultados anteriores sugieren que el sector agroalimentario mexicano tiene un bajo potencial para la adopción de las nuevas tecnologías. En ese sentido, es importante generar más información y conocimiento sobre el tema, para generar políticas acordes a las nuevas realidades del sector que se encuentra en constante cambio y transformación.

Palabras clave: agricultura 4.0 y 5.0, agricultura inteligente, cambio tecnológico, ciencia y tecnología, políticas agroalimentarias.

Abstract

In the agri-food sector, there is currently talk of agriculture 4.0 and 5.0, which consists of including and integrating the latest developments based on digital technologies. However, in order to adopt them, technological capabilities and prior infrastructure are required. In that sense, the aim of this research was to identify the potential of the Mexican agri-food sector for the adoption of digital technologies in the agri-food sector. The potential for adopting new technologies is linked to the characteristics of the production units in the agri-food sector. For the above, the documentary research method was used and the information on the variables analyzed was obtained from the Encuesta Nacional Agropecuaria 2019.

In terms of results, it stands out that computer and communication technologies have a national average of use of 37.69 %, the use of computers presents a national average of 5.57 %, the use of internet 7.88 %, the use of cell phone 88.13 %, stands out as the most widespread and used technology in the sector. The educational level is very low and there is still a large part of the population that does not have any kind of education. Regarding the availability of credit, it is important to highlight that the requests are very low and that most of the credit requests made are approved, which suggests that there is good availability.

The above results suggest that the Mexican agri-food sector has low potential for the adoption of new technologies. In this sense, it is important to generate more information and knowledge on the subject, to generate policies in accordance with the new realities of the sector that is in constant change and transformation.

Keywords: agriculture 4.0 and 5.0, smart agriculture, technological change, science and technology, agri-food policies.

Introducción

En la actualidad nuestra sociedad enfrenta problemas muy complejos derivados principalmente del modelo de desarrollo dominante, cada vez nos afectan más y son más frecuentes. Es importante mencionar que paulatinamente se ha desarrollado más conciencia sobre las constantes crisis ocasionadas por problemas ambientales, económicos, sociales y de salud. En ese mismo sentido, hay consenso en la comunidad científica en que el modelo actual puede derivar en una catástrofe ambiental en el largo plazo (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2016). Además, las tendencias demográficas mundiales como lo son el crecimiento demográfico, envejecimiento de la población, pobreza, migración y urbanización tienen importantes implicaciones para el desarrollo económico, social y para la sostenibilidad ambiental (United Nations, 2019).

Lo anterior tiene sus orígenes en el siglo XX que se caracterizó por ser un periodo de expansión económica sin precedentes y se visualizaba como el estado natural de las cosas, en el cual, el crecimiento de la población no era concebido como un problema (Bardi, 2014). Ante estas problemáticas mundiales es necesario desarrollar nuevas formas de comprender y analizar los fenómenos para poder generar o plantear nuevas soluciones. Es decir, es necesario desarrollar una profunda reconfiguración de todas nuestras relaciones económicas, sociales, políticas, culturales y ambientales. El sector agroalimentario no es la excepción y han surgido novedosas tecnologías, que se han desarrollado principalmente en otros sectores, y se han adaptado muy bien. Por ejemplo, el uso de sensores para monitorear los cultivos, drones para realizar algunas actividades de monitoreo y aplicación de agroquímicos y robots o máquinas robóticas para realizar actividades que ponen en riesgo la integridad física del ser humano (Guzev et al., 2021; Kovács & Husti, 2018; Saiz-Rubio & Rovira-Más, 2020).

En ese sentido, el uso, adopción y aprovechamiento de las nuevas tecnologías en el sector agroalimentario genera buenas expectativas sobre el futuro de la producción de alimentos. Sin embargo, la difusión de las tecnologías digitales en la sociedad introduce un cambio disruptivo. Algunos estudios indican que, a pesar de los beneficios que se podrían obtener, la tasa de adopción, por ejemplo, en el caso de la agricultura inteligente, no ha sido uniforme en algunos países (Pivoto et al., 2019). Lo anterior debido principalmente a que la adopción de estas tecnologías requiere más años de educación formal por parte de la población, asesoría, capacitación y experiencia sobre su uso, y en algunos casos una mayor escala de producción y altos niveles de inversión de capital. Lo que nos obliga a reflexionar sobre las distintas trayectorias tecnológicas que se están dando en todos los sectores económicos. Además, es conveniente analizar las implicaciones sociales, éticas, políticas, culturales y ambientales asociadas con la digitalización (Lioutas et al., 2021). En el sector agroalimentario este tipo de reflexiones y su análisis son escasos y en el caso de México casi inexistentes.

Así mismo, la agricultura a través de su historia ha experimentado una serie de revoluciones tecnológicas que han incrementado la eficiencia, el rendimiento y la rentabilidad a niveles an-

tes inalcanzables. Sin embargo, los pronósticos sobre los mercados para el próximo decenio sugieren que una "revolución agrícola digital" será el cambio más novedoso que podría ayudar a conseguir que la agricultura satisfaga las necesidades de la población mundial (Trendov et al., 2019). Es importante mencionar que en el sector agrícola la ciencia y la tecnología se ha desarrollado de una forma impresionante y ha logrado minimizar, y en algunos casos eliminar, el efecto de los factores relacionados con las condiciones ambientales y la dotación de recursos (Vargas Canales et al., 2021) como lo es el caso de la agricultura protegida o en ambientes controlados. Por ejemplo, la actividad agrícola, pecuaria y pesquera mexicana a lo largo de 2020, transitó en un entorno adverso, condicionado por el efecto de las medidas de distanciamiento social en el territorio nacional y en las naciones con las cuales mantiene un estrecho intercambio comercial de estos bienes. No obstante, con distintos matices sectoriales, el sector agroalimentario registró, en general, un comportamiento productivo favorable (SIAP, 2021).

Por otra parte, todos los países, empresas y mercados se verán afectados por la transformación digital. Sin embargo, no todos los países innovan de la misma manera, ni cuentan con infraestructuras y consensos sociales para generar confianza e información para que las personas y las organizaciones gestionen los riesgos de seguridad y privacidad digital (Casalet, 2020). En ese sentido, el futuro de la agricultura podría tomar dos caminos, uno visto como un sistema cerrado, con poca tecnología digital, con el enfoque de tecnología apropiada y vinculado a circuitos cortos de mercado. El otro, un sistema abierto e intensamente interconectado mediante las tecnologías digitales y vinculado a los mercados internacionales. En ese sentido, el desarrollo y uso de la infraestructura de datos y aplicaciones (plataformas) y su integración institucional jugarán un papel crucial (Wolfert et al., 2017).

De ahí que, la agricultura inteligente, por ejemplo, es un concepto relativamente nuevo que se refiere al uso de la tecnología de la información y la comunicación en la gestión agrícola, se centra en la productividad, la rentabilidad y la conservación de los recursos naturales (Pivoto et al., 2019) y se espera que se consolide en el sector en los próximos años. El alto potencial de las aplicaciones digitales para la agricultura genera muchas expectativas sobre el futuro de la producción de alimentos. Algunos ven la inteligencia que ofrecen las herramientas digitales como una forma de resolver el aún urgente problema de los alimentos. Un aspecto cada vez más importante considerando el crecimiento de la población, el cambio climático y el agotamiento de recursos naturales.

