



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

DOCTORADO EN CIENCIAS POR INVESTIGACIÓN

**TENDENCIAS DE LA CIENCIA, LA
TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN EN EL
SECTOR AGROALIMENTARIO Y LOS
AGRONEGOCIOS EN MÉXICO**

JUAN MANUEL VARGAS CANALES

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2023



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: **Tendencias de la ciencia, la tecnología y la innovación en el sector agroalimentario y los agronegocios en México**, realizada por el estudiante: **Juan Manuel Vargas Canales**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

DOCTORADO EN CIENCIAS POR INVESTIGACIÓN

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. JOSÉ DE JESÚS BRAMBILA PAZ

ASESORA



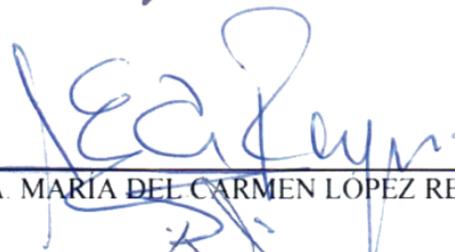
DRA. VERÓNICA PÉREZ CERECEDO

ASESORA



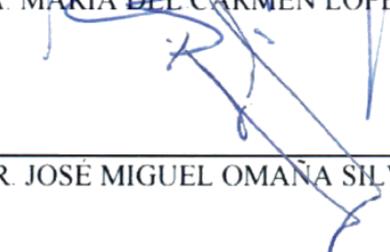
DRA. MARÍA MAGDALÉNA ROJAS ROJAS

ASESORA



DRA. MARÍA DEL CARMEN LÓPEZ REYNA

ASESOR



DR. JOSÉ MIGUEL OMAÑA SILVESTRE

Montecillo, Texcoco, Estado de México, febrero de 2023

TENDENCIAS DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO Y LOS AGRONEGOCIOS EN MÉXICO

Juan Manuel Vargas Canales, D.C.
Colegio de Postgraduados, 2023

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la situación actual y perspectivas sobre la ciencia, tecnología e innovación en el sector agroalimentario con la finalidad de proponer estrategia que permitan dinamizar el desarrollo, difusión, adopción y adaptación en los agronegocios mexicanos. Para lograr lo anterior se realizaron cuatro artículos científicos. El primero consistió en realizar un estado del arte o estado actual del conocimiento y los estudios sobre las nuevas tecnologías mediante una revisión sistemática de literatura, con el fin de explorar las tendencias mundiales. En el segundo se analizó el potencial que tiene el sector agroalimentario de México para la adopción de las nuevas tecnologías. En el tercero se efectúa un análisis sobre las capacidades tecnológicas que tiene el sector agroalimentario en México para la adopción de las nuevas tecnologías con la finalidad de predecir la dinámica de su adopción. Finalmente, en el cuarto se realiza una disertación, sobre el comportamiento de la ciencia, tecnología e innovación y su adopción en el sector agroalimentario y el futuro de los agronegocios de México. Los resultados indican que estamos transitando a la agricultura 4.0 y 5.0. Sin embargo, su adopción y adaptación será lenta debido principalmente a dos cuestiones: la primera se relaciona con la infraestructura con la que se cuenta en el sector agroalimentario mexicano y la segunda es que de forma general se tienen pocas capacidades tecnológicas para hacer un uso efectivo del conocimiento, la ciencia, la tecnología y generar innovación. Existen muchas regiones del país en las cuales el desarrollo científico y tecnológico es prácticamente desconocido y las capacidades tecnológicas se concentran en regiones hiperespecializadas orientadas a satisfacer las demandas de los mercados internacionales. No obstante, paulatinamente se iniciará una reconfiguración en prácticamente todo el sector agroalimentario y en los agronegocios por la adopción de las nuevas tecnologías, claro con matices muy diferentes de acuerdo con sus capacidades, posibilidades y necesidades.

Palabras clave: agricultura inteligente, agricultura 4.0 y 5.0, innovación y cambio tecnológico, capacidades tecnológicas, sustentabilidad.

TRENDS IN SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION IN THE AGRI-FOOD SECTOR AND AGRIBUSINESS IN MEXICO

Juan Manuel Vargas Canales, D.C.
Colegio de Postgraduados, 2023

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the current situation and perspectives on science, technology and innovation in the agri-food sector with the purpose of proposing strategies that allow to stimulate the development, diffusion, adoption and adaptation in Mexican agribusiness. To achieve this, four scientific articles were made. The first consisted of carrying out a state of the art or current state of knowledge and studies on new technologies through a systematic literature review, in order to explore world trends. In the second, the potential of the Mexican agri-food sector for the adoption of new technologies was analyzed. In the third, an analysis is carried out on the technological capacities of the agri-food sector in Mexico for the adoption of new technologies in order to predict the dynamics of their adoption. Finally, in the fourth, a dissertation is made, on the behavior of science, technology and innovation and its adoption in the agri-food sector and the future of agribusiness in Mexico. The results indicate that we are transitioning to agriculture 4.0 and 5.0. However, its adoption and adaptation will be slow mainly due to two issues: the first is related to the infrastructure available in the Mexican agri-food sector and the second is that in general there are few technological capabilities to make effective use of the knowledge, science, technology and generate innovation. There are many regions of the country in which scientific and technological development is practically unknown and technological capacities are concentrated in hyper-specialized regions oriented to satisfy the demands of international markets. However, a reconfiguration will gradually begin in practically the entire agri-food sector and in agribusiness due to the adoption of new technologies, of course with very different nuances according to their capacities, possibilities and needs.

Keywords: smart agriculture, agriculture 4.0 and 5.0, innovation and technological change, technological capabilities, sustainability.

AGRADECIMIENTOS

Al **Posgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática con Orientación en Economía del Colegio de Postgraduados del Campus Montecillo**, por la excelente formación necesaria para enfrentar los nuevos desafíos personales y profesionales que tenemos como sociedad.

Al **Departamento de Estudios Sociales**, a la **División de Ciencias Sociales y Administrativas**, a la **Rectoría del Campus Celaya-Salvatierra** y a la **Universidad de Guanajuato**, por el apoyo brindado para realizar el doctorado.

Al **Dr. José de Jesús Brambila Paz** por su tiempo, compromiso, paciencia, disposición y apoyo tan valiosos en mi formación académica y desarrollo personal y por su amistad incondicional.

A la **Dra. Verónica Pérez Cerecedo** por su tiempo, dedicación, apoyo en las cuestiones administrativas tan necesaria en pandemia y las sugerencias que me brindó en todo el proceso.

A la **Dra. María Magdalena Rojas Rojas** por su confianza, su apoyo y sus sugerencias en el desarrollo de la investigación.

A la **Dra. María del Carmen López Reyna** su apoyo, sus consejos y sus sugerencias sobre el futuro de los agronegocios que sin duda ayudaron en la culminación de mis estudios.

Al **Dr. José Miguel Omaña Silvestre** por su apoyo, tiempo e interés y por sus aportes y sugerencias en el trabajo final.

Al **Dr. Jaime Arturo Matus Gardea** por su apoyo, tiempo, disposición e interés para ser sinodal interno en el examen de candidatura, en la revisión de tesis y en el examen de grado.

Al **Dr. Ramón Valdivia Alcalá** por su apoyo, tiempo, disposición e interés para ser sinodal externo en la revisión de tesis y en el examen de grado.

Finalmente, quiero agradecer **a todos mis profesores, amigos, familiares y compañeros** (que al final todos se van convirtiendo poco a poco en familia), porque este logro es lo que somos, es decir, la suma de todas las relaciones e interacciones que han evolucionado a través del tiempo.

DEDICATORIA

No soy un fulano con la lagrima fácil
De esos que se quejan solo por vicio
Si la vida se deja yo le meto mano
Y como además sale gratis soñar
Y no creo en la reencarnación
Con un poco de imaginación
Partiré de viaje enseguida
A vivir otras vidas

...

Joaquín Sabina – La del pirata cojo

Con esa claridad mental que dan la locura, quiero dedicar lo que he construido con las vidas que he vivido a quienes ya no están (a mi padre y amigos), a quienes están aquí (la gran familia que hemos construido) y especialmente a quien llegó a mi vida (a mi hijo). Con deseos tan pesados como promesas, no gustaría olvidar nada de mi pasado. Un pasado torpe, amargo, complicado y maravilloso. Extraviado, sin alas para volar y sin timón, pero siempre con la sangre al galope en busca de sueños más lejanos. Con raíces muy profundas, pienso en todo lo que todos han hecho por mí y me siento afortunado por lo que han construido. Una trayectoria edificada por derrotas, errores y resistencias, siempre defendiendo causas perdidas. Soñando con la libertad, la verdad, la justicia, el amor y luchando contra el oleaje, en ocasiones sin querer, por envejecer sin dignidad. Pero, los sueños no son para soñarlos, son para vivirlos.

El gran problema de la vida y el destino es que tarde o temprano traen muerte. Somos muy frágiles y estamos rodeados de hostilidades, pero siempre hay alternativas y esperanza. El verdadero enemigo del hombre es el tiempo, disfrutemos cada segundo. No dejemos para mañana lo que podamos hacer hoy. El tiempo no da tregua y la clave es luchar contra el olvido. El presente es cada vez más breve, la resaca se volvió perenne y el futuro es cada vez más incierto. Valoremos la vida, el tiempo, el momento y todo el conocimiento que hemos heredado. Todos en general necesitamos mejorar y como sociedad debemos ser más pacientes, observar mejor, analizar mejor, comprender mejor, madurar más pronto, escuchar más, ser más empáticos, más comprometidos, más responsables, nuestra sociedad lo necesita. Necesitamos volver a ser humanos. Los problemas

actuales son cada vez más complejos, transformadores, constantes, persistentes e impertinentes y requieren de más y mejores herramientas e instrumentales científicos y tecnológicos, conocimientos y muchísima colaboración.

La vida y la suerte siempre generan más vida. Nada se puede comparar con retoñar. Hijo cuando nos conocimos me salvaste, mi gratitud es infinita y crece con el tiempo, mi misión es retribuírtelo, por eso quiero decirte que la vida destruirá tus planes y el corazón de formas que ni siquiera imaginas y eso está garantizado. Esa destrucción es creativa, constructiva y es parte importante de vivir. Siempre he pensado que la vida es perfecta y es necesario tomarla con calma. Todo llega cuando debe llegar, no antes ni después, llega quien debe llegar, porque debe llegar. No nacimos para estar solos e incluso los corazones más heridos sanan. No te rindas, nunca te conformes, no dejes de ilusionarte, asombrarte y nunca abandones la curiosidad. Cuando las cosas parezcan más difíciles ese será el momento para mostrar quién eres y eso definirá tu propia historia. Y recuerda que un hombre con pequeñas ideas es pequeño y un hombre que no defiende sus ideas y lo que cree, no es nada. Otras vidas son posibles. Debes pelear por lo que eres, por lo que tienes, por lo que quieres, pero sobre todo por lo correcto.

Buen viento y buen amor ...

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Planteamiento del problema.....	4
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos	7
Preguntas de investigación.....	7
Hipótesis	8
Descripción del contenido de la tesis.....	8
CAPÍTULO I. TENDENCIAS DE LA CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO	11
1. 1 RESUMEN	11
1. 2 INTRODUCCIÓN	11
1. 3 METODOLOGÍA	14
1. 3. 1 Método de análisis	14
1. 3. 2 Obtención de la información.....	14
1. 3. 3 Criterios de inclusión y exclusión.....	15
1. 3. 4 Codificación y extracción de datos y resultados.....	16
1. 4 RESULTADOS.....	16
1. 5 DISCUSIÓN	23
1. 6 CONCLUSIONES	27
CAPÍTULO II. EL SECTOR AGROALIMENTARIO MEXICANO Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS.....	28
2. 1 RESUMEN	28
2. 2 INTRODUCCIÓN	28
2. 3 MARCO CONCEPTUAL	32

2. 4 METODOLOGÍA	36
2. 5 RESULTADOS.....	38
2. 6 DISCUSIÓN	44
2. 7 CONCLUSIONES	47
CAPÍTULO III. CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DEL SECTOR	
AGROALIMENTARIO DE MÉXICO	48
3. 1 RESUMEN	48
3. 2 INTRODUCCIÓN	48
3. 3 METODOLOGÍA	52
3. 3. 1 Método de análisis	52
3. 3. 2 Obtención y tratamiento de la información	53
3. 3. 3 Análisis estadístico.....	55
3. 4 RESULTADOS.....	55
3. 5 DISCUSIÓN	63
3. 6 CONCLUSIONES	67
PROSPECTIVA SOBRE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN EL SECTOR	
AGROALIMENTARIO Y LOS AGRONEGOCIOS EN MÉXICO	69
Resumen.....	69
Introducción	69
Ciencia, tecnología e innovación en el sector agroalimentario.....	72
Situación actual del sistema agroalimentario en México.....	75
Situación actual de los agronegocios y su configuración en el futuro	79
Estrategias de creación y gestión de los nuevos agronegocios	82
CONCLUSIONES GENERALES	87
LITERATURA CITADA	89

LISTA DE CUADROS

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.	43
Cuadro 2. Variables analizadas relacionadas con las capacidades tecnológicas del sector agroalimentario en México.	56
Cuadro 3. Variables analizadas relacionadas con las capacidades tecnológicas del sector agroalimentario en México.	58
Cuadro 4. Estadísticos descriptivos de las variables relacionadas con las capacidades tecnológicas del sector agroalimentario en México.	60
Cuadro 5. Tipología de las capacidades tecnológicas de los estados desarrolladas a partir de la dinámica de exportación.	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura y contenido de la tesis.	9
Figura 2. Origen y evolución de las investigaciones sobre nuevas tecnologías en el sector agroalimentario.	17
Figura 3. Principales países que realizan investigación sobre nuevas tecnologías en el sector agroalimentario (2021).	18
Figura 4. Principales instituciones que realizan investigación sobre nuevas tecnologías en el sector agroalimentario (2021).	19
Figura 5. Principales áreas temática en donde se realiza investigación sobre nuevas tecnologías en el sector agroalimentario (2021).	20
Figura 6. Paisaje bibliométrico y campos científicos sobre investigaciones de nuevas tecnologías en el sector agroalimentario (2021).	21
Figura 7. Tendencias de las investigaciones sobre nuevas tecnologías en el sector agroalimentario (2021).	22
Figura 8. Unidades de producción con uso de tecnologías informáticas y de comunicación en las actividades agropecuarias en México.	38
Figura 9. Unidades de producción con uso de computadora en las actividades agropecuarias en México.	39
Figura 10. Unidades de producción con uso de internet en las actividades agropecuarias en México.	40
Figura 11. Unidades de producción con uso de teléfono celular en las actividades agropecuarias en México.	41
Figura 12. Porcentaje de productores según su nivel de estudios de las unidades de producción en México.	42
Figura 13. Tipología de las capacidades tecnológicas de los estados de acuerdo con el análisis de conglomerados.	61

INTRODUCCIÓN GENERAL

En la dinámica económica actual se observa una clara internacionalización de los negocios y de los mercados, la liberalización del comercio y el intercambio entre grandes bloques económicos regionales (Chiatchoua & Castañeda-González, 2015). En ese sentido, la generación, creación y entrada de nuevas empresas en una economía genera empleos, fomenta la competencia y contribuye al crecimiento económico (Ciccone & Papaioannou, 2007; Haltiwanger et al., 2013; Schumpeter, 2017). Además, impulsa la generación de innovaciones, estimulan la evolución de todos los sectores económicos y son la fuente de más y mejores ingresos para la población (Carree & Thurik, 2010).

Por su parte, los agronegocios juegan un papel indispensable en la economía mundial, debido a que son clave para la producción y suministros de alimentos (Behzadi et al., 2018). En ese sentido, a nivel regional, los pequeños agronegocios pueden desencadenar una nueva forma de desarrollo e impulsar el crecimiento económico al crear nuevos empleos y acelerar los procesos necesarios para la innovación tecnológica (Chege et al., 2017; Subhilhar, 2018). Además, los agronegocios han introducido un conjunto de cambios en las formas en el que se combinan los factores de la producción y en cómo se organizan e integran los procesos productivos (Cáceres, 2015).

Es conveniente mencionar que la importancia los agronegocios y el sector agroalimentario para la sociedad va mucho más allá de la relevancia para la economía de una nación dado que es el único sector que permite la reproducción de la vida. En el sector agroalimentario se configuran distintos tipos de agronegocios y en ellos se producen los alimentos que la sociedad necesita para vivir. Además, cada vez se obtienen más materias primas para la producción de energía, fibras esenciales, materiales de construcción, biomateriales que están sustituyendo los derivados de petróleo y muchos productos consumibles no alimentarios esenciales para producir medicamentos, saborizantes y colorantes naturales, solo por mencionar algunos.

En las últimas décadas se han desarrollado nuevos modelos de agronegocios con funciones muy específicas. Los avances científicos y tecnológicos que han adoptado los agronegocios han posicionado las funciones del sector agroalimentario como indispensable para mejorar la salud humana y la calidad de vida. Además, los recientes eventos mostraron las relaciones tan estrechas que existen entre el sector agroalimentario, la alimentación y la salud. La pandemia ocasionada

por el COVID-19 (*SARS-CoV-2*) dejó claro que la mejor forma de resistir, superar y adaptarse a los problemas de salud es manteniendo una sana y adecuada alimentación. Diversas investigaciones han demostrado que una dieta adecuada y equilibrada es importante para fortalecer el sistema inmunológico y para la prevención de infecciones, sobre todo para controlar el COVID-19 (Villapol, 2020).

La conceptualización de un agronegocio ha evolucionado de una posición meramente productiva a una de mayor valor agregado, propiciada principalmente por la interacción de factores económicos, políticos, sociales y tecnológicos. En este sentido, la nueva figura de los agronegocios trae consigo cambios en los mercados, en los sistemas productivos y en las relaciones entre agentes, priorizando la innovación, la sustentabilidad y el desarrollo desde un enfoque local y global (Romero Vargas et al., 2020). En la actualidad los agronegocios son sin duda una realidad global y su existencia y expresión corroboran la gran complejidad de la participación del sector primario en la economía mundial (Bezerra, 2009).

Un agronegocio se puede definir como el conjunto de todas las operaciones y transacciones que involucran desde la producción hasta la distribución de los productos primarios (Bezerra et al., 2017). Sin embargo, el término de agronegocio implica mucho más que la interrelación con otros sectores, propios de los sistemas involucrados en la optimización de la agroindustria (Romero Vargas et al., 2020). En este sistema los agronegocios involucran toda la red de valor para la producción, procesamiento y comercialización, por lo tanto, reúne a todo los actores o participantes de los eslabones de estas áreas de un producto o servicio agropecuario (Romero Vargas et al., 2020).

Los agronegocios representan un sinnúmero de significados, métodos de producción y características (Rodríguez Rivera et al., 2022). En ese sentido, un agronegocio en la actualidad se puede definir como el conjunto de actividades, operaciones, transacciones e interacciones desarrolladas en el sector agrícola, pecuario, acuícola, y/o forestal con la finalidad de satisfacer las demandas de alimentos. Lo anterior incluye los servicios relacionados con las cadenas de valor como son la proveeduría de insumos, la producción primaria, acopio, almacenamiento, procesamiento, transformación, distribución, mercadotecnia y comercialización de productos y servicios de estos sectores. Además, actividades complementarias o de soporte para el sector primario como pueden ser asesoría técnica, capacitación, financiamiento, entre otros servicios especializados.

Por otra parte, sobre la manera de conceptualizar las formas de cómo funcionan y las lógicas de producción de los agronegocios es posible observar dos corrientes que se plantean, desde una perspectiva reduccionista, como opuestas o antagónicas. Sin embargo, se trata de dos visiones que se complementan y se necesitan, que no es mejor una que la otra y que comparten elementos y parte de sus problemáticas. Por un lado, una visión con una fuerte orientación hacia el mercado y por el otro, con una orientación a el autoconsumo. Sin duda alguna, una clasificación bipolar o dicotómica oculta una riqueza impresionante de matices. Aunque, si es importante plantearla de esta forma con el fin de comprender la lógica de los actores.

Los agronegocios han llegado a ser visibilizados como empresas que desarrollan actividades altamente mecanizadas, con el uso intensivo de la biotecnología y agroquímicos, incluso integrados en un proceso degradador del medio ambiente (Soruco Cusi, 2017). Es decir, una visión orientada al mercado, a la reproducción del capital, al aumento de la eficiencia, la productividad, la rentabilidad y la competitividad. Por otra parte, los agronegocios tienen otra connotación de medianas y pequeñas empresas que se enfocan a la producción de alimentos y desarrollan sus procesos productivos en armonía con el medio ambiente. Que son de gran importancia cuando nos referimos a la seguridad y soberanía alimentaria (Soruco Cusi, 2017). Una visión orientada al autoconsumo y desarrollada por la familia (no exclusivamente), a la reproducción de la vida y de una profunda relevancia social.

De manera simultánea, el rápido aumento de la población y la demanda de alimentos ejerce cada vez mayor presión sobre el medio ambiente y sobre los sistemas de producción. Tal situación aumenta la competencia por la tierra, el agua, la energía y su sobreexplotación, lo que afecta la capacidad de los sistemas agroalimentarios para producir alimentos suficientes (Vargas-Canales, Palacios-Rangel, Aguilar-Ávila, Ocampo-Ledesma, Medina-Cuellar, et al., 2018). Si bien aumentar la producción es una solución a la necesidad de alimentos, también puede generar externalidades negativas, como la degradación y agotamiento de recursos. Por ejemplo, uno de los mayores problemas que enfrenta el sector agroalimentario mundial es la conservación y utilización del agua (Higgins et al., 2018). Lo que obliga a todos los sistemas productivos a una adaptación y reconfiguración para hacer frente a estos desafíos.

Los agronegocios, como tal, no están ajenos a esta evolución y parte de ellos han surgido como respuesta a la creciente demanda de alimentos, producto del crecimiento acelerado de la población

a nivel mundial. En la actualidad su importancia y relevancia es indiscutible dadas las estrechas relaciones que se han identificado entre la alimentación, la salud y la sustentabilidad. Sin, embargo, el estado actual de la mayoría de los agronegocios se caracteriza por la falta de tendencias positivas ocasionada por la pérdida de eficiencia de las empresas agrícolas; aumento de la competencia de los productores extranjeros y una disminución significativa del apoyo técnico y tecnológico hacia el sector (Baidakov et al., 2015).

Como lo menciona Cáceres (2015), el agronegocio constituye un colectivo heterogéneo en el que no todos los actores tienen similares roles y responsabilidades, ni tampoco comparten del mismo modo sus beneficios económicos. Lo anterior y en el caso concreto de México se debe en gran parte a la complejidad de actores que interactúan en los mercados, a los cambios constantes en las dinámicas económicas, a la dificultad de accesos a innovaciones e información en el sector, a su naturaleza heterogénea (natural, cultural, económica, tecnológica, etcétera), a una nula cultura administrativa y de organización y a la falta de soluciones y alternativas eficientes y eficaces que les permitan mantenerse de manera sostenible y sustentable.

Planteamiento del problema

El análisis de la situación actual de los agronegocios nos lleva a la conclusión sobre los altos riesgos inherentes a este tipo de actividad, la baja eficiencia del apoyo del gobierno debido a la falta de mecanismos efectivos para predecir el estado futuro de las principales tendencias en el sector (Baidakov et al., 2015). Otro aspecto de gran importancia se relaciona con la falta de capacidad de la academia para desarrollar e implementar soluciones a las problemáticas mencionadas con anterioridad. Sin embargo, es indudable que los agronegocios, representan una opción al crecimiento y desarrollo en el sector agroalimentario. De esta manera es posible fortalecer los sistemas productivos, el crecimiento del mercado, la demanda y el desarrollo de nuevos productos (González Muñoz et al., 2012).

Los agronegocios exitosos son aquellos que se adaptan al entorno cambiante para aprovechar las oportunidades de tal perturbación y superan a aquellos que no se adaptan (Shadbolt & Olubode-Awosola, 2016). Ser innovador es una cualidad importante para un empresario agrícola, especialmente cuando la empresa se enfrenta a una fuerte competencia y opera en un entorno que cambia rápidamente (Higgins et al., 2018). Lo anterior, dadas las condiciones actuales es más

complicado debido a que es imprescindible innovar constantemente como una estrategia para lograr una mayor eficiencia productiva (Cáceres, 2015) y mantenerse de manera sostenible en el mercado. Además, es necesario considerar el recurrente problema de acceso a los mercados y las externalidades negativas o impactos ambientales derivados de su funcionamiento. Otro aspecto para considerar, son los desafíos que se deben superar para la creación y gestión de los agronegocios con las problemáticas actuales. Es decir, todo parece indicar que el futuro estará determinado por el cambio climático, desastres naturales, pandemias, conflictos bélicos y sin duda una mayor inestabilidad económica.

En las últimas décadas el interés por comprender el funcionamiento de los agronegocios ha aumentado. Su estudio es uno de los ejes centrales de la reciente literatura económica (Morales Urrutia & Radil Marzabal, 2015). Los académicos en un amplio espectro de campos y disciplinas han desarrollado nuevos enfoques de investigación y han descubierto nuevos hallazgos y puntos de vista sobre el tema. Las investigaciones abarcan diverso de campos, como administración, finanzas, psicología, economía, sociología y geografía, y también una amplia gama de países que reflejan el hecho de que es un fenómeno global (Carree & Thurik, 2010).

Simultáneamente, el avance de la ciencia y la tecnología es central para la creación y permanencia de los agronegocios, cuya visión es ajustar los ciclos naturales a los del capital para acelerar los tiempos biológicos y aumentar así la eficiencia de la productividad primaria neta (Ceroni, 2018). Por otra parte, uno de los aspectos claves sobre el desarrollo de ciencia, tecnología y sociedad en el sector agroalimentarios, que presenta retos importantes, es su relación con la innovación y su impacto en el desarrollo económico, debido principalmente a que los sistemas económicos actuales son cada vez más complejos. Las realidades sobre el desarrollo científico y tecnológico indican que estamos transitando a una nueva revolución agroalimentaria global.

En la actualidad se habla de la agricultura 4.0, la cual está destinada a transformar las prácticas agrícolas actuales en todo el mundo a un ritmo más rápido, haciendo uso de nuevas y sofisticadas tecnologías (Rose et al., 2022). Temas como agricultura de precisión, agricultura inteligente y agricultura digital se han vuelto comunes en las políticas y el discurso popular, además, los fondos públicos y la atención de los medios se dedican a impulsar la llamada cuarta revolución agrícola (Barrett & Rose, 2022). También, empieza a surgir la agricultura 5.0, la cual ofrece tecnologías computacionales altamente interconectadas, uso intensivo de datos orientadas a la robótica, la

inteligencia artificial, sistemas autónomos de toma de decisiones en tiempo real y la protección al medio ambiente (Vargas-Canales, Brambila-Paz, et al., 2022).

Los nuevos desarrollos científicos y tecnológicos en el sector agroalimentario son los pilares fundamentales para fortalecer los distintos procesos para el mejor aprovechamiento de los recursos y como consecuencia un aumento de la rentabilidad por su impacto positivo en la productividad (Arce Quesada, 2019). Sin embargo, las políticas de ciencia y tecnología en América Latina han sido un ámbito sensible a la voluntad política de los gobiernos, lo que revela la escasa comprensión que ha tenido el Estado en nuestros países sobre su importancia para el desarrollo y como factor para contribuir a mejorar las condiciones de vida de la población (Casas, 2020). En la actualidad las tendencias sobre las políticas de ciencia y tecnología a nivel mundial, radican en implementar estrategias que se orienten hacia la innovación y que permitan consolidar el crecimiento económico, la cohesión social y atender retos globales y sociales, como la pobreza, el cambio climático y la salud (Valero Olmedo et al., 2019).