En ese mismo sentido, para lograr un crecimiento continuo y un nivel de competitividad único, las empresas deben amentar su nivel de conocimientos para desarrollar capacidades tecnológicas con el fin de acelerar la transformación a industrias intensivas en tecnología (Lin & Lai, 2021). En diversos ámbitos de la literatura económica, se ha hecho hincapié en el papel de las capacidades productivas y tecnológicas como motores importantes de la exportación, el crecimiento y el desarrollo (Vergara, 2021). Sin embargo, hay un número insuficiente de estudios sobre el papel mediador de la capacidad tecnológica en esta relación (Aydin, 2021). A pesar de que desde hace mucho tiempo los conocimientos y habilidades necesarios para que las empresas elijan, instalen, operen, mantengan, adapten, mejoren y desarrollen tecnologías se

considera vital (Lis & Rozkwitalska, 2020). En este caso, se entiende por capacidades tecnológicas como los conocimientos, experiencias, habilidades e infraestructura disponible para hacer un uso efectivo de la ciencia, la tecnología y crear innovación.

De ahí que, en la actualidad la capacidad de innovar y adoptar tecnologías por una empresa, sector, región o país es indispensable para adaptarse a los cambios y transformaciones cada vez más constantes en la economía mundial. En ese sentido, son múltiples los beneficios que se han documentado sobre las nuevas tecnologías en casi todos los sistemas de producción (Porcelli, 2020), sin embargo, para poder adoptarlas se requiere contar con una capacidad tecnológica previa como contar con: tecnologías informáticas y de comunicación, habilitadores como internet, teléfono celular, redes sociales, instrucción, alfabetización y/ o conocimientos sobre el uso y manejo de tecnologías digitales, cultura agroempresarial y de innovaciones digitales, disponibilidad de créditos para impulsar la adopción de tecnologías digitales y políticas y programas para facilitar la agricultura digital (Trendov et al., 2019). Derivado de lo anterior, la pregunta de investigación que orientó este trabajo fue ¿Cuál es el potencial que tiene México para implementar de forma masiva las nuevas tecnologías de la agricultura 4.0 y 5.0 en el sector agroalimentario? A manera de hipótesis se planteó que las tecnologías e infraestructura disponible en el sector agroalimentario de México para su implementación es limitada. En ese sentido, el objetivo de la investigación fue identificar el potencial que tiene México para la adopción de las tecnologías digitales en el sector agroalimentario.

Referente teórico

En la actualidad y de forma general, la concepción artefactual o instrumental de la tecnología es la concepción más arraigada en la sociedad. Se considera que las tecnologías son simples herramientas o dispositivos construidos para una diversidad de tareas (González et al., 1996). Se trata de una idea según la cual la tecnología tiene como resultado productos de naturaleza material, que se manifiestan en los artefactos tecnológicos considerados como máquinas. Es decir, lo tecnológico sería lo relativo a la moderna producción de bienes materiales que la sociedad demanda (Osorio, 2003). Esta imagen artefactual implica separar a los objetos tecnológicos del entramado social donde se desarrolla. Bajo esta perspectiva, se considera que las tecnologías son productos neutros, inocuos, objetivos y sólo responden a las necesidades y criterios de la utilidad y eficacia.

Por otro lado, desde el enfoque de los Estudios Sociales de la Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), es posible hacer una lectura muy diferente de los mismos objetos tecnológicos. De no ser así, se caería en una ingenuidad de tono acritica, por muchos compartida, al ignorar que la tecnología es un sistema de acciones en donde se plasman intereses sociales, económicos y políticos de aquellos que la diseñan, desarrollan, financian y controlan (Osorio, 2003). Lejos de ser neutrales, las tecnologías dan un contenido real al espacio de vida en que son aplicadas, validando ciertos fines, negando e incluso destruyendo otros (Winner, 1979).

En ese sentido, la tecnología está lejos de ser neutral, inocua y objetiva dado que se desarrolla a partir de un contexto social y se corresponde a una forma particular de ver y entender el mundo, por tal motivo, el desarrollo y la incorporación de la tecnología dependen de las bases sociales y políticas de una sociedad con características, objetivos e intereses específicos. Esto explica que en la generación de nuevas tecnologías siempre se presenten crisis y tensiones (Cáceres et al., 1997). Además, como lo menciona Reddy (1979), la tecnología contiene el código genético de la sociedad en la que fue desarrollada, bajo la intencionalidad que fue creada y cuando existen las condiciones favorables para su crecimiento y desarrollo tiende a replicar las intencionalidades de la sociedad que le dio origen. Así mismo, dado que el origen de la tecnología está basada en los principios y valores de la sociedad que la genera es importante tener en cuenta que, cuando se transfieren tecnologías; se transmiten formas culturales, modos de relación humana, visiones de vida, etcétera (Herrera, 1978). La importancia de lo anterior radica en que no se saben los efectos e impactos del desarrollo científico y tecnológico que genera en cuestiones sociales, políticas, económicas, culturales y ambientales.

Derivado de lo anterior, para entender y explicar el cambio tecnológico y la innovación, es necesario combinar la teoría económica y sociológica. En lo que respecta al análisis de la adopción y difusión de innovaciones en el sector agroalimentario existen dos grandes tradiciones (Monge y Hartwich, 2008). La tradición sociológica en la que la difusión de innovaciones se asemeja a un proceso de contagio epidémico, en virtud del cual la decisión del agente adoptador (cierto productor o empresa) conlleva a la adopción posterior de otros que están en contacto, o son influidos directa o indirectamente, por aquel. Se trata de un proceso que inicia lento hasta que se logra alcanzar un cierto número de adoptadores capaz de acelerar el proceso decisorio de sus restantes adoptadores. El proceso se da básicamente mediante la interacción entre actores, en tanto que los esfuerzos de los agentes externos tienen efecto sobre la toma de decisiones de una minoría de productores, los pioneros e innovadores, son más receptivos a las novedades externas (Rogers, 1995).

Por otra parte, entre especialistas de economía agrícola surgió una tradición de estilo individualista, de acuerdo con la cual los agentes toman la decisión de adoptar con base en las utilidades que podrían obtener de su implementación en sus sistemas de producción. Para ello, cada actor analiza de forma racional los costos y beneficios esperados antes de decidir; y como existe una enorme heterogeneidad en las características individuales y las limitaciones que cada productor enfrenta, es de esperar una dispersión similar en su toma de decisiones (Griliches, 1957). Esta tradición asumió un papel dominante en el estudio de la innovación agrícola, dando respaldo teórico y empírico a muchas de las políticas, programas y sistemas que han tenido lugar en algunos países a fin de promover el cambio tecnológico entre los productores y el desarrollo agrícola en general (Monge y Hartwich, 2008).

En consecuencia, la literatura tradicional sobre difusión de la innovación ha estado dominada, principalmente, por los modelos anteriormente mencionados de comportamiento y tendencias agregadas. Sin embargo, el paradigma del modelo basado en la interacción de los agentes está ganando popularidad, ya que captura la heterogeneidad de los agentes, permite

el modelado detallado de las interacciones mediadas por redes en los territorios. En la actualidad se ha dado una especie de fusión de ambas teorías. Es decir, se combinan se integra el modelado de los agentes mediante redes y sistemas de innovación y el análisis de los beneficios que se obtienen del uso de la tecnología, por lo que en la actualidad son complementarias (Vargas-Canales, Palacios-Rangel, et al., 2022).

Simultáneamente, es conveniente aclarar que, desde el determinismo tecnológico, la tecnología define los cambios sociales y desde el determinismo social, la tecnología es solo una construcción social sin capacidad de autonomía ni de generar cambios. Sin embargo, desde la Teoría del Actor Red se rompe con esa dicotomía y considera la tecnología como el resultado de un entramado sociotécnico. Es decir, para el desarrollo de cualquier tecnología se requiere la interacción de múltiples agentes, procesos, artefactos, entre otros que son quienes posibilitan su desarrollo, adopción y transformación. La tecnología es el agente quien configura ese entramado social y en esa hibridación (humano, no humano) van determinando el rumbo de las trayectorias que se deben seguir. Lo anterior debido a que los artefactos tecnológicos empiezan a tener otros significados, capacidad de vincular a otros actores, cierta autonomía y son capaces de reconfigurarse y resignificarse. Este tipo de planteamientos cada vez son más importantes debido a que permiten desarrollar un análisis más reticular sobre los nuevos ensamblajes que se están dando entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (Vargas-Canales, Orozco-Cirilo, et al., 2022).

Por otra parte, existe un conflicto entre el desarrollo científico y tecnológico y la sobre explotación de los recursos naturales. Lo anterior plantea una paradoja: por un lado, se desarrollan tecnologías que permiten aumentar la eficiencia y optimización en todos los procesos, lo que puede redundar en una reducción de los impactos ambientales. Por otro lado, aumenta la posibilidad de apropiación y transformación de la naturaleza, principalmente por la explotación intensiva de los recursos, tanto tradicionales (hierro, carbón, petróleo) como nuevos (tierras y minerales raros como el litio), y la creciente generación de nuevos residuos contaminantes (Mercado et al., 2022). Diversos autores comparten la idea de que con las nuevas tecnologías se podrían aumentar la producción de alimentos para lograr la seguridad alimentaria y desarrollar sistemas alimentarios sostenibles (Cobby Avaria, 2020; Parra-López et al., 2021; Rijswijk et al., 2021; Rotz et al., 2019). Sin embargo, también coinciden en que se requiere desarrollar más evidencias sobre sus impactos, diseñar programas de capacitación sobre su uso, políticas de fomento e integración, entre otros temas cruciales. Adicionalmente, es conveniente modificar la dinámica de desarrollo económico mundial actual, porque si bien es cierto que el desarrollo científico y tecnológico permite optimizar el uso de los insumos y recursos, de continuar con esa dinámica de crecimiento y altamente consumista, sin duda el resultado será catastrófico en el corto tiempo.

En síntesis, no solo dependen de la interacción y de la racionalidad humana, sino que es indispensable contar con la acumulación de conocimientos, capacidades y habilidades previas y de forma individual (con niveles de escolaridad, años de experiencia, edad, tamaño de las unidades de producción, entre otras variables), se requiere de entender las dependencias,

complementariedades y complejidades de las nuevas realidades para lograr una adopción tecnológica efectiva. En la actualidad ninguna tecnología por sí sola podría ser eficiente y eficaz para satisfacer las necesidades humanas (Cobby Avaria, 2020). Derivado de lo anterior, para adoptar las nuevas tecnologías de la agricultura 4.0 y 5.0 es necesario primero contar con infraestructura y otras tecnologías como son las tecnologías de la información y la comunicación, internet, computadora, telefonía, instrumentos de apoyo como créditos y políticas agroalimentarias que fomenten su adecuada adopción y uso.

Metodología

Se utilizó el método de investigación documental, que consiste básicamente en la búsqueda, análisis e interpretación de datos obtenidos mediante fuentes secundarias. El enfoque de la presente investigación fue predominantemente cuantitativo. Se trabajó con un diseño no experimental de tipo transversal y descriptivo. Es decir, se trata de profundizar en la situación actual del objeto y sujeto de estudio. La obtención de la información se realizó en fuentes secundarias oficiales y se obtuvo de las bases de datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019, que realiza el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de México.

Conviene aclarar que, se trataron de ubicar los datos y variables que más se acercan o aproximan al objetivo de la investigación. La información sobre las variables relacionada con la adopción de las nuevas tecnologías es escasa y no se encuentra actualizada. La ENA 2019 presenta información de los principales productos agropecuarios de México (24 agrícolas y 5 pecuarios), así como de las características de las unidades de producción que intervienen en la producción de estos (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2021) y la información se aproxima a las variables identificadas como claves para la transformación digital del sector agroalimentario.

En ese sentido, existen varias condiciones que determinan la transformación digital de la agricultura en diferentes contextos, por ejemplo, de las variables más importantes podrían mencionarse contar o hacer uso de las siguiente: 1) tecnologías informáticas y de comunicación, 2) habilitadores como internet, teléfono celular, redes sociales, 3) instrucción, alfabetización y/ o conocimientos sobre el uso y manejo de tecnologías digitales, 4) cultura agroempresarial y de innovaciones digitales, 5) disponibilidad de créditos para impulsar la adopción de tecnologías digitales y 6) Políticas y programas para facilitar la agricultura digital (Trendov et al., 2019).

Derivado de lo anterior, se determinó analizar dichas variables o en el caso de no contar con las variables exactas se analizaron las que más de aproximan a lo encontrado en la literatura. La primera variable de análisis fue el uso de tecnologías informáticas y de comunicación en las actividades agropecuarias por entidad federativa de forma agregada. Es decir, incluye el uso de computadoras, internet, entre otros. Lo anterior debido a que se entiende por tecnologías informáticas y de comunicaciones como el conjunto de equipos, sistemas, medios y procedimientos utilizados para la comunicación, procesamiento y almacenamiento de la información y está conformado por computadoras, internet, teléfonos inteligentes, entre otros

dispositivos (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2021).

Posteriormente, se realizó un análisis del uso de la computadora, el internet y el uso del teléfono celular por separado para obtener mayor claridad del comportamiento de su uso. Es conveniente mencionar que este tipo de tecnologías están siendo usadas para las actividades relacionadas con la operación y funcionamiento de los agronegocios. Con respecto a la instrucción y/o alfabetización sobre el uso de tecnologías digitales se obtuvo a partir del nivel de estudios de quien se encarga de la administración y gestión las unidades de producción en México. Es conveniente mencionar que corresponde al último grado de estudios, dentro del sistema de educación académico formal. En relación con la disponibilidad de créditos, se consideró el porcentaje de unidades de producción que solicitaron crédito o préstamo para realizar actividades agropecuarias y de las que lo obtuvieron. Lo anterior entendido como el recurso recibido por la unidad de producción para el financiamiento de la producción agrícola, ganadera o forestal. Además, se identificaron las principales fuentes de financiamiento.

Finalmente, es importante mencionar que la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019 presenta una metodología muy clara y explícita sobre la obtención de la información (vease Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2021) y de forma general a continuación se expone sobre las unidades de muestreo, el marco de muestreo, el esquema de muestreo y el tamaño de la muestra. Con respecto las unidades de muestreo fueron definidas como las unidades económicas conformadas por uno o más terrenos ubicados en el mismo municipio y en donde al menos en alguno de ellos se realizan actividades agropecuarias o forestales, bajo el control de una misma administración.

El marco de muestreo se integró de dos fuentes, una para productos agrícolas y la otra para productos pecuarios. Además, se realizó una estratificación; para los productos agrícolas, la variable de interés para la estratificación fue la superficie sembrada en hectáreas, según las características del cultivo, de cuatro a seis estratos. Para los productos pecuarios se empleó la variable de número de cabezas de ganado. El esquema de muestreo fue probabilístico estratificado con selección aleatoria simple dentro de cada dominio de estudio. Por último, el tamaño de muestra se calculó de forma independiente para cada dominio de estudio, tomando un nivel de confianza del 95 %, un error relativo del 9 % y una tasa de no respuesta esperada del 30 %.

Resultados

De forma general los resultados permiten identificar una visión sobre la situación del sector agroalimentario mexicano en relación con sus capacidades tecnológicas para la adopción de las nuevas tecnologías que están surgiendo. En cuanto al uso de tecnologías informáticas y de comunicación el promedio nacional de uso en el sector agroalimentario es de 37.69 %. Esta es una de las variables más importantes para la adopción de las nuevas tecnologías y destacan los estados del norte del país con los niveles más altos con casi el 90 % de las unidades de

producción que utilizan esta tecnología. Los estados del centro y sur del país presentan los niveles más bajos. Lo sorprendente es que algunos estados del centro del país que mantiene cercanía con los mayores centros de concentración de los servicios están muy bajos como en el caso de Querétaro, Ciudad de México, Tlaxcala y Estado de México (Figura 1).