Considerando las dificultades que se enfrentan desde las perspectivas teórica y práctica para establecer una relación directa entre ciencia, tecnología y sociedad y poniendo el énfasis en algunos cambios incipientes, se puede afirmar que, en los últimos veinte años, hemos avanzando en la región hacia una concepción de ciencia y tecnología (Casas, 2020), sin embargo, aún falta mucho para definir con claridad los mecanismos que permitan hacer más eficiente la relación ciencia-tecnología-innovación-sociedad. Pese a que se tienen avances importantes, por ejemplo, con la gestión de tecnología las empresas buscan maximizar sus ventajas competitivas, basadas en su capacidad de desarrollo e innovación tecnológica en la obtención y uso sistemático de sus medios tecnológicos y organizacionales, agregando valor a sus productos y/o servicios (Terán Bustamante et al., 2019), aún nos falta mucho por comprender sobre este fenómeno debido a su constante cambio y complejidad.

En ese sentido, una de las áreas sobre las que se tiene poco conocimiento en el sector agroalimentario es sobre el desarrollo, difusión, promoción y adopción de la ciencia y la tecnología, así como su transformación en innovación. Es importante mencionar que es clave para desarrollar y mantener ventajas competitivas en un ambiente donde la evolución debe ser cada vez más rápida. De acuerdo con lo expuesto con anterioridad, la adopción, adaptación y desarrollo de la ciencia y la tecnología para generar innovaciones es un elemento importante para el éxito de los

agronegocios, se trata de un fenómeno complejo y heterogéneo y existe poca claridad sobre su análisis e implementación. De ahí que resulta necesario profundizar en su estudio con la finalidad de contribuir al diseño e implementación de políticas de fomento para el sector agroalimentario y los agronegocios. Derivado de lo anterior, a continuación, se plantean los objetivos, preguntas de investigación e hipótesis de la investigación.

Objetivo general

Evaluar la situación actual y perspectivas sobre la ciencia, tecnología e innovación en el sector agroalimentario con la finalidad de proponer estrategia que permitan dinamizar el desarrollo, difusión, adopción y adaptación de las nuevas tecnologías en los agronegocios mexicanos.

Objetivos específicos

Con base en los antecedentes descritos en la introducción, los avances teórico-metodológicos, el planteamiento del problema y el objetivo general, los objetivos específicos fueron los siguientes:

1. Realizar un estado del arte o estado actual del conocimiento y los estudios sobre las nuevas tecnologías mediante una revisión sistemática de literatura, con el fin de explorar las tendencias mundiales.
2. Identificar el potencial que tiene México para la adopción de las nuevas tecnologías en el sector agroalimentario.
3. Analizar las capacidades tecnológicas que tiene el sector agroalimentario en México para la adopción de las nuevas tecnologías.
4. Realizar una disertación sobre el comportamiento de la ciencia, tecnología e innovación y su adopción en el sector agroalimentario y los agronegocios de México.

Preguntas de investigación

En relación con los objetivos planteados las preguntas de investigación que corresponden a cada uno de ellos son las siguientes:

1. ¿Cuáles son las tendencias mundiales sobre ciencia, tecnología e innovación en el sector agroalimentario?

2. ¿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?
3. ¿Cuál es la capacidad tecnológica del sector agroalimentario mexicano para la adopción de las nuevas tecnologías?
4. ¿Cómo se configurarán los agronegocios del futuro y cómo se gestionarán en relación con las tendencias sobre ciencia, tecnología e innovación en el sector agroalimentario?

Hipótesis

De acuerdo con los objetivos y preguntas de investigación planteadas, las hipótesis de investigación fueron las siguientes:

1. En la literatura existente presenta una gran heterogeneidad, y aun no hay claridad sobre el cómo se está comportando y cómo evolucionará este fenómeno.
2. Las tecnologías e infraestructura disponible en el sector agroalimentario de México para su implementación son limitadas.
3. Las capacidades tecnológicas del sector agroalimentario presentan una alta concentración regional relacionada con la infraestructura, información y conocimiento sobre las nuevas tecnologías.
4. Se desarrollarán dos o tres vertientes de agronegocios con características bien definidas que cooperarán y competirán en los mismos mercados.

Descripción del contenido de la tesis

Esta tesis se constituye a partir de la integración de una introducción general en la cual se expone la importancia de la investigación, el planteamiento del problema, objetivos, preguntas de investigación e hipótesis. Además, se integra por tres artículos de investigación y cada uno de estos se corresponde a un capítulo (Figura 1), además, se incluye un apartado final con formato de ensayo. Es conveniente mencionar que se estructuro de esa forma para dale cumplimiento a lo establecido en la “Guía para la organización y presentación de la tesis” vigente del Colegio de Postgraduados. En el Capítulo 1 realiza un estado del arte sobre los estudios de las nuevas tecnologías en el sector agroalimentario mediante una revisión sistemática de literatura, con el fin de explorar las tendencias mundiales. Posteriormente del Capítulo 1 se desprenden el 2 y 3.

En el Capítulo 2 se desarrolla un análisis que busca identificar el potencial que tiene México para la adopción de las nuevas tecnologías de la agricultura 4.0 y 5.0 en el sector agroalimentario. En el Capítulo 3 se efectúa un análisis sobre las capacidades tecnológicas que tiene el sector agroalimentario en México para la adopción de las nuevas tecnologías con la finalidad de predecir la dinámica de su adopción. El ensayo se, desprende del 1, 2 y 3, se trata de una disertación, sobre la prospectiva del comportamiento de la ciencia, tecnología e innovación y su adopción en el sector agroalimentario y el futuro de los agronegocios de México. Otro apartado importante son las conclusiones generales, estas se relacionan con todos los capítulos y algunas ideas prospectivas para futuras investigaciones relacionadas con el objeto y sujeto de estudio.

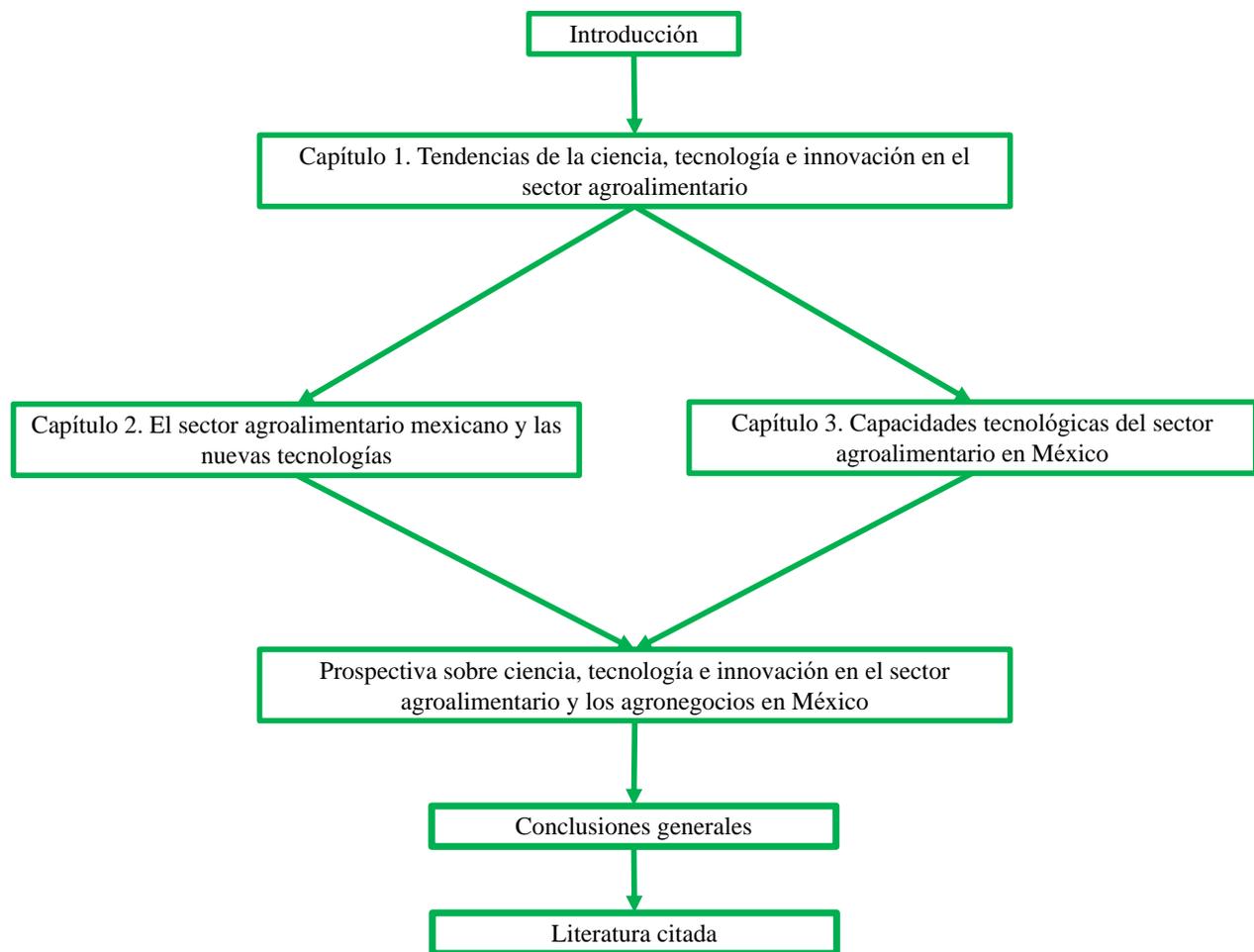


Figura 1. Estructura y contenido de la tesis.

Como se mencionó al principio cada capítulo es un artículo que en conjunto integran la tesis completa. Sin embargo, cada uno de ellos presenta independencia en toda su estructura y

composición. Cada apartado de la tesis cumple con un objetivo particular que se complementan para darle forma y cuerpo a la investigación, tienen una secuencia cronológica y mantienen una autonomía propia. Es decir, cuentan con un título, resumen, introducción, metodología, resultados, discusión, conclusiones, con excepción del ensayo que no cuenta con una estructura determinada. El último apartado está compuesto por toda la literatura citada, con la cual se construye, argumenta, dialoga y discute en todo el documento.

CAPÍTULO I. TENDENCIAS DE LA CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO

1. 1 RESUMEN

El desarrollo científico y tecnológico aumenta cada vez más a una mayor velocidad y se ha logrado acumular cantidades extraordinarias a nivel mundial en todas las áreas del conocimiento y su desarrollo y adopción en el sector agroalimentario no es la excepción. En ese sentido, el objetivo de esta investigación fue realizar un estado del arte sobre los estudios de las nuevas tecnologías en el sector agroalimentario mediante una revisión sistemática de literatura, con el fin de explorar las tendencias mundiales. El método de revisión sistemática consistió en la obtención de la información en la base de datos de literatura científica Scopus, con la estrategia de búsqueda limitada a tema. Se utilizaron 34 palabras clave relacionadas con el tema y se limitó la búsqueda solo a título y a artículos científicos. Para la codificación y extracción de datos y resultados se utilizó el software VOSviewer para generar, agrupar y visualizar redes e identificar campos científicos y tendencias. En los últimos años se dio un crecimiento importante sobre el desarrollo de nuevas tecnologías en el sector agroalimentario, concentrado en pocos países, instituciones y disciplinas. Los resultados permiten identificar cambios de paradigmas científicos claramente definidos y se han consolidado distintos campos científicos con temas e intereses muy específicos. Es posible percibir que gana interés el campo de estudios sobre la robótica, la automatización, la inteligencia artificial, entre otros y pierden dinamismo los temas relacionados con la genómica, biotecnología y mejoramiento genético. Además, existen pocas investigaciones relacionadas con el análisis económico, social y su relación con el medio ambiente. Finalmente, la base para la adopción y adaptación de las nuevas tecnologías será la posibilidad de incorporar en los sistemas de producción el uso de la tecnología 5G que permitirá el uso masivo de datos e información.

Palabras clave: agricultura 5.0, agricultura inteligente, big data, inteligencia artificial, mejoramiento genético.

1. 2 INTRODUCCIÓN

En la actualidad las tendencias demográficas mundiales (crecimiento demográfico, envejecimiento de la población, migración y urbanización) tienen importantes implicaciones para el desarrollo económico y social y para la sostenibilidad ambiental (United Nations, 2019). El rápido

crecimiento poblacional y los cambios en sus demandas ejercen una fuerte presión en todos los sistemas agroalimentarios. Es decir, se requiere producir más alimentos, alimentos con características específicas, ser más eficientes en el uso de los recursos naturales e insumos y conservar el medio ambiente. En este sentido, la única forma de lograr producirlos, en sistemas agroalimentarios sostenibles, es con el desarrollo de la ciencia, la tecnología, la innovación y con mucha voluntad política (Godfray, Beddington, et al., 2010; Godfray, Crute, et al., 2010; Vargas-Canales et al., 2020).

Es necesario mencionar que el desarrollo científico y tecnológico en el sector agroalimentario es impresionante. Es decir, la evolución y adaptación constante del sector a los cambios y transformaciones ha permitido que su productividad aumente constantemente. El uso de la tecnología en la agricultura es indispensable para mejorar las prácticas agrícolas y así poder responder ante los incesantes cambios de un mundo agroalimentario, el uso de herramientas tecnológicas les permite a los agricultores mejorar la gestión de los agronegocios y lograr un mejor nivel de productividad y seguridad alimentaria (Carpio Santos, 2018).

Por otra parte, desde inicio del siglo XXI se puede identificar la tendencia a ofrecer productos y servicios hechos a la medida de las características, circunstancias, gustos y preferencias de cada consumidor en lo individual. Esta es, por ejemplo, una de las tendencias de la medicina genómica y de la nutrigenómica (Brambila Paz, 2011). Dichas disciplinas buscan incidir en prevenir o revertir problemas de salud en la población, sin embargo, las condiciones a las que nos enfrentamos hoy son muy diferentes. Las crisis actuales y la creciente demanda de alimentos en términos de calidad y cantidad, ha aumentado la necesidad de industrialización e intensificación del sector agroalimentario (Farooq et al., 2020).

En este sentido, han surgido novedosas tecnologías que se han desarrollado principalmente en otros sectores y se han adaptado muy bien al sector agroalimentario. Por ejemplo, el uso de sensores para monitorear los cultivos, drones para realizar algunas actividades de monitoreo y aplicación de agroquímicos y robots para realizar actividades que ponen en riesgo al hombre (Guzev et al., 2021; Kovács & Husti, 2018; Saiz-Rubio & Rovira-Más, 2020). Otra tecnología importante que surgió fue la teledetección que es una herramienta útil para monitorear las variaciones espacio-temporales del estado morfológico y fisiológico de los cultivos y las prácticas de apoyo en la agricultura de precisión (Lu et al., 2020).

Así mismo, se incorporó rápidamente el internet de las cosas (Internet of Things: IoT), que es una tecnología muy prometedora y que ofrece soluciones innovadoras para modernizar el sector agrícola, por su capacidad de ofrecer servicios al productor y al consumidor en tiempo real (Farooq et al., 2020). En la actualidad dadas las condiciones de confinamiento las tecnologías digitales tendrán un crecimiento importante en todas las áreas de nuestras vidas. Además, la combinación de las tecnologías digitales y dispositivos móviles en las prácticas agrícolas se ha convertido en una prioridad política en todo el mundo (Chuang et al., 2020). De ahí que ahora se habla de la agricultura digital, que engloba la comunicación, la información, y las tecnologías de análisis espacial que permitan a los productores rurales planificar, monitorear y administrar las actividades operativas y estratégicas de los sistemas agroalimentarios (Bolfe et al., 2020). Lo anterior es posible mediante el uso masivo de datos que se están midiendo y recolectando sobre los parámetros biológicos de los cultivos, lo que permitirá dar soluciones y/o recomendaciones en tiempo real.

Por otra parte, desde algunos años se está posicionando en el sector de manera importante la agricultura protegida, en ambientes controlados o artificiales que es un sistema de producción agrícola desarrollado con el objetivo de proporcionar a las plantas las condiciones ideales (óptimas) para su desarrollo, y con ello expresen el máximo potencial productivo (Vargas-Canales, Palacios-Rangel, Aguilar-Ávila, Ocampo-Ledesma, Medina-Cuellar, et al., 2018). Con el desarrollo de la tecnología se ha potenciado ampliamente el desarrollo de los agricultores y se ha establecido un sistema de recopilación de bases de datos a gran escala en el campo de la producción agrícola. La seguridad y la eficacia se han convertido en dos cuestiones importantes en el sector agroalimentario (Li et al., 2020; Niknejad et al., 2021).

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. Las cuales, ayudan a mejorar el proceso de toma de decisiones, son más oportunas y efectivas, basadas en datos objetivos e incluso incluye la inteligencia artificial. En ese sentido y considerando que en la actualidad vivimos una crisis económica, ambiental, alimentaria y de salud es indispensable el desarrollo de políticas adecuadas para afrontar los retos basadas en un conocimiento profundo de este fenómeno. Ya que a medida que la población mundial siga creciendo, aumenta la presión sobre el sistema agroalimentario para duplicar la producción de alimentos para el año 2050 (Dani, 2015).

Una de las perspectivas sobre las nuevas tecnologías es que nos faltan muchas décadas para implementarse en el sector agroalimentario de forma comercial. Por otro lado, existe la visión clara sobre cómo se están adoptando y cómo deberían ser en el futuro. Estas visiones a menudo reflejan imaginarios populares de sistemas de producción totalmente automatizados, con una intervención humana drásticamente reducida (Legun & Burch, 2021). La realidad es que la tecnología existe y se está utilizando en distintas partes del mundo y en diversas actividades, sin embargo, pareciera que no hay precisión sobre cómo se están desarrollando y las tendencias que seguirán. La literatura existente presenta una gran heterogeneidad, y aun no hay claridad sobre el desarrollo de este fenómeno que está evolucionando rápidamente. En ese sentido, el objetivo de esta investigación es realizar un estado del arte o estado actual del conocimiento y los estudios sobre las nuevas tecnologías mediante una revisión sistemática de literatura, con el fin de explorar las tendencias mundiales.

1. 3 METODOLOGÍA

1. 3. 1 Método de análisis

Para la elaboración del estado del arte o estado actual del conocimiento sobre las nuevas tecnologías en el sector agroalimentario se realizó una revisión sistemática. Este método consiste en la revisión de la literatura existente y está diseñado para localizar, evaluar y sintetizar la mejor evidencia disponible relacionada con un tema de investigación específico (Boland et al., 2017). Consiste en la evaluación ordenada y explícita de la literatura, acompañada de un análisis crítico de acuerdo a diferentes herramientas y un resumen cualitativo de la evidencia (García-Perdomo, 2015). Además, es particularmente útil cuando el cuerpo de la literatura aún no ha sido revisado exhaustivamente, o exhibe una naturaleza compleja o heterogénea susceptible de una revisión (Peters et al., 2015).

1. 3. 2 Obtención de la información

La búsqueda de la información se realizó en inglés en marzo de 2021. El rastreo de los documentos se realizó en la base de datos científica Scopus. Lo anterior, tomado en consideración las poderosas prestaciones de su motor de búsqueda, el volumen y calidad de la información almacenada, la riqueza de metadatos, así como las facilidades para la descarga de archivos (Cruz-Ramírez et al.,

2020). Además, es considerada la base de datos de literatura científica más completa (Baier-Fuentes et al., 2019; Mongeon & Paul-Hus, 2016).

Para la búsqueda en la base de datos se usó una estrategia de búsqueda limitada a “tema” concretamente en el título del documento (TITLE), con la combinación de 34 palabras clave para precisar de mejor manera la búsqueda. Las palabras de búsqueda están asociadas a las nuevas tecnologías en el sector agroalimentario (Agriculture 4.0, Agriculture 5.0, Smart agriculture, Smart farms, Smart greenhouses, Big data in agriculture, Artificial intelligence, Digital farming, Digital agriculture, Internet of things, 5G technology, Use of sensors, Robotics, Remote sensing, Drones, Precision farming, Precision agriculture, LEDs, Geomatics, Digital platforms, Blockchain technology, Electronic commerce, E-commerce platforms, Genomic medicine, Nutrigenomics, Nutraceutical, Genetically modified organisms, Genetic engineering, Genetic improvement, GMO, Transmutation, Agriculture in controlled environments, Smart storage facilities y Agricultural automation). En todos los casos se conectaron mediante el operador booleano “OR”. Además, para hacer más precisa la búsqueda se agregaron dos campos con el operador booleano “AND”, en todos los campos de los documentos (ALL FIELDS) con las palabras Agricultural y Livestock, con la intención de descartar aquellos estudios en otros sectores. Finalmente, se solicitó la descarga masiva de metadatos en un archivo CSV con la cual se construyó la base datos.

1. 3. 3 Criterios de inclusión y exclusión

La búsqueda se restringió por tipo de documento a artículos científicos y se filtró por coincidencia de las palabras clave solo en el título. Es decir, no se consideró la búsqueda en las palabras clave, el resumen, ni en cualquier otra parte del documento. Lo anterior con la finalidad de obtener una mayor certidumbre sobre elegir documentos con el tema exacto de investigación. Se excluyó a conferencias, libros, capítulos de libro y revisiones. Respecto a el tiempo de publicación no se presentó ninguna limitante con la intención de ubicar la evolución de las publicaciones sobre estos temas desde que se inició la investigación sobre ellos. Así mismo, no se tuvieron restricciones sobre el idioma, país de origen y disciplina o área temática, la intención era analizar la mayor cantidad de documentos relacionados con el tema de interés. Por último, se procedió a una primera revisión de los artículos para incluir únicamente aquellas investigaciones que consideran las “nuevas tecnologías” como el tema central.

1. 3. 4 Codificación y extracción de datos y resultados

Los resultados obtenidos de la base de datos científica Scopus se procesaron y se obtuvo información que permitió obtener datos estadísticos sobre el origen y evolución de las investigaciones, los países que realizan este tipo de investigación, las instituciones o centros de investigación donde se realizan y las áreas temáticas. Posteriormente, se utilizó el software VOSviewer para generar, agrupar y visualizar redes (Van Eck y Waltman, 2010). VOSviewer permite visualizar clústeres existentes en relación con coautorías, citas, co-ocurrencias de palabras del título y palabras clave, además, sus prestaciones nos facilitan un análisis pormenorizado de cada uno hacia lo interno (Cruz-Ramírez et al., 2020). A estos clústeres se les identificó como grupos con intereses disciplinarios similares y como campos científicos.

Una vez finalizada la selección de los artículos, se procedió a analizar los distintos clústeres en relación con sus investigaciones y sus principales planteamientos. Además de los datos mencionados, se evaluó el riesgo de sesgo de los artículos, ya que las conclusiones de la revisión sistemática podrán ser válidas en la medida en que los estudios que la componen, llamados estudios primarios, sean confiables (Moreno et al., 2018). Así mismo, se realizó un resumen breve que describe las principales características y hallazgos con las evidencias que permitan identificar claramente los vacíos del conocimiento y las líneas o tendencias que el campo o área del conocimiento presenta.

1. 4 RESULTADOS

De manera general se encontraron 1026 documentos entre artículos, libros, capítulos, conferencias, revisiones, cartas y notas relacionados con el objeto de estudio. Sin embargo, con los criterios de exclusión los artículos seleccionados para la investigación se redujeron a 652. El primer documento relacionado con el objetivo de la investigación fue publicado en el año de 1971. Es posible observar un largo período de tiempo de aproximadamente 25 años en los que las investigaciones sobre las nuevas tecnologías fueron limitadas e incluso en varios años no se publicó nada. A partir de 1996 se da un ligero incremento hasta el 2011 y a partir de este año se da un aumento exponencial de artículos científicos sobre las nuevas tecnologías en el sector agroalimentario (Figura 2).

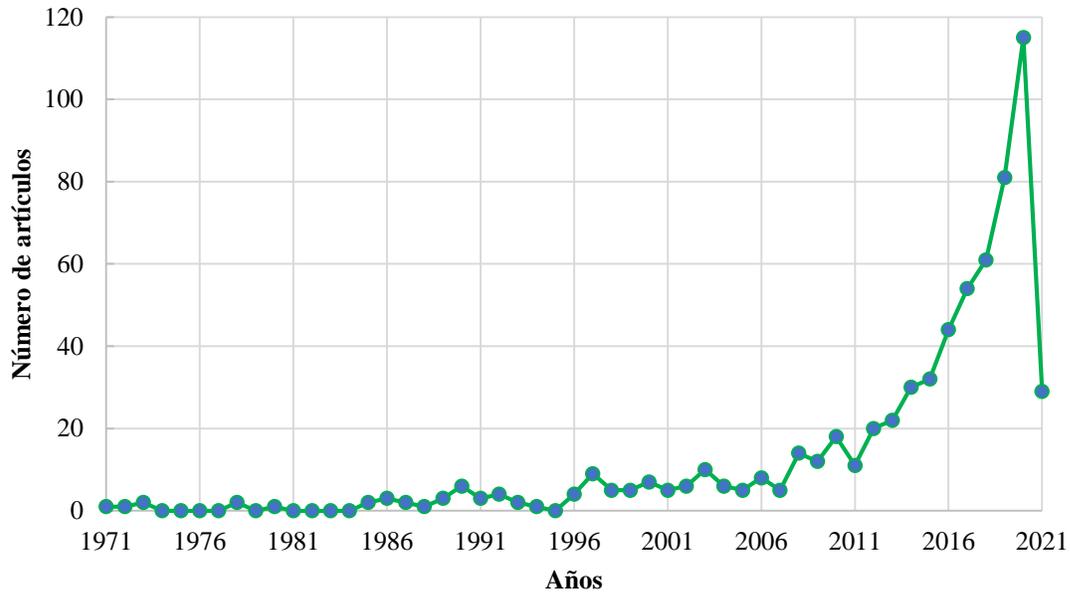


Figura 2. Origen y evolución de las investigaciones sobre nuevas tecnologías en el sector agroalimentario.

Con respecto a los países en donde se realizan investigaciones relacionadas con las nuevas tecnologías destaca Estados Unidos y China quienes lideran, pero de forma agregada ya que en la actualidad los países que destacan por número de publicaciones son China e India. Lo anterior es solo considerando los 15 países que más publicaciones han presentado. Existe un segundo grupo en orden de importancia integrado por Australia, India, Italia, Países Bajos, Alemania, Reino Unido y Canadá (Figura 3). Por otra parte, resulta interesante ver que países como Kenia y Sudáfrica aparecen como de los principales países que están desarrollando investigaciones sobre el tema de interés.