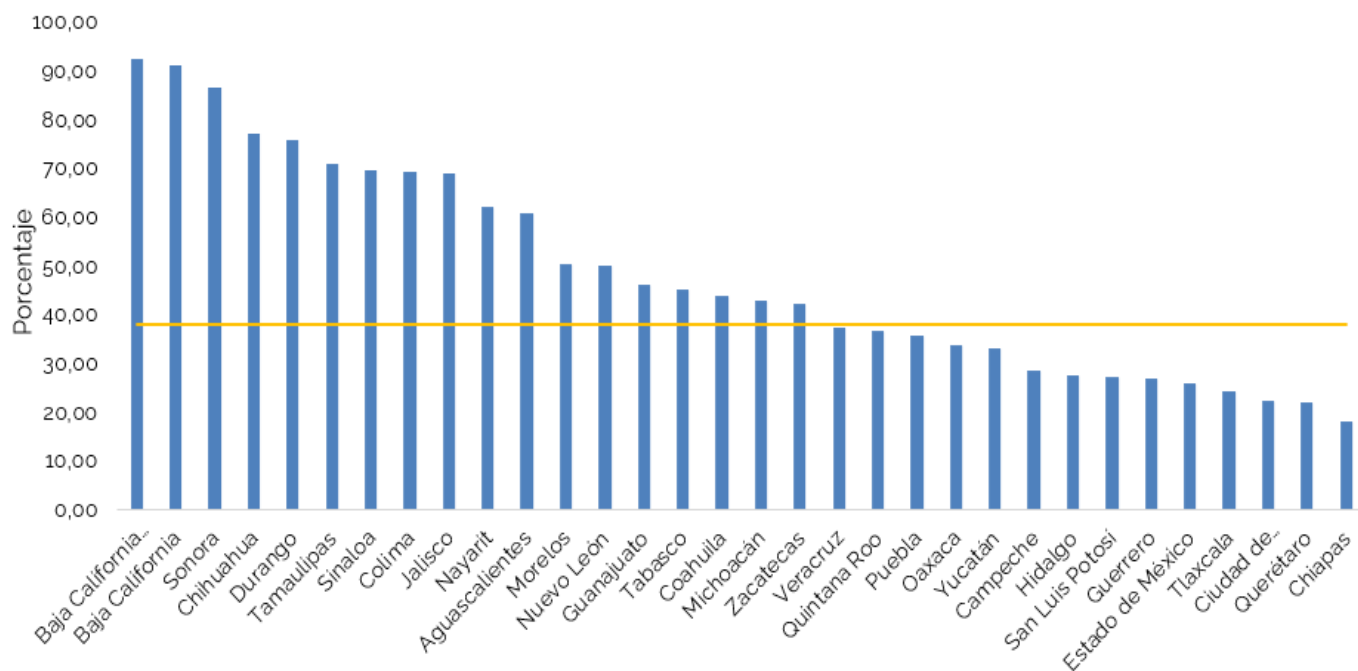


Figura 1. Unidades de producción con uso de tecnologías informáticas y de comunicación en las actividades agropecuarias en México.

Fuente. Elaboración propia con datos colectados por la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019.

El uso de computadora es otra tecnología importante que se vincula mucho la agricultura digital, en general, es muy bajo en todo el país, con un promedio nacional de 5.57 %. Cuatro estados son los que más utilizan las computadoras en sus actividades cotidianas: Baja California, Baja California Sur, Sonora y la Ciudad de México. Existe otro grupo importante que se encuentra un por arriba de la media y está integrado por estados mayormente del norte y centro del país. Además, existe un tercer grupo que integrado por estados del centro y sur de país muy bajos como el caso del estado de Hidalgo y Tlaxcala que no llegan ni al 2 % (Figura 2).

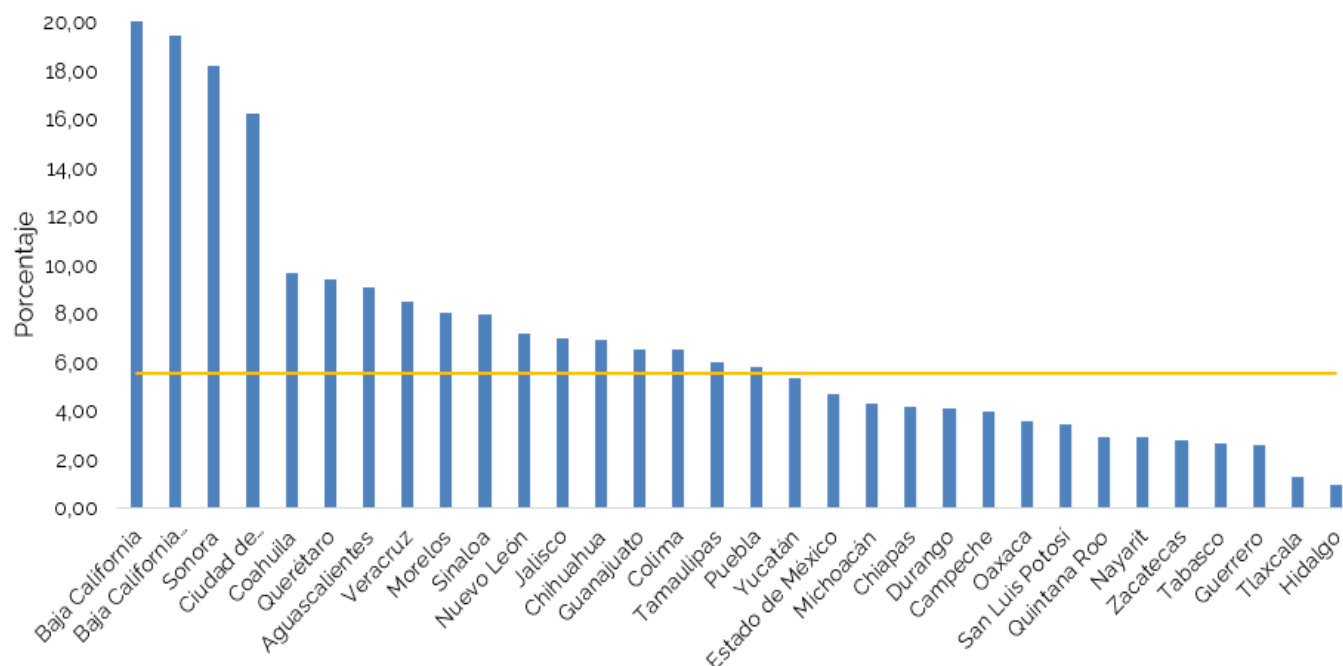


Figura 2. Unidades de producción con uso de tecnologías informáticas y de comunicación en las actividades agropecuarias en México.

Fuente. Elaboración propia con datos colectados por la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019.

Con respecto al uso de internet presenta porcentajes muy bajos con un promedio nacional del 7.88 % y con tendencias similares al uso de computadoras. Esta es una de las tecnologías básicas que permiten conexión e intercambio de información y se relaciona con el uso de sensores, Internet de las cosas, Big Data y en general con el uso masivo de datos. En este rubro destacan algunos estados del norte, centro y sur de país, lo cual cambia las tendencias anteriores al aparecer Coahuila, Quintana Roo y Ciudad de México. Por otra parte, es posible observar que la mayor parte de los estados de la República Mexicana tienen características similares y es por eso por lo que se aproximan mucho a la media nacional. Los estados con más bajos niveles coinciden en la mayoría de los casos con las otras variables de análisis (Figura 3).