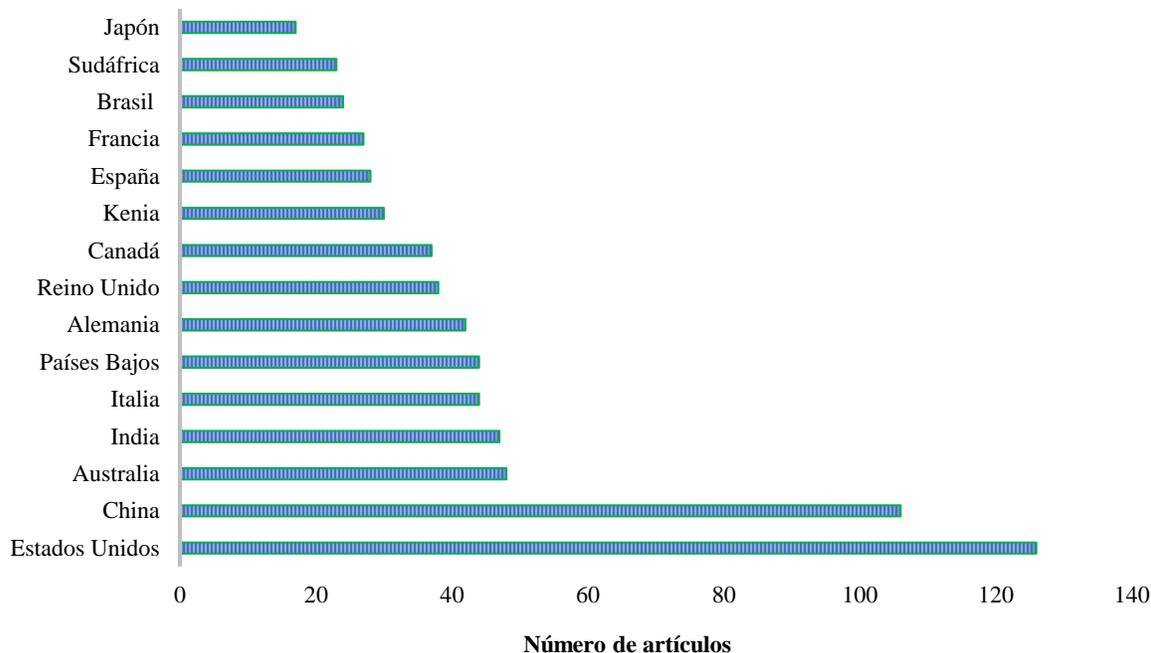


Figura 3. Principales países que realizan investigación sobre nuevas tecnologías en el sector agroalimentario (2021).

Con respecto a las instituciones que se enfocan a las investigaciones de las nuevas tecnologías agroalimentarias destacan: Wageningen University con el 17%, Chinese Academy of Sciences con el 15%, International Livestock Research Institute Nairobi con el 12% y Ministry of Agriculture of the People's Republic of China con el 11%, estas cuatro instituciones concentran más del 50% (Figura 4). Es conveniente aclarar que Wageningen University es de las precursoras y se enfoca a investigar desde cuestiones técnicas hasta sociales. Además, es importante destacar la participación de instituciones de origen chino en el desarrollo e investigación de las nuevas tecnologías en el sector agroalimentario.

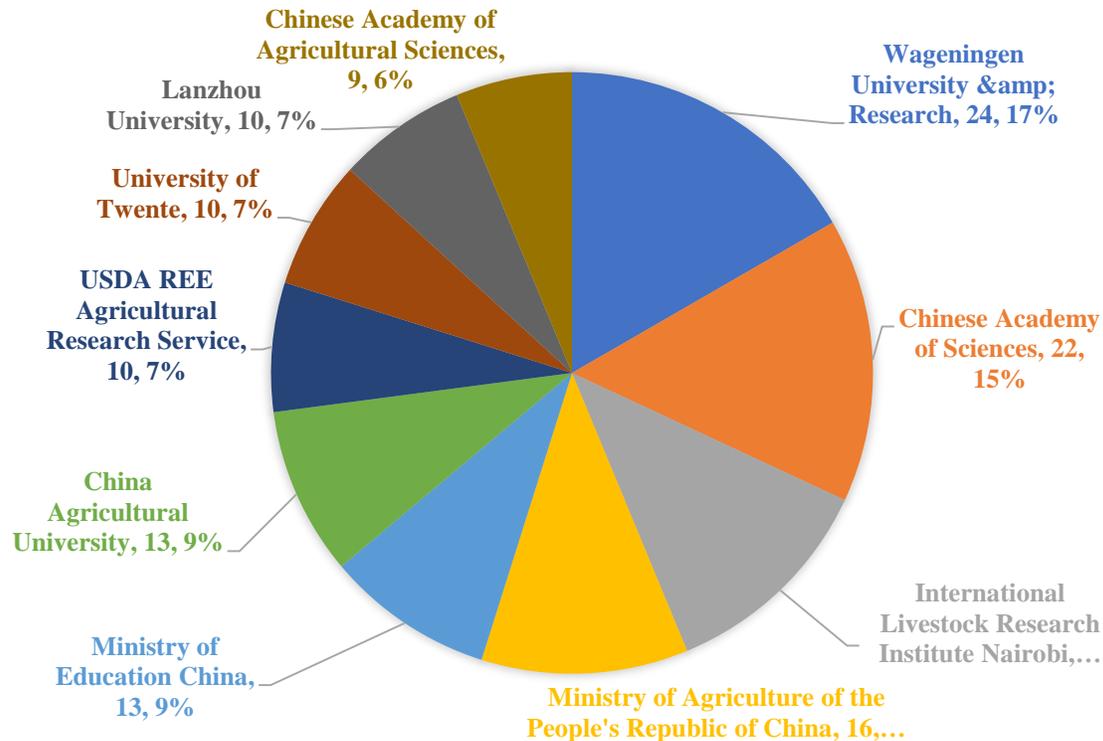


Figura 4. Principales instituciones que realizan investigación sobre nuevas tecnologías en el sector agroalimentario (2021).

De los 652 artículos que fueron publicados según la clasificación por área temática de Scopus, el 36% de los artículos se publicaron en el área de Ciencias Agrícolas y Biológicas, el 18% en Ciencias medioambientales, estas áreas aportan más del 50% de la producción científica y en menor medida en el resto (Figura 5). Lo anterior es de forma general, sin embargo, si se analizan los últimos años las publicaciones se concentran más en el área de Ciencias de la Computación y de Ingeniería. Lo que parece sugerir que la tendencia se centra en investigaciones relacionadas con la automatización, el uso de sensores y la robótica.

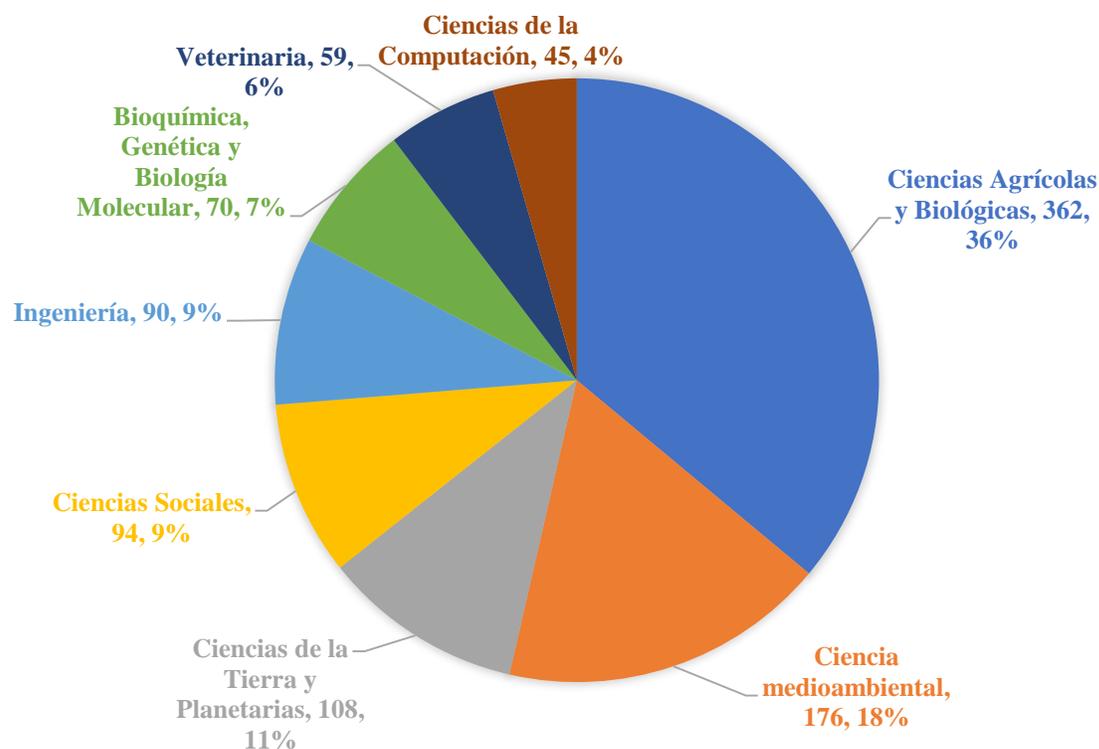


Figura 5. Principales áreas temática en donde se realiza investigación sobre nuevas tecnologías en el sector agroalimentario (2021).

La red de visualización del análisis de co-ocurrencias de los 77 ítems produjo nueve clústeres o campos científicos, identificados con distintos colores (Figura 6). El tamaño de la etiqueta y el círculo de un artículo está determinado por el peso de la palabra de búsqueda. Cuanto mayor sea el peso de la palabra de búsqueda, mayor será la etiqueta y el círculo. El color está determinado por el grupo al que pertenece la palabra de búsqueda relacionadas con las investigaciones realizadas (van Eck & Waltman, 2020).

El Clúster 1 (rojo) está integrado por investigaciones relacionadas con mejoramiento genético vegetal y animal, orientadas a la selección genética, clonación, mestizaje, evaluación genética, parámetros genéticos, heredabilidad, selección, índice de selección, respuesta a la selección. El Clúster 2 (verde) lo forman investigaciones relacionadas con el uso de sensores remotos en donde se incluye la fusión de datos, drones, evaluación de parámetros como sequía, evapotranspiración, intensidad de pastoreo, riego e incluye temas relacionados con la teledetección y los sistemas de información geográfica.

El Clúster 3 (azul) está constituido por investigaciones relacionadas con sistemas de recepción y procesamiento de imágenes satelitales. Es decir, el monitoreo de distintos parámetros como la variabilidad climática, la deforestación, cambio de cobertura terrestre, degradación de la tierra, sistemas forestales e índices de vegetación. El Clúster 4 (amarillo) está integrado por investigaciones relacionadas con la adopción y adaptación de la tecnología, cambio climático, agricultura climáticamente inteligente, seguridad alimentaria. El Clúster 5 (morado) está por estudios relacionados con la inteligencia artificial, en este grupo se incluye el internet de las cosas (IoT), computación en la nube, big data y aprendizaje autónomo.

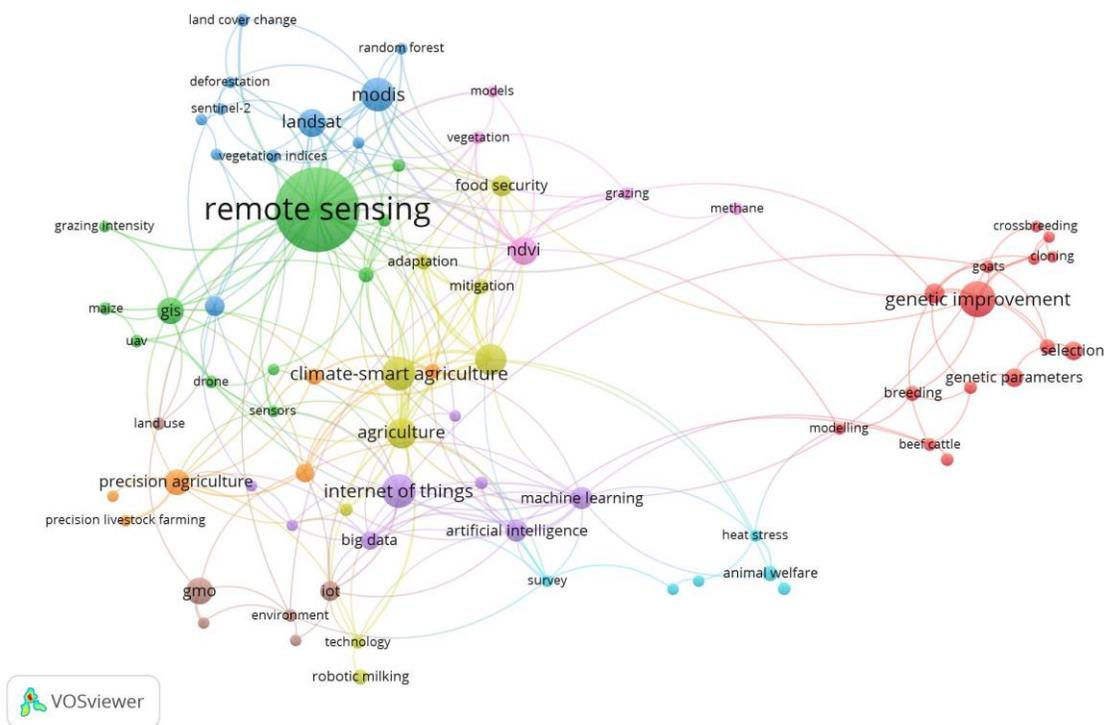


Figura 6. Paisaje bibliométrico y campos científicos sobre investigaciones de nuevas tecnologías en el sector agroalimentario (2021).

El Clúster 6 (azul claro) está conformado por un pequeño número de investigaciones relacionadas con el bienestar animal, sistemas de ordeño automático, ingeniería genética y estrés por calor. El Clúster 7 (anaranjado) está integrado por investigaciones que se orientan a la robótica agrícola. En este grupo también se incluye la agricultura climáticamente inteligente, agricultura de precisión, granjas ganaderas de precisión, resiliencia y sostenibilidad. El Clúster 8 (café) está formado por

1. 5 DISCUSIÓN

El sector agroalimentario ha experimentado a través del tiempo cambios y transformaciones impresionantes. Es posible identificar cuando menos cinco etapas de desarrollo científico y tecnológico que han revolucionado al sector (Guzev et al., 2021; Kovács & Husti, 2018; Saiz-Rubio & Rovira-Más, 2020). La primera se identifica como la agricultura 1.0 (Colonia - 1940) situación que duró hasta principios del siglo XX y se caracterizó por ser una agricultura intensiva en mano de obra, con bajos niveles de productividad y una tasa de crecimiento muy baja. La agricultura 2.0 (1920 - 2000) consistió en la introducción de mejoras en las prácticas de manejo agronómico y se le conoció como la Revolución Verde, la cual se caracterizó por el uso de semillas mejoradas, fertilizantes agroquímicos y maquinaria especializada lo que permitió un aumento impresionante en la productividad, reducción de mano de obra y presentó altas tasas de crecimiento.

La agricultura 3.0 (1990 - 2010) que se identifica como la agricultura de precisión y se caracterizó por el uso de GPS usados para la orientación de vehículos de forma manual, con la detección y control de algunas actividades como la fertilización y con la telemática para el monitoreo de vehículos. La agricultura 4.0 (2000 - a la fecha) también denominada agricultura digital se basa en el uso de sensores, en el uso inteligente de datos de forma masiva y las comunicaciones con la finalidad de utilizar dispositivos de control inteligente y automatización de instalaciones. Finalmente se ubica la agricultura 5.0 (2010 - a la fecha) en sus etapas germinales ofrece tecnologías computacionales altamente interconectadas e intensivas en datos y se orienta a la robótica y alguna forma de inteligencia artificial, sistemas de toma de decisiones autónomos en tiempo real y estará enfocada a proteger el medio ambiente.

Derivado de lo anterior es posible identificar, el surgimiento, desarrollo y agotamiento o conclusión de ciertos paradigmas científicos. En los cuales de manera gradual van llenado vacíos del conocimiento, lo que permite que de manera natural se agote o termine un paradigma, es una especie de crisis, y por ende ocurra de manera natural el inicio de otro (Kuhn, 1971). Lo anterior dio origen a lo que se denominó paradigma tecnoeconómico (Pérez, 2001), que trata de explicar el proceso que se inicia con la generación de nuevos conocimientos y finaliza con su aplicación en el sector productivo, su transformación en innovación y crecimiento económico. , un proceso que

se está dando todo el tiempo de manera recurrente y es fundamental en la dinámica económica actual.

En este caso son evidentes los cambios ocurridos en el sector agroalimentario, que se relacionan con momentos claros del desarrollo de la vida económica mundial. Es decir, la evolución del desarrollo científico y tecnológico proviene por un lado de la acumulación de conocimiento y hechos, y por otro de ciertas circunstancias y posibilidades intelectuales sujetas al cambio (Kuhn, 1971), que se vinculan con la cultura tecnológica acumulativa. Lo anterior se refiere al aumento en la eficiencia y complejidad de herramientas y técnicas que se desarrollan y evolucionan en las poblaciones humanas a lo largo de generaciones y mejoran constantemente (Osiurak & Reynaud, 2019; Vitrano, 2017). En consecuencia, el resultado de este proceso recurrente es un rejuvenecimiento paulatino de toda la estructura productiva, de modo que industrias maduras e incluso actualizadas puedan volver a comportarse como industrias nuevas, en términos de dinamismo, productividad y rentabilidad (Pérez, 2001).

Por otra parte, es claro cómo se da a través del tiempo el desarrollo y consolidación de ciertos campos científicos con objetivos bien definidos. La trayectoria de cada uno de los campos científicos depende mucho de la naturaleza de cada disciplina y como resultado existe una gran heterogeneidad en el proceso evolutivo entre los diferentes campos científicos y sus dinámicas (Coccia, 2022). Esto se debe principalmente a que entre cada campo existen desigualdades y desequilibrios de poder asociados, por ejemplo, a la obtención de recursos para desarrollar investigación. En estos campos científicos se desarrollan investigaciones dentro de un espacio social de relaciones que mantiene cierta autonomía en el desarrollo de la ciencia, con lo que se logra autoridad científica y se produce y supone una forma específica de intereses (Bourdieu, 1976). En ese sentido identificar claramente los dominios científicos a partir de su co-ocurrencia en los documentos permite identificar y analizar los grupos de conceptos que representan las subáreas del campo científico estudiado (Tosi & dos Reis, 2021). Es importante mencionar que de manera general todos campos científicos mantienen cierta relación entre ellos. Estos campos científicos responden a una lógica y dinámica de creación organizada que busca legitimarse (Kreimer, 2017), es difícil pensar en la neutralidad de la ciencia y la tecnología (Ward, 1989).

En consecuencia, se van consolidando a través del tiempo campos y comunidades científicas con objetivos e intereses comunes. En este caso para las décadas de los 70 y 80 descartan las

investigaciones relacionadas con el mejoramiento genético de plantas y animales y algunas cuestiones económicas (Bichard, 1971; Brascamp, 1973; McConnell, 1986). Estas investigaciones fueron las pioneras relacionadas con el objeto de estudio y que aún se mantienen vigentes. Así mismo para los años 90 se inicia el surgimiento de otro campo científico relacionada la robótica en el sector agrícola (Harrell et al., 1990) y pecuario (Frost, 1990), con un crecimiento muy lento y con la dominancia de investigaciones concernientes a la genética y que en la actualidad es una de las tendencias.

Para la década de los 2000 continúan con cierto dinamismo las investigaciones relacionadas con los trabajos antes descritos, pero surge la idea de aumentar la eficiencia, la agricultura de precisión, el monitoreo mediante sensores (Masek et al., 2001; Todd et al., 2004; Washington-Allen et al., 2006). Es conveniente mencionar que los estudios sobre la agricultura de precisión permite o incorpora la obtención y utilización de información para la toma de decisiones con lo que se logra optimizar el uso de los recursos e insumos y reducir los impactos negativos al medio ambiente (Nyaga et al., 2021).

Uno de los temas que surge como un punto central son las investigaciones más recientes se relacionan con la agricultura digital que tiene sus orígenes desde inicios del 2000 e integra prácticamente todas las tecnologías. Incluye el uso de sensores y el internet de las cosas para la agricultura de precisión (Syrový et al., 2020). Es importante mencionar que el Internet de las cosas (IoT) es una de las tecnologías disruptivas que se están adoptando en la gestión de la cadena de suministro de alimentos y se alinea con los objetivos de la agricultura verde (Ray, 2017) y los estudios ecológicos (Sheriza et al., 2020). Por la parte pecuaria se orienta a mejorar el bienestar animal y la eficiencia operativa de las granjas (Michie et al., 2020).

Además, surge otra vertiente importante la agricultura inteligente, agricultura climáticamente inteligente, agricultura digital, agricultura inteligente, robótica, entre otras que se van desarrollando desde principios del 2000 a la fecha. Su importancia radica en un giro considerable sobre el futuro de la agricultura y la seguridad y soberanía alimentaria, en concreto sobre la capacidad para adaptarse a los constantes cambios y su capacidad de resiliencia. La evaluación de esta tecnología proporciona información sobre la mejora en bienestar de los agricultores y destaca el potencial para optimizar la productividad (Mujeyi et al., 2021). Estos últimos 20 años es posible identificar una transición de la agricultura digital y sus distintas orientaciones y vertientes hasta

llegar a la inteligencia artificial, que incluso es percibida como la base para la restauración ambiental de ecosistemas (Yin et al., 2021).

En otra vertiente, pero en el mismo sentido surgen algunas investigaciones relacionadas con políticas públicas y el análisis económico (Lajoie-O'Malley et al., 2020). Con menor dinamismo se han realizado algunas investigaciones socioeconómicas relacionadas con la adopción de innovaciones y sus impactos económicos. Destaca el análisis de la adopción de tecnologías agrícolas climáticamente inteligentes en Tanzania (Kurgat et al., 2020). El análisis económico la agricultura climáticamente inteligente (Komarek et al., 2019), su adopción en sistemas agrícolas de pequeños agricultores (Makate et al., 2018). Además, la relación de su adopción y su influencia en los ingresos familiares (Mango et al., 2018).

Por otra parte, pareciera que los estudios relacionados con mejorar las características físicas y químicas de productos agroalimentarios, como la proteómica (Watanabe et al., 2018), han perdido dinamismo e interés entre los investigadores. Destacan algunos estudios aislados sobre nutraceutica en algunas especies vegetales (Ofori-Boateng & Lee, 2013) y en sobre algunos productos de origen animal en beneficio de la salud humana (Stankus, 2008) y en la mejora en algunos procesos como la producción de huevos, la calidad del huevo y las características fisiológicas de las gallinas ponedoras (Marume et al., 2020). En ese mismo sentido, una de las divergencias importantes es que se está abandonando o al menos parece tener menor importancia o menor dinamismo la genómica, la biotecnología y el mejoramiento genético lo cual es una contradicción casi biológica. No es posible aumentar la productividad si no se continúa mejorando genéticamente las plantas y animales. Es conveniente mencionar que las especies vegetales y animales están condicionados genéticamente y una vez que expresan su máximo potencial productivo ni con inteligencia artificial se logrará aumentar la productividad.

La mayor parte de las tecnologías son complementarias y requieren una de la otra. Por ejemplo, el uso de sensores remotos y la tecnología 5G son los elementos esenciales para el funcionamiento del resto de tecnología. Por otra parte, es importante resaltar que existen pocas investigaciones económicas, sociales y su relación con el medio ambiente que muestre evidencias de sus ventajas. Además, no hay claridad sobre la infraestructura para poder implementar de forma masiva estas nuevas tecnologías. Mucho menos se ha explorado sobre mecanismos alternativos que pudiesen incentivar su adopción como son subsidio o financiamiento.

De manera general se está dando un crecimiento importante de las investigaciones orientadas a el diseño e implementación de nuevas tecnologías en el sector agroalimentario. Lo anterior evidentemente se potenciará debido a la emergencia sanitaria emitida por el *SARS-CoV-2* (COVID-19), a partir de este acontecimiento se ha aumentado rápidamente el uso de tecnologías digitales en prácticamente todos los ámbitos de nuestras vidas y se ha aumentado la infraestructura para su implementación.

1. 6 CONCLUSIONES

Los estudios sobre las nuevas tecnologías en el sector agroalimentario presentan cambios de paradigmas científicos claramente definidos y través del tiempo se han consolidado distintos campos científicos con temas e intereses muy específicos. En los últimos años se dio un crecimiento importante sobre el desarrollo de nuevas tecnologías en el sector agroalimentario, aunque se concentran en pocos países, instituciones y disciplinas. Es importante mencionar que existen pocas investigaciones relacionadas con análisis económico, social y la relación con el medio ambiente.

Es posible percibir que en la actualidad gana interés el campo de estudios sobre la robótica, la automatización, la inteligencia artificial, la toma de decisiones autónoma y pierden dinamismo los temas relacionados con la genómica, biotecnología, mejoramiento genético, entre otros aspectos cruciales para lograr el objetivo de aumentar la producción de alimento.

La base para la adopción y adaptación de las nuevas tecnologías en el sector agroalimentario será la posibilidad de incorporar en los sistemas de producción sensores para recopilación y transferencia de información y uso de la tecnología 5G que permitirá el uso masivo de datos e información para su análisis y ayudar a la toma de decisiones.

Para futuras investigaciones relacionadas con el tema sería pertinente analizar las limitaciones relacionadas con el acceso a las nuevas tecnologías derivados de los altos costos, realizar evaluaciones económicas, sociales y ambientales claras sobre las ventajas de su uso, analizar la infraestructura disponible para su implementación de forma masiva y explorar los mecanismos de apoyo para su adopción como son subsidio o financiamiento.

CAPÍTULO II. EL SECTOR AGROALIMENTARIO MEXICANO Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

2. 1 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. La realidad es que las tecnologías digitales ya se están utilizando en diferentes partes del mundo y prácticamente en todas las actividades económicas. 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 en primer lugar fomentar el desarrollo de infraestructura pública relacionada con la implementación de las nuevas tecnologías y en segundo lugar 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.

2. 2 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 antes 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 (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (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 las 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.

2. 3 MARCO CONCEPTUAL

Vivimos, sin duda, en una sociedad tecnificada que aún se impregnará con más técnica. En efecto, la tecnología forma parte de diferentes aspectos de nuestras vidas desde que nacemos hasta que morimos (Acevedo Díaz, 1996). Sin embargo, como sociedad desarrollamos poca conciencia de las implicaciones y efectos que los desarrollos científicos y tecnológicos tienen en nuestra forma de vivir y de relacionarnos. La concepción clásica de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad es una concepción esencialista y triunfalista (López Cerezo, 2017). La cual presenta una idea muy línea que inicia con el método científico y concluye con el desarrollo de artefactos que ayudan al hombre a adaptarse mejor a las condiciones que vive.

La concepción artefactual o instrumental de la tecnología es la concepción más arraigada y aceptada en la sociedad. Se considera que las tecnologías son simples herramientas o dispositivos contruidos para la realización de tareas o actividades (González et al., 1996). Se trata de una visión en la que la tecnología tiene como resultado solo productos de naturaleza material, sin ninguna otra implicación para la vida. Es decir, lo tecnológico sería lo relativo a la moderna producción de bienes materiales y servicios que la sociedad demanda (Osorio, 2003). Esta visión artefactual implica separar a los objetos tecnológicos del complejo entramado social donde se desarrolla. Bajo esta óptica, se considera que las tecnologías son productos neutros, inocuos, objetivos y sólo responden a las necesidades y criterios de la utilidad, productividad, eficiencia 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 y de sus condiciones de desarrollo. En general, se trata de comprender la dimensión social de la ciencia y la tecnología, tanto desde el punto de vista de sus antecedentes sociales como de sus consecuencias sociales, ambientales y las repercusiones éticas, ambientales o culturales (López Cerezo, 2017).

De no ser por esa perspectiva de análisis se caería en una ingenuidad de tono acrítica, 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 sentido real al espacio de vida en que son aplicadas, promoviendo y validando ciertos fines, negando e incluso marginando y 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, conflictos y muchas tensiones (Cáceres et al., 1997). Además, como lo menciona Reddy (1979), la tecnología contine 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 tienden 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 conocen los efectos e impactos del desarrollo científico y tecnológico que genera en cuestiones sociales, políticas, económicas, culturales y ambientales. Por lo cual, comprender la forma como se crea y difunde la ciencia y la tecnología debe estar en constante monitoreo y evaluación (Vargas-Canales et al., 2016).

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, Córdova, 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.

2. 4 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), 2022b) 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), 2022b).

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 (*véase* 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 %.

2.5 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 8).

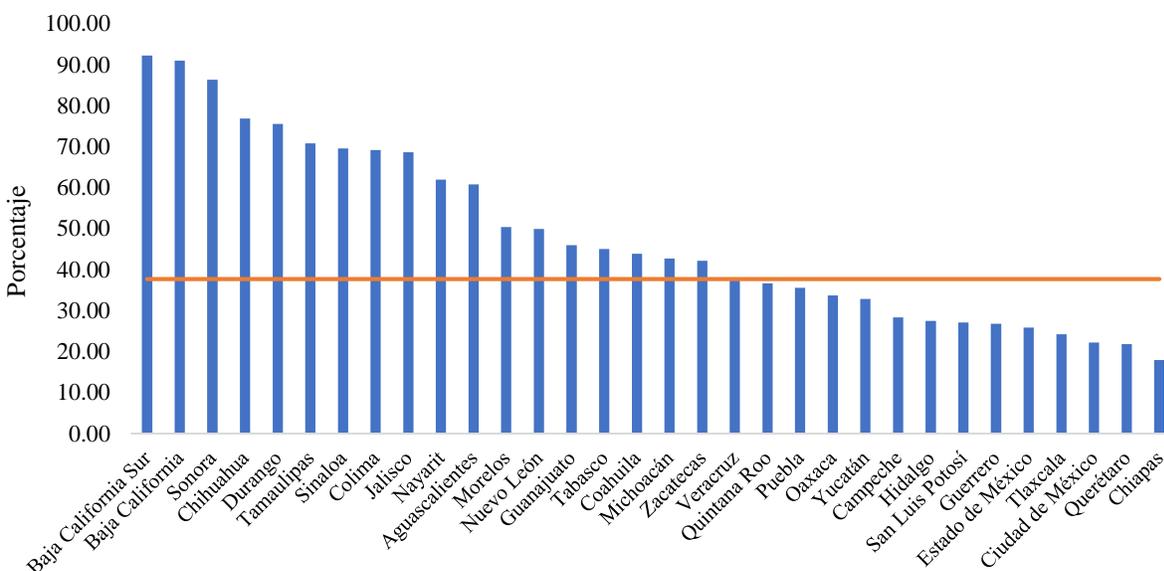


Figura 8. Unidades de producción con uso de tecnologías informáticas y de comunicación en las actividades agropecuarias en México.

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 9).

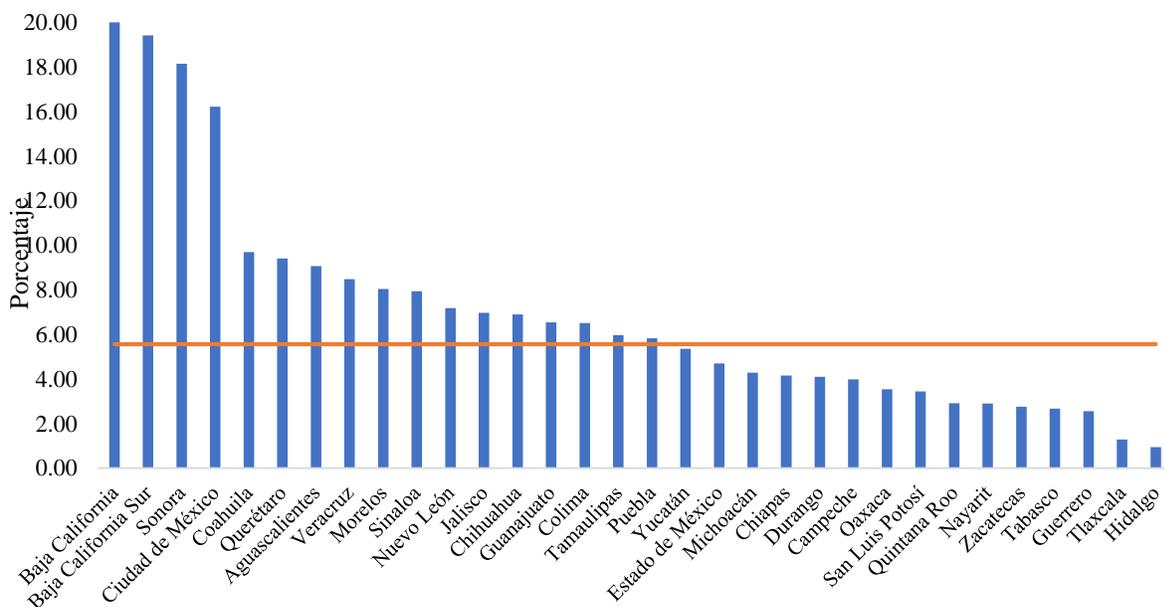


Figura 9. Unidades de producción con uso de computadora en las actividades agropecuarias en México.

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 10).

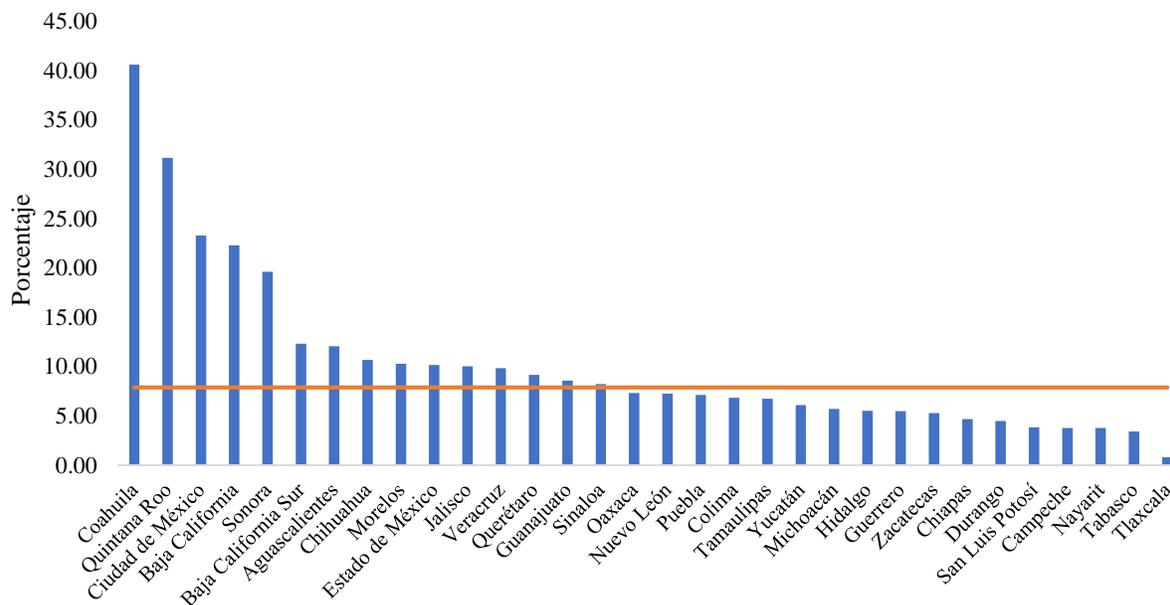


Figura 10. Unidades de producción con uso de internet en las actividades agropecuarias en México.

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 11).

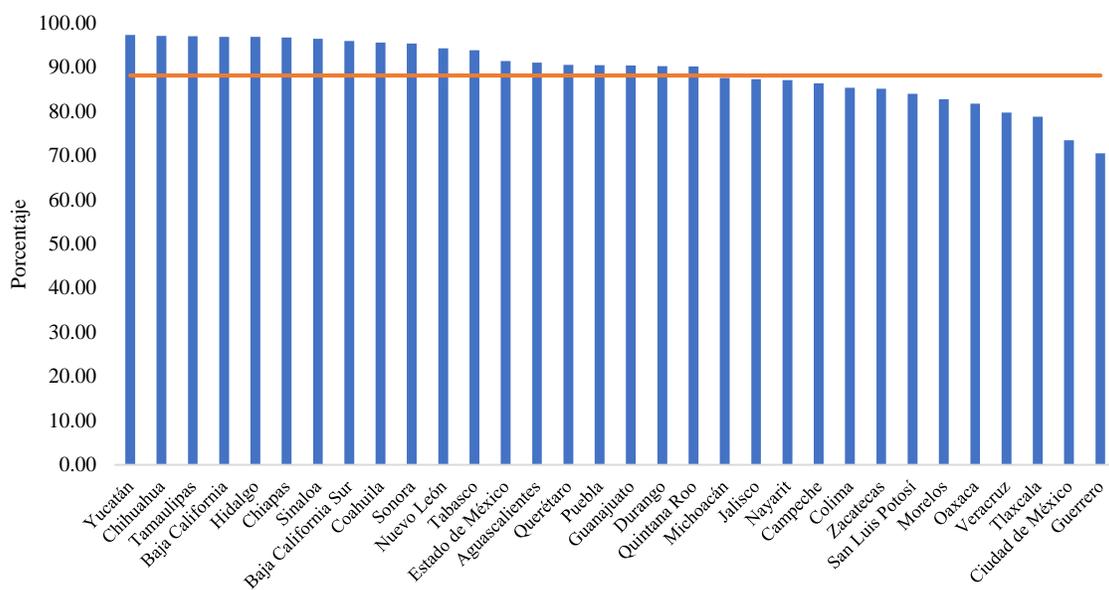


Figura 11. Unidades de producción con uso de teléfono celular en las actividades agropecuarias en México.

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 es 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 12).

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).

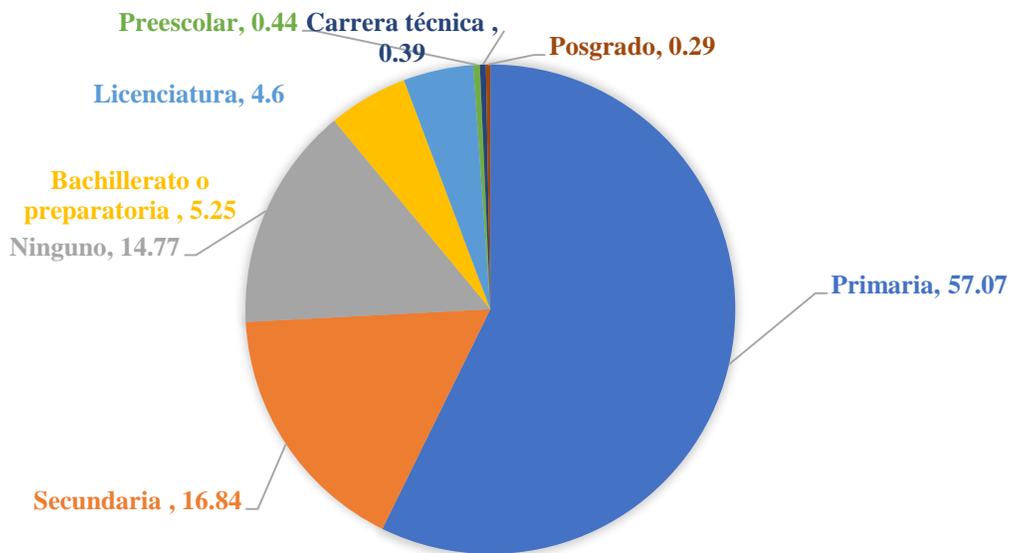


Figura 12. Porcentaje de productores según su nivel de estudios de las unidades de producción en México.

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.

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

Entidad Federativa	Total	Con solicitud de crédito o préstamo	Con crédito o préstamo obtenido
	A	B = % de A	C = % de A
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

2. 6 DISCUSIÓN

A partir del análisis del uso de tecnologías informáticas y de comunicación existe potencial para la adopción de nuevas tecnologías en algunos estados del noroeste del país (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua y Durango). 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.

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.

2. 7 CONCLUSIONES

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 favorecer 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.

CAPÍTULO III. CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DEL SECTOR AGROALIMENTARIO DE MÉXICO

3. 1 RESUMEN

La agricultura 4.0 y 5.0 genera buenas expectativas para satisfacer la creciente demanda de alimentos de forma sustentable. Sin embargo, para poder hacer un uso efectivo de los desarrollos científicos y tecnológicos se requiere contar con infraestructura, conocimientos, experiencias y habilidades relacionadas con su uso. En ese sentido, el objetivo de esta investigación fue analizar la capacidad tecnológica del sector agroalimentario de México para la adopción de las nuevas tecnologías. Se utilizó el método de investigación documental y la información de las variables analizadas se obtuvo de la Encuesta Nacional Agropecuaria, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía y del Instituto Mexicano para la Competitividad. Se realizó un análisis de conglomerados para generar una tipología de estados y un análisis de varianza, para lo cual se usó la Prueba de H de Kruskal-Wallis para muestras independientes. Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el programa IBM® SPSS Statistics. Las variables analizadas presentaron de manera general valores muy bajos y los estadísticos descriptivos presentan una gran heterogeneidad y una varianza muy alta. Por otra parte, se identificaron tres clústeres de estados con capacidades tecnológicas distintas. Destacan cuatro estados del norte del país con las capacidades tecnológicas más altas, en los cuales se prevé que tendrán tasas de adopción mayores, posteriormente un grupo formado por diez estados del norte y centro del país con capacidades tecnológicas intermedias. Finalmente, un grupo de 18 estados del país integrado por estados del centro y sur del país que presenta los niveles más bajos. Los resultados indican que las capacidades tecnológicas para la adopción de las nuevas tecnologías en el sector agroalimentario mexicano son bajas en general y se encuentra concentrada en algunas regiones altamente especializadas.

Palabras clave: agricultura inteligente, cambio tecnológico, ciencia y tecnología, innovación, sustentabilidad.

3. 2 INTRODUCCIÓN

En la actualidad nuestra sociedad enfrenta problemas muy complejos derivados principalmente del modelo de desarrollo económico dominante, cada vez nos afectan más y son más frecuentes (Vargas-Canales, 2022). 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). Derivado de lo anterior, las tendencias demográficas mundiales como crecimiento y el envejecimiento de la población, la pobreza, la migración y la urbanización tienen importantes implicaciones para el desarrollo económico y para el medio ambiente (United Nations, 2019). En consecuencia, se estima que la demanda de alimentos aumentará en más del 60 % para el 2050 y eso ejercerá una gran presión a los sistemas agroalimentarios (Gaspar et al., 2021).

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, existe cierto consenso en la comunidad científica mundial en que el modelo actual de desarrollo puede derivar en una catástrofe ambiental en el largo plazo (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2016). Ante estas problemáticas mundiales es necesario desarrollar nuevas formas de organización e integración económica. Es decir, se requiere de una profunda reconfiguración de todas nuestras relaciones económicas, tecnológicas, políticas, sociales y ambientales. Además, es necesario transformar los sistemas productivos y en específico el sistema agroalimentario que es el más importante, ya que es el único sector económico que permite la reproducción de la vida.

El sector agroalimentario históricamente ha experimentado una serie de revoluciones científicas y tecnológicas que le han permitido incrementar la productividad, la eficiencia, el rendimiento y la rentabilidad a niveles antes impensables (Vargas-Canales, Brambila-Paz, et al., 2022). En la actualidad se plantea 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). En el sector agroalimentario 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). Recientemente han surgido novedosas tecnologías que se han desarrollado en otros sectores y se han adaptado muy bien al sector agroalimentario. Por ejemplo, el uso de sensores para monitorear los cultivos, drones para realizar algunas actividades de monitoreo y aplicación de agroquímicos y robots para realizar actividades que ponen en riesgo la integridad del hombre (Guzev et al., 2021; Kovács & Husti, 2018; Saiz-Rubio & Rovira-Más, 2020).

El uso de las tecnologías digitales está transformando todos los procesos, productos y servicios de los sistemas agroalimentarios. Su uso mejora la eficiencia y facilita la gestión agroalimentaria, lo que aumenta la productividad, la eficacia, la rentabilidad y la conservación de los recursos naturales (Lioutas et al., 2021; Pivoto et al., 2019; Zscheischler et al., 2022). Sobre los efectos positivos y negativos de las nuevas tecnologías se han debatido pero no lo suficiente, sin embargo, no hay duda que los beneficios son mucho mayores en todos los segmentos de la cadena de valor (Klerkx et al., 2019; Rolandi et al., 2021). En consecuencia, la agricultura digital ha recibido una atención considerable en las políticas de los últimos años, principalmente orientadas a cumplir con los principios del desarrollo sostenible, tales como como la conservación de la biodiversidad, la gestión de los residuos, la protección del suelo y la salud humana (MacPherson et al., 2022). También, se cree que el mayor desarrollo de las infraestructuras de datos y aplicaciones y su integración en todos los sectores jugarán un papel crucial para el futuro (Wolfert et al., 2017).

Es importante mencionar que no todos los países y sectores 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 las tecnologías digitales (Casalet, 2020). Además, desde la investigación no se ha generado información sobre las consecuencias de la heterogeneidad y asimetrías entre los países, sectores y actores y faltan instrumentos de medición y evaluación adecuados (Spieth et al., 2021). Lo anterior resulta relevante debido a que las estrategias empresariales, procesos, tecnologías, productos finales, relaciones con proveedores y clientes están condicionados a la nueva complejidad tecnológica (Casalet, 2020) y la difusión y adopción de las tecnologías digitales en la sociedad, y en los sistemas de producción, introducen un cambio disruptivo a todo el sistema económico.

Por otra parte, a pesar de los beneficios, las tasas de adopción de las tecnologías de la agricultura inteligente no es uniformes en los países (Pivoto et al., 2019). Sin embargo, la realidad indica que todos los países, empresas y mercados están siendo afectados por la transformación digital y más a raíz de la emergencia sanitaria emitida por el COVID-19 (*SARS-CoV-2*), que obligó a todo el mundo a el confinamiento y a el uso de herramientas digitales (Vargas-Canales, Brambila-Paz, et al., 2022). Lo anterior generó cambios en las formas habituales de organización de la producción, la distribución y el consumo y transformo la generación, trasmisión y uso del conocimiento, las formas de recreación y ocio e, incluso a nivel personal, las formas de relacionarnos y hasta la

percepción de la realidad (Mercado, Sánchez-Rose, et al., 2022). En consecuencia, todos los sistemas agroalimentarios se encuentran en transformación para dar respuesta a las nuevas demandas.

Esta nueva dinámica se caracteriza por la aplicación de las tecnologías digitales en todas las fases del proceso de producción. No se reducen solo al ámbito de la producción, sino que tiene implicaciones en la toda la sociedad, ya que posibilita una economía más compleja basada en el uso masivo de datos e información (Casalet, 2020). El sector agrícola mexicano ha experimentado, desde antes de la revolución verde, un desarrollo tecnológico impresionante (Vargas Canales et al., 2021). 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, sin embargo, el sector agroalimentario registró crecimiento (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2021).

Sin duda la agricultura 4.0 y 5.0 han generado buenas expectativas sobre las posibilidades de satisfacer la demanda de alimentos sanos, nutritivos, inocuos y culturalmente apropiados de forma sustentable. Sin embargo, para poder hacer un uso efectivo de los desarrollos científicos y tecnológicos se requiere contar con infraestructura, conocimientos, experiencias y habilidades. Es decir, se requiere contar con cierta capacidad tecnológica y los recursos necesarios para generar y gestionar ese dinamismo (Bell & Pavitt, 1992). En ese sentido, fomentar los conocimientos y habilidades necesarios para que las empresas elijan, instalen, operen, mantengan, adapten, mejoren y desarrollen tecnologías, es una estrategia vital (Lis & Rozkwitalska, 2020).

La capacidad tecnológica se considera generalmente como un catalizador esencial para mejorar la innovación, la competitividad y el desempeño de las empresas (Salisu et al., 2019). Para lograr un crecimiento continuo y competitividad los países, sectores y empresas deben acumular conocimientos para desarrollar capacidades tecnológicas (Lin & Lai, 2021). Capacidades tecnológicas entendidas como los conocimientos, experiencias, habilidades e infraestructura disponible para hacer un uso efectivo de la ciencia, la tecnología y crear innovación (Vargas-Canales, 2022). En diversos ámbitos de la literatura, 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).

En la actualidad las capacidades tecnológicas de una empresa, sector, región o país son indispensables para adaptarse a los cambios y transformaciones cada vez más constantes en la economía mundial. Los estudios sobre las capacidades tecnológicas iniciaron a principios de 1980 y partir de entonces, ha florecido una extensa literatura que reconoce su importancia para el desarrollo tecnológico y económico (Dutrénit, 2022; Dutrénit et al., 2019). Sin embargo, hay un número insuficiente de estudios sobre el papel mediador de la capacidad tecnológica en esta relación (Aydin, 2021). También, se cree que de manera natural se ha dado una concentración oligopólica de la infraestructura, información y conocimiento sobre las nuevas tecnologías (Ceballos et al., 2020).

En el sector agroalimentario de México estos estudios son prácticamente inexistentes. En ese sentido la pregunta de investigación que guio este trabajo fue ¿Cuáles son las capacidades tecnológicas que tiene México para implementar de forma masiva las nuevas tecnologías en el sector agroalimentario? A manera de hipótesis se planteó que las capacidades tecnológicas en México para la adopción de las nuevas tecnologías en los agronegocios son limitadas y se encuentra concentradas en algunas regiones. En ese sentido, el objetivo de la investigación fue analizar la capacidad tecnológica que tiene México para la adopción de las nuevas tecnologías con la finalidad de predecir la dinámica de su adopción.

3. 3 METODOLOGÍA

3. 3. 1 Método de análisis

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 es mixto, con predominancia del tipo cuantitativo. Sin embargo, contiene un pequeño componente cualitativo y su integración ocurre en la interpretación y discusión (Halcomb & Hickman, 2015). Se trabajó con un diseño no experimental de tipo transversal y descriptivo para profundizar en la situación actual del objeto y sujeto de estudio.

En este análisis se consideraron a los 32 estados de la República Mexicana como las unidades geográficas fundamentales para analizar el comportamiento de las capacidades tecnológicas a nivel nacional. Para definir las variables a utilizar para el análisis de las capacidades tecnológicas del sector agroalimentario se identificaron las condiciones que más afectan o determinan la adopción

de la agricultura 4.0 y 5.0. En ese sentido, se indagó sobre las condiciones que determinan la transformación digital y se determinó analizar dichas variables o en el caso de no contar con las variables exactas se analizaron las que más se aproximan a lo encontrado en la literatura (Vargas-Canales, 2022).

Derivado de lo anterior, de acuerdo con Trendov et al. (2019), existen varias condiciones que determinarán adopción de las tecnologías digitales en la agricultura y de las más importantes se mencionan 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 5) políticas y programas para facilitar la agricultura digital. En ese sentido, para la presente investigación se buscó obtener información relacionada con las variables anteriormente planteadas.

3. 3. 2 Obtención y tratamiento de la información

La información de las variable relacionadas con la adopción de tecnologías digitales se obtuvo de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2022b), es conveniente mencionar que es la encuesta para el caso del sector agroalimentario mexicano más reciente. En esta se 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, que son las variables de interés para la investigación.

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, se incluye todas las tecnologías informáticas y de comunicación que se usan en los sistemas agroalimentarios. En ese sentido, 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), 2022b). Posteriormente, se realizó un análisis por separado del uso de la computadora, el internet

y el uso del teléfono celular con la finalidad de identificar relaciones independientes de estas variables y su influencia en las capacidades tecnológicas.

Con respecto a la instrucción y/o alfabetización se utilizó la variable disponible que más se aproxima y se obtuvo a partir del nivel de estudios de licenciatura de quien administra y gestiona las unidades de producción en el sector agroalimentario de 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 obtienen. Lo anterior entendido como el recurso económico que reciben las unidades de producción para el financiamiento de la producción agrícola, ganadera o forestal (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2022b).

Por otra parte, se analizaron las tres variables identificadas en la literatura que más se relacionan con las capacidades tecnológicas: la competitividad, la capacidad de producción de bienes y servicios y la internacionalización exitosa (participación en los mercados internacionales) (Amaro Rosales & Natera Marín, 2020; Martín Carbajal et al., 2016). Para lo anterior, se analiza el índice de competitividad que mide la capacidad de los estados para generar, atraer y retener talento e inversión que detonen la productividad y el bienestar de sus habitantes y se obtuvo por entidad federativa del Instituto Mexicano para la Competitividad para el 2019 (Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO), 2022).

Con respecto a la capacidad de producción de bienes y servicios se analizó el Producto Interno Bruto Agropecuario para el 2019 por entidad federativa con valores a precios constantes del año 2013, que es un indicador importante del valor económico de la producción del sector y por ende de la capacidad productiva (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2022c). Por último, las exportaciones entendidas como el total de bienes y servicios vendidos por un país en territorio extranjero en este caso por entidad federativa, la información se obtuvo en miles de dólares para el 2019, concretamente del sector agroalimentario que incluye la agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2022c).

3. 3. 3 Análisis estadístico

La mayoría de los análisis estadísticos tienen supuestos concretos derivados de los datos con los que contamos y en función de ellos se debe tomar la decisión sobre qué tipo de análisis son más convenientes realizar. En ese sentido, se realizaron los análisis a las variables con la finalidad de verificar si cumplían con los supuestos para realizar análisis estadísticos paramétricos. Se analizó la normalidad, la homocedasticidad y la independencia de los errores (Orozco Cirilo & Vargas Canales, 2021), obteniendo como resultado que los datos no cumplen con esos principios. Derivado de lo anterior, se decidió utilizar estadística no paramétrica. El siguiente paso fue realizar el análisis de los estadísticos descriptivos de las variables analizadas con la finalidad de obtener un panorama general de los datos.

Posteriormente, se realizó un análisis de conglomerados con la finalidad de generar una tipología de estados con capacidades tecnológicas distintas, para la cual se utilizaron algoritmos jerárquicos acumulativos como método de clasificación. Para lo anterior se utilizó la opción de clasificar y posteriormente se seleccionó clúster jerárquico. Se tomó como medida de distancia la euclídea al cuadrado y como método de enlace el vecino más lejano, esta técnica evita inconsistencias e indefiniciones en la formación de clústeres (Hair et al., 1999). Se utilizó como variable discriminante la variable exportaciones normalizada con la finalidad de poder comparar elementos de distintas variables y distintas unidades de medida. Finalmente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para pruebas no paramétricas. Para lo cual se usó la Prueba de H de Kruskal-Wallis para muestras independientes con un nivel de significancia del 0.10, que es considerada la prueba no paramétrica más adecuada de acuerdo con las características de los datos (Orozco Cirilo, 2022). Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el programa IBM® SPSS Statistics.

3. 4 RESULTADOS

De forma general las variables analizadas sobre tecnologías de la información y comunicación que se relacionan con las capacidades tecnológicas del sector agroalimentario a nivel nacional presentan niveles muy bajos (Cuadro 2). Es posible percibir que algunos estados de la República Mexicana tienen mayores niveles de uso, por ejemplo, Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, entre otros. En contra parte algunos estados como Chiapas, Tlaxcala, Tabasco, presentan los niveles más bajos. Destaca el uso de teléfono celular en el cual se presenta un

comportamiento diferente y existen varios estados que se aproximan al 100% de uso en las unidades de producción, pocos estados presentan un comportamiento más bajo como es el caso de Tlaxcala, Ciudad de México y Guerrero.