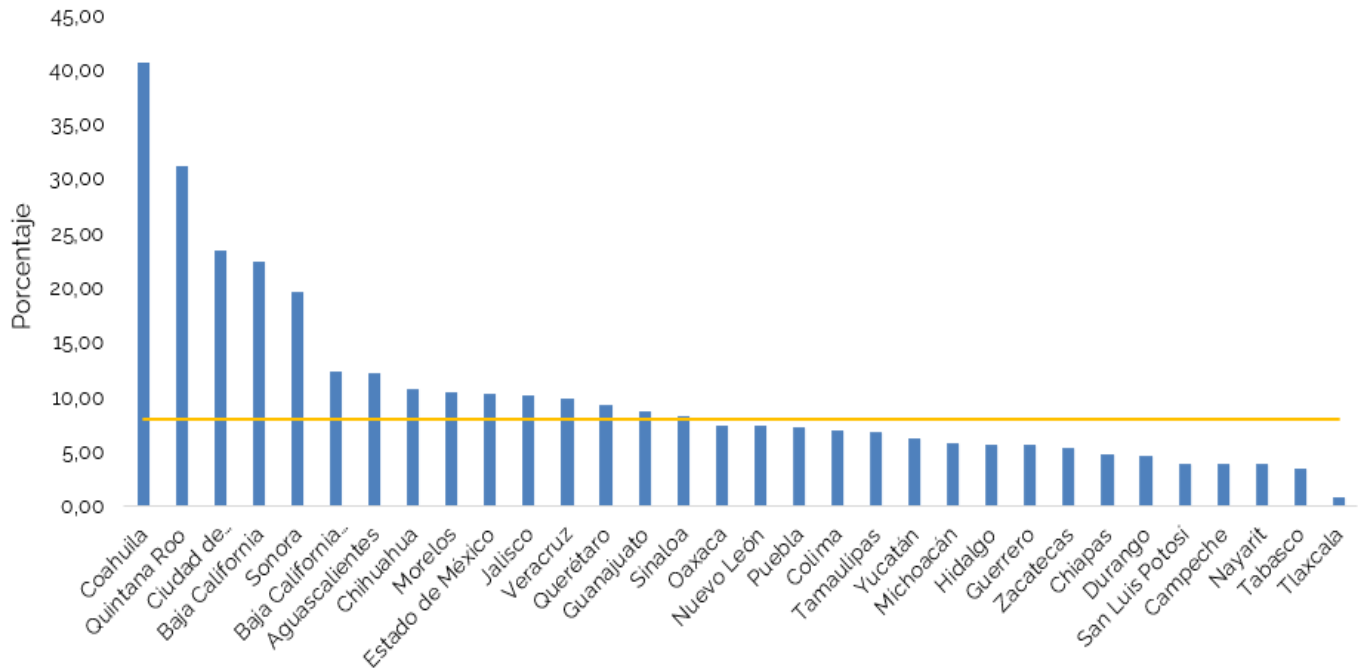


Figura 3. Unidades de producción con uso de internet en las actividades agropecuarias en México.

Fuente. Elaboración propia con datos colectados por la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019.

Por otro lado, en el uso del teléfono celular relacionado con las actividades agropecuarias se percibe de forma muy clara una tendencia distinta a las variables anteriores. Mediante el uso de teléfono celular las unidades de producción establecen comunicación con otros productores e intercambian información, conocimiento e incluso acceden a algunas plataformas digitales. El promedio nacional de su uso es del 88.13 % y destaca como la tecnología más difundida y utilizada en el sector. En algunos estados el uso de telefonía celular vinculada al sector agroalimentario se aproxima al 100 % como es el caso de Yucatán, Chihuahua y Tamaulipas. Es conveniente mencionar que en toda la República Mexicana se tiene un porcentaje alto de su uso. Aunque existen estados que presentan niveles bajos no son inferiores al 70 % (Figura 4).

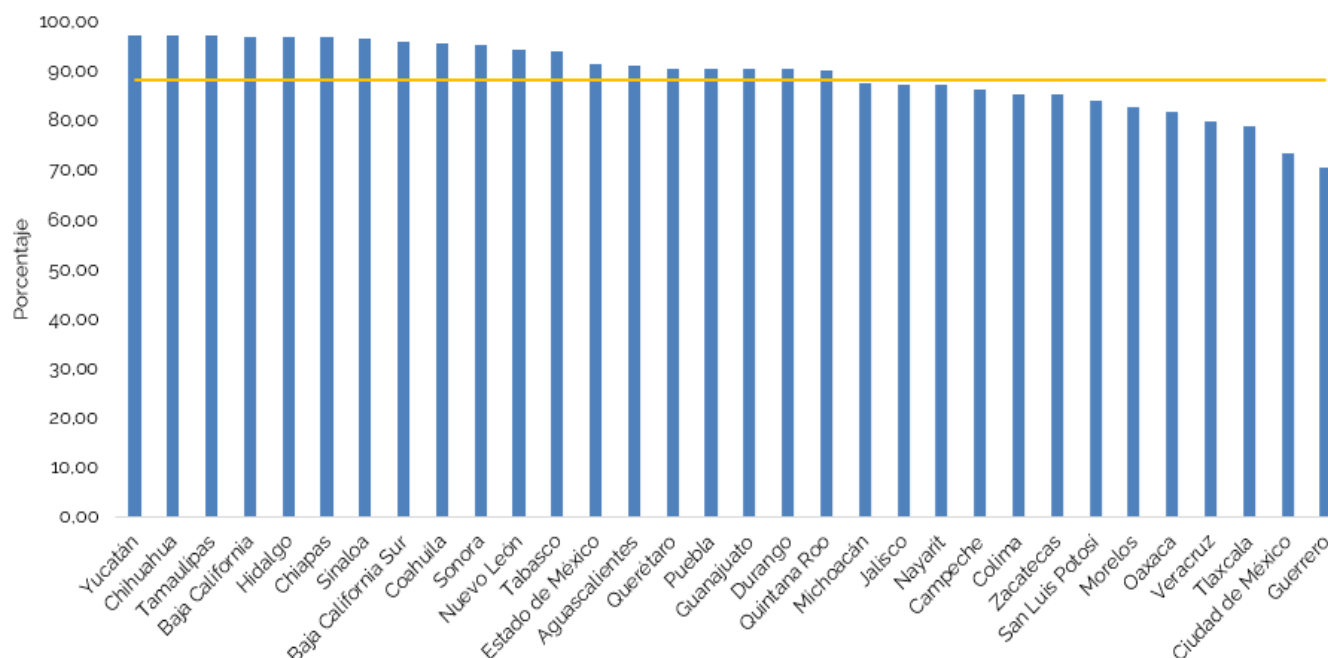


Figura 4. Unidades de producción con uso de teléfono celular en las actividades agropecuarias en México.

Fuente. Elaboración propia con datos colectados por la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019.

Por otra parte, es importante realizar un acercamiento a la instrucción, alfabetización y/ o conocimientos sobre el uso y manejo de tecnologías digitales, en este caso para lo anterior se analizaron los niveles de educación de la población que se encarga de la administración y gestión de los agronegocios. En ese sentido, es importante mencionar que el nivel de educación eson muy bajo en el sector agroalimentario, pese a que en los últimos años se ha dado un incremento importante. Destaca el nivel de primaria con un 57 % y aún persiste una gran parte de población que no cuenta con ningún tipo de estudios (15 %). Los niveles posteriores de educación descienden drásticamente y si hablamos de niveles de posgrado prácticamente es inexistente (Figura 5).