Cuadro 2. Variables analizadas relacionadas con las capacidades tecnológicas del sector agroalimentario en México.

Entidades	Tecnologías de la información y comunicaciones	Uso de computadora	Uso de internet	Uso de teléfono celular	Uso de sistemas de navegación satelital
Federativas	%				
Aguascalientes	61	9	12	91	1
Baja California	91	20	22	97	3
Baja California Sur	92	19	12	96	2
Campeche	28	4	4	86	0
Chiapas	18	4	5	97	2
Chihuahua	77	7	11	97	0
Ciudad de México	22	16	23	73	0
Coahuila	44	10	41	96	2
Colima	69	7	7	85	4
Durango	76	4	4	90	1
Estado de México	26	5	10	91	1
Guanajuato	46	7	9	90	0
Guerrero	27	3	5	71	0
Hidalgo	27	1	6	97	1
Jalisco	69	7	10	87	3

Entidades	Tecnologías de la información y comunicaciones	Uso de computadora	Uso de internet	Uso de teléfono celular	Uso de sistemas de navegación satelital
Federativas			%		
Michoacán	43	4	6	88	2
Morelos	50	8	10	83	1
Nayarit	62	3	4	87	1
Nuevo León	50	7	7	94	3
Oaxaca	34	4	7	82	2
Puebla	36	6	7	90	1
Querétaro	22	9	9	91	1
Quintana					
Roo	37	3	31	90	1
San Luis					
Potosí	27	3	4	84	1
Sinaloa	70	8	8	96	1
Sonora	86	18	20	95	3
Tabasco	45	3	3	94	0
Tamaulipas	71	6	7	97	1
Tlaxcala	24	1	1	79	0
Veracruz	37	8	10	80	1
Yucatán	33	5	6	97	0
Zacatecas	42	3	5	85	1

Con respecto al nivel educativo de licenciatura es importante mencionar que es muy bajo en el sector agroalimentario, pese a que en los últimos años se ha dado un incremento importante. En ninguno de los estados se supera el 20% de los agronegocios que cuenten con un administrador con nivel de estudios de licenciatura y por el otro lado, es posible identificar que existen varios casos con valores del 2% (Cuadro 3). En relación con la disponibilidad de créditos es posible observar que es muy variable, lo que podría sugiere que se concentra en algunos estados. Las variables relacionadas con la medición de las capacidades tecnológicas presentan un

comportamiento similar a la variable anterior, con mucha variación entre los estados. Lo que sugiere una concentración geográfica que es origen de un desarrollo histórico muy desigual (Cuadro 3).

Cuadro 3. Variables analizadas relacionadas con las capacidades tecnológicas del sector agroalimentario en México.

Entidades Federativas	Nivel educativo licenciatura	Disponibilidad de créditos %	Índice de competitividad	Producto	
				Interno Bruto Agroalimentario	Exportaciones
				Millones de pesos	Miles de dólares
Aguascalientes	6	6	67	9,076	11,794,073
Baja California	17	40	38	15,458	42,396,951
Baja California Sur	12	9	56	5,368	291,812
Campeche	5	11	83	5,751	16,579,076
Chiapas	10	2	73	19,522	820,170
Chihuahua	7	12	57	33,904	57,434,140
Ciudad de México	3	4	37	1,246	2,667,127
Coahuila	6	11	78	14,054	47,659,461
Colima	15	1	43	5,061	684,838
Durango	7	14	78	19,263	2,737,229
Estado de México	3	15	48	19,881	20,010,001
Guanajuato	4	11	59	26,645	25,065,798
Guerrero	3	1	34	12,636	966,475
Hidalgo	6	19	64	9,902	2,299,343
Jalisco	2	1	58	71,044	21,659,641
Michoacán	5	11	55	55,622	5,586,480
Morelos	7	19	37	6,595	3,086,705
Nayarit	8	37	66	8,679	266,760
Nuevo León	12	3	70	6,325	39,857,053
Oaxaca	3	6	59	15,255	712,575
Puebla	2	3	58	24,433	17,547,974

Entidades Federativas	Nivel educativo licenciatura	Disponibilidad de créditos	Índice de competitividad	Producto Interno Bruto Agroalimentario	Exportaciones
		%		Millones de pesos	Miles de dólares
Querétaro	2	4	62	9,844	12,868,797
Quintana Roo	5	6	54	2,099	80,908
San Luis Potosí	3	7	63	14,367	15,531,677
Sinaloa	17	44	66	47,074	2,840,002
Sonora	15	29	63	40,736	19,840,531
Tabasco	7	4	33	8,641	5,012,816
Tamaulipas	12	18	59	14,920	29130161
Tlaxcala	6	3	59	3,427	1,460,866
Veracruz	6	8	57	42,870	6,697,248
Yucatán	3	3	85	9,989	1,119,624
Zacatecas	4	9	41	12,636	2,873,522

Los estadísticos descriptivos de las variables analizadas que determinan la transformación digital en el sector agroalimentario de México, de forma general permiten identificar con mayor claridad su comportamiento (Cuadro 4). La media indica un comportamiento muy bajo, con la excepción del uso del teléfono celular. Por otra parte, los indicadores de dispersión o variación de los datos sugieren que existe una alta variabilidad de los datos con respecto a la media en todas las variables analizadas (Cuadro 4). Lo anterior corrobora que el comportamiento que tienen los estados en relación con las variables analizadas es muy heterogéneo. Lo anterior muy relacionado con el origen, evolución y orientación que tiene el sector agroalimentario de cada estado.

Cuadro 4. Estadísticos descriptivos de las variables relacionadas con las capacidades tecnológicas del sector agroalimentario en México.

Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Error estándar	Desviación estándar	Varianza
Tecnologías de la información y comunicaciones	32	17.86	92.17	48.11	3.89	22.01	484.52
Uso de computadora	32	0.95	20.00	6.93	0.88	5.02	25.21
Uso de internet	32	0.81	40.59	10.20	1.50	8.53	72.85
Uso de teléfono celular	32	70.55	97.28	89.29	1.25	7.11	50.61
Uso de sistemas de navegación satelital	32	0.01	4.28	1.25	0.19	1.09	1.19
Nivel educativo licenciatura	32	1.62	17.45	7.07	0.81	4.61	21.20
Disponibilidad de crédito	32	0.63	44.03	11.58	2.01	11.32	128.19
Producto Interno Bruto Agroalimentario	32	1,245.77	71,043.77	18,510.10	2,949.06	16,682.44	278,303,879.80
Índice de competitividad	32	32.63	85.14	58.09	2.45	13.88	192.83
Exportaciones	32	80,908	57,434,140	13,049,369.81	2,754,923.82	15,584,202.56	242,867,369,300,000.00

El análisis de conglomerados permitió construir una taxonomía de estados República Mexicana con capacidades tecnológicas distintas a partir de su dinámica de exportación (Figura 13). El Clúster 1 integrado por la mayoría de los estados es el que tiene las capacidades tecnológicas más bajas y de manera general integrado por estados del Sur y Centro del país. Se caracteriza por presentar los niveles más bajos en el uso de computadoras, uso de internet, teléfono celular, presenta los niveles educativos más bajos y mantiene una dinámica de exportaciones menor (Cuadro 5).

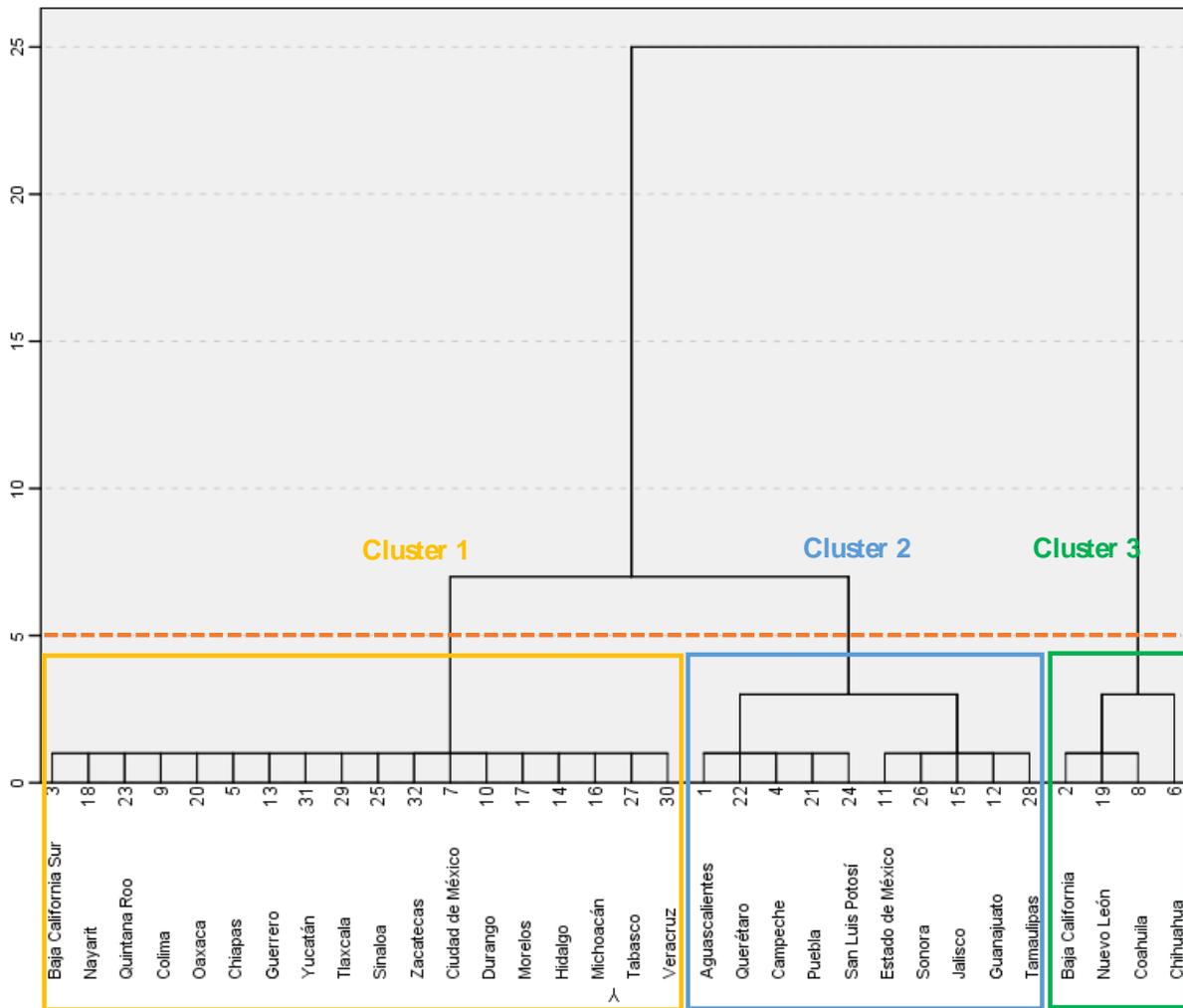


Figura 13. Tipología de las capacidades tecnológicas de los estados de acuerdo con el análisis de conglomerados.

Cuadro 5. Tipología de las capacidades tecnológicas de los estados desarrolladas a partir de la dinámica de exportación.

Variables	General	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3
Número de estados	32	18	10	4
Uso de tecnologías de la información y comunicaciones	43.25	39.72 a	40.72 a	63.36 a
Uso de computadora	5.9	4.13 b	6.25 ab	8.44 a
Uso de internet	7.29	5.91 b	8.88 ab	16.48 a
Uso de teléfono celular	90.44	87.34 b	90.50 ab	96.22 a
Uso de sistemas de navegación satelital	0.86	0.59 a	1.08 a	2.12 a
Nivel educativo licenciatura	6.11	6.36 ab	3.81 b	9.73 a
Disponibilidad de créditos	8.28	6.78 a	9.04 a	11.71 a
Producto Interno Bruto Agroalimentario	13,345.07	9,945.27 a	17,400.72 a	14,755.88 a
Índice de competitividad	58.73	56.23 a	60.61 a	63.80 a
Exportaciones	5,299,648.00	1,880,104.50 c	18694252.50 b	45,028,206.00 a

Nota: medianas con letras diferentes en filas indican diferencias significativas ($p \leq 0.10$), de acuerdo con la prueba de H de Kruskal-Wallis.

El Clúster 2 está integrado por 10 estados del Centro y Norte del país y de acuerdo con los resultados presenta capacidades tecnológicas medias (Cuadro 5). Se caracteriza por presentar niveles intermedios en el uso de computadora, internet, teléfono celular y comportamientos intermedios en los niveles educativos y en su dinámica de exportación. El Clúster 3 es el más pequeño y está integrado por 4 estados pertenecientes al Norte del país y estos son quienes presentan las mayores capacidades tecnológicas (Cuadro 5). Se caracteriza por presentar los mayores niveles de uso de computadora, internet, teléfono celular, los niveles educativos más altos y una dinámica de exportaciones mayor. En cuanto al uso de tecnología de la información y comunicaciones analizadas de forma agregada no se presentan diferencia. Situación similar ocurre con la disponibilidad de crédito y el producto interno bruto agroalimentario (Cuadro 5).

3. 5 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que los estados con mayores capacidades tecnológicas se encuentran en el norte del país. Es la región del país que desarrolla una agricultura empresarial desde sus orígenes, altamente tecnificada y muy vinculada con los mercados internacionales (Vargas-Canales, 2022). Estos resultados se aproximan a los encontrados por Pérez Hernández et al. (2017), quienes realizan un análisis de las capacidades tecnológicas de México e identifican que se concentran en cinco entidades. Es conveniente mencionar que sus resultados coinciden en varios puntos con respecto a las capacidades tecnológicas del sector agroalimentario.

Para comprender mejor los resultados obtenidos es necesario destacar que México es un país que destaca por el carácter heterogéneo y a la vez especializado de sus regiones agrícolas. En consecuencia, se desarrollan actividades con niveles muy desiguales de productividad y remuneraciones (Chevalier, 1985). En los últimos años esta situación se ha intensificado de tal forma que la globalización ha transformado, de manera desigual, la estructura económica de los países. Las interacciones que se han generado de lo anterior no son estables, se modifican a lo largo del tiempo y generan trayectorias tecnológicas y resultados productivos muy disímiles en las regiones (Capdevielle, 2005; Pérez, 2001).

En la actualidad, el sector agroalimentario mexicano presenta una serie de ajustes y cambios tecnológicos que han incidido en su estructura productiva básica. Esto ha transformado todos los sistemas de producción (tradicionales, transicionales y los de alta tecnología) por la sustitución de

cultivos o razas de ganado, la integración de la plasticultura, y nuevas construcciones agropecuarias que amplían aún más las asimetrías económicas. Situación que se hace evidente con la rápida especialización tecnológica y productiva de las regiones agrícolas (Vargas-Canales, Palacios-Rangel, Aguilar-Ávila, Ocampo-Ledesma, Kreimer, et al., 2018). Es conveniente mencionar que las capacidades tecnológicas se van generando gradualmente mediante mecanismos de aprendizaje y mejoras incrementales hasta alcanzar el nivel de la frontera tecnológica internacional (Mochi, 2020).

En ese sentido es posible identificar regiones hiperespecializadas en la producción de cultivos como el jitomate, aguacate, fresa, chile, limón, entre otros (Patiño-Ordoñez et al., 2021; Vargas-Canales, Bustamante-Lara, et al., 2022). Estas regiones configuran sistemas agroalimentarios que se enfocan a cultivos de alto valor comercial, responden a las demandas internacionales y en algunos casos son empresas de capital extranjero. Derivado de lo anterior, es clara la necesidad de descentralizar las capacidades científicas y tecnológicas para contribuir al desarrollo económico y el bienestar de todas las regiones del país, tomando en consideración su vocación productiva (Pérez Hernández et al., 2017). Además, es fundamental seguir mejorando las capacidades tecnológicas y de gestión a lo largo de todas las cadenas de valor del sector agroalimentario (Liu et al., 2021).

El sector agroalimentario en general tiene capacidades tecnológicas básicas que no satisfacen las necesidades del entorno competitivo actual (Quintero et al., 2021). Sin embargo, la crisis sanitaria ha acelerado el proceso de digitalización de la sociedad y avances que se preveía demorarían años, se han producido en pocos meses (Sotomayor et al., 2021). En la actualidad y como consecuencia del confinamiento ocasionado por el COVID-19 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 (Vargas-Canales, Brambila-Paz, et al., 2022). Es decir, que hoy en día seguramente los datos relacionados con las variables de análisis son mayores (Vargas-Canales, 2022).

En la actual sociedad del conocimiento, los nuevos retos del sector agroalimentario se ven enfrentados desde la perspectiva del intercambio del conocimiento, tácito y explícito, y la acumulación de capacidades al interior de las organizaciones, las cuales son los actores en los que se materializan los procesos de cambio e innovación (Martínez Salvador, 2018). En ese sentido, resulta relevante pensar en la infraestructura para acrecentar la eficiencia de los procesos. Esta

infraestructura tiene una parte humana y otra estrictamente material, sin embargo, ambas se refieren a la generación, desarrollo y difusión de nuevos conocimientos científico-tecnológicos (Arellano Hernández, 2018). Además, está demostrado que mantener una vinculación e interacción con las instituciones que desarrolla investigación tiene importantes beneficios (Vargas-Canales, Palacios-Rangel, et al., 2022). Derivado de lo anterior, las trayectorias tecnológicas del sector agroalimentario mexicano, entendidas como la coevolución de productos, procesos, racionalidades, hechos sociales, económicos, políticos y tecnológicos que han ocurrido en el ámbito local, regional y nacional han generado capacidades tecnológicas muy diferentes y se encuentran concentradas en algunas regiones.

Es claro que los grandes desarrollos científicos y tecnológicos no son suficientes para lograr el progreso económico sin que los gobiernos creen programas de educación y formación, necesarios para absorber las nuevas tecnologías e innovaciones (Focacci & Perez, 2022). Además, se tiene una fuerte dependencia del exterior, con altos costos en la transferencia e importación de bienes y servicios tecnológicos y una incorporación tardía al avance de los cambios mundiales (INCyTU (Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión), 2018). También, se debe de valorar más el capital humano que es el recurso máspreciado de una nación y su captación, formación y desarrollo deben encontrarse entre sus prioridades (Zamora Rodríguez, 2022).

Por otra parte, las tecnologías digitales son valoradas por la mayoría de las empresas, sin embargo, no existe aún un reconocimiento claro de su potencialidad en el ámbito específico de la planificación, la gestión y el control de los procesos productivos (Bartis & Neira, 2020). Además, surgen algunas preocupaciones sociales, éticas, políticas, culturales y ambientales asociadas con la digitalización (Klerkx et al., 2019; Lioutas et al., 2021) e incluso se cuestiona como país la soberanía tecnológica digital (Ceballos et al., 2020). Simultáneamente, otros hallazgos muestran que las tecnologías digitales pueden causar efectos negativos en la seguridad alimentaria principalmente por las asimetrías existentes entre los agricultores (Zscheischler et al., 2022). También, es necesario identificar los problemas clave de las nuevas tecnologías con base en evidencia sólida para orientar la formulación de políticas y logra mayor eficacia, eficiencia y sustentabilidad (Ehlers et al., 2021; Ingram et al., 2022; Rolandi et al., 2021).

Así mismo, el uso de aplicaciones móviles para monitorear y controlar todos los procesos parecen ser la opción más viable para iniciar la transformación digital en el sector agroalimentario (Contreras-Medina et al., 2022). En general, se necesita la integración de tecnologías de monitoreo, apoyo a la toma de decisiones y mejora de la administración a lo largo de toda la cadena agroalimentaria (MacPherson et al., 2022). Lo anterior, permitirá gestionar los territorios como bienes comunes y empoderar a los agricultores y consumidores (Bellon-Maurel et al., 2022). Las bases para la adopción y adaptación de nuevas tecnologías en el sector agroalimentario será el acceso y el uso de la tecnología 5G que permitirá el uso masivo de datos e información para su análisis y para la toma de decisiones (Vargas-Canales, Brambila-Paz, et al., 2022).

Con estos resultados se pueden diseñar propuesta de adopción de tecnologías asociadas a la agricultura 4.0 y 5.0 en el sector agroalimentario. En ese sentido, por ejemplo Buenrostro Mercado (2022), propone cuatro fases, determinadas por la complejidad de las tecnologías digitales y en las posibilidades de uso que viabiliza la incorporación de cada una de ellas. Es decir, con los resultados obtenidos es posible desarrollar propuestas de acuerdo con las fases de desarrollo tecnológico que sea más equilibrado. Sin embargo, son cambios que genera una gran incertidumbre y complejidad (Spieth et al., 2021). Evidentemente, hace falta realizar más investigación que sirva como insumo para poder plantear políticas agroalimentarias acordes a las nuevas realidades y futuras necesidades.

La trayectoria del sistema agroalimentario mexicano es una historia de asimetrías, el problema es que dadas las condiciones actuales se podrían acentuar mucho más. Asimetrías que se agudizan por el acceso al desarrollo científico y tecnológico. Es conveniente desarrollar otros marcos de análisis que permitan estudiar las capacidades tecnológicas para sistemas agroalimentarios a nivel regional. Además, fomentar la comprensión pública de la ciencia y una mayor participación de otros actores en los procesos de producción de conocimiento e interacciones adecuadas de instituciones, organismos y agentes económicos para el diseño de políticas públicas de Ciencia y Tecnología (Kreimer & Vessuri, 2018), con la finalidad de identificar las capacidades y potencialidades de las regiones para hacer más eficiente el proceso de innovación y se generen procesos de especialización inteligente (Vlčková et al., 2018).

Los sistemas regionales de innovación son una herramienta fundamental para el diseño y la implementación de estrategias de especialización inteligente (Asheim, 2019). En este sentido, se

deben diseñar estrategias para cada región; con la finalidad de que se adapten con mayor rapidez a los cambios de la economía mundial y mantenga su posición competitiva (Balland et al., 2019). De esta forma, sería posible promover regiones con capacidad de mantener una adecuada dinámica en sus procesos innovadores, con identidad y sustentabilidad (Vargas-Canales et al., 2020; Vargas-Canales, Palacios-Rangel, et al., 2022). Por último, es importante vincular de manera directa instrumentos financieros y no financieros como incentivos a la oferta, la demanda, incentivos fiscales, incentivos económicos y subsidios (Rodríguez & Aramendis, 2019).

3. 6 CONCLUSIONES

Las variables analizadas presentan de manera general valores muy bajos con excepción del uso de teléfono celular. Lo que indica que el sector agroalimentario de México tiene una baja capacidad tecnológica para la adopción de las nuevas tecnologías. Se identificaron tres grupos de estados con un comportamiento de sus capacidades tecnológicas distintas. Destacan cuatro estados del norte del país con las capacidades tecnológicas más altas, en los cuales se prevé que tendrán tasas de adopción más altas, posteriormente un grupo formado por diez estados del norte y centro del país. Por último, un grupo más amplio de 18 entidades del país integrado por estados del centro y sur del país con los niveles más bajos.

Las capacidades tecnológicas del sector agroalimentario en México se concentran en regiones con trayectorias y características muy específicas. Es posible inferir que se trata de regiones hiperespecializadas en la producción de cultivos de alto valor, orientadas a satisfacer la demanda de alimentos de los mercados internacionales y en algunos casos son empresas de capital extranjero. Lo anterior tiene un origen histórico, es decir, las trayectorias tecnológicas del sector agroalimentario mexicano se han desarrollado gradualmente. Se trata de regiones que concentran mayores conocimientos de los sistemas productivos, más vinculadas a las instituciones de enseñanza e investigación y que han gestionado el desarrollo de infraestructura necesaria para el éxito de sus sistemas de producción y comercialización.

El comportamiento actual de las capacidades tecnológicas del sector agroalimentario sugiere que de continuar con la misma dinámica las asimetrías regionales se agudizarán. En ese sentido es conveniente diseñar políticas agroalimentarias que permitan dinamizar la adopción y difusión de las nuevas tecnologías, sobre todo con pequeños productores. Además, una mayor articulación de

todos los agentes de la innovación en el sector, gestionar infraestructura de soporte a las tecnologías de la agricultura 4.0 y 5.0, rediseñar las agendas de ciencia y tecnología para el sector agroalimentario orientadas a la especialización inteligente. Finalmente, es conveniente mencionar que falta investigación por realizar sobre los impactos reales de las nuevas tecnologías y sobre como medir las capacidades tecnológicas y su fomento.

PROSPECTIVA SOBRE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO Y LOS AGRONEGOCIOS EN MÉXICO

Resumen

El sector agroalimentario y los agronegocios son vitales e insustituibles a nivel mundial, debido a que son los únicos que permite la reproducción de la vida. Estos se producen todos los productos alimentarios y muchas de las materias primas para la producción de energía, fibras, materiales de construcción, biomateriales y muchísimos productos consumibles no alimentarios esenciales. En ese sentido, el objetivo de este análisis fue realizar una disertación sobre el comportamiento de la ciencia, tecnología e innovación en el sector agroalimentario y su adopción en los agronegocios en México. Como primer punto se argumenta la importancia, la situación actual y las tendencias de la ciencia, tecnología e innovación en el sector agroalimentario. En segundo lugar, se desarrolla un análisis sobre las características y la situación actual del sistema agroalimentario en México. En tercer lugar, se discute la situación actual de los agronegocios y las tendencias sobre su futuro. Finalmente, se plantean algunas estrategias para la creación y gestión de los agronegocios del futuro. En los próximos años el sector agroalimentario experimentará una fuerte transformación impulsada por una mayor demanda de alimentos y por el desarrollo científico y tecnológico. Además, continuará con la especialización regional de los sistemas productivos y paulatinamente ganarán relevancia las cuestiones sociales y ambientales. Los agronegocios transitarán hacia una hiperespecialización definida por una hipersegmentación ocasionada por las nuevas demandas de los consumidores, claro se mantendrán los mercados tradicionales. Para el éxito y permanencia de los agronegocios en México será necesario desarrollar mayores capacidades tecnológicas, mayor capacidad de adaptación y resiliencia e integrar las nuevas tecnologías digitales para la administración, gestión y toma de decisiones.

Introducción

Las nuevas realidades sobre el desarrollo científico y tecnológico indican que estamos transitando a una nueva revolución agroalimentaria global. Según estas nuevas realidades, la llamada agricultura 4.0, está destinada a transformar las prácticas agrícolas actuales en todo el mundo a un ritmo más rápido, haciendo uso de nuevas y sofisticadas tecnologías (Rose et al., 2022). Temas como agricultura de precisión, agricultura inteligente y agricultura digital se han vuelto comunes

en las políticas y el discurso popular, además, los fondos públicos y la atención de los medios se dedican a impulsar la llamada cuarta revolución agrícola (Barrett & Rose, 2022). Otro concepto que empieza a surgir es el de la agricultura 5.0 la cual ofrece tecnologías computacionales altamente interconectadas, uso intensivo de datos orientadas a la robótica, inteligencia artificial, sistemas autónomos de toma de decisiones en tiempo real y la protección al medio ambiente (Vargas-Canales, Brambila-Paz, et al., 2022).

Las proyecciones para 2050 plantean un sistema alimentario transformado principalmente por cuatro elementos: la demografía, los avances tecnológicos, el crecimiento económico global, y los límites del sistema mundo (ambientales, climáticos, sanitarios y económicos) que condicionan su desarrollo (Massot Martí, 2021). Las tecnologías digitales hoy en día juegan un papel importante en la innovación dentro del ámbito agroalimentario. La evolución de los sistemas de tecnologías de la información actualmente ha llegado a un nivel que implica una integración de sistemas complejos y ecosistemas empresariales en los que participan muchas partes interesadas de los sistemas agroalimentarios con diferentes roles en distintas partes del mundo (Wolfert et al., 2023).