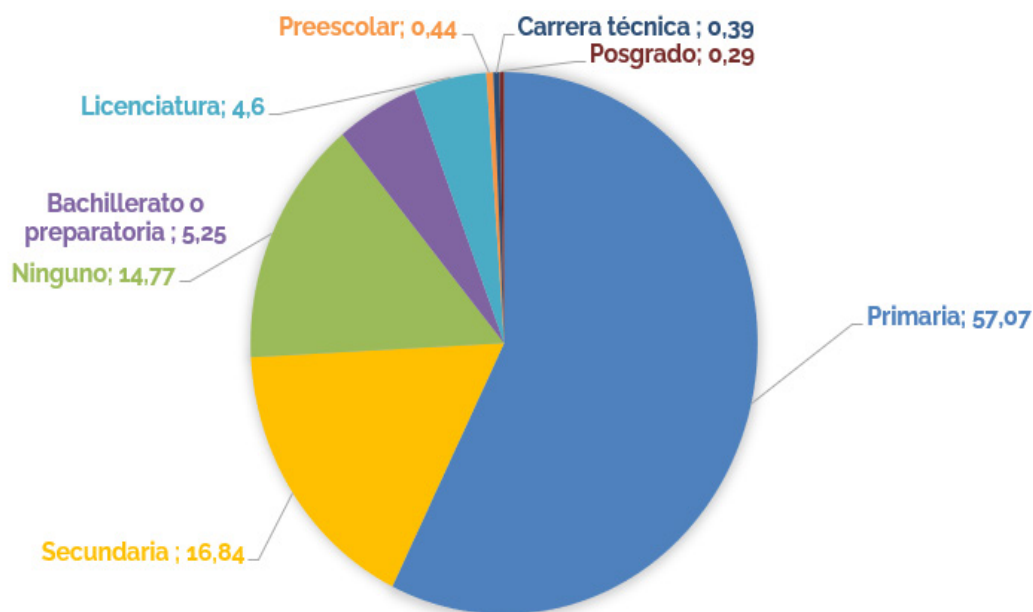


Figura 5. Porcentaje de productores según su nivel de estudios de las unidades de producción en México.

Fuente. Elaboración propia con datos colectados por la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019.

En lo que respecta al acceso a créditos para financiar la adquisición e introducción de nuevas tecnologías es una de las principales limitantes en el sector agroalimentario. Respecto a la disponibilidad de crédito es importante resaltar que la mayoría de las solicitudes de crédito realizadas son aprobadas, lo que sugiere que existe poca disponibilidad de créditos para poder implementar las nuevas tecnologías en el sector. Primero, es conveniente mencionar que el crédito está distribuido de forma muy heterogénea en México. Destacan el Estado de México, Puebla y Veracruz como los que presentan los mayores niveles de disponibilidad y los que presentan los menores son Baja California, Ciudad de México y Quintana Roo. Por otra parte, existe un porcentaje muy bajo de solicitudes de crédito o préstamo (9.37 %). Es importante mencionar que casi el 100 % de las solicitudes obtienen un crédito o préstamo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de unidades de producción que solicitaron crédito o préstamo para actividades agropecuarias y de las que lo obtuvieron según fuente financiera por entidad federativa.

Entidad Federativa	Total	Con solicitud de crédito o préstamo	Con crédito o préstamo obtenido
	A	B = % de A	C = % de A
Estados Unidos Mexicanos	100.00	9.37	8.44
Aguascalientes	0.54	6.19	5.61
Baja California	0.13	40.58	39.59
Baja California Sur	0.09	11.54	8.93
Campeche	1.02	12.40	10.96
Coahuila	0.64	4.27	2.38
Colima	0.29	13.62	12.29
Chiapas	9.95	4.53	3.74
Chihuahua	1.37	12.02	11.14
Ciudad de México	0.12	1.11	0.63
Durango	1.72	15.03	13.87
Guanajuato	4.43	15.19	14.88
Guerrero	5.99	11.46	10.97
Hidalgo	4.99	2.60	1.00
Jalisco	3.65	20.11	19.23
Estado de México	9.05	1.60	1.04
Michoacán	4.45	12.24	11.21
Morelos	1.39	20.20	19.17
Nayarit	1.46	37.20	36.50
Nuevo León	0.76	3.62	3.34
Oaxaca	7.14	6.89	5.94
Puebla	9.14	4.18	3.23
Querétaro	1.16	4.76	4.20
Quintana Roo	0.45	10.11	5.56
San Luis Potosí	4.00	7.40	7.12
Sinaloa	1.97	44.46	44.03
Sonora	0.65	29.60	28.78
Tabasco	2.44	4.98	4.36
Tamaulipas	1.97	20.84	18.45
Tlaxcala	2.32	3.20	2.56
Veracruz	11.93	8.98	7.63
Yucatán	1.07	3.55	3.12
Zacatecas	3.71	10.57	9.11

Fuente. Elaboración propia con datos colectados por la Encuesta Nacional Agropecuaria

(ENA) 2019.

En lo referente a las fuentes de financiamiento, las principales son las cajas de ahorro con un 26.02; en segundo lugar, las empresas o personas que compran la producción con el 20.48 %, y en tercer lugar se encuentra Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero con el 16.93 %. Otro aspecto interesante sobre las entidades crediticias es que existe una variedad importante de agentes que cumplen la función de brindar créditos, por ejemplo: empresas o personas que proveen los insumos, amigos, familiares, casas de empeño, entre otros.

Discusión

A partir del análisis del uso de tecnologías informáticas y de comunicación podemos inferir que existe más potencial para la adopción de nuevas tecnologías en algunos estados del noroeste del país (Figura 6). Es la región del país más apta para poder pensar en la adopción de las nuevas tecnologías en el sector agroalimentario. Lo anterior, es posible que tenga relación con el tamaño de las unidades de producción y las trayectorias tecnológicas de esa región. Es decir, se trata de una agricultura empresarial desde sus orígenes, altamente tecnificada y muy vinculada con los mercados internacionales. Por otra parte, en cuanto al uso de computadora e internet la situación es muy baja en general. Sin duda, la tecnología que destaca en el sector es el uso de teléfonos celulares, que es mediante estos dispositivos tecnológicos con los que se puede iniciar a vincular las nuevas tecnologías.



Figura 6. Grupos de estados de la República Mexicana de acuerdo con el potencial para la adopción de las nuevas tecnologías en el sector agroalimentario.

Fuente. Elaboración propia con datos colectados por la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019.

Con respecto a los niveles de educación en el sector siguen siendo muy bajo y relacionado con la tecnología digital deben ser prácticamente inexistente. Además, se identifican pocas evidencias sobre procesos de extensión y/o capacitación sobre el uso de tecnologías digitales. Uno de los pocos casos de los que se podría decir que existen cursos de demostración y capacitación es el del uso de los drones en la aplicación de agroquímicos. Es decir, la extensión y capacitación sobre las tecnologías digitales es un área prioritaria para iniciar a desarrollar y posteriormente fomentar y fortalecer la agricultura 4.0 y 5.0. En estas nuevas dinámicas y transformaciones la capacitación o habilitación en temas de actualidad es un asunto crucial que se debe considerar en los planes de desarrollo. Además, considerar de manera prioritaria la educación en tecnologías digitales, la formación de especialistas y brindar estímulos al personal capacitado para evitar su migración a potencias extranjeras (Ceballos et al., 2020).

En cuanto a políticas y programas para facilitar la agricultura digital que son de vital importancia (Trendov et al., 2019), no son visibles o al menos explícitamente no existen con esa precisión. Lo anterior, debido a que se trata de tecnologías nuevas y el sector se transforma de una forma más lenta que otros sectores. Adicionalmente, en la actualidad es importante discutir y analizar la capacidad del sector agroalimentario de interferir en la agenda política, lo anterior debido a que las políticas tradicionales no son suficientes para dar respuestas proactivas a los rápidos cambios tecnológicos (Parra-López et al., 2021). En ese sentido, identificar problemas clave existentes y emergentes relevantes para la digitalización en la producción agrícola a nivel regional es la base para diseñar políticas públicas (Ingram et al., 2022).