El actual nivel de suministro de alimentos a la población mundial, que se ha más que duplicado en los últimos 50 años, no permite alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible relacionados con la lucha contra el hambre y la pobreza, así como mejorar la calidad de vida o introducir sistemas de ahorro de uso de la tierra, recursos e insumos (Yatsenko et al., 2020). En ese sentido, la digitalización del sector agroalimentario se percibe en general como un proceso positivo, pero que también conlleva varios desafíos que deben ser abordados por las partes interesadas internas del sector agroalimentario y externas que son los sectores en donde se está desarrollando la tecnología (Kukk et al., 2022). El sector agroalimentario presenta una gran capacidad de resiliencia y adaptación ante los cambios netes mencionados. Históricamente ha experimentado una serie de revoluciones científicas y tecnológicas que le han permitido incrementar la productividad, la eficiencia, el rendimiento y la rentabilidad a niveles antes impensables (Vargas-Canales, Brambila-Paz, et al., 2022).

Por otra parte, las tecnologías convergentes inducen disrupciones sin precedentes en la estructura tecnoeconómica global, alcanzado también, a las instancias responsables de la producción y transferencia del conocimiento (Mercado, Sánchez-Rose, et al., 2022). Sin embargo, un creciente número de estudios muestran cómo los beneficios de la cuarta revolución agrícola se distribuirán

de manera desigual entre las comunidades rurales, creando un conjunto de ganadores y perdedores (Eastwood et al., 2019). Lo anterior resulta importante para la formulación de políticas de financiamiento al desarrollo científico y tecnológico, en las cuales se considere un desarrollo más inclusivo y equilibrado en las distintas regiones. Estos ejercicios deben comenzar articulando claramente las visiones del futuro de la agricultura para que las consecuencias de las tecnologías e ideas individuales puedan entenderse con mayor claridad (Rose & Chilvers, 2018).

Las políticas públicas tienen un papel importante para garantizar la digitalización equitativa del sector agroalimentario. En ese sentido, se espera que las políticas agroalimentarias protejan los intereses públicos, los intereses de los agricultores y otros actores de la cadena de suministro que tienen un poder de negociación débil o están menos organizados. El otro papel principal de las políticas públicas es ser receptivo a las oportunidades que presenta el desarrollo y la implementación de la digitalización y permitir la innovación necesaria. La interrelación de los dos roles subraya la importancia de fomentar la innovación para ayudar al sector agroalimentario a enfrentar los grandes desafíos y evitar consecuencias no deseadas del desarrollo tecnológico para las partes más débiles (Kukk et al., 2022). Además, conciliar los objetivos de mejorar la productividad y el medio ambiente, lograr cero emisiones netas y construir comunidades rurales resilientes (Ingram et al., 2022).

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 (Vargas-Canales, 2022). Los recientes eventos mostraron que existen relaciones muy estrechas entre el sector agroalimentario, la alimentación y los problemas de salud. La reciente pandemia ocasionada por el COVID-19 (*SARS-CoV-2*) dejó claro que la mejor forma de resistir, superar y adaptarse a los problemas de salud es manteniendo una sana y adecuada alimentación. Diversas investigaciones han demostrado que una dieta adecuada y equilibrada es importante para fortalecer el sistema inmunológico y para la prevención de infecciones, sobre todo para prevenir y resistir el COVID-19 (Villapol, 2020).

En general las enfermedades modernas crónico degenerativas como la diabetes mellitus, obesidad, cáncer, hipertensión, enfermedades cardiovasculares y cardiocerebrovasculares, por mencionar solo algunas, están estrechamente relacionadas con los alimentos que consumimos (Baldi et al., 2001; Gallo et al., 2020; Grados et al., 2022). Actualmente, cerca de dos mil millones de personas

tienen sobrepeso, lo que conduce a la exacerbación de enfermedades no transmisibles de origen dietético (Yatsenko et al., 2020). Lo anterior posiciona al sector agroalimentario como el más prioritario y que debemos revalorarlo para mejorar la vida y disminuir los impactos ambientales.

En consecuencia se generaron cambios en las formas habituales de organización de la producción, la distribución y el consumo y transformo la generación, transmisión y uso del conocimiento, las formas de recreación y ocio e, incluso a nivel personal, las formas de relacionarnos y hasta la percepción de la realidad (Mercado, Sánchez-Rose, et al., 2022). En la actualidad, todos los sistemas agroalimentarios se encuentran en transformación para dar respuesta a las nuevas demandas. En ese sentido, una perspectiva sobre las nuevas demandas y tecnologías es que se necesitan muchas décadas antes de que puedan implementarse comercialmente en el sector agroalimentario. Por otro lado, existe una visión clara de cómo se están adoptando y cómo deberían ser en el futuro. Estas visiones a menudo reflejan el imaginario popular de los sistemas de producción totalmente automatizados con una intervención humana drásticamente reducida (Legun & Burch, 2021).

La realidad es que la tecnología existe y se está utilizando en diferentes partes del mundo y en diversas actividades y las tendencias globales sugieren que este fenómeno seguirá evolucionando rápidamente (Vargas-Canales, Brambila-Paz, et al., 2022). En ese sentido la pregunta que guio este análisis fue ¿Cómo se configurarán los agronegocios del futuro y cómo se gestionarán? A manera de hipótesis se plantea que se desarrollarán dos o tres vertientes de agronegocios con características bien definidas que cooperarán y competirán en los mismos mercados. En ese sentido, el objetivo de este trabajo es realizar una disertación sobre el comportamiento de la ciencia, tecnología e innovación y su adopción en el sector agroalimentario y los agronegocios en México. Para lo anterior es necesario mencionar que el futuro estará determinado por el cambio climático, desastres naturales, pandemias, conflictos bélicos y sin duda una mayor inestabilidad económica.

Ciencia, tecnología e innovación en el sector agroalimentario

Las tendencias sobre ciencia, tecnología e innovación indican que en los últimos años se dio un crecimiento importante en el desarrollo de nuevas tecnologías en el sector agroalimentario (Vargas-Canales, Brambila-Paz, et al., 2022). En la actualidad se están incorporando al sector

agroalimentario el uso de máquinas robóticas, drones de distintos tipos, tractores y vehículos autónomos, entre otros artefactos tecnológicos que facilitan y automatizan los trabajos y son mucho más eficientes. Sin embargo, la eficiencia, la productividad, la rentabilidad y la sustentabilidad no solo depende se la adopción de estas tecnologías. En ese sentido, también se han integrado plataformas digitales que ayudan a mejorar la toma de decisiones con datos e información precisas y confiable, obtenida casi en tiempo real y a lo largo de todas los segmentos de las cadenas de valor del sector agroalimentario (van Hilten & Wolfert, 2022).

El impacto positivo de los servicios digitales para agricultores es indudable. Sin embargo, se tienen deficiencias de infraestructura existentes para su implementación. Hay grandes esperanzas para el futuro de los servicios habilitados digitalmente, y está claro que la agricultura digital seguirá cambiando el panorama social, político y de investigación (Porciello et al., 2022). Sin embargo, existen varios elemento que se ha ignorado, en gran medida la influencia de las intervenciones digitales en el conocimiento, las dependencias del poder y las desigualdades, o las alteraciones de los medios de vida rurales en los países de bajos ingresos (Agyekumhene et al., 2020).

Por otra parte, sin bien es cierto que existen avances científicos y tecnológicos en el sector agroalimentario impresionantes, pocas regiones y productores tienen acceso o pueden hacer un uso efectivo de ellos. Es conveniente mencionar que el desarrollo científico y tecnológico se ha concentrado en pocos países, instituciones y disciplinas. Es posible percibir que ganan interés los campos de robótica, automatización e inteligencia artificial, entre otros y pierden dinamismo los temas relacionados con la genómica, biotecnología y mejoramiento genético. Además, existen pocas investigaciones relacionadas con el análisis de los efectos económico, social y su relación con el medio ambiente (Vargas-Canales, Brambila-Paz, et al., 2022). En el caso de México la mayor parte del sector agroalimentario se encuentra abandonados o con profundas carencias, con producción tradicional, pequeños productores, poco acceso a recursos, capacitación y se encuentran muy desorganizados y desarticulados con los mercados.

En ese sentido, en la actualidad las capacidades tecnológicas de una empresa, sector, región o país son indispensables para adaptarse a los cambios y transformaciones cada vez más constantes en la economía mundial. Los estudios sobre las capacidades tecnológicas iniciaron a principios de 1980 y partir de entonces, ha florecido una extensa literatura que reconoce su importancia para el desarrollo tecnológico y económico (Dutrénit, 2022; Dutrénit et al., 2019). Capacidades

tecnológicas entendidas como los conocimientos, experiencias, habilidades e infraestructura disponible para hacer un uso efectivo de la ciencia, la tecnología y crear innovación (Vargas-Canales, 2022). Las capacidades tecnológicas del sector agroalimentario se encuentran concentradas en regiones que se han hiperespecializado.

En consecuencia, el uso efectivo, exitoso y rápido de las tecnologías de la información apropiadas en el sector agroalimentario requieren que se analicen y se entiendan como un sistema muy complejo no de forma aislada (Wolfert et al., 2023). Sin bien es cierto que los avances de la ciencia y tecnología existe, en México cada vez es más evidente la obsolescencia de la tecnología en el sector agroalimentario. Es decir, la maquinaria y equipo existentes en el sector hace años que agotaron su vida útil y el hecho de mantener ese equipo hace mucho menos rentable y competitivo al sector. Derivado de lo anterior, se necesita una inversión continua en el sector agroalimentario (Christiaensen et al., 2021)

Además, las limitaciones de capacidad de los participantes en los procesos de diseño de políticas y programas del sector y los usuarios de los resultados del diseño afectan la capacidad de evaluar críticamente las decisiones de diseño. Esta influencia ha sido subestimada en la literatura sobre enfoques de diseño sobre todo en la agricultura digital. En segundo lugar, la distribución desigual del poder afecta la autoridad de los diferentes actores y sus roles sobre las decisiones de diseño, el reconocimiento, la protección y la gobernanza de los para poder ingresar a la agricultura y tecnología digital (McC Campbell et al., 2022).

Un prerequisite tecnológico crucial para facilitar esta transformación digital es la transferencia de datos en tiempo real entre, por ejemplo, sensores de suelo, agua o clima y herramientas digitales o dispositivos robóticos que respaldan la toma de decisiones para el agricultor. La transferencia de datos en tiempo real requiere una comunicación de datos continua que, a su vez, requiere conexiones de datos de alta velocidad (van Hilten & Wolfert, 2022). Es indispensable contar con infraestructura y conectividad 5G para la transferencia de datos e información (van Hilten & Wolfert, 2022; Vargas-Canales, Brambila-Paz, et al., 2022). Sin embargo, para las empresas de telecomunicaciones y los gobiernos, las áreas rurales escasamente pobladas parecen no ser una prioridad. En ese sentido, es necesidad disminuir las brechas sociales y dotar de bienes públicos a las regiones de factores y condiciones que estimulen el desarrollo de la tecnología 5G (van Hilten & Wolfert, 2022).

Es conveniente construir un sendero de desarrollo tecnológico inclusivo, lo que demanda una visión contrahegemónica que permita pensar futuros más igualitarios, libres para el sur global y paulatinamente abandonar la dependencia (Chiavassa Ferreyra & Thomas, 2022). En ese sentido y para gestar un desarrollo equilibrado es conveniente romper con agendas de desarrollo científico, tecnológico y de innovación alineadas con los países hegemónicos (Kreimer & Vessuri, 2018) e iniciar con agendas y modelos propios con la idea de buscar cierta soberanía científica y tecnológica en el sector. Con la idea de hacer que la investigación sea más accesible, transparente, reproducible, compartida y colaborativa. Es decir, democratizar y diversificar el acceso al conocimiento y la producción de conocimiento, y garantizar que la investigación sea útil fuera de los contextos académicos (Cole et al., 2023).

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, Córdova, et al., 2022).

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 (Vargas-Canales, 2022). Es necesario fomentar la comprensión pública de la ciencia y una mayor participación de otros actores en los procesos de producción de conocimiento e interacciones adecuadas de instituciones, organismos y agentes económicos para el diseño de políticas públicas de Ciencia y Tecnología (Kreimer & Vessuri, 2018), con la finalidad de identificar las capacidades y potencialidades de las regiones para hacer más eficiente el proceso de innovación y se generen procesos de especialización inteligente (Asheim, 2019; Vlčková et al., 2018).

Situación actual del sistema agroalimentario en México

El sector agroalimentario está integrado por todas las actividades relacionadas con la producción, acopio, transformación, distribución y comercialización de alimentos para el consumo humano, que provienen principalmente de las cadenas de valor relacionadas con las actividades agrícolas, pecuarias, forestales, acuícolas, entre otras. En México está constituido por 24.6 millones de hectáreas para la agricultura, 108.9 millones de hectáreas dedicadas a la ganadería, 11 mil Km de litoral para pesca (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2022) y más de 137 millones de hectáreas de bosque, selvas, manglar, matorral xerófilo y otras áreas y asociaciones forestales (Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), 2020). Lo anterior, posiciona a México como una potencia mundial en la producción y comercialización de alimentos.

El sector agroalimentario mexicano tiene gran relevancia económica y social. El sector contribuye con alrededor del 7.5% a la economía, al considerar al sector ampliado que incluye las actividades primarias, de transformación, insumos y servicios. La balanza comercial ha mostrado un superávit desde 2015. Entre los productos más exportados por el país se encuentran las leguminosas, las hortalizas, aguacate, jitomate, pimiento, frutas y ganado bovino (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2019). Además, por séptimo año consecutivo mantuvo un saldo favorable y destaca entre los principales países comercializadores gracias a la calidad, inocuidad, variedad y disponibilidad de productos (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2022).

Es conveniente mencionar que la importancia del sector agroalimentario para la sociedad va mucho más allá de la relevancia para la economía de una nación dado que es el único sector económico que permite la reproducción de la vida. En el sector agroalimentario se producen los alimentos que la sociedad necesita para vivir. Además, cada vez se obtienen más materias primas para la producción de energía, fibras esenciales, materiales de construcción, biomateriales que están sustituyendo los derivados de petróleo y muchos productos consumibles no alimentarios esenciales para producir medicamentos, saborizantes y colorantes naturales, solo por mencionar algunos. En las últimas décadas los avances en estas áreas han posicionado las funciones del sector agroalimentario como indispensable para mejorar la salud humana y la calidad de vida.

Por otro lado, los retos a futuro para el sector agroalimentario mundial son muy fuertes y requieren de más y mejores instrumentales científicos y tecnológicos, conocimientos y muchísima colaboración. Se estima que la demanda de alimentos aumentará en más del 60 % para el 2050

(Gaspar et al., 2021). El rápido crecimiento de la población y los cambios en sus demandas ejercerá una fuerte presión sobre todos los sistemas agroalimentarios. En otras palabras, es necesario producir más alimentos, alimentos con características específicas, ser más eficientes en el uso de los recursos e insumos naturales y conservar el medio ambiente (Vargas-Canales, Brambila-Paz, et al., 2022).

El sector agroalimentario mexicano desde hace algunos años muestra una creciente especialización de los recursos productivos regionales estratégicos, los cuales se orientan a cultivos de mayor valor comercial en el mercado nacional o internacional (Vargas-Canales et al., 2020; Vargas-Canales, Bustamante-Lara, et al., 2022). Esta creciente especialización responde a las lógicas de la teoría de la ventaja comparativa es la base de la teoría neoclásica del comercio internacional (Costinot et al., 2015). En consecuencia, para continuar en los mercados internacionales es necesaria una fuerte ventaja comparativa y un alto grado de especialización aumenta las ventajas competitivas (Kang, 2018).

La especialización conduce a reducir el riesgo en las inversiones sobre todo de capital extranjero desde el punto de vista de un capitalista de riesgo y con ellos se garantizan en los mercados internacionales (Nörthemann, 2022). Permite una mayor acumulación de capacidades tecnológicas, entendidas como los conocimientos, experiencias, habilidades e infraestructura disponible para hacer un uso efectivo de la ciencia, la tecnología y crear innovación (Vargas-Canales, 2022). Sin embargo, también se ha encontrado que se generan muchas asimetrías regionales la concentrarse solo en algunos productos y regiones. Además, muchas externalidades negativas como la deforestación, la erosión, la contaminación del agua, la degradación de los suelos, la erosión de la diversidad de especies y presentan fuertes problemas de mano de obra. En este proceso de transformación estructural, las sociedades presentan escasez de mano de obra agrícola (Christiaensen et al., 2021).

Otro fenómeno que caracteriza al sector agroalimentario mexicano es que en la actualidad es cada vez más plausible la llamada agricultura 4.0 o 5.0 (revolución agrícola digital). Sin embargo, gran parte del sector se mantiene marginado, abandonado y con muy pocos niveles tecnológicos y de rentabilidad. Se orienta principalmente a la agricultura familiar y se enfoca a la producción de alimentos tradicionales. La revolución verde que se inició hace aproximadamente 100 años que consistió en la introducción de mejoras en las prácticas de manejo agronómico, el uso de semillas

mejoradas, fertilizantes, agroquímicos y maquinaria especializada (Vargas-Canales, Brambila-Paz, et al., 2022), aún no se conoce en gran parte del país.

En los últimos años se han desarrollado nuevos comportamientos, acciones e innovaciones, junto con una creciente conciencia de los problemas ambientales (Saint-Ges et al., 2020). En la actualidad es posible identificar la tendencia a ofrecer productos y servicios adecuados a las características, circunstancias, gustos y preferencias de cada consumidor (Vargas-Canales, Brambila-Paz, et al., 2022), esto generará cambios importantes en todos los sistemas de producción. Si bien la necesidad de cambiar los sistemas agroalimentarios convencionales se está volviendo casi unánime, la modificación de las prácticas existentes y la introducción de nuevos sistemas agrícolas y nuevas formas de distribución están alterando los patrones productivos existentes (Saint-Ges et al., 2020). Por otra parte, la soberanía alimentaria, seguridad alimentaria y derecho a la alimentación que cada vez toma mayor relevancia e importancia (Gac et al., 2022). En ese sentido el sector agroalimentario busca formas de responder a las nuevas demandas del mercado de una manera ambientalmente sostenible y considerando la soberanía alimentaria (Mendes et al., 2022). En general el funcionamiento de los mercados agroalimentarios afecta la seguridad alimentaria y la nutricional por eso importante comprender la dinámica del comercio agroalimentario mundial, así como la gobernanza y el funcionamiento de los mercados agroalimentarios nacionales (Borsellino et al., 2020).

Lo anterior debido a que seguridad alimentaria, se ha visto significativamente afectada por trastornos ambientales, económicos y sociales globales interconectados con una rápida transformación tecnológica combinada con una demanda global de alimentos (Yatsenko et al., 2020). Derivado de lo anterior surgen muchas dudas y preocupaciones sobre el uso y acceso a las nuevas tecnologías. Si bien las tecnologías inteligentes, como la inteligencia artificial, la robótica y el Internet de las cosas, podrían desempeñar un papel importante para lograr una mayor productividad y una mayor ecoeficiencia, los críticos han sugerido que la consideración de las implicaciones sociales se está dejando de lado (Rose & Chilvers, 2018). Generalmente los beneficios se orientan a la productividad y al medio ambiente tiene menor atención a los impactos sociales (Barrett & Rose, 2022). Es importante definir acciones más inclusivas y responsables hacia una agricultura sostenible (Rose et al., 2022). Lo anterior debido a que el sector

agroalimentario de México tiene un bajo potencial para adoptar las nuevas tecnologías (Vargas-Canales, 2022).

Situación actual de los agronegocios y su configuración en el futuro

Hasta principios de los años sesenta, los economistas enfocaban la producción agrícola, principalmente a través del mercado y los precios, tomando al sector agrícola como una unidad independiente. El aporte de Davis y Goldberg (1957) en la Graduate School of Business Administration de la Universidad de Harvard abrió nuevas perspectivas al análisis de los sistemas alimentarios que resultaron útiles para el diseño de políticas públicas y para la definición de estrategias más específicas. Los autores propusieron la definieron un agronegocios como: la suma de todas las operaciones involucradas en la fabricación y distribución de suministros agrícolas, operaciones de producción en la finca y el almacenamiento, procesamiento y distribución de productos agrícolas (Zylbersztajn, 2017).

La conceptualización de un agronegocio ha evolucionado de una posición meramente productiva a una de mayor valor agregado, propiciada principalmente por la interacción de factores económicos, políticos, sociales y tecnológicos. En este sentido, la nueva figura de los agronegocios trae consigo cambios en los mercados, sistemas productivos y relaciones entre agentes, priorizando la innovación, sostenibilidad y el desarrollo desde un enfoque local y global (Romero Vargas et al., 2020). En la actualidad los agronegocios son sin duda una realidad global y su existencia y expresión corroboran la complejidad de la participación del sector primario en la economía mundial (Bezerra, 2009).

Los agronegocios representan un sinnúmero de significados, métodos de producción y características (Rodríguez Rivera et al., 2022). En ese sentido, un agronegocio se puede definir como el conjunto de actividades, operaciones, transacciones e interacciones desarrolladas en el sector agrícola, pecuario, acuícola, y/o forestal con la finalidad de satisfacer las demandas de alimentos. Lo anterior incluye los servicios relacionados con la proveeduría de insumos, la producción primaria, acopio, almacenamiento, procesamiento, transformación, distribución, mercadotecnia y comercialización de productos y servicios de estos sectores. Además, actividades complementarias o de soporte para el sector primario como pueden ser asesoría técnica, capacitación, financiamiento, entre otros servicios especializados.

Es conveniente mencionar que un agronegocios enfatiza una visión integrada del sistema alimentario que se extiende desde la investigación y el suministro de insumos hasta la producción, el procesamiento y la distribución hasta los puntos de venta minorista y el consumidor (King et al., 2010). Además, es necesario considera que los alimentos son un bien económico con aspectos culturales, institucionales y políticos distintivos que configuran el entorno económico del sector, la estructura organizativa de sus empresas y el conjunto de opciones disponibles para sus gerentes (Gunderson et al., 2014). En ese sentido, los agronegocios juegan un papel indispensable en la economía mundial, debido a que son clave para la producción y suministros de alimentos (Behzadi et al., 2018).

A nivel regional, los pequeños agronegocios pueden desencadenar una nueva forma de desarrollo e impulsar el crecimiento económico al crear nuevos empleos y acelerar la innovación tecnológica (Chege et al., 2017; Subhilhar, 2018). Además, han introducido un conjunto de cambios en el modo en el que se combinan los factores de la producción y en cómo se organiza el proceso productivo (Cáceres, 2015). Sobre la forma de comprender a los agronegocios es posible observar dos corrientes que se plantean, desde una perspectiva reduccionista, como opuestas o antagónicas. Sin embargo, se trata de dos visiones que se complementan y se necesitan, que no es mejor una que la otra y que comparten elementos y parte de sus problemáticas. Por un lado, con una orientación hacia el mercado y por el otro, con una orientación a el autoconsumo. Sin duda alguna, una clasificación bipolar oculta una riqueza impresionante de matices. Aunque, si es importante para desarrollar una caracterización con el fin de comprender la lógica de los actores y su comportamiento.

Por un lado, los agronegocios, han llegado a ser visibilizados como empresas que desarrollan actividades altamente mecanizadas, con el uso intensivo de la biotecnología y agroquímicos, incluso integrados en un proceso degradador del medio ambiente (Soruco Cusi, 2017). Es decir, una visión orientada al mercado, a la reproducción del capital, al aumento de la eficiencia, la productividad y la rentabilidad. Por otra parte, los agronegocios tienen otra connotación de medianas y pequeñas empresas que se enfocan a la producción de alimentos y desarrollan sus procesos productivos en armonía con el medio ambiente. Que son de gran importancia cuando nos referimos a la seguridad y soberanía alimentaria (Soruco Cusi, 2017). Con una visión orientada al

autoconsumo y desarrollada por la familia (no exclusivamente), a la reproducción de la vida y de una profunda relevancia social.

A medida que evolucionaron los sistemas agroalimentarios, los alimentos se volvieron más homogéneos y estandarizados para satisfacer las demandas de las masas urbanas en las economías capitalistas (Fracarolli, 2021). Los agronegocios, como tal, no están ajenos a esta evolución y han surgido como respuesta a la creciente demanda de alimentos, producto del crecimiento acelerado de la población a nivel mundial. Sin embargo, el estado actual de los agronegocios se caracteriza por la falta de tendencias positivas ocasionada por la pérdida de eficiencia de las empresas agrícolas; aumento de la competencia de los productores extranjeros y una disminución significativa del apoyo técnico y tecnológico hacia el sector (Baidakov et al., 2015).

México presenta una gran complejidad debido principalmente a todos los actores que interactúan en los mercados, a los cambios constantes en las dinámicas económicas, a la dificultad de accesos a innovaciones e información en el sector, a su naturaleza heterogénea (natural, cultural, económica, tecnológica, etcétera), a una nula cultura administrativa y de organización y a la falta de soluciones y alternativas eficientes y eficaces que les permitan mantenerse de manera sostenible y sustentable. En el sector agroalimentario mexicano hay más de 4 millones de agronegocios en los cuales se producen los mayores volúmenes de los principales productos que consume su población (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), 2021).

Estos agronegocios encuentran en constante adaptación lo que sin duda alguna generará una rápida hipersegmentación de la producción ocasionada por la demanda de los mercados nacionales e internacionales. Cada función y proceso de agronegocio debe estar más cerca del consumidor y definir cómo agrega valor a la relación (Caiazza & Bigliardi, 2020). Sin embargo, deben responder a las crecientes preocupaciones de la sociedad con respecto al uso de los recursos naturales (Mendes et al., 2022). Los mercados agroalimentarios también deben administrarse y regularse para aumentar las ventajas de un acceso más amplio a los consumidores y, al mismo tiempo, mitigar los riesgos relacionados con una mayor exposición a la competencia internacional y la volatilidad del mercado, especialmente por parte de los pequeños agricultores y los grupos vulnerables en todo el mundo (Borsellino et al., 2020).

Algunos temas de actualidad son indispensables para los agronegocios a nivel mundial. Dadas las transformaciones de los mercados la diferenciación mediante la innovación, marketing, en el ámbito u objetivo, por habilidades operativas, administración formal son elementos que no se pueden pasar por alto cuando se está pensando en el futuro (Brenes et al., 2020). Es conveniente pensar en nuevas políticas sobre cómo abordar los problemas ecológicos y sociales en el sistema agroalimentario (Wojtynia et al., 2021), es cierto que existen avances pero no es claro cómo operan y que resultados de ellos se obtiene. Relacionado con lo anterior es cada vez más importante la reducción de las distancia de transportación y comercialización de alimentos (Albuquerque Maranhão & Ribeiro Vieira Filho, 2022), es uno de los temas más discutidos a nivel mundial aunque va en contra de comercio y turismo mundial de alimentos.

Estrategias de creación y gestión de los nuevos agronegocios

En México para el 2019 a nivel nacional la esperanza de vida de un negocio al nacer es de 8.4 años y cuando un negocio tiene ya 5 años de edad su esperanza de vida promedio es de 10.2 años más. Además, de cada 100 establecimientos que nacen casi 52 mueren antes de cumplir 2 años; es decir, 31 mueren antes del primer año y 21 entre el primero y antes de cumplir el segundo año (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2022a). El comportamiento de los negocios en México con respecto al resto del mundo está por debajo del promedio de empresas creadas y también por debajo del promedio de empresas extinguidas; es decir, a pesar de que no se crea una gran cantidad de empresas, tampoco se cierran grandes cantidades, lo que permite ir acumulando población año con año (Morales Díaz Covarrubias, 2012).

La pandemia ocasionada por el COVID-19 ocasionó la muerte de una gran cantidad de establecimientos, aunque también surgieron nuevos establecimientos, pero no en la misma proporción (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2022a). Algunos estudios indican que los programas de apoyo fueron ineficientes para que las micro, pequeñas y medianas empresas mexicanas hicieran frente al COVID- (Valencia & Chiatchoua, 2021). Sin embargo, el potencial y el éxito de los agronegocios es el resultado de un conjunto de varios factores, especialmente inversiones en tecnología e investigación, que pueden aumentar la productividad, rentabilidad y competitividad (Ribeiro Rocha et al., 2021).

Existen otros aspectos que son muy relevantes a tomar en cuenta en los agronegocios por ejemplo la sucesión familiar, la profesionalización y la internacionalización en las empresas familiares (Costa et al., 2022). El sector agroalimentario en México está integrado por personas mayores y con bajos niveles educativos, lo que limita la adaptación exitosa a eventos tan disruptivos como los que vivimos los últimos años. Lo anterior, limita el desarrollo estrategias empresariales más efectivas de innovación (Becerra Bizarrón & Cortes Palacios, 2018). Además, es conveniente que en el diseño de políticas públicas se consideren las condiciones, las necesidades y las motivaciones que tienen las mujeres y grupos vulnerables para crear sus propias agronegocios (Paz Calderón & Espinosa Espíndola, 2019).

Uno de los puntos cruciales para la creación y la permanencia de los agronegocios es mantener un análisis constante de los cambios y transformaciones de los mercados. Es importante analizar y comprender los cambios demográficos de las poblaciones que en la actualidad, por ejemplo, demandan la producción de alimentos funcionales (Massot Martí, 2021). Las tendencias 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 de los sistemas agroalimentarios (United Nations, 2019).

El aumento del ingreso per cápita y la urbanización en los países en desarrollo, el crecimiento de una clase media con nuevos hábitos culturales y demandas y el gran impacto de la innovación tecnológica en el sistema productivo son algunos de los cambios relevantes que tuvieron lugar en la economía internacional en los últimos 20 años. Estas transformaciones incidieron en la distribución del poder económico en distintas regiones del mundo y modificaron las relaciones internacionales y el comercio mundial (Albuquerque Maranhão & Ribeiro Vieira Filho, 2022).

Los cambios en la demanda de productos agroalimentarios derivados de la pandemia ocasionada por el COVID-19 se está orientando a productos inocuos, orgánicos, con altos contenidos de antioxidantes, aminoácidos, vitaminas, proteínas y minerales (Vargas-Canales, Orozco-Cirilo, et al., 2022). El aumento de los ingresos en los países desarrollados y en desarrollo ha llevado a un aumento en el consumo de productos de mayor valor, como la carne y los productos lácteos. Un ejemplo muy claro y concreto es la demanda de soya que se está dando por la popularización y difusión del veganismo y el vegetarianismo (Yatsenko et al., 2020) y en la actualidad se está

popularizando la sustitución de la proteína animal por sustitutos de vegetales, insectos e incluso de formas de producción artificiales.

Debido a la generalización de la tendencia de combatir el sobrepeso en el mundo, el consumo mundial de frutas, las verduras, los frutos secos y las legumbres deberán duplicarse, mientras que el consumo de productos como las carnes rojas y el azúcar se reducirá en más de un 50% (Yatsenko et al., 2020). La reciente pandemia dejó claro que la mejor forma de resistir, superar y adaptarse a los problemas de salud es manteniendo una sana y adecuada alimentación.

Otro asunto pendiente e indispensable es que los agronegocios adopten los esquemas de sanidad e inocuidad agroalimentaria. Las certificaciones agroalimentarias son parte del cumplimiento de las nuevas tendencias en las demandas. Es decir, el consumidor está demandando que los productos cuenten con certificaciones de sanidad, inocuidad, responsabilidad social, orgánicas, ambientales, entre otras. Estos nuevos requisitos están siendo impulsados por las nuevas tendencias mundiales. Las cuales demandan nuevas formas de producción, el uso de nuevas tecnologías, nuevas formas de comercialización, nuevas formas de organización, nuevas formas de administración y gestión y nuevas formas de colaboración.

La administración y gestión de los agronegocios es una tarea cada vez más compleja. En la actualidad se requiere contar con información oportuna y confiable de su funcionamiento para tomar mejores decisiones de gestión, reducir costos y ser más competitivos. Las empresas de alimentos locales, regionales y globales exitosas en estos mercados están utilizando tecnología cada vez más sofisticada para adaptarse a los gustos y preferencias locales (Yatsenko et al., 2020). Desde hace algún tiempo se están implementado de forma exitosa en el sector agroalimentario los sistemas de planificación de recursos empresariales (Enterprise Resource Planning - ERP) (Verdouw et al., 2015). Las evidencias de la implementación del ERP en el sector agroalimentario indican que pueden ayudar al permanencia, éxito y sostenibilidad de los agronegocios (Kouriati et al., 2022). Sin embargo, existe poca evidencia de su implementación, uso y análisis de impactos.

Desde el siglo XIX, las actividades humanas han sido el principal motor del cambio climático, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas. En ese sentido, es imperante definir políticas y estrategias claras para despetrolizar y descarbonizar (Sovacool et al., 2021) el sector agroalimentario paulatinamente. Es decir, sustituir el uso de

insumos, energía, combustibles fósiles y sus derivados para la producción de alimentos. Con ello se disminuirá de forma gradual la emisión de CO₂ al medio ambiente derivado de la producción de alimentos. Desde hace tiempo se identificó con claridad la importancia del sector de la agroalimentario como fundamental para por mejorar la salud pública hoy y proteger y restaurar los sistemas naturales (Wasserman, 2009).

De acuerdo con Clark et al. (2020), las emisiones de gases de efecto invernadero podrían reducirse a través de cinco estrategias que se enfocan en la oferta y la demanda de alimentos: (i) adoptar globalmente una dieta rica en plantas; (ii) ajustar el consumo calórico per cápita global a niveles saludables; (iii) lograr altos rendimientos cerrando las brechas de rendimiento y mejorando la genética de cultivos y las prácticas agronómicas; (iv) reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos en un 50%; y (v) reducir la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero de los alimentos aumentando la eficiencia de la producción, por ejemplo, modificando los regímenes de gestión (por ejemplo mejorando el uso preciso de fertilizantes nitrogenados y otros insumos) o la implementación tecnológica (con el uso de aditivos para la alimentación de rumiantes).

Ante este escenario adverso el reto para el futuro es garantizar el nivel de bienestar y consumo de la población y creo que podría lograrse como se mencionó anteriormente con el desarrollo Científico y Tecnológico, pero buscando un equilibrio por dos vías. Primero, mediante la oferta de tecnologías apropiadas para hacer frente a los problemas que el cambio climático nos esta ocasionado. A lo que nos hemos estado enfrentando principalmente se relaciona con fenómenos climáticos extremos, como son las sequías prolongadas, las lluvias torrenciales, heladas muy fuertes, temperaturas elevadas. Esto podría por mencionar un ejemplo con el desarrollo de variedades tolerantes o resistente a estrés hídrico que es uno de los problemas más fuerte que enfrentara México en un futuro cercano. Sin duda lo debemos desarrollar tecnologías acordes a las nuevas realidades.

La segunda vía es por el lado de la demanda. En ese sentido, es necesario cambiar nuestra cultura alimentaria. Una cultura alimentaria que en los últimos años se ha convertido en uno de los principales orígenes de los problemas de salud y que tienen importantes implicaciones en el cambio climático. Por ejemplo, debemos reducir de inmediato el consumo de proteína animal y el consumo de productos ultra procesados. En la actualidad, existen tecnologías muy novedosas que

nos permitirían lograrlo sin mucho problema, sin embargo, no son muy conocidas ni muy aceptas. En ese sentido, la transformación de la demanda es una pieza clave y se debe dar mediante la reeducación de la sociedad.

A manera de conclusiones podemos decir que el cambio, transformación y renovación del sector agroalimentario ocasionado por el desarrollo y evolución de la sociedad es inevitable. Es de especial interés revalorar a los sistemas agroalimentarios porque son esenciales para la vida y para prevenir problemas fuertes de salud. En los próximos años el sector agroalimentario experimentará una fuerte reconfiguración impulsada por una mayor demanda de alimentos, la demanda de productos con características muy específicas y por el desarrollo científico y tecnológico.

La especialización agroalimentaria regional de los sistemas productivos continuará incluso con mayor rapidez. Sin embargo, paulatinamente se verá modificada por la relevancia las problemáticas sociales y ambientales que se producen bajo esas dinámicas productivas. Los agronegocios transitarán hacia una hiperespecialización de sus sistemas de producción definida por una hipersegmentación de los mercados ocasionada por las nuevas demandas de los consumidores, claro se mantendrán los mercados tradicionales e incluso crecerán.

Para la creación, permanencia e inserción exitosa en los de los agronegocios en México será necesario desarrollar mayores capacidades tecnológicas, mayor capacidad de adaptación y resiliencia e integrar las nuevas tecnologías digitales para la administración y toma de decisiones. Pero, sobre todo, es indispensable considerar las tendencias mundiales y las nuevas demandas de los consumidores.

Finalmente, para la apropiada administración y gestión de los agronegocios es indispensable hacer uso de los instrumentales científicos y tecnológicos más modernos. En la actualidad se requiere contar con información más oportuna y confiable de su funcionamiento para tomar mejores decisiones de gestión, reducir costos y ser más competitivos. En ese sentido, los agronegocios del futuro deben contar con todas las herramientas digitales que permitan tomar decisiones casi en tiempo real.

CONCLUSIONES GENERALES

Es preciso mencionar que lo que aquí se plantea es una visión sobre la situación actual y el posible futuro de la ciencia, la tecnología y la innovación en el sector agroalimentario y los agronegocios. No es imposible desarrollar una idea precisa y exacta del comportamiento que presentará en el futuro. Sin duda, algunos de los planteamientos se aproximarán mucho y otros distarán mucho de la realidad. Sin embargo, es importante tomarlos en cuenta y continuar desarrollando investigación que permita ser más asertivos sobre las propuestas para el sector agroalimentario y los agronegocios, que como se planteó con anterioridad son cuestiones de las más importantes para la vida, hasta ahora.

El cambio, la transformación y la evolución es un hecho y una necesidad. La historia nos ha demostrado la gran necesidad de evolucionar y de adaptarnos. Es decir, la agricultura 4.0 y 5.0 continuará avanzando. El problema es que las asimetrías regionales serán cada vez mayores en el sector agroalimentario. Quien tenga acceso a conocimiento, a ciencia y a tecnología tendrá un desarrollo mayor y será más rentable y competitivo en los mercados nacionales e internacionales. Quienes no tengan acceso tendrán un desarrollo mucho más lento y se orientarán al autoconsumo o a otras formas de producción que también son muy necesarias. Derivado de lo anterior, todos los sectores y toda la población deben beneficiarse de los desarrollos científicos y tecnológicos actuales.

Desafortunadamente el sector agroalimentario, no solo en México sino que prácticamente en todo el mundo, cuenta con un rezago de hace muchos años. El sector agroalimentario no se valora de forma correcta principalmente por un profundo desconocimiento de su importancia y relevancia. En la actualidad es uno de los sectores que cuenta con poca infraestructura, tecnología obsoleta, poco acceso a los servicios básicos (energía, agua potable, internet, telefonía, entre otros) y está siendo abandonado. Además, su población tiene edades mayores y bajos niveles educativos comparado con otros sectores. Claro a excepción de los agronegocios enfocados a satisfacer las demandas internacionales. En consecuencia, cuenta con bajas capacidades tecnológicas para poder hacer un uso efectivo de los desarrollos científicos y tecnológicos y de esta manera evolucionar con una mayor dinámica y ahí es donde el diseño de políticas agroalimentarias adecuadas es importante.

Existe un campo impresionante para desarrollar investigación sobre el comportamiento y los efectos de la ciencia y la tecnología en la sociedad del sector agroalimentario. También, es un sector abandonado y poco valorado por los académicos e investigadores. Con excepción de algunas áreas que siempre mantienen buenas dinámicas de desarrollo y en algunos casos en ciertos periodos se ponen de moda algunos temas como las negociaciones de tratados de libre comercio. Sin embargo, los estudios sociales de la ciencia, la tecnología y la innovación en el sector agroalimentario y los agronegocios es muy bajo. Se tienen pocos trabajos de los impactos sociales, políticos, culturales, ambientales y de salud de los efectos de la ciencia, la tecnología y la innovación. Es crucial continuar trabajando en comprender mejor sus dinámicas que son muy complejas y heterogéneas. Sin embargo, ante escenarios tan cambiantes y complejos no podemos dejar de ser optimistas y confiar que como sociedad lograremos adaptarnos de forma exitosa.

LITERATURA CITADA

- Acevedo Díaz, J. A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS: una aproximación al tema. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 14(1), 35–44.
- Agyekumhene, C., de Vries, J. R., Paassen, A. van, Schut, M., & MacNaghten, P. (2020). Making Smallholder Value Chain Partnerships Inclusive: Exploring Digital Farm Monitoring through Farmer Friendly Smartphone Platforms. *Sustainability*, 12(11), 4580. <https://doi.org/10.3390/su12114580>
- Albuquerque Maranhão, R. L., & Ribeiro Vieira Filho, J. E. (2022). Inserción internacional de los agronegocios brasileños: análisis comparativo. *Revista de La CEPAL*, 136, 155–177. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47865/RVE136_Lima.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 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>
- Arce Quesada, S. (2019). La innovación agroindustrial: componentes, tendencias y acciones. *E-Agronegocios*, 6(1), 25–37. <https://doi.org/10.18845/rea.v6i1.4938>
- Arellano Hernández, A. (2018). La Capacidad de Innovación Tecnológica en la Universidad Autónoma del Estado de México. *Convergencia Revista de Ciencias Sociales*, 12/13, 55–88. <https://doi.org/10.29101/crcs.v0i12/13.9605>
- 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>
- Baidakov, A. N., Chernobay, N. B., Nazarenko, A. V., Zaporozhets, D. V., & Sergienko, E. G. (2015). Methodical bases for developing predictive scenarios of agribusiness. *Asian Social Science*, 11(8), 9–18. <https://doi.org/10.5539/ass.v11n8p9>
- Baier-Fuentes, H., Merigó, J. M., Amorós, J. E., & Gaviria-Marín, M. (2019). International entrepreneurship: a bibliometric overview. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 15(2), 385–429. <https://doi.org/10.1007/s11365-017-0487-y>
- Baldi, I., Filleul, L., Mohammed-Brahim, B., Fabrigoule, C., Dartigues, J.-F., Schwall, S., Drevet, J.-P., Salamon, R., & Brochard, P. (2001). Neuropsychologic Effects of Long-Term Exposure to Pesticides: Results from the French Phytoneer Study. *Environmental Health Perspectives*, 109(8), 839–844. <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/epdf/10.1289/ehp.01109839>

- 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.
- Barrett, H., & Rose, D. C. (2022). Perceptions of the Fourth Agricultural Revolution: What's In, What's Out, and What Consequences are Anticipated? *Sociologia Ruralis*, 62(2), 162–189. <https://doi.org/10.1111/soru.12324>
- 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>
- Becerra Bizarrón, M. E., & Cortes Palacios, E. M. (2018). Factores de permanencia empresarial de las microempresas del sector comercio de Puerto Vallarta, Jalisco. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 9(17), 865–890. <https://doi.org/10.23913/ride.v9i17.412>
- Behzadi, G., O'Sullivan, M. J., Olsen, T. L., & Zhang, A. (2018). Agribusiness supply chain risk management: A review of quantitative decision models. *Omega (United Kingdom)*, 79, 21–42. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.07.005>
- Bell, M., & Pavitt, K. (1992). Accumulating Technological Capability in Developing Countries. *The World Bank Economic Review*, 6(suppl 1), 257–281. https://doi.org/10.1093/wber/6.suppl_1.257
- Bellon-Maurel, V., Lutton, E., Bisquert, P., Brossard, L., Chambaron-Ginhac, S., Labarthe, P., Lagacherie, P., Martignac, F., Molenat, J., Parisey, N., Picault, S., Piot-Lepetit, I., & Veissier, I. (2022). Digital revolution for the agroecological transition of food systems: A responsible research and innovation perspective. *Agricultural Systems*, 203, 103524. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103524>
- Bezerra, G. J., Schultz, G., Schinaider, A. D., & Schinaider, A. D. (2017). Custos de transação no agronegócio: Uma revisão sistemática das publicações internacionais. *Espacios*, 38(38), 16.
- Bezerra, J. (2009). Agronegócio E Ideologia: Contribuições Teóricas. *Revista NERA*, 12(14), 112–124.
- Bichard, M. (1971). Dissemination of genetic improvement through a livestock industry. *Animal Science*, 13(3), 401–411. <https://doi.org/10.1017/S0003356100010606>
- Boland, A., Cherry, G., & Dickson, R. (2017). *Doing a systematic review: A student's guide*. (2nd. Editi). Sage. [https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=Zpc3DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=systematic+review+methodology&ots=KhF49IPSt4&sig=8JmXZy_eFgBmoeasjVdNY2Gugys#v=onepage&q=systematic review methodology&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=Zpc3DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=systematic+review+methodology&ots=KhF49IPSt4&sig=8JmXZy_eFgBmoeasjVdNY2Gugys#v=onepage&q=systematic%20review%20methodology&f=false)
- Bolfe, É. L., Jorge, L. A. de C., Sanches, I. D., Luchiari Júnior, A., da Costa, C. C., Victoria, D. de C., Inamasu, R. Y., Grego, C. R., Ferreira, V. R., & Ramirez, A. R. (2020). Precision and

- Digital Agriculture: Adoption of Technologies and Perception of Brazilian Farmers. *Agriculture*, 10(12), 653. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120653>
- Borsellino, V., Schimmenti, E., & El Bilali, H. (2020). Agri-Food Markets towards Sustainable Patterns. *Sustainability*, 12(6), 2193. <https://doi.org/10.3390/su12062193>
- Bourdieu, P. (1976). Le champ scientifique. *Actes de La Recherche En Sciences Sociales*, 2(2), 88–104. <https://doi.org/10.3406/arss.1976.3454>
- Brambila Paz, J. de J. (2011). *Bioeconomía: conceptos y fundamentos* (Primera ed). SAGARPA/COLPOS.
- Brascamp, E. W. (1973). Model Calculations Concerning Economic Optimization. *Z. Tierzucht. Zuchtgsbiol.*, 90, 1–15. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1973.tb01419.x>
- Brenes, E. R., Ciravegna, L., & Acuña, J. (2020). Differentiation strategies in agribusiness – A configurational approach. *Journal of Business Research*, 119(July), 522–539. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.07.048>
- 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. M. (2015). Tecnología agropecuaria y agronegocios. La lógica subyacente del modelo tecnológico dominante. *Mundo Agrario*, 16(31). <https://doi.org/ISSN 1515-5994>
- 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>
- Caiazza, R., & Bigliardi, B. (2020). Web marketing in agri-food industry: Challenges and opportunities. *Trends in Food Science & Technology*, 103(April), 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.024>
- Capdevielle, M. (2005). Globalización, especialización y heterogeneidad estructural en México. In M. Cimoli (Ed.), *Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina* (pp. 101–126). [internal-pdf://lcw35e-3602887506/LCW35e.pdf%5Cnhttp://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/27320/LCW35e.pdf](http://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/27320/LCW35e.pdf)
- Carpio Santos, K. L. (2018). Use of Technology In Agriculture - Use of Technology. *Pro-Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 2(14), 25–32. <http://www.useoftechnology.com/technology-agriculture/>
- Carree, M. A., & Thurik, A. R. (2010). The Impact of Entrepreneurship on Economic Growth. In Z. J. Acs & D. B. Audretsch (Eds.), *Handbook of Entrepreneurship Research* (pp. 129–163). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1191-9_6
- 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>

- Casas, R. (2020). Políticas públicas de ciencia y tecnología en América Latina. Ante la encrucijada de los cambios políticos. *Teuken Bidikay - Revista Latinoamericana de Investigación En Organizaciones, Ambiente y Sociedad*, 11(16), 21–28. <https://doi.org/10.33571/teuken.v11n16a1>
- 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>
- Ceroni, M. (2018). Rasgos centrales del agronegocio en Latinoamérica: la experiencia en Uruguay. *Perfiles Latinoamericanos*, 26(52), 1–29. <https://doi.org/10.18504/pl2652-004-2018>
- Chege, D., Ang, N. G., & Gichira, P. R. (2017). Factors affecting growth of agribusiness micro and small enterprises in embu county. *The Strategic Journal of Business & Change Management*, 4(3), 246–261. <http://strategicjournals.com/index.php/journal/article/view/505>
- Chevalier, F. (1985). *La formación de los latifundios en México*. Fondo de Cultura Económica.
- Chiatchoua, C., & Castañeda-González, Y. (2015). Influencia de las MIPyMES en la generación de empleos en la región XI Texcoco, Estado de México (2000-2010). *Quivera*, 17(2), 55–71. <http://www.redalyc.org/pdf/401/40143424004.pdf>
- Chiavassa Ferreyra, A., & Thomas, H. (2022). Para un desarrollo inclusivo y sustentable hace falta tener alguna idea contrahegemónica. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 14(28), 1–20.
- Christiaensen, L., Rutledge, Z., & Taylor, J. E. (2021). Viewpoint: The future of work in agri-food. *Food Policy*, 99(October 2020), 101963. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101963>
- Chuang, J.-H., Wang, J.-H., & Liou, Y.-C. (2020). Farmers' Knowledge, Attitude, and Adoption of Smart Agriculture Technology in Taiwan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 7236. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197236>
- Ciccone, A., & Papaioannou, E. (2007). Red tape and delayed entry. *Journal of the European Economic Association*, 5(2–3), 444–458. <https://doi.org/10.1162/jeea.2007.5.2-3.444>
- Clark, M. A., Domingo, N. G. G., Colgan, K., Thakrar, S. K., Tilman, D., Lynch, J., Azevedo, I. L., & Hill, J. D. (2020). Global food system emissions could preclude achieving the 1.5° and 2°C climate change targets. *Science*, 370(6517), 705–708. <https://doi.org/10.1126/science.aba7357>
- 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>
- Coccia, M. (2022). Probability of discoveries between research fields to explain scientific and technological change. *Technology in Society*, 68(October 2021), 101874. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101874>

- Cole, N. L., Reichmann, S., & Ross-Hellauer, T. (2023). Toward equitable open research: stakeholder co-created recommendations for research institutions, funders and researchers. *Royal Society Open Science*, 10(2), 1–19. <https://doi.org/10.1098/rsos.221460>
- 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.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2020). *El sector forestal mexicano en cifras 2020*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/644967/El_Sector_Forestal_Mexicano_en_Cifras_2020_compressed__1_.pdf
- Contreras-Medina, D. I., Medina-Cuéllar, S. E., & Rodríguez-García, J. M. (2022). Roadmapping 5.0 Technologies in Agriculture: A Technological Proposal for Developing the Coffee Plant Centered on Indigenous Producers' Requirements from Mexico, via Knowledge Management. *Plants*, 11, 1502. <https://doi.org/10.3390/plants11111502>
- Costa, A. D., Zen, A. C., & Spindler, E. dos S. (2022). Family succession, professionalization and internationalization: a study of Brazilian family businesses. *Journal of Family Business Management*, 12(4), 1065–1080. <https://doi.org/10.1108/JFBM-05-2021-0044>
- Costinot, A., Donaldson, D., Vogel, J., & Werning, I. (2015). Comparative advantage and optimal trade policy. *Quarterly Journal of Economics*, 130(2), 659–702. <https://doi.org/10.1093/qje/qjv007>
- Cruz-Ramírez, M., Díaz-Ferrer, Y., Rúa-Vásquez, J. A., & Rojas-Velázquez, O. J. (2020). Estudio cuantitativo de una red de coautoría en educación matemática. Un análisis de sus campos de investigación basado en el método Delphi. *Revista Española de Documentación Científica*, 43(4), e281. <https://doi.org/10.3989/redc.2020.4.1727>
- Dani, S. (2015). *Food Supply Chain Management and Logistics: From Farm to Fork*.
- Dutrénit, G. (2022). Technological capability accumulation. In *The knowledge spillover theory of entrepreneurship* (pp. 460–467). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781839106996.00063>
- Dutrénit, G., Natera, J. M., Puchet Anyul, M., & Vera-Cruz, A. O. (2019). Development profiles and accumulation of technological capabilities in Latin America. *Technological Forecasting and Social Change*, 145(October 2017), 396–412. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.03.026>
- Eastwood, C., Klerkx, L., Ayre, M., & Dela Rue, B. (2019). Managing Socio-Ethical Challenges in the Development of Smart Farming: From a Fragmented to a Comprehensive Approach for Responsible Research and Innovation. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 32(5–6), 741–768. <https://doi.org/10.1007/s10806-017-9704-5>
- Ehlers, M.-H., Huber, R., & Finger, R. (2021). Agricultural policy in the era of digitalisation. *Food Policy*, 100(June 2020), 102019. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.102019>
- Farooq, M. S., Riaz, S., Abid, A., Umer, T., & Zikria, Y. Bin. (2020). Role of IoT Technology in

- Agriculture: A Systematic Literature Review. *Electronics*, 9(2), 319. <https://doi.org/10.3390/electronics9020319>
- Focacci, C. N., & Perez, C. (2022). The importance of education and training policies in supporting technological revolutions: A comparative and historical analysis of UK, US, Germany, and Sweden (1830–1970). *Technology in Society*, 70, 102000. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102000>
- Fracarolli, G. S. (2021). Global Markets, Local Issues: The Hegemonic Process of Agri-Food Construction to Present Challenges. *Land*, 10(11), 1182. <https://doi.org/10.3390/land10111182>
- Frost, A. R. (1990). Robotic milking: A review. *Robotica*, 8(4), 311–318. <https://doi.org/10.1017/S0263574700000357>
- Gac, D., Théza, M., Machado Deponti, C., & Viegas Preiss, P. (2022). Soberanía alimentaria en América Latina: miradas cruzadas sobre un concepto en acción y en disputa. *POLIS Revista Latinoamericana*, 22(63), 3–7. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.32735/S0718-6568/2022-N63-1778>
- Gallo, M., Ferrara, L., Calogero, A., Montesano, D., & Naviglio, D. (2020). Relationships between food and diseases: What to know to ensure food safety. *Food Research International*, 137(January), 109414. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109414>
- García-Perdomo, H. A. (2015). Conceptos fundamentales de las revisiones sistemáticas/metaanálisis. *Urología Colombiana*, 24(1), 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.uroco.2015.03.005>
- Gaspar, P. D., Fernandez, C. M., Soares, V. N. G. J., Caldeira, J. M. L. P., & Silva, H. (2021). Development of Technological Capabilities through the Internet of Things (IoT): Survey of Opportunities and Barriers for IoT Implementation in Portugal's Agro-Industry. *Applied Sciences*, 11(8), 3454. <https://doi.org/10.3390/app11083454>
- Godfray, H. C. J. C. J., Beddington, J. R. J. R., Crute, I. R. I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F. J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M. S. M., & Toulmin, C. (2010). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*, 327(5967), 812–818. <https://doi.org/doi:DOI: 10.1126/science.1185383>
- Godfray, H. C. J. C. J., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Nisbett, N., Pretty, J., Robinson, S., Toulmin, C., & Whiteley, R. (2010). The future of the global food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 365(1554), 2769–2777. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0180>
- 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.
- González Muñoz, O., Bonilla Hernández, N. M., & Rivera Velázquez, J. E. (2012). Los agronegocios y su institucionalidad en México en el 2012. *Ciencia Administrativa*, 2, 109–116. <http://www.eumed.net/rev/delos/16/agronegocios-mexico.pdf>