En México, debido a las características y condiciones de las empresas, así como del entorno nacional e internacional, se requiere de una etapa previa de digitalización. Es decir, esta transición se debe abordar de acuerdo con distintas fases de digitalización dependiendo de las condiciones regionales para que se puedan incorporar de manera efectiva las tecnologías asociadas a la industria 4.0 (Buenrostro Mercado, 2022). Además, el sector agroalimentario presenta limitaciones propias de su origen y naturaleza, una de ellas que es muy evidente es la poca articulación con otros actores como son las instituciones de enseñanza e investigación, instituciones de gobierno, servicios de extensionismo e incluso mercados. Lo que es otra área de mejora debido a que se ha demostrado que la interacción con estos actores tiene efectos positivos en la incorporación de innovaciones.

En la actualidad y como consecuencia del confinamiento ocasionado por el COVID-19 (SARS-CoV-2) que obligó a la sociedad a mantenerse en aislamiento, se generó un incremento importante en el uso de tecnologías informáticas y de comunicación en todos los sectores. Es decir, que hoy en día seguramente los datos son mucho mayores. Sin embargo, aún no se cuenta con información para poder realizar análisis y comparaciones. Por otra parte, para lograr un desarrollo e internacionalización exitosa del sector agroalimentario es necesario tener claro que se requiere de altos niveles de inversión de capital, ya que estos determinan en gran medida el desarrollo y la acumulación de capacidades tecnológicas (Amaro Rosales & Natera Marín, 2020).

Así mismo, no existe aún un reconocimiento claro de las ventajas de usos de las nuevas tecnologías en el ámbito específico de la planificación, la gestión y el control del proceso productivo (Bartis & Neira, 2020). Además, es importante cuestionar y analizar los impactos positivos y negativos del proceso de transformación digital en la agricultura y las áreas rurales (Rijswijk et al., 2021). Es decir, debemos observar este fenómeno desde distintas ópticas y no olvidar que el desarrollo de científico y tecnológico genera externalidades positivas y negativas. Es importante considerar que se pueden agudizar los efectos de inclusión y exclusión. Esto requerirá procesos de innovación responsable, en donde se reflexione y se ofrezcan respuestas a los efectos emergentes y, cuando sea necesario, ajustando la dirección y el curso de las vías de transición (Klerkx & Rose, 2020). De lo contrario, estas tecnologías pueden exacerbar las desigualdades para los actores marginados del sistema alimentario, específicamente entre agricultores de diferentes tamaños, así como entre agricultores y corporaciones agroalimentarias (Rotz et al., 2019).

Considerando que los principales retos que tienen que enfrentar la agricultura mundial, son los de satisfacer la demanda de alimentos y mantener niveles sustentables de los recursos naturales, es necesario pensar en esquemas de desarrollo colectivo y proponer una política integral que promueva el cambio tecnológico, la innovación y el desarrollo económico sustentable (Vargas-Canales et al. 2018). De tal forma que, el enfoque de sistemas regionales de innovación, es una herramienta ideal y fundamental para el diseño y la implementación de estrategias de especialización inteligente (Asheim, 2019). Las políticas tradicionales no son suficientes para dar respuestas a los rápidos cambios tecnológicos y son necesarios nuevos enfoques para la planificación de políticas, especialmente a nivel regional (Parra-López et al., 2021).

La especialización inteligente se basa en la identificación de competencias centrales y potenciales para hacer más eficiente el proceso de innovación (Vlčková et al., 2018). En este sentido, se deben diseñar estrategias de transición hacia la agricultura digital para cada región; debido a que la rapidez del cambio tecnológico, en la economía de mercado, obliga a la continua adaptación a medida que la innovación y la crisis económica modifican la posición competitiva de las empresas y regiones (Balland et al., 2019). Derivado de todo lo anterior, es necesario diseñar políticas agroalimentarias de largo plazo, acordes con las particularidades de cada región y basadas en la asesoría, capacitación y educación sobre las nuevas tecnologías y el medio ambiente para lograr sistemas agroalimentarios sustentables.

Conclusión

Los resultados obtenidos indican que, en general, las variables evaluadas presentan niveles bajos, lo que indicaría una baja capacidad para la adopción de las nuevas tecnologías que han surgido en el sector agroalimentario. Es decir, el sector agroalimentario mexicano presenta limitaciones para el uso efectivo de la ciencia y tecnología y para desarrollo de innovaciones. Un punto importante es el uso del teléfono celular que podría ser la mejor opción para favo-

recer la asimilación, uso y adopción de las nuevas tecnologías. Mediante el uso del teléfono celular es posible iniciar con la implementación de distintas estrategias que permitan aumentar las capacidades tecnológicas de los productores.

Es relevante pensar en diseñar e implementar sistemas de extensión y capacitación que contribuyan a mejorar la instrucción, la alfabetización digital y la cultura agroempresarial y de innovaciones digitales en el sector agroalimentario, aspectos cruciales para potencializar las capacidades tecnológicas y adaptarnos a las nuevas realidades. Así como iniciar un diálogo más eficiente entre los distintos actores que participan en el diseño de políticas agroalimentarias para planificar las estrategias dadas estas nuevas realidades que la sociedad enfrenta y definir un rumbo claro sobre el fomento de la agricultura digital, mediante los sistemas de innovación y la especialización inteligente.

Por último, es importante mencionar que el desarrollo de estas nuevas tecnologías plantea retos importantes para futuras investigaciones. En ese sentido, es importante profundizar en el conocimiento y comportamiento de las relaciones económicas, sociales, políticas, culturales y ambientales que tiene el desarrollo científico y tecnológico en el sector agroalimentario. Además, es pertinente diseñar nuevas políticas agroalimentarias en las que se considere la asesoría y capacitación en tecnologías digitales de acuerdo con las características regionales, lo que puede realizarse considerando la especialización inteligente y fortaleciendo los sistemas de innovación.

Literatura Citada

- Amaro Rosales, M., & Natera Marín, J. M. (2020). Technological capabilities accumulation and internationalization strategies of Mexican biotech firms: a multi case study from agro-food & pharma industries. *Economics of Innovation and New Technology*, 29(7), 720–739. <https://doi.org/10.1080/10438599.2020.1719634>
- Asheim, B. T. (2019). Smart specialisation, innovation policy and regional innovation systems: what about new path development in less innovative regions? *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 32(1), 8–25. <https://doi.org/10.1080/13511610.2018.1491001>
- Aydin, H. (2021). Market orientation and product innovation: the mediating role of technological capability. *European Journal of Innovation Management*, 24(4), 1233–1267. <https://doi.org/10.1108/EJIM-10-2019-0274>
- Balland, P.-A., Boschma, R., Crespo, J., & Rigby, D. L. (2019). Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification. *Regional Studies*, 53(9), 1252–1268. <https://doi.org/10.1080/00343404.2018.1437900>

- Bardi, U. (2014). Los límites del crecimiento retomados. Los Libros de la Catarata.
- Bartis, H., & Neira, P. (2020). Las tecnologías de la industria 4.0 en la provincia de Buenos Aires y algunas propuestas para promoverlas. *Revista Propuestas Para El Desarrollo*, 4(4), 93–116. <https://www.propuestasparaeldesarrollo.com/index.php/ppd/article/view/97>
- Buenrostro Mercado, E. (2022). Propuesta de adopción de tecnologías asociadas a la industria 4.0 en las pymes mexicanas. *Entreciencias: Diálogos En La Sociedad Del Conocimiento*, 10(24), 1–19. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.81347>
- Cáceres, D., Silvetti, F., Soto, G., & Rebolledo, W. (1997). La Adopcion Tecnologica en sistemas agropecuarios de pequeños productores. *Agro Sur*, 25(2), 123–135. <https://doi.org/10.4206/agrosur.1997.v25n2-01>
- Casalet, M. (2020). El futuro incierto de la digitalización en México: ¿Podremos despegar? *Economía Teoría y Práctica*, 45–68. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24275/ETYPUAM/NE/E052020/Casalet>
- Ceballos, L. D., Maisonnave, A. M., & Britto Londoño, C. R. (2020). Soberanía tecnológica digital en Latinoamérica. *Revista Propuestas Para El Desarrollo*, 4(4), 151–167. <https://www.propuestasparaeldesarrollo.com/index.php/ppd/article/view/108>
- Cobby Avaria, R. W. (2020). Searching for sustainability in the digital agriculture debate: an alternative approach for a systemic transition. *Teknokultura. Revista de Cultura Digital y Movimientos Sociales*, 17(2), 225–238. <https://doi.org/10.5209/tekn.69475>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2016). *Tecnología e Innovación en la Economía Digital. La situación de América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas, Impreso En Santiago, 96.
- González, G. M. I., López, C. J. A., & Luján, J. L. (1996). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una Introducción al Estudio Social de la Ciencia y la Tecnología*. Tecnos.
- Griliches, Z. (1957). Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change. *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, 25(4), 501–522.
- Guzev, M. M., Ledeneva, M. V., Trukhlyaeva, A. A., & Mishura, N. A. (2021). Smart Technologies in Agriculture. In *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 155, pp.

1573–1584). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59126-7_172

Herrera, A. (1978). Desarrollo, Tecnología y Medio Ambiente. Conferencia en el Primer Seminario Internacional sobre Tecnologías Adecuadas en Nutrición y Vivienda-PNUMA.

Ingram, J., Maye, D., Bailye, C., Barnes, A., Bear, C., Bell, M., Cutress, D., Davies, L., de Boon, A., Dinnie, L., Gairdner, J., Hafferty, C., Holloway, L., Kindred, D., Kirby, D., Leake, B., Manning, L., Marchant, B., Morse, A., ... Wilson, L. (2022). What are the priority research questions for digital agriculture? *Land Use Policy*, 114(July 2021), 105962. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105962>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/>

Klerkx, L., & Rose, D. (2020). Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? *Global Food Security*, 24(December 2019), 100347. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100347>

Kovács, I., & Husti, I. (2018). The role of digitalization in the agricultural 4.0 – how to connect the industry 4.0 to agriculture? *Hungarian Agricultural Engineering*, 7410(33), 38–42. <https://doi.org/10.17676/HAE.2018.33.38>

Lin, F.-J., & Lai, C. (2021). Key factors affecting technological capabilities in small and medium-sized Enterprises in Taiwan. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 17(1), 131–143. <https://doi.org/10.1007/s11365-019-00632-2>

Lioutas, E. D., Charatsari, C., & De Rosa, M. (2021). Digitalization of agriculture: A way to solve the food problem or a trolley dilemma? *Technology in Society*, 67(May), 101744. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101744>

Lis, A. M., & Rozkwitalska, M. (2020). Technological capability dynamics through cluster organizations. *Baltic Journal of Management*, 15(4), 587–606. <https://doi.org/10.1108/BJM-02-2020-0046>

Mercado, A., Córdova, K., & Vessuri, H. (2022). The technology of need: technology of sustainability? *Tapuya: Latin American Science, Technology and Society*, 5(1), 1–6. <https://doi.org/10.1080/25729861.2022.2041789>

- Monge, P. M., & Hartwich, F. (2008). Análisis de Redes Sociales aplicado al estudio de los procesos de innovación agrícola. *REDES-Revista Hispana Para El Análisis de Redes Sociales*, 14(2), 1–31. <https://doi.org/978-950-34-0513-0>
- Osorio, M. C. (2003). Aproximaciones a la tecnología desde los enfoques en CTS (la C. y la C. Organización de los Estados Iberoamericanos para la Educación (ed.)).
- Parra-López, C., Reina-Usuga, L., Carmona-Torres, C., Sayadi, S., & Klerkx, L. (2021). Digital transformation of the agrifood system: Quantifying the conditioning factors to inform policy planning in the olive sector. *Land Use Policy*, 108(May), 105537. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105537>
- Pivoto, D., Barham, B., Waquil, P. D., Foguesatto, C. R., Corte, V. F. D., Zhang, D., & Talamini, E. (2019). Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. *International Food and Agribusiness Management Review*, 22(4), 571–588. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2018.0086>
- Porcelli, A. M. (2020). Las nuevas tecnologías informáticas en pos de la seguridad alimentaria. *Latin American Journal of International Affairs*, 10(1), 1–40.
- Reddy, A. K. N. (1979). National and regional technology groups and institutions: An assessment. *Towards global action for appropriate technology*. Pergamon.
- Rijswijk, K., Klerkx, L., Bacco, M., Bartolini, F., Bulten, E., Debruyne, L., Dessein, J., Scotti, I., & Brunori, G. (2021). Digital transformation of agriculture and rural areas: A socio-cyber-physical system framework to support responsabilisation. *Journal of Rural Studies*, 85(May), 79–90. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.05.003>
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations*. Newyork Free Press. <https://doi.org/82-70998>
- Rotz, S., Duncan, E., Small, M., Botschner, J., Dara, R., Mosby, I., Reed, M., & Fraser, E. D. G. (2019). The Politics of Digital Agricultural Technologies: A Preliminary Review. *Sociologia Ruralis*, 59(2), 203–229. <https://doi.org/10.1111/soru.12233>
- Saiz-Rubio, V., & Rovira-Más, F. (2020). From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A Review on Crop Data Management. *Agronomy*, 10(2), 207. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020207>
- SIAP, (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2021). *Expectativas Agroalimentarias 2021*.

- Trendov, N. M., Varas, S., & Zeng, M. (2019). Tecnologías digitales en la agricultura y las zonas rurales. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://doi.org/10.2307/j.ctvt6rmh6>
- United Nations. (2019). World population prospects 2019. Department of Economic and Social Affairs. World Population Prospects 2019: Highlights (ST/ESA/SER.A/423), 141. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12283219>
- Vargas-Canales, J. M., Orozco-Cirilo, S., Medina-Cuéllar, S. E., & Camacho-Vera, J. H. (2022). Characteristics, roles, and functions of the innovation agents in the agri-food sector. *Agrociencia*, 56(2), 383–404. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v56i2.2781>
- Vargas-Canales, J. M., Palacios-Rangel, M. I., Aguilar-Ávila, J., Ocampo-Ledesma, J. G., Medina-Cuellar, S. E., Camacho-Vera, J. H., Ocampo-Ledesma, J. G., & Medina-Cuellar, S. E. (2018). Efficiency of small enterprises of protected agriculture in the adoption of innovations in Mexico. *Estudios Gerenciales*, 34(146), 52–62. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2018.146.2811>
- Vargas-Canales, J. M., Palacios-Rangel, M. I., García-Cruz, J. C., Camacho-Vera, J. H., Sánchez-Torres, Y., & Simón-Calderón, C. (2022). Analysis of the impact of the regional innovation system of protected agriculture in Hidalgo, Mexico. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 1–26. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2022.2039246>
- Vargas Canales, J. M., García Melchor, N., Orozco Cirilo, S., & Medina Cuéllar, S. E. (2021). Especialización agrícola e innovación tecnológica. In F. Pérez Soto, E. Figueroa Hernández, L. Godínez Montoya, & R. Salazar Moreno (Eds.), *Economía y crecimiento económico* (Primera ed, pp. 85–102). Asociación Mexicana de Investigación Interdisciplinaria A.C. (ASMIIA, A. C.). <https://dicea.chapingo.mx/wp-content/uploads/2021/03/Economia-y-Crec-Economico.pdf>
- Vergara, S. (2021). El papel de las capacidades productivas y tecnológicas en la dinámica de las exportaciones de los países en desarrollo. *Revista CEPAL*, 133, 7–32. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47075>

Vlčková, J., Kaspříková, N., & Vlčková, M. (2018). Technological relatedness, knowledge space and smart specialisation: The case of Germany. *Moravian Geographical Reports*, 26(2), 95–108. <https://doi.org/10.2478/mgr-2018-0008>

Winner, L. (1979). *Tecnología autónoma*. Gustavo Gil SA.

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.01.023>