- Grados, L., Pérot, M., Barbezier, N., Delayre-Orthez, C., Bach, V., Fumery, M., Anton, P. M., & Gay-Quéheillard, J. (2022). How advanced are we on the consequences of oral exposure to food contaminants on the occurrence of chronic non communicable diseases? *Chemosphere*, 303, 135260. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135260>
- Griliches, Z. (1957). Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change. *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, 25(4), 501-522.
- Gunderson, M. A., Boehlje, M. D., Neves, M. F., & Sonka, S. T. (2014). Agribusiness Organization and Management. In *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* (Vol. 1, pp. 51–70). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00117-0>
- 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
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R., & Black, W. (1999). *Análisis multivariante* (5a Edición). Prentice Hall.
- Halcomb, E. J., & Hickman, L. (2015). Mixed methods research Mixed methods research Recommended Citation Recommended Citation. *Nursing Standard: Promoting Excellence in Nursing Care*, 29(32), 41–47. <https://ro.uow.edu.au/smhpapershttps://ro.uow.edu.au/smhpapers/2656>
- Haltiwanger, J., Jarmin, R. S., & Miranda, J. (2013). Who Creates Jobs? Small versus Large versus Young. *Review of Economics and Statistics*, 95(2), 347–361. https://doi.org/10.1162/REST_a_00288
- Harrell, R. C., Adsit, P. D., Munilla, R. D., & Slaughter, D. C. (1990). Robotic picking of citrus. *Robotica*, 8(4), 269–278. <https://doi.org/10.1017/S0263574700000308>
- Herrera, A. (1978). *Desarrollo, Tecnología y Medio Ambiente. Conferencia en el Primer Seminario Internacional sobre Tecnologías Adecuadas en Nutrición y Vivienda-PNUMA*.
- Higgins, L. M., Schroeter, C., & Wright, C. (2018). Lighting the flame of entrepreneurship among agribusiness students. *International Food and Agribusiness Management Review*, 21(1), 121–132. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2016.0166>
- INCyTU (Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión). (2018). Inversión para Ciencia , Tecnología e Innovación en México. *INCyTU*, 52(11), 1–6. <http://www.foroconsultivo.org.mx/FCCyT/incytu/11.pdf>
- 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 Mexicano para la Competitividad (IMCO). (2022). *Competitividad estatal*. <https://imco.org.mx>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022a). *Demografía de los Negocios 2019-2021*. <https://www.inegi.org.mx/temas/dn/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022b). *Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA)*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022c). *Sistema de Cuentas Nacionales de México*. <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserPadre=10200070#D10200070>
- Kang, M. (2018). Comparative advantage and strategic specialization. *Review of International Economics*, 26(1), 1–19. <https://doi.org/10.1111/roie.12300>
- King, R. P., Boehlje, M., Cook, M. L., & Sonka, S. T. (2010). Agribusiness Economics and Management. *American Journal of Agricultural Economics*, 92(2), 554–570. <https://doi.org/10.1093/ajae/aaq009>
- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>
- 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>
- Komarek, A. M., Thurlow, J., Koo, J., & De Pinto, A. (2019). Economywide effects of climate-smart agriculture in Ethiopia. *Agricultural Economics (United Kingdom)*, 50(6), 765–778. <https://doi.org/10.1111/agec.12523>
- Kouriati, A., Moulogianni, C., Kountios, G., Bournaris, T., Dimitriadou, E., & Papadavid, G. (2022). Evaluation of Critical Success Factors for Enterprise Resource Planning Implementation Using Quantitative Methods in Agricultural Processing Companies. *Sustainability*, 14(11), 6606. <https://doi.org/10.3390/su14116606>
- 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>
- Kreimer, P. (2017). Los estudios sociales de la ciencia y la tecnología: ¿son parte de las ciencias sociales? *Teknokultura. Revista de Cultura Digital y Movimientos Sociales*, 14(1), 143–162. <https://doi.org/10.5209/TEKN.55727>
- Kreimer, P., & Vessuri, H. (2018). Latin American science, technology, and society: a historical and reflexive approach. *Tapuya: Latin American Science, Technology and Society*, 1(1), 17–37. <https://doi.org/10.1080/25729861.2017.1368622>
- Kuhn, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas* (Primera ed). Fondo de Cultura Económica.
- Kukk, M., Põder, A., & Viira, A.-H. (2022). The role of public policies in the digitalisation of the

- agri-food sector. A systematic review. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*, 94(1), 217–248. <https://doi.org/10.1080/27685241.2022.2147870>
- Kurgat, B. K., Lamanna, C., Kimaro, A., Namoi, N., Manda, L., & Rosenstock, T. S. (2020). Adoption of Climate-Smart Agriculture Technologies in Tanzania. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4(May). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00055>
- Lajoie-O'Malley, A., Bronson, K., van der Burg, S., & Klerkx, L. (2020). The future(s) of digital agriculture and sustainable food systems: An analysis of high-level policy documents. *Ecosystem Services*, 45(July), 101183. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101183>
- Legun, K., & Burch, K. (2021). Robot-ready: How apple producers are assembling in anticipation of new AI robotics. *Journal of Rural Studies*, 82, 380–390. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.01.032>
- Li, X., Wang, D., & Li, M. (2020). Convenience analysis of sustainable E-agriculture based on blockchain technology. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122503. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122503>
- 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>
- Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G. P., & Abu-Mahfouz, A. M. (2021). From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current status, enabling technologies, and research challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(6), 4322–4334. <https://ieeexplore.ieee.org/iel7/9424/4389054/09122412.pdf>
- López Cerezo, J. A. (2017). *Ciencia, tecnología y sociedad*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) - Paraguay.
- Lu, B., Dao, P. D., Liu, J., He, Y., & Shang, J. (2020). Recent Advances of Hyperspectral Imaging Technology and Applications in Agriculture. *Remote Sensing*, 12(16), 2659. <https://doi.org/10.3390/rs12162659>
- MacPherson, J., Voglhuber-Slavinsky, A., Olbrisch, M., Schöbel, P., Dönitz, E., Mouratiadou, I., & Helming, K. (2022). Future agricultural systems and the role of digitalization for achieving sustainability goals. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(4), 70. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00792-6>
- Makate, C., Makate, M., & Mango, N. (2018). Farm household typology and adoption of climate-smart agriculture practices in smallholder farming systems of southern Africa. *African*

- Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 10(4), 421–439.
<https://doi.org/10.1080/20421338.2018.1471027>
- Mango, N., Makate, C., Tamene, L., Mponela, P., & Ndengu, G. (2018). Adoption of Small-Scale Irrigation Farming as a Climate-Smart Agriculture Practice and Its Influence on Household Income in the Chinyanja Triangle, Southern Africa. *Land*, 7(2), 49.
<https://doi.org/10.3390/land7020049>
- Martín Carbajal, M. de la L., Cruz Ovando, I., & Rivera Guerra, D. D. (2016). Innovación, generación de capacidades tecnológicas y competitividad empresarial de Mipymes del sector manufacturero en la Ciudad de Morelia. *Economía y Sociedad*, 20(35), 21–48.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=51049433002>
- Martínez Salvador, L. E. (2018). Capacidades tecnológicas en la agroindustria en México. Marco analítico para su investigación. *Análisis Económico*, 33(84), 169–189.
<https://doi.org/10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2018v33n84/MartinezS>
- Marume, U., Mokagane, J. M., Shole, C. O., & Hugo, A. (2020). Citrullus lanatus essential oils inclusion in diets elicit nutraceutical effects on egg production, egg quality, and physiological characteristics in layer hens. *Poultry Science*, 99(6), 3038–3046.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.01.029>
- Masek, T. J., Schepers, J. S., Mason, S. C., & Francis, D. D. (2001). Use of precision farming to improve applications of feedlot waste to increase nutrient use efficiency and protect water quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(7–8), 1355–1369.
<https://doi.org/10.1081/CSS-100104116>
- Massot Martí, A. (2021). Globalización, transiciones climática y digital y crisis pandémica en los sistemas agroalimentarios: implicaciones para las políticas públicas. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 257, 61–30.
- McCampbell, M., Schumann, C., & Klerkx, L. (2022). Good intentions in complex realities: Challenges for designing responsibly in digital agriculture in low-income countries. *Sociologia Ruralis*, 62(2), 279–304. <https://doi.org/10.1111/soru.12359>
- McConnell, D. J. (1986). Methods and achievements of genetic engineering: Prospects in agriculture. A review. *Livestock Production Science*, 15(2), 109–131.
[https://doi.org/10.1016/0301-6226\(86\)90022-9](https://doi.org/10.1016/0301-6226(86)90022-9)
- Mendes, J. A. J., Carvalho, N. G. P., Mourarias, M. N., Careta, C. B., Vânia Gomes Zuin, & Gerolamo, M. C. (2022). Dimensions of digital transformation in the context of modern agriculture. *Sustainable Production and Consumption*, 34, 613–637.
<https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.09.027>
- 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>
- Mercado, A., Sánchez-Rose, I., Cervilla, M. A., Sánchez, R., Siem, G., & Colina, B. (2022).

- Disrupciones tecnológicas y crisis socioambiental: Los grandes desafíos de las ingenierías en Venezuela. *Espacios*, 43(06), 61–78. <https://doi.org/10.48082/espacios-a22v43n06p05>
- Michie, C., Andonovic, I., Davison, C., Hamilton, A., Tachtatzis, C., Jonsson, N., Duthie, C. A., Bowen, J., & Gilroy, M. (2020). The Internet of Things enhancing animal welfare and farm operational efficiency. *Journal of Dairy Research*, 87(S1), 20–27. <https://doi.org/10.1017/S0022029920000680>
- Mochi, S. (2020). Capacidades tecnológicas y vínculos territoriales en empresas argentinas de maquinaria agrícola. *Revista Brasileira de Inovação*, 19, 1–36. <https://doi.org/10.20396/rbi.v19i0.8654201>
- 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>
- Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1), 213–228. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5>
- Morales Díaz Covarrubias, R. R. (2012). Demografía de negocios en México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 27(1(79)), 201–225.
- Morales Urrutia, D., & Radil Marzabal, O. (2015). Explanatory Factors of Business Creation in Ten European Countries: a Proposal From the Institutional Perspective. *Revista De Economia Mundial*, 40, 91–122.
- Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., & Villanueva, J. (2018). Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 11(3), 184–186. <https://doi.org/10.4067/S0719-01072018000300184>
- Mujeyi, A., Mudhara, M., & Mutenje, M. (2021). The impact of climate smart agriculture on household welfare in smallholder integrated crop–livestock farming systems: evidence from Zimbabwe. *Agriculture & Food Security*, 10(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s40066-020-00277-3>
- Niknejad, N., Ismail, W., Bahari, M., Hendradi, R., & Salleh, A. Z. (2021). Mapping the research trends on blockchain technology in food and agriculture industry: A bibliometric analysis. *Environmental Technology & Innovation*, 21, 101272. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101272>
- Nörthemann, A. (2022). Industry-specific specialization in venture capitalists' internationalization decisions. *Journal of Business Economics*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s11573-022-01129-1>
- Nyaga, J. M., Onyango, C. M., Wetterlind, J., & Söderström, M. (2021). Precision agriculture research in sub-Saharan Africa countries: a systematic map. *Precision Agriculture, FAO 2017*. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09780-w>
- Ofori-Boateng, C., & Lee, K. T. (2013). Sustainable utilization of oil palm wastes for bioactive

- phytochemicals for the benefit of the oil palm and nutraceutical industries. *Phytochemistry Reviews*, 12(1), 173–190. <https://doi.org/10.1007/s11101-013-9270-z>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2019). *El sistema alimentario. Oportunidades para el campo mexicano en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible Organización*.
- Orozco Cirilo, S. (2022). *Estadística no paramétrica, con ejemplos en SPSS*. (Primera ed). Plaza y Valdés S. A. de C. V.
- Orozco Cirilo, S., & Vargas Canales, J. M. (2021). *Estadística paramétrica fácil. Incluye problemario con respuestas*. (Primera ed). Plaza y Valdés S. A. de C. V.
- Osiurak, F., & Reynaud, E. (2019). Behavioral and Brain Sciences (forthcoming) The Elephant in the Room : What Matters Cognitively in Cumulative Technological Culture. *Behavioral and Brain Sciences*, 97(May 2020), 1–57. <https://doi.org/10.1017/S0140525X19003236>
- 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>
- Patiño-Ordoñez, T. E., Bustamante-Lara, T. I., Camacho-Vera, J. H., Mendoza-Castillo, V. M., Rodríguez-Haros, B., & Vargas-Canales, J. M. (2021). Especialización y competitividad de la producción de chile en México. *Regiones y Desarrollo Sustentable*, 22(42), 101–121.
- Paz Calderón, Y., & Espinosa Espíndola, M. T. (2019). Emprendimiento femenino en México: factores relevantes para su creación y permanencia. *Tendencias*, 20(2), 116–137. <https://doi.org/10.22267/rtend.192002.117>
- Pérez, C. (2001). Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. *Revista de La CEPAL*, 75, 115–136.
- Pérez Hernández, C. C., Lara Gómez, G., & Gómez Hernández, D. (2017). Evolution of state clusters related with technological capability in Mexico: Application of a multivariate statistical analysis of cluster. *Contaduría y Administración*, 62(2), 528–555. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2017.02.003>
- Peters, M. D. J., Godfrey, C. M., Khalil, H., McInerney, P., Parker, D., & Soares, C. B. (2015). Guidance for conducting systematic scoping reviews. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*, 13(3), 141–146. <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000050>
- 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.
- Porciello, J., Coggins, S., Mabaya, E., & Otunba-Payne, G. (2022). Digital agriculture services in low- and middle-income countries: A systematic scoping review. *Global Food Security*, 34(June), 100640. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100640>
- Quintero, S., Ruíz-Castañeda, W., Cubillos Jiménez, S., Marín Sánchez, B. M., Giraldo, D. P., & Vélez Acosta, L. M. (2021). Medición de las capacidades tecnológicas para la innovación en los sistemas de conocimiento e innovación agrícola. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 22(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1896
- Ray, P. P. (2017). Internet of things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9(4), 395–420. <https://doi.org/10.3233/AIS-170440>
- Reddy, A. K. N. (1979). *National and regional technology groups and institutions: An assessment. Towards global action for appropriate technology*. Pergamon.
- Ribeiro Rocha, G. da S., de Oliveira, L., & Talamini, E. (2021). Blockchain Applications in Agribusiness: A Systematic Review. *Future Internet*, 13(4), 95. <https://doi.org/10.3390/fi13040095>
- Rijswijk, K., Klerkx, L., Bacco, M., Bartolini, F., Bulten, E., Debruyne, L., Dessen, 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>
- Rodríguez, A. G., & Aramendis, R. H. (2019). *El financiamiento en América Latina: Identificación de fuentes nacionales, regionales y de cooperación internacional*. Serie Recursos Naturales y Desarrollo, 193. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45043-financiamiento-la-bioeconomia-america-latina-identificacion-fuentes-nacionales>
- Rodríguez Rivera, A., Vargas-Canales, J. M., Orozco-Cirilo, S., & Orozco-Varela, C. (2022). Análisis de la relación de la demanda y la rentabilidad en los agronegocios. *Jóvenes En La Ciencia*, 16, 1–9. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3537>
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations*. Newyork Free Press. <https://doi.org/82-70998>
- Rolandi, S., Brunori, G., Bacco, M., & Scotti, I. (2021). The Digitalization of Agriculture and Rural Areas: Towards a Taxonomy of the Impacts. *Sustainability*, 13(9), 5172. <https://doi.org/10.3390/su13095172>
- Romero Vargas, L. C. N., Suárez Torres, S. N., & Narvaez Ortiz, I. (2020). Medición de los progresos y la evolución de los agronegocios: Un análisis bibliométrico de la literatura de 2001 a 2020. *Revista de Estudios Empresariales*, 1, 20–36. <https://doi.org/https://doi.org/10.17561/ree.v2020n1.3>

- Rose, D. C., Barkemeyer, A., de Boon, A., Price, C., & Roche, D. (2022). The old, the new, or the old made new? Everyday counter-narratives of the so-called fourth agricultural revolution. *Agriculture and Human Values*. <https://doi.org/10.1007/s10460-022-10374-7>
- Rose, D. C., & Chilvers, J. (2018). Agriculture 4.0: Broadening Responsible Innovation in an Era of Smart Farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2(December), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087>
- 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>
- Saint-Ges, V., Tanguy, C., & Thivet, D. (2020). Innovations in Agri-food Systems – International Trends. *Journal of Innovation Economics & Management*, n° 34(1), 1–5. <https://doi.org/10.3917/jie.034.0001>
- 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>
- Salisu, Y., Julienti, L., Bakar, A., & Malaysia, D. (2019). Technological capability, innovativeness and the performance of manufacturing small and medium enterprises (SMEs) in developing economies of Africa. *IOSR Journal of Business and Management*, 21(1), 56–61. <https://doi.org/10.9790/487X-2101015661>
- Schumpeter, J. A. (2017). *The Theory of Economic Development*. Routledge.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2021). *Unidades de producción agropecuaria son un orgullo de México*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/unidades-de-produccion-agropecuaria-son-un-orgullo-de-mexico>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2021). *Expectativas Agroalimentarias 2021*.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). *Panorama agroalimentario 2022*. <https://online.pubhtml5.com/ahei/elgh/#p=4>
- Shadbolt, N. M., & Olubode-Awosola, F. (2016). Resilience, risk and entrepreneurship. *International Food and Agribusiness Management Review*, 19(2), 33–52. <https://doi.org/10.1007/978-94-024-1123-2>
- Sheriza, M. R., Nurul, M. F., & Ainuddin, N. A. (2020). Application of Remote Sensing to Assess the Biophysical Characteristics of Palm Oil Trees for Ecological Study. *Journal of Landscape Ecology*, 13(3), 63–78. <https://doi.org/10.2478/jlecol-2020-0017>
- Soruco Cusi, F. (2017). El trasfondo de los Agronegocios, la economía a mediana y pequeña escala. The background of Agribusiness, the economy in medium and small scale. *Apthapi*, 3(1), 123–127. http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/apt/v3n1/v3n1_a12.pdf
- Sotomayor, O., Ramirez, E., & Martinez, H. (2021). Digitalización y cambio tecnológico en las

- mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina. In *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46965/4/S2100283_es.pdf
- Sovacool, B. K., Bazilian, M., Griffiths, S., Kim, J., Foley, A., & Rooney, D. (2021). Decarbonizing the food and beverages industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143(September 2020), 110856. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110856>
- Spieth, P., Röth, T., Clauss, T., & Klos, C. (2021). Technological Frames in the Digital Age: Theory, Measurement Instrument, and Future Research Areas. *Journal of Management Studies*, 58(7), 1962–1993. <https://doi.org/10.1111/joms.12720>
- Stankus, T. (2008). Turning Meat, Poultry, Eggs, and Dairy Products Into Nutraceuticals Through Increasing Their Conjugated Linoleic Acid Levels, Part One: Reviewing the Literature of Benefits Claimed for Conjugated Linoleic Acids in Human Health. *Journal of Agricultural & Food Information*, 9(3), 229–255. <https://doi.org/10.1080/10496500802286152>
- Subhilhar. (2018). The role of small agribusiness in regional development: the case of Sumatera Utara province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 126(1), 012070. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/126/1/012070>
- Syrový, T., Vik, R., Pretl, S., Syrová, L., Čengery, J., Hamáček, A., Kubáč, L., & Menšík, L. (2020). Fully Printed Disposable IoT Soil Moisture Sensors for Precision Agriculture. *Chemosensors*, 8(4), 125. <https://doi.org/10.3390/chemosensors8040125>
- Terán Bustamante, A., Dávila Aragón, G., & Castañón Ibarra, R. (2019). Gestión de la tecnología e innovación: un Modelo de Redes Bayesianas. *Economía Teoría y Práctica*, 50, 63–100. <https://doi.org/10.24275/ETYPUAM/NE/502019/Teran>
- Todd, W. R., Mishoe, J. W., & French, B. T. (2004). Using GIS and remote sensing to locate cattle-dipping vats in Alachua County, Florida. *Applied Engineering in Agriculture*, 20(4), 511–517. <https://doi.org/10.13031/2013.15491>
- Tosi, M. D. L., & dos Reis, J. C. (2021). SciKGraph: A knowledge graph approach to structure a scientific field. *Journal of Informetrics*, 15(1), 101109. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2020.101109>
- 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>
- Valencia, E., & Chiatchoua, C. (2021). Supervivencia de las micro, pequeñas y medianas empresas mexicanas frente al COVID-19. *Revista Latinoamericana de Investigación Social*, 4(1), 1–

17. <http://52.226.65.210/index.php/relais/article/view/2948/2920>
- Valero Olmedo, C., Molina García, A., & Ponce Crespo, C. (2019). Políticas de ciencia , tecnología e innovación en México: aproximación a su análisis. *Edähi Boletín Científico de Ciencias Sociales y Humanidades Del ICSHu*, 8(15), 65–72. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icshu/article/view/5256/6855>
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2020). VOSviewer Manual. In *Leiden: Univeriteit Leiden* (Issue November, p. 53). http://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.1.pdf
- van Eck, Nees Jan, & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- van Hilten, M., & Wolfert, S. (2022). 5G in agri-food - A review on current status, opportunities and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 201(August), 107291. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107291>
- Vargas-Canales, J. M. (2022). El sector agroalimentario mexicano y las nuevas tecnologías. *Revista E-Agronegocios*, 8(2), 89–113. <https://doi.org/https://doi.org/10.18845/ea.v8i2.6156>
- Vargas-Canales, J. M., Brambila-Paz, J. de J., Pérez-Cerecedo, V., Rojas-Rojas, M. M., López-Reyna, M. del C., & Omaña-Silvestre, J. M. (2022). Trends in science, technology, and innovation in the agri-food sector. *Tapuya: Latin American Science, Technology and Society*, 5(1), 2115829. <https://doi.org/10.1080/25729861.2022.2115829>
- Vargas-Canales, J. M., Bustamante-Lara, T. I., & Rodríguez-Haros, B. (2022). Especialización y competitividad del sector agrícola en México. *Brazilian Journals of Business*, 4(4), 1890–1905. <https://doi.org/10.34140/bjbv4n4-020>
- Vargas-Canales, J. M., Carbajal-Flores, G., Bustamante-Lara, T. I., Camacho-Vera, J. H., Fresnedo-Ramírez, J., Palacios-Rangel, M. I., & Rodríguez-Haros, B. (2020). Impact of the Market on the Specialization and Competitiveness of Avocado Production in Mexico. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup3), S1942–S1958. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1837711>
- 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. (2016). *Cambio tecnológico e innovación en agricultura protegida en Hidalgo, México*. [Universidad Autónoma Chapingo]. <http://ciestaam.edu.mx/cambio-tecnologico-e-innovacion-en-agricultura-prottegida-en-hidalgo-mexico/>
- Vargas-Canales, J. M., Palacios-Rangel, M. I., Aguilar-Ávila, J., Ocampo-Ledesma, J. G., Kreimer, P., & Ortiz-Martínez, G. (2018). Technological innovation in a case of protected agriculture in Mexico. *Revista de Geografía Agrícola*, 61(2), 9–38.

<https://doi.org/10.5154/r.rga.2017.61.02>

- 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>
- Verdouw, C. N., Robbemond, R. M., & Wolfert, J. (2015). ERP in agriculture: Lessons learned from the Dutch horticulture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 114, 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.04.002>
- 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>
- Villapol, S. (2020). Gastrointestinal symptoms associated with COVID-19: impact on the gut microbiome. *Translational Research*, 226(1), 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2020.08.004>
- Vitrano, R. M. (2017). Il ruolo della cultura tecnologica nella dicotomia teorica tra tecnica e forma. *Techne*, 13, 204–211. <https://doi.org/10.13128/Techne-19754>
- 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>
- Ward, H. (1989). The neutrality of science and technology. In R. E. Goodin & A. Reeve (Eds.), *Liberal Neutrality* (pp. 157–192). Routledge.
- Washington-Allen, R. A., West, N. E., & Douglas Ramsey, R. (2006). A Protocol for Retrospective Remote Sensing-Based Ecological Monitoring of Rangelands. *Rangelands*, 59(1), 19–29. https://doi.org/10.2458/azu_jrm_v59i1_allen
- Wasserman, A. (2009). Recipe for a Better Tomorrow: A Food Industry Perspective on Sustainability and Our Food System. *Journal of Hunger & Environmental Nutrition*, 4(3–4), 446–453. <https://doi.org/10.1080/19320240903329063>

- Watanabe, D., Losák, T., & Vollmann, J. (2018). From proteomics to ionomics: Soybean genetic improvement for better food safety. *Genetika*, 50(1), 333–350. <https://doi.org/10.2298/GENSR1801333W>
- Winner, L. (1979). *Tecnología autónoma*. Gustavo Gil SA.
- Wojtynia, N., van Dijk, J., Derks, M., Groot Koerkamp, P. W. G., & Hekkert, M. P. (2021). A new green revolution or agribusiness as usual? Uncovering alignment issues and potential transition complications in agri-food system transitions. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(6), 77. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00734-8>
- 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.agsy.2017.01.023>
- Wolfert, S., Verdouw, C., van Wassenae, L., Dolfsma, W., & Klerkx, L. (2023). Digital innovation ecosystems in agri-food: design principles and organizational framework. *Agricultural Systems*, 204(November 2022), 103558. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103558>
- Yatsenko, O., Tsygankova, T., Zavadska, Y., Horbachova, I., & Khoroshun, O. (2020). Global Agri-Food Market: Consumer Trends and Trade Problems. *Financial and Credit Activity Problems of Pheory and Practice*, 4(35), 440–448. <https://doi.org/10.18371/fcaptp.v4i35.222518>
- Yin, X., Li, J., Kadry, S. N., & Sanz-Prieto, I. (2021). Artificial intelligence assisted intelligent planning framework for environmental restoration of terrestrial ecosystems. *Environmental Impact Assessment Review*, 86(August 2020), 106493. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106493>
- Zamora Rodríguez, L. M. (2022). Dinámica del potencial humano en el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación en Cuba. *Anales de La Academia de Ciencias de Cuba*, 12(1), 1–14.
- Zscheischler, J., Brunsch, R., Rogga, S., & Scholz, R. W. (2022). Perceived risks and vulnerabilities of employing digitalization and digital data in agriculture – Socially robust orientations from a transdisciplinary process. *Journal of Cleaner Production*, 358(April), 132034. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132034>
- Zylbersztajn, D. (2017). Agribusiness systems analysis: origin, evolution and research perspectives. *Revista de Administração*, 52(1), 114–117. <https://doi.org/10.1016/j.rausp.2016.10.004